

***Model Desain dan Strategi Pelaksanaan Konstruksi Jembatan yang dilewati Alur
Kapal sebagai Lalu Lintas Air***

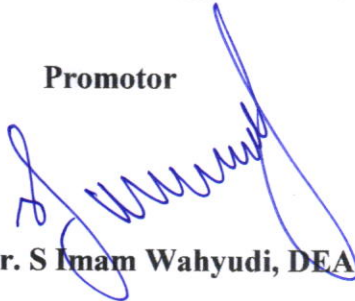


Oleh:

**Ichwan Setiawan
10202100007**

**Disetujui Untuk Diajukan dalam:
Sidang Terbuka Disertasi Hari/Tanggal: Selasa, 27 Mei 2025**

Promotor



Prof. Dr. Ir. S Imam Wahyudi, DEA.

Ko – Promotor



Dr. Ir. Kartono Wibowo, M.M., M.T.

Ko – Promotor



Ir. Syahril Taufik, M.Sc.Eng., Ph.D.

**PROGRAM DOKTOR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG, SEMARANG
2025**

LEMBAR PENGUJI

Sidang Terbuka

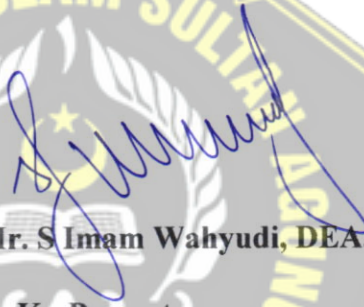
Hari : Selasa, 27 Mei 2025

Ketua Sidang :



Dr. Abdul Rochim, S.T., M.T.

Promotor :



Prof. Dr. Ir. S Imam Wahyudi, DEA.

Ko-Promotor :



Dr. Ir. Kartono Wibowo, M.M., M.T.

Ko – Promotor



Ir. Syahril Taufik, M.Sc.Eng., Ph.D.

Universitas Islam Sultan Agung

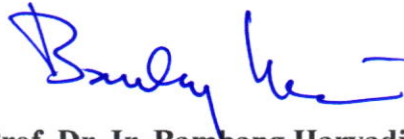
[Handwritten signature]

Rektor Universitas Islam Sultan Agung

Page 1 of 1

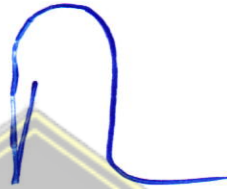


Penguji Eksternal :



Prof. Dr. Ir. Bambang Haryadi, M.Sc.

Penguji Internal :

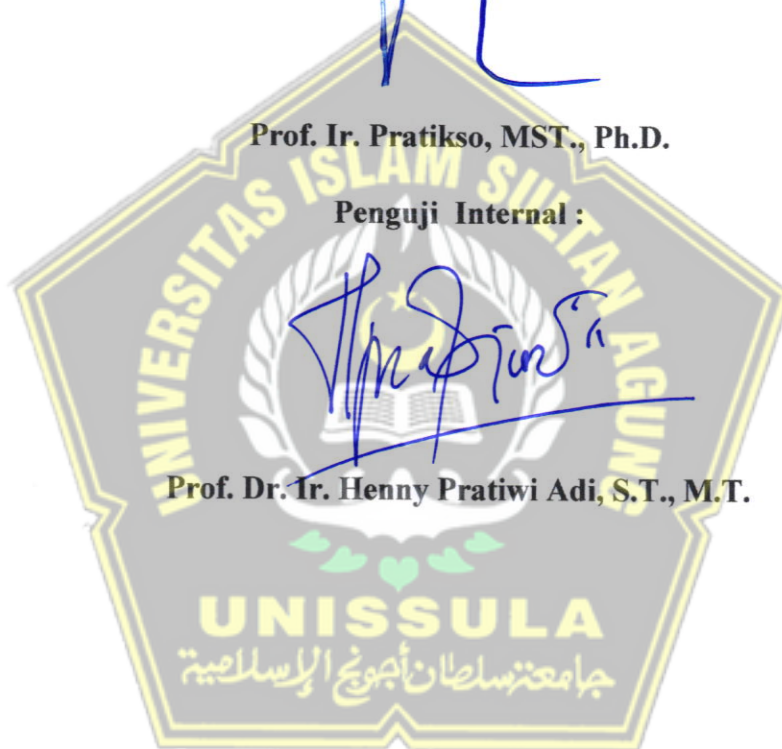


Prof. Ir. Pratikso, MST., Ph.D.

Penguji Internal :



Prof. Dr. Ir. Henny Pratiwi Adi, S.T., M.T.



**MODEL DESAIN DAN STRATEGI PELAKSANAAN
KONSTRUKSI JEMBATAN YANG DILEWATI ALUR
KAPAL SEBAGAI LALU LINTAS AIR**

DISERTASI

Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Mencapai Gelar
Doktor Teknik Sipil



**ICHWAN SETIAWAN
10202100007**

**PROGRAM DOKTOR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG, SEMARANG
2025**

ICHWAN SETIAWAN

**DOKTOR
TEKNIK
SIPIL
UNISSULA
2025**

UJIAN DISERTASI TERBUKA

**MODEL DESAIN DAN STRATEGI PELAKSANAAN
KONSTRUKSI JEMBATAN YANG DILEWATI ALUR KAPAL
SEBAGAI LALU LINTAS AIR**



Disusun oleh
ICHWAN SETIAWAN
NIM. 10202100007

**PROGRAM DOKTOR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
MEI 2025**

HALAMAN PENGESAHAN

**MODEL DESAIN DAN STRATEGI PELAKSANAAN
KONSTRUKSI JEMBATAN YANG DILEWATI ALUR KAPAL
SEBAGAI LALU LINTAS AIR**



Disusun oleh
ICHWAN SETIAWAN
NIM. 10202100007

Disetujui Untuk Diajukan Sidang dalam:
Sidang Ujian Hari/Tanggal: Selasa, 27 Mei 2025

Promotor:
Prof. Dr. Ir. H. S Imam Wahyudi, DEA.

Ko-Promotor:
Dr. Ir. Kartono Wibowo, MM, M.T.
Ir. Syahril Taufik, M.Sc.Eng., Ph.D., ASEAN Eng.

PROGRAM DOKTOR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG 2025

LEMBAR PENGUJI
SIDANG UJIAN TERTUTUP
Hari: Selasa, 27 Mei 2025

Ketua Sidang:

Dr. Abdul Rochim, S.T., M.T.

Promotor:

Prof. Dr. Ir. S. Imam Wahyudi, DEA.

Ko-Promotor:

Dr. Ir. Kartono Wibowo, MM., M.T.

Ko-Promotor:

Ir. Syahril Taufik, M.Sc.Eng., Ph.D., ASEAN Eng.

Penguji:

Prof. Ir. Pratikso, MST., Ph.D.

Penguji:

Prof. Dr. Ir. Henny Pratiwi Adi, S.T., M.T.

Penguji Eksternal:

Prof. Dr. Ir. Bambang Haryadi, M.T.

KATA PENGANTAR

Assalamu’alaikum Wr. Wb.

Puji syukur selalu kita panjatkan kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan taufik, rahmat serta hidayah-Nya kepada kita. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabatnya.

Disertasi Doktor ini disusun oleh **Ichwan Setiawan** NIM 10202100007 sebagai salah satu syarat dari proses Program Doktor Teknik Sipil (PDTs) Universitas Islam Sultan Agung. Ujian Tertutup Disertasi ini diharapkan mampu untuk memberikan manfaat bagi kelancaran penyelenggaraan akademik PSDTS UNISSULA.

Dengan selesainya Disertasi ini yang berjudul “**Model Desain dan Strategi Pelaksanaan Konstruksi Jembatan Yang Dilewati Alur Kapal Sebagai Lalu Lintas Air**”, kami masih sangat mengharapkan input untuk kesempurnaan dari laporan ini. Kami juga mengucapkan terima kasih serta penghargaan setinggi-tingginya kepada seluruh pihak yang berkontribusi dalam mewujudkan hasil buku disertasi ini.

Wassalamu’alaikum Wr. Wb.

Semarang, 27 Mei 2025

Ichwan Setiawan
NIM 10202100007

MOTTO

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ
وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ وَلَوْ ءَامَنَ أَهْلُ
الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَهُمْ مِّنْهُمْ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ
الْفَاسِقُونَ

*Arab-Latin: Kuntum khaira ummatin ukhrijat lin-nāsi ta'muruna bil
ma'rufi wa tan-hauna 'anil-mungkari wa tu'minuna billāh, walau
āmana ahlul-kitābi lakāna khairal lahum, min-humul-mu'minuna wa
akṣaruhumul-fāsiqun*

Terjemah Arti: Kamu adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk
manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang
munkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman,
tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman,
dan kebanyakan mereka adalah orang-orang yang fasik.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji Syukur Kehadirat Allah SWT atas limpahan Taufik, Rahmat dan Hidayah Nya serta Sholawat dan Salam kepada Junjungan Nabi Muhammad SAW.

Terima kasih untuk Ibu orang tua dan Bapak orang tua atas didikannya dengan penuh kasih sayangnya.

- a. Ir. H. Muhammad Yusrie (orangtua Kandung),
- b. Hj. Ernawati, S.I.P. (orangtua Kandung),
- c. H. Darhami (alm) (orangtua dari Istri),
- d. Hj. Faridah (orangtua dari Istri),

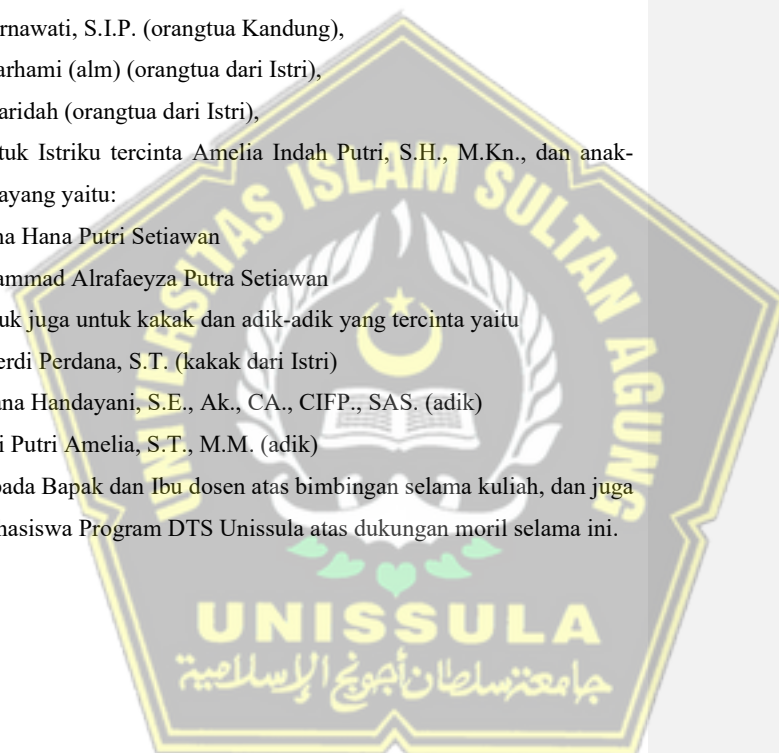
Terima kasih untuk Istriku tercinta Amelia Indah Putri, S.H., M.Kn., dan anak-anakku yang tersayang yaitu:

- a. Alesha Hana Putri Setiawan
- b. Muhammad Alrafaeyza Putra Setiawan

Terima kasih untuk juga untuk kakak dan adik-adik yang tercinta yaitu

- a. M. Ferdi Perdana, S.T. (kakak dari Istri)
- b. Lusiana Handayani, S.E., Ak., CA., CIFP., SAS. (adik)
- c. Desvi Putri Amelia, S.T., M.M. (adik)

Terima kasih kepada Bapak dan Ibu dosen atas bimbingan selama kuliah, dan juga teman-teman mahasiswa Program DTS Unissula atas dukungan moril selama ini.



ABSTRAK

Permasalahan yang terjadi di lapangan adalah terjadinya kendala teknis pada saat pelaksanaan konstruksi jembatan, dengan banyaknya terjadi penyesuaian pekerjaan akibat kurang efektifnya hasil DED yang tidak memiliki pedoman yang baik untuk kondisi khusus problem yang terjadi di lapangan. Kriteria yang digunakan dalam pengoptimalan proses manajemen konstruksi bangunan jembatan dengan alur kapal pada dasarnya merupakan persyaratan utama untuk menghasilkan konstruksi yang aman, efisien dan ekonomis yaitu kemudahan pekerjaan, kekuatan struktur, mutu (keawetan) serta ekonomis. Dari beberapa kondisi dan integrasi perencanaan dan pelaksanaan jembatan, perlu dilakukan strategi penerapan manajemen konstruksi dengan integrasi model desain dan strategi pelaksanaan pada konstruksi jembatan di atas sungai dengan alur kapal yang dilalui lalu lintas air yang lebih tepat dan optimal. Metode penelitian menggunakan teknik *Multiple-Criteria Decision Making* (MCDM) yang berbasis pada *Analysis Hierarchy Process* (AHP) – *Expert Choice*. AHP memilih alternatif jarak Euclidean terpendek dari solusi ideal dan jarak terjauh dari solusi ideal negatif. Setelah mengumpulkan data menggunakan kuesioner dari 70 responden, penilaian bobot alternatif tipe dan konfigurasi bangunan atas jembatan dan kriteria bobot untuk abutmen dapat ditentukan menggunakan teknik analisis hirarki proses. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa untuk konstruksi yang mengharuskan penyediaan vertical clearance lebih dari 3 meter, maka konstruksi jembatan digunakan multi-span dengan bentang utama girder lengkung dan ditambah dengan 2 pilar serta bentang jembatan pendekat menggunakan pile slab, sehingga abutmen direncanakan dengan ketinggian normal dan menghindari timbunan yang tinggi di bagian oprit. Model *multi-span bridge* dengan bentang utama girder lengkung baja komposit ditambah dengan jembatan pendekat girder GKI lurus dan pile slab menjadi pilihan utama untuk jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air dengan adanya jalan di sepanjang bantaran sungai.

Kata kunci: jembatan, *vertical clearance*, alur kapal, girder lengkung, pile slab

ABSTRACT

The problems that occur in the construction stage are the occurrence of technical obstacles during the implementation of bridge construction, with many work adjustments due to the ineffective results of DED which do not have good guidelines for the special conditions of problems that occur in the bridge site. The criteria used in optimizing the construction management process of bridge buildings with ship grooves are basically the main requirements to produce safe, efficient and economical construction, namely ease of work, structural strength, quality (durability) and economy. From several conditions and the integration of bridge planning and implementation, it is necessary to carry out a construction management implementation strategy with the integration of design models and implementation strategies in the construction of bridges over rivers with more precise and optimal ship flows through water traffic. The research method uses the Multiple-Criteria Decision Making (MCDM) technique based on the Analysis Hierarchy Process (AHP) – Expert Choice. AHP selects the shortest Euclidean distance alternative from the ideal solution and the farthest distance from the negative ideal solution. After collecting data using questionnaires from 70 respondents, the assessment of alternative weight types and configuration of building over bridges and weight criteria for abutments can be determined using process hierarchy analysis techniques. The results obtained show that for construction that requires the provision of vertical clearance of more than 3 meters, the bridge construction is used multi-span with the main span of curved girders and added with 2 pillars and the span of the approach bridge using pile slab, so that the abutment is planned with a normal height and avoids high filling of the selected soil in the oprit. The multi-span bridge model with a main span of composite steel cambered girders plus approach bridge with a straight GKI girder and pile slabs is the main choice for bridges with the boat channels for water traffic with roads along the riverbanks.

Keywords: bridge, vertical clearance, boat waterways, curved girder, pile slab

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PENGUJI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
MOTTO	v
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR NOTASI.....	xxv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah	6
1.3 Rumusan Masalah.....	8
1.4 Tujuan Penelitian	8
1.5 Manfaat Penelitian	8
1.6 Batasan Masalah	9
1.7 Originalitas dan Pembaruan	10
1.8 Sistematika Penulisan	15

BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	17
2.1 Tinjauan Pustaka	17
2.2 Konstruksi Jembatan dengan Alur Kapal	32
2.2.1 Proyek Konstruksi	32
2.2.2 Macam Konstruksi Jembatan	33
2.3 Perencanaan dan Pelaksanaan Konstruksi Jembatan.....	36
2.3.1 Manajemen konstruksi jembatan dengan alur kapal.....	36
2.3.2 Perencanaan konstruksi jembatan dengan alur kapal	42
2.3.3 Pelaksanaan konstruksi jembatan dengan alur kapal	43
2.4 Model.....	44
2.4.1 Pengertian dan Fungsi Model	46
2.4.2 Macam Model	46
2.4.3 <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP).....	48
2.5 Kerangka Berfikir.....	50
2.6 Penelitian Terdahulu Yang Sejenis	57
2.7 Karakteristik Variabel Penelitian	82
BAB III METODE PENELITIAN.....	84
3.1 Rancangan penelitian.....	84
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	85
3.3 Populasi dan Sampel.....	85
3.4 Responden faktor-faktor yang mempengaruhi konstruksi Jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air	87
3.5 Responden strategi pelaksanaan konstruksi jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air	88

3.6 Responden strategi adaptasi konstruksi jembatan dengan	
alur kapal untuk lalu lintas air.....	88
3.7 Variabel Penelitian	90
3.8 Pengumpulan Data Penelitian.....	90
3.8.1 Pengumpulan Data Faktor Kriteria Desain	90
3.8.2 Pengumpulan Data Model Desain Strategi Pelaksanaan	91
3.8.3 Pengumpulan Data Model Terintegrasi	95
3.9 Analisis Data Penelitian.....	97
3.9.1 Analisis Pendahuluan	97
3.9.1.1 Analisis Responden	98
3.9.1.2 Uji Validitas Responden	98
3.9.1.3 Uji Reabilitas Responden	99
3.9.1.4 Uji Tingkat Pengembalian Responden	100
3.9.2 Analisis Identifikasi Macam Desain Konstruksi Jembatan	
dengan Alur Kapal	100
3.9.3 Analisis Prioritas Desain Konstruksi Jembatan dengan	
Alur Kapal	101
3.9.3.1 Analisis identifikasi dan database jembatan dilalui	
alur kapal	101
3.9.3.2 Analisis karakteristik dan model jembatan yang	
dilalui alur kapal	109
3.9.3.3 Analisis DSS sampel jembatan dilalui alur kapal	102
3.9.3.4 Integrasi hasil DSS dalam software Bridge	
Management System	104

3.9.4 Analisis Strategi Pelaksanaan Konstruksi Jembatan dengan Alur Kapal	104
3.9.5 Analisis Model dan Strategi Pelaksanaan Konstruksi Jembatan dengan Alur Kapal	105
3.10 Bagan Alir Penelitian.....	106
BAB IV ANALISIS DATA DAN HASIL ANALISIS	108
4.1 Pengumpulan Data.....	108
4.1.1 Waktu Penyebaran Kuisisioner dan Wawancara.....	108
4.1.2 Karakteristik Responden.....	110
4.1.3 Uji Validitas dan Realibilitas Kuesioner.....	110
4.1.4 Analisis Tingkat Pengembalian Kuesioner.....	111
4.2 Faktor Kriteria Desain dan Risiko Pelaksanaan Jembatan dengan Alur Kapal	111
4.3 Macam Desain Konstruksi Jembatan dengan Alur Kapal	114
4.4 Analisis Data Hasil AHP Kriteria Model Desain	126
4.5 Kriteria Risiko Pelaksanaan Jembatan	131
4.5 Macam Desain Konstruksi Jembatan dengan Alur Kapal.....	142
4.5.1 Pemilihan Tipe Bangunan Atas.....	143
4.5.2 Pemilihan Tipe Bangunan Bawah.....	146
4.5.3 Pemilihan Konfigurasi Bangunan Atas.....	147
4.5.4 Strategi Pelaksanaan Konstruksi Jembatan	149
4.6 Hasil Data Integrasi Desain dan Pelaksanaan	152
4.6.1 Penerapan integrasi desain dan pelaksanaan jembatan ...	152
4.6.2 Kriteria Integrasi Desain dan Pelaksanaan	153

BAB V PEMBAHASAN HASIL ANALISIS	158
5.1 Faktor Kriteria Desain Konstruksi Jembatan	158
5.2.1 Aspek prosedur perencanaan	159
5.2.2 Tinjauan aspek kriteria yang berpengaruh pada perencanaan	171
5.2 Identifikasi Jenis Konstruksi Jembatan dengan Alur Kapal.....	158
5.3 Strategi Perencanaan Konstruksi Jembatan.....	166
5.3.1 Metode pelaksanaan bangunan atas jembatan	166
5.3.2 Indikator pelaksanaan bangunan atas jembatan	169
5.4. Strategi Pengembangan skala Prioritas Bangunan Atas Jembatan.....	171
5.4.1 Bagan alir pemilihan dengan metode AHP.....	171
5.4.2 Data yang diperlukan	171
5.4.3 Perhitungan penentuan model Metode AHP.....	173
5.5 Pengembangan Perangkat Lunak pemilihan Bangunan Atas Jembatan	175
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	186
6.1 Kesimpulan	186
6.3 Saran	189
6.3 Implikasi Penelitian	189
DAFTAR PUSTAKA	191
LAMPIRAN	201

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Penelitian yang pernah dilakukan dan Rencana Penelitian ini.....	10
Tabel 1.2	Model Penelitian Terdahulu dan Rencana Penelitian Disertasi Rencana	13
Tabel 2.1	Tingkat Level Risiko.....	24
Tabel 2.2	Kriteria dan sub kriteria pendukung keputusan jenis jembatan	24
Tabel 2.3	Matriks Risiko	39
Tabel 2.4	Kriteria dan sub kriteria pendukung keputusan jenis jembatan	41
Tabel 2.5	<i>Comparative Judgement</i>	49
Tabel 2.6	Perbedaan / Kebaharuan Hasil Penelitian	54
Tabel 2.7	Review penelitian terdahulu yang sejenis	67
Tabel 2.8	Distribusi Penelitian	71
Tabel 3.1	Rincian Responden pengisi Kusioner	86
Tabel 3.2	Data Pakar (Alokasi dan Respon Risiko).....	87
Tabel 3.3	Kriteria Perencanaan Konstruksi Jembatan.....	89
Tabel 3.4	Kriteria Pelaksanaan Konstruksi Jembatan.....	90
Tabel 3.5	Skala Likert	98
Tabel 3.6	Indikator tingkat kemudahan.....	103
Tabel 3.7	Indikator konsistensi	103
Tabel 3.8	Indikator rasionalitas.....	104
Tabel 4.1	Data Pakar dan Spesialisasi Keahlian	110
Tabel 4.2	Inventarisasi identifikasi jembatan di Banjarmasin	121
Tabel 4.3	Pemilihan alternatif tipe teknis perencanaan jembatan	122
Tabel 4.4	Tipe girder jembatan yang dilewati oleh alur kapal.....	123

Tabel 4.5	Tipe abutmen jembatan yang dilewati oleh alur kapal.....	124
Tabel 4.6	Tipe konfigurasi jembatan yang dilewati oleh alur kapal	125
Tabel 4.7	Pemilihan alternatif tipe teknis perencanaan jembatan	128
Tabel 4.8	Kriteria Analisis Perencanaan Jembatan	128
Tabel 4.9	Kriteria dan Sub Kriteria untuk Analisis Desain Jembatan.....	129
Tabel 4.10	Kriteria analisis risiko strategi pelaksanaan	132
Tabel 4.11	Kriteria dan sub kriteria untuk Analisis Risiko.....	132
Tabel 4.12	Hasil isian kuisioner risiko – probability	135
Tabel 4.13	Hasil isian kuisioner risiko – impak	136
Tabel 4.14	Hasil analisis risiko (frekuensi dan impak).....	137
Tabel 4.15	Hasil analisis risiko (Severity Indeks).....	138
Tabel 4.16a	Hasil matriks berpasangan – Pilihan TBA_1	140
Tabel 4.16b	Hasil matriks berpasangan – Pilihan TBA_1	141
Tabel 4.16c	Hasil matriks berpasangan – Pilihan TBA_1	141
Tabel 4.17	Matriks Penilaian Kriteria Rerata – Tipe Girder TPC_A – TPC_1.....	141
Tabel 4.18	Nilai RI Menurut Jumlah Unsur Dalam Alternatif.....	143
Tabel 4.19	Hasil perhitungan Consistency Ratio (CR).....	143
Tabel 4.20	Hasil analisis bobot priority kriteria yang dominan	143
Tabel 4.21	Matriks Penilaian Tipe Girder - Kriteria Kondisi Lingkungan	144
Tabel 4.22	Hasil nilai bobot matriks berpasangan TPC_A – kriteria	144
Tabel 4.23	Hasil perhitungan Consistency Ratio (CR).....	145
Tabel 4.24	Hasil analisis bobot priority kriteria yang dominan	146
Tabel 4.25	Hasil perhitungan Consistency Ratio (CR).....	147

Tabel 4.26 Hasil analisis bobot priority kriteria yang dominan	147
Tabel 4.27 Hasil perhitungan Consistency Ratio (CR)	148
Tabel 4.28 Hasil analisis bobot priority kriteria yang dominan	148
Tabel 4.29 Urutan preferensi terhadap pilihan tipe elemen jembatan	149
Tabel 4.30 Kriteria untuk Integrasi Desain dan Pelaksanaan	153
Tabel 4.30 Unsur-unsur dasar dalam CE	161
Tabel 4.31 Perbandingan prinsip analisis	156
Tabel 5.1 Bobot Kriteria untuk kondisi sungai	160
Tabel 5.2 Kriteria untuk aspek perencanaan bangunan atas	161
Tabel 5.3 Data Jembatan dengan Alur Kapal yang ada di Kalimantan	162
Tabel 5.4 Preferensi konstruksi jembatan dengan alur kapal	163
Tabel 5.5 Kuesioner berpasangan (Jenis Konstruksi Jembatan)	162
Tabel 5.6 Berbagai tipe bangunan atas tanpa alur kapal	163
Tabel 5.7 Konfigurasi jembatan single span tanpa alur kapal	165
Tabel 5.8 Konfigurasi jembatan single span dengan alur kapal	165
Tabel 5.9 Tabel 5.9 Berbagai konfigurasi bangunan atas jembatan dengan alur kapal	166
Tabel 5.10 Resume faktor penting dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi	170
Tabel 5.11 Matriks dari faktor-faktor berpengaruh dalam pelaksanaan	170
Tabel 5.12 Data Alternatif Konstruksi Jembatan	172
Tabel 5.13 Kuadrat nilai kriteria vs alternatif	172
Tabel 5.14 Matriks normalisasi setiap kriteria	173
Tabel 5.15 Normalisasi terbobot	173
Tabel 5.16 Matriks solusi ideal	174

Tabel 5.17 Jarak solusi idel dan preferensi	174
Tabel 5.18 Penentuan Preferensi Prioritas	175
Tabel 5.19 Urutan prioritas pemilihan kriteria dominan – bangunan atas	177
Tabel 5.20 Hasil nilai bobot matriks berpasangan TKKJ - kriteria.....	177
Tabel 5.21 Perbandingan hasil <i>Spreadsheet</i> dan <i>Expert Choice</i>	178



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Konsep dasar novelty penelitian.....	14
Gambar 2.1	Tingkat Level Risiko	24
Gambar 2.1	Peta pembagian Wilayah Sungai (WS) di Kalimantan.....	26
Gambar 2.2	Jembatan Sungai Barito sebagai transportasi air	26
Gambar 2.3	Sungai Mahakam dan transportasi air	27
Gambar 2.4	Sungai Kapuas dan transportasi air di Kota Pontianak	28
Gambar 2.5	Sungai Martapura sebagai Sub DAS Barito	28
Gambar 2.6	Penampang Sungai dan vertical clearance	30
Gambar 2.7	Tipe kapal cepat.....	30
Gambar 2.8	Tipe kelotok kecil	31
Gambar 2.9	Tipe kelotok sedang – cepat	31
Gambar 2.10	Tipe kelotok sedang – lambat.....	32
Gambar 2.11	Model berdasarkan bentuknya.....	48
Gambar 2.12	Model Penentuan Konstruksi Jembatan dengan alur kapal....	51
Gambar 2.13	Bagan Alir Konsep Pelaksanaan Penelitian	53
Gambar 2.14	Roadmap Penelitian.....	54
Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian	107
Gambar 4.1	Karakteristik Pendidikan Responden	109
Gambar 4.2	Jenis Pekerjaan Responden.....	109
Gambar 4.3	Bamberg Bridge Germany.....	115
Gambar 4.4	Jembatan Lengkung Aldford Iron Bridge Chester UK.....	116
Gambar 4.5	Single Leaf Bascula Two River Bridge Wisconsin	117

Gambar 4.6	Gambar Stuktur Hirarki – Bangunan Atas	126
Gambar 4.7	Gambar Stuktur Hirarki – Bangunan Bawah	127
Gambar 4.8	Gambar Stuktur Hirarki – Konfigurasi Bangunan Atas	127
Gambar 4.9	Metode konstruksi dan perkembangan inovasinya	157
Gambar 4.10	Perspektif berbeda untuk mengadopsi proses konstruksi.....	159
Gambar 5.1	Metode konstruksi jembatan dan perkembangan inovasinya.	167
Gambar 5.2	Diagram alir algoritma SPK model AHP	176
Gambar 5.3	Hasil output analisis Expert Choice	178
Gambar 5.4	Preferensi tipe konstruksi jembatan tanpa alur kapal	179
Gambar 5.5	Konstruksi jembatan tanpa alur kapal	179
Gambar 5.6	Girder komposit cambered + girder GKI + pile slab.....	180
Gambar 5.7	Girder beton prestress cambered + girder PCI + pile slab	180
Gambar 5.8	Tampilan depan aplikasi SIJAK	181
Gambar 5.9	Pilihan tipe konfigurasi jembatan.....	181
Gambar 5.10	Bagan konfigurasi jembatan tanpa jalan di bantaran sungai....	182
Gambar 5.11	Bagan konfigurasi jembatan ada jalan di bantaran sungai	182
Gambar 5.12	Pilihan kriteria model desain jembatan	183
Gambar 5.13	Pilihan kriteria strategi pelaksanaan jembatan.....	184
Gambar 5.15	New Model prototype fisik jembatan MSGKI	185
Gambar 5.16	<i>New Model</i> prototype fisik jembatan MSGKP	192
Gambar A.1	New Model Jembatan Multispan GKI	202
Gambar A.2	New Model Jembatan Multispan GKI	202
Gambar A.3	Jembatan Sei Andai Jalan Kabupaten/Kota	203
Gambar A.4	Jembatan Banjar Indah Permai Jalan Kabupaten/Kota	203

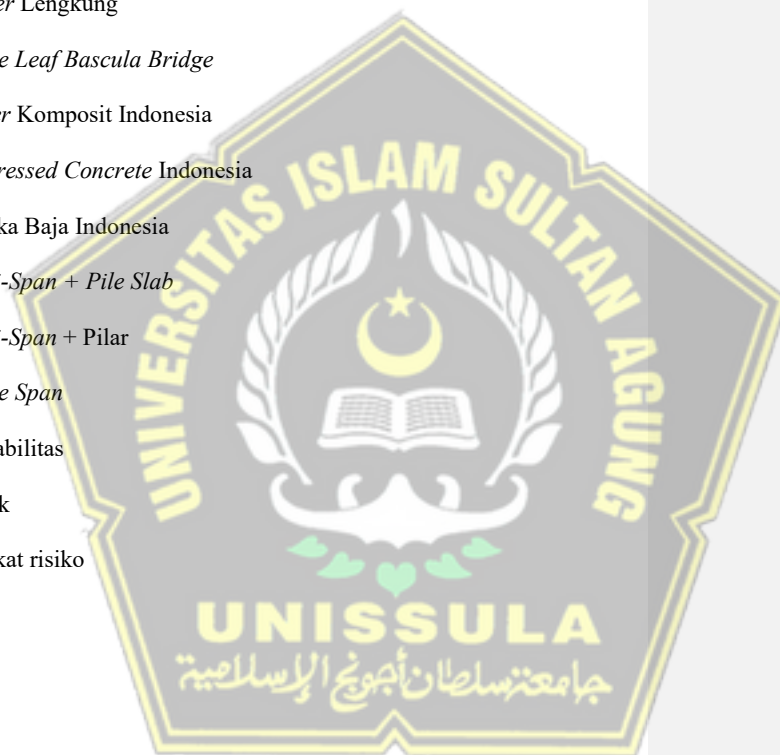
Gambar A.5	Jembatan Pangeran Jalan Nasional Hasan Basry	204
Gambar A.6	Jembatan Mesjid Jami Jalan Kabupaten/Kota	204
Gambar A.7	Jembatan Pasir Mas Jalan Nasional	205
Gambar A.8	Jembatan Sei Andai 3 Jalan Kabupaten/Kota	205
Gambar A.9	Jembatan HKSN Jalan Kabupaten/Kota	206
Gambar A.10	Jembatan Pangeran Antasari Jalan Nasional	206
Gambar A.11	Jembatan Dewi – A. Yani Jalan Nasional	207
Gambar A.12	Jembatan Makam Sultan Suriansyah Jalan Nasional	207
Gambar A.13	Jembatan Sembilan Oktober Jalan Kabupaten/Kota	208
Gambar A.14	Jembatan Kuin Selatan Jalan Kabupaten/Kota	208
Gambar A.15	Jembatan Pelambunan Trisakti Ruas Jalan Nasional	209
Gambar A.16	Jembatan Sei Pemurus, Jalan Kabupaten/Kota	209
Gambar A.17	Jembatan Sei Tatah Belayung, Jalan Kabupaten/Kota	210
Gambar A.18	Jembatan Gerilya, Jalan Kabupaten/Kota	210
Gambar A.19	Jembatan Kelayan Kecil, Jalan Kabupaten/Kota	211
Gambar A.27	Single Leaf Bascula Bridge – Miami USA	211

DAFTAR NOTASI



AHP	: <i>Analytical Hierarchy Process</i>
ABN	: Abutment Normal
ABT	: Abutmen Tinggi
AHJ	: Abutment + <i>Hydraulic Jack</i>
BTI	: Beton Bertulang Indonesia
CI	: indeks konsistensi
CR	: <i>Consistency Ratio</i>
DSS	: <i>Decision Support System</i>
IBMS	: <i>Integrated Bridge Management System</i>
Jbt.	: Jembatan
HS	: <i>Hard System Metodology</i>
MCDM	: <i>Multiple-Criteria Decision Making</i>
SEM	: <i>Structural Equation Modeling</i>
SPK	: Sistem Penunjang Keputusan
SS	: <i>Soft System Metodology</i>
TOPSIS	: <i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>
λ_{maks}	: <i>eigenvalue</i> maksimum
n	: Ukuran matriks
RI	: <i>Random Index</i>
r	: Korelasi
n	: Ukuran sampel
X	: Skor setiap item
Y	: Skor total dikurangi item

r_{ii}	: Reliabilitas instrument
k	: Banyaknya butir pertanyaan
σ	: Varians total
N	: Jumlah butir pertanyaan
GLR	: <i>Girder</i> Lurus
GLK	: <i>Girder</i> Lengkung
GBB	: <i>Single Leaf Bascula Bridge</i>
GKI	: <i>Girder</i> Komposit Indonesia
PCI	: <i>Prestressed Concrete</i> Indonesia
RBI	: Rangka Baja Indonesia
MPS	: <i>Multi-Span</i> + <i>Pile Slab</i>
MPL	: <i>Multi-Span</i> + Pilar
SP1	: <i>Single Span</i>
P	: Probabilitas
I	: Impak
R	: Tingkat risiko



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beberapa sungai di Banjarmasin yang cukup lebar dan dalam, merupakan sungai yang cocok untuk dijadikan infrastruktur transportasi air di perkotaan (Ramadhandia dkk, 2021). Transportasi air di kota melalui sungai telah menjadi ciri khas kota Banjarmasin, yaitu sesuai dengan geografinya dengan jumlah sungai di kota sebagai alat transportasi untuk mobilisasi penduduk ke berbagai daerah perkotaan. Walaupun ada transportasi darat, transportasi sungai ini adalah transportasi lokal bagi masyarakat kota Banjarmasin. (Abidin, 2016). Seringkali, jenis perahu kecil adalah satu-satunya cara untuk mengakses daerah-daerah pinggiran dan daerah terpencil lainnya melewati sungai kecil (Joia, 2019), dan mereka menjadi perahu multiguna, digunakan untuk penumpang dan barang, serta menawarkan berbagai layanan kepada masyarakat, seperti sebagai transportasi untuk aktifitas sehari-hari seperti berdagang dan berangkat ke sekolah (Silva, 2016).

Waterways seperti pada sungai kecil, mungkin tidak cocok untuk beberapa produk, karena teknologi item, karena kecepatan rendah (Seo et al., 2017). Namun, synchromodal sistem dapat mengatur pengiriman produk dengan biaya tertentu dan kualitas, membiarkan operator layanan bebas memilih cara mencocokkan pengaturan ini (Zhang dan Pel, 2016). Waterways di perkotaan tidak sering dipertimbangkan dalam jaringan logistik penelitian desain (He, 2020). Namun, sungai telah berhasil digunakan sebagai alternatif logistik ritel antara depot regional dan toko (Letnik et al., 2018). Operasi ini ternyata layak bahkan pada jarak pendek jika biaya sosial dan lingkungan diperhitungkan (Inghels et al., 2016). Meningkatkan angkutan dengan transportasi air adalah alternatif untuk mengurangi penggunaan lahan infrastruktur dan mitigasi kerusakan (Stefaniec et al., 2020).

Menurut Stellamaris (2017), penggunaan transportasi air di sepanjang sungai Martapura yang melintasi kota Banjarmasin, cenderung menurun pada penggunaan jenis perahu jukung dan kapal kelotok, namun masyarakat lebih sering menggunakan moda transportasi air jenis kapal motor cepat panjang (long-boat) dengan ketinggian kapal mencapai 2 meter. Sehubungan dengan kapal tersebut harus melintasi jembatan yang menghubungkan jalan dalam kota Banjarmasin, sehingga diperlukan vertikal clearance minimum 3 meter.

Ketinggian jembatan dan kedalaman air dapat membatasi pelayaran kapal kontainer di sungai, yang menghadirkan tantangan bagi implementasi transportasi antarmoda sungai-laut yang lebih luas. Memperkenalkan kontainer yang dapat dilipat ke dalam reposisi kontainer kosong di sepanjang sungai dapat memanfaatkan ruang kapal secara lebih efektif dan mengurangi total biaya untuk perusahaan pengiriman kontainer. Dampak gabungan dari ketinggian jembatan dan kontainer yang dapat dilipat pada kinerja keseluruhan dianalisis untuk mendapatkan wawasan manajerial. Akhirnya, kebijakan disarankan untuk memfasilitasi implementasi kontainer yang dapat dilipat untuk transportasi antarmoda sungai-laut (Zhang et.al, 2020)

Jembatan perlintasan sungai sering mengalami banyak bahaya, termasuk gerusan fondasi, pengaruh gelombang kapal, arus air membawa benda hanyutan, dan degradasi lingkungan. Ketika jembatan penyeberangan sungai beroperasi, mereka harus dipulihkan dengan cepat setelah gangguan selama lifecycle. Muka air banjir yang tinggi dan gerusan jembatan adalah penyebab utama kegagalan jembatan. Berbagai karakteristik hidraulik yang harus diperkirakan merupakan prasyarat dalam merancang pekerjaan perlindungan tepi sungai dan abutment untuk desain dan konstruksi jembatan (Patra, 2022). Tidak ada batasan yang ditentukan untuk seberapa tinggi jembatan seharusnya. Jembatan yang melintasi sungai yang dapat dilewati oleh kapal, harus mencapai di atas batas ukuran ruang bebas vertikalnya (Brener, 2011). Pengukuran dari rata-rata air tinggi tertinggi (MHHW) adalah clearance yang paling konservatif, sehingga dalam banyak kasus clearance

nyata lebih besar dari nilai ini karena permukaan air yang lebih rendah dari titik tertinggi di MHHW. Jarak bebas yang cukup harus dipertimbangkan dalam desain jembatan untuk memastikan keselamatan lalu lintas di bawah jembatan (Lin et.al, 2017).

Problem dari pelaksanaan akan sangat tergantung dari hasil desain rinci yang seharusnya dapat dikendalikan dengan manajemen konstruksi yang terpadu dan berkesinambungan (Willar, 2020). Namun permasalahan tersebut sangat sering terjadi karena kurang efektifnya sistem pendukung keputusan untuk melaksanakan manajemen konstruksi pada konstruksi bangunan di lahan basah seperti jembatan sungai. Dampak dan biaya lingkungan diukur melalui siklus hidup penilaian lingkungan dan analisis biaya siklus hidup mengikuti batas-batas sistem dari ekstraksi bahan sampai tercapainya umur jembatan. Kinerja lingkungan jembatan secara signifikan terkait dengan seleksi material dan konfigurasi jembatan. Identifikasi produk dan proses dengan dampak terbesar untuk mensubsidi desain struktur yang lebih berkelanjutan dan sesuai kebijakan pemerintah (Milani et al., 2020).

Jarak *praktis* antara I-girder harus selalu maksimum untuk mendapatkan struktur yang paling ekonomis. Juga, itu ditentukan bahwa jika tidak ada batasan untuk kedalaman suprastruktur maka akan bermanfaat untuk menggunakan jumlah minimal ketinggian girder. Persentase penghematan biaya aktual yang dapat diperoleh untuk desain optimal untuk super-struktur jembatan terutama tergantung pada rentang pelat dan kelas material yang harus diperhatikan parameter kunci yang akan mempengaruhi jarak gelagar adalah biaya jembatan dan kinerjanya. Variabel ini biasanya terkonjugasi dengan sejumlah gelagar dan lebar total jembatan.

Simple Additive Weighting (SAW) dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) sering digunakan dalam penilaian berkelanjutan jembatan, analisis artikel terbaru menunjukkan bahwa penerapan teknik TOPSIS dan PROMETHEE semakin relevan untuk tujuan tersebut. Sebagian besar penelitian berfokus pada penelitian tahap konstruksi dan pemeliharaan jembatan. Namun, kebutuhan untuk analisis lebih lanjut diidentifikasi ketika menyangkut penilaian dampak yang dihasilkan dari

tahap akhir siklus hidup jembatan dari sudut pandang berkelanjutan. Penggunaan logika intuitionistic dan neutrosophic telah terdeteksi sebagai alternatif yang muncul untuk pendekatan fuzzy masalah pengambilan keputusan (Navaro et al., 2020).

Permasalahan konstruksi bangunan termasuk juga struktur jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air sangatlah kompleks, sehingga pada phase perencanaan sangat banyak kriteria desain yang harus diterapkan terutama pada struktur bangunan bawah dan lantai dasar. Demikian juga pada saat phase pembangunan, peralatan dan metode pelaksanaan konstruksi menghadapi persoalan tingkat analisis resiko (*risk analysis*) yang sangat tinggi terhadap biaya dan waktu pelaksanaan (Husin et. al, 2018 and Jayasudha et.al, 2014). Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor risiko sumber daya memainkan peran penting dalam kerangka waktu proyek dalam proyek infrastruktur di tanah lunak selama tahap konstruksi. Ditemukan bahwa faktor risiko (internal) yang dapat dikontrol, seperti risiko hukum dan klien proyek dan risiko yang tidak dapat dikendalikan (eksternal), seperti risiko kondisi tanah dan ekonomis, memainkan peran penting dalam biaya proyek infrastruktur selama tahap konstruksi (Low, et.al., 2018).

Menurut Hamka dan Harjono (2019), penggunaan sistem pendukung keputusan prioritas perbaikan konstruksi dapat menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dan *Profile Matching*. Metode AHP digunakan untuk menentukan *priority vector* atau bobot prioritas sub elemen, elemen, dan komponen, sedangkan *Profile Matching* digunakan untuk menentukan perangkingan gedung yang menjadi prioritas perbaikan berdasarkan pengukuran volume kerusakan, jenis kerusakan, nilai pengurang dan faktor koreksi serta nilai Skala Indeks Kondisi Mckay pada sub elemen, elemen dan komponen gedung. Kriteria ada tiga yaitu: pengukuran volume kerusakan, jenis kerusakan, nilai pengurang dan faktor koreksi. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menambahkan variabel berupa standar biaya perbaikan tiap sub elemen, elemen, dan sub komponen serta perhitungan volume kerusakan dibandingkan dengan

volume, luas, atau jumlah unit sub elemen, elemen, dan sub komponen. Sehingga hasil akhir penentuan keputusan juga mempertimbangkan ketersediaan anggaran untuk perbaikan konstruksi beton.

Diharapkan dari penelitian ini dapat membuat dan menentukan rekomendasi untuk mendukung keputusan dalam merencanakan dan melaksanakan konstruksi bangunan atas jembatan yang dilalui oleh alur lalu lintas transportasi air yang optimal dari aspek jenis kapal, pasang surut air, dan clearance jembatan. Oleh karena itulah, dibutuhkan suatu sistem informasi jembatan (*Bridge Information Management*) dengan system pengambilan keputusan yang terpadu untuk melakukan perencanaan dan pelaksanaan konstruksi bangunan yang optimal dan sustainable dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan dan kriteria-kriteria optimasi yang dibutuhkan dan tetap sesuai standar konstruksi yang berlaku dengan kendala yang dihadapi di lapangan. Salah satunya dengan media komputer untuk membuat suatu integrasi database jembatan dengan rekomendasi pemilihan model dan kriteria secara sistimatis dan terpadu. Rekomendasi pemilihan model dan kriteria yang jembatan yang sesuai untuk mendukung keputusan dalam proses perencanaan dan pelaksanaan yang optimal baik dari berbagai aspek sesuai kebutuhan dengan keterbatasan yang ada di lapangan.

Proses penyelesaian perencanaan teknis detail (DED) struktur jembatan yang menghasilkan gambar rencana yang efektif dan efisien sangat diperlukan oleh Bridge Engineer untuk dapat mempersiapkan dokumen pelaksanaan konstruksi yang lengkap dan informatif. Demikian juga, proses penyelesaian setiap permasalahan dengan cepat, tepat, dinamis dan efisien sangatlah dibutuhkan oleh suatu kontraktor dalam mengerjakan suatu proyek pembangunan sehingga optimalisasi suatu proyek dapat tercapai. Sebagai bagian yang penting dari proses manajemen konstruksi dengan mengoptimal sumberdaya 5M yaitu Man (tenaga kerja), Machines (mesin), Material (bahan konstruksi), Money (uang/modal), Method (metode pelaksanaan). Sesuai dengan prinsip optimasi mulai dari tahap perencanaan sampai dengan pelaksanaan, diperlukan adanya pilihan yang terbaik

dan paling tepat untuk semua komponen dari konstruksi. Untuk itu diperlukan adanya pengambilan keputusan tepat yang dipilih pada beberapa alternatif yang paling memungkinkan. Metode yang cocok dalam mendukung keputusan untuk pengoptimalan semua tahapan manajemen risiko konstruksi pada bangunan atas dan bangunan bawah jembatan bentang pendek ini yaitu dengan metode AHP (*analytical hierarchy process*), karena metode tersebut dapat memecahkan masalah yang *multi objective* dan *multi criterias*. Kriteria yang digunakan dalam pengoptimalan proses manajemen konstruksi bangunan jembatan dengan alur kapal pada dasarnya merupakan persyaratan utama untuk menghasilkan konstruksi yang aman, efisien dan ekonomis yaitu kemudahan pekerjaan, kekuatan struktur, mutu (keawetan) serta ekonomis. Prosentase yang diperoleh dari setiap kriteria tersebut digunakan sebagai salah satu pendukung keputusan dalam menentukan tipe konstruksi bangunan yang optimal. Permasalahan yang terjadi di lapangan adalah terjadinya kendala teknis pada saat pelaksanaan konstruksi jembatan, dengan banyaknya terjadi penyesuaian pekerjaan (*contract change order*) akibat kurang efektifnya hasil DED yang tidak memiliki pedoman yang baik untuk kondisi khusus problem yang terjadi di lapangan. Dari beberapa kondisi dan integrasi perencanaan dan pelaksanaan jembatan pada penelitian sebelumnya, perlu dilakukan strategi penerapan manajemen konstruksi dengan integrasi model desain dan strategi pelaksanaan pada konstruksi jembatan di atas sungai dengan alur kapal yang dilalui lalu lintas air yang lebih tepat dan optimal, sehingga penelitian ini perlu dilakukan.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah di atas, yang menjadi identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Konstruksi jembatan di atas sungai memerlukan kriteria aspek hidrologi dan hidrolika yang sangat dominan

2. Sungai kecil dengan fungsi sebagai transportasi air di wilayah perkotaan memerlukan kriteria konstruksi jembatan khusus
3. Wilayah perkotaan dengan banyaknya sungai kecil dengan fungsi alur kapal memerlukan konstruksi jembatan bentang pendek
4. Pengaruh kondisi pasang surut dari permukaan sungai, akan sangat penting untuk kriteria konstruksi jembatan
5. Wilayah dataran rendah yang banyak memiliki sungai kecil seperti Banjarmasin dan Palembang, memerlukan sistem dan kriteria desain jembatan yang sangat komprehensif
6. Konstruksi jembatan di atas sungai dengan transportasi air di wilayah perkotaan yang cenderung lingkungan padat penduduk, memerlukan strategi desain dan pelaksanaan yang komprehensif
7. Kriteria bangunan atas dari konstruksi jembatan sangat tergantung dari elevasi jalan penghubung
8. Kriteria bangunan atas dari konstruksi jembatan sangat tergantung dari elevasi muka air tertinggi dari sungai yang dilintasi oleh kapal kecil
9. Penanganan dan pengelolaan konstruksi jembatan di atas sungai dengan alur kapal membutuhkan kriteria teknis yang komprehensif.
10. Strategi untuk menentukan konstruksi bangunan atas dan bangunan bawah jembatan yang berkelanjutan, memerlukan sistem pendukung keputusan yang sistematis dan tepat
11. Sudah ada beberapa penelitian yang membahas tentang strategi konstruksi jembatan di atas sungai dengan alur kapal untuk lalu lintas air.
12. Karena keterbatasan waktu penelitian dan fokus penelitian, dari banyaknya identifikasi masalah, maka diambil beberapa identifikasi masalah primer dan sekunder yang erat kaitannya terhadap penelitian jembatan di atas sungai dengan alur kapal untuk lalu lintas air.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, rumusan masalah yang dipilih dalam penelitian ini adalah:

- a. Apa saja faktor faktor untuk kriteria desain dan pelaksanaan konstruksi jembatan di atas sungai dengan alur kapal sebagai lalu lintas air?
- b. Bagaimanakah analisis alternatif model desain dan strategi pelaksanaan konstruksi jembatan di atas sungai dengan alur kapal sebagai lalu lintas air yang sudah ada?
- c. Bagaimanakah model baru konstruksi jembatan di atas sungai dengan alur kapal sebagai lalu lintas air yang tepat?

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

- 1) Mendapatkan faktor-faktor untuk kriteria desain dan pelaksanaan konstruksi jembatan di atas sungai dengan alur kapal sebagai lalu lintas air.
- 2) Mendapatkan alternatif model desain dan strategi pelaksanaan konstruksi jembatan di atas sungai dengan alur kapal sebagai lalu lintas air yang sudah ada.
- 3) Mendapatkan model baru desain dan terintegrasi strategi pelaksanaan konstruksi jembatan dengan alur kapal dengan lalu lintas air yang tepat.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kegunaan, baik secara teoritis maupun kebijakan, sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Manfaat teoritis penelitian ini adalah sebagai upaya pengembangan ilmu pengetahuan yaitu membuat kebaruan pendekatan dalam merumuskan model

adaptasi konstruksi jembatan di atas sungai kecil dengan transportasi air yang berkelanjutan.

2. Manfaat Kebijakan

- a. Memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan studi tentang adaptasi konstruksi jembatan dengan alur kapal sebagai transportasi air serta memberikan pemikiran serta pondasi ilmiah tentang konsep adaptasi konstruksi jembatan yang efektif dan berkelanjutan
- b. Menjadi alat bantu pengambilan keputusan pemerintah bagi strategi penanganan konstruksi jembatan berkelanjutan
- c. Memberikan perlindungan bagi masyarakat dari kendala beraktifitas sehari-hari yang melintasi sungai di bagian bawah jembatan dengan kapal
- d. Memberikan masukan terkait manajemen konstruksi jembatan berkelanjutan yang dapat diimplementasikan pemerintah daerah dan pihak swasta.

1.6. Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian pada konstruksi jembatan yang berada di atas sungai kecil, yang dilintasi oleh lalu lintas alur berbagai jenis kapal untuk transportasi air.
2. Batasan wilayah yang di kaji dalam penelitian ini adalah kawasan yang memiliki karakteristik banyaknya anak sungai dengan alur kapal yang harus dibangun jembatan khusus dikarenakan terbatasan lahan dan dipengaruhi oleh pasang surut.
3. Objek penelitian difokuskan pada konstruksi bangunan atas jembatan tipe gelagar beton dan baja
4. Produk akhir berupa integrasi hasil analisis DSS ke *Bridge Management System* (BMS)
5. Variabel-variabel berkaitan dengan strategi adaptasi konstruksi bangunan atas jembatan karena variabel pada penelitiannya masih terbatas.

1.7. Originalitas dan Pembaruan

Originalitas penelitian menyajikan perbedaan dan persamaan kajian yang diteliti antara peneliti dengan peneliti-peneliti sebelumnya. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari adanya pengulangan kajian terhadap hal-hal yang sama, dengan demikian akan diketahui sisi-sisi yang membedakan dan akan diketahui letak persamaan antara penelitian peneliti dengan penelitian- penelitian terdahulu. Dalam hal ini akan lebih mudah dipahami, jika peneliti menyajikannya dalam bentuk tabel, yang menampilkan; Nama Peneliti, Sumber dan Judul Penelitian, Obyek dan Metode Penelitian, Hasil, Bentuk Model dan Rekomendasi Penelitian. Bentuk Model Tabel penelitian-penelitian sebelumnya dan rencana penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut ini:

Penelitian dalam bentuk “Model Desain dan Strategi Pelaksanaan Konstruksi Jembatan yang Dilewati Alur Kapal sebagai Lalu Lintas Air”, belum pernah dilakukan oleh Peneliti sebelumnya, yang membedakan dalam penelitian ini adalah sistem pendukung yang diteliti merupakan pengembangan database dari inovasi pembaruan sistem informasi dan model konstruksi jembatan yang dilewati alur kapal sebagai lalu lintas air, yang berbasis komputer dalam penentuan/rekomendasi pemilihan model konstruksi bangunan atas jembatan yang berkelanjutan mulai dari proses desain sampai dengan pelaksanaan yang dilakukan secara terintegrasi dan tidak parsial.

Tabel 1.1. Penelitian yang pernah dilakukan dan Rencana Penelitian ini

No	Peneliti, Sumber & Judul Penelitian	Obyek & Metode Penelitian
1.	Peneliti: Ramadandhia et.al. (2021) Sumber: Journal of Global Environmental Dynamics (JGED), Vol. 2 No. 1: pp. 25-28 Judul: River as Alternative Infrastructure for Water Transportation and Emission Load Sharing in Banjarmasin City South Kalimantan	Objek: Gedung Metode: Studi literatur, observasi, pengamatan lapangan Analisis: AHP dan Profile Matching

dilanjutkan

Tabel 1.1. (Lanjutan)

No	Peneliti, Sumber & Judul Penelitian	Obyek & Metode Penelitian
2.	Peneliti: Abidin, Z. (2016) Sumber: Jurnal Agregat Vol. 1 No. 1, pp. 23-32 Judul: Studi Revitalisasi Angkutan Sungai sebagai Moda Transportasi Perkotaan di Kota Banjarmasin	Objek: Angkutan sungai di Banjarmasin Metode: Studi literatur, observasi, pengamatan lapangan Analisis: Expert Choice
3.	Peneliti: Stellamaris (2017) Sumber: Jurnal Teknologi Berkelanjutan (JTB) Vol. 06 No. 01 (2017), pp 47-56. Judul: Analisis Bentuk Model Moda Transportasi Sungai di Banjarmasin	Objek: Kapal Metode: Studi literatur, observasi, pengamatan lapangan Analisis: Expert Choice
4.	Peneliti: Millani et al. (2020) Sumber: Int. Journal Environ. Research Public Health, 17, 4488; pp. 1-23 Judul: Proposal of Sustainability Indicators for the Design of Small-Span Bridges	Objek: Jembatan bentang pendek Metode: Penentuan indikator kriteria desain jembatan Analisis: Lifecycle & cost analysis
5.	Peneliti: Rathore et.al (2019) Sumber: International Research Journal of Engineering & Technology (IRJET) Volume: 06 Issue: 03 pp. 4136-4142 Judul: A Sustainable Approach for Urban Riverfront Development	Objek: <i>Riverfront</i> Metode: Studi literatur, observasi, pengamatan lapangan Analisis: Expert Choice
6.	Peneliti: Ors et al, 2023 Sumber: Ain Shams Engineering Journal, Vol. 14 Issue 7, pp. 1-11 Judul: Decision Support System to Select the Optimum Construction Techniques for Bridge Piers,	Objek: Pier jembatan Metode: Studi literatur, observasi, Analisis: SPK (DSS) untuk teknik penentuan konstruksi yang optimum
7.	Peneliti: Ravikant et.al. (2019) Sumber: International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 8 Issue 7, pp. 470-477. Judul: Design and Analysis of Bridge Girders using Different Codes	Objek: Girder Jembatan Metode: Studi literatur, observasi, pengamatan lapangan Analisis: Berbagai design code

dilanjutkan

Tabel 1.1. (Lanjutan)

No	Peneliti, Sumber & Judul Penelitian	Obyek & Metode Penelitian
8.	Peneliti: Navarro, et. al. 2020, Sumber: Journal of Civil Engineering and Management, Vol. 26 No. 7: pp. 690–704 Judul: Life Cycle Sustainability Assessment For Multi-Criteria Decision Making in Bridge Design	Objek: Jembatan Metode: Asesment Struktur Jembatan Analisis logika intuitionistic dan neutrosophic Analisis: Fuzzy (SAW & AHP)
9.	Peneliti: Yang et al. (2021) Sumber: Transportation Research Record, 2675 (12), pp. 915–928 Judul: Analysis of the Safety Factors of Municipal Road Undercrossing Existing Bridge Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process Methods	Objek: Jembatan Metode: Studi literatur, observasi, pengamatan lapangan Analisis: Fuzzy- AHP
10.	Peneliti: Erdogan et al (2019) Sumber: Journal of Sustainability 2019, 11, 2239; Judul: A Multi-Criteria Decision-Making Model to Choose the Best Option for Sustainable Construction Management	Objek: Infrastruktur di Turki Metode: Studi literatur, observasi, pengamatan lapangan Analisis: <i>Multi criteria decision</i>
11.	Peneliti: Wahyoni & Sari (2024) Sumber: Journal of Scientech Research and Development, Volume 6, Issue 2, Judul: Identification of the Causes of Delay in Completion of Bridge Construction Work in Padang City	Objek: Jembatan Metode: Studi literatur, observasi, pengamatan lapangan Analisis: Likert Scale SPSS ver.26 ; RRI

Sumber: Dari berbagai Jurnal (2019 – 2024)

Dari Tabel 1.1 diketahui bahwa telah banyak penelitian sebelumnya yang meneliti tentang jembatan, tetapi penelitian tentang jembatan untuk transportasi air masih terbatas. Telah banyak pula model jembatan pada bagian konstruksi jalan, namun model yang khusus untuk model tipe bangunan atas jembatan untuk transportasi air masih belum banyak dilakukan.

Penelitian ini berjudul “Model Desain dan Strategi Pelaksanaan Konstruksi Jembatan Yang Dilewati Alur Kapal Sebagai Lalu Lintas Air”. Perbedaan Model penelitian terdahulu dengan rencana penelitian disertasi ini dapat di lihat pada Tabel 1.2 berikut ini.

Tabel 1.2 Model Penelitian Terdahulu dan Rencana Penelitian Disertasi.Rencana

Nb	Tahun	Peneliti	Hasil Penelitian	Jenis Model				
				SS	HS	Statistik Regresi	Mate-matik	DSS
1	2016	Abidin, Z.	Model DSS pilihan alur kapal sebagai transportasi sungai					√
2	2017	Stellamaris	Model pemilihan jenis kapal untuk transportasi air di bawah jembatan	√				
3	2019	Ravikant et. al.	Desain dan analisis girder jembatan yang optimum		√			
4	2019	Hamka dan Harjono	Model pilihan alternatif untuk transportasi air atau darat					√
5	2019	Erdogan et al	AHP model untuk <i>sustainable construction management</i>					√
6	2019	Rathore	Analisis kelola sungai dengan alur kapal sebagai transportasi air				√	
7	2020	Millani et al.	Lifecycle & cost analysis untuk desain jembatan bentang pendek				√	
8	2020	Navarro,	AHP model untuk pendukung keputusan desain jembatan					√
9	2021	Yang et al.	AHP model untuk persilangan jalan pada jembatan eksisting					√
10	2023	Ors et. al.	SPK (DSS) untuk konstruksi pier jembatan yang optimum					√
11	2024	Wahyoni et.al.	Likert Scale SPSS ver.26 metode pelaksanaan jembatan	√		√		

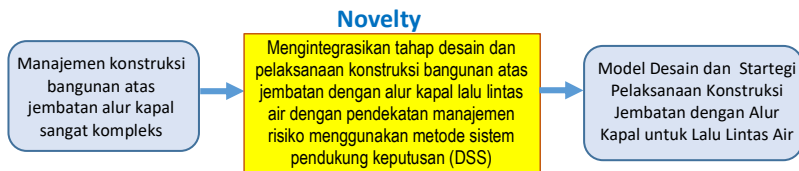
Keterangan : SS : Soft System Metodology,

HS : Hard System Metodology, DSS : Decision Support System

Berdasarkan penelitian yang tercantum tabel di atas. Maka penelitian ini akan menambah:

- 1) Jumlah variabel
- 2) Strategi antisipasi dan solusi model pemilihan bangunan atas jembatan berdasarkan Analytical Hierarchy Process (AHP)
- 3) Pembuatan model desain jembatan yang terintegrasi dengan strategi pelaksanaan

Bagan skematik dari prinsip dasar alur novelty penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut ini.



Gambar 1.1. Konsep dasar Novelty Penelitian

Research gap dan novelty penelitian:

- 1) Problem dari struktur bangunan jembatan yang berada di atas Sungai dengan alur kapal untuk lalu lintas air, sangat kompleks. Diperlukan data hidologi/hidrolika yang akurat untuk menentukan tipe dan posisi bangunan atas, dimana hasil riset terdahulu belum banyak menampilkan data dan analisis yang rinci dan lengkap.
- 2) Penentuan jenis konstruksi bangunan atas, sangat banyak alternatif yang harus dipilih, sementara itu data tanah sangat beragam dan belum bisa menentukan jenis konfigurasi dan tipe girder yang efisien baik dari segi biaya maupun metode pelaksanaannya
- 3) Pelaksanaan konstruksi bangunan atas jembatan di atas Sungai dengan alur kapal untuk lalu lintas air, mempunyai potensi tingkat risiko yang tinggi dan sangat tinggi, terutama pada kondisi trase jalan dan lingkungan yang kecukupan datanya tidak tersedia cukup signifikan.
- 4) Pada bagian konstruksi bawah, terutama pada abutmen dan pondasi tiang, memerlukan biaya konstruksi yang cukup besar. Metode pelaksanaan khusus untuk efisiensi biaya, belum banyak dilakukan penelitian bahasan ini.
- 5) Penggunaan metode pengambilan keputusan untuk desain struktur jembatan di atas Sungai untuk alur kapal, masih belum banyak penelitian yang membahas ini lebih detail.

- 6) Penggunaan metode pengambilan keputusan untuk pelaksanaan konstruksi jembatan, masih belum banyak penelitian membahas ini lebih detail.
- 7) Penggunaan metode pengambilan keputusan untuk integrasi desain struktur dan pelaksanaan konstruksi jembatan, masih belum banyak penelitian yang membahas ini lebih detail.

1.8. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam penelitian ini yang dibahas pada setiap bab disertasi adalah sebagai berikut:

- BAB I:** Merupakan bagian Pendahuluan dari penelitian tentang sistem pendukung keputusan desain dan pelaksanaan konstruksi jembatan bentang pendek, yang berisikan tentang Latar belakang Masalah, Identifikasi Masalah, Perumusan Masalah, Maksud dan tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Pembatasan Masalah dan Originalitas dan Pembaruan
- BAB II:** Merupakan bagian Kajian Pustaka, yang berisikan Uraian tentang literatur yang dikaji dan kritis, Uraian tentang teori yang relevan (konstruksi girder jembatan, tanah lunak, pondasi tiang pancang, teknik sungai, manajemen konstruksi, sistem pendukung keputusan). Uraian tentang variabel penelitian (manajemen konstruksi tahap desain dan pelaksanaan konstruksi jembatan) satu persatu (secara lengkap dan rinci), Kerangka Berfikir, dan Hipotesis Penelitian
- BAB III:** Merupakan bagian pembahasan Metode Penelitian, yang berisikan Uraian singkat cara penelitian, Tanggal dan waktu penelitian, Populasi dan sampel, Variabel penelitian (lengkap definisi konseptual, definisi

operasional, indikatornya), Data penelitian, Instrumen penelitian, Metode analitis, dan Bagan alir penelitian (metode sampel di lapangan, metode pengujian expert, metode kuisoner responden, analisis statistik, sistem informasi database)

BAB IV: Merupakan bagian Analisa Data dan Hasil Analisis, yang berisikan uraian tentang Analisa Data (perhitungan analitis, perhitungan numerik, dan model kuisoner dan analog). Hasil analisis akan mencakup kegiatan pengujian hipotesis dan penyajian data dalam bentuk angka, tabel dan grafik.

BAB V: Merupakan bagian Pembahasan Hasil Penelitian, yang berisikan tentang Interpretasi hasil penelitian dan Diskusi Hasil Penelitian

BAB VI: Merupakan bagian Kesimpulan, Implementasi dan Rekomendasi, yang berisikan tentang Kesimpulan, Impilkasi hasil penelitian, dan Saran-saran atau rekomendasi

Bagian akhir disertasi akan disertakan Daftar pustaka, Lampiran Data dan Lampiran hasil analisis.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Beberapa hal yang berkaitan dengan literatur untuk membahas tentang permasalahan manajemen konstruksi jembatan di atas sungai dengan transportasi air meliputi:

1. Teori tentang problem konstruksi jembatan dan transportasi air

Transportasi air di kota melalui sungai telah menjadi ciri khas kota Banjarmasin, yaitu sesuai dengan geografinya dengan jumlah sungai di kota sebagai alat transportasi untuk mobilisasi penduduk ke berbagai daerah perkotaan. Walaupun ada transportasi darat, transportasi sungai ini adalah transportasi lokal bagi masyarakat kota Banjarmasin.

Penggunaan transportasi air di sepanjang sungai Martapura yang melintasi kota Banjarmasin, cenderung menurun pada penggunaan jenis perahu jukung dan kapal kelotok, namun masyarakat lebih sering menggunakan moda transportasi air jenis kapal motor cepat panjang (long-boat) dengan ketinggian kapal mencapai 2 meter. Sehubungan dengan kapal tersebut harus melintasi di bawah jembatan yang menghubungkan jalan dalam kota Banjarmasin, sehingga diperlukan *vertical clearance* minimum 3 meter.

2. Teori tentang sistem perencanaan struktur jembatan

Menurut Ravikant (2019) yang telah membahas desain jembatan dengan beberapa code, terhadap analisis pembebanan yang berbeda diambil dari kode IRC, AASHTO spesifikasi dan kode Euro. Kesimpulan di atas analisisnya sebagai berikut

- a) Dibandingkan ketiga kode, kode Euro desain lebih diperkuat dibandingkan dengan dua lainnya yaitu kode IRC dan AASHTO spesifikasi.

- b) Dalam desain gelagar jembatan dengan geser Euro Code; gaya, momen lentur dan defleksi hampir ganda dibandingkan dengan dua lainnya yaitu kode IRC dan spesifikasi AASHTO.
- c) Desain gelagar jembatan (hingga 25m) menggunakan IRC code paling ekonomis dan lebih aman dibandingkan ke dua lainnya yaitu spesifikasi AASHTO dan Euro Code.
- d) Kode IRC memiliki kombinasi pemuatan terbaik dan metode desain dibandingkan dengan dua lainnya yaitu spesifikasi AASHTO dan kode Euro.
- e) Karena desain gelagar jembatan menggunakan kode IRC memperoleh nilai minimum defleksi dan lentur momen jadi oleh karena itu pembebanan IRC Kelas A adalah pemuatan paling ekonomis dan optimal untuk desain gelagar jembatan di INDIA.

Proyek konstruksi jembatan berkembang menjadi lebih kompleks, secara teoritis menyatakan bahwa Building Information Modelling (BIM) tidak hanya diterapkan untuk konstruksi gedung, namun juga dapat diterapkan untuk konstruksi jembatan, yang tidak hanya membantu dalam pemodelan geometrik dari kinerja suatu bangunan atau konstruksi lainnya akan tetapi dapat juga membantu dalam manajemen proyek konstruksi khususnya dalam hal komunikasi efektif. Manfaat penggunaan BIM sebagai media komunikasi pemangku kepentingan telah dilakukan untuk meningkatkan peran manajemen konstruksi yang efektif. Pengumpulan data dilakukan dengan mendistribusikan kuesioner pada perusahaan besar baik perusahaan kontraktor atau konsultan teknik di DKI Jakarta yang telah menggunakan BIM dalam proses komunikasi. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode structural equation modeling (SEM) dan di dapatkan bahwa penggunaan BIM dapat mempermudah pemangku kepentingan yang terlibat dalam tim kerja proyek konstruksi dalam berkomunikasi dan koordinasi yang lebih efektif (Raflis et al., 2018).

BIM adalah perangkat teknologi, proses, kebijakan yang seluruh prosesnya berjalan secara kolaborasi dan integrasi dalam sebuah model digital. Penggunaan BIM dalam pekerjaan konstruksi gedung baik pada proses perencanaan, pengadaan, dan pelaksanaan konstruksi dapat dengan mudah terhubung. Selain itu, memungkinkan pelaku yang terlibat dalam suatu proyek bekerja secara kolaborasi (Eastman et al., 2011) sehingga dapat mendukung integrasi data dan desain dengan mudah, seperti yang diketahui bahwa dalam banyak proyek sering terjadi kolaborasi yang tidak efektif antara stakeholders bahkan kolaborasi yang terjadi belum bisa didefinisikan sebagai kolaborasi efektif melainkan hanya kegiatan kerjasama (Rafli et al, 2017; Rahmawati et al 2014).

3. Teori tentang sistem pelaksanaan konstruksi khusus

Metode konstruksi top-down (TDC) menyediakan penghematan yang signifikan dalam waktu konstruksi. Urutan bangunan dimulai dengan konstruksi dinding penahan dan elemen bantalan beban bawah tanah yang membawa bangunan atas masa depan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan dan kelemahan pendekatan TDC dibandingkan dengan metode bottom-up konvensional di Malaysia melalui berbagai aspek dan perbaikan diusulkan pada akhir studi. Survei kuesioner dilakukan dengan pihak sasaran yang bekerja di industri konstruksi. 102 responden telah menanggapi survei. Kemudian, proyek TDC di Pusat Kota Kuala Lumpur (KLCC) dipilih sebagai studi kasus dalam penelitian ini. Informasi proyek dan sesi wawancara dilakukan dengan penanggung jawab proyek untuk memperoleh pemahaman mendalam tentang kendala metode ini. Hasil survei menunjukkan bahwa metode TDC lebih aman untuk konstruksi bawah tanah dalam dan efek yang lebih kecil untuk bangunan sekitarnya di Malaysia. Namun, diperlukan pelatihan bagi kontraktor untuk meningkatkan efisiensi proyek. Secara meyakinkan, beberapa perbaikan harus diadopsi ketika metode top-down mau tidak mau menjadi kecenderungan dalam industri konstruksi di Malaysia (Wong, et.al, 2019)

Kegiatan proyek tidak hanya Struktur konstruksi gedung melainkan infrastruktur umum seperti konstruksi sipil lainnya. Konstruksi ini merupakan konstruksi yang relatif besar dan fungsional sehingga membutuhkan pondasi sebagai media penahan tanah. Struktur bore pile termasuk jenis pondasi tiang dalam dimana proses pembuatannya dilakukan dengan mengebor tanah. Dalam pelaksanaannya, diperlukan analisis risiko untuk mengetahui berbagai faktor risiko dominan dan besar level risiko yang terjadi berdasarkan waktu dan biaya. Data yang digunakan adalah data primer berupa hasil wawancara dan penyebaran kuisioner terhadap 5 responden, diantaranya project manager, site commercial, site engineering, pengawas utama, dan pengawas lapangan dari pihak kontraktor. Analisis yang dilakukan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk mencari bobot risiko, selanjutnya dilakukan perhitungan tingkat risiko (R) pada tiap-tiap sub risiko dengan hasil terbesar merupakan risiko dominan. Hasil analisis tersebut menghasilkan risiko dominan berdasarkan waktu dan biaya yaitu: hujan, produktivitas tenaga kerja tidak sesuai perkiraan, longsor, keruntuhan tanah permukaan di sekeliling lubang bor, subkontraktor kurang berkualitas, jalan akses kerja, tidak adanya informasi pengendalian waktu untuk memantau dan menganalisa kesalahan estimasi schedule yang mempengaruhi kinerja proyek, dan sistem pengendalian biaya yang lemah (Magna dkk, 2017). Struktur tiang pancang beton pretstress merupakan salah satu alternatif untuk pondasi di atas tanah lunak. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 20 m di bawah permukaan tanah, maka pemilihan pondasinya tergantung penurunan (settlement) yang diizinkan. Apabila tidak boleh terjadi penurunan, biasanya digunakan pondasi tiang pancang (pile driven foundation), Nakazawa (2000) juga menjelaskan pentingnya batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya. Sebagai contoh penurunan jenis pondasi yang akan dipakai tergantung apakah sifat bangunan itu mengizinkan atau tidak terjadinya penurunan pondasi. Pada kondisi khusus tergantung dari berbagai aspek teknis yang ditinjau, menurut Tanyonimpuno

(2006), Urutan prioritas kriteria pemilihan jenis pondasi untuk strktur bangunan bertingkat adalah sebagai berikut: kriteria kondisi tanah dengan prosentase bobot yaitu: 46,17%; kriteria teknis pondasi dengan prosentase bobot 21,37%; kriteria efisiensi waktu dengan prosentase bobot 10,92%; kriteria pelaksanaan sebesar 10,5%; kriteria ekonomis dengan bobot 8,22%; dan kriteria lingkungan dengan bobot prioritas 2,82%. alternatif jenis pondasi beton prestress mempunyai nilai bobot tertinggi sehingga jenis pondasi ini merupakan jenis pondasi yang paling sesuai untuk digunakan pada proyek Royal Plaza Surabaya.

4. Teori tentang manajemen risiko

Risiko-risiko yang terdapat pada proyek konstruksi sangat banyak, namun tidak semua risiko-risiko tersebut perlu diprediksi dan diperhatikan untuk memulai suatu proyek karena hal itu akan memakan waktu yang lama. Oleh karena itu pihak-pihak didalam proyek konstruksi perlu untuk memberi prioritas pada risiko-risiko yang penting yang akan memberikan pengaruh terhadap keuntungan proyek. Risiko-risiko tersebut adalah (Wideman, 1992):

A. External, tidak dapat diprediksi (tidak dapat dikontrol) seperti:

- a) Perubahan peraturan perundang-undangan,
- b) Bencana alam: badai, banjir, gempa bumi,
- c) Akibat kejadian pengrusakan dan sabotase,
- d) Pengaruh lingkungan dan sosial, sebagai akibat dari proyek,
- e) Kegagalan penyelesaian proyek

B. External, dapat diprediksi (tetapi tidak dapat dikontrol):

- a) Risiko pasar,
- b) Operasional (setelah proyek selesai),
- c) Pengaruh lingkungan,
- d) Pengaruh sosial,
- e) Perubahan mata uang,
- f) Inflasi dan Pajak

C. Internal, non-teknik (tetapi umumnya dapat dikontrol):

- a) Manajemen,
- b) Jadwal yang terlambat,
- c) Pertambahan biaya,
- d) Cash flow,
- e) Potensi kehilangan atas manfaat dan keuntungan

D. Teknik (dapat dikontrol):

- a) Perubahan teknologi,
- b) Risiko-risiko spesifikasi atas teknologi proyek,
- c) Desain

E. Hukum, timbulnya kesulitan akibat dari:

- a) Lisensi,
- b) Hak paten,
- c) Gugatan dari luar,
- d) Gugatan dari dalam,
- e) Hal-hal tak terduga

Menurut Flanagan and Norman (1993), risiko dalam proyek konstruksi adalah:

- a. Penyelesaian yang gagal sesuai desain yang telah ditentukan/penetapan waktu konstruksi
- b. Kegagalan untuk memperoleh gambar perencanaan, detail perencanaan/izin dengan waktu yang tersedia.
- c. Kondisi tanah yang tak terduga
- d. Cuaca yang sangat buruk.
- e. Pemogokan tenaga kerja.
- f. Kenaikan harga yang tidak terduga untuk tenaga kerja dan bahan.
- g. Kecelakaan yang terjadi di lokasi yang menyebabkan luka.
- h. Kerusakan yang terjadi pada struktur akibat cara kerja yang jelek.
- i. Kejadian tidak terduga (banjir, gempa bumi, dan lain-lain)

- j. Klaim dari kontraktor akibat kehilangan dan biaya akibat keterlambatan produksi karena detail desain oleh tim desain.
- k. Kegagalan dalam penyelesaian proyek dengan budget yang telah ditetapkan

Sumber-sumber risiko menurut (Flanagan & Norman, 1993) adalah sebagai berikut:

- 1) Timbulnya inflasi,
- 2) Kondisi tanah yang tidak terduga,
- 3) Keterlambatan material,
- 4) Detail desain yang salah, seperti ukuran yang salah dari gambar,
- 5) Kontraktor utama tidak mampu membayar/bangkrut,
- 6) Tidak ada koordinasi

Manajemen risiko juga didefinisikan sebagai suatu praktik mengidentifikasi, mengevaluasi dan mengendalikan faktor tersebut untuk menghindari atau mengurangi potensi pengaruh negatif. Tumimor (2014), identifikasi risiko adalah langkah awal dalam penerapan manajemen risiko dan merupakan tahapan yang penting dalam pelaksanaan kegiatan. Dengan identifikasi risiko pada proses pelaksanaan kegiatan konstruksi akan diketahui berbagai risiko yang terjadi selama pelaksanaan kegiatan sejak mulai dikerjakan sampai selesai, selanjutnya akan diketahui seberapa besar potensial risiko-risiko tersebut dalam mempengaruhi tercapainya sasaran kegiatan. Adapun tingkat level risiko yang ditentukan berdasarkan peluang dan terhadap dampak yang terjadi pada manajemen konstruksi dengan tingkat signifikansi dari yang rendah sampai dengan yang sangat tinggi, ditampilkan pada Tabel 2.1 berikut (AS/NZS 4360, 2004). Dimana untuk notasi akan dibaca sebagai berikut, RR = Risiko Rendah; RS = Risiko Sedang; RT = Risiko Tinggi; dan RST = Risiko Sangat Tinggi

Tabel 2.1. Tingkat level risiko (AS/NZS 4360, 2004)

Peluang	Dampak				
	Tidak Signifikan (1)	Minor (2)	Moderate (3)	Major (4)	Bencana kematian (5)
Jarang Terjadi (1)	RR (1x1)	RR (1x2)	RR (1x3)	RR (1x4)	RS (5x1)
Kemungkinan kecil (2)	RR (1x1)	RR (2x2)	RS (2x3)	RS (2x4)	RT (2x5)
Kemungkinan sedang (3)	RR (3x1)	RS (3x2)	RS (3x3)	RT (3x4)	RT (3x5)
Kemungkinan Besar (4)	RR (4x1)	RS (4x2)	RT (4x3)	RT (4x4)	RST (4x5)
Hampir Pasti (5)	RS (5x1)	RT (5x2)	RT (5x3)	RST (5x4)	RST (5x5)

(Adapted from the AS/NZ 4360 Standard Risk Matrix and NHS QIS Risk Matrix)

Kriteria dan sub kriteria untuk menentukan pendukung keputusan dalam pemilihan jenis girder dan abutmen jembatan yang sesuai, yaitu berdasarkan Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Kriteria dan sub kriteria pendukung keputusan tipe girder

Label	Atribut kriteria	Sub kriteria
A	□ kondisi jalan	• jalan perkotaan • jalan arteri
		• lebar jalan 2 lajur < 8 m
		• lebar jalan 4 lajur > 15 m
		• jalan di bantaran sungai
B	□ teknis girder	• kriteria desain girder lurus
		• kriteria desain girder lengkung
		• tipe girder baja komposit
		• tipe girder beton bertulang
C	□ ketersediaan peralatan	• tipe girder beton prategang
		• jumlah alat • peralatan utama
		• alat pendukung • efektifitas alat
		• tersedia on time • no idle

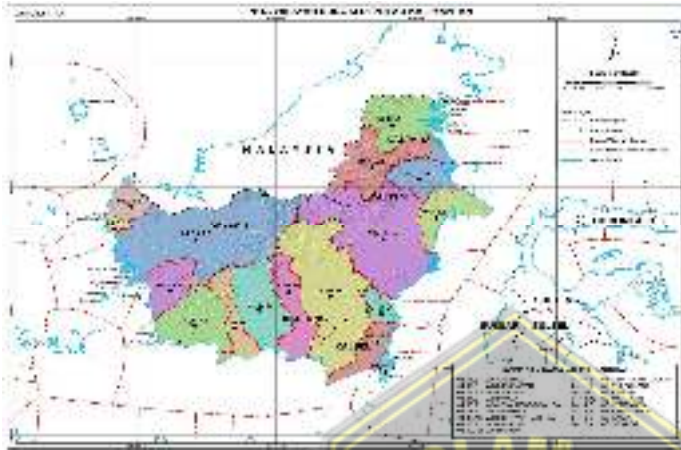
.... dilanjutkan

Tabel 2.2 (lanjutan)

Label	Atribut kriteria	Sub kriteria	
D	□ ketersediaan material	• material ringan	• material alami
		• ex fabrikasi	• komposit
		• beton pratekan	• beton bertulang
E	□ kemudahan metode pelaksanaan	• time schedule	• alur NWP baik
		• efektifitas kerja	• <i>idle time</i> kurang
		• teknologi baru	• tenaga ahli
		• <i>no overlapping</i>	• tidak ada <i>rework</i>
F	□ ekonomis/biaya	• efisiensi biaya	• <i>fixed cost</i>
		• aktifitas lancar	• tidak ada konflik
		• rupiah stabil	• tidak ada inflasi
G	□ lingkungan	• dilewati kapal	• potensi banjir
		• pasang-surut	• bangunan sekitar
		• dilewati perahu	• dekat dermaga

Sesuai Keppres Nomor 12 Tahun 2012, kode wilayah sungai di Indonesia ditetapkan dalam enam digit yang dibagi menjadi tiga sub dengan titik sebagai pemisah. Dua digit (dari kiri) pertama menyatakan kode untuk pulau dimana wilayah sungai tersebut berada. Sedangkan dua digit berikutnya merupakan nomor urut wilayah sungai pada pulau/lokasi tersebut. Dan sub digit terakhir (paling kanan) menandakan kelompok wilayah sungai.

- A1 untuk wilayah sungai Lintas Negara
 - A2 untuk wilayah sungai Lintas Provinsi
 - A3 untuk wilayah sungai Strategis Nasional
 - B untuk wilayah sungai Lintas Kabupaten atau Kotamadya
 - C untuk wilayah sungai yang berada dalam satu Kabupaten atau Kotamadya
- Pembagian wilayah sungai (WS) di Kalimantan dapat dilihat pada peta wilayah sungai di Pulau Kalimantan seperti pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Peta pembagian Wilayah Sungai (WS) di Kalimantan
(Kementerian PUPR, 2015)

Sungai yang dimanfaatkan sebagai sarana transportasi utama di Indonesia cukup banyak. Untuk menempuh jarak yang lebih dekat, beberapa orang memanfaatkan jalur sungai. Sungai merupakan aliran air yang besar dan terbentuk karena proses alam. Mata air sungai berasal dari daerah pegunungan. Pemanfaatan sungai di Indonesia disesuaikan dengan keadaan geografis daerahnya. Jika di Jawa tidak ada lagi pemanfaatan sarana transportasi air untuk alur kapal melalui sungai, lain halnya dengan sungai di Pulau Sumatera serta Kalimantan yang sungai besarnya dijadikan sebagai sarana transportasi air utama (Gambar 2.2).



Gambar 2.2 Jembatan Sungai Barito sebagai transportasi air

Berikut beberapa sungai besar yang dimanfaatkan sebagai sarana transportasi air utama di Pulau Kalimantan:

1. Sungai Mahakam

Sungai Mahakam yang berada di Kalimantan Timur ini memang membelah Provinsi Kalimantan Timur. Sungai ini menjadi salah satu sungai yang masih digunakan sebagai sarana transportasi air utama sekaligus menjadi penopang bagi wilayah dari hulu sampai hilir (Gambar 2.3).



Gambar 2.3 Sungai Mahakam dan transportasi air

Sungai ini juga memiliki beberapa jenis habitat seperti biota ikan air tawar seperti ikan patin dan juga pesut meskipun jumlahnya tinggal sedikit. Sungai Mahakam memiliki panjang sekitar 920 km ini melintasi wilayah Kabupaten Kutai Barat di bagian hulu hingga kabupaten Kutai Kartanegara dan Kota Samarinda di bagian hilir. Sungai Mahakam juga dimanfaatkan sebagai jalur lewatnya kapal tongkang batu bara dari berbagai tempat. Pada beberapa titik lebar sungai ini bisa mencapai ratusan meter.

2. Sungai Kapuas

Sungai Kapuas atau sungai Kapuas Buhang merupakan sungai yang ada di Kalimantan Barat. Sungai ini menjadi yang terpanjang di pulau Kalimantan sekaligus menjadi sungai terpanjang di Indonesia dengan panjang 1.143 km. Sungai ini berperan penting sebagai jalur distribusi barang di wilayah Kalbar.

Kedalamannya yang melebihi 20 meter membuat sungai Kapuas bisa dilewati baik kapal penumpang maupun barang. Di sungai Kapuas banyak kapal-kapal atau perahu nelayan yang hendak mencari ikan atau sekedar ingin bersantai dan bersandar di kota tujuan (Gambar 2.4).



Gambar 2.4 Sungai Kapuas dan transportasi air di Kota Pontianak

3. Sungai Barito

Sungai Barito memiliki panjang 909 km. Sungai ini terletak di wilayah Kabupaten Barito Utara dan Murung Raya, Kalimantan Tengah. Di sungai ini banyak aktifitas kapal besar yang umumnya ialah kapal transportasi hingga pengangkut barang. Salah satu anak sungai Barito, yaitu Sungai Martapura dengan posisi hulu berada di Kabupaten Banjar dan daerah hilirnya bercabang ke Sungai Barito, melintasi membelah kota, berujung di Kota Banjarmasin (Gambar 2.5).



Gambar 2.5 Sungai Martapura sebagai Sub DAS Barito

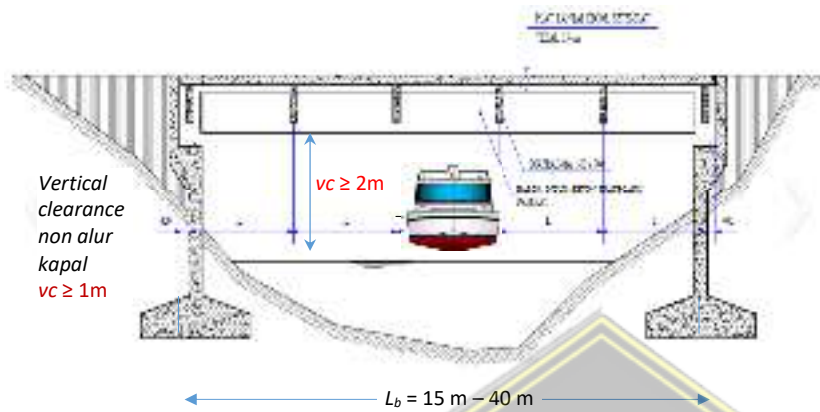
Kota Banjarmasin yang dilintasi oleh Sungai Martapura dengan panjang total 24 km dan banyak anak sungai lainnya, sehingga dikenal dengan nama Kota Seribu Sungai. Sebagian besar anak sungai ini dilintasi oleh alur kapal sebagai lalu lintas air. Sungai Martapura melintasi Kota Martapura ibukota Kabupaten Banjar. Alur kapal yang melintasi sungai Martapura ini sebagai lalu lintas air berjarak 34 km. Sungai Martapura sebenarnya mempunyai panjang 600 km.

Klasifikasi sungai menurut Helfrich et al. (Heinrich dan Hergt, 1998 dalam Maryono, 2005), menyatakan bahwa sungai kecil disebut juga dalam Bahasa Inggris adalah *brooks, branches, creeks, forks, dan runs*. Semuanya berarti sungai kecil. Sedang terminologi yang membedakan sungai kecil (*stream*) dan sungai besar (*river*) hanya tergantung kepada pemberi nama pada pertama kalinya. Selanjutnya sungai kecil didefinisikan sebagai air dangkal yang mengalir di suatu daerah dengan lebar aliran tidak lebih 40 m pada muka air normal. Sedang kondisi yang lebih besar dari sungai kecil ini disebut sungai atau sungai besar. Untuk klasifikasi sebagai sungai kecil lainnya adalah sebagai anak sungai besar, seperti contohnya Sungai Martapura sebagai anak Sungai Barito.

Beberapa sungai kecil dengan lebar kurang dari 40 m, yang merupakan anak sungai yang dilintasi oleh alur kapal sebagai transportasi air, adalah sebagai berikut:

1. Sungai Mahakam; dengan contoh sungai kecil: Sungai Karang Mumus, Sungai Palaran, Sungai Karang Asam Besar, Sungai Tenggara
2. Sungai Kapuas; dengan anak sungai berikut sebagai contoh sungai kecil: Sungai Kapuas Kecil dan Sungai Landak
3. Sungai Barito; dengan anak sungai berikut sebagai contoh sungai kecil: Sungai Martapura, Sungai Kuin, Sungai Alalak, dan Sungai Mantuil

Tipikal penampang sungai kecil yang dilewati oleh alur kapal sebagai fungsi lalu lintas air, dengan rencana jembatan girder beton prategang dengan bentang 15 m – 40 m, dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut. Vertical clearance dari muka air banjir terhadap bagian bawah dari girder harus diperhitungkan dengan baik, agar dapat dilewati oleh kapal pada kondisi muka air tertinggi.



Gambar 2.6 Penampang Sungai dan *vertical clearance*

Sungai kecil yang akan digunakan untuk alur kapal mempunyai karakteristik khusus yang dipergunakan sebagai transportasi air.

Adapun jenis kapal kecil yang melintasi sungai kecil, berdasarkan Steelamaris (2017), adalah sebagai berikut:

1) Tipe K1 – kapal cepat

Jenis kapal cepat dengan kapasitas 12 orang, mesin 40 PK, kecepatan maksimum 40 km/jam. Ketinggian mencapai 1,5 meter. *Vertical clearance* minimum; $vc \geq 2,5$ meter (Gambar 2.7).



Gambar 2.7 Tipe kapal cepat

2) Tipe K2 – kelotok kecil

Jenis kelotok kecil dengan kapasitas maksimum 10 orang tanpa sandaran dan tidak beratap. Ketinggian kapal mencapai 1,0 meter. *Vertical clearance* minimum; $vc \geq 2,0$ meter (Gambar 2.8).



Gambar 2.8 Tipe kelotok kecil

3) Tipe K3 – kelotok sedang – cepat

Jenis kelotok dengan kapasitas 12 orang, beratap, tenaga mesin 24 PK sehingga perjalanan agak cepat. Ketinggian kapal mencapai 2,0 meter. *Vertical clearance* minimum; $vc \geq 3,0$ meter (Gambar 2.9).



Gambar 2.9 Tipe kelotok sedang - cepat

4) Tipe K4 – kelotok sedang – lambat

Jenis kelotok dengan kapasitas maksimum 12 orang dengan waktu perjalanan agak lama. Ketinggian kapal mencapai 2,0 meter. *Vertical clearance* minimum; $vc \geq 3,0$ meter (Gambar 2.10).



Gambar 2.10 Tipe kelotok sedang – lambat

Berdasarkan dari data kapal kecil di atas, maka untuk penentuan jenis kapal rencana sebagai dasar penentuan *vertical clearance* adalah kapal dengan tinggi 2 meter. Sehingga ruang bebas vertikal dari muka air banjir ke bagian bawah bangunan atas jembatan ditentukan minimal 3 meter.

2.2 Konstruksi Jembatan dengan Alur Kapal

2.2.1 Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi adalah suatu rangkaian kegiatan yang saling berpengaruh untuk mencapai suatu tujuan dalam hal ini adalah kegiatan konstruksi dalam biaya, waktu dan juga mutu. Suatu proyek konstruksi pasti menggunakan sumber daya. Sumber daya yang dapat diproses dengan manajemen yang baik pada suatu proyek konstruksi adalah Uang, Bahan, Peralatan, Tenaga kerja, Pasar, Metode, dan juga Informasi. Informasi juga termasuk salah satu sumber daya yang penting dalam

suatu pekerjaan proyek konstruksi. Di dalam proses pencapaian tujuan pada sebuah proyek konstruksi menurut Soeharto (1995) terdapat tiga kriteria utama yaitu:

1. Biaya Suatu proyek harus dapat terselesaikan dengan biaya operasional yang tidak boleh lebih dari anggaran.
2. Jadwal Suatu proyek perlu disesuaikan dengan waktu dan deadline seperti yang sudah ditetapkan. Maka dari itu penyelesaiannya tidak bisa melewati waktu yang sudah ditetapkan.
3. Mutu Suatu hasil dan produk kegiatan proyek konstruksi harus bisa memenuhi standar teknis yang telah ditentukan.

Berdasarkan penjelasan faktor keberhasilan pada proyek konstruksi, diperlukan suatu usaha yaitu kinerja yang baik agar dapat mencapai suatu keberhasilan dalam suatu proyek konstruksi. Oleh karena itu, kinerja yang baik menjadi faktor penentu dalam suatu proyek konstruksi.

2.2. Macam Konstruksi Jembatan

Berdasarkan Panduan Pelaksanaan Konstruksi Jembatan yang dikeluarkan Dir-Jen. Bina Marga, Kementerian PUPR (2021) diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Jembatan Permanen Klas A

Dirancang sebagai jembatan permanen dengan lebar total jembatan 9 m (badan jalan 7 m dan lebar trotoar 1 m (kanan-kiri)) yang menggunakan beban lalu lintas BM – 100 (100 % sesuai dengan pembebanan di Spesifikasi Pembebanan untuk Jembatan & Jalan Raya No 12/1970 (Revisi 1988)).

2. Jembatan Permanen Klas B

Dirancang sebagai jembatan permanen dengan lebar total jembatan 7 m (badan jalan 6 m dan lebar trotoar 0.5 m (kanan-kiri)) yang menggunakan beban lalu lintas BM – 100 (100 % sesuai dengan pembebanan di Spesifikasi Pembebanan untuk Jembatan & Jalan Raya No 12/1970 (Revisi 1988)).

3. Jembatan Permanen Klas C

Dirancang sebagai jembatan permanen dengan lebar total jembatan 4.5 m (badan jalan 3.5 m dan lebar trotoar 0.5 m (kanan-kiri)) yang menggunakan beban lalu lintas BM – 70 (70 % sesuai dengan pembebanan di Spesifikasi Pembebanan untuk Jembatan & Jalan Raya No 12/1970 (Revisi 1988).

Desain struktur jembatan berdasarkan standard desain untuk jembatan jalan raya, seperti Desain Jembatan BMS 1992 (Bridge Management Siystem) Direktorat Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum. Standard Spesifikasi untuk Jembatan & Jalan Raya AASHTO 1992 Edisi 15 (American Association of State and Transportations Officials).

Tipe jembatan berdasarkan material konstruksi, diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Jembatan Baja Girder Komposit

Tipe ini adalah tipe jembatan yang sangat sederhana. Struktur utama girder memanjang dirancang sebagai sistem komposit antara gelagar baja dan beton. Pada tipe ini tersedia bentang 15 M yang meliputi 3 kelas A, B dan C.

2. Jembatan Rangka Baja (RBI)

Tipe ini adalah jembatan standar yang dikembangkan dengan tujuan agar harga jembatan menjadi lebih kompetitif dan mempunyai umur pemakaian yang lebih lama dibandingkan tipe Jembatan Baja Girder Komposit. Pada tipe ini struktur utama harus ditopang oleh 2 girder memanjang dari rangka di sisi kiri & kanan. Sistem lantai menggunakan Slab Beton dengan Komposit Girder. Bentang tersedia dalam jenis ini 35M hingga 120M dengan sebutan Short Span (35M ke 60M) dan Long Span (60M ke 120M). Setiap bentang meliputi 3 kelas: A , B dan C.

3. Jembatan Baja 3 bentang

Merupakan pengembangan lebih lanjut dengan optimalisasi konsep dalam struktur jembatan. Pilihan jenis ini akan menghasilkan jembatan dengan harga yang lebih ekonomis daripada menggunakan 3 bentang jembatan individu.

4. Jembatan Gerber Baja 3 bentang

Total bentang yang tersedia dari 3 bentang jembatan Gerber adalah 60 M ke 150 M meliputi 3 kelas: A , B dan C.

5. Jembatan Baja 5 Bentang

Merupakan pengembangan lebih lanjut dari jembatan baja 3 bentang. Hal ini dilakukan untuk menjawab kebutuhan terhadap jembatan bentang panjang. Jembatan Girder Baja 5 bentang, total bentang yang tersedia dari 5 bentang jembatan Gerber adalah 90 M ke 225 M meliputi 3 kelas : A , B dan C. Jembatan Rangka Baja 5 Bentang, total bentang yang tersedia dari 5 bentang jembatan Rangka adalah 240 M ke 375 M meliputi 3 kelas : A , B dan C.

6. Jembatan Beton Prestress (PCI)

Tipe ini adalah tipe jembatan yang sangat sederhana. Struktur utama girder memanjang dirancang sebagai sistem balok prestress antara gelagar baja pratekan dan slab beton bertulang. Pelaksanaannya dapat dilakukan dengan sistem pretension dan postension. Pada tipe ini tersedia bentang 15 M yang meliputi 3 kelas A, B dan C.

7. Jembatan special design

- Jembatan Box Arch (100 – 300 M)

Struktur utama menggunakan balok busur sebagai gelagar utama. Balok arch harus di desain dengan Baja Box Struktur.

- Jembatan Truss Arch (150 – 500 M)

Balok Arch harus desain dengan struktur Rangka Baja (Truss).

- Jembatan Cable Stayed (200 – 1000 M)

Struktur utama menggunakan kolom Pylon yang diletakkan pada pertengahan bentang.

- Jembatan Suspension (300 – 4000 M)

Struktur utama menggunakan 2 tiang utama dan kabel utama. Dek lantai jembatan digantung ke kabel utama. Tiang dan Dek dirancang menggunakan struktur baja.

2.3 Perencanaan dan Pelaksanaan Konstruksi Jembatan

2.3.1 Manajemen konstruksi jembatan dengan alur kapal

Beberapa hal yang berkaitan dengan literatur untuk membahas tentang permasalahan manajemen konstruksi jembatan dengan alur kapal, antara lain sebagai berikut:

1. Teori tentang problem konstruksi jembatan dengan alur kapal

Millani et al (2020), analisis dampak dan biaya lingkungan diukur melalui siklus hidup penilaian lingkungan dan analisis biaya siklus hidup mengikuti batas-batas sistem dari ekstraksi bahan sampai tercapainya umur jembatan. Kinerja lingkungan jembatan secara signifikan terkait dengan seleksi material dan konfigurasi jembatan.

Stellamaris (2017), telah melakukan penelitian tentang alur kapal. Penggunaan transportasi air di sepanjang sungai Martapura yang melintasi berbagai kawasan di kota Banjarmasin, cenderung menurun pada penggunaan jenis perahu jukung dan kapal kelotok, namun masyarakat lebih sering memakai moda transportasi air jenis kapal motor cepat panjang (*long-boat*) dengan ketinggian kapal 2 meter. Sehingga konstruksi jembatan perlu *vertical clearance* minimal 3 meter.

Abidin (2016), Transportasi air di kota melalui sungai telah menjadi ciri khas kota Banjarmasin, yaitu sesuai dengan geografinya dengan jumlah sungai di kota sebagai alat transportasi untuk mobilisasi penduduk ke berbagai daerah perkotaan. Walaupun ada transportasi darat, transportasi sungai ini adalah transportasi lokal bagi masyarakat kota Banjarmasin. Untuk itulah diperlukan jembatan dengan ruang bebas vertikal yang cukup untuk dapat dilewati oleh kapal untuk lalu lintas air setiap saat.

2. Teori tentang sistem perencanaan bangunan jembatan

Lin et. al. (2017), pengukuran dari rata-rata air tinggi tertinggi (MHHW) adalah ruang bebas vertikal (*vertical clearance*) yang paling konservatif, sehingga dalam banyak kasus *clearance* nyata lebih besar dari nilai ini karena permukaan

air yang lebih rendah dari titik tertinggi di MHHW. Jarak bebas yang cukup harus dipertimbangkan dalam desain jembatan untuk memastikan keselamatan lalu lintas di bawah jembatan

Menurut Brenner (2011), untuk mempertahankan longitudinal jembatan tetap lurus, diperlukan untuk memperhatikan *vertikal clearance* (ruang bebas jembatan). peningkatan jarak bebas vertikal mengarah untuk merancang tantangan pada pendekatan. Jembatan yang lebih tinggi berarti jalan pendekat yang lebih tinggi dan lebih panjang. Karena sebagian besar jembatan adalah tidak dibangun di tengah gurun, panjang dan tinggi bertambah menghasilkan lebih banyak dampak pada yang ada lingkungan. Menghubungkan geometri untuk kelandaian dari jalan raya juga menjadi lebih sulit. Sebagai pertimbangan, perlu untuk memutuskan kapan harus menaikkan jembatan yang ada dan kapan harus membangun jembatan yang baru sama sekali. Keputusan itu tidak selalu jelas, hal ini dipengaruhi oleh kondisi struktur yang ada, yang mungkin terlepas dari izin, serta persyaratan pementasan. Bahkan jika jembatan yang ada bisa dinaikkan elevasinya, mungkin ada lebih sedikit dampak lalu lintas dengan membangun jembatan yang baru di sebelah yang sudah ada.

3. Teori tentang sistem pelaksanaan konstruksi jembatan khusus

Navarro (2020), penilaian desain berkelanjutan jembatan, analisis artikel terbaru menunjukkan, penerapan teknik TOPSIS dan PROMETHEE semakin relevan tujuan tsb. Penelitian tahap konstruksi & pemeliharaan jembatan, untuk analisis lanjut, diidentifikasi untuk penilaian dampak yang dihasilkan dari tahap akhir siklus hidup jembatan dari sudut pandang berkelanjutan.

Yang et al (2020), analisis komprehensif tentang faktor-faktor keselamatan jalan kota yang melintasi jembatan, metode AHP komprehensif fuzzy untuk pengaruh konstruksi jalan terhadap keselamatan jembatan yang diusulkan. 1) AHP digunakan untuk memilih 11 faktor evaluasi. 2) ditetapkan lapisan target, kriteria, dan indeks faktor evaluasi, terbentuk sistem faktor evaluasi kesela-

matan. 3) melalui model evaluasi AHP komprehensif fuzzy, evaluasi komprehensif hierarkis fuzzy dilakukan untuk sistem indeks penilaian keselamatan.

4. Teori tentang manajemen konstruksi

Manajemen konstruksi sekarang ini telah berkembang dengan pesat dan berpedoman pada aspek berkelanjutan (*sustainable construction*). Konstruksi berkelanjutan di Indonesia sedang berkembang dan sedang membangun telah memiliki cetak biru bagi sektor konstruksi sebagai grand design dan grand strategi yang di sebut dengan Konstruksi Indonesia 2030 dalam dokumen tersebut dinyatakan bahwa konstruksi Indonesia mesti berorientasi untuk tidak menyumbang pada kerusakan lingkungan namun justru menjadi pelopor perbaikan dan peningkatan kualitas lingkungan di seluruh habitat persada Indonesia, yang didiami oleh manusia dan seluruh makhluk lainnya secara bersimbiosis mutualisme (LPJKN, 2007, h-37). Sebagai upaya dalam mencapai konstruksi berkelanjutan di Indonesia.

Sehingga perlu dilakukan tindakan-tindakan seperti yang dimuat dalam Agenda Konstruksi Indonesia 2030 yaitu:

- a. Penggunaan/pemanfaatan kembali bangunan-bangunan yang telah ada
- b. Perancangan konstruksi yang bertujuan untuk mengurangi limbah yang ditimbulkannya.
- c. Penerapan konstruksi ramping (*lean construction*)
- d. Pelaksanaan konstruksi dengan meminimalkan konsumsi energi
- e. Penggunaan bangunan dengan meminimalkan konsumsi energi.
- f. Mempertimbangkan aspek lingkungan pada tahap pengadaan material sampai dengan tahap konstruksi.
- g. Mempertimbangkan dampak proses konstruksi berkelanjutan sebagai salah satu aspek dalam peningkatan kinerja.
- h. Pengurangan polusi dan penggunaan air secara bijaksana.

5. Teori tentang manajemen risiko

Manajemen risiko juga didefinisikan sebagai suatu praktik mengidentifikasi, mengevaluasi dan mengendalikan faktor tersebut untuk menghindari atau mengurangi potensi pengaruh negatif. Tumimor (2014), identifikasi risiko adalah langkah awal dalam penerapan manajemen risiko dan merupakan tahapan yang penting dalam pelaksanaan kegiatan. Dengan identifikasi risiko pada proses pelaksanaan kegiatan konstruksi akan diketahui berbagai risiko yang terjadi selama pelaksanaan kegiatan sejak mulai dikerjakan sampai selesai, selanjutnya akan diketahui seberapa besar potensial risiko-risiko tersebut dalam mempengaruhi tercapainya sasaran kegiatan. Matriks risiko untuk perhitungan perkalian tingkat resiko dan tingkat keparahan yang menghasilkan nilai total 1 – 25, dapat ditampilkan pada Tabel 2.3 berikut. Nilai 1-4 menunjukkan warna kuning yang mempunyai tingkat risiko rendah. Sedangkan warna hijau dengan nilai 5-10 menunjukkan tingkat risiko sedang. Untuk warna merah dengan nilai 12-25 menunjukkan tingkat risiko tinggi.

Tabel 2.3 Matriks Risiko

Tingkat	Tingkat	x	=	Frekuensi	5	5	10	15	20	25
Keparahan	Frekuensi				4	4	8	12	16	20
1	1				3	3	6	9	12	15
2	2				2	2	4	6	8	10
3	3				1	1	2	3	4	5
4	4				1	2	3	4	5	
5	5									
										K E P A R A H A N

Penelitian tentang Manajemen Resiko dalam Proyek Konstruksi (Wena M dan Suparno, 2015) membahas tentang analisis manajemen risiko pada pelaksanaan konstruksi dengan metode resiko internal dan eksternal. Resiko yang terjadi pada proyek konstruksi dapat berpengaruh buruk pada sasaran proyek yaitu: jadwal, biaya/anggaran dan mutu serta sekaligus merupakan

kendala dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Kesuksesan proyek konstruksi sangat tergantung pada kemampuan manajer proyek dalam mengelola resiko yang terjadi.

Hasil studi *Rumor detection based on propagation graph neural network with attention mechanism* (Wu et. al., 2020) mengusulkan model deteksi pemilihan aspek risiko berdasarkan global embedding dengan propagation graph neural network) dan berdasarkan ensemble learning network). Eksperimen pada himpunan data di dunia konstruksi menunjukkan bahwa model yang diusulkan mencapai kinerja yang jauh lebih baik daripada metode canggih baik pada tugas deteksi aspek risiko maupun tugas deteksi dini.

6. Teori tentang Bangunan bawah Jembatan (Abutmen dan Pier).

Ors et al (2023), telah melakukan kajian terhadap pilar yang bisa dibangun menggunakan beberapa teknik tetapi tidak ada prosedur yang dibenarkan untuk memilih perubahan optimal. Sistem pendukung keputusan (DSS) dikembangkan untuk menentukan teknologi konstruksi optimal, menggunakan teknik (MCDM) dan mempertimbangkan tujuh kriteria; kekakuan lateral, daktilitas, risiko, pemeliharaan, kemampuan membangun, biaya, dan waktu.

Vosogh, dan Hassan (2024), menyatakan bahwa struktur atas untuk jembatan penyangga integral dengan penyangga yang ditopang oleh satu baris tiang pancang. Ekspansi atau kontraksi termal dan creep dan penyusutan beton menyebabkan tegangan lentur pada tiang pancang. Pedoman desain dan konstruksi yang sangat terbatas tersedia dan tidak ada prosedur desain terpadu di seluruh negeri; karenanya, ada kurangnya antusiasme untuk mengadopsi jembatan penyangga integral untuk bentang panjang. Praktik desain dan konstruksi jembatan penyangga integral saat ini telah ditinjau. Parameter desain penting diidentifikasi dengan penekanan pada suhu, creep, dan efek penyusutan dek jembatan beton, lapisan tanah yang bervariasi, dan interaksi tiang pancang-tanah.

Dari keseluruhan teori dapat dirangkum bahwa kriteria dan sub kriteria untuk menentukan pendukung keputusan dalam pemilihan jenis pondasi untuk struktur

bawah yang sesuai untuk bangunan gedung di atas tanah lunak, yaitu berdasarkan Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4 Kriteria dan sub kriteria pendukung keputusan jenis jembatan

Label	Atribut kriteria	Sub kriteria
A	□ kondisi sungai	• tanah lanau • tanah lempung
		• lebar sungai < 20 m
		• lebar sungai $\geq$ 20 m
		• ada jalan di bantaran sungai
B	□ teknis jembatan	• kriteria desain metode LRFD
		• kriteria desain metode konvensional
		• tipe jembatan single span
		• tipe jembatan multispans girder
		• tipe jembatan multispans girder-pileslab
C	□ ketersediaan peralatan	• jumlah alat
		• alat pendukung
		• tersedia <i>on time</i>
D	□ ketersediaan material	• material ringan • material alami
		• ex fabrikasi • komposit
		• beton pratekan • beton bertulang
E	□ efisiensi waktu	• time schedule • lembur kurang
		• efektifitas kerja • <i>idle time</i> kurang
		• <i>no overlapping</i> • tidak ada <i>rework</i>
F	□ kemudahan pelaksanaan	• metode simpel • konvensional
		• teknologi baru • pekerja terampil
		• tenaga ahli • alur NWP baik
G	□ ekonomis/biaya	• efisiensi biaya • <i>fixed cost</i>
		• aktifitas lancar • tidak ada konflik
		• rupiah stabil • tidak ada inflasi

2.3.2 Desain Konstruksi Jembatan dengan Alur Kapal

Proses penyelesaian perencanaan teknis detail (DED) yang menghasilkan gambar rencana yang efektif dan efisien sangat diperlukan oleh Konsultan Perencana untuk dapat mempersiapkan dokumen pelaksanaan konstruksi yang lengkap dan informatif. Demikian juga, proses penyelesaian setiap permasalahan dengan cepat, tepat, dinamis dan efisien sangatlah dibutuhkan oleh suatu kontraktor dalam mengerjakan suatu proyek pembangunan sehingga optimalisasi suatu proyek dapat tercapai. Sesuai dengan prinsip optimasi mulai dari tahap perencanaan sampai dengan pelaksanaan, diperlukan adanya system manajemen konstruksi pilihan yang terbaik dan paling tepat untuk semua komponen dari konstruksi. Untuk itu diperlukan adanya pengambilan keputusan tepat yang dipilih pada beberapa alternatif paling memungkinkan. Metode yang cocok dalam mendukung keputusan untuk pengoptimalan semua tahapan manajemen konstruksi pada konstruksi bangunan jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air ini yaitu dengan metode AHP (*analytical hierarchy process*), karena metode tersebut dapat memecahkan masalah yang *multi objective* dan *multi criterias* (Darko et.al., 2019). Kriteria yang digunakan dalam pengoptimalan proses manajemen konstruksi bangunan pada dasarnya merupakan persyaratan utama untuk menghasilkan konstruksi jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air ini yang aman, efisien dan ekonomis yaitu kemudahan pekerjaan, kekuatan struktur, mutu (keawetan) serta ekonomis. Prosentase yang diperoleh dari setiap kriteria tersebut digunakan sebagai salah satu pendukung keputusan dalam menentukan tipe konstruksi bangunan yang optimal.

Menurut Patra et.al. (2022), jembatan perlintasan sungai dengan alur kapal untuk lalu lintas air, sering mengalami banyak bahaya, termasuk gerusan fondasi, pengaruh gelombang kapal, arus air membawa benda hanyutan, dan degradasi lingkungan. Ketika jembatan penyeberangan sungai beroperasi, mereka harus dipulihkan dengan cepat setelah gangguan selama life-cycle terutama untuk penyediaan *vertical clearance* yang memadai untuk perlintasan kapal yang aman. . Muka air

banjir yang tinggi dan gerusan jembatan adalah penyebab utama kegagalan jembatan. Berbagai karakteristik hidraulik yang harus diperkirakan merupakan prasyarat dalam merancang pekerjaan perlindungan tepi sungai dan abutment untuk desain konstruksi jembatan.

2.3.3 Pelaksanaan Konstruksi Jembatan dengan Alur Kapal

Sustainable Construction Practices in the Execution of Infrastructure Projects (Willar et. al., 2020) menyampaikan bahwa praktik prinsip keberlanjutan oleh penyedia jasa konstruksi dalam pelaksanaan proyek infrastruktur menjadi keharusan dari tahap pasca desain. Evaluasi berlanjut ke tahap pelaksanaan proyek konstruksi, yang menunjukkan kinerja indikator keberlanjutan yang tidak berarti karena kendala saat ini pada penerapan prinsip-prinsip keberlanjutan. Orisinalitas / nilai penelitian ini melihat kesenjangan yang ada antara prinsip konstruksi berkelanjutan dan penerapan praktisnya dalam proyek infrastruktur di Indonesia. Hal ini akan mendorong pendekatan holistik dalam praktik menjalankan proses pengadaan yang berkelanjutan, sehingga memperkuat teknik manajemen proyek dalam tahap pelaksanaan proyek konstruksi berkelanjutan dengan memperhatikan prinsip keselamatan, keseimbangan dan keharmonisan infrastruktur.

Kovačević, et. al. (2022), menyajikan dan menganalisis teknik pembelajaran mesin mutakhir yang dapat diterapkan sebagai sistem pendukung keputusan dalam estimasi konsumsi sumber daya dalam pembangunan jembatan beton bertulang dan beton prategang. Database yang terbentuk tentang konsumsi beton dalam pembangunan jembatan, bersama dengan karakteristik proyeknya, adalah dasar untuk pembentukan model penilaian. Model ini dibangun menggunakan informasi dari 181 jembatan beton bertulang di cabang timur dan selatan Koridor X di Serbia, dengan nilai lebih dari 100 juta euro. Penerapan model jaringan saraf tiruan (ANN), model berdasarkan pohon regresi (RT), model berdasarkan mesin vektor dukungan (SVM), dan regresi proses Gaussian (GPR) dianalisis.

2.4 Model

2.4.1 Pengertian dan Fungsi Model

Model adalah percontohan yang mengandung unsur yang bersifat penyederhanaan untuk dapat ditiru. Penggunaan model sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan sudah lama dikenal. Model yang digunakan berkembang pesat dari yang sederhana hingga dengan komputer. Pemodelan yang dilakukan tidak hanya memprediksi gejala suatu sistem, tetapi meningkatkan pengertian terhadap gejala (Turban, 2005).

Model merupakan pengganti sistem sesungguhnya untuk memudahkan pekerjaan. Model merupakan representasi beberapa aspek dari sistem yang ada untuk mempelajari hal baru. Pemodelan merupakan proses berulang melalui percobaan dan perbaikan kesalahan. Secara umum model memiliki masukan, pemrosesan, dan hasil. Unsur-unsur yang digunakan dalam pengembangan suatu model yaitu: (1) pembuatan asumsi sederhana, (2) identifikasi batasan kondisi awal, (3) pemahaman terhadap tingkat penerapan model.

Pentingnya model dalam suatu pengambilan keputusan adalah sebagai berikut (Lorie et al., 2020):

- 1) Untuk mengetahui hubungan yang bersifat tunggal dari unsur-unsur dan relevansinya terhadap masalah yang dipecahkan
- 2) Untuk memperjelas hubungan signifikan diantara unsur-unsur
- 3) Merumuskan hipotesis mengenai hakikat hubungan antar variabel yang dinyatakan dalam bentuk matematik
- 4) Memberikan pengelolaan terhadap pengambilan keputusan

Metode-metode yang dapat digunakan untuk membangun model adalah Analisis Hirarki Proses (AHP) dan *Structural Equation Modeling* (SEM), SWOT *Analysis*, dan lain-lain. Model berfungsi sebagai representasi yang memasukkan unsur-unsur yang disederhanakan untuk direplikasi. Pemanfaatan model sebagai instrumen dalam proses pengambilan keputusan telah menjadi praktik yang mapan

selama beberapa waktu. Seiring kemajuan teknologi, kompleksitas model telah berkembang dari yang belum sempurna menjadi terkomputerisasi. Tindakan pemodelan tidak hanya memprediksi tanda-tanda dari sistem tertentu, tetapi juga memperkuat pemahaman tentang tanda-tanda tersebut (Turban, 2005).

Model berfungsi sebagai stand-in untuk sistem yang sebenarnya untuk menyederhanakan tugas. Ini adalah penggambaran berbagai aspek dari sistem saat ini yang memungkinkan perolehan pengetahuan baru. Proses pemodelan adalah siklus yang melibatkan pengujian dan perbaikan kesalahan. Secara umum, sebuah model terdiri dari input, proses, dan output. Membangun model melibatkan pembuatan asumsi dasar, mendefinisikan batasan kondisi awal, dan menentukan ruang lingkup penerapannya. Signifikansi model dalam proses pengambilan keputusan dapat diringkas sebagai berikut (Lorie et al., 2020):

- 1) Untuk mengetahui hubungan yang bersifat tunggal dari unsur-unsur dan relevansinya terhadap masalah yang dipecahkan
- 2) Untuk memperjelas hubungan signifikan diantara unsur-unsur
- 3) Merumuskan hipotesis mengenai hakikat hubungan antar variabel yang dinyatakan dalam bentuk matematik.
- 4) Memberikan pengelolaan terhadap pengambilan keputusan Metode-metode yang dapat digunakan untuk membangun model adalah Analisis Hirarki Proses (AHP) dan Structural Equation Modeling (SEM), SWOT Analysis, dan lainnya.

Fungsi utama model untuk mempermudah menerangkan suatu benda atau konsep, model dapat didasari oleh suatu teori, untuk menguji atau menjelaskan hipotesis sebagai bagian dari proses perumusan teori. Model memiliki fungsi sebagai berikut (Hermawan, 2005):

- 1) Membantu memperoleh pemahaman tentang beroperasinya sistem alamiah, membantu menjelaskan sistem apa, dan bagaimana beroperasi
- 2) Membantu menjelaskan permasalahan dan memilah elemen yang relevan dengan permasalahan
- 3) Membantu memperjelas hubungan antar elemen

- 4) Membantu merumuskan kesimpulan dan hipotesis tentang hakekat hubungan antar elemen.

2.4.2 Macam Model

Macam-macam model dapat dilakukan berdasarkan hal-hal sebagai berikut (Hermawan, 2005):

- a) Tujuannya: model latihan, model penelitian, model keputusan, model perencanaan
- b) Bidang penerapan: model tentang kebijakan, model tentang strategi
- c) Tingkatannya: tingkat kebijakan nasional, tingkat manajemen
- d) Ciri waktunya: model statis dan model dinamis
- e) Pengembangan analitic: tingkat dimana matematik digunakan
- f) Kompleksitas: model sangat terinci, model sederhana, model keseluruhan

Quade (2003) membedakan macam model berdasarkan bentuknya yaitu model nyata (*Real Models*) dan Model tidak nyata (*Abstract/ Mental Models*).

1. Model Nyata (*Real Model*)

Model nyata Merupakan persepsi, rancangan model yang dikembangkan oleh perancang untuk menentukan semua data yang diperlukan. Model nyata adalah reproduksi ukuran kecil dari benda atau objek fisik. Model nyata dibagi menjadi model fisik dan model lapangan. Sedangkan menurut Ellbert, 2008 tipe modelnya adalah sebagai berikut:

- a. Model ikonik: model yang mengandung karakteristik dari sistem yang dimodelkan
- b. Model analog: model sebagai analogi dari keadaan nyata

2. Model Tidak Nyata (*Abstract/ Mental Models*)

Model tidak nyata / abstrak adalah penyederhanaan fenomena sosial atau konsep-konsep tertentu yang dinyatakan dalam bentuk pernyataan-pernyataan teoritis, simbol-simbol, gambar, atau rumusan matematis

mengenai fenomena yang dideskripsikannya (Conyers,1984). Model memiliki beberapa aspek sebagai berikut:

- a. Tiruan realitas (*imitation of reality*), yaitu abstraksi mengenai beberapa bagian dari dunia nyata, model merupakan wakil tidak lengkap dari benda nyata
- b. Parameter, yaitu nilai konstan atau standar umum untuk menerangkan struktur model
- c. Variabel atau konsep yang memiliki variasi nilai
- d. Hubungan struktur yang berbentuk rumus yang menyatakan hubungan parameter atau variabel.
- e. Algoritman yang dipakai untuk mengidentifikasi langkah-langkah yang diikuti untuk menghitung model dan menghasilkan solusi

Model abstract/ model tidak nyata dibagi menjadi model kualitatif dan model kuantitatif.

a. Model Kualitatif (*System Theory*)

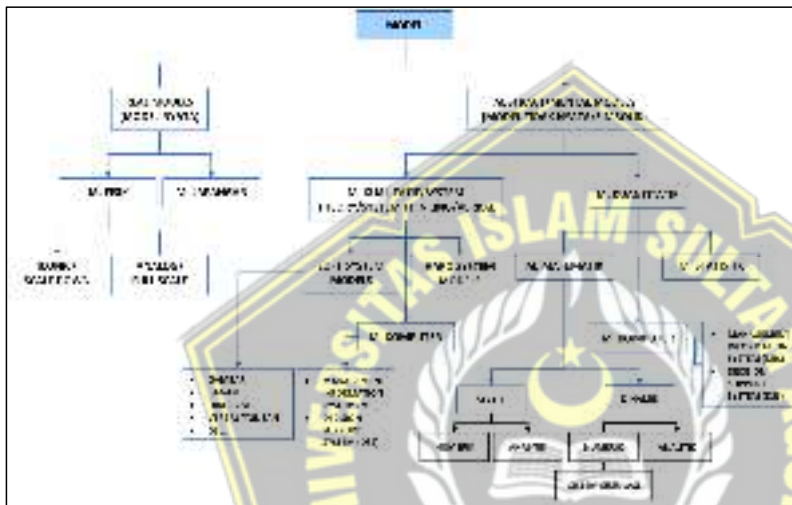
Model kualitatif didasarkan atas asumsi yang ketepatannya agak kurang jika dibandingkan dengan kuantitatif dan ciri-cirinya digambarkan melalui kombinasi dari deduksi asumsi tersebut dengan pertimbangan bersifat subjektif. Model kualitatif biasanya menghasilkan *Soft System Models* (output: gambar, bagan, diagram, verbal) & *Hard System Models* yang outputnya adalah *Management Information System & Decision Support System*.

b. Model Kuantitatif

Model kuantitatif adalah serangkaian asumsi yang tepat dalam serangkaian hubungan matematis yang pasti. Model kuantitatif data berupa persamaan atau analisis lainnya. Ciri-ciri model kuantitatif adalah ditetapkan secara lengkap melalui asumsi dan kesimpulan berupa konsekuensi logis dari asumsi tanpa menggunakan pertimbangan mengenai proses. Model kuantitatif biasanya berupa

model matematik dan model statistic. Model matematik menghasilkan static (berupa numeric dan analitik) dan dinamik (berupa analitik dan numeric menghasilkan sistem simulasi.

Dari beberapa pendapat ahli diatas, macam model dapat dikelompokkan menjadi model nyata dan tidak nyata. Selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Model berdasarkan bentuknya (Quade, 2003)

2.4.3 Analytical Hierarchy Process (AHP)

Analytical Hierarchy Process (AHP) diperkenalkan oleh Saaty (1970), untuk menyelesaikan masalah multikriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki. Tiga prinsip yang harus dipahami untuk menyelesaikan permasalahan dengan metode AHP, yaitu: decomposition, comparative judgement, dan logical consistency.

a. *Decomposition*

Decomposition adalah memecah persoalan yang utuh menjadi unsur-unsur yang saling berhubungan, dalam bentuk struktur hirarki (Gambar 2.20 - 2.22) berikut. Pemilihan tipe bangunan atas dan tipe bangunan bawah, ditentukan berdasarkan struktur hirarki dengan tujuan yang ditetapkan: 1) Jenis bangunan atas, tipe girder; girder lurus, girder lengkung, dan *automatic lifting smart bridge (Bascula Bridge)*; 2) Jenis abutmen bawah, tipe abutmen; abutmen tinggi lurus,

abutmen girder normal, dan abutmen + hydraulic jack, dan 3) Konfigurasi struktur atas; single span, multi-span pilar dan multi-span pilar + pile slab.

b. *Comparative Judgement*

Comparative judgement dilakukan dengan memberikan penilaian tentang kepentingan relatif dua elemen pada suatu tingkat tertentu dalam kaitannya dengan tingkatan di atasnya, untuk memberikan urutan prioritas elemen-elemennya. Hasil penilaian ini akan lebih mudah disajikan dalam bentuk matriks *pairwise comparison* atau matriks perbandingan berpasangan dengan skala kuantitatif 1 sampai dengan 9 untuk menilai perbandingan tingkat kepentingan suatu elemen terhadap elemen lain (Tabel 2.5).

Tabel 2.5. *Comparative Judgement*

Intensitas kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen sama pentingnya
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting daripada elemen yang lainnya
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya
9	Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya
2, 4, 6, 8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan
kebalikan	Jika untuk aktivitas i mendapat satu angka dibanding dengan aktivitas j, maka j mempunyai nilai kebalikannya dibanding dengan i

Sumber: Saaty (2008)

c. *Logical Consistency*

Logical consistency merupakan karakteristik penting AHP. Konsistensi memiliki dua makna, yang pertama adalah bahwa obyek-obyek yang serupa dapat dikelompokkan sesuai dengan keseragaman dan relevansi dan yang kedua adalah menyangkut tingkat hubungan antara objek-objek yang didasarkan pada kriteria tertentu.

Skala perbandingan berpasangan didasarkan pada nilai-nilai fundamental AHP dengan pembobotan dari nilai 1 untuk sama penting, sampai dengan 9 untuk sangat penting sekali, beserta kebalikannya sebagai indeks random (IR). Berdasarkan susunan matriks perbandingan berpasangan dihasilkan sejumlah prioritas, yang merupakan pengaruh relatif sejumlah elemen pada elemen di dalam tingkat yang ada di atasnya.

2.5 Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir tahapan penelitian dikembangkan menjadi 4 (empat) bagian untuk mempermudah mencapai sasaran sesuai tujuan penelitian.

1. Tahap I : Identifikasi faktor- faktor penentuan kriteria desain dan pelaksanaan konstruksi jembatan dengan alur kapal sebagai lalu lintas air, sebagai berikut:

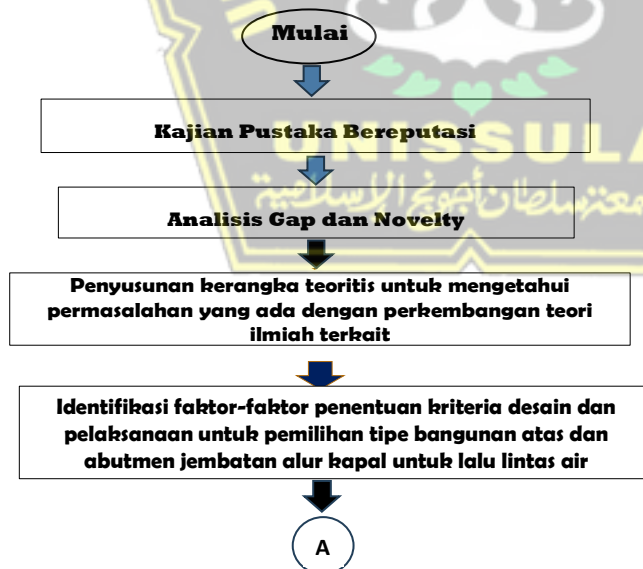
- a) Studi literatur untuk mengetahui faktor transportasi air pada sungai
- b) Penyusunan kerangka teoritis untuk mengetahui permasalahan yang ada dengan perkembangan teori ilmiah terkait
- c) Identifikasi faktor- faktor penentuan kriteria desain dan pelaksanaan dengan alur kapal sebagai lalu lintas air
- d) Menentukan variabel penyebab penentuan pengaruh alur kapal air sebagai lalu lintas air untuk model desain dan strategi pelaksanaan jembatan

2. Tahap II (Survey untuk memperoleh data primer penyebab pertimbangan pemilihan tipe bangunan atas jembatan dengan alur kapal sebagai lalu lintas air) sebagai berikut:

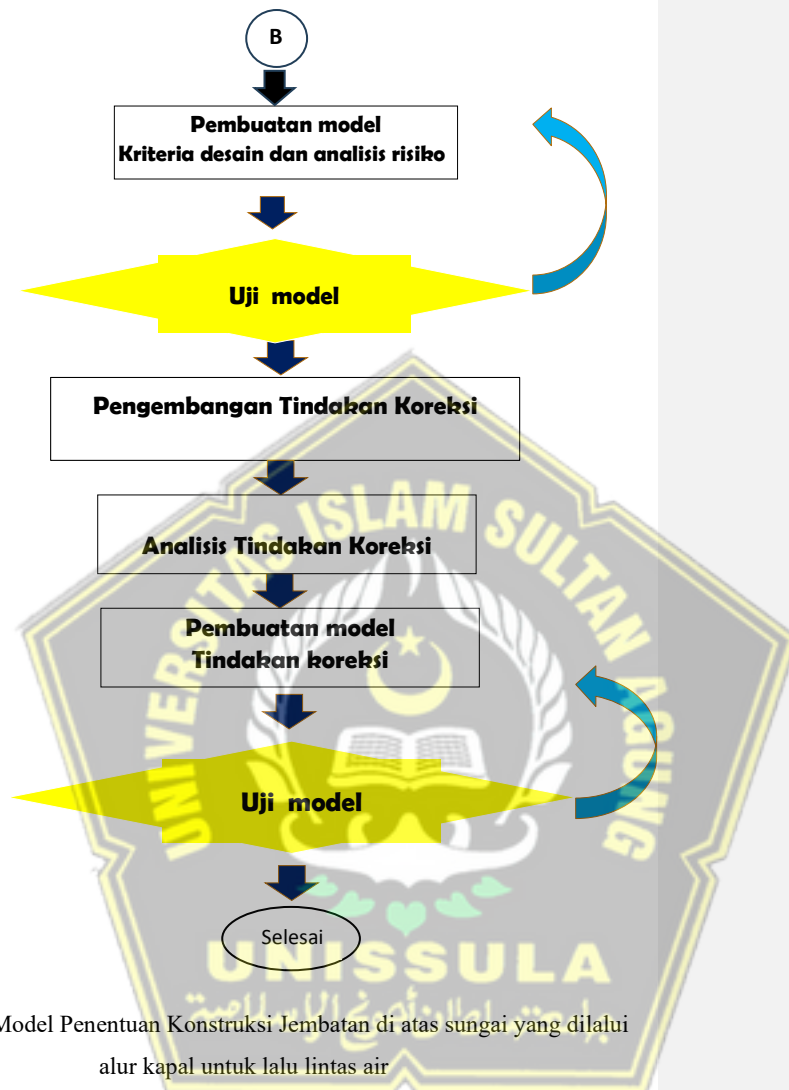
- a) Penetapan koresponden dan jumlah sampel
- b) Pembuatan kuisioner yang berisi variabel variabel dan bobotnya
- c) penyebaran kuisioner
- d) menghitung tingkat pengembalian
- e) tabulasi data

3. Tahap III (Analisis data validasi dan reabilitas)

- a) Uji validasi untuk mengetahui sejauh mana suatu instrumen (kuesioner) mampu memberikan hasil pengukuran yang akurat dan sesuai dengan konsep yang ingin diukur
 - b) Uji reabilitas untuk mengetahui konsistensi atau kehandalan kuesioner, dalam menghasilkan data yang sama jika digunakan berulang kali pada sampel yang sama, dengan memberikan hasil yang stabil dan dapat diandalkan.
 - c) Model regresi model desain dan pelaksanaan jembatan dengan alur kapal sebagai lalu lintas air)
4. Tahap IV (Pembuatan model desain dan strategi pelaksanaan)
- a) Survey ke pakar untuk menentukan tindakan integrasi model desain dan strategi pelaksanaan pemilihan tipe bangunan atas
 - b) Pembuatan model baru tipe konstruksi jembatan dengan alur kapal dengan integrasi model desain dengan strategi pelaksanaannya.
- Model penentuan bangunan atas jembatan di atas sungai yang dilalui alur kapal dengan fungsi sebagai lalu lintas air, seperti pada Gambar 2.12 berikut ini.







Gambar 2.12 Model Penentuan Konstruksi Jembatan di atas sungai yang dilalui alur kapal untuk lalu lintas air

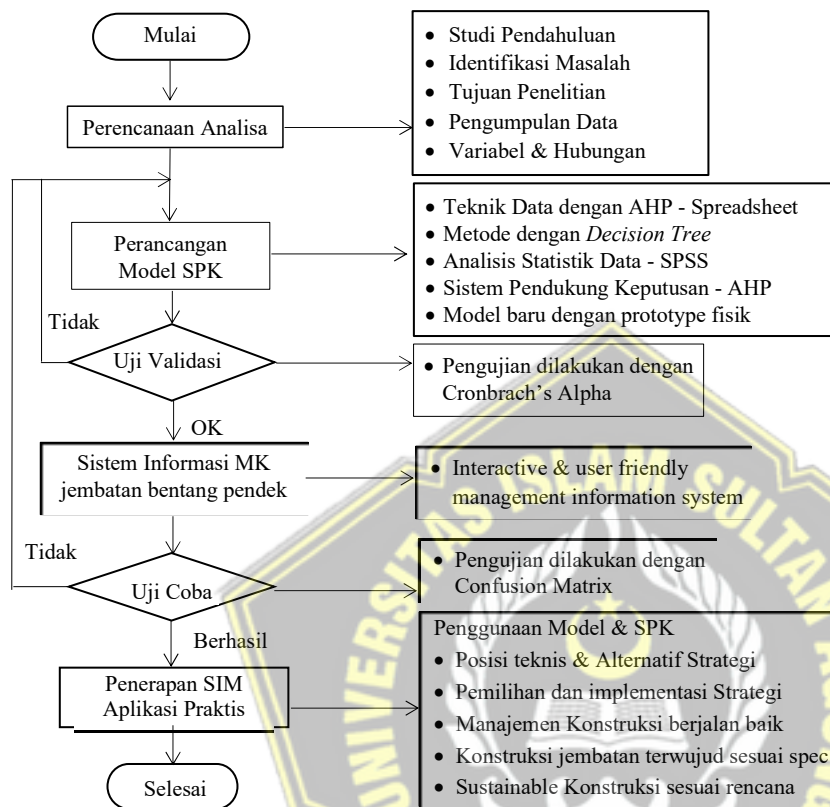
Adapun perbedaan dan kebaharuan hasil penelitian berdasarkan perbandingan topik penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.6. Perbedaan / Kebaharuan Hasil Penelitian

Objek Penelitian	Bentuk Hasil Penelitian			
	Pernyataan Umum	Model Statistik	Model Sistem Teori	Model SPK
<i>Transportasi air di sungai</i>	• Stellamaris (2017) • Rathore (2019)	•	• Abidin (2016) • Rathore (2019) • Ramadhandia (2021)	•
<i>Problem konstruksi jembatan di atas sungai</i>	• Milani (2020) • Navarro (2020)	• Fang (2019)	• Stellamaris (2020) • Revilla (2021) • Patra, (2022)	• Saputra (2020)
<i>Kriteria desain pondasi di atas tanah lunak</i>	• Kurniawan 2016) • Latiasih (2008) • Tanks (2017) • Ericsson (2019)	•	•	•
<i>Manajemen konstruksi bangunan atas jembatan</i>	• Wain (2019) • Tanks (2017) • Hartono (2016) • Yanguang (2018)	• Hartono (2016) • Tanks (2017)	• Fang (2019) • Machmood (2017) • Shi (2019) • Mootaz (2022),	• Ors (2023) • Brenner (2011),
<i>Manajemen resiko pelaksanaan konstruksi</i>	• Remi (2017) • Sahid (2020)	• Felicia (2017) • Wena (2015)	• Felicia (2017) • Wahyoni (2024)	•
<i>Aplikasi AHP pada konstruksi</i>	•	•	• Darko (2018) • Endogan (2019) • Hartono (2016)	•
<i>Sistem informasi konstruksi terintegrasi</i>	•	•	• Eastman (2011) • Wahyoni (2024) •	• Liu (2019) • Rafliis (2017) • Eastman (2011)
<i>Sistem Pendukung Keputusan (SPK/DSS) konstruksi</i>	•	•	• Yulianti (2017)	• Yulianti (2017) • Hamka (2019) • Jajac (2013)
<i>Aplikasi DSS dan BIM pada sistem informasi manajemen konstruksi</i>	•	•	• Krokowski (2011)	• Jalaiei (2015) • Krokowski (2011)

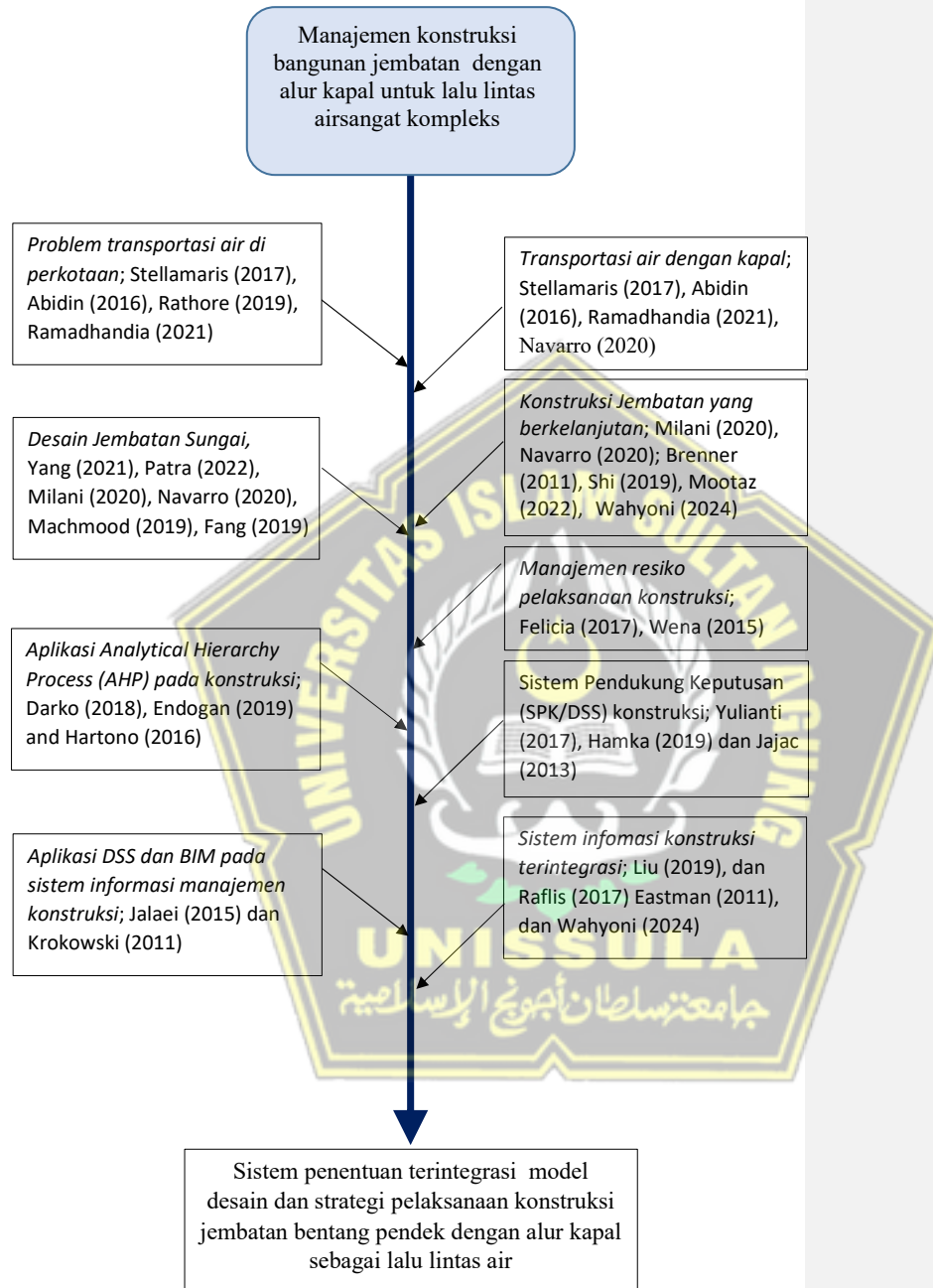
Sumber: dari berbagai jurnal (2011-2024)

Gambaran singkat bagan alir penyusunan sistem pendukung keputusan konstruksi bangunan jembatan bentang pendek, dengan konsep pelaksanaan penelitian sebagaimana pada roadmap penelitian pada Gambar 2.13 dan 2.14 berikut.



Gambar 2.13 Bagan Alir Konsep Pelaksanaan Penelitian

Manajemen konstruksi bangunan jembatan dengan alur kapal pada fase perencanaan maupun pengawasan mempunyai permasalahan yang lebih kompleks dibandingkan dengan struktur bangunan jembatan biasa. Dalam pengambilan keputusan untuk menentukan multi-kriteria perencanaan detail dan pelaksanaan konstruksi pada sub item pekerjaan tertentu diperlukan adanya sistem pendukung keputusan yang dapat diaplikasikan dengan menggunakan sistem informasi berbasis komputer. Sistem informasi bangunan jembatan ini dirancang dengan pendekatan yang berkelanjutan dan terpadu, sehingga manajemen konstruksi dapat dilaksanakan efektif dan efisien dan dengan melibatkan stake holder secara aktif.



Gambar 2.14 Roadmap Penelitian

2.6 Penelitian Terdahulu Yang Sejenis

Penelitian terdahulu yang relevan digunakan sebagai acuan Penulis untuk mendukung penelitian ini adalah buku-buku, jurnal dan tesis yang penulis sebutkan berikut ini. Penelitian tentang membangun sebuah sistem pendukung keputusan (SPK) untuk menilai perencanaan dan pelaksanaan konstruksi bangunan jembatan bentang pendek di atas sungai untuk alur kapal sebagai transportasi air dengan menggunakan model *Analytical Hierarchy Process (AHP)*.

Simple Additive Weighting (SAW) dan *Analytical Hierarchy Process (AHP)* sering digunakan dalam penilaian berkelanjutan jembatan, analisis artikel terbaru menunjukkan bahwa penerapan teknik PROMETHEE semakin relevan, yang berfokus pada penelitian tahap konstruksi dan pemeliharaan jembatan. Kebutuhan untuk analisis lebih lanjut diidentifikasi ketika menyangkut penilaian dampak yang dihasilkan dari tahap akhir siklus hidup jembatan dari sudut pandang berkelanjutan. Penggunaan logika intuitionistic dan neutrosophic telah terdeteksi sebagai alternatif untuk pendekatan fuzzy masalah pengambilan keputusan (Navaro, 2020).

Beberapa permasalahan konstruksi jembatan di atas sungai yang dilintasi transportasi air menurut Ramadhandia et. al. (2021), Abidin (2016), Rathore et.al (2019), Stellamaris (2017), Millani et al (2020), Patra et.al. (2022), sebagai berikut:

a) Sarana Transportasi Air

Beberapa sungai di Banjarmasin yang cukup lebar dan dalam, merupakan sungai yang cocok untuk dijadikan infrastruktur transportasi air di perkotaan. Kota Banjarmasin secara geografis dikelilingi oleh sungai-sungai penghubung yang memiliki vegetasi tinggi bisa menjadi alternatif. Solusi untuk berbagi beban emisi dari kegiatan transportasi yang berpusat di jalan-jalan kota. Walaupun ada transportasi darat, transportasi sungai ini adalah transportasi lokal bagi masyarakat kota Banjarmasin.

b) Kapal sebagai Transportasi Air

Penggunaan transportasi air di sepanjang sungai Martapura yang melintasi kota Banjarmasin, pada penggunaan jenis perahu jukung dan kapal kelotok, namun masyarakat lebih sering menggunakan moda transportasi air jenis kapal motor cepat panjang (long-boat) dengan ketinggian kapal mencapai 2 meter. Kapal tersebut harus melintasi di bawah jembatan yang menghubungkan jalan dalam kota Banjarmasin, sehingga diperlukan vertikal clearance minimum 3 meter.

c) Perencanaan Konstruksi Jembatan

Dampak dan biaya lingkungan diukur melalui siklus hidup penilaian lingkungan dan analisis biaya siklus hidup mengikuti batas-batas sistem dari ekstraksi bahan sampai tercapainya umur jembatan. Kinerja lingkungan jembatan secara signifikan terkait dengan seleksi material dan konfigurasi jembatan. Identifikasi produk dan proses dengan dampak terbesar untuk mensubsidi desain struktur yang lebih berkelanjutan dan sesuai kebijakan pemerintah.

d) Biaya pelaksanaan sangat tinggi

Konstruksi jembatan di atas sungai dengan transportasi air yang aktif akan memerlukan metode pelaksanaan, peralatan mesin dan bahan konstruksi untuk bangunan bawah dan sistem pondasi yang cukup besar, sehingga memerlukan biaya pelaksanaan yang sangat tinggi. Tingkat resiko konstruksi jembatan di atas sungai yang dilintasi transportasi air juga sangat besar jika dibandingkan dengan konstruksi jembatan yang berada di atas sungai biasa.

e) Kriteria Perencanaan Jembatan

Jembatan perlintasan sungai sering mengalami banyak bahaya, termasuk gerusan fondasi, pengaruh gelombang kapal, arus air membawa benda hanyutan, dan degradasi lingkungan. Ketika jembatan penyeberangan sungai beroperasi, mereka harus dipulihkan dengan cepat setelah gangguan selama lifecycle. Muka air banjir yang tinggi dan gerusan jembatan adalah penyebab utama kegagalan jembatan. Berbagai karakteristik hidraulik yang harus diperkirakan merupakan prasyarat dalam merancang pekerjaan perlindungan tepi sungai dan abutment untuk desain dan konstruksi jembatan.

f) Keandalan konstruksi jembatan belum maksimal

Beberapa kriteria keandalan ,konstruksi jembatan yaitu aspek struktural, geoteknikal, hidrologi dan hidrolika sungai, lingkungan dan aksesibilitas belum dimasukkan pada kriteria desain dan juga perancangan belum maksimal diterapkan dalam analisis detailed engineering design (DED)

g) Sistem pendukung keputusan konstruksi belum terstruktur

Sehubungan dengan kompleksnya item pekerjaan pada pelaksanaan konstruksi gedung, maka banyak alternatif pilihan dari bahan konstruksi, metode konstruksi dan peralatan mesin yang digunakan. Pemilihan kriteria dengan berbagai aspek peninjauan yang sangat simpel dan tidak terstruktur masih sering digunakan. Untuk itu sangat diperlukan sistem pendukung keputusan konstruksi jembatan di atas sungai yang terstruktur dan komprehensif dengan berbasis berkesinambungan dari tahapan perencanaan sampai dengan tahap pelaksanaan.

h) Sistem informasi manajemen konstruksi belum ada

Tingkat kompleksitas dari konstruksi jembatan yang sangat tinggi memerlukan sistem manajemen konstruksi yang sistimatis. Sistem informasi manajemen konstruksi gedung (*building information management*) khusus yang berada di atas sungai yang dilintasi transportasi air belum tersedia secara terpadu. Masih terdapat ketidaksinambungan antara tahap perencanaan dan tahap pelaksanaan, sehingga tingkat resiko konstruksi masih cukup tinggi. *Building Information Management System* (BIMS) sangat diperlukan untuk mengantisipasi permasalahan konstruksi yang sering terjadi dan dapat menurunkan tingkat resiko kegagalan konstruksi.

Proses penyelesaian perencanaan teknis detail (DED) yang menghasilkan gambar rencana yang efektif dan efisien sangat diperlukan oleh Konsultan Perencana untuk dapat mempersiapkan dokumen pelaksanaan konstruksi yang lengkap dan informatif. Demikian juga, proses penyelesaian setiap permasalahan dengan cepat, tepat, dinamis dan efisien sangatlah dibutuhkan oleh suatu kontraktor dalam

mengerjakan suatu proyek pembangunan sehingga optimalisasi suatu proyek dapat tercapai. Sebagai bagian yang penting dari proses manajemen konstruksi dengan mengoptimalkan sumberdaya 5M yaitu Man (tenaga kerja), Machines (mesin), Material (bahan konstruksi), Money (uang/modal), Method (metode pelaksanaan). Sesuai dengan prinsip optimasi mulai dari tahap perencanaan sampai dengan pelaksanaan, diperlukan adanya system manajemen konstruksi pilihan yang terbaik dan paling tepat untuk semua komponen dari konstruksi. Untuk itu diperlukan adanya pengambilan keputusan tepat yang dipilih pada beberapa alternatif yang paling memungkinkan. Metode yang cocok dalam mendukung keputusan untuk pengoptimalan semua tahapan manajemen konstruksi pada konstruksi bangunan jembatan dengan alur kapal ini yaitu dengan metode AHP (*analytical hierarchy process*), karena metode tersebut dapat memecahkan masalah yang *multi objective* dan *multi criterias* (Darko et.al., 2019). Kriteria yang digunakan dalam pengoptimalan proses manajemen konstruksi bangunan jembatan dengan alur kapal pada dasarnya merupakan persyaratan utama untuk menghasilkan konstruksi yang aman, efisien dan ekonomis yaitu kemudahan pekerjaan, kekuatan struktur, mutu (keawetan) serta ekonomis. Prosentase yang diperoleh dari setiap kriteria tersebut digunakan sebagai salah satu pendukung keputusan dalam menentukan tipe konstruksi bangunan yang optimal.

Wena dan Suparno (2015) melakukan kajian terhadap manajemen risiko dalam proyek konstruksi. Analisis manajemen risiko pada pelaksanaan konstruksi dengan metode risiko internal dan eksternal. Risiko yang terjadi pada proyek konstruksi dapat berpengaruh buruk pada sasaran proyek yaitu: jadwal, biaya/anggaran dan mutu serta sekaligus merupakan kendala dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Manajemen risiko meliputi langkah-langkah yang terkait usaha pelaksanaan perencanaan manajemen risiko, identifikasi, tanggapan dan monitoring serta pengawasan pada suatu proyek. Semua proses/langkah-langkah tersebut harus selalu diperbaharui (update) selama siklus proyek. Melalui manajemen risiko kemungkinan terjadi risiko pada proyek konstruksi dapat

diperkecil bahkan dihindari. Erdogan, et.al. (2019), melakukan kajian dalam pemilihan alternatif terbaik untuk manajemen konstruksi yang berkelanjutan dengan pembuatan model penentuan multi-kriteria. Sistem pendukung keputusan dengan pendekatan metode multi kriteria AHP menggunakan quisoner. Penggunaan sistem pendukung keputusan dapat mempercepat proses pemilihan metode manajemen konstruksi yang berkelanjutan menjadi lebih simpel dan akurat.

Rafis et.al. (2018), telah melakukan kajian terhadap manfaat penggunaan Building Information Modelling (BIM) pada proyek konstruksi sebagai media komunikasi stakeholders. Pengembangan Building Information Modelling (BIM) pada proyek konstruksi sebagai media komunikasi stakeholders dilakukan dengan analisis berbasis web online. Hasil penelitian didapatkan bahwa sebagai media komunikasi stakeholders, penggunaan aplikasi BIM dapat mempercepat proses berjalannya manajemen konstruksi menjadi lebih efektif dan efisien secara signifikan. Liu et.al. (2019), melakukan kajian terhadap Building Information Management (BIM) and Blockchain (BC) for Sustainable Building Design Information Management Framework. Pengembangan Building Information Modelling (BIM) dan Blockchain (BC) pada framework perencanaan proyek konstruksi yang berkelanjutan telah dilakukan. Potensial aplikasi sistem *block chain* pada building information modelling (BIM) sangat membantu untuk meningkatkan sistem informasi pada proses konstruksi yang berkesinambungan dengan framework yang tertata lebih baik. *Decision Support Concept to Management of Construction Projects - Problem of Construction Site Selection* telah dilakukan studinya (Jajac et.al., 2013). Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis aplikasi sistem pengambilan keputusan untuk manajemen konstruksi pada problem pemilihan site konstruksi gedung. Sistem pendukung keputusan dengan pendekatan metode multi kriteria AHP menggunakan quisoner. Dengan menggunakan sisten pendukung keputusan berbasis multi kriteria AHP, didapatkan metode yang efektif untuk menentukan tipe konstruksi jembatan di atas sungai dengan transportasi air yang efektif di berbagai kota dan kondisi lingkungan.

2.6.1 Transportasi Air

Judul: River as Alternative Infrastructure for Water Transportation and Emission Load Sharing in Banjarmasin City, South Kalimantan

Penulis: Ramadhandia et. al.

Tahun: 2021

Beberapa sungai di Banjarmasin yang cukup lebar dan dalam, merupakan sungai yang cocok untuk dijadikan infrastruktur transportasi air di perkotaan. Kota Banjarmasin yang secara geografis dikelilingi oleh sungai-sungai penghubung yang memiliki vegetasi tinggi bisa menjadi alternatif. Solusi untuk berbagi beban emisi dari kegiatan transportasi yang berpusat di jalan-jalan kota. Artikel ini bertujuan untuk menentukan kelayakan menggunakan sungai sebagai infrastruktur transportasi air dan mengurangi emisi di Kota Banjarmasin. Sungai Barito dan Sungai Martapura beserta anak sungainya, sangat cocok digunakan sebagai prasarana transportasi secara efisien.

Judul : Studi Revitalisasi Angkutan Sungai sebagai Moda Transportasi Perkotaan di Kota Banjarmasin

Penulis : Abidin, Z. ; Tahun : 2016

Transportasi air di kota melalui sungai telah menjadi ciri khas kota Banjarmasin, yaitu sesuai dengan geografinya dengan jumlah sungai di kota sebagai alat transportasi untuk mobilisasi penduduk ke berbagai daerah perkotaan. Walaupun ada transportasi darat, transportasi sungai ini adalah transportasi lokal bagi masyarakat kota Banjarmasin.

Judul : A Sustainable Approach for Urban Riverfront Development

Penulis : Rathore et.al ; Tahun : 2019

Sungai selalu menjadi garis hidup bagi pemukiman manusia apa pun. Di sepanjang sungai ditemukan sisa-sisa pemandangan kota paling awal. Di sepanjang sungai manusia diletakkan baris pertama melalui bajaknya yang meletakkan dasar untuk munculnya urbanisasi. Dengan meningkatnya populasi manusia dan kebutuhannya, sungai tetap yang paling penting sepanjang masa. Kemudian datanglah era

lingkungan perlindungan dan kebangkitan kehidupan ke sungai melalui banyak alat terintegrasi; Peremajaan Sungai dan Tepi Sungai Perkotaan pengembangan untuk fokus pada semua fisik, sosial, budaya dan parameter warisan sungai yang mengisi kembali perkotaan pemukiman lagi.

2.6.2 Transportasi Kapal di Sungai

Judul : Analisis Bentuk Model Mode Transportasi Sungai di Banjarmasin

Penulis : Yaula Stellamaris ; Tahun : 2017

Penggunaan transportasi air di sepanjang sungai Martapura yang melintasi kota Banjarmasin, cenderung menurun pada penggunaan jenis perahu jukung dan kapal kelotok, namun masyarakat lebih sering menggunakan moda transportasi air jenis kapal motor cepat panjang (long-boat) dengan ketinggian kapal mencapai 2 meter. Sehubungan dengan kapal tersebut harus melintasi di bawah jembatan yang menghubungkan jalan dalam kota Banjarmasin, sehingga diperlukan vertikal clearance minimum 3 meter.

2.6.3 Perencanaan Jalan dan Jembatan

Judul : Design and Analysis of Bridge Girders using Different Codes

Penulis : Ravikant et.al. ; Tahun : 2019

Dalam desain gelagar jembatan dengan Eurocode terhadap geser, kekuatan, momen lentur dan defleksi hampir dua kali lipat dibandingkan dengan dua lainnya yaitu kode IRC dan spesifikasi AASHTO. Desain gelagar jembatan (hingga 25m) menggunakan IRC. Code paling ekonomis dan lebih aman dibandingkan ke dua lainnya yaitu spesifikasi AASHTO dan Eurocode. Karena desain girder jembatan menggunakan kode IRC memperoleh nilai minimum defleksi dan lentur saat itu jadi oleh karena itu pemuatan IRC Kelas A adalah pemuatan paling ekonomis dan optimal untuk desain gelagar jembatan di INDIA. Code IRC memiliki kombinasi pemuatan terbaik dan metode desain dibandingkan dengan dua lainnya yaitu spesifikasi AASHTO dan kode Euro.

Judul : Analysis of the Safety Factors of Municipal Road Undercrossing
Existing Bridge Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process Methods

Penulis : Yang et. al. ; Tahun : 2021

Berdasarkan analisis komprehensif tentang faktor-faktor keselamatan jalan kota yang melintasi jembatan yang ada, metode evaluasi proses hierarki analitik (AHP) komprehensif fuzzy untuk pengaruh konstruksi jalan terhadap keselamatan jembatan yang ada diusulkan. Pertama, AHP digunakan untuk memilih 11 faktor evaluasi. Kedua, ditetapkan lapisan target, lapisan kriteria, dan lapisan indeks faktor evaluasi, kemudian terbentuk sistem faktor evaluasi keselamatan. Ketiga, melalui model evaluasi AHP komprehensif fuzzy, evaluasi komprehensif hierarkis fuzzy dilakukan untuk sistem indeks penilaian keselamatan. Akhirnya, metode evaluasi komprehensif fuzzy diterapkan pada contoh teknik jalan kota yang melintasi jembatan jalan tol yang ada. Evaluasi keselamatan komprehensif dari jembatan yang ada mencerminkan kepraktisan dan kelayakan metode ini, akan meningkatkan proses pengambilan keputusan sistem penilaian keselamatan konstruksi jembatan.

Judul : Analisis Nilai Kapasitas Struktur Atas Jembatan dengan Menggunakan Metode Rating Factor

Penulis : Saputra dkk. ; Tahun : 2020

Nilai Rating Factor yang dihitung dengan menggunakan beban kendaraan standar AASHTO lebih besar nilainya dibandingkan jika dihitung menggunakan beban kendaraan standar SNI, hal ini karena beban kendaraan standar AASHTO lebih kecil dibandingkan dengan beban kendaraan standar SNI; Berdasarkan hitungan Rating Factor pada elemen gelagar dan plat yang ditinjau, diperoleh nilai RF untuk momen lentur adalah bervariasi dari 1,92 sampai dengan 6,65. Sedangkan Rating Factor untuk gaya geser adalah bervariasi dari 2,48 sampai dengan 8,63. Artinya adalah struktur jembatan Cinapel bentang P1-P5 arah Dawuan layak dan mampu dalam melayani lalu lintas yang melewati jembatan.

2.6.4 Perencanaan Konstruksi Jembatan

Judul : Proposal of Sustainability Indicators for the Design of Small-Span Bridges

Penulis : Millani C.J. et al ; Tahun : 2020

Dampak dan biaya lingkungan diukur melalui siklus hidup penilaian lingkungan dan analisis biaya siklus hidup mengikuti batas-batas sistem dari ekstraksi bahan sampai tercapainya umur jembatan. Kinerja lingkungan jembatan secara signifikan terkait dengan seleksi material dan konfigurasi jembatan. Identifikasi produk dan proses dengan dampak terbesar untuk mensubsidi desain struktur yang lebih berkelanjutan dan sesuai kebijakan pemerintah.

Judul: Hydrologic and Hydraulic Modelling of a Bridge.

Penulis: Patra J.P. et.al. Tahun: 2022

Jembatan perlintasan sungai sering mengalami banyak bahaya, termasuk gerusan fondasi, pengaruh gelombang kapal, arus air membawa benda hanyutan, dan degradasi lingkungan. Ketika jembatan penyeberangan sungai beroperasi, mereka harus dipu-lihkan dengan cepat setelah gangguan selama lifecycle. Muka air banjir yang tinggi dan gerusan jembatan adalah penyebab utama kegagalan jembatan. Berbagai karakteristik hidraulik yang harus diperkirakan merupakan prasyarat dalam meran-cang pekerjaan perlindungan tepi sungai dan abutment untuk desain konstruksi jembatan.

Judul: Bridge Engineering; Classifications, Design Loading, & Analysis Methods

Penulis: Lin W. et. al. ; Tahun : 2017

Pengukuran dari rata-rata air tinggi tertinggi (MHHW) adalah ruang bebas vertikal (*vertical clearance*) yang paling konservatif, sehingga dalam banyak kasus *clearance* nyata lebih besar dari nilai ini karena permukaan air yang lebih rendah dari titik tertinggi di MHHW. Jarak bebas yang cukup harus dipertimbangkan dalam desain jembatan untuk memastikan keselamatan lalu lintas di bawah jembatan

2.6.5 Pelaksanaan Konstruksi Jembatan

Judul: Identification of the Causes of Delay in Completion of Bridge Construction Work in Padang City

Penulis: Wahyoni dan Sari ; Tahun: 2024

Faktor yang paling dominan menyebabkan terjadinya keterlambatan pelaksanaan proyek pembangunan konstruksi jembatan di Kota Padang adalah perubahan metode pelaksanaan, keterlambatan pengiriman material, kondisi cuaca yang tidak terduga, dan keterlambatan mobilisasi peralatan. Hasil DED tidak dapat diimplementasikan dengan baik sesuai dengan kondisi lapangan dan ketersediaan sumberdaya tidak tepat waktu.

Judul: Manajemen Resiko dalam Proyek Konstruksi

Penulis: Nuciferani et. al. ; Tahun: 2017

Deskripsi Penelitian ini membahas tentang analisis manajemen resiko pada pelaksanaan konstruksi pondasi dalam. Analisis kegagalan konstruksi dinyatakan berdasarkan kajian dengan melakukan penelitian pendekatan analisis risiko pada fondasi bored pile dan tiang pancang Proyek Tunjungan Plaza 6 Surabaya. Analisis perbandingan tingkat risiko pemilihan bore pile atau tiang pancang pada proyek konstruksi gedung bertingkat dilakukan dengan menggunakan metode AHP berbasis quisoner. Pekerjaan bored pile mendapatkan tingkat risiko biaya yang besar dan juga pada tingkat risiko kegagalan konstruksi saat pelaksanaan pekerjaan dinding penahan tanah jika dibandingkan dengan pekerjaan pondasi tiang pancang.

Judul: Sustainable Construction Practices in the Execution of Infrastructure Projects

Penulis: Willar D., et. al. ; Tahun: 2020

Praktik prinsip keberlanjutan oleh penyedia jasa konstruksi dalam pelaksanaan proyek infrastruktur menjadi keharusan dari tahap pasca desain. Evaluasi berlanjut ke tahap pelaksanaan proyek konstruksi, yang menunjukkan kinerja indikator keberlanjutan yang tidak berarti karena kendala saat ini pada penerapan prinsip-prinsip keberlanjutan. Orisinalitas / nilai penelitian ini melihat kesenjangan yang

ada antara prinsip konstruksi berkelanjutan dan penerapan praktisnya dalam proyek infrastruktur di Indonesia. Hal ini akan mendorong pendekatan holistik dalam praktik menjalankan proses pengadaan yang berkelanjutan, sehingga memperkuat teknik manajemen proyek dalam tahap pelaksanaan proyek konstruksi berkelanjutan dengan memperhatikan prinsip keselamatan, keseimbangan dan keharmonisan infrastruktur dan lingkungan.

Judul: Challenges in Construction Over Soft Soil – Case Studies in Malaysia

Penulis: Willar et. al. ; Tahun: 2016

Pembangunan di atas tanah lunak merupakan tantangan besar di bidang rekayasa geoteknik. Banyak masalah keteknikan berupa ketidakstabilan lereng, daya dukung, kegagalan atau penurunan yang berlebihan dapat terjadi selama atau setelah tahap konstruksi karena kuat geser rendah dan kompresibilitas tinggi tanah ini. Ketidakstabilan tanah selama pekerjaan konstruksi menyebabkan keterlambatan dan pembengkakan biaya konstruksi.

2.6.6 Rangkuman Hasil Penelitian Terdahulu

Review pada previous research yang relevan dari artikel ilmiah yang disusun dalam Tabel 2.7 berikut dalam kolom berisi judul paper, tahun dan author, dan hasil riset yang relevan sejenis dengan topik penelitian ini.

Tabel 2.7 Review penelitian terdahulu yang sejenis

Judul paper	Tahun-Author	Hasil Riset
Manajemen Resiko dalam Proyek Konstruksi	2015, Wena M. dan Suparno	Manajemen risiko meliputi langkah-langkah yang terkait usaha pelaksanaan perencanaan manajemen risiko, identifikasi, tanggapan dan monitoring serta pengawasan pada suatu proyek. Semua proses tersebut harus selalu diperbaharui selama siklus proyek. Melalui manajemen risiko kemungkinan terjadi risiko pada proyek konstruksi dapat diperkecil bahkan dihindari.
Sistem Pendukung Keputusan Prioritas Perbaikan Gedung Menggunakan Metode Analytic Hierarchy Process dan Profile Matching	2019, Hamka M. dan Harjono	Perlu penambahan variabel berupa standar biaya perbaikan tiap sub elemen, elemen, dan sub komponen serta perhitungan volume kerusakan dibandingkan dengan volume, luas, atau jumlah unit sub elemen, elemen, dan sub kom-ponen. Sehingga hasil akhir penentuan keputusan mem-pertimbangkan ketersediaan anggaran untuk perbaikan gedung. Ada 3 kriteria yaitu: pengukuran volume kersa-kan, jenis kerusakan, nilai pengurang dan faktor koreksi.

dilanjutkan

Tabel 2.7 Review penelitian terdahulu yang sejenis (lanjutan)

A Sustainable Approach for Urban Riverfront Development	2019, Rathore et.al	Sungai selalu menjadi garis hidup bagi pemukiman manusia apapun. Di sepanjang sungai ditemukan sisi pemandangan kota yang paling awal dan manusia diletakkan baris pertama melalui aktivitasnya yang meletakkan dasar untuk munculnya urbanisasi. Meningkatnya populasi manusia & kebutuhannya, sungai tetap paling penting sepanjang masa. Urban River melihat degradasi, kelalaian, dan polusi, perlahan merusak pemandangan untuk pemukiman karena tidak lagi terkait dengan parameter pemberian kehidupannya, era lingkungan perindustrialan & kebangkitan kehidupan ke sungai melalui banyak alat terintegrasi; Peremajaan sungai dan tepi sungai perkotaan pengembangan untuk fokus pada semua fisik, sosial, budaya dan parameter warisan sungai mengisi kembali perkotaan pemukiman, lalu lintas air.
Studi Revitalisasi Angkutan Sungai sebagai Moda Transportasi Perkotaan di Kota Banjarmasin	2016, Abidin Z.	Transportasi air di kota melalui sungai telah menjadi ciri khas kota Banjarmasin, yaitu sesuai dengan geografinya dengan jumlah sungai di kota sebagai alat transportasi untuk mobilisasi penduduk ke berbagai daerah perkotaan. Walaupun ada transportasi darat, transportasi sungai ini adalah transportasi lokal bagi masyarakat kota Banjarmasin.
Analisis Bentuk Model Mode Transportasi Sungai di Banjarmasin	2017, Yaula Stellamaris	Penggunaan transportasi air di sepanjang sungai Martapura yang melintasi kota Banjarmasin, cenderung menurun pada penggunaan jenis perahu jukung dan kapal kelotok, namun masyarakat lebih sering menggunakan moda transportasi air jenis kapal motor cepat panjang (long-boat) dengan ketinggian kapal mencapai 2 meter. Karena harus kapal melintas di bawah jembatan yang menghubungkan jalan dalam kota Banjarmasin, sehingga diperlukan vertikal clearance minimum 3 meter.
River as Alternative In-frastructure for Water Transportation and Emis-sion Load Sharing in Banjarmasin City, South Kalimantan	2021, Ramadhandia et. al.	Beberapa sungai di Banjarmasin yang cukup lebar & dalam merupakan sungai yang cocok untuk dijadikan infrastruktur transportasi air di perkotaan. Secara geografis dikelilingi oleh sungai-sungai penghubung yang memiliki vegetasi tinggi bisa menjadi alternatif. Solusi berbagi beban emisi dari kegiatan transportasi yang berpusat di jalan-jalan kota. Analisis kelayakan menggunakan sungai sebagai infrastruktur transportasi air dan mengurangi emisi di Kota Banjarmasin. Sungai Barito dan Sungai Martapura beserta anak sungainya, sangat cocok digunakan sebagai prasarana transportasi dan dapat mengurangi beban emisi jalan secara efisien, namun banyak memerlukan konstruksi jembatan.
Life Cycle Sustainability Assessment For Multi-Criteria Decision Making in Bridge Design	2020, Navarro, I.J, et. al.	Simple Additive Weighting (SAW) & Analytical Hierarchy Process (AHP) sering digunakan dalam penilaian berkelanjutan jembatan, analisis artikel terbaru menunjukkan, penerapan teknik TOPSIS dan PROMETHEE semakin relevan tujuan tsb. Penelitian tahap konstruksi & pemeliharaan jembatan, untuk analisis lanjut, diidentifikasi untuk penilaian dampak yang dihasilkan dari tahap akhir siklus hidup jembatan dari sudut pandang berkelanjutan. Penggunaan logika intuitionistic dan neutrosophic telah terdeteksi sebagai alternatif yang muncul untuk pendekatan fuzzy masalah pengambilan keputusan
Proposal of Sustainability Indicators for the Design of Small-Span Bridges	2020, Milani CJ, Yepes V., & Kripka M.	Dampak dan biaya lingkungan diukur melalui siklus hidup penilaian lingkungan dan analisis biaya siklus hidup mengikuti batas-batas sistem dari ekstraksi bahan sampai tercapainya umur jembatan. Kinerja lingkungan jembatan secara signifikan terkait dengan seleksi material dan konfigurasi jembatan. Identifikasi produk dan proses dengan dampak terbesar untuk mensubsidi desain struktur yang lebih berkelanjutan dan sesuai kebijakan pemerintah

dilanjutkan

Tabel 2.7 Review penelitian terdahulu yang sejenis (lanjutan)

Judul paper	Tahun-Author	Hasil Riset
Multi-criteria Optimization System for Decision Making in Construction Design and Management	2009, Zenonas Turskis, Edmundas Kazimieras Zavadskas, and Friedel Peldschus	Multi-kriteria pengambilan keputusan digunakan di berbagai bidang kegiatan konstruksi. Kriteria dapat bersifat kualitatif dan kuantitatif dengan memiliki unit pengukuran dan berbeda dalam arah pengoptimalan. Tujuan normalisasi memperoleh skala nilai kriteria yang sebanding. Program LEVI 4 metode normalisasi termasuk vektor, skala linier, non-linier dan baru teknik logaritmik dapat digunakan. Perangkat lunak ini mempertimbangkan aspek utama masalah game dua sisi. Program ini ditunjukkan dengan mempertimbangkan studi kasus nyata yang melibatkan 4 kriteria evaluasi bangunan hunian pada tahap desain dan manajemen konstruksi
Review of Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) in Construction,	2018, Amos Darko, et al.	Metode AHP telah mendapatkan perhatian yang semakin besar dalam domain manajemen konstruksi (CM) sebagai teknik untuk menganalisis situasi yang kompleks dan membuat keputusan yang tepat. Manajemen risiko dan konstruksi berkelanjutan merupakan area penerapan AHP paling populer di CM. AHP bersifat (1) fleksibel dan dapat digunakan sebagai alat yang berdiri sendiri atau bersama dengan alat lain untuk menyelesaikan masalah pengambilan keputusan konstruksi; dan (2) digunakan secara luas di Asia. Alasan lain menggunakan AHP adalah ukuran sampel yang kecil, tingkat konsistensi yang tinggi, kesederhanaan, dan ketersediaan perangkat lunak ramah pengguna.
Manfaat penggunaan BIM pada proyek konstruksi sebagai media komunikasi stakeholders	2018, Rafli, Bambang Endro Yuwono dan Ripsky Zayshanda	Sebagai media komunikasi stakeholders, penggunaan aplikasi BIM dapat mempercepat proses berjalannya manajemen konstruksi menjadi lebih efektif dan efisien secara signifikan
Building Information Management (BIM) and Block-chain (BC) for Sustainable Building Design Information Management Framework,	2019, Zhen Liu, Lijun Jiang, Mohamad Osmani and Peter Demian	Potensial aplikasi sistem block chain pada building information modelling (BIM) sangat membantu meningkatkan sistem informasi pada proses konstruksi yang berkesinambungan dengan framework yang tertata lebih baik. Framework manajemen informasi untuk konstruksi diperlukan adanya sistem yang integrasi dan sustainable dengan mengkombinasikan antara BIM dan Blockchain.
A Multi-Criteria Decision-Making Model to Choose the Best Option for Sustainable Construction Management	2019, Erdogan, S.A., Šaparauskas J. and Turskis Z.	Identifikasi problem utama manajemen konstruksi dan cara penyelesaiannya dengan metode multi-kriteria. Manajemen yang dilakukan dengan baik adalah salah satu faktor penting yang mengarah pada keberhasilan proyek berkelanjutan yang signifikan. Manajemen proyek konstruksi terdiri dari pengaturan tujuan dan menentukan kebutuhan pengguna, batasan proyek, dan sumber daya yang dibutuhkan, menyajikan seperangkat kriteria yang komprehensif, yang mengarah ke pembuatan model SPK untuk MK, dengan Metode AHP dan program komputer Expert Choice digunakan untuk analisis perhitungan.
Decision Support System to Select the Optimum Construction Techniques for Bridge Piers,	2023, Ors, et. al.	Meskipun, dermaga bisa dibangun menggunakan beberapa teknik tetapi tidak ada prosedur yang dibenarkan untuk memilih perubahan optimal. Novel (DSS) dikembangkan untuk menentukan teknologi konstruksi yang optimal, menggunakan teknik (MCDM) dan mempertimbangkan 7 kriteria termasuk kekakuan lateral, pemeliharaan, risiko, daktilitas, kemampuan membangun, biaya, dan waktu. Dampak dari kriteria tertentu tergantung pada kepeningannya dan evaluasi kinerjanya lingkup. Juga, menunjukkan bahwa risiko, kemampuan membangun, dan biaya memiliki dampak kecil pada pemilihan alternatif optimum

dilanjutkan

Tabel 2.7 Review penelitian terdahulu yang sejenis (lanjutan)

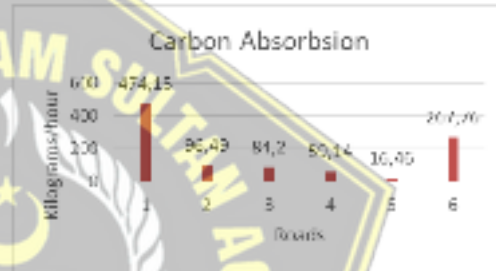
Judul paper	Tahun-Author	Hasil Riset
A Multi-Criteria Decision-Making Model to Choose the Best Option for Sustainable Construction Management	2019, Erdogan, S.A., Şapara-uskas J. &Turskis Z.	Penggunaan sistem pendukung keputusan dapat mempercepat proses pemilihan metode manajemen konstruksi yang berkelanjutan menjadi lebih simpel dan akurat
Sustainable Construction Practices in the Execution of Infrastructure Projects	2020, Willar D., et. al.	Praktik keberlanjutan oleh penyedia jasa konstruksi dalam pelaksanaan proyek infrastruktur menjadi keharusan dari tahap pasca desain. Evaluasi berlanjut ke tahap pelaksanaan konstruksi, menunjukkan kinerja indikator keberlanjutan yang tidak berarti karena kendala pada saat penerapan prinsip keberlanjutan. Orisinalitas/nilai penelitian ini melihat kesenjangan antara prinsip konstruksi berkelanjutan dan penerapan praktisnya di Indonesia. Pendekatan holistik dalam praktik menjalankan proses pengadaan yang berkelanjutan, sehingga memperkuat teknik manajemen proyek dalam tahap pelaksanaan proyek konstruksi berkelanjutan memperhatikan prinsip keselamatan, keseimbangan dan keharmonisan infrastruktur & lingkungan.
Analysis of the Safety Factors of Municipal Road Undercrossing Existing Bridge Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process Methods	2021, Yang et.al	Analisis komprehensif tentang faktor keselamatan jalan kota yg melintasi jembatan, metode evaluasi proses AHP komprehensif fuzzy untuk pengaruh konstruksi jalan terhadap keselamatan jembatan yang ada diusulkan. Memilih 11 faktor evaluasi, dan di tetapkan lapisan target, kriteria, & indeks faktor evaluasi, kemudian terbentuk sistem faktor evaluasi keselamatan. Ketiga, melalui model evaluasi AHP komprehensif fuzzy, evaluasi komprehensif hierarkis fuzzy untuk sistem indeks penilaian keselamatan. Metode evaluasi komprehensif fuzzy diterapkan pada contoh teknik jalan kota melintasi jembatan jalan tol. Evaluasi keselamatan komprehensif jembatan, mencerminkan kepraktisan dan kelayakan, dapat meningkatkan proses pengambilan keputusan dalam sistem penilaian keselamatan konstruksi jembatan.
Identification of the Causes of Delay in Completion of Bridge Construction Work in Padang City	2024, Wahyoni D. & Sari D.N.	Faktor yang paling dominan menyebabkan terjadinya keterlambatan pelaksanaan proyek pembangunan konstruksi jembatan di Kota Padang adalah perubahan metode pelaksanaan, keterlambatan pengiriman material, kondisi cuaca yang tidak terduga, dan keterlambatan mobilisasi peralatan. Hasil BEM tidak dapat diimplementasikan dengan baik sesuai dengan kondisi lapangan dan ketersediaan sumberdaya tidak tepat waktu.

Sumber: dari berbagai jurnal (2016-2024)

Dari hasil review pada previous research yang relevan dari artikel ilmiah yang disusun dalam Tabel 2.7 di atas, beberapa hasil penelitian difokuskan pada penggunaan metode sistem pengambil keputusan untuk penerapan prinsip dari manajemen konstruksi yang efektif dan efisien untuk menentukan model desain dan strategi pelaksanaan konstruksi jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air.

Adapun distribusi penelitian sejenis dapat ditampilkan hasil, bentuk model dan rekomendasi penelitian pada Tabel 2.8 berikut

Tabel 2.8 Distribusi Penelitian

No	Peneliti, Sumber & Judul Penelitian	Obyek & Metode Penelitian	Hasil, Bentuk Model & Rekomendasi Penelitian	Bentuk Model														
1.	Peneliti: Ramadandhia et.al. (2021) Sumber: Journal of Global Environmental Dynamics (JGED), Vol. 2 No. 1: pp. 25-28 Judul: River as Alternative Infrastructure for Water Transportation and Emission Load Sharing in Banjarmasin City South Kalimantan	Objek: Gedung Metode: Studi literatur, observasi, pengamatan lapangan Analisis: AHP dan Profile Matching	<u>Hasil:</u> Kota Banjarmasin yang secara geografis dikelilingi oleh sungai-sungai penghubung yang memiliki vegetasi tinggi bisa menjadi alternatif menjadi infrastruktur transportasi air di perkotaan. Solusi untuk berbagi beban emisi dari kegiatan transportasi yang berpusat di jalan-jalan kota <u>Bentuk Model:</u> Analisis kelayakan transportasi air <u>Rekomendasi Penelitian:</u> Sungai Barito dan Sungai Martapura beserta anak sungainya, sangat cocok digunakan sebagai prasarana transportasi dan dapat mengurangi beban emisi jalan kota Banjarmasin secara efisien.	 Carbon Absorption <table><tr><th>Routes</th><th>Kilograms/hour</th></tr><tr><td>1</td><td>474.15</td></tr><tr><td>2</td><td>86.43</td></tr><tr><td>3</td><td>81.2</td></tr><tr><td>4</td><td>60.14</td></tr><tr><td>5</td><td>16.45</td></tr><tr><td>6</td><td>20.176</td></tr></table> Fig.2 Graph of carbon absorption in Banjarmasin City	Routes	Kilograms/hour	1	474.15	2	86.43	3	81.2	4	60.14	5	16.45	6	20.176
Routes	Kilograms/hour																	
1	474.15																	
2	86.43																	
3	81.2																	
4	60.14																	
5	16.45																	
6	20.176																	

dilanjutkan ...

Tabel 2.7. (Lanjutan)

No	Peneliti, Sumber & Judul Penelitian	Obyek & Metode Penelitian	Hasil, Bentuk Model & Rekomendasi Penelitian	Bentuk Model																																												
2.	Peneliti: Abidin, Z. (2016) Sumber: Jurnal Agregat Vol. 1 No. 1, pp. 23-32 Judul: Studi Revitalisasi Angkutan Sungai sebagai Moda Transportasi Perkotaan di Kota Banjarmasin	Objek: Angkutan sungai di Banjarmasin Metode: Studi litelatur, observasi, pengamatan lapangan Analisis: Expert Choice	<u>Hasil:</u> Transportasi air di kota melalui sungai telah menjadi ciri khas kota Banjarmasin, yaitu sesuai dengan geografinya dengan jumlah sungai di kota sebagai alat transportasi untuk mobilisasi penduduk ke berbagai daerah perkotaan. Walaupun ada transportasi darat, transportasi sungai ini adalah transportasi lokal bagi masyarakat kota Banjarmasin. <u>Bentuk Model:</u> AHP <u>Rekomendasi Penelitian</u> Alur kapal sebagai transportasi sungai adalah merupakan transportasi lokal bagi masyarakat kota Banjarmasin yang masih dipergunakan.	Table 14. Hasil Analisis Perbandingan Berpasangan (AHP) untuk Prioritas Pengembangan Transportasi Sungai di Kota Banjarmasin <table><thead><tr><th>Kriteria</th><th>Bobot</th><th>Nilai Eigenvalue</th><th>Nilai Eigenvalue Ideal</th></tr></thead><tbody><tr><td>1. Pengembangan Infrastruktur Sungai</td><td>1.000</td><td>1.000</td><td>1.000</td></tr><tr><td>2. Pengembangan Moda Transportasi Sungai</td><td>0.800</td><td>0.800</td><td>0.800</td></tr><tr><td>3. Pengembangan Fasilitas Penunjang</td><td>0.600</td><td>0.600</td><td>0.600</td></tr><tr><td>4. Pengembangan Kebijakan</td><td>0.400</td><td>0.400</td><td>0.400</td></tr><tr><td>5. Pengembangan Sumber Daya Manusia</td><td>0.300</td><td>0.300</td><td>0.300</td></tr><tr><td>6. Pengembangan Sistem Informasi</td><td>0.200</td><td>0.200</td><td>0.200</td></tr><tr><td>7. Pengembangan Regulasi</td><td>0.100</td><td>0.100</td><td>0.100</td></tr><tr><td>8. Pengembangan Pembiayaan</td><td>0.050</td><td>0.050</td><td>0.050</td></tr><tr><td>9. Pengembangan Penelitian dan Pengembangan</td><td>0.020</td><td>0.020</td><td>0.020</td></tr><tr><td>10. Pengembangan Monitoring dan Evaluasi</td><td>0.010</td><td>0.010</td><td>0.010</td></tr></tbody></table>	Kriteria	Bobot	Nilai Eigenvalue	Nilai Eigenvalue Ideal	1. Pengembangan Infrastruktur Sungai	1.000	1.000	1.000	2. Pengembangan Moda Transportasi Sungai	0.800	0.800	0.800	3. Pengembangan Fasilitas Penunjang	0.600	0.600	0.600	4. Pengembangan Kebijakan	0.400	0.400	0.400	5. Pengembangan Sumber Daya Manusia	0.300	0.300	0.300	6. Pengembangan Sistem Informasi	0.200	0.200	0.200	7. Pengembangan Regulasi	0.100	0.100	0.100	8. Pengembangan Pembiayaan	0.050	0.050	0.050	9. Pengembangan Penelitian dan Pengembangan	0.020	0.020	0.020	10. Pengembangan Monitoring dan Evaluasi	0.010	0.010	0.010
Kriteria	Bobot	Nilai Eigenvalue	Nilai Eigenvalue Ideal																																													
1. Pengembangan Infrastruktur Sungai	1.000	1.000	1.000																																													
2. Pengembangan Moda Transportasi Sungai	0.800	0.800	0.800																																													
3. Pengembangan Fasilitas Penunjang	0.600	0.600	0.600																																													
4. Pengembangan Kebijakan	0.400	0.400	0.400																																													
5. Pengembangan Sumber Daya Manusia	0.300	0.300	0.300																																													
6. Pengembangan Sistem Informasi	0.200	0.200	0.200																																													
7. Pengembangan Regulasi	0.100	0.100	0.100																																													
8. Pengembangan Pembiayaan	0.050	0.050	0.050																																													
9. Pengembangan Penelitian dan Pengembangan	0.020	0.020	0.020																																													
10. Pengembangan Monitoring dan Evaluasi	0.010	0.010	0.010																																													

dilanjutkan ...

Tabel 2.7. (Lanjutan)

No	Peneliti, Sumber & Judul Penelitian	Obyek & Metode Penelitian	Hasil, Bentuk Model & Rekomendasi Penelitian	Bentuk Model												
3.	Peneliti: Stellamaris (2017) Sumber: Jurnal Teknologi Berkelanjutan (JTB) Vol. 06 No. 01 (2017), pp 47-56. Judul: Analisis Bentuk Model Moda Transportasi Sungai di Banjarmasin	Objek: Kapal Metode: Studi litelatur, observasi, pengamatan lapangan Analisis: Expert Choice	<u>Hasil:</u> Penggunaan transportasi air di sepanjang sungai Martapura yang melintasi berbagai kawasan di kota Banjarmasin, cenderung menurun pada penggunaan jenis perahu jukung dan kapal kelotok, namun masyarakat lebih sering memakai moda transportasi air jenis kapal motor cepat panjang (long-boat) dengan ketinggian kapal 2 meter. <u>Bentuk Model:</u> Dimensi jenis kapal yang dipakai untuk aktifitas sehari-hari, dengan Expert Choice <u>Rekomendasi Penelitian:</u> Sehubungan dengan alur kapal yang harus melintasi di bawah jembatan yang menghubungkan jalan dalam kota Banjarmasin, sehingga diperlukan vertikal clearance minimum 3 meter.	Tabel 1. Alternatif Kapal yang Ditawarkan dalam Struktur Hirarki <table><tr><th>Tipe</th><th>Karakteristik</th><th>Gambar</th></tr><tr><td>K1</td><td>Jenis kapal cepat dengan kapasitas 12 orang, mesin 10 PK, kecepatan maksimum 40 km/jam.</td><td></td></tr><tr><td>K2</td><td>Jenis kelotok kecil dengan kapasitas maksimum 10 orang tanpa sundapan dan tidak beratap</td><td></td></tr><tr><td>K3</td><td>Jenis kelotok dengan kapasitas 12 orang, beratap, mesin 24 PK sehingga perjalanannya cepat</td><td></td></tr></table>	Tipe	Karakteristik	Gambar	K1	Jenis kapal cepat dengan kapasitas 12 orang, mesin 10 PK, kecepatan maksimum 40 km/jam.		K2	Jenis kelotok kecil dengan kapasitas maksimum 10 orang tanpa sundapan dan tidak beratap		K3	Jenis kelotok dengan kapasitas 12 orang, beratap, mesin 24 PK sehingga perjalanannya cepat	
Tipe	Karakteristik	Gambar														
K1	Jenis kapal cepat dengan kapasitas 12 orang, mesin 10 PK, kecepatan maksimum 40 km/jam.															
K2	Jenis kelotok kecil dengan kapasitas maksimum 10 orang tanpa sundapan dan tidak beratap															
K3	Jenis kelotok dengan kapasitas 12 orang, beratap, mesin 24 PK sehingga perjalanannya cepat															

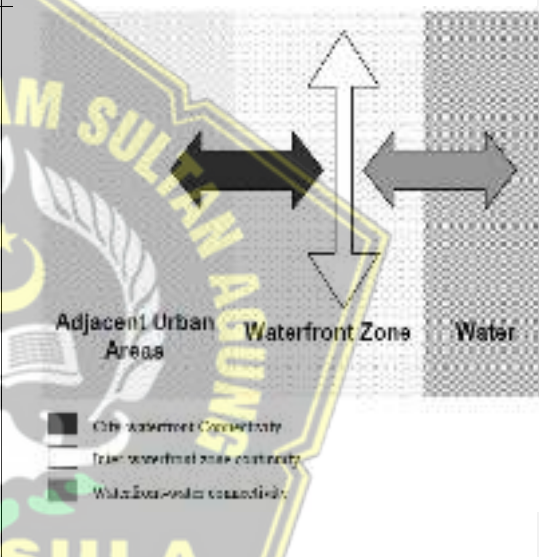
dilanjutkan ...

Tabel 2.7. (Lanjutan)

No	Peneliti, Sumber & Judul Penelitian	Obyek & Metode Penelitian	Hasil, Bentuk Model & Rekomendasi Penelitian	Bentuk Model
4.	Peneliti: Millani et al. (2020) Sumber: Int. Journal Environ. Research Public Health, 17, 4488; pp. 1-23 Judul: Proposal of Sustainability Indicators for the Design of Small- Span Bridges	Objek: Jembatan bentang pendek Metode: Penentuan indikator kriteria desain jembatan Analisis: Lifecycle & cost analysis	<u>Hasil:</u> Dampak dan biaya lingkungan diukur melalui siklus hidup penilaian lingkungan dan analisis biaya siklus hidup mengikuti batas-batas sistem dari ekstraksi bahan sampai tercapainya umur jembatan. Kinerja lingkungan jembatan secara signifikan terkait dengan seleksi material dan konfigurasi jembatan. <u>Bentuk Model:</u> Expert Choice – Jembatan bentang pendek <u>Rekomendasi Penelitian:</u> Identifikasi produk dan proses dengan dampak terbesar untuk mensubsidi desain struktur yang lebih berkelanjutan dan sesuai kebijakan pemerintah	Figure 2. Analisis siklus hidup dan biaya untuk desain jembatan bentang pendek.

dilanjutkan ...

Tabel 2.7. (Lanjutan)

No	Peneliti, Sumber & Judul Penelitian	Obyek & Metode Penelitian	Hasil, Bentuk Model & Rekomendasi Penelitian	Bentuk Model
5.	Peneliti: Rathore et.al (2019) Sumber: International Research Journal of Engineering & Technology (IRJET) Volume: 06 Issue: 03 pp. 4136-4142 Judul: A Sustainable Approach for Urban Riverfront Development	Objek: Sungai (<i>riverfront</i>) Metode: Studi litelatur, observasi, pengamatan lapangan Analisis: Expert Choice	<u>Hasil:</u> Sungai selalu menjadi garis hidup bagi pemukiman manusia apa pun. Di sepanjang sungai ditemukan sisa-sisa pemandangan kota paling awal. Di sepanjang sungai manusia diletakkan baris pertama melalui banyaknya yang meletakkan dasar untuk munculnya urbanisasi. Meningkatnya populasi manusia dan kebutuhannya, sungai tetap paling penting sepanjang masa. <u>Bentuk Model:</u> Pengembangan model bangkitan populasi di bantaran sungai <u>Rekomendasi Penelitian:</u> Era lingkungan perlindungan dan kebangkitan kehidupan ke sungai melalui banyak alat terintegrasi; yang menghidupkan kembali sungai dengan alur kapal sebagai transportasi air	

dilanjutkan ...

Tabel 2.7. (Lanjutan)

No	Peneliti, Sumber & Judul Penelitian	Obyek & Metode Penelitian	Hasil, Bentuk Model & Rekomendasi Penelitian	Bentuk Model
6.	Peneliti: Ors et al, 2023 Sumber: Ain Shams Engineering Journal, Vol. 14 Issue 7, pp. 1-11 Judul: Decision Support System to Select the Optimum Construction Techniques for Bridge Piers,	Objek: Pier jembatan Metode: Studi litelatur, observasi, Analisis: SPK (DSS) untuk Teknik penentuan Konstruksi yang optimum	<u>Hasil:</u> Pilar bisa dibangun menggunakan beberapa teknik tetapi tidak ada prosedur yang dibenarkan untuk memilih perubahan optimal. Sistem pendukung keputusan (DSS) dikembangkan untuk menentukan teknologi konstruksi optimal, menggunakan teknik (MCDM) dan mempertimbangkan tujuh kriteria; kekakuan lateral, daktilitas, risiko, pemeliharaan, kemampuan membangun, biaya, dan waktu. <u>Bentuk Model:</u> Sistem pendukung keputusan (DSS) <u>Rekomendasi Penelitian:</u> Dampak dari kriteria tertentu tergantung pada kepentingannya dan evaluasi kinerjanya lingkup. Juga, menunjukkan bahwa risiko, kemampuan membangun, dan biaya memiliki dampak kecil pada pemilihan alternatif yang optimum	

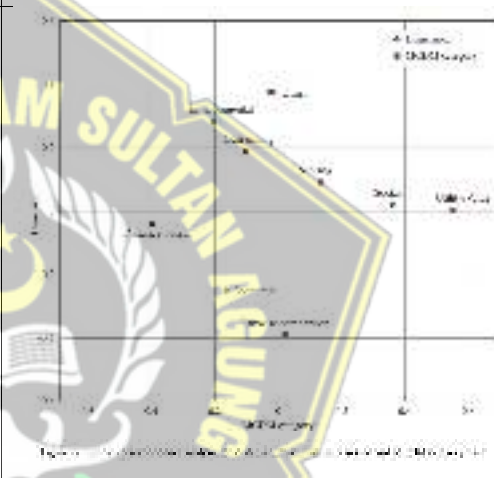
dilanjutkan ...

Tabel 2.7. (Lanjutan)

No	Peneliti, Sumber & Judul Penelitian	Obyek & Metode Penelitian	Hasil, Bentuk Model & Rekomendasi Penelitian	Bentuk Model
7.	Peneliti: Ravikant et.al. (2019) Sumber: International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 8 Issue 7, pp. 470-477. Judul: Design and Analysis of Bridge Girders using Different Codes	Objek: Girder Jembatan Metode: Studi litelatur, observasi, pengamatan lapangan Analisis: Berbagai design code	<u>Hasil:</u> Dalam desain gelagar jembatan dengan Eurocode terhadap geser, kekuatan, momen lentur dan defleksi hampir dua kali lipat dibandingkan dengan dua lainnya yaitu kode IRC dan spesifikasi AASHTO, untuk desain gelagar jembatan (hingga 25m) <u>Bentuk Model:</u> Pembebanan gelagar jembatan <u>Pekomendasi Penelitian:</u> Karena desain girder jembatan menggunakan kode IRC memper-oleh nilai minimum defleksi dan lentur saat itu jadi oleh karena itu pemuatan IRC Kelas A adalah pemuatan paling ekonomis dan optimal untuk desain gelagar jembatan di INDIA. Code IRC memiliki kombinasi muatan terbaik dan metode desain dibandingkan dengan AASHTO dan kode Euro.	

dilanjutkan ...

Tabel 2.7. (Lanjutan)

No	Peneliti, Sumber & Judul Penelitian	Obyek & Metode Penelitian	Hasil, Bentuk Model & Rekomendasi Penelitian	Bentuk Model
8.	Peneliti: Navarro, et. al. 2020, Sumber: Journal of Civil Engineering and Management, Vol. 26 No. 7: pp. 690–704 Judul: Life Cycle Sustainability Assessment For Multi-Criteria Decision Making in Bridge Design	Objek: Jembatan Metode: Asesment Struktur Jembatan Analysis logika intuitionistic dan neutrosophic Analisis: Fuzzy (SAW & AHP)	<u>Hasil:</u> Penilaian desain berkelanjutan jembatan, analisis artikel terbaru menunjukkan, penerapan teknik TOPSIS dan PROMETHEE semakin relevan tujuan tsb. Penelitian tahap konstruksi & pemeliharaan jembatan, untuk analisis lanjut, diidentifikasi untuk penilaian dampak yang dihasilkan dari tahap akhir siklus hidup jembatan dari sudut pandang berkelanjutan. <u>Bentuk Model:</u> Simple Additive Weighting (SAW) & Analytical Hierarchy Process (AHP) <u>Rekomendasi Penelitian:</u> Penggunaan logika intuitionistic dan neutrosophic telah terdeteksi sebagai alternatif yang muncul untuk pendekatan fuzzy masalah pengambilan keputusan	

dilanjutkan ...

Tabel 2.7. (Lanjutan)

No	Peneliti, Sumber & Judul Penelitian	Obyek & Metode Penelitian	Hasil, Bentuk Model & Rekomendasi Penelitian	Bentuk Model
9.	Peneliti: Yang et al. (2021) Sumber: Transportation Research Record, 2675 (12), pp. 915–928 Judul: Analysis of the Safety Factors of Municipal Road Undercrossing Existing Bridge Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process Methods	Objek: Jembatan ekisiting Metode: Studi literatur, observasi, pengamatan lapangan Analisis: Fuzzy- AHP	<u>Hasil:</u> Analisis komprehensif tentang faktor-faktor keselamatan jalan kota yang melintasi jembatan, metode AHP komprehensif fuzzy untuk pengaruh konstruksi jalan terhadap keselamatan jembatan yang diusulkan. 1) AHP digunakan untuk memilih 11 faktor evaluasi. 2) ditetapkan lapisan target, kriteria, dan indeks faktor evaluasi, terbentuk sistem faktor evaluasi keselamatan. 3) melalui model evaluasi AHP komprehensif fuzzy, evaluasi komprehensif hierarkis fuzzy dilakukan untuk sistem indeks penilaian keselamatan. <u>Bentuk Model:</u> AHP – Fuzzy (model expert choice) <u>Rekomendasi Penelitian</u> Evaluasi keselamatan komprehensif dari jembatan yang ada mencerminkan kepraktisan dan kelayakan metode ini. Metode ini meningkatkan proses pengambilan keputusan dalam sistem penilaian keselamatan konstruksi jembatan.	

dilanjutkan ...

Tabel 2.7. (Lanjutan)

No	Peneliti, Sumber & Judul Penelitian	Obyek & Metode Penelitian	Hasil, Bentuk Model & Rekomendasi Penelitian	Bentuk Model
10.	Peneliti: Erdogan et al (2019) Sumber: Journal of Sustainability 2019, 11, 2239; Judul: A Multi-Criteria Decision-Making Model to Choose the Best Option for Sustainable Construction Management	Objek: Infrastruktur di Turki Metode: Studi litelatur, observasi, pengamatan lapangan Analisis: <i>Multi criteria decision</i>	<u>Hasil:</u> Identifikasi masalah utama manaje-men konstruksi dan membahas cara-cara untuk menyelesaikannya dengan metode multi-kriteria yang mengarah pada keberhasilan proyek berkelanjutan yang signifikan. Manajemen proyek konstruksi terdiri dari pengaturan tujuan dan menentukan kebutuhan pengguna, batasan proyek, dan sumber daya yang dibutuhkan, dengan seperangkat kriteria yang komprehensif. <u>Bentuk Model:</u> Metode Analytic Hierarchy Process (AHP) dan program komputer Expert Choice. <u>Rekomendasi Penelitian:</u> Rekomendasi yang mengarah ke pembuatan model pengambilan keputusan untuk manajemen konstruksi, studi kasus yang diterapkan di Turki.	

Sumber: dari berbagai jurnal (2016-2023)

Dari hasil pada Tabel 2.7 di atas, maka dapat diberikan beberapa poin dari research gap dan novelty penelitian:

1. Konstruksi jalan dan jembatan sangat besar potensi adanya terjadi cost overrun, karena volume pekerjaan yang sangat besar akibat panjangnya ruas jalan, sedangkan untuk konstruksi jembatan dengan alur kapal masih belum banyak penelitian terkait.
2. Problem dari struktur bangunan jembatan yang berada di atas sungai dengan alur kapal untuk lalu lintas air, sangat kompleks. Diperlukan data hidologi/hidrolika yang akurat untuk menentukan tipe dan posisi bangunan atas, dimana hasil riset terdahulu belum banyak menampilkan data dan analisis yang rinci dan lengkap.
3. Penentuan jenis konstruksi bangunan atas, sangat banyak alternatif yang harus dipilih, sementara data tanah sangat beragam dan belum bisa menentukan jenis konfigurasi dan tipe girder efisien dari segi biaya atau metode pelaksanaannya
4. Pelaksanaan konstruksi bangunan atas jembatan di atas Sungai dengan alur kapal untuk lalu lintas air, mempunyai potensi tingkat risiko yang tinggi dan sangat tinggi, terutama pada kondisi trase jalan dan lingkungan yang kecukupan datanya tidak tersedia cukup signifikan.
5. Pada bagian konstruksi bawah, terutama pada abutmen dan pondasi tiang, memerlukan biaya konstruksi yang cukup besar. Metode pelaksanaan khusus untuk efisiensi biaya, belum banyak dilakukan penelitian bahasan ini.
6. Penggunaan metode pengambilan keputusan untuk desain struktur jembatan di atas sungai untuk alur kapal, masih belum banyak penelitian yang membahas ini lebih detail.
7. Penggunaan metode pengambilan keputusan untuk pelaksanaan konstruksi jembatan, masih belum banyak penelitian membahas ini lebih detail.
8. Penggunaan metode pengambilan keputusan untuk integrasi desain struktur dan pelaksanaan konstruksi jembatan, masih belum banyak penelitian yang membahas ini lebih detail.

Perbedaan penelitian ini dibandingkan dengan penelitian sebelumnya menitik-beratkan pada pengembangan terhadap penelitian terdahulu (Brenner, 2011) dan . (Lin et.al, 2017), pada rencana penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian sebelumnya spesifik pada satu objek lokasi, pada penelitian ini spesifik pada lokasi jembatan di atas sungai kecil dengan alur kapal kecil
2. Variabel dan indikator pada penelitian sebelumnya masih terbatas, sehingga pada penelitian ini terdapat penyesuaian variabel
3. Pada penelitian sebelumnya, perumusan strategi hanya menggunakan AHP (*Analytical Hierarchy Procces*) saja, pada penelitian ini menggunakan *Analytical Hierarchy Procces* dan Risk Analisis untuk merumuskan model desain dan strategi pelaksanaan
4. Mengembangkan bentuk model tidak hanya dalam bentuk Soft Sysytem Model tetapi berupa usulan model baru konstruksi jembatan dengan alur kapal sebagai lalu lintas air

Berdasarkan topik di atas dan berdasarkan rekomendasi penelitian sebelumnya, maka kebaruan (novelty) model konstruksi bangunan atas jembatan di atas sungai dengan alur kapal dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Penyesuaian variabel penelitian
2. Perumusan strategi pemilihan bangunan atas dengan AHP dan Risk Analysis
3. Pengembangan abstrak model Soft System Model dengan pengembangan Bridge Management Information System (BMIS) dan model prototype desain baru konstruksi jembatan dengan alur kapal sebagai lalu lintas air.

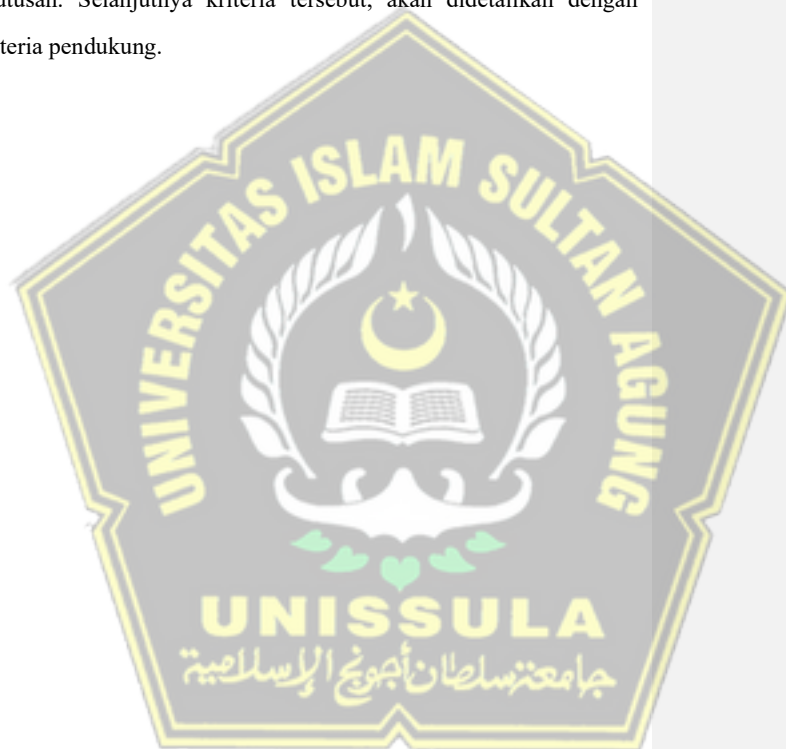
2.7 Karakteristik Variabel Penelitian

Sesuai dengan lingkup dan tujuan dair penelitian ini, maka ada beberapa variabel yang dilakukan analisis untuk mendapatkan model dari pemilihan tipe bangunan atas jembatan yang dilalui alur kapal sebagai lalu lintas air, yaitu:

1. Karakteristik sungai
2. Jenis alur kapal

3. Aspek hidrologi/hidrolika
4. Tipe bangunan atas jembatan
5. Metode pelaksanaan
6. Aspek Efisiensi/Biaya
7. Aspek Lingkungan

Variabel tersebut di atas akan menjadi kriteria utama dalam proses penentuan pendukung keputusan. Selanjutnya kriteria tersebut, akan didetailkan dengan beberapa sub-kriteria pendukung.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan kuisioner untuk expert di bidang perencanaan dan pelaksanaan konstruksi bangunan jembatan, yang dianalisa dengan menggunakan software statistik SPSS V.24 dan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dengan software aplikasi Excel. Sistem pengambil keputusan model baru dibuat dengan menghasilkan Bridge Information Management System (BIMS) berbasis komputer aplikasi dengan Google Spreadsheet dan model prototype jembatan.

Desain penelitian merupakan rancangan penelitian yang digunakan sebagai pedoman dalam melakukan proses penelitian yang bertujuan memberikan pegangan yang terstruktur bagi peneliti dalam melakukan penelitiannya (Fachruddin, 2009).

Nasution (2009) menyatakan desain penelitian merupakan rencana tentang cara mengumpulkan dan menganalisis data agar dapat dilaksanakan secara ekonomis serta serasi dengan tujuan penelitian. Adapun proses desain penelitian menurut Nasution (2009) mencakup proses-proses antara lain: identifikasi masalah, memformulasikan masalah dan membuat hipotesis, membangun penyelidikan, mengidentifikasi variabel, memilih teknik sampling yang digunakan, menyusun alat mengumpulkan data, processing data, menganalisis dan laporan hasil penelitian. Jenis penelitian menurut Nazir (2003) dibedakan menjadi penelitian kualitatif dan kuantitatif. Penelitian kualitatif merupakan bersifat deskriptif, baik berupa fenomena yang dikategorikan ataupun dalam bentuk lainnya seperti foto, dokumen dan observasi lapangan saat penelitian. Sedangkan penelitian kuantitatif bersifat obyektif, bebas dari apa yang ditelitinya bersifat terinci dan statis.

Jenis penelitian pada disertasi ini merupakan penelitian kualitatif karena:

- (1) Penelitian berupa studi kasus yang didasarkan pada penilaian secara deskriptif atau narasi

- (2) Adanya data kuantitatif yang diperoleh berdasarkan angka terhadap fenomena pengaruh alur kapal sebagai lalu lintas air pada konstruksi jembatan
- (3) Penelitian dilakukan dengan pengamatan, pengambilan data melalui penggunaan teknik pengumpulan data dan beberapa teknis analisis data,
- (4) Tujuan penelitian untuk mendapatkan penjelasan lebih dalam tentang strategi adaptasi alur kapal sebagai lalu lintas air untuk konstruksi jembatan
- (5) Kesimpulan dari penelitian ini nantinya akan berlaku penerapannya dalam pengembangan strategi alur kapal sebagai lalu lintas air untuk konstruksi jembatan.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan pada konstruksi jembatan di Kalimantan sebagai keterwakilan pada kondisi dengan alur kapal untuk lalu lintas air di wilayah Indonesia. Adapun pertimbangan pemilihan lokasi adalah wilayah tersebut dengan sungai dilewati alur kapal untuk lalu lintas air yang memiliki karakteristik geoteknik yang variatif dari kondisi tanah sedang yang dangkal sampai dengan tanah lunak yang memiliki kedalaman lapisan tanah keras lebih dari 40 meter. Kondisi sungai pada lokasi rencana jembatan mempunyai variasi yang cukup beragam, sesuai dengan kondisi topografi dari trase jalan. Pengambilan data primer dengan kuisioner dilaksanakan untuk responden sarjana teknik sipil yang berpengalaman pada desain dan pelaksanaan konstruksi bangunan jembatan bentang pendek dan dengan metode wawancara dengan expert yang berpengalaman pada perencanaan dan pelaksanaan konstruksi jembatan girder beton dan baja. Waktu penelitian dilaksanakan mulai bulan September 2022 sampai dengan Agustus 2024.

3.3. Populasi dan Sampel

Populasi penelitian untuk data primer digunakan dengan data jumlah Civil Engineer bidang jalan dan jembatan sebanyak 248 orang. Sampel yang digunakan untuk pengisi kuisioner penelitian ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3.1 berikut

(Slovin, 1960). Penelitian ini dilakukan dengan derajat kepercayaan 90%, maka tingkat kesalahan adalah 10%. Sehingga peneliti dapat menentukan batas minimal sampel yang dapat memenuhi syarat margin of error 10% dengan memasukkan margin error tersebut ke dalam formula Slovin:

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$n = \frac{248}{1 + 248(0,10)^2} = \frac{248}{1 + 2,48} \approx 70$$

Sehingga responden yang diperlukan sebanyak 70 orang, tenaga ahli teknik sipil dengan kualifikasi minimal Ahli Muda desain dan pengawas konstruksi jembatan serta pelaksana konstruksi teknik sipil serta akademisi ahli bangunan jembatan dan geoteknik. Tenaga expert yang menjadi responden untuk wawancara langsung merupakan tenaga ahli madya jembatan dengan kualifikasi pendidikan minimal magister teknik sipil berpengalaman lebih dari 10 tahun. Rincian dari Responden yang menjadi bagian dari penelitian ini, ditampilkan pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Rincian Responden pengisi Kusioner

No.	Instansi / Bagian	Responden	Jumlah	Jumlah (responden)
1.	Dinas PUPR Provinsi	Sekretaris Kadinas	1	3
		Kabid. Bina Konstruksi	1	
		Staf Ahli	1	
2.	Bidang BM – PUPR	Kabid Bina Marga	1	5
		Kepala Seksi	2	
		Staf Ahli	2	
3.	Dinas PUPR Kabupaten	Kadinas PUPR Kab.	5	12
		Sekretaris Kadinas	5	
		Staf Ahli	2	
4.	Bidang BM – PUPR	Kadinas Bina Marga	5	12
		Kepala Seksi	5	
		Staf Ahli	2	
5.	Konsultan Perencana Jembatan	Perencana / Supervisi	23	23
6.	Kontraktor Pelaksana	Pelaksana Konstruksi Jembatan	10	10
7.	Akademisi	Jembatan dan Geoteknik	5	5

3.4. Responden faktor-faktor yang mempengaruhi konstruksi jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air

Tenaga expert yang menjadi responden untuk wawancara langsung merupakan akademisi dan tenaga ahli madya teknik jembatan dan geoteknik dengan kualifikasi pendidikan minimal magister teknik sipil. Populasi dalam penelitian ini adalah mereka yang ahli dan memiliki kepentingan dan berkaitan langsung dengan stakeholder terkait dengan bangunan jembatan dan geoteknik.

Adapun responden terpilih secara khusus untuk nara sumber dan wawancara yang merupakan praktisi akademisi dan tenaga ahli jembatan dan Manajer Proyek Konstruksi yang terlibat dalam pelaksanaan konstruksi jembatan, dengan data dari adalah sebagaimana ditampilkan pada Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2 Data Pakar (Alokasi dan Respon Risiko)

ID No.	Nama Pakar - Nara Sumber (Expert/Professional)	Pendidikan	Jabatan / Perusahaan	Pengalaman (Tahun)
P.1	Ir. Ahsani Fauzan, M.Sc.	S2	Praktisi Jembatan - AWJ	> 20 tahun
P.2	Dr. Rustam Effendi, MA.Sc.	S3	Dosen Teknik Sipil ULM	> 20 tahun
P.3	Ir. Chairil Amran, ST, MT.	S2	Dinas PUPR Kal-Sel	> 20 tahun
P.4	Ir. Ahmad Marzuki, MT	S2	Praktisi Jembatan	> 20 tahun
P.5	Ir. Hernadi Wibisono, M.T.	S2	Kadinas PUPR Tanbu	> 15 tahun
P.6	Dr. Kurnia Halomoan, MT	S2	BPJN Kalimantan Selatan	> 15 tahun
P.7	Ir. Tezar Aulia Rachman, MT	S2	Dosen Teknik Sipil UMB	> 10 tahun
P.8	Ir. Rina Ariani, M.T.	S2	Kabid BM Balangan	> 10 tahun
P.9	Ir. Elia Anggarini, M.T.	S2	Dosen Teknik Sipil UMB	> 10 tahun
Keterangan: ULM = Universitas Lambung Mangkurat AWJ = PT. Adiya Widyajasa Consultant UMB = Universitas Muhammadiyah Banjarmasin PUPR = Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat BM = Bina Marga BPJN = Balai Pelaksanaan Jalan Nasional				

3.5. Responden strategi pelaksanaan konstruksi jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air

Responden yang memberikan penilaian terhadap kusioner untuk strategi pelaksanaan konstruksi jembatan dengan alur kapal berjumlah 70 orang. Rincian dari Responden yang menjadi bagian dari penelitian ini, sebagaimana berikut ini.

Dinas PUPR Provinsi	:	3 orang
Bidang BM – PUPR	:	5 orang
Dinas PUPR Kabupaten	:	12 orang
Bidang BM – PUPR	:	12 orang
Konsultan Perencana Jembatan	:	23 orang
Kontraktor Pelaksana	:	10 orang
Akademisi	:	5 orang

3.6. Responden model integrasi konstruksi jembatan

Responden yang memberikan penilaian terhadap kusioner untuk model integrasi desain dan konstruksi jembatan dengan alur kapal berjumlah 9 orang, yang merupakan Expert dengan pengalaman sebagai akademisi dan praktisi jembatan.

Rincian dari Responden yang menjadi bagian dari penelitian ini sebagai berikut.

Praktisi Jembatan - AWJ	:	1 orang
Dosen Teknik Sipil ULM	:	1 orang
Dinas PUPR Kal-Sel	:	1 orang
Praktisi Jembatan	:	1 orang
Kadinas PUPR Tanbu	:	1 orang
BPJN Kalimantan Selatan	:	1 orang
Dosen Teknik Sipil UMB	:	1 orang
Kabid Bina Marga Balangan	:	1 orang
Dosen Teknik Sipil UMB	:	1 orang

3.7 Variabel Penelitian

Pengumpulan data macam variabel dilakukan dengan memperhatikan rumusan masalah penelitian berdasarkan kriteria yang ditetapkan. Definisi konseptual dari penelitian ini yang merupakan batasan terhadap masalah-masalah variabel dengan sistem informasi interaktif yang menyediakan informasi untuk menyelesaikan permasalahan yang struktur bangunan atas dan bawah pada konstruksi jembatan bentang pendek. Definisi operasional itu sendiri merupakan suatu sistem dengan AHP dan SPSS yang dapat meningkatkan efektifitas pengambil keputusan stake holder manajer konstruksi. Indikator yang digunakan dalam penelitian ini adalah waktu, tingkat resiko, besaran biaya, volume peralatan, volume material, kemudahan operasional, dan kecepatan keputusan. Kriteria dari variabel selanjutnya dituangkan dalam bentuk kuisioner yang terukur untuk dapat mendetailkan dari rumusan masalah dan lebih terperinci dengan menampilkan sub kriteria berkenaan dengan persoalan perencanaan dan pelaksanaan konstruksi jembatan bentang pendek.

Variabel dengan aspek yang ditinjau adalah sebanyak 7 (tujuh) kriteria keandalan jembatan sebagaimana pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Kriteria Perencanaan Konstruksi Jembatan

No.	Variabel	Sumber Pustaka
1)	Aspek Ekonomis/Biaya	Ors et.al (2013), Remi (2017), Sahid (2020), Wai et.al. (2021), Saputra (2020)
2)	Aspek Teknis Girder	Ors et.al (2013), Yang et.al (2013), Ravikan et.al. (2019)
3)	Aspek Kondisi Lingkungan	Ramadhania et.al. (2021), Rathore et.al. (2019)
4)	Aspek Kondisi Sungai	Abidin et.al. (2016), Rathore et.al. (2019)
5)	Aspek Tipe Alur Kapal	Abidin et.al. (2016), Steelamaris (2017)
6)	Aspek Hidrologi/Hidrolika	Millani et.al. (2020), Patra et.al. (2020),
7)	Aspek Metode Pelaksanaan	Erdogan et al (2019), Lin (2017), Brenner et.al. (2021), Revilla (2021)

Variabel kriteria pelaksanaan konstruksi jembatan dan sub kriteria dengan 5 (lima) aspek dasar manajemen konstruksi (5M) ditambah dengan aspek tambahan lainnya sebagaimana ditampilkan pada Tabel 3.4 berikut:

Tabel 3.4 Kriteria Pelaksanaan Konstruksi Jembatan

No.	Variabel	Sumber Pustaka
1)	Metode Pelaksanaan	Meillyta et.al. (2023), Rafliis et.al. (2017), Rahmawati (2014), Willar et.al (2020),
2)	Teknis Girder	Revilla (2021), Sigdel (2021), Millani et.al (2020)
3)	Kondisi Tanah	Badroddin et.al. (2021), Low et.al (2018), Simanjuntak et.al. (2022), Wong (2019)
4)	Ketersediaan Peralatan	Ors et.al. (2023), Erdogan, et.al. (2019) Rafliis (2018), Wahyoni (2024)
5)	Ekonomis/Biaya	Mičunek et.al. (2013), Milani et.al (2020), Wena et.al. (2015)
6)	Ketersediaan Material	Kovačević et.al (2022), Willar (2020) Navarro et.al. (2020) , Wahyoni (2024)
7)	Kondisi Lingkungan/K3	Arthur et.al (2021), Husin et.al, (2018), Jayasudha et.al. (2014)

3.8 Pengumpulan Data

3.8.1 Pengumpulan Data Faktor Kriteria Desain

Pada tahapan pengumpulan data faktor desain dilakukan studi literatur yang berkaitan dengan desain konstruksi jembatan bentang pendek. Selanjutnya dilakukan penggalan aspek kriteria perencanaan pelaksanaan serta sub kriteria yang ditinjau, yang selanjutnya dibuat dalam bentuk kuisioner. Kuisioner dilakukan pengujian kepada 9 orang Nara Sumber untuk menentukan kriteria dan sub kriteria yang dominan. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap hasil isian kuisioner yang telah ditentukan oleh Nara Sumber dengan menggunakan AHP.

Pengujian dalam penelitian disertasi ini akan dilakukan dalam beberapa bagian tahapan pengujian, yaitu:

- a) Penjelasan pengisian kuisioner
- b) Penentuan bobot kriteria dengan Skala Likert 1 - 5
- c) Pengisian kuisioner oleh Expert berdasarkan *pair-wise comparison* AHP

Dari hasil pengisian kuisioner dengan menggunakan tabulasi dari hasil isian kuisioner, kemudian diberikan nilai rata-rata dari hasil data responden. Pengumpulan data dari hasil perhitungan dilakukan proses analisa hirarki AHP dengan bantuan Excel dan uji statistik dengan bantuan SPSS. Analisis data sesuai jenis dan tujuan:

- a) Pada tahap identifikasi, analisis data dilakukan dengan pengujian rata-rata Sampel untuk memastikan variabel yang sesuai.
- b) Pada tahap perumusan model hubungan antar variabel, evaluasi dilakukan dengan Model Persamaan Struktural (*Structural Equation Modelling-SEM*) atau AHP atau metode analisis yang sesuai
- c) Validasi model dilakukan untuk mengontrol dan memperbaiki model agar menjadi lebih baik, dengan meminta penilaian (evaluasi perbaikan) dari para pakar dan praktisi, melalui penyusunan, diskusi, uji coba dan FGD pemberian masukan untuk perbaikan.

3.8.2 Pengumpulan Data Model Desain dan Strategi Pelaksanaan

Pengumpulan data untuk model desain jembatan melibatkan pengumpulan berbagai informasi yang relevan dengan karakteristik lokasi, jenis jembatan, dan persyaratan desain. Data ini kemudian digunakan dalam model untuk menganalisis perilaku struktural, memastikan keamanan, dan menentukan spesifikasi desain jembatan yang optimal. Data yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik Lokasi:

Geologi dan Topografi: Kondisi tanah, geologi, dan topografi daerah sekitar lokasi jembatan sangat penting untuk menentukan tipe jembatan yang sesuai.

Kondisi Lingkungan: Informasi tentang cuaca, angin, dan potensi gempa bumi akan memengaruhi desain untuk menahan beban eksternal.

Topografi: Kenaikan dan kemiringan lahan akan mempengaruhi panjang bentang, tinggi jembatan, dan pilihan jenis jembatan.

Ukuran Sungai/Alur: Untuk jembatan yang melintasi sungai, ukuran dan karakteristik alur sungai (arus, kedalaman, dll.) akan menentukan dimensi jembatan.

2. Jenis Jembatan:

Tipe Jembatan: Pengumpulan data juga meliputi pilihan jenis jembatan (gelagar, rangka, lengkungan, dll.) yang paling sesuai dengan karakteristik lokasi dan persyaratan desain jembatan dengan alur kapal.

Bentang Jembatan: Panjang bentang jembatan akan menentukan jenis struktur yang digunakan dan bahan yang dibutuhkan.

Lebar Jembatan: Lebar jembatan (termasuk lebar lajur, median, trotoar, pagar pengaman) akan memengaruhi jumlah lalu lintas yang bisa dilayani.

3. Persyaratan Desain:

Beban Lalu Lintas: Data tentang volume lalu lintas, jenis kendaraan, dan beban yang akan ditanggung jembatan akan menentukan kekuatan struktural yang dibutuhkan.

Kapasitas Beban: Kebutuhan kapasitas beban jembatan akan menentukan material, dimensi, dan metode konstruksi yang digunakan.

Standar Desain: Data tentang standar desain, peraturan konstruksi, dan kode bangunan yang berlaku akan memastikan bahwa jembatan memenuhi persyaratan keselamatan dan kinerja.

Dalam menentukan pemilihan desain konstruksi atas jembatan, perlu ditetapkan dengan mempertimbangkan konstruksi yang kuat, aman, dan ekonomis (Sari, 2016). Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan pada pemilihan jenis konstruksi atas antara lain:

a. Biaya pelaksanaan terjangkau

- b. Pelaksanaan mudah
- c. Pengadaan bahan relatif mudah
- d. Biaya peralatan terjangkau
- e. Bentang sungai
- f. Jalan di sepanjang bantaran sungai
- g. Tipe alur kapal

Berikut merupakan tahapan yang harus dilakukan dalam perencanaan pondasi jembatan antara lain:

- a. Pemeriksaan rencana tahanan lateral ultimit geser maupun tahanan tekanan pasif pada pondasi
- b. Stabilitas terhadap geser dan guling
- c. Kapasitas daya dukung ultimit
- d. Penurunan (settlement) pada pondasi
- e. Kondisi lingkungan sekitar site
- g. Tipe single-span atau multi-span
- h. Ruang beban vertikal

Untuk pemilihan strategi pelaksanaan konstruksi bawah jembatan ditetapkan berdasarkan pertimbangan kekuatan, biaya, dan kemudahan dalam pelaksanaan (Sari, 2016). Pemilihan konstruksi bawah jembatan harus memperhatikan kondisi tanah setempat dan pola aliran sungai. Pendekatan manajemen risiko terhadap pelaksanaan konstruksi jembatan dengan alur kapal, melibatkan identifikasi, analisis, dan pengelolaan berbagai risiko yang mungkin terjadi. Proses ini bertujuan untuk mengurangi dampak negatif risiko terhadap proyek, seperti keterlambatan, peningkatan biaya, atau kerusakan struktural.

Beberapa kriteria teknis risiko pelaksanaan konstruksi jembatan dengan alur kapal sebagai lalu lintas air, antara lain:

1. Akses ke Lokasi Proyek:

Akses yang sulit atau terbatas ke lokasi proyek dapat menyebabkan kesulitan dalam pengiriman material, transportasi peralatan, dan pelaksanaan pekerjaan.

2. Intensitas Curah Hujan Tinggi dan Debit Air Tinggi/Banjir:

Curah hujan yang tinggi dan debit air yang meningkat dapat menyebabkan gangguan serius pada konstruksi jembatan, seperti kerusakan material, penghentian pekerjaan, dan peningkatan biaya.

3. Perubahan Desain dan Teknis Pekerjaan:

Perubahan desain atau teknis pekerjaan yang tidak terantisipasi dapat mengakibatkan penundaan, peningkatan biaya, dan perubahan dalam perencanaan konstruksi.

4. Perubahan Jadwal Pelaksanaan Pekerjaan:

Jadwal yang tidak teratur atau perubahan jadwal yang tidak terkendali dapat menyebabkan gangguan pada proses konstruksi, seperti penundaan, peningkatan biaya, dan masalah koordinasi.

5. Metode Konstruksi:

Metode konstruksi yang tidak tepat dapat menyebabkan masalah dalam pelaksanaan, seperti penurunan kualitas, peningkatan biaya, dan masalah keselamatan kerja.

6. Ketersediaan Material:

Keterbatasan dalam ketersediaan material, baik dalam jumlah maupun kualitas, dapat menyebabkan penundaan dan peningkatan biaya.

7. Kualitas Kerja:

Kualitas kerja yang rendah dapat menyebabkan masalah dalam struktur jembatan, seperti kerusakan, penurunan kekuatan, dan peningkatan biaya perawatan.

8. Kesulitan Penggunaan Teknologi Baru:

Kesulitan dalam penggunaan teknologi baru dapat menyebabkan penundaan dan peningkatan biaya terutama untuk bangunan atas seperti girder baja prestress.

9. Kondisi Lingkungan Sekitar Site:

Sekitar site masih terdapat bangunan atau rumah, menyulitkan pelaksanaan.

10. Keselamatan Kerja:

Ketidakpedulian terhadap keselamatan kerja dapat menyebabkan kecelakaan, cedera, dan penghentian pekerjaan.

11. Tidak Tersedianya/Kurangnya Tenaga Kerja Berkeahlian Khusus:

Keterbatasan tenaga kerja yang memiliki keahlian khusus dapat menyebabkan masalah dalam pelaksanaan konstruksi terutama untuk bangunan atas seperti girder baja prestress.

12. Desain Konstruksi Jembatan:

Desain yang kurang tepat atau kurang terencana dengan baik dapat menyebabkan masalah dalam struktur jembatan, seperti penurunan kekuatan, masalah stabilitas, dan peningkatan biaya. Untuk itu perlu dilakukan integrasi antara desain dan pelaksanaan konstruksi jembatan

Dengan mengidentifikasi dan mengelola risiko-risiko ini, pelaksanaan konstruksi jembatan sungai dengan alur kapal sebagai lalu lintas air, dapat dilakukan dengan lebih efektif dan efisien.

3.8.3 Pengumpulan Data Model Terintegrasi

Untuk menentukan data model terintegrasi desain dan pelaksanaan jembatan yang di atas sungai untuk alur kapal, perlu dilakukan pengumpulan data sekunder identifikasi dan database jembatan yang dilalui alur kapal di Indonesia. Karakteristik dari jembatan tersebut, terbagi menjadi beberapa karakteristik yang berbeda, yaitu:

1. Tipe material konstruksi bangunan atas; Beton Bertulang, Beton Prestress, Girder Baja Komposit, dan Pile Slab
2. Tipe konstruksi bangunan bawah; Abutment, Abutment + Pilar, dan Abutment + Pilar + Pile Slab.
3. Konfigurasi Jembatan; Single Span, Multi Span dengan 1 Pilar, Multi Span dengan 2 Pilar, Multi Span dengan 2 Pilar + Extra Span Girder Komposit, dan Multi Span dengan 2 Pilar + Extra Span Pile Slab.
4. Tipe bentuk bangunan atas; Girder Lurus, Girder Lengkung (semua span), dan Kombinasi Girder Lengkung (span utama) + Girder Lurus pada Span pendekat.

Untuk menentukan tipe konstruksi jembatan dengan alur kapal sebagai transportasi air, perlu dipertimbangkan kriteria desain dan pelaksanaan, antara lain:

1. Kondisi Sungai
2. Teknis Girder
3. Tipe Alur Kapal
4. Hidrologi/Hidrolika
5. Ekonomis/Biaya
6. Kondisi Lingkungan
7. Metode Pelaksanaan
8. Kondisi Lingkungan/K3
9. Ketersediaan Material
10. Kondisi Tanah
11. Ketersediaan Peralatan

Dari berbagai kondisi lingkungan sekitar site jembatan dengan alur kapal, di sepanjang bantaran sungai, terdapat 2 (dua) kondisi jalan eksisting yang perlu dilakukan pemisahan langkah untuk menentukan data rencana jembatan baru atau jembatan pengganti eksisting sebagai integrasi desain dan pelaksanaan konstruksi jembatan, yaitu:

- 1) Model terintegrasi desain dan strategi pelaksanaan konstruksi bangunan jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air yang disediakan ruang bebas vertikal bervariasi, untuk kondisi sungai dengan lebar 20 m – 40 m, dengan adanya jalan akses di sepanjang bantaran sungai yang tetap perlu dipertahankan dan tidak bisa direlokasi, dengan pilihan alternatif model konstruksi jembatan sebagai berikut:
 - a) Jembatan multi-span cambered baja komposit GKI + GKI + pile slab
 - b) Jembatan multi-span cambered beton prestress PCI + PCI + pile
 - c) Jembatan multi-span cambered beton prestress PCI + double pile slab

2) Sedangkan model terintegrasi desain dan strategi pelaksanaan konstruksi bangunan jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air, yang disediakan ruang bebas vertikal bervariasi, untuk kondisi sungai dengan lebar 20 m – 40 m, tanpa adanya jalan akses di sepanjang bantaran sungai, dengan pilihan alternatif model konstruksi jembatan sebagai berikut:

- a) Konstruksi jembatan single-span cambered beton prestress PCI
- b) Konstruksi jembatan single-span cambered baja komposit GKI
- c) Konstruksi jembatan multi-span cambered beton prestress PCI + pile slab

Analisis penentuan model desain dan integrasi pelaksanaan konstruksi jembatan dengan alur kapal dilakukan dengan proses FGD yang dihadiri oleh Nara Sumber Ahli Jembatan, Praktisi, Bidang Bina Marga, Akademisi, dan Konsultan Teknik Jembatan.

3.9. Analisis Data Penelitian

3.9.1 Analisis Pendahuluan

Model analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Metode kuantitatif dalam bentuk kuisioner dengan analisis terhadap nilai skala Likert 1 – 5 dengan bobot terendah sampai dengan terbaik
2. Dari pengujian didapat nilai yang terbaik dari sub kriteria sehingga terjadi hubungan antara analisa resiko dan sistem pengambilan keputusan dengan menggunakan analisis proses hirarki (AHP) dengan bantuan Microsoft Excel.
3. Analisis statistik parametrik untuk pengujian validasi data multi varian dilakukan dengan bantuan software SPSS dengan sistem looping sampai tercapainya hasil uji yang valid

Sistem informasi manajemen akan dibangun untuk dapat mengaplikasikan sistem pendukung keputusan (*decision support system*) konstruksi berbasis komputer. Aplikasi BIMS berupa sistem informasi manajemen konstruksi jembatan bentang pendek akan dibuat dengan menggunakan sistem database support system dari kriteria dan sub kriteria yang ditentukan dalam tahapan perencanaan dan

pelaksanaan konstruksi jembatan sehingga dapat menjadi suatu modul manajemen konstruksi dengan implementasi interaktif praktis yang efektif dan efisien.

Cara penilaian kuesioner tentang variabel dan indikator dari pemilihan jenis konstruksi bangunan atas jembatan dengan lalu lintas alur kapal, menggunakan skala Likert sebagaimana Tabel 3.5 berikut ini.

Tabel 3.5 Skala Likert

No.	Jawaban	Kode	Skor
1.	Sangat tidak berpengaruh	STB	1
2.	Tidak berpengaruh	TB	2
3.	Kurang berpengaruh	KB	3
4.	Berpengaruh	BP	4
5.	Sangat berpengaruh	SB	5

Sumber: Arikunto, 2013

3.9.1.1 Analisis Responden

Deskripsi karakteristik responden adalah menguraikan atau memberikan gambaran mengenai identitas responden dalam penelitian ini, sebab dengan menguraikan identitas responden yang menjadi sampel dalam penelitian ini maka akan dapat diketahui sejauh mana identitas responden dalam penelitian ini. Oleh karena itulah deskripsi identitas responden dalam penelitian ini dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok yaitu: jenis kelamin, usia, pekerjaan, jabatan, pendidikan dan lama pengalaman pada konstruksi jembatan. Pembahasan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor kriteria desain konstruksi gedung yang lengkap.

3.9.1.2 Uji Validitas Responden

Menurut Azwar (2000) Validitas mempunyai arti sejauh mana ketepatan dan kecermatan suatu alat ukur dalam melakukan fungsi ukurnya. Suatu skala atau instrumen pengukur dapat dikatakan mempunyai validitas yang tinggi apabila instrumen tersebut menjalankan fungsi ukurnya, atau memberikan hasil ukur yang

sesuai dengan maksud dilakukannya pengukuran tersebut. Sedangkan tes yang memiliki validitas rendah akan menghasilkan data yang tidak relevan dengan tujuan pengukuran. Uji validitas yang digunakan adalah memilih instrumen pertanyaan yang relevan untuk dianalisis, dilakukan dengan melihat korelasi antar skor masing-masing instrumen pertanyaan dengan skor total. Perhitungan validitas dilakukan dengan rumus teknik korelasi product moment (Sugiyono, 2000).

Untuk mencari validitas sebuah item, dapat dilakukan dengan mengkorelasikan skor item dengan total item tersebut, jika koefisien antara item dengan total item sama atau di atas 0,3 maka item dinyatakan valid, tetapi jika korelasinya dibawah 0,3 maka tidak valid. Untuk mencari nilai koefisien peneliti menggunakan rumus pearson product moment sebagai berikut (Sugiyono, 2017), menggunakan Persamaan (3.1) berikut:

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{\{n \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \quad (3.1)$$

Dimana: r : Korelasi ; n : ukuran sampel

X : Skor setiap item ; Y : Skor total dikurangi item

Uji validitas dalam penelitian ini menggunakan SPSS, menilai kevalidan dari nilai Corrected item Total Correlation masing-masing butir pertanyaan. Suatu butir pertanyaan dikatakan valid jika r -hitung merupakan nilai dari Corrected item Total Correlation $> 0,3$ (Sugiyono, 2013).

3.9.1.3 Uji Reliabilitas Responden

Uji reabilitas memastikan apakah kuesioner penelitian yang digunakan untuk mengumpulkan data variabel reliable atau tidak. Uji reabilitas adalah sejauh mana hasil pengukuran dengan menggunakan objek yang sama, akan menghasilkan data yang sama (Sugiyono, 2017).

Uji reliabilitas dengan menggunakan metode *Cronbach's alfa* yang merupakan rumusan matematis yang digunakan untuk menguji tingkat reliabilitas ukuran.

Rumus analisa tingkat reliabilitas sebagaimana digunakan dengan Persamaan (3.2) berikut:

$$r_{ii} = \frac{\sum x_i^2}{k-1} - \frac{(\sum x_i)^2}{N^2} \quad (3.2)$$

Keterangan: r_{ii} : Reliabilitas instrument ; k : Banyaknya butir pertanyaan

N : Jumlah butir pertanyaan ; σ : Varians total

Reliabilitas ditentukan dari nilai alfa lebih besar dari nilai r tabel maka reliable, skala dikelompokkan kedalam lima kelas dengan range sebagai berikut:

1. Nilai Conbrach 0,00 – 0,20 berarti kurang reliabel
2. Nilai Conbrach 0,21 – 0,40 berarti agak reliabel
3. Nilai Conbrach 0,42 – 0,60 berarti cukup reliabel
4. Nilai Conbrach 0,61 – 0,80 berarti reliabel
5. Nilai Conbrach 0,81 – 10,00 berarti sangat reliable

3.9.1.4 Uji Tingkat Pengembalian Kuesioner

Dalam penelitian ini yang digunakan merupakan data primer yang diperoleh dengan menggunakan kuesioner yang telah disebar melalui responden, dari kuesioner yang telah disebar, kuesioner yang kembali dapat diolah dan kuesioner yang tidak kembali tidak bisa diolah. Tingkat pengembalian (response rate) yang baik adalah lebih dari 95% dengan toleransi 5% (Arikunto, 2006). Kuesioner yang telah diisi oleh responden selanjutnya diteliti kelengkapannya dan data yang tidak lengkap disisihkan, sehingga diperoleh data sampel penelitian yang baik.

3.9.2 Analisis identifikasi macam desain jembatan dengan alur kapal

Identifikasi faktor- faktor untuk desain konstruksi jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air. Tahapan penelitian yang dilakukan langkah ini adalah:

- a. Observasi lapangan untuk melakukan analisis situs mengetahui faktor-faktor teknis dalam menentukan kriteria dalam penyusunan paramater desain jembatan. Analisis situs melibatkan penilaian kondisi fisik, lingkungan, dan peraturan yang

berlaku di site proyek. Hal ini meliputi pemeriksaan tanah, pemetaan topografi, penilaian risiko lingkungan, dan memeriksa peraturan zonasi dan izin yang diperlukan. Analisis situs membantu dalam memahami karakteristik unik lokasi site konstruksi gedung dan memastikan bahwa proyek dapat dilakukan sesuai dengan kriteria teknis dan persyaratan teknis dan non teknis yang berlaku.

- b. Penyusunan kerangka teoritis untuk mengetahui permasalahan yang ada dengan perkembangan teori ilmiah terkait
- c. Identifikasi faktor-faktor dalam menentukan kriteria dan sub-kriteria dengan variabel dan indikator yang sudah ditetapkan sebelumnya
- d. Identifikasi risiko adalah langkah penting dalam perencanaan proyek konstruksi. Pada tahap ini, risiko potensial yang dapat mempengaruhi kelancaran proyek diidentifikasi dan dievaluasi. Risiko-risiko ini dapat mencakup perubahan perencanaan, keterlambatan pengiriman material, cuaca buruk, dan masalah keuangan. Identifikasi risiko membantu dalam mengembangkan strategi mitigasi yang tepat untuk mengurangi dampak negatif risiko tersebut. Penting untuk secara proaktif mengidentifikasi dan mengatasi risiko sejak awal proyek sebelum masuk pada tahap pelaksanaan konstruksi.
- d. Parameter-parameter tersebut kemudian dilakukan uji validitas dan reliabilitas dengan Software SPSS versi 25.0 untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pemilihan tipe konstruksi jembatan yang terbaik sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan.

3.9.3 Analisis Prioritas desain konstruksi jembatan dengan alur kapal

3.9.3.1 Analisis identifikasi dan database jembatan dilalui alur kapal

Analisis identifikasi dan database jembatan yang dilalui alur kapal dilakukan dengan mencari nilai mean (nilai tengah) yang dihasilkan dari skala Likert jawaban responden melalui kuesioner terhadap indikator-indikator faktor kriteria pemilihan tipe konstruksi jembatan dan kerentanan. Skala Likert dalam penelitian ini terdiri dari skala 1 (sangat tidak berpengaruh) sampai dengan 5 (sangat berpengaruh)

sesuai Tabel 3.10. Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap nilai Mean, jika nilai $\text{Mean} > 3,00$ sebagai kategori nilai tengah, maka indikator- indikator tersebut layak sebagai indikator faktor pemilihan konstruksi jembatan dan kerentanan, jika nilai $\text{Mean} < 3$ maka indikator tidak layak digunakan untuk analisis berikutnya.

3.9.3.2 Analisis karakteristik dan model jembatan yang dilalui alur kapal

Analisis terhadap model dilakukan dengan melakukan validasi model oleh pengguna. Validasi model dilakukan untuk mengontrol dan memperbaiki model yang sudah dihasilkan agar bisa menjadi lebih baik. Prosedur validasi model dapat dilakukan dengan meminta penilaian (evaluasi perbaikan) dari para pakar dan praktisi. Penilaian para pakar dapat dilakukan melalui seminar, wawancara, atau diskusi, sedang penilaian dari praktisi dapat dilakukan setelah melalui uji coba model yang dilanjutkan dengan pemberian masukan untuk perbaikan model. Apabila model belum baik maka perlu dilakukan modifikasi beberapa tahap sampai responden expert sudah bisa menyatakan baik dan tidak ada koreksi lagi. Evaluasi model dapat menggunakan beberapa indikator, antara lain tingkat kemudahan, rasionalitas/ tingkat kebenaran, konsistensi/ tingkat kesamaan dengan penjelasan berikut:

1. Tingkat kemudahan

Indikator yang digunakan dalam penilaian adalah tingkat kemudahan operasional aplikasi pada saat membuka program, mengisi data/input program, memproses program dan mendapatkan hasil/ output, tingkat kemudahan pemahaman terhadap bahasa yang digunakan pada model dan tingkat kemudahan program dari sisi tampilannya. Indikator tersebut akan diuji menggunakan kuesioner, dengan cara program dicobakan pada pengguna dan kemudian diminta untuk menilai tingkat kemudahan model dengan kategori penilaian mudah, sedang atau sulit. Beberapa indikator tingkat kemudahan dari operasional aplikasi ini yang dapat digunakan pada kuesioner tersebut sebagaimana ditampilkan pada Tabel 3.6 berikut ini.

Tabel 3.6 Indikator tingkat kemudahan

No.	Indikator
A.	Menurut saudara, bagaimanakah tingkat kemudahan operasional program ini pada saat: 1. Membuka program aplikasi ini 2. Mengisi data/ input program aplikasi 3. Memproses program aplikasi 4. Mendapatkan hasil/ output aplikasi
B.	Menurut saudara, bagaimanakah tingkat kemudahan pemahaman terhadap bahasa yang digunakan pada program aplikasi ini?
C.	Menurut saudara, bagaimanakah tingkat kemudahan program aplikasi ini dari sisi bentuk tampilannya?
D.	Jika ada hal lain yang perlu diperbaiki tentang tingkat kemudahan program aplikasi ini, mohon bisa disampaikan di kolom ini?

2. Konsistensi (tingkat kesamaan)

Uji konsistensi dimaksudkan untuk mengetahui aplikasi bisa memberikan hasil yang sama jika digunakan input yang sama. Pengujian dilakukan dengan cara mencoba aplikasi beberapa kali dengan input yang sama atau berbeda. Jika dengan input yang sama menghasilkan output yang berubah-ubah, maka program dinilai belum konsisten, sebaliknya jika dengan input yang sama menghasilkan output yang sama, maka program dinilai sudah konsisten. Beberapa indikator konsistensi yang dapat digunakan pada kuesioner tersebut sebagaimana Tabel 3.7 berikut ini.

Tabel 3.7 Indikator konsistensi

No.	Indikator
A.	Setelah mencoba program ini beberapa kali dengan menggunakan input yang sama, apakah output program tetap sama?
B.	Setelah mencoba program ini beberapa kali dengan menggunakan input yang berubah-ubah, apakah output untuk data input yang sama juga memberikan hasil yang sama?
C.	Jika ada hal lain yang perlu diperbaiki tentang tingkat konsistensi program aplikasi ini, mohon bisa disampaikan di kolom ini.

2. Rasionalitas (tingkat kebenaran)

Hasil penelitian ini, termasuk output dari aplikasi pemilihan model jembatan ini diharapkan dapat dilaksanakan dilapangan dan tidak merupakan hasil yang mengada-ada. Indikator yang digunakan dalam penilaian rasionalitas dalam penelitian ini adalah ketepatan macam masukan/ input yang digunakan, ketepatan hasil dengan nilai masukan yang diisikan, serta ketepatan hasil penelitian ini digunakan untuk peningkatan strategi adaptasi banjir pesisir. Indikator tersebut akan diuji menggunakan kuesioner, dengan cara aplikasi dicobakan pada pengguna, kemudian diminta untuk menilai rasionalitas aplikasi dengan kategori penilaian tepat, cukup dan tidak tepat. Beberapa indikator rasionalitas yang digunakan pada kuesioner tersebut sebagaimana Tabel 3.8 berikut ini.

Tabel 3.8 Indikator rasionalitas

No.	Indikator
A.	Menurut saudara, apakah hasil program ini sesuai dengan nilai masukan/ input yang diisikan?
B.	Menurut saudara, apakah program ini tepat digunakan untuk strategi pemilihan konstruksi jembatan dengan alur kapal?
C.	Jika ada hal lain yang perlu diperbaiki tentang tingkat rasionalitas program aplikasi ini, mohon bisa disampaikan di kolom ini

3.9.4 Analisis Strategi Pelaksanaan konstruksi jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air

Tahapan penelitian yang dilakukan langkah ini, yaitu untuk analisis strategi pelaksanaan konstruksi jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air adalah sebagai berikut:

- Mengidentifikasi faktor- faktor eksternal (peluang dan ancaman) yang berpotensi muncul dalam penyusunan strategi pelaksanaan

- b. Mengidentifikasi faktor-faktor internal (kekuatan dan kelemahan) yang berpengaruh dalam penyusunan strategi adaptasi risiko pelaksanaan konstruksi jembatan
- c. Hasil EFAS dan IFAS kemudian diinterpretasikan dan dikembangkan dalam bentuk strategi adaptasi pelaksanaan konstruksi jembatan berdasarkan hasil analisis faktor risiko, tingkat risiko dan metode penanganan risiko.

3.9.5 Analisis Model dan Strategi Integrasi Pelaksanaan konstruksi jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air

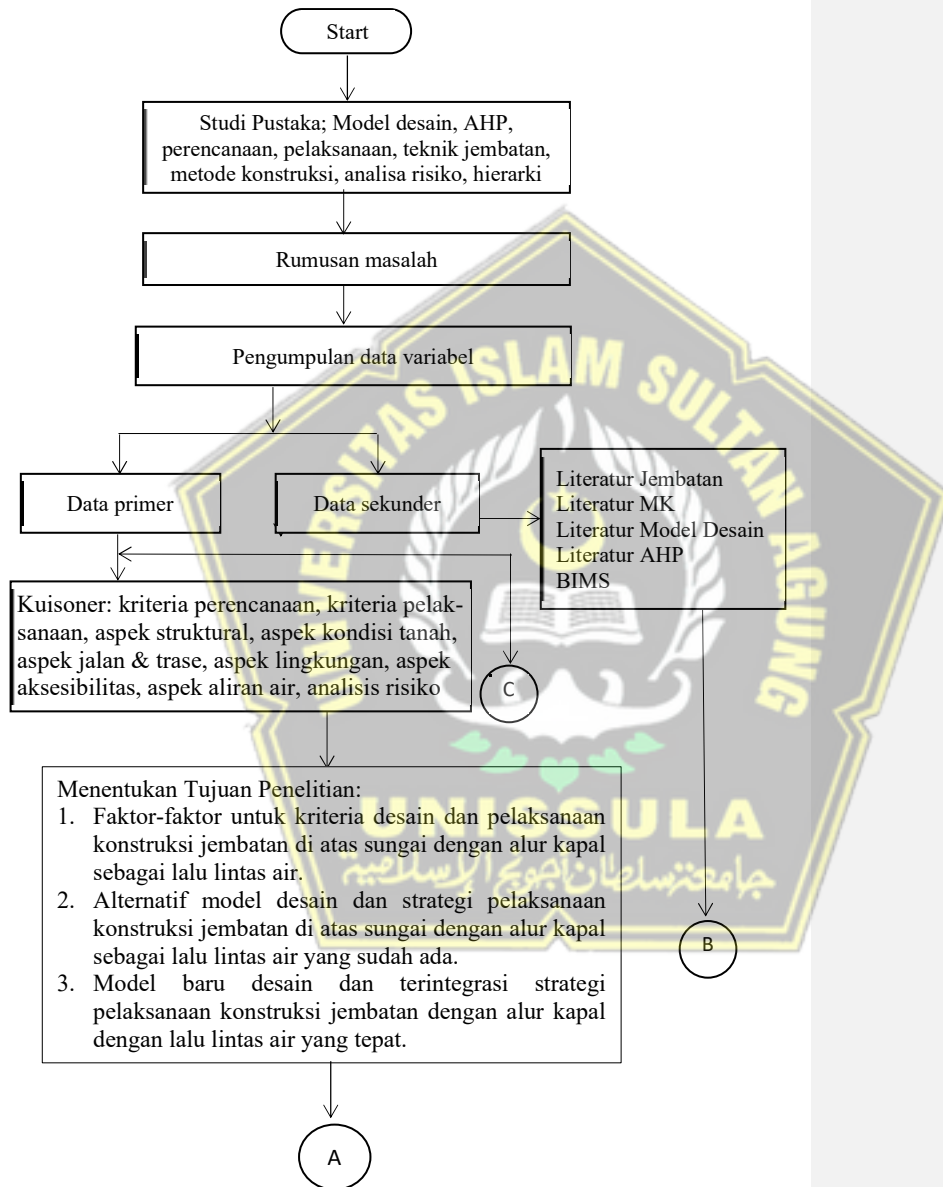
Tahapan penelitian yang dilakukan langkah ini, yaitu untuk analisis integrasi model desain dan strategi pelaksanaan konstruksi jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air adalah:

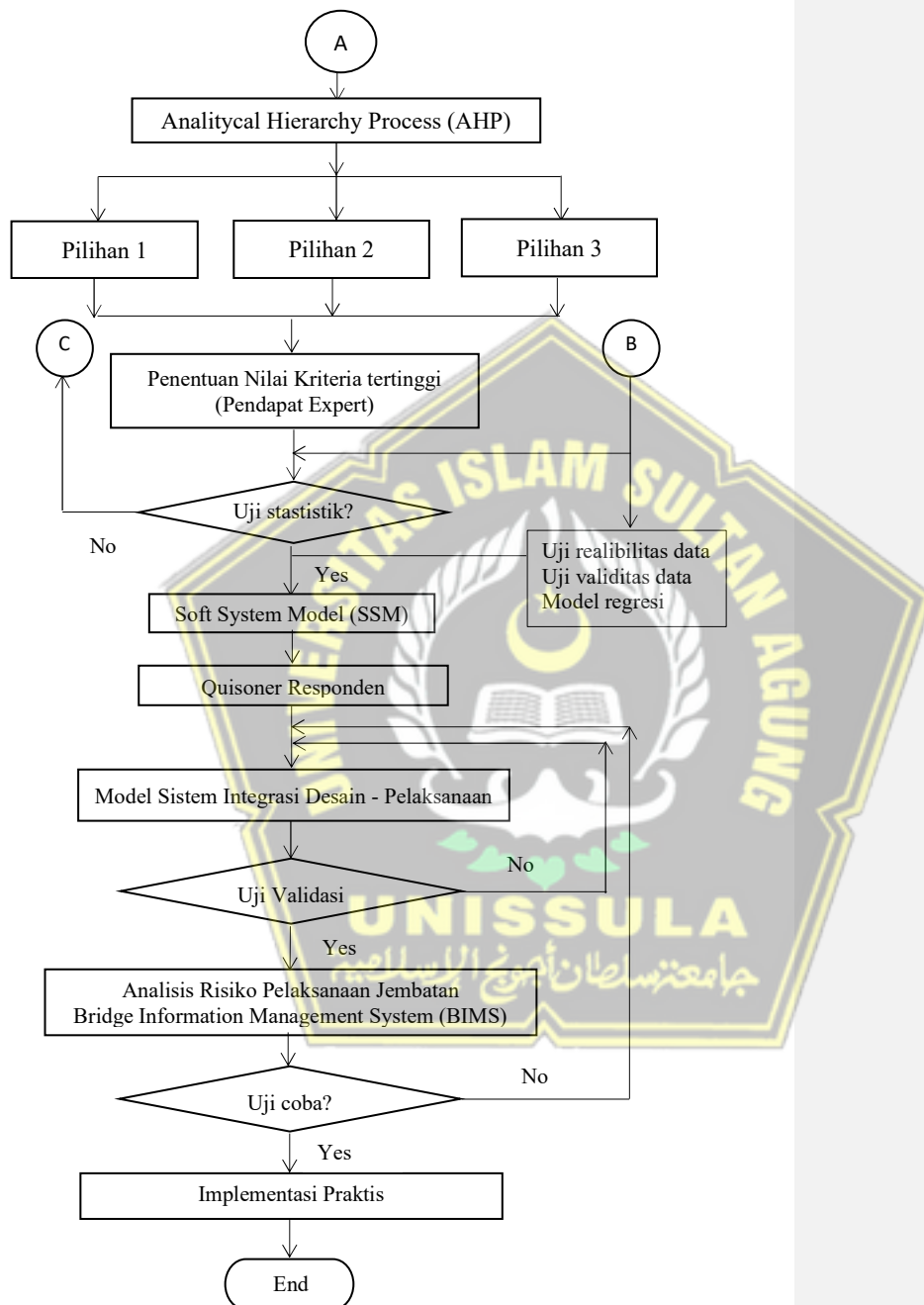
- a. Identifikasi faktor-faktor dalam menentukan kriteria perencanaan, kerentanan dan strategi adaptasi pelaksanaan konstruksi atas dan bawah jembatan
- b. Perumusan model desain konstruksi jembatan dengan *AHP*
- c. Perumusan strategi pelaksanaan konstruksi jembatan dengan *risk analysis*
- d. Membuat model dan analisis model
- e. Uji coba kelayakan model
- f. Menentukan definitif model akhir

Dalam penelitian ini, analisis terhadap instrument menggunakan uji validitas dan uji reliabilitas.

3.10 Bagan Alir Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan bagan alir pada Gambar 3.1 berikut.





Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

BAB IV

ANALISIS DATA DAN HASIL ANALISIS

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Waktu Penyebaran Kuisioner dan Wawancara

Waktu penyebaran kuisioner berlangsung pada tanggal 1 Mei 2024 sd 15 Juli 2024. Lokasi penyebaran di Provinsi Kalimantan Selatan. Metode penyebaran kuisioner sebagian besar dengan bertatap muka langsung dan sebagian kecil dikirim via email dan jawaban kuisioner dikembalikan via email.

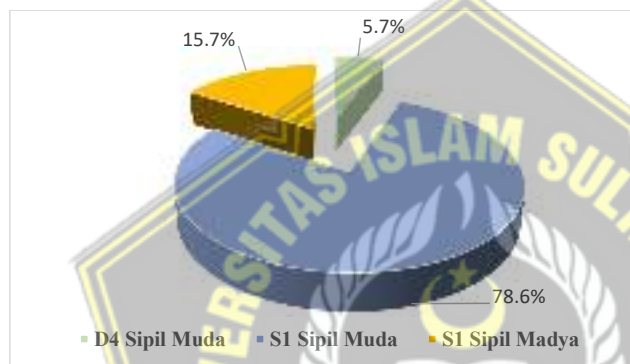
4.1.2 Karakteristik Responden

Sebagaimana yang telah disampaikan sebelumnya bahwa responden dipilih berdasarkan metode purposive sampling, dimana responden terpilih dalam penelitian ini adalah pihak yang pernah terlibat dalam pembangunan proyek jembatan dan terlibat langsung pada Proyek Pelaksanaan Konstruksi Jembatan, diantaranya:

- a. Bina Marga: dinas instansi teknis, yang mengelola dana pemerintah untuk pelaksanaan konstruksi jembatan
- b. Konsultan: orang yang terlibat dalam pembangunan proyek jembatan sebelumnya, baik sebagai Perencana ataupun Pengawas serta Konsultan Manajemen Konstruksi
- c. Kontraktor: Construction Engineer yang terlibat langsung sebagai pelaksana utama (main contractor) pada Proyek jembatan.
- d. Praktisi: Para pelaku konstruksi yang memiliki kapasitas dan pengalaman dalam proyek sejenis sebagai akademisi dan tenaga ahli teknik jembatan.

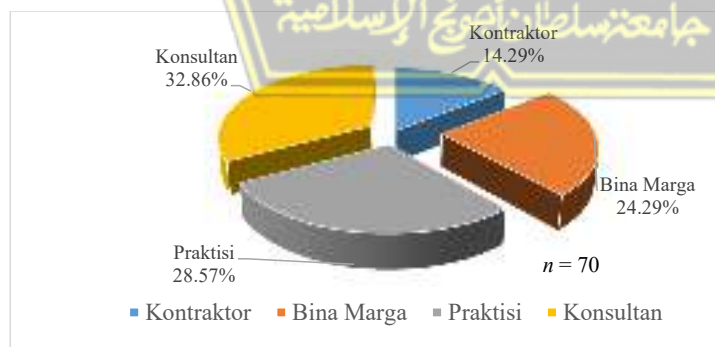
Dari hasil penyebaran kuisioner tersebut didapatkan karakteristik responden dilihat dari latar belakang pendidikannya, D4 Teknik Sipil SKA Ahli Muda, S1 Teknik Sipil SKA Ahli Muda, dan S1 Teknik Sipil SKA Ahli Madya, dengan prosentase dari sejumlah responden 70 orang, dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.

Responden semuanya memiliki latar belakang pendidikan dibidang Teknik Sipil atau Teknik Jembatan. Sebagian besar responden adalah construction engineer main contractor dan praktisi di Provinsi Kalimantan Selatan yang langsung terlibat pada pembangunan jembatan dan juga pernah terlibat dalam proyek konstruksi jembatan sebelumnya. Untuk responden lainnya adalah merupakan konsultan perencanaan dan pengawas konstruksi jembatan, dan pengelola teknis dari Bidang Bina Marga Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang (PUPR).



Gambar 4.1 Karakteristik Pendidikan Responden

Karakteristik responden dilihat dari latar belakang durasi pengalaman bekerja dalam bidang konstruksi jembatan, bisa dilihat dalam diagram sebagaimana Gambar 4.2 berikut. Data lengkap dari responden sejumlah 70 orang dapat dilihat secara rinci pada Lampiran B.1.



Gambar 4.2 Jenis Pekerjaan Responden

Adapun responden terpilih secara khusus untuk nara sumber dan wawancara yang merupakan praktisi akademisi dan tenaga ahli bangunan jembatan dan Manajer Proyek Konstruksi yang terlibat dalam pelaksanaan konstruksi jembatan, dengan data dari adalah sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Data Pakar dan Spesialisasi Keahlian

ID No.	Nama Pakar - Nara Sumber (Expert/Profesional)	Spesialisasi Keahlian Jembatan/Geoteknik	Pengalaman (Tahun)
P.1	Ir. Ahsani Fauzan, M.Sc.	Teknik Jembatan	> 20 tahun
P.2	Dr. Rustam Effendi, MA.Sc.	Geoteknik/Jembatan	> 20 tahun
P.3	Ir. Chairil Amran, ST, M.T.	Teknik Jembatan	> 20 tahun
P.4	Ir. Ahmad Marzuki, M.T.	Teknik Jembatan	> 20 tahun
P.5	Ir. Hernadi Wibisono, M.T.	Teknik Jembatan	> 15 tahun
P.6	Dr. Kurnia Halomoan, M.T.	Teknik Jembatan	> 15 tahun
P.7	Ir. Tezar Aulia Rachman, M.T.	Teknik Jembatan	> 10 tahun
P.8	Ir. Rina Ariani, M.T.	Teknik Jembatan	> 10 tahun
P.9	Ir. Elia Anggarini, M.T.	Jembatan & Struktur	> 10 tahun

Diharapkan dengan karakteristik latar belakang responden dan nara sumber yang cukup baik dan kompeten baik maka diharapkan bisa mewakili populasi dan kepentingan penelitian, sehingga hal tersebut bisa menghasilkan suatu kesimpulan yang baik. Berdasarkan data responden dan nara sumber dengan Pendidikan minimal lulusan S1, berprofesi sebagai praktisi dan akademisi dengan pengalaman lebih dari 5 tahun, maka responden yang ada dinilai layak.

4.1.3 Uji Validitas dan Realibilitas Kuesioner

Dalam penelitian ini, kuesioner dibagikan kepada 73 responden dari pemerintah dan non pemerintah (masyarakat), dari kuesioner yang disebar (73 responden) beberapa menolak mengisi kuesioner dengan alasan kesibukan dan pekerjaan dengan jumlah kuesioner yang tidak kembali sebesar 4,11 % (3 responden).

Prosentase tingkat penyebaran kuesioner adalah 95,89% yang artinya baik. Tingkat penyebaran kuesioner yang baik adalah dengan prosentase nilai penyebaran kuesioner > 95% (Ghozali, 2015), artinya tingkat pengembalian kuesioner pada penelitian ini baik dengan nilai prosentase penyebaran kuesioner 95,89%.

4.1.4 Analisis Tingkat Pengembalian Kuesioner

Semua penelitian berbasis kuesioner seharusnya memperhatikan tingkat pengembalian responden. Non-respon sebesar 20% bisa mengubah simpulan, maka bisa diduga bahwa non-respon di atas 20% akan memberi pengaruh yang lebih besar lagi. (Febrianto Rahmat, 2011). Dalam penelitian ini tingkat pengembalian responden adalah sebagai berikut:

Kuesioner yang diedarkan : 73 kuesioner

Kuesioner yang dikembalikan : 70 Kuesioner

Kuesioner yang tidak kembali : 3 Kuesioner

Berdasarkan data diatas dapat dihitung:

$$= (\text{Kuesioner yang dikembalikan} / \text{Kuesioner yang diedarkan}) \times 100\%$$

$$= (70/73) \times 100\% = 95,89\% \text{ (Pengembalian Baik)}$$

Menurut Sugiyono (2019) tingkat pengembalian kuesioner yang baik adalah yang memiliki prosentase tingkat pengembalian di atas 90%, sehingga tingkat pengembalian kuesioner dalam penelitian ini baik (95,89%).

Untuk pengembalian kuisoner yang dimintakan dari Nara Sumber (Pakar) sebanyak 9 (sembilan) orang, semuanya mengembalikan formulir isian, sehingga tingkat pengembalian kuisoner ini sangat baik (100%).

4.2 Faktor Kriteria Desain dan Faktor Risiko Pelaksanaan Konstruksi Jembatan dengan Alur Kapal

Faktor utama kriteria desain jembatan dengan alur kapal adalah posisi girder terhadap ruang bebas vertikal (*vertical clearance*) yang harus disediakan untuk dapat dilewati oleh kapal setiap saat. Faktor teknis girder, teknis alur kapal dan

kondisi sungai menjadi kriteria yang harus ditentukan untuk desain konstruksi jembatan.

Adapun faktor kriteria dan sub kriteria desain jembatan dengan alur kapal yang utama adalah sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Faktor kriteria desain jembatan

Kriteria Desain	Sub Kriteria
A. Kondisi Sungai	Anak sungai merupakan akses lalu lintas air ke sungai utama
	Sungai akan menjadi alur kapal untuk lalu lintas air
	Sungai di bawah jembatan, akan mudah dilalui kapal
	Sungai di daerah hilir sistem perlu perkuatan tanah lunak
	Struktur abutmen kompleks di sungai tanah lunak (perlu pilar)
	Perlu dilakukan perkuatan sementara, tebing sungai landai
	Galian tanah dalam harus dilakukan, muka air tinggi
	Perlu dilakukan skoring sementara pada tepi sungai
	Perlu dilakukan dewatering pada bangunan bawah
	Sungai memerlukan banyak perlintasan pada trasenya
B. Tipe Alur Kapal	Alur kapal harus bisa dilewati tanpa akan terhambat
	Tipe kapal yang sering lewat bawah jembatan $h \leq 2$ m
	Tipe kapal yang jarang lewat bawah jembatan $h \leq 3$ m
	Tipe kapal yang sesekali lewat bawah jembatan $h > 3$ m
	Alur kapal di posisi aliran laminar, potensi posisi melintang kurang
	Alur kapal bisa diarahkan tepat di tengah bentang jembatan
	Jenis kapal tidak ada tiang layar yang dipasang
C. Teknis Girder	Teknologi pembuatan girder lengkung (khusus) dan segmental sudah dikuasai
	Tidak memerlukan peralatan tambahan khusus
	Sistem struktur pendukung sementara perlu ada
	Jenis girder khusus (lengkung) dan segmental
	Panjang segmen girder kurang dari sama dengan 6 m
	Panjang segmen girder lebih dari 6 m
	Akses transportasi material ke lokasi lancar
	Material sudah tersedia dalam jumlah yang cukup
D. Hidrologi/ Hidrolika	Teknologi install girder sudah dikuasai
	Penentuan muka air banjir sangat mudah dan cukup akurat
	Muka air tinggi dapat mempengaruhi kegiatan
	Terpengaruhi turun naik muka air oleh kondisi pasang surut
	Arus air agak laminar, teratur dan pelan
	Posisi muka air banjir ber-potensi sejajar muka jalan
	Saat pasang tertinggi, muka air banjir dapat menggenangi jalan
	Data fluktuasi muka air sudah dipasang <i>automatic control</i>

... dilanjutkan

Tabel 4.2 Faktor krtiteria desain jembatan (lanjutan)

Kriteria Desain	Sub Kriteria
E. Ekonomis/ Biaya	Kelengkapan Rencana Anggaran Biaya
	Bill of Quantity (BoQ) untuk Pelaksanaan sudah rinci
	Back up data volume tersedia lengkap dan rinci
	Perlu penerapan value engineering
	Penggunaan semua material hasil produk dalam negeri
	Tidak ada kenaikan harga yang signifikan
F. Kondisi Lingkungan	Lingkungan site tidak terpengaruh
	Bangunan existing di sekitar site akan mengganggu
	Akses pembuangan bekas galian lancar
	Aktivitas warga dapat terpengaruh
	Analisis dampak lingkungan sudah ada
	Tidak ada kebisingan selama pelaksanaan
G. Metode Pelaksanaan	Transfer knowledge dari desain ke pelaksanaan
	Spesifikasi Teknis Bangunan Atas lengkap & detail
	Teknologi yang digunakan sangat praktis
	Waktu pelaksanaan dapat diprediksi dengan baik
	Banyak pengalaman dengan metode yang dipakai

Adapun kriteria dan sub kriteria faktor risiko pelaksanaan jembatan dengan alur kapal yang utama adalah sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 Faktor krtiteria risiko pelaksanaan jembatan

Kriteria Risiko	Sub Kriteria Risiko
A. Ekonomis/ Biaya	Kelengkapan Rencana Anggaran Biaya
	Bill of Quantity (BoQ) untuk Pelaksanaan
	Back up data volume tersedia
	Perlu penerapan value engineering
	Time Schedule & NWP tersedia rinci
	Tidak ada kenaikan harga yang signifikan
	Tidak ada gangguan cuaca sehingga lancar
	Tidak perlu adanya rework dan repair
	Penggunaan material dan alat sangat efisien
	Gambar DED perlu lengkap dan sesuai
B. Kondisi Lingkungan/K3	Lingkungan site tidak terpengaruh
	Bangunan existing di sekitar site akan mengganggu
	Akses pembuangan bekas galian lancar
	Muka air tinggi dapat mempengaruhi kegiatan
	Tidak diperlukan land clearing yang berat
	Aktivitas warga dapat terpengaruh
	Analisis dampak lingkungan sudah ada
	Tidak ada kebisingan selama pelaksanaan
	Alur kapal bisa dilewati tanpa akan terhambat

dilanjutkan

Tabel 4.3 (lanjutan)

Kriteria Risiko	Sub Kriteria Risiko
C. Metode Pelaksanaan	Transfer knowledge dari desain ke pelaksanaan
	Spesifikasi Teknis Bangunan Atas lengkap & detail
	Kelengkapan Manual dan Dokumen K3
	Gambar shop drawing sudah detail
	Pekerjaan dengan lintasan kritis sudah terkendali
	Waktu pelaksanaan dapat diprediksi dengan baik
	Banyak pengalaman dengan metode yang dipakai
D. Ketersediaan Material	Teknologi yang digunakan sangat praktis
	Teknologi install girder sudah dikuasai
	Tidak memerlukan peralatan tambahan khusus
	Sistem struktur pendukung sementara perlu ada
	Jenis girder khusus (lengkung) dan segmental
	Panjang segmen girder kurang dari sam dengan 6 m
	Panjang segmen girder lebih dari 6 m
E. Teknis Girder	Daftar bahan/material dan mutu tersedia lengkap
	Dokumen rencana pengendalian mutu tersedia
	Peralatan pengujian tersedia lengkap
	Gudang dan site penempatan material cukup luas
	Akses transportasi material ke lokasi lancar
	Material sudah tersedia dalam jumlah yang cukup
F. Kondisi Tanah	Sistem perkuatan tanah lunak diperlukan
	Struktur abutmen kompleks (perlu pilar)
	Perlu dilakukan perkuatan sementara
	Galian tanah dalam harus dilakukan
	Perlu dilakukan skoring sementara
	Perlu dilakukan dewatering pada bangunan bawah
G. Ketersediaan Peralatan	Daerah kerja alat berat cukup ruang manuver
	Alat berat tersedia cukup dan lengkap
	Kondisi Peralatan layak untuk dioperasikan
	Tenaga terampil & berpengalaman tersedia
	Produktifitas alat efektif & efisien

4.3 Macam Desain Konstruksi Jembatan dengan Alur Kapal

Jenis konstruksi jembatan yang menjadi objek dari penelitian ini adalah berkaitan dengan ruang bebas vertikal yang harus dipastikan dapat dilewati oleh kapal pada kondisi muka air tertinggi (*high water level*).

Adapun jenis bangunan atas yang akan menjadi pilihan adalah sebagai berikut:

1. Jembatan Lurus (*Straight Bridge*)

Menurut Brenner (2011), untuk mempertahankan longitudinal jembatan tetap lurus, diperlukan untuk memperhatikan *vertical clearance* (ruang bebas jembatan), Peningkatan jarak bebas vertikal mengarah untuk merancang tantangan, jembatan yang lebih tinggi berarti jalan pendekat yang lebih tinggi dan lebih panjang. Menghubungkan geometri untuk kelandaian dari jalan raya juga menjadi lebih sulit. Sebagai pertimbangan, perlu untuk memutuskan kapan harus menaikkan jembatan yang ada dan kapan harus membangun jembatan yang baru sama sekali. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi struktur yang ada, yang mungkin terlepas dari izin, serta persyaratan pementasan. Bahkan jika jembatan yang ada bisa dinaikkan elevasinya, mungkin ada lebih sedikit dampak lalu lintas dengan membangun jembatan yang baru di sebelah yang sudah ada. Sebagai ilustrasi dapat dilihat tipe jembatan lurus yang dinaikkan elevasinya untuk memastikan dapat dilewati oleh kapal, Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Bamberg Bridge Germany

2. Jembatan Lengkung Vertikal (*Vertical Curved Bridge*)

Menurut Brenner (2011), untuk memperhatikan vertikal clearance (ruang bebas jembatan) sebagai kriteria utama untuk jembatan yang dilintasi oleh transportasi air yang melintas di bawah jembatan. Menurut Shi (2019), awalnya, struktur baja digunakan untuk jembatan lengkung vertikal dan

kemudian, mengingat kepraktisan ekonomi, struktur beton bertulang dan beton pratekan umumnya digunakan untuk jembatan melengkung bentang pendek. Sebagai ilustrasi, jembatan lengkung yang dilewati oleh kapal kecil, dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Jembatan Lengkung Aldford Iron Bridge Chester UK

3. Jembatan Angkat (*Bascula Bridge*)

Menurut Mootaz (2022), jembatan bascule banyak digunakan saat ini untuk mengatasi terhambatnya lintasan kapal sebagai penyeberangan saluran air dan di beberapa jalan raya untuk mengatasi batasan ketinggian kendaraan angkut. Jembatan Bascule adalah jembatan bergerak dengan penyeimbang yang terus-menerus menyeimbangkan rentang, atau "daun", sepanjang ayunan ke atas untuk memberikan izin untuk lalu lintas kapal atau kapal. Mungkin berdaun tunggal atau ganda. Jembatan Balance Beam Bascule adalah Salah satu arsitektur jembatan Bascule yang terkenal di mana bobot keseimbangan penghitung bentang jembatan melekat pada balok keseimbangan dalam mekanisme operasi jembatan bergerak. Meskipun silinder hidrolik adalah khususnya Solusi umum untuk daya mayoritas jembatan bascule modern, sangat penting untuk memahami kinematika dan gerakan jembatan meninggalkan untuk operasi jembatan yang optimal dengan penyeimbang prober pilihan. Sebagai ilustrasi, konstruksi jembatan bascula dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Single Leaf Bascula Two River Bridge Wisconsin

Konstruksi jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air harus didesain untuk mampu dapat dilewati oleh alur kapal dan memikul beban yang sangat besar, untuk dapat diteruskan pada lapisan tanah keras. Jenis bangunan atas yang tepat untuk digunakan pada konstruksi jembatan dengan alur kapal adalah dengan tipe girder jembatan yang mempunyai *clearance* horizontal dan vertikal yang cukup dengan ruang bebas yang dapat dilintasi oleh kapal. Untuk posisi dari bangunan atas jembatan arah vertikal biasanya digunakan girder lurus, lengkung atau tipe *bascula* yang diletakkan di atas abutmen atau pilar. Pemilihan konfigurasi posisi bangunan atas pada abutmen atau pilar akan mempunyai konfigurasi *single span* ataupun *multi-span*. Selain itu tipe abutment ini juga mempunyai karakteristik fungsi dengan dimensi ketinggian yang berbeda, yaitu abutmen normal, abutmen tinggi, dan abutmen dengan *hydraulic jack*.

Penggunaan jenis abutmen tinggi dan abutmen + *hydraulic jack* dapat diterapkan untuk konfigurasi jembatan tipe *single span*, sedangkan jenis abutment normal dengan girder lurus atau lengkung dapat diterapkan untuk konfigurasi *multi-span* dengan tambahan pilar dan pile slab.

Jenis dari konstruksi bangunan jembatan dengan alur kapal ini meliputi:

1. Jembatan girder lurus

Pemasangan girder pada jembatan dengan tipe lurus, merupakan hasil desain yang umum digunakan, misalnya profil WF untuk girder baja komposit atau profil I untuk jembatan girder beton bertulang ataupun beton prestress. Tipe girder lurus umumnya digunakan untuk jembatan single span dengan bentang sampai dengan 30 m. Gelagar lurus dapat diletakkan di atas abutment dengan posisi horizontal datar, ataupun dengan sedikit kemiringan tertentu. Pemasangan girder lurus akan mengikuti ketinggian ruang bebas di atas muka air banjir yang bisa dilewati alur kapal, mengikuti posisi dari bagian atas abutmen tipe tinggi. Tipe jembatan ini juga sering disebut jembatan konvensional.

2. Jembatan girder lengkung

Pemasangan girder pada jembatan dengan tipe lengkung vertikal (*big camber*), merupakan hasil desain yang khusus digunakan, dengan menggunakan profil beton pratekan. Tipe girder lengkung umumnya digunakan untuk jembatan single span dengan bentang sampai dengan 30 m dengan prinsip aplikasi camber sampai dengan 1 meter. Gelagar lengkung dapat diletakkan di atas abutment dengan posisi horizontal datar, tanpa harus menambah ketinggian abutmen. Pemasangan girder ini akan mendapatkan ketinggian ruang bebas di atas muka air banjir yang bisa dilewati alur kapal, tanpa harus meninggikan posisi atas abutmen, sehingga bisa tetap dipakai abutmen normal.

3. Bascula Bridge

Jembatan ini juga disebut sebagai jembatan gantung atau jembatan pengangkat) adalah jembatan yang dapat dipindahkan dengan penyeimbang yang terus menyeimbangkan bentang, atau daun, sepanjang ayunan ke atas untuk memberikan ruang bagi lalu lintas kapal bisa melintas. Ini mungkin berdaun tunggal atau berdaun dua. Nama ini berasal dari istilah Prancis untuk skala keseimbangan, yang menggunakan prinsip yang sama. Jembatan *bascule* adalah jenis bentang bergerak yang paling umum karena terbuka dengan cepat dan membutuhkan energi yang relatif sedikit untuk beroperasi, sekaligus

memberikan kemungkinan izin vertikal tak terbatas untuk lalu lintas laut. Untuk penggunaan konstruksi abutmen, khusus dilengkapi dengan hydraulic jack yang memungkinkan bagian ujung terjungkit, sehingga bagian ujung lainnya akan bisa terangkat untuk dapat dengan leluasa dilintasi oleh alur kapal.

4. Jembatan *single span*

Untuk lebar sungai yang tidak terlalu besar, maka dapat dipergunakan jenis jembatan tunggal (*single span*) dengan girder pada bagian kiri dan kanan yang diletakkan di atas abutmen saja tanpa adanya diperlukan pilar di tengah sungai. Tipe jembatan satu bentang, sering disebut jembatan konvensional. Penggunaan jembatan konvensional ini memiliki beberapa keuntungan, antara lain:

- a. Biaya Rendah, memiliki biaya pembangunan yang lebih rendah dibandingkan dengan jembatan yang integral. Hal ini dikarenakan penggunaan bahan yang sederhana dan proses konstruksi yang relatif mudah.
- b. Pemasangan cepat, biasanya dapat dipasang dengan cepat karena tidak memerlukan proses konstruksi yang rumit. Hal ini memungkinkan jembatan dapat segera digunakan untuk menghubungkan dua titik yang terpisah.
- c. Perawatan mudah, umumnya lebih mudah dalam hal perawatan dan perbaikan. Komponen yang digunakan pada jembatan ini dapat dengan mudah diganti jika mengalami kerusakan.
- d. Penggunaan yang fleksibel, dapat digunakan untuk berbagai keperluan, baik itu untuk pejalan kaki, kendaraan, atau kereta api. Hal ini membuat jembatan ini dapat digunakan di berbagai lokasi dan kondisi.

5. Jembatan *multi-span dengan pilar*

Untuk sungai yang dilintasi oleh kapal, lebar sungai yang cukup besar, maka dapat dipergunakan jenis jembatan bentang banyak (*multi-span*) dengan girder utama pada bagian kiri dan kanan yang diletakkan di atas pilar di tengah sungai, dan dihubungkan dengan jembatan pendekat ke arah abutment. Tipe jembatan *multi-span* ini juga sering disebut jembatan integral. Penambahan pilar ini diutamakan untuk menempatkan gelagar yang tidak terlalu tinggi dan panjang,

jika hanya digunakan bentang tunggal. Penempatan gelagar pada pilar memungkinkan untuk menaikkan ruang bebas dari muka air banjir sehingga dapat dilalui oleh kapal dengan leluasa.

6. Jembatan *multi-span dengan ekstra span girder komposit*

Bentang utama untuk jembatan *multi-span*, dapat dipertahankan posisinya ruang bebas yang cukup di atas muka air banjir sehingga dapat dilintasi oleh alur kapal. Posisi bentang utama akan berada di atas pilar dan jembatan ekstra span dapat dipakai jembatan girder baja komposit. Untuk konstruksi jembatan pendekat dengan bentang pendek, maka dapat ditambahkan tipe konstruksi jembatan sampai dengan bentang 10 meter. Posisi girder jembatan pendekat akan melandai sampai dengan maksimum 6% ke arah abutmen. Penggunaan tipe jembatan pendekat yang landai sebagai tambahan juga sangat efektif untuk mempertahankan ketinggian dari abutmen sehingga tetap ketinggian normal.

7. Jembatan *multi-span dengan pile slab*

Bentang utama untuk jembatan *multi-span*, dapat dipertahankan posisinya ruang bebas yang cukup di atas muka air banjir sehingga dapat dilintasi oleh alur kapal. Posisi bentang utama akan berada di atas pilar ataupun ditambah dengan pile slab. Untuk konstruksi jembatan pendekat dengan bentang pendek, maka dapat ditambahkan tipe konstruksi jembatan pile slab. Posisi tiang pile slab dengan kedalaman tertentu, akan cukup stabil walaupun berada di atas tanah lunak, karena strukturnya yang cukup ramping. Penggunaan tipe jembatan pile slab sebagai tambahan atau pengganti pilar juga sangat efektif untuk mempertahankan ketinggian dari abutmen sehingga tetap ketinggian normal.

Sesuai dengan tujuan 1, didapatkan data sekunder identifikasi dan database jembatan yang dilalui alur kapal di Banjarmasin. Ada beberapa data jembatan yang didapatkan dengan konstruksi dan konfigurasi yang berbeda, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Inventarisasi identifikasi jembatan di Banjarmasin

No	Nama Jembatan	Span	Tipe Konstruksi Jembatan
1.	Jbt. Merdeka (N)	100 m	Multispan lengkung PCI
2.	Jbt. 9 Oktober (P)	100 m	Multispan lengkung PCI
3.	Jbt. P. Antasari (N)	100 m	Multispan Beton Bertulang
4.	Jbt. Dewi – A. Yani (N)	100 m	Multispan Truss Baja
5.	Jbt. Banua Anyar (N)	100 m	Multispan Truss Baja
6.	Jbt. Sei Lulut (P)	25 m	Multispan lengkung PCI
7.	Jbt. Sei Andai (K)	40 m	Multispan lengkung PCI + pile slab
8.	Jbt. Sungai Gardu 1 (K)	25 m	Multispan lengkung PCI + pile slab
9.	Jbt. Sungai Bakung (K)	25 m	Multispan lengkung PCI + pile slab
10.	Jbt. Makam Suriansyah (K)	20 m	Multispan Truss Baja
11.	Jbt. Masjid Al Kautsar (K)	20 m	Multispan lengkung PCI + pile slab
12.	Jbt. Banjar Indah II (K)	20 m	Multispan lengkung PCI
13.	Jbt. Pangeran (N)	30 m	Multispan lengkung PCI
14.	Jbt. Mesjid Jami (K)	25 m	Multispan lengkung PCI
15.	Jbt. Tembus Mantuil (K)	25 m	Multispan lengkung PCI
16.	Jbt. Tembus Perumnas (K)	25 m	Multispan lurus RBI + GKI
17.	Jbt. Kuin Cerucuk (K)	20 m	Single span lurus GKI
18.	Jbt. Simpang Belitung (K)	20 m	Single span lurus GKI
19.	Jbt. Pasir Mas (P)	20 m	Multispan lurus GKI
20.	Jbt. Tembus HKSN (K)	30 m	Multispan lengkung PCI + lurus PCI
21.	Jbt. Anjir Serapat (N)	25 m	Multispan lurus GKI
22.	Jbt. Yos Sudarso (N)	20 m	Multispan lurus GKI
23.	Jbt. Barito Hilir (N)	20 m	Multispan lurus GKI
24.	Jbt. Faizal Wildan (N)	20 m	Single span lurus GKI
25.	Jbt. Teluk Dalam	20 m	Multispan lurus GKI
Keterangan: (N) : Jalan Nasional ; (P) : Jalan Propinsi ; (K) : Jalan Kabupaten/Kota PCI : Prestressed Concrete Indonesia ; GKI : Girder Komposit Indonesia RBI : Rangka Baja Indonesia ; BTI : Beton Bertulang Indonesia			

Beberapa hasil inventarisasi tipe jembatan untuk sungai kecil dengan alur kapal sebagai lalu lintas air, baik sebagai single span atau multi-span bridge, dapat ditampilkan visualisasi pada Gambar di Lampiran A ini.

Hasil identifikasi dari jenis konstruksi jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air, dengan sistem single span ataupun multi-span yang ada di Provinsi Kalimantan, dapat ditampilkan pada Tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 Jenis Konstruksi Jembatan dengan Alur Kapal

No	Tipe Konstruksi Jembatan	Span	Konfigurasi bangunan atas
1.	Girder Beton Bertulang – BTI	15 m – 20 m	Single Span tanpa pilar
2.	Girder Baja Komposit – GKI	15 m – 20 m	Single Span tanpa pilar
3.	Girder Beton Pratekan – PCI	16 m – 25 m	Single Span tanpa pilar
4.	Rangka Baja (Truss) - RBI	40 m – 60 m	Single Span tanpa pilar
5.	Girder Beton Bertulang – BTI	20 m – 40 m	Multi Span dengan pilar
6.	Girder Baja Komposit – GKI	20 m – 40 m	Multi Span dengan pilar
7.	Girder Beton Pratekan – PCI	25 m – 40 m	Multi Span dengan pilar
8.	Rangka Baja (RBI) + GKI	40 m – 80 m	Multi Span dengan pilar
9.	Girder PCI + GKI	30 m – 60 m	Multi Span dengan pilar
10.	Girder PCI + Pile-slab	30 m – 60 m	Multi Span dengan pilar
11.	Lengkung PCI + GKI	30 m – 60 m	Multi Span dengan pilar
12.	Lengkung PCI + Pile-slab	30 m – 60 m	Multi Span dengan pilar
Keterangan: PCI : Prestressed Concrete Indonesia ; GKI : Girder Komposit Indonesia RBI : Rangka Baja Indonesia ; BTI : Beton Bertulang Indonesia			

Dari hasil identifikasi beberapa data jembatan yang ada di Kalimantan Selatan sebagai sampel untuk jembatan di atas sungai, didapatkan data sekunder identifikasi dan database jembatan yang dilalui alur kapal di Indonesia. Karakteristik dari jembatan tersebut, terbagi menjadi beberapa karakteristik yang berbeda, yaitu:

5. Tipe material konstruksi bangunan atas; Beton Bertulang (BTI), Beton Prestress (PTI), Baja Komposit (GKI), dan Pile Slab (PSL)
6. Tipe konstruksi bangunan bawah; Abutment (kiri-kanan), Abutment + Pilar, dan Abutment + Pilar + Pile Slab.

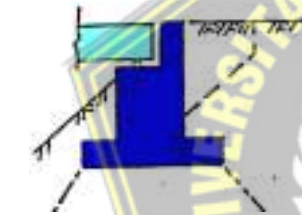
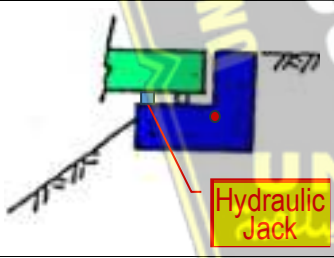
7. Konfigurasi Jembatan; Single Span, Multi Span dengan 1 Pilar, Multi Span dengan 2 Pilar, Multi Span dengan 2 Pilar + Extra Span Girder Komposit, dan Multi Span dengan 2 Pilar + Extra Span Pile Slab.
8. Tipe bentuk bangunan atas; Girder Lurus, Girder Lengkung (semua span), dan Kombinasi Girder Lengkung (span utama) + Girder Lurus pada Span pendekat.
- Untuk pemilihan tipe bangunan atas pada jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air, yang akan digunakan, sesuai dengai posisi girder secara horizontal, ditampilkan pada model girder yang ditampilkan pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Tipe girder jembatan yang dilewati oleh alur kapal

Model	Ilustrasi Model	Keterangan
IGJ.01 Girder Lurus		Posisi girder secara horizontal, lurus tanpa adanya <i>cambering</i> pada bagian tengah jembatan. Penampang I ataupun jenis box girder dapat digunakan. Girder akan mengalami lendutan vertikal pada saat beban bekerja. Tipe ini disebut <i>Straight Bridge</i> .
IGJ.02 Girder Lengkung		Posisi girder secara horizontal, lengkung dengan adanya aplikasi <i>cambering</i> pada bagian tengah jembatan. Penampang I ataupun jenis box girder dapat digunakan. Girder akan mengatasi lendutan vertikal pada saat beban bekerja. Tipe ini disebut <i>Curved Bridge</i> .
IGJ.03 <i>Bascula Bridge</i>		Posisi girder secara horizontal, lurus tanpa adanya <i>cambering</i> pada bagian tengah jembatan. Penampang I ataupun jenis box girder dapat digunakan. Girder akan dapat terangkat pada satu sisi lainnya, sehingga dapat dengan mudah dilewati oleh kapal, karena posisi ujungnya sangat tinggi. Tipe jembatan ini disebut <i>Bascula Bridge</i> .
Keterangan: IGJ = Inisial Girder Jembatan		

Untuk pemilihan tipe abutmen yang menjadi tumpuan dari bangunan atas pada jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air, yang akan digunakan, sesuai dengan penempatan secara horizontal, ditampilkan pada model abutmen yang ditampilkan pada Tabel 4.5 berikut.

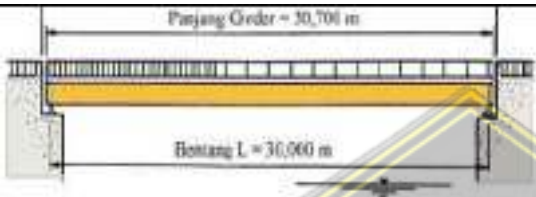
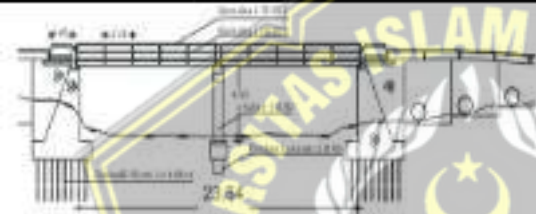
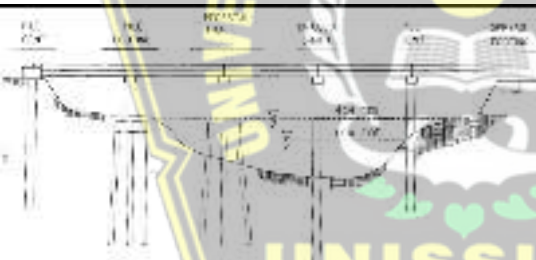
Tabel 4.5 Tipe abutmen jembatan yang dilewati oleh alur kapal

Model	Ilustrasi Model	Keterangan
IAJ.01		Posisi ujung girder lurus secara horizontal, akan ditempatkan pada abutmen jembatan. Untuk alur kapal yang lewat, diperlukan vertical clearance yang cukup, sehingga abutmen harus ditambah posisi ketinggiannya, sehingga tipe abutmen tinggi dipergunakan
IAJ.02		Posisi girder secara horizontal, lengkung di bagian tengah, akan dapat menyediakan ruang bebas yang cukup untuk dapat dilewati oleh kapal. Tipe abutmen normal ini dapat dipakai, tanpa harus meninggikan posisi bagian atasnya.
IAJ.03		Posisi girder secara horizontal, lurus dengan satu bagian ujungnya ditempatkan pada tipe <i>Bascula Bridge</i> . Salah satu ujung girder akan ditempatkan pada posisi abutmen yang dilengkapi dengan hydraulic jack, sehingga mampu berotasi dan dapat membantu untuk mengangkat bagian ujung girder lainnya.
Keterangan: IAJ = Inisial Abutmen Jembatan		

Untuk pemilihan tipe konfigurasi jembatan yang dapat dilewati oleh alur kapal untuk lalu lintas air, sesuai dengan penempatan secara horizontal dengan abutmen dan tanpa atau dengan pilar, ditampilkan pada model konfigurasi jembatan yang ditampilkan pada Tabel 4.6 berikut. Manajemen konstruksi bangunan jembatan pada kondisi di atas sungai yang dilintasi oleh lalu lintas air kapal baik pada fase perencanaan maupun pelaksanaan mempunyai permasalahan yang lebih

kompleks dibandingkan dengan struktur jembatan yang berada di atas sungai tanpa ada alur kapal. Untuk menentukan detail pada beberapa bagian konstruksi jembatan diperlukan pemilihan yang mempunyai alternatif yang sangat beragam dan rumit.

Tabel 4.6 Tipe konfigurasi jembatan yang dilewati oleh alur kapal

Model	Ilustrasi Model	Keterangan
IKJ.01		<i>Single Span Bridge + Abutment</i>
IKJ.02		<i>Multi Span Bridge + Pier + Abutment</i>
IK.03		<i>Multi Span Bridge + Pier + Abutment + Pile Slab</i>
Keterangan: IKJ = Inisial Konfigurasi Jembatan		

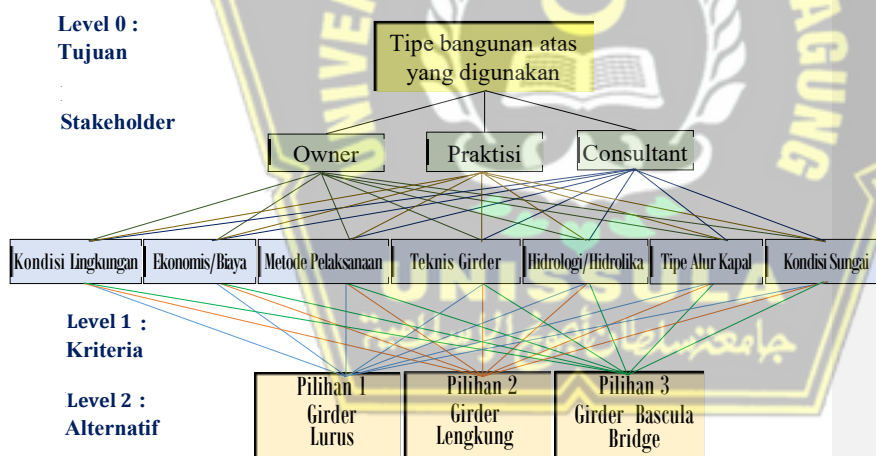
Dalam pengambilan keputusan untuk menentukan multi-kriteria desain dan rencana pelaksanaan konstruksi pada sub item pekerjaan tertentu diperlukan adanya sistem pemilihan model desain yang dapat diaplikasikan dengan menggunakan sistem informasi berbasis komputer, dengan konsep Bridge Information Management (BIM). Sistem informasi jembatan ini dirancang dengan pendekatan yang berkenasimbungan dan terpadu, sehingga manajemen konstruksi dapat dilaksanakan dengan efisien dan efektif dengan melibatkan stake holder secara aktif.

Perancangan sistem pemilihan model desain jembatan dibuat dalam konteks:

1. Penentuan Kriteria
 - a. Penentuan profil ideal bangunan
 - b. Penentuan presentasi prioritas kriteria
2. Penentuan Sub Kriteria
 - a. Penentuan profil ideal sub kriteria
 - b. Penentuan presentasi prioritas sub kriteria

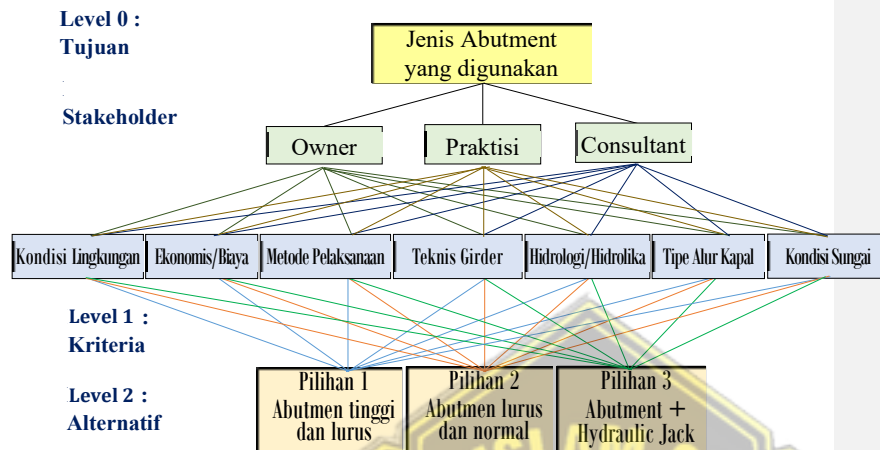
4.4 Analisis Data Hasil AHP Kriteria Model Desain

Sesuai dengan hirarki untuk analisis metode AHP yang dipergunakan pada Gambar 4.6 berikut, adalah untuk menentukan pilihan dari tipe girder jembatan (bangunan atas) bentang pendek: girder lurus, girder lengkung dan girder *bascula bridge*, yang menjadi prioritas untuk ditentukan berdasarkan berbagai kriteria teknis, dengan 7 (tujuh) kriteria yang ditentukan.



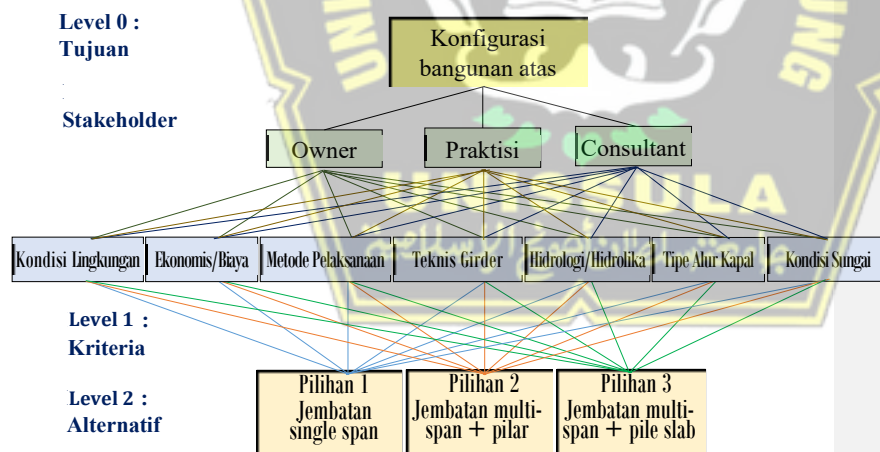
Gambar 4.6 Gambar Stuktur Hirarki – Bangunan Atas

Sedangkan tujuan berdasarkan pilihan untuk 7 kriteria, dalam menentukan untuk pemilihan jenis abutment yang digunakan; yaitu dengan 3 pilihan; abutment lurus normal, abutment lurus tinggi, dan abutment dengan hydraulic jack, dapat disajikan pada bagan seperti pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.7 Gambar Struktur Hirarki – Abutmen

Untuk pemilihan jenis konfigurasi bangunan atas: jembatan single span, jembatan multi-span + pilar dan jembatan multi-span pilar + pile slab, berdasarkan pilihan untuk 7 kriteria, dapat disajikan pada Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Gambar Stuktur Hirarki – Konfigurasi Bangunan Atas

Untuk kuisioner terhadap penilaian untuk menentukan kriteria dan sub kriteria yang berpengaruh terhadap penentuan pilihan alternatif konstruksi dari sisi

perencanaan/desain konstruksi bangunan jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air. Skala yang dipergunakan adalah dengan nilai 1, 2, 3, 4, dan 5 sesuai dengan bobot penilaian dari yang terendah sampai dengan bobot tertinggi.

Adapun hasil analisis isian kuisioner dari 9 orang Expert terhadap pemilihan penentuan kriteria dan sub kriteria pada penilaian prinsip desain konstruksi jembatan berdasarkan pemilihan alternatif teknis perencanaan jembatan dengan pilihan tipe bangunan atas (girder), bangunan bawah (abutmen), dan konfigurasi konstruksi jembatan (single-span atau multi-span), dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Pemilihan alternatif tipe teknis perencanaan jembatan

Label	Pilihan	Alternatif-1	Alternatif-2	Alternatif-3
TBA	Tipe Bangunan Atas (Girder)	Girder Lurus	Girder Lengkung	Bascula Bridge
TBB	Tipe Bangunan Bawah (Abutmen)	Abutmen Normal	Abutmen Tinggi	Abutmen + Hydraulic Jack
KKJ	Konfigurasi Konstruksi Jembatan	Single Span (Satu Bentang)	Multi-span + Pilar + Girder	Multi-span + Pilar + Pile-slab

Adapun hasil analisis isian kuisioner dari 9 orang Expert terhadap penentuan kriteria dan sub kriteria yang dipergunakan untuk analisis untuk model perencanaan teknis jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air, pada Tabel 4.8 dan 4.9 berikut.

Tabel 4.8 Kriteria analisis perencanaan jembatan

Label	Kriteria	Jumlah Sub Kriteria	Kode
A	Kondisi Sungai	10	1 s/d 10
B	Teknis Girder	9	11 s/d 19
C	Tipe Alur Kapal	7	20 s/d 26
D	Hidrologi/Hidrolika	7	27 s/d 33
E	Ekonomis/Biaya	6	34 s/d 39
F	Kondisi Lingkungan	6	40 s/d 45
G	Metode Pelaksanaan	5	46 s/d 50

Tabel 4.9 Kriteria untuk Analisis Desain Jembatan

Kriteria Desain	Urutan	Sub Kriteria	Indikator
A. Kondisi Sungai	1	Anak sungai merupakan akses lalu lintas air ke sungai utama	Arah aliran menuju ke sungai
	2	Sungai akan menjadi alur kapal untuk lalu lintas air	Perlu <i>vertical clearance</i> cukup
	3	Sungai di bawah jembatan, akan mudah dilalui kapal	Perlu <i>vertical clearance</i> cukup
	4	Sungai di daerah hilir sistem perlu perkuatan tanah lunak	Keamanan bangunan bawah
	5	Struktur abutmen kompleks di sungai tanah lunak (perlu pilar)	Keamanan struktur jembatan
	6	Perlu dilakukan perkuatan sementara, tebing sungai landai	Keamanan bangunan bawah
	7	Galian tanah dalam harus dilakukan, muka air tinggi	Keamanan bangunan bawah
	8	Perlu dilakukan skoring sementara pada tepi sungai	Keamanan bangunan bawah
	9	Perlu dilakukan dewatering pada bangunan bawah	Keamanan bangunan bawah
	10	Sungai memerlukan banyak perlintasan pada trasenya	Potensi akan perlu banyak jembatan
B. Teknis Girder	11	Teknologi pembuatan girder lengkung (khusus) dan segmental sudah dikuasai	Material Girder tersedia tepat waktu & sesuai
	12	Tidak memerlukan peralatan tambahan khusus	Mutu kerja lebih terkendali
	13	Sistem struktur pendukung sementara perlu ada	Mutu material terjaga baik
	14	Jenis girder khusus (lengkung) dan segmental	Material tersedia tepat waktu
	15	Panjang segmen girder kurang dari sama dengan 6 m	Material tersedia tepat jumlah
	16	Panjang segmen girder lebih dari 6 m	Pengendalian waktu kerja baik
	17	Akses transportasi material ke lokasi lancar	Pelaksanaan girder cepat
	18	Material sudah tersedia dalam jumlah yang cukup	Pelaksanaan girder lebih cepat
	19	Teknologi install girder sudah dikuasai	Mutu kerja lebih terkendali

... dilanjutkan

Tabel 4.9 (lanjutan).

C. Tipe Alur Kapal	20	Alur kapal harus bisa dilewati tanpa akan terhambat	Tidak ada dampak atau kurang
	21	Tipe kapal yang sering lewat bawah jembatan $h \leq 2$ m	<i>Vertical clearance</i> harus $\geq 3,0$ m
	22	Tipe kapal yang jarang lewat bawah jembatan $h \leq 3$ m	<i>Vertical clearance</i> harus $> 3,5$ m
	23	Tipe kapal yang sesekali lewat bawah jembatan $h > 3$ m	<i>Vertical clearance</i> harus $> 4,0$ m
	24	Alur kapal di posisi aliran laminar, potensi posisi melintang kurang	Jika ada pier, struktur cukup aman dari benturan
	25	Alur kapal bisa diarahkan tepat di tengah bentang jembatan	<i>Vertical clearance</i> ; girder lengkung
	26	Jenis kapal tidak ada tiang layar yang dipasang	Bagian atas kapal cenderung flat
D. Hidrologi/ Hidrolika	27	Penentuan muka air banjir sangat mudah dan cukup akurat	Sungai dapat mudah diakses
	28	Muka air tinggi dapat mempengaruhi kegiatan	Tidak menghambat kegiatan
	29	Terpengaruhi turun naik muka air oleh kondisi pasang surut	Posisi muka air banjir variatif
	30	Arus air agak laminar, teratur dan pelan	Tidak membawa benda hanyutan
	31	Posisi muka air banjir berpotensi sejajar muka jalan	<i>Vertical clearance</i> harus di set up
	32	Saat pasang tertinggi, muka air banjir dapat menggenangi jalan	<i>Vertical clearance</i> bisa hanya $< 1,0$ m
	33	Data fluktuasi muka air sudah dipasang <i>automatic control</i>	Muka air banjir mudah ditentukan
E. Ekonomis/ Biaya	34	Kelengkapan Rencana Anggaran Biaya	Total biaya berpotensi lebih besar
	35	Bill of Quantity (BoQ) untuk Pelaksanaan sudah rinci	Total volume sudah sesuai
	36	Back up data volume tersedia lengkap dan rinci	Total volume tidak sesuai
	37	Perlu penerapan value engineering	Efisiensi biaya pelaksanaan
	38	Penggunaan semua material hasil produk dalam negeri	Harga material dapat dikendalikan
	39	Tidak ada kenaikan harga yang signifikan	Fixed cost bisa tercapai

... dilanjutkan

Tabel 4.9 (lanjutan).

Kriteria Desain	Urutan	Sub Kriteria	Indikator
Kondisi Lingkungan	40	Lingkungan site tidak terpengaruh	Lingkungan sekitar aman
	41	Bangunan existing di sekitar site akan mengganggu	Tidak ada dampak atau kurang
	42	Akses pembuangan bekas galian lancar	Tidak ada dampak atau kurang
	43	Aktivitas warga dapat terpengaruh	Tidak ada dampak atau kurang
	44	Analisis dampak lingkungan sudah ada	Tidak ada dampak atau kurang
	45	Tidak ada kebisingan selama pelaksanaan	Tidak ada dampak atau kurang
Metode Pelaksanaan	46	Transfer knowledge dari desain ke pelaksanaan	Pelaksanaan lebih mudah
	47	Spesifikasi Teknis Bangunan Atas lengkap & detail	Pengendalian mutu mudah
	48	Teknologi yang digunakan sangat praktis	Pekerjaan lebih terkendali
	49	Waktu pelaksanaan dapat diprediksi dengan baik	Waktu pelaksanaan terkendali
	50	Banyak pengalaman dengan metode yang dipakai	Waktu pelaksanaan terkendali

4.4 Kriteria Risiko Pelaksanaan Jembatan

4.4.1 Analisis Data Hasil Pengisian Kuisioner Risiko

Untuk isian kuisioner terhadap penilaian analisis risiko terhadap pelaksanaan konstruksi jembatan dengan menggunakan 7 kriteria utama dalam menentukan nilai probabilitas (P) dan dampak (I) terhadap konstruksi atas jembatan di atas sungai yang dilalui alur kapal. Skala yang dipergunakan adalah dengan nilai 1, 2, 3, 4, dan 5 sesuai dengan bobot penilaian dari yang terendah sampai dengan bobot tertinggi. Dengan 7 kriteria dan 50 sub kriteria yang dipergunakan untuk analisis kuisioner risiko strategi pelaksanaan, sesuai dengan Tabel 4.10 berikut, terdiri dari:

Tabel 4.10 Kriteria analisis risiko strategi pelaksanaan

Label	Kriteria	Jumlah Sub Kriteria	Kode
A	Ekonomis/Biaya	10	1 s/d 10
B	Kondisi Lingkungan/K3	9	11 s/d 19
C	Metode Pelaksanaan	7	20 s/d 26
D	Ketersediaan Material	7	27 s/d 33
E	Teknis Girder	6	34 s/d 39
F	Kondisi Tanah	6	40 s/d 45
G	Ketersediaan Peralatan	5	46 s/d 50

Adapun hasil isian kuisioner dari 70 orang responden terhadap kriteria risiko pada penilaian probability dan impact, dapat dilihat pada Tabel 4.7 - 4.8 berikut.

Berdasarkan Tabel 4.6 di atas, maka dapat ditentukan kriteria dan sub kriteria dari analisis risiko pelaksanaan untuk pemilihan konstruksi jembatan yang dilewati alur kapal untuk lalu lintas air, dengan indikator risiko berdasarkan kriteria untuk Analisis Risiko, seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.11 Kriteria dan sub kriteria untuk Analisis Risiko

Kriteria Risiko	Urutan	Sub Kriteria Risiko	Indikator Risiko
A. Ekonomis/ Biaya	1	Kelengkapan Rencana Anggaran Biaya	Total biaya lebih besar
	2	Bill of Quantity (BoQ) untuk Pelaksanaan	Total volume tidak sesuai
	3	Back up data volume tersedia	Total volume tidak sesuai
	4	Perlu penerapan value engineering	Efisiensi biaya pelaksanaan
	5	Time Schedule & NWP tersedia rinci	Fixed cost bisa tercapai
	6	Tidak ada kenaikan harga yang signifikan	Fixed cost bisa tercapai
	7	Tidak ada gangguan cuaca sehingga lancar	Tidak perlu ada extra cost
	8	Tidak perlu adanya rework dan repair	Tidak perlu ada extra cost
	9	Penggunaan material dan alat sangat efisien	Fixed cost bisa tercapai
	10	Gambar DED perlu lengkap dan sesuai	Fixed cost bisa tercapai

dilanjutkan

Tabel 4.11 (lanjutan)

Kriteria Risiko	Urutan	Sub Kriteria Risiko	Indikator Risiko
B. Kondisi Lingkungan/K3	11	Lingkungan site tidak terpengaruh	Lingkungan sekitar aman
	12	Bangunan existing di sekitar site akan mengganggu	Tidak ada dampak atau kurang
	13	Akses pembuangan bekas galian lancar	Tidak ada dampak atau kurang
	14	Muka air tinggi dapat mempengaruhi kegiatan	Tidak menghambat kegiatan
	15	Tidak diperlukan land clearing yang berat	Penyiapan lahan bisa cepat
	16	Aktivitas warga dapat terpengaruh	Tidak ada dampak atau kurang
	17	Analisis dampak lingkungan sudah ada	Tidak ada dampak atau kurang
	18	Tidak ada kebisingan selama pelaksanaan	Tidak ada dampak atau kurang
	19	Alur kapal bisa dilewati tanpa akan terhambat	Tidak ada dampak atau kurang
C. Metode Pelaksanaan	20	Transfer knowledge dari desain ke pelaksanaan	Pelaksanaan lebih mudah
	21	Spesifikasi Teknis Bangunan Atas lengkap & detail	Pengendalian mutu mudah
	22	Kelengkapan Manual dan Dokumen K3	Penerapan K3 lebih efektif
	23	Gambar shop drawing sudah detail	Pelaksanaan lebih mudah
	24	Pekerjaan dengan lintasan kritis sudah terkendali	Waktu pelaksanaan terkendali
	25	Waktu pelaksanaan dapat diprediksi dengan baik	Waktu pelaksanaan terkendali
	26	Banyak pengalaman dengan metode yang dipakai	Waktu pelaksanaan terkendali
D. Ketersediaan Material	27	Teknologi yang digunakan sangat praktis	Pekerjaan lebih terkendali
	28	Teknologi install girder sudah dikuasai	Mutu kerja lebih terkendali
	29	Tidak memerlukan peralatan tambahan khusus	Mutu kerja lebih terkendali
	30	Sistem struktur pendukung sementara perlu ada	Mutu material terjaga baik
	31	Jenis girder khusus (lengkung) dan segmental	Material tersedia tepat waktu
	32	Panjang segmen girder kurang dari sama dengan 6 m	Material tersedia tepat jumlah
	33	Panjang segmen girder lebih dari 6 m	Pengendalian waktu kerja baik

dilanjutkan

Tabel 4.12 (lanjutan)

Kriteria Risiko	Urutan	Sub Kriteria Risiko	Indikator Risiko
E. Teknis Girder	34	Daftar bahan/material dan mutu tersedia lengkap	Pekerjaan lebih terkendali
	35	Dokumen rencana pengendalian mutu tersedia	Pekerjaan lebih terkendali
	36	Peralatan pengujian tersedia lengkap	Pekerjaan bisa tepat waktu
	37	Gudang dan site penempatan material cukup luas	Keamanan struktur jembatan
	38	Akses transportasi material ke lokasi lancar	Pelaksanaan girder cepat
	39	Material sudah tersedia dalam jumlah yang cukup	Pelaksanaan girder lambat
F. Kondisi Tanah	40	Sistem perkuatan tanah lunak diperlukan	Keamanan bangunan bawah
	41	Struktur abutmen kompleks (perlu pilar)	Keamanan struktur jembatan
	42	Perlu dilakukan perkuatan sementara	Keamanan bangunan bawah
	43	Galian tanah dalam harus dilakukan	Keamanan bangunan bawah
	44	Perlu dilakukan skoring sementara	Keamanan bangunan bawah
	45	Perlu dilakukan dewatering pada bangunan bawah	Keamanan bangunan bawah
G. Ketersediaan Peralatan	46	Daerah kerja alat berat cukup ruang manuver	Pelaksanaan kerja terkendali
	47	Alat berat tersedia cukup dan lengkap	Pelaksanaan kerja terkendali
	48	Kondisi Peralatan layak untuk dioperasikan	Pelaksanaan kerja terkendali
	49	Tenaga terampil & berpengalaman tersedia	Pelaksanaan kerja terkendali
	50	Produktifitas alat efektif & efisien	Pelaksanaan kerja terkendali

Konversi severity indeks menjadi nilai konversi untuk peluang (frekuensi) dan pengaruh (impak), selanjutnya tingkat risiko (R) dapat ditentukan berdasarkan nilai kategori risiko hasil perkalian antara peluang dan dampak, sebagai berikut

- 1) $R = 4$; $R = 6$; $R = 6$; kategori risiko kecil
- 2) $R = 8$; $R = 9$; $R = 10$; $R = 12$; kategori risiko sedang
- 3) $R = 15$; $R = 16$; kategori risiko tinggi
- 4) $R = 20$; $R = 25$; kategori risiko sangat tinggi

Tabel 4.12 Hasil isian kuisioner risiko - probability

Variable			Frekuensi Probability (P)					rerata frekuensi
			1	2	3	4	5	
EKONOMIS/BAYA	1	Kelengkapan Rencana Anggaran Biaya	6	14	30	20	0	2.91
	2	Bill of Quantity (BoQ) untuk Pelaksanaan	4	22	27	17	0	2.81
	3	Back up data volume tersedia	0	5	31	29	5	3.49
	4	Perlu penerapan value engineering	8	12	35	15	0	2.81
	5	Time Schedule & NWP tersedia rinci	12	20	34	4	0	2.43
	6	Tidak ada kenaikan harga yang signifikan	0	17	30	21	2	3.11
	7	Tidak ada gangguan cuaca sehingga lancar	0	15	24	27	4	3.29
	8	Tidak perlu adanya rework dan repair	0	13	27	23	7	3.34
	9	Penggunaan material dan alat sangat efisien	0	8	29	27	6	3.44
	10	Gambar DED perlu lengkap dan sesuai	0	7	24	27	12	3.63
KONDISI LINGKUNGAN	11	Lingkungan Site tidak terpengaruh	11	9	37	13	0	2.74
	12	Bangunan existing di sekitar site akan mengganggu	0	15	24	27	4	3.29
	13	Akses pembuangan bekas galian lancar	7	15	35	13	0	2.77
	14	Muka air tinggi dapat mempengaruhi kegiatan	0	15	24	27	4	3.29
	15	Tidak diperlukan land clearing yang berat	14	38	18	0	0	2.06
	16	Aktivitas warga dapat terpengaruh	0	13	24	27	6	3.37
	17	Analisis dampak lingkungan sudah ada	10	17	26	17	0	2.71
	18	Tidak ada kebisingan selama pelaksanaan	10	16	30	14	0	2.69
	19	Alur kapal akan terhambat	0	13	24	27	6	3.37
	20	Transfer knowledge dari desain ke pelaksanaan	11	19	25	15	0	2.63
METODE PELAKSANAAN	21	Spesifikasi Teknis Bangunan Atas lengkap & detail	11	27	28	4	0	2.36
	22	Kelengkapan Manual dan Dokumen K3	9	29	32	0	0	2.33
	23	Gambar shop drawing sudah detail	0	17	24	23	6	3.26
	24	Pekerjaan dengan lintasan kritis sudah terkendali	11	15	30	14	0	2.67
	25	Waktu pelaksanaan dapat diprediksi dengan baik	16	35	19	0	0	2.04
	26	Banyak pengalaman dengan metode yang dipakai	7	19	30	14	0	2.73
	27	Teknologi yang digunakan sangat praktis	14	15	27	14	0	2.59
	28	Teknologi install girder sudah dikuasai	6	22	28	14	0	2.71
	29	Tidak memerlukan peralatan tambahan khusus	5	11	31	23	0	3.03
	30	Sistem struktur pendukung sementara perlu ada	0	22	28	20	0	2.97
TEKNIK GIRDER	31	Jenis girder khusus (lengkung) dan segmental	0	14	34	22	0	3.11
	32	Panjang segmen girder < 6 m	11	14	30	15	0	2.70
	33	Panjang segmen girder > 6 m	3	14	32	21	0	3.01
	34	Daftar bahan/material dan mutu tersedia lengkap	0	7	36	24	3	3.33
	35	Dokumen rencana pengendalian mutu tersedia	14	13	28	15	0	2.63
	36	Peralatan pengujian tersedia lengkap	12	11	34	13	0	2.69
	37	Gudang dan site penempatan material cukup luas	11	18	35	6	0	2.51
	38	Akses transportasi material ke lokasi lancar	7	30	28	5	0	2.44
	39	Material sudah tersedia dalam jumlah yang cukup	9	12	34	15	0	2.79
	40	Sistem perkuatan tanah lunak diperlukan	7	16	33	14	0	2.77
KETERSEDIAAN MATERIAL	41	Struktur abutmen kompleks (perlu pilar)	3	14	32	21	0	3.01
	42	Perlu dilakukan perkuatan sementara	22	32	16	0	0	1.91
	43	Galian tanah dalam harus dilakukan	9	11	36	14	0	2.79
	44	Perlu dilakukan skoring sementara	5	31	29	5	0	2.49
	45	Perlu dilakukan dewatering	22	39	9	0	0	1.81
KONDISI TANAH	46	Daerah kerja alat berat cukup ruang manuver	4	28	32	6	0	2.57
	47	Alat berat tersedia dan lengkap	20	29	21	0	0	2.01
	48	Kondisi Peralatan layak untuk dioperasikan	12	31	27	0	0	2.21
	49	Tenaga terampil & berpengalaman tersedia	0	18	19	29	4	3.27
	50	Produktifitas alat efektif & efisien	0	0	34	30	6	3.60
KETERSEDIAAN PERALATAN								

Tabel 4.13 Hasil isian kuisioner risiko – dampak

Variable			Dampak Waktu (t)					rata-rata dampak
			1	2	3	4	5	
EKONOMIS/BIAYA	1	Kelengkapan Rencana Anggaran Biaya	10	33	25	2	0	2.27
	2	Bill of Quantity (BoQ) untuk Pelaksanaan	13	22	35	0	0	2.31
	3	Back up data volume tersedia	10	11	40	9	0	2.69
	4	Perlu penerapan value engineering	12	30	28	0	0	2.23
	5	Time Schedule & NWP tersedia rinci	27	29	14	0	0	1.81
	6	Tidak ada kenaikan harga yang signifikan	12	10	38	10	0	2.66
	7	Tidak ada gangguan cuaca sehingga lancar	11	9	37	13	0	2.74
	8	Tidak perlu adanya rework dan repair	12	31	27	0	0	2.21
	9	Penggunaan material dan alat sangat efisien	5	12	34	19	0	2.96
	10	Gambar DED perlu lengkap dan sesuai	4	13	35	18	0	2.96
KONDISI LINGKUNGAN	11	Lingkungan Site tidak terpengaruh	10	6	36	18	0	2.89
	12	Bangunan existing di sekitar site akan mengganggu	0	9	37	19	5	3.29
	13	Akses pembuangan bekas galian lancar	9	20	35	6	0	2.54
	14	Muka air tinggi tidak mempengaruhi kegiatan	0	16	22	17	10	3.32
	15	Tidak diperlukan land clearing yang berat	19	22	29	0	0	2.14
	16	Aktivitas warga dapat terpengaruh	0	9	37	19	5	3.29
	17	Analisis dampak lingkungan sudah ada	6	18	26	20	0	2.86
	18	Tidak ada kebisingan selama pelaksanaan	14	14	30	12	0	2.57
	19	Alur kapal akan terhambat	0	9	37	20	4	3.27
	20	Transfer knowledge dari desain ke pelaksanaan	32	30	8	0	0	1.66
METODE PELAKSANAAN	21	Spesifikasi Teknis Bangunan Atas lengkap & detail	24	32	14	0	0	1.86
	22	Kelengkapan Manual dan Dokumen K3	16	28	26	0	0	2.14
	23	Gambar shop drawing sudah detail	22	31	17	0	0	1.93
	24	Pekerjaan dengan lintasan kritis sudah terkontrol	8	15	34	13	0	2.74
	25	Waktu pelaksanaan dapat diprediksi dengan baik	2	33	35	0	0	2.47
	26	Banyak pengalaman dengan metode yang dipakai	10	14	35	11	0	2.67
	27	Teknologi yang digunakan sangat praktis	13	17	27	13	0	2.57
	28	Teknologi instal girder sudah dikuasai	15	19	30	6	0	2.39
	29	Tidak memerlukan peralatan tambahan khusus	3	11	31	25	0	3.11
	30	Sistem struktur pendukung sementara perlu ada	0	23	28	19	0	2.94
TEKNIK GRIDER	31	Jenis girder khusus (lengkung) dan segmental	0	13	32	25	0	3.17
	32	Panjang segmen girder < 6 m	15	11	25	19	0	2.69
	33	Panjang segmen girder > 6 m	0	10	31	29	0	3.27
	34	Daftar bahan/material dan mutu tersedia lengkap	1	16	32	21	0	3.04
	35	Dokumen rencana pengendalian mutu tersedia	14	13	28	15	0	2.63
	36	Peralatan pengujian tersedia lengkap	12	15	34	9	0	2.57
	37	Gudang dan site penempatan material cukup luas	10	19	35	6	0	2.53
	38	Akses transportasi material ke lokasi lancar	0	32	35	3	0	2.59
	39	Material sudah tersedia dalam jumlah yang cukup	7	17	33	13	0	2.74
	40	Sistem perkuatan tanah lunak diperlukan	6	32	27	5	0	2.44
KONDISI TANAH	41	Struktur abutmen kompleks (perlu pilar)	0	13	27	23	7	3.34
	42	Perlu dilakukan perkuatan sementara	14	40	16	0	0	2.03
	43	Galian tanah dalam harus dilakukan	9	28	33	0	0	2.34
	44	Perlu dilakukan skoring sementara	0	21	28	21	0	3.00
	45	Perlu dilakukan dewatering	9	30	28	3	0	2.36
	46	Daerah kerja alat berat cukup ruang manuver	5	27	32	6	0	2.56
	47	Alat berat tersedia dan lengkap	22	28	20	0	0	1.97
	48	Kondisi Peralatan layak untuk dioperasikan	9	32	29	0	0	2.29
	49	Tenaga terampil & berpengalaman tersedia	0	19	32	19	0	3.00
	50	Produktivitas alat efektif & efisien	0	14	34	22	0	3.11

Analisis risiko dari hasil isian kusiner tersebut pada Tabel 4.11 - 4.13 selanjutnya dilakukan perhitungan berdasarkan konversi Severity Index untuk menentukan nilai bobot risiko dan tingkat risiko. Analisis risiko dapat dilihat pada Tabel 4.14 – 4.15.

Tabel 4.14 Hasil analisis risiko (frekuensi dan dampak)

Variable			rerata frekuensi	rerata dampak waktu	frekuensi x dampak waktu
EKONOMIS/BIAYA	1	Kelengkapan Rencana Anggaran Biaya	2.91	2.27	6.62
	2	Bill of Quantity (BoQ) untuk Pelaksanaan	2.81	2.31	6.51
	3	Back up data volume tersedia	3.49	2.69	9.36
	4	Perlu penerapan value engineering	2.81	2.23	6.27
	5	Time Schedule & NWP tersedia rinci	2.43	1.81	4.41
	6	Tidak ada kenaikan harga yang signifikan	3.11	2.66	8.28
	7	Tidak ada gangguan cuaca sehingga lancar	3.29	2.74	9.01
	8	Tidak perlu adanya rework dan repair	3.34	2.21	7.40
	9	Penggunaan material dan alat sangat efisien	3.44	2.96	10.18
	10	Gambar DED perlu lengkap dan sesuai	3.63	2.96	10.73
KONDISI LINGKUNGAN	11	Lingkungan Site tidak terpengaruh	2.74	2.89	7.92
	12	Bangunan existing di sekitar site tidak mengganggu	3.29	3.29	10.80
	13	Akses pembuangan bekas galian lancar	2.77	2.54	7.05
	14	Muka air tinggi tidak mempengaruhi kegiatan	3.29	3.32	10.92
	15	Tidak diperlukan land clearing yang berat	2.06	2.14	4.41
	16	Aktivitas warga tidak terpengaruh	3.37	3.29	11.08
	17	Analisis dampak lingkungan sudah ada	2.71	2.86	7.76
	18	Tidak ada kebisingan selama pelaksanaan	2.69	2.57	6.91
	19	Aliran air masih lancar (tidak terhambat)	3.37	3.27	11.03
	20	Transfer knowledge dari desain ke pelaksanaan	2.63	1.66	4.36
METODE PELAKSANAAN	21	Spesifikasi Teknis Bangunan Atas lengkap & detail	2.36	1.86	4.38
	22	Kelengkapan Manual dan Dokumen K3	2.33	2.14	4.99
	23	Gambar shop drawing sudah detail	3.26	1.93	6.28
	24	Pekerjaan dengan lintasan kritis sudah terkendali	2.67	2.74	7.33
	25	Waktu pelaksanaan dapat diprediksi dengan baik	2.04	2.47	5.05
	26	Banyak pengalaman dengan metode yang dipakai	2.73	2.67	7.29
	27	Teknologi yang digunakan sangat praktis	2.59	2.57	6.65
	28	Teknologi install girder sudah dikuasai	2.71	2.39	6.48
	29	Tidak memerlukan peralatan tambahan khusus	3.03	3.11	9.43
	30	Sistem struktur basement perlu ada	2.97	2.94	8.74
TEKNIK GIRDER	31	Jenis girder khusus (lengkung) dan segmental	3.11	3.17	9.88
	32	Panjang segmen girder < 6 m	2.70	2.69	7.25
	33	Panjang segmen girder > 6 m	3.01	3.27	9.86
	34	Daftar bahan/material dan mutu tersedia lengkap	3.33	3.04	10.13
	35	Dokumen rencana pengendalian mutu tersedia	2.63	2.63	6.91
	36	Peralatan pengujian tersedia lengkap	2.69	2.57	6.91
	37	Gudang dan site penempatan material cukup luas	2.51	2.53	6.36
	38	Akses transportasi material ke lokasi lancar	2.44	2.59	6.32
	39	Material sudah tersedia dalam jumlah yang cukup	2.79	2.74	7.64
	40	Sistem perkuatan tanah lunak diperlukan	2.77	2.44	6.77
KONDISI TANAH	41	Struktur abutmen kompleks (perlu pilar)	3.01	3.34	10.08
	42	Perlu dilakukan perkuatan sementara	1.91	2.03	3.88
	43	Galian tanah dalam harus dilakukan	2.79	2.34	6.53
	44	Perlu dilakukan skoring sementara	2.49	3.00	7.46
	45	Perlu dilakukan dewatering	1.81	2.36	4.28
KETERSEDIAAN PERALATAN	46	Daerah kerja alat berat cukup ruang manuver	2.57	2.56	6.58
	47	Alat berat tersedia dan lengkap	2.01	1.97	3.97
	48	Kondisi Peralatan layak untuk dioperasikan	2.21	2.29	5.06
	49	Tenaga terampil & berpengalaman tersedia	3.27	3.00	9.81
	50	Produktifitas alat efektif & efisien	3.60	3.11	11.21

Tabel 4.15 Hasil analisis risiko (*Severity Indeks*)

		Variable	rerata frekuensi	rerata dampak waktu	rerata frekuensi	rerata dampak	frek x dampak
EKONOMIS/BIAYA	1	Kelengkapan Rencana Anggaran Biaya	58.3%	45.4%	3	3	9.00
	2	Bill of Quantity (BoQ) untuk Pelaksanaan	56.3%	46.3%	3	3	9.00
	3	Back up data volume tersedia	69.7%	53.7%	4	3	12.00
	4	Perlu penerapan value engineering	56.3%	44.6%	3	3	9.00
	5	Time Schedule & NWP tersedia rinci	48.6%	36.3%	3	3	9.00
	6	Tidak ada kenaikan harga yang signifikan	62.3%	53.1%	3	3	9.00
	7	Tidak ada gangguan cuaca sehingga lancar	65.7%	54.9%	4	3	12.00
	8	Tidak perlu adanya rework dan repair	66.9%	44.3%	4	3	12.00
	9	Penggunaan material dan alat sangat efisien	68.9%	59.1%	4	3	12.00
	10	Gambar DED perlu lengkap dan sesuai	72.6%	59.1%	4	3	12.00
KONDISI LINGKUNGAN	11	Lingkungan Site tidak terpengaruh	54.9%	57.7%	3	3	9.00
	12	Bangunan existing di sekitar site akan mengganggu	65.7%	65.7%	4	4	16.00
	13	Akses pembuangan bekas galian lancar	55.4%	50.9%	3	3	9.00
	14	Muka air tinggi tidak mempengaruhi kegiatan	65.7%	66.5%	4	4	16.00
	15	Tidak diperlukan land clearing yang berat	41.1%	42.9%	3	3	9.00
	16	Aktivitas warga tidak terpengaruh	67.4%	65.7%	4	4	16.00
	17	Analisis dampak lingkungan sudah ada	54.3%	57.1%	3	3	9.00
	18	Tidak ada kebisingan selama pelaksanaan	53.7%	51.4%	3	3	9.00
	19	Aliran air masih lancar (tidak terhambat)	67.4%	65.4%	4	4	16.00
METODE PELAKSANAAN	20	Transfer knowledge dari desain ke pelaksanaan	52.6%	33.1%	3	3	9.00
	21	Spesifikasi Teknis Bangunan Atas lengkap & detail	47.1%	37.1%	3	3	9.00
	22	Kelengkapan Manual dan Dokumen K3	46.6%	42.9%	3	3	9.00
	23	Gambar shop drawing sudah detail	65.1%	38.6%	4	3	12.00
	24	Pekerjaan dengan lintasan kritis sudah terkendali	53.4%	54.9%	3	3	9.00
	25	Waktu pelaksanaan dapat diprediksi dengan baik	40.9%	49.4%	3	3	9.00
	26	Banyak pengalaman dengan metode yang dipakai	54.6%	53.4%	3	3	9.00
TEKNIS ORDER	27	Teknologi yang digunakan sangat praktis	51.7%	51.4%	3	3	9.00
	28	Teknologi install girder sudah dikuasai	54.3%	47.7%	3	3	9.00
	29	Tidak memerlukan peralatan tambahan khusus	60.6%	62.3%	3	3	9.00
	30	Sistem struktur pendukung sementara perlu ada	59.4%	58.9%	3	3	9.00
	31	Jenis girder khusus (lengkung) dan segmental	62.3%	63.4%	3	4	12.00
	32	Panjang segmen girder < 6 m	54.0%	53.7%	3	3	9.00
	33	Panjang segmen girder > 6 m	60.3%	65.4%	3	4	12.00
KETERSEDIAAN MATERIAL	34	Daftar bahan/material dan mutu tersedia lengkap	66.6%	60.9%	4	3	12.00
	35	Dokumen rencana pengendalian mutu tersedia	52.6%	52.6%	3	3	9.00
	36	Peralatan pengujian tersedia lengkap	53.7%	51.4%	3	3	9.00
	37	Gudang dan site penempatan material cukup luas	50.3%	50.6%	3	3	9.00
	38	Akses transportasi material ke lokasi lancar	48.9%	51.7%	3	3	9.00
	39	Material sudah tersedia dalam jumlah yang cukup	55.7%	54.9%	3	3	9.00
KONDISI TANAH	40	Sistem perkuatan tanah lunak diperlukan	55.4%	48.9%	3	3	9.00
	41	Struktur abutmen kompleks (perlu pilar)	60.3%	66.9%	3	4	12.00
	42	Perlu dilakukan perkuatan sementara	38.3%	40.6%	3	3	9.00
	43	Galian tanah dalam harus dilakukan	55.7%	46.9%	3	3	9.00
	44	Perlu dilakukan skoring sementara	49.7%	60.0%	3	3	9.00
	45	Perlu dilakukan dewatering	36.3%	47.1%	3	3	9.00
KETERSEDIAAN PERALATAN	46	Daerah kerja alat berat cukup ruang manuver	51.4%	51.1%	3	3	9.00
	47	Alat berat tersedia dan lengkap	40.3%	39.4%	3	3	9.00
	48	Kondisi Peralatan layak untuk dioperasikan	44.3%	45.7%	3	3	9.00
	49	Tenaga terampil & berpengalaman tersedia	65.4%	60.0%	4	3	12.00
	50	Produktifitas alat efektif & efisien	72.0%	62.3%	4	3	12.00

Dari hasil analisis risiko pada Tabel 4.15 di atas, maka dapat disimpulkan untuk kategori risiko pelaksanaan yang tinggi (berwarna merah), pada kriteria berikut:

1. Back up volume data tersedia, tapi terkadang tidak lengkap dan tidak akurat
2. Ada potensi gangguan cuaca, sehingga pelaksanaan kerja tidak lancar
3. Perlu adanya reworks dan repair, jika pelaksanaan kerja tidak hati-hati
4. Penggunaan material dan peralatan cenderung tidak efektif dan tidak efisien
5. Gambar DED sering tidak lengkap dan akurat, perlu back up show drawing
6. Bangunan eksisting sekitar site akan mengganggu kelancaran pelaksanaan
7. Muka air tinggi akan sangat mempengaruhi kegiatan proyek
8. Aktivitas warga baik pada jalan maupun alur kapal akan sangat terpengaruh
9. Jenis girder khusus lengkung akan memerlukan waktu kerja yang lebih lama
10. Panjang segmen lebih dari 6 meter akan perlu waktu kerja lebih lama
11. Daftar bahan/material kadang-kadang tidak ada back up time skedul nya
12. Struktur abutmen sangat kompleks sehingga perlu pilar atau pile slab
13. Tenaga kerja terampil kadang-kadang tidak tersedia di sekitar lokasi jembatan
14. Produktifitas alat kadang-kadang tidak efektif dan efisien operasionalnya

Rincian dari isian kuisioner untuk analisis penilaian terhadap probability dan impact, dapat dilihat pada Lampiran B.6 dan B.7 (lihat bagian Lampiran).

4.5 Macam Desain Konstruksi Jembatan dengan Alur Kapal

Hasil dari data untuk memilih kriteria dan model desain teknik jembatan yang dilalui alur kapal dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), dapat dijelaskan sebagai berikut. Kriteria dan model desain teknik jembatan berdasarkan pada 7 (tujuh) kriteria dengan model konstruksi jembatan terhadap tipe bangunan atas, tipe bangunan bawah, dan konfigurasi jembatan.

4.5.1 Pemilihan Tipe Bangunan Atas

Alternatif pilihan tipe bangunan atas (TBA) yaitu;

Pilihan 1 : TBA_1 Girder Lurus (GLR)

Pilihan 2 : TBA_2 Girder Lengkung (GLK)

Pilihan 3 : TBA_3 Single Leaf Bascula Bridge (GBB)

Kriteria utama yang digunakan untuk pemilihan tipe bangunan atas adalah:

1. Kondisi Sungai
2. Teknis Girder
3. Hidrologi/Hidrolika
4. Tipe Alur Kapal
5. Metode Pelaksanaan
6. Ekonomis/Biaya
7. Kondisi Lingkungan

Perbandingan karakteristik dari semua analisa dan setiap cara dinyatakan dalam matriks penilaian kriteria dengan Metode AHP berdasarkan nilai pilihan pair-wise dari analisis jawaban quisoner oleh 9 orang Nara Sumber (Expert). Untuk jawaban P.1 – P.9, ditampilkan pada Tabel 4.10. Rincian jawaban pilihan TBA_1, TBA_2 dan TBA_3, rincian perhitungan selengkapnya pada Lampiran B1.

Selanjutnya dari hasil analisis matriks untuk nilai rerata dari pair-wise, ditampilkan pada Tabel 4.16 berikut yang merupakan matriks penilaian kriteria rerata – tipe bangunan atas Girder; TBA_A – TBA_1.

Tabel 4.16a Hasil matriks berpasangan – Pilihan TBA_1

Expert ID	1		2		3		4		5		6		7	
	Kondisi Sungai		Tipe Alur Kapal		Metode Pelaksanaan		Tipe Girder		Tipe Alur Kapal		Metode Pelaksanaan		Tipe Girder	
	A	B	A	C	A	D	A	E	A	F	A	G	A	H
P.1	1/4	4	4	1/4	1/4	4	1/3	3	1/4	4	1/4	4	3	1/3
P.2	1/4	4	3	1/3	1/4	4	1/3	3	1/4	4	1/4	4	3	1/3
P.3	1/5	5	3	1/3	1/5	5	1/3	3	1/4	4	1/3	3	3	1/3
P.4	1/5	5	5	1/5	1/5	5	1/4	4	1/5	5	1/3	3	3	1/3
P.5	1/5	5	5	1/5	1/5	5	1/4	4	1/5	5	1/3	3	3	1/3
P.6	1/5	5	5	1/5	1/5	5	1/4	4	1/5	5	1/3	3	3	1/3
P.7	1/5	5	5	1/5	1/5	5	1/4	4	1/5	5	1/3	3	3	1/3
P.8	1/5	5	5	1/5	1/5	5	1/4	4	1/5	5	1/4	4	3	1/3
P.9	1/5	5	5	1/5	1/5	6	1/5	5	1/5	6	1/4	4	3	1/3
rerata	0,211	4,750	4,375	0,229	0,211	4,750	0,229	3,875	0,212	4,875	0,229	3,375	3,000	0,333

dilanjutkan Tabel 4.16b

Tabel 4.16b Hasil matriks berpasangan – Pilihan TBA_1

Gedung ID	8		9		10		11		12		13		14	
	Kondisi Lingkungan	Kondisi Sungai	Kondisi Lingkungan	Kondisi Sungai	Kondisi Lingkungan	Kondisi Sungai	Kondisi Lingkungan	Kondisi Sungai	Kondisi Lingkungan	Kondisi Sungai	Kondisi Lingkungan	Kondisi Sungai	Kondisi Lingkungan	Kondisi Sungai
	B	D	B	E	B	F	B	G	C	D	C	E	C	F
P.1	1/5	1	1/4	1	1/4	1	1/5	1	1/5	1	1/4	1	1/5	1
P.2	1/5	1	1/4	1	1/4	1	1/5	1	1/5	1	1/4	1	1/4	1
P.3	1/4	1	1/5	1	1/5	1	1/4	1	1/4	1	1/4	1	1/5	1
P.4	1/4	1	1/5	1	1/4	1	1/4	1	1/4	1	1/4	1	1/5	1
P.5	1/5	1	1/5	1	1/4	1	1/4	1	1/4	1	1/4	1	1/4	1
P.6	1/5	1	1/5	1	1/4	1	1/4	1	1/4	1	1/4	1	1/4	1
P.7	1/5	1	1/5	1	1/4	1	1/5	1	1/4	1	1/5	1	1/4	1
P.8	1/5	1	1/5	1	1/4	1	1/4	1	1/4	1	1/5	1	1/4	1
P.9	1/5	1	1/5	1	1/4	1	1/5	1	1/4	1	1/4	1	1/5	1
total	0,231	4,231	0,231	4,731	0,242	4,731	0,250	1,623	0,267	1,733	0,267	1,733	0,229	4,373

Tabel 4.16c Hasil matriks berpasangan – Pilihan TBA_1

Gedung ID	15		16		17		18		19		20		21	
	Kondisi Lingkungan	Kondisi Sungai	Kondisi Lingkungan	Kondisi Sungai	Kondisi Lingkungan	Kondisi Sungai	Kondisi Lingkungan	Kondisi Sungai	Kondisi Lingkungan	Kondisi Sungai	Kondisi Lingkungan	Kondisi Sungai	Kondisi Lingkungan	Kondisi Sungai
	C	G	D	E	D	F	D	G	F	F	F	G	F	G
P.1	1/5	1	1/4	1	1/4	1	1/4	1	2	1/5	1/5	2	1/4	1
P.2	1/5	1	1/4	1	1/4	1	1/4	1	2	1/5	1/5	2	1/4	1
P.3	1/4	1	1/5	1	1/4	1	1/5	1	2	1/5	1/5	2	1/5	1
P.4	1/4	1	1/5	1	1/4	1	1/5	1	2	1/5	1/5	2	1/5	1
P.5	1/5	1	1/5	1	1/4	1	1/5	1	2	1/5	1/5	2	1/5	1
P.6	1/5	1	1/5	1	1/4	1	1/5	1	2	1/5	1/5	2	1/5	1
P.7	1/5	1	1/5	1	1/4	1	1/5	1	2	1/5	1/5	2	1/5	1
P.8	1/5	1	1/5	1	1/4	1	1/5	1	2	1/5	1/5	2	1/5	1
P.9	1/5	1	1/5	1	1/4	1	1/5	1	2	1/5	1/5	2	1/5	1
total	0,254	2,731	0,231	4,731	0,242	4,931	0,242	1,291	0,267	1,733	0,267	1,733	0,242	3,283

Tabel 4.17 Matriks Penilaian Kriteria Rerata – Tipe Girder TBA_A – TBA_1

Aspek/ Kriteria	K-1 Kondisi Lingkungan	K-2 Ekonomis/ Biaya	K-3 Metode Pelaksanaan	K-4 Hidrologi/ Hidrolika	K-5 Teknis Girder	K-6 Tipe Alur Kapal	K-7 Kondisi Sungai
Kondisi Lingkungan	1,0000	0,2121	4,6667	0,2121	0,2414	0,2121	0,2188
Ekonomis/Biaya	4,7143	1,0000	3,0000	0,2524	0,2143	0,2429	0,2667
Metode Pelaksanaan	0,2143	0,3333	1,0000	0,2738	0,2429	0,2167	0,2143
Hidrologi/Hidrolika	4,7143	4,1429	3,7143	1,0000	0,2143	0,2500	0,2000
Teknis Girder	4,1429	4,7143	4,1429	4,7143	1,0000	2,7143	0,2143
Tipe Alur Kapal	4,7143	4,1429	4,7143	4,0000	0,4167	1,0000	0,2143
Kondisi Sungai	4,5714	3,8571	4,7143	5,1429	4,5000	4,7143	1,0000
Σ –kolom	24,0714	18,4026	25,9524	15,5955	6,8295	9,3502	2,3283

Dengan unsur-unsur pada tiap kolom K1 - K7 dibagi dengan jumlah kolom yang bersangkutan, maka diperoleh nilai matriks sebagai berikut:

$$[K] = \begin{bmatrix} 0,0426 & 0,0121 & 0,1849 & 0,0147 & 0,0381 & 0,0246 & 0,0940 \\ 0,2006 & 0,0570 & 0,1189 & 0,0175 & 0,0339 & 0,0281 & 0,1145 \\ 0,0091 & 0,0190 & 0,0396 & 0,0189 & 0,0384 & 0,0251 & 0,0920 \\ 0,2006 & 0,2361 & 0,1472 & 0,0692 & 0,0339 & 0,0289 & 0,0859 \\ 0,1763 & 0,2687 & 0,1642 & 0,3262 & 0,1580 & 0,3143 & 0,0920 \\ 0,2006 & 0,2361 & 0,1868 & 0,2768 & 0,0658 & 0,1158 & 0,0920 \\ 0,1702 & 0,1710 & 0,1585 & 0,2768 & 0,6320 & 0,4632 & 0,4295 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya diambil rerata nilai untuk setiap baris dan menghasilkan nilai priority, seperti berikut:

Vektor Prioritas	Bobot Prioritas
0,4212	0,0475
0,6510	0,0733
0,3004	0,0338
0,9646	0,1087
2,1635	0,2437
1,6471	0,1856
2,7285	0,3074

Selanjutnya vektor prioritas ini dikalikan dengan matriks semula, menghasilkan nilai untuk tiap baris, yang selanjutnya setiap nilai dibagi kembali dengan nilai vektor yang bersangkutan. Rerata hasil pembagian ini merupakan principal eigen value maksimum (λ_{maks})

$$\begin{bmatrix} 1,0000 \\ 4,7143 \\ 0,2143 \\ 4,7143 \\ 4,1429 \\ 4,7143 \\ 4,0000 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,2121 \\ 1,0000 \\ 0,3333 \\ 4,1429 \\ 4,7143 \\ 4,1429 \\ 3,0000 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 4,6667 \\ 3,0000 \\ 1,0000 \\ 3,7143 \\ 4,1429 \\ 4,7143 \\ 4,0000 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,2121 \\ 0,2524 \\ 0,2738 \\ 1,0000 \\ 4,7143 \\ 4,0000 \\ 4,0000 \end{bmatrix} + 0,0426 \begin{bmatrix} 0,2121 \\ 1,0000 \\ 0,3333 \\ 4,1429 \\ 4,7143 \\ 4,1429 \\ 3,0000 \end{bmatrix} + 0,0570 \begin{bmatrix} 4,6667 \\ 3,0000 \\ 1,0000 \\ 3,7143 \\ 4,1429 \\ 4,7143 \\ 4,0000 \end{bmatrix} + 0,0396 \begin{bmatrix} 0,2121 \\ 0,2524 \\ 0,2738 \\ 1,0000 \\ 4,7143 \\ 4,0000 \\ 4,0000 \end{bmatrix} + 0,0692 \begin{bmatrix} 0,2121 \\ 0,2524 \\ 0,2738 \\ 1,0000 \\ 4,7143 \\ 4,0000 \\ 4,0000 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,2414 \\ 0,2143 \\ 0,2429 \\ 0,2143 \\ 0,2167 \\ 0,2143 \\ 0,2143 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya, membagi semua elemen dari jumlah matriks dengan elemen priority vector masing-masing.

$$\frac{0,4109}{0,0475} = 8,6587 ; \frac{0,5704}{0,0733} = 7,7783 ; \frac{0,2422}{0,0338} = 7,1570 ; \frac{0,8018}{0,1087} = 7,3778 ;$$

$$\frac{1,4997}{0,2437} = 6,1527 ; \frac{0,1739}{0,1856} = 0,9375 ; \frac{2,3011}{0,3074} = 7,4858$$

Selanjutnya, menghitung nilai rata-rata untuk mendapatkan merupakan principal eigen value maksimum (λ_{maks}).

$$\lambda_{maks} = \frac{8,6587+7,783+7,1570+7,3778+6,1527+6,3266+7,4858}{7} = \frac{50,9368}{7} = 7,2767$$

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n-1} = \frac{7,2767-7}{6} = 0,0461$$

Selanjutnya Consistency Ratio (CR) dinyatakan dengan persamaan $CR = CI/RI$, dengan RI (Random Index), tergantung dari jumlah unsur dalam matriks ($= n$).

Nilai RI Menurut Jumlah Unsur Dalam Alternatif dapat ditampilkan menurut Tabel 4.18 berikut:

Tabel 4.18 Nilai RI Menurut Jumlah Unsur Dalam Alternatif

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Sumber: Saaty (2003)

Untuk $n = 7$, $RI = 1,32$, maka:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,0461}{1,32} = 0,034936 ; CR = 3,4936\% < 10\% \text{ (Konsisten)}$$

Untuk perhitungan selengkapnya pada Lampiran C.3 untuk tipe bangunan atas jembatan; Girder Lurus, Girder Lengkung dan *Bascula Bridge*. Rekapitulasi hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.19 berikut.

Tabel 4.19 Hasil perhitungan Consistency Ratio (CR)

Tipe Tiang	λ_{maks}	CI	RI	CR	Hasil
Girder Lurus	7,2767	0,0461	1,32	3,4936%	Konsisten
Girder Lengkung	7,1444	0,0241	1,32	1,8228%	Konsisten
<i>Bascula Bridge</i>	7,6588	0,1098	1,32	8,3187%	Konsisten

Dari hasil analisis pada Tabel 4.19, terlihat bahwa semua tipe bangunan atas jembatan, mendapatkan nilai konsistensi yang memenuhi syarat ($< 10\%$). Urutan dari hirarki yang sangat berpengaruh terhadap tipe bangunan atas girder TBA_A dari nilai bobot priority kriteria pada Tabel 4.20 berikut. Perhitungan selengkapnya ditampilkan pada Lampiran C.1.

Tabel 4.20 Hasil analisis bobot priority kriteria yang dominan

Kriteria	Girder Lurus	Girder Lengkung	Bascula Bridge	Hirarki
Kondisi Sungai	0,3210	0,3218	0,3109	1
Teknis Girder	0,2196	0,2979	0,2279	2
Tipe Alur Kapal	0,1877	0,1648	0,1870	3
Hidrologi/Hidrolika	0,1036	0,0948	0,1050	4
Ekonomis/Biaya	0,0739	0,0595	0,0799	5
Kondisi Lingkungan	0,0523	0,0328	0,0516	6
Metode Pelaksanaan	0,0523	0,0328	0,0516	7

Berdasarkan bobot priority pada Tabel 4.20, maka dapat ditampilkan matriks berpasangan untuk masing-masing Alternatif terhadap kriteria yang ditentukan. Hasil matriks tersebut untuk kriteria Tipe Bangunan Atas Girder TBA_A dapat dilihat pada Tabel 4.21. Untuk kriteria lainnya, perhitungan selengkapnya pada Lampiran C.2.

Tabel 4.21 Matriks Penilaian Tipe Girder - Kriteria Kondisi Lingkungan

Tipe Abutmen	TBA - 1	TBA - 3	TBA - 2	Rerata	Bobot
TBA - 1	1,0000	1,4458	0,4043	0,8361	0,2401
TBA - 3	0,6917	1,0000	0,2796	0,5783	0,1661
TBA - 2	2,4734	3,5760	1,0000	2,0681	0,5938
$\sum$ kolom	4,1650	4,1650	4,1650	3,4825	1,0000

Hasil selengkapnya untuk perhitungan bobot pada masing-masing tipe bangunan atas girder (TBA_A) terhadap masing-masing kriteria, dapat dilihat secara detail pada Tabel 4.22 berikut.

Tabel 4.22 Hasil nilai bobot matriks berpasangan TBA_A - kriteria

Kriteria TPC	Kondisi Lingkungan	Ekonomis/ Biaya	Metode Pelaksanaan	Hidrologi/ Hidrolika	Teknis Girder	Tipe Alur Kapal	Kondisi Sungai	Nilai Matrix
(TBA-2)	0,0328	0,0595	0,0282	0,0948	0,2979	0,1648	0,3218	0,3500
(TBA-1)	0,0475	0,0733	0,0338	0,1087	0,2437	0,1856	0,3210	0,3433
(TBA-3)	0,1174	0,1680	0,0228	0,1077	0,1101	0,0641	0,3109	0,3067

Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran C.1 untuk tipe konstruksi bangunan atas. Rekapitulasi hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.23 berikut.

Tabel 4.23 Hasil perhitungan Consistency Ratio (CR)

Tipe Konstruksi Bangunan Atas	λ_{maks}	CI	RI	CR	Hasil
Girder Lurus	7,2767	0,0461	1,32	3,4936%	Konsisten
Girder Lengkung	7,1444	0,0241	1,32	1,8228%	Konsisten
Bascula Bridge	7,6588	0,1098	1,32	8,3187%	Konsisten

Dari hasil analisis pada Tabel 4.23, terlihat bahwa semua tipe bangunan atas, mendapatkan nilai konsistensi yang memenuhi syarat ($< 10\%$). Urutan dari hirarki yang sangat berpengaruh terhadap tipe bangunan atas jembatan dari nilai bobot priority kriteria yang dominan dapat dilihat pada Tabel 4.24 berikut. Perhitungan selengkapnya ditampilkan pada Lampiran C.3.

Tabel 4.24 Hasil analisis bobot priority kriteria yang dominan

Kriteria	Girder Lurus	Girder Lengkung	<i>Bascula Bridge</i>	Hirarki
Kondisi Sungai	0,3109	0,3218	0,3210	1
Teknis Girder	0,2279	0,2979	0,2196	2
Tipe Alur Kapal	0,1870	0,1648	0,1877	3
Hidrologi/Hidrolika	0,1050	0,0948	0,1036	4
Ekonomis/Biaya	0,0799	0,0595	0,0739	5
Kondisi Lingkungan	0,0516	0,0328	0,0523	6
Metode Pelaksanaan	0,0516	0,0328	0,0523	7

Hasil analisis menggunakan AHP dengan bantuan Spreadsheet Excel, menunjukan hasil urutan alternatif pilihan bangunan atas sebagai berikut:

1) Girder Lengkung (GLK) ; 2) Girder Lurus (GLR) ; 3) *Bascula Bridge* (GBB)

4.5.2 Pemilihan Tipe Bangunan Bawah

Alternatif pilihan bangunan bawah (abutmen) yaitu;

Pilihan 1 : Abutment Tinggi / Lurus

Pilihan 2 : Abutmen Girder Normal

Pilihan 3 : Abutment + Hydraulic Jack

Kriteria utama yang digunakan untuk pemilihan tipe bangunan bawah adalah:

1. Kondisi Lingkungan
2. Ekonomis/Biaya
3. Metode Pelaksanaan
4. Hidrologi/Hidrolika
5. Teknis Girder
6. Tipe Alur Kapal
7. Kondisi Sungai

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran C.4 untuk tipe konstruksi abutmen. Rekapitulasi perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.25 berikut ini.

Tabel 4.25 Hasil perhitungan Consistency Ratio (CR)

Tipe Abutmen	λ_{maks}	CI	RI	CR	Hasil
Abutment Tinggi	7,2767	0,0461	1,32	3,4936%	Konsisten
Abutmen Normal	7,1444	0,0241	1,32	1,8228%	Konsisten
Abutment + Jack	7,6588	0,1098	1,32	8,3187%	Konsisten

Dari hasil analisis pada Tabel 4.21, semua tipe bangunan atas mendapatkan nilai konsistensi memenuhi syarat ($< 10\%$). Urutan dari hirarki yang sangat berpengaruh terhadap tipe konstruksi abutmen dari nilai bobot priority kriteria dapat dilihat pada Tabel 4.26 berikut. Perhitungan selengkapnya ditampilkan pada Lampiran C.5.

Tabel 4.26 Hasil analisis bobot priority kriteria yang dominan

Kriteria	Abutmen tinggi	Abutmen normal	Abutmen hydraulic jack	Hirarki
Kondisi Sungai	0,3210	0,3218	0,3109	1
Teknis Girder	0,2196	0,2979	0,2279	2
Tipe Alur Kapal	0,1877	0,1648	0,1870	3
Hidrologi/Hidrolika	0,1036	0,0948	0,1050	4
Ekonomis/Biaya	0,0739	0,0595	0,0799	5
Kondisi Lingkungan	0,0523	0,0328	0,0516	6
Metode Pelaksanaan	0,0523	0,0328	0,0516	7

Hasil analisis menggunakan AHP dengan bantuan Spreadsheet Excel, menunjukkan hasil urutan alternatif pilihan bangunan atas sebagai berikut:

- 1) Abutment Normal (ABN) ; 2) Abutmen Tinggi (ABT) ;
- 3) Abutment + Hydraulic Jack (AHJ)

4.5.3 Pemilihan Konfigurasi Konstruksi Jembatan

Alternatif pilihan konfigurasi konstruksi jembatan, yaitu;

Pilihan 1 : Jembatan Single Span

Pilihan 2 : Jembatan Multi-span + Pilar + Girder

Pilihan 3 : Jembatan Multi-span + Pilar + Pile Slab

Kriteria utama yang digunakan untuk pemilihan tipe bangunan atas adalah:

1. Kondisi Sungai ; 2. Teknis Girder ; 3. Hidrologi/Hidrolika ; 4. Tipe Alur Kapal
5. Metode Pelaksanaan ; 6. Ekonomis/Biaya ; dan 7. Kondisi Lingkungan

Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran C.6 untuk tipe konfigurasi bangunan atas. Rekapitulasi hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.27 berikut.

Tabel 4.27 Hasil perhitungan Consistency Ratio (CR)

Tipe Konfigurasi Jembatan	λ_{maks}	CI	RI	CR	Hasil
Multi Span + Pilar	7,2767	0,0461	1,32	3,4936%	Konsisten
Multi Span + Pile Slab	7,1444	0,0241	1,32	1,8228%	Konsisten
Single Span	7,6588	0,1098	1,32	8,3187%	Konsisten

Dari hasil analisis pada Tabel 4.27, terlihat bahwa semua tipe bangunan atas, mendapatkan nilai konsistensi yang memenuhi syarat ($< 10\%$). Urutan dari hirarki yang sangat berpengaruh terhadap tipe konstruksi abutmen dari nilai bobot priority kriteria dapat dilihat pada Tabel 4.28 berikut. Perhitungan selengkapnya ditampilkan pada Lampiran C.7.

Tabel 4.28 Hasil analisis bobot priority kriteria yang dominan

Kriteria	Multi-span Pilar	Multi-span Pile Slab	Single Span	Hirarki
Kondisi Sungai	0,3109	0,3218	0,3210	1
Teknis Girder	0,2279	0,2979	0,2196	2
Tipe Alur Kapal	0,1870	0,1648	0,1877	3
Hidrologi/Hidrolika	0,1050	0,0948	0,1036	4
Ekonomis/Biaya	0,0799	0,0595	0,0739	5
Kondisi Lingkungan	0,0516	0,0328	0,0523	6
Metode Pelaksanaan	0,0516	0,0328	0,0523	7

Hasil analisis menggunakan AHP dengan bantuan Spreadsheet Excel, menunjukkan hasil urutan alternatif pilihan bangunan atas sebagai berikut:

- 1) Multi-Span + Pile Slab (MPS) ; 2) Multi-Span + Pilar (MPL) ;
- 3) *Single Span* (SP1)

Berdasarkan Tabel di atas, maka dapat dirangkum untuk urutan preferensi untuk pemilihan berdasarkan prioritas utama, yaitu seperti pada Tabel 4.29 berikut.

Tabel 4.29 Urutan preferensi terhadap pilihan tipe elemen jembatan

Tipe Pilihan	Urutan-1	Urutan-2	Urutan-3
Bentuk Bangunan Atas	GLK	GLR	GBB
Jenis Bangunan Bawah	ABN	ABT	AHJ
Konfigurasi bangunan atas	MPS	MPL	SP1
Ket. GLK = Girder Lengkung GLR = Girder Lurus GBB = Girder <i>Baskula Bridge</i> ABN = Abutmen Normal ABT = Abutmen Tinggi AHJ = Abutmen + <i>Hydraulic Jack</i> MPS = Multi-span Pile Slab MPL = Multi-span Pilar SP1 = Single Span			

4.5.4 Strategi Pelaksanaan Konstruksi Jembatan dengan Alur Kapal

Berdasarkan hasil pengumpulan data melalui studi Pustaka dan wawancara, diperoleh berbagai strategi pelaksanaan konstruksi jembatan dengan alur kapal. Hasil selengkapnya dapat diperhatikan berdasarkan penjabaran sub bab – sub bab terkait. Metoda pelaksanaan konstruksi adalah suatu rangkaian kegiatan pelaksanaan konstruksi yang mengikuti prosedur serta telah dirancang sesuai dengan pengetahuan atau standar yang telah diuji cobakan. Cara atau metoda tersebut tidak terlepas dari penggunaan teknologi sebagai pendukung dan mempercepat proses pembuatan suatu bangunan, agar kegiatan pembangunan dapat berjalan sebagai mana mestinya sesuai dengan yang diharapkan dan lebih ekonomis dalam biaya pemakain bahan, waktu pelaksanaan dan mutu konstruksinya, misalnya bahan bangunan yang umum dipakai pada struktur jembatan adalah beton dan baja, kemajuan teknologi pada proses pembuatan baja dan beton berdampak pada peningkatan kekuatan kedua bahan ini yaitu beton dan baja seperti pembuatan kabel baja bermutu tinggi yang selanjutnya digunakan dalam peningkatan teknologi beton pratekan yang lebih ekonomis.

Dalam inovasi teknologi pelaksanaan pembangunan adalah aspek metoda konstruksi yaitu adalah rangkaian kegiatan dan urutan kegiatan membangun yang dipadukan dengan persyaratan kontrak (gambar, spesifikasi, jadwal penyelesaian),

ketersediaan tenaga kerja dan kondisi lingkungan yang ada di lokasi bangunan (seperti cuaca, kondisi tanah, dan lain-lain).

Berbagai aspek yang mempengaruhi metode konstruksi dapat digambarkan dalam Gambar 4.9 berikut.



Gambar 4.9 Metode konstruksi dan perkembangan inovasinya

Metoda konstruksi pada pembuatan pondasi dengan material pra-cetak di *pengecoran beton yard* (tempat fabrikasi) sampai dengan pemasangan pondasi, perlu dipertimbangkan seluruh aspek kegiatan sejak dipersiapkan sampai dengan pemasangannya, antara lain:

- 1) Kegiatan ditempat pembuatan (FABRIKASI)
 - a) penyiapan lahan
 - b) penyiapan peralatan
 - c) penyiapan pembuatannya
 - d) penyiapan pengangkutannya
- 2) Kegiatan transportasi
 - a) Penyiapan alat transportasi
 - b) Penyiapan dari alat transportasi ke lokasi pelaksanaan
- 3) Kegiatan di lokasi pelaksanaan
 - a) Penyiapan tempat
 - b) Penyiapan peralatan untuk pemasangan/ penurunan
 - c) Penyiapan pengawasan pelaksanaan

d) dan seterusnya

Berbagai perkembangan teknologi konstruksi yang berpengaruh dalam perkembangan inovasi metode pelaksanaan konstruksi, antara lain:

1. Teknologi bahan

Bahan bangunan yang umum dipakai pada struktur bangunan gedung adalah beton dan baja, kemajuan teknologi pada proses pembuatan baja dan beton berdampak pada peningkatan kekuatan bahan beton dan baja. Misal contoh pembuatan kabel baja bermutu tinggi, yang selanjutnya digunakan dalam peningkatan teknologi beton pratekan yang lebih ekonomis. Penggunaan material baja bisa digunakan sebagai girder pengganti jenis beton.

2. Teknologi Desain

Dengan adanya perangkat komputer yang makin canggih berdampak pada metode desain yang lebih cepat dan bervariasi, sehingga dapat membuat berbagai alternatif desain lebih baik dalam waktu yang singkat, demikian pula dalam bahan-bahan miniatur tahap perancangan awal, lebih dapat memuaskan pengguna rancangan dengan berbagai variasi warna dan bentuk rancangan.

3. Efisiensi pelaksanaan konstruksi

Dengan adanya material baru yang lebih baik, dan kemajuan teknologi peralatan lebih sempurna, sehingga jadwal dan biaya pelaksanaan dapat lebih memenuhi persyaratan kontrak, menggunakan metode pelaksanaan lebih modern.

Setiap jenis bangunan bawah dan bangunan atas akan memiliki metode pelaksanaan yang berbeda-beda. Perbedaan ini disebabkan oleh alat yang digunakan, bahan yang akan digunakan, kondisi tanah pada lokasi tersebut, keadaan muka air tanah dan lain-lain. Metode konstruksi adalah bagian yang sangat penting dalam proyek konstruksi untuk mendapatkan tujuan dari proyek, yaitu biaya, kualitas dan waktu. Aspek teknologi, sangat berperan dalam suatu proyek konstruksi. Penggunaan metode yang tepat, praktis, cepat, dan aman, sangat membantu dalam penyelesaian pekerjaan pada suatu proyek konstruksi, sehingga target waktu, biaya dan mutu sebagaimana ditetapkan akan dapat tercapai.

4.6 Hasil Data Integrasi Desain dan Pelaksanaan

Hasil data untuk mengintegrasikan hasil pemilihan desain terintegrasi pelaksanaan konstruksi jembatan dalam *Integrated Bridge Management System (IBMS)* dapat dijelaskan sebagai berikut.

4.6.1 Penerapan integrasi desain dan pelaksanaan jembatan

Dalam satu atau dua dekade terakhir, produksi industri telah mengalihkan fokusnya dari umumnya terhubung dengan produksi massal dan lebih terkait dengan nilai pelanggan melalui adopsi filosofi *Lean Production*. Produksi massal adalah konsep yang tidak pernah ada cocok untuk jembatan dan pergeseran fokus ini telah memungkinkan banyak konsep industri menjadi point penting untuk diadopsi pada industri konstruksi jembatan (Gambar 4.10).



Gambar 4.10 Perspektif yang berbeda untuk mengadopsi proses industri konstruksi, dimodifikasi dari (Lidelöw et al. 2015; Ekström, 2017).

Dalam studi tentang interaksi antara Perencana dan Kontraktor dalam kerangka kerja disajikan yang terdiri dari tiga proyek hierarkis tingkat: tingkat makro, meso, dan mikro untuk mewakili konstruksi sosial yang berbeda dalam pembangunan. Tujuan dari kerangka kerja ini adalah untuk mempelajari tingkat integrasi, dampak teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam pengaturan proyek, sebagai serta menyoroti parameter non-teknis yang memengaruhi integrasi (Moum 2006).

Anumba et al. (2002) mengidentifikasi bahwa ada delapan elemen dasar CE yang dibagi menjadi dua aspek sebagai berikut pada Tabel 4.30 berikut.

Tabel 4.30 Unsur-unsur dasar dalam CE (Anumba et al. 2002).

Managerial and human aspects	Technical aspects
• Cross-functional, multidisciplinary teams to integrate design of products and their related processes • Adoption of a process-based organisational philosophy • Committed leadership and support for this philosophy • Empowered teams to execute the philosophy	• Computer aided design, manufacturing and simulation methods to support design integration • Methods to optimise products design and its manufacturing and support process • Information sharing, communication and co-ordination systems • Development and/or adoption of common protocol, standards, and terms within the supply chain

4.6.2 Kriteria Integrasi Desain dan Pelaksanaan

Hasil dari analisis untuk kriteria desain dan pelaksanaan yang dominan, untuk diintegrasikan kedalam kriteria dan sub kriteria, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.30 berikut.

Tabel 4.30 Kriteria untuk Integrasi Desain dan Pelaksanaan

Kriteria Risiko	No.	Sub Kriteria Risiko	Indikator Risiko
A. Ekonomis/ Biaya	1	Kelengkapan Rencana Anggaran Biaya	Total biaya lebih besar
	2	Bill of Quantity (BoQ) untuk Pelaksanaan	Total volume tidak sesuai
	3	Back up data volume tersedia	Total volume tidak sesuai
	4	Perlu penerapan value engineering secara terintegrasi	Efisiensi biaya pelaksanaan
	5	Tidak ada kenaikan harga yang signifikan	Fixed cost bisa tercapai
	6	Tidak ada gangguan cuaca sehingga lancar	Tidak perlu ada extra cost
	7	Tidak perlu adanya rework dan repair	Tidak perlu ada extra cost
	8	Penggunaan material dan alat sangat efisien	Fixed cost bisa tercapai
	9	Gambar DED perlu lengkap dan sesuai	Fixed cost bisa tercapai

dilanjutkan ...

Tabel 4.30 Kriteria untuk Integrasi Desain dan Pelaksanaan (lanjutan)

Kriteria Risiko	No.	Sub Kriteria Risiko	Indikator Risiko
B. Kondisi Lingkungan/K3	10	Lingkungan sekitar site tidak terpengaruh	Lingkungan sekitar aman
	11	Bangunan existing di sekitar site akan mengganggu	Tidak ada dampak atau kurang
	12	Akses pembuangan bekas galian lancar	Tidak ada dampak atau kurang
	13	Muka air tinggi dapat mempengaruhi kegiatan	Tidak menghambat kegiatan
	14	Tidak diperlukan land clearing yang berat	Penyiapan lahan bisa cepat
	15	Aktivitas warga dapat terpengaruh/terdampak	Tidak ada dampak atau kurang
	16	Analisis dampak lingkungan sudah ada	Tidak ada dampak atau kurang
	17	Tidak ada kebisingan selama pelaksanaan	Tidak ada dampak atau kurang
	18	Alur kapal bisa dilewati tanpa akan terhambat	Tidak ada dampak atau kurang
C. Aspek Manajerial dan Sumberdaya Manusia	19	Tim lintas fungsi, multi-disiplin untuk mengintegrasikan desain dan pelaksanaan serta proses terkaitanya	Manajemen konstruksi dapat terkendali
	20	Adopsi filosofi organisasi berbasis proses	Manajemen konstruksi dapat terkendali
	21	Kepemimpinan dan dukungan yang berkomitmen untuk filosofi organisasi berbasis proses	Manajemen konstruksi dapat terkendali
	22	Memberdayakan tim untuk menjalankan filosofi organisasi	Manajemen konstruksi dapat terkendali
	23	Penggunaan TIK dalam pelaksanaan monitoring dan supervisi	Manajemen konstruksi dapat terkendali
D. Ketersediaan Material	24	Teknologi yang digunakan sangat praktis	Pekerjaan lebih terkendali
	25	Teknologi install girder sudah dikuasai	Mutu kerja lebih terkendali
	26	Tidak memerlukan peralatan tambahan khusus	Mutu kerja lebih terkendali
	27	Sistem struktur pendukung sementara perlu ada	Mutu material terjaga baik
	28	Jenis girder khusus (lengkung) dan segmental	Material tersedia tepat waktu
	29	Panjang segmen girder kurang dari sam dengan 6 m	Material tersedia tepat jumlah
	30	Panjang segmen girder lebih dari 6 m	Pengendalian waktu kerja baik

dilanjutkan ...

Tabel 4.30 Kriteria untuk Integrasi Desain dan Pelaksanaan (lanjutan)

Kriteria Risiko	No.	Sub Kriteria Risiko	Indikator Risiko
E. Teknis Girder	31	Daftar bahan/material dan mutu tersedia lengkap	Pekerjaan lebih terkendali
	32	Dokumen rencana pengendalian mutu tersedia	Pekerjaan lebih terkendali
	33	Peralatan pengujian tersedia lengkap	Pekerjaan bisa tepat waktu
	34	Material sudah tersedia dalam jumlah yang cukup	Pelaksanaan girder lambat
F. Kondisi Tanah	35	Sistem perkuatan tanah lunak diperlukan	Keamanan bangunan bawah
	36	Struktur abutmen kompleks (perlu pilar)	Keamanan struktur jembatan
	37	Galian tanah dalam harus dilakukan	Keamanan bangunan bawah
G. Ketersediaan Peralatan	38	Daerah kerja alat berat cukup ruang manuver	Pelaksanaan kerja terkendali
	39	Tenaga terampil & berpengalaman tersedia	Pelaksanaan kerja terkendali
	40	Produktifitas alat efektif & efisien	Pelaksanaan kerja terkendali
H. Metode Pelaksanaan	41	Kelengkapan Manual dan Dokumen K3	Penerapan K3 lebih efektif
	42	Gambar shop drawing sudah lebih detail	Pelaksanaan lebih mudah
	43	Pekerjaan dengan lintasan kritis sudah terkendali	Waktu pelaksanaan terkendali
	44	Banyak pengalaman dengan metode yang dipakai	Waktu pelaksanaan terkendali
I. Aspek Teknis dan <i>Engineering</i>	45	Metode desain, manufaktur, dan simulasi komputasi untuk mendukung integrasi desain	Proses dan hasil design terkendali
	46	Metode untuk mengoptimalkan desain produk dan proses konstruksi dan pendukungnya	Proses dan hasil design terkendali
	47	Sistem berbagi informasi, komunikasi dan koordinasi	Proses dan hasil design terkendali
	48	Pengembangan dan/atau adopsi protokol, standar, dan proses <i>supply chain</i>	Proses dan hasil design terkendali
	49	Penggunaan teknologi BIM 3D – 4D secara terintegrasi	Proses design & pelaksanaan terkendali
	50	Penggunaan teknologi BIM 5D – 7D secara terintegrasi	Proses design & pelaksanaan terkendali

Berdasarkan hasil analisis DSS menggunakan AHP dengan 9 kriteria dan 50 sub kriteria, 9 orang Expert memberikan penilaian, menunjukan hasil urutan alternatif pilihan struktur bangunan jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air, sebagai berikut:

- 1) Multi-span girder lengkung dengan abutmen normal dan pilar + pile slab
- 2) Multi-span girder lengkung dengan abutmen normal dan pilar
- 3) Multi-span girder lurus dengan abutmen normal dan pilar
- 4) Single span girder lengkung dengan abutmen normal
- 5) Girder Lurus dengan Abutmen Tinggi
- 6) *Bascula Bridge* dengan *Abutmen + Hydraulic Jack*

Untuk integrasi desain dan pelaksanaan, dilakukan analisis manajemen risiko pada perhitungan tingkat risiko pelaksanaan konstruksi jembatan, dengan menggunakan pengukuran tingkat risiko dari perkalian antara probabilitas risiko dan dampak (pengaruh) risiko.

Hasil perincian analisis lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran C8 dan C9 dan hasil pembahasan dapat dijelaskan secara rinci pada Bab 5.

Adapun karakteristik prinsip penggunaan analisis statistik, AHP dan model integrasi, dapat dijelaskan pada Tabel 4.31 berikut ini.

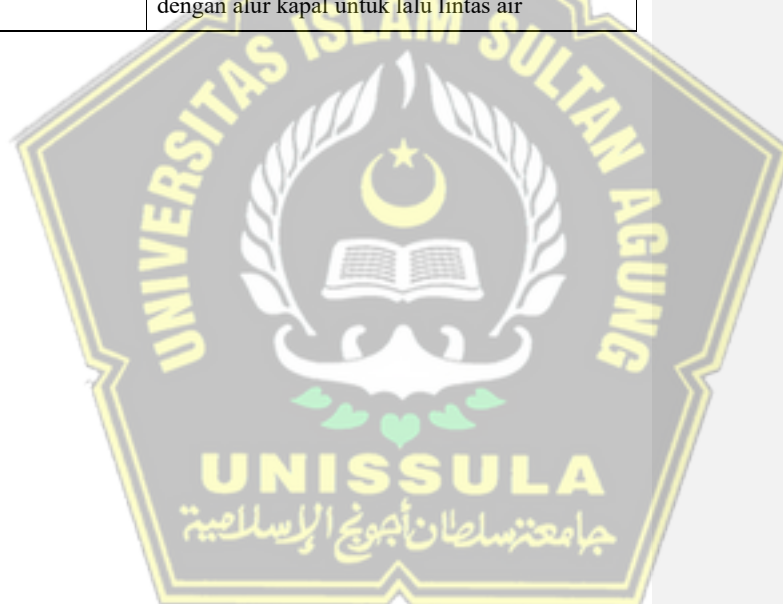
Tabel 4.31 Perbandingan prinsip Analisis

No.	Jenis Analisis	Prinsip Penggunaan
1.	<i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	Pendekatan AHP memecah masalah pengambilan keputusan menjadi tingkatan yang lebih kecil, memudahkan proses analisis dan penilaian. Dengan menggunakan prinsip perbandingan berpasangan, AHP digunakan, yang memungkinkan para pemangku kepentingan untuk memberikan bobot atau nilai relatif pada setiap kriteria dan alternatif pemilihan jenis konstruksi bangunan atas jembatan yang sesuai dengan karakteristik alur kapal untuk transportasi air pada sungai kecil. Hasil analisis di cek menggunakan software Expert Choice

dilanjutkan

Tabel 4.28 Perbandingan prinsip Analisis (lanjutan)

No.	Jenis Analisis	Prinsip Penggunaan
2.	Model desain terintegrasi dengan pelaksanaan	Analisis digunakan untuk menentukan model desain yang terintegrasi dengan strategi pelaksanaan jembatan di atas sungai kecil dengan alur kapal sebagai lalu lintas air untuk memfasilitasi jalan di sepanjang bantaran sungai tetap dipertahankan
3.	<i>Statistical Analysis</i> (Uji Statistik)	Analisis statistik dipergunakan untuk uji validasi dan uji reabilitas untuk mengetahui keakuratan hasil analisis. Juga digunakan untuk menentukan model regresi desain dan pelaksanaan jembatan di atas sungai kecil dengan alur kapal untuk lalu lintas air



BAB V

PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN

5.1. Faktor Kriteria Desain Konstruksi Jembatan

5.1.1 Aspek prosedur perencanaan.

Proses perencanaan konstruksi jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air merupakan tahapan kritis dalam membangun sebuah struktur bangunan jembatan. Perencanaan yang matang akan memastikan konfigurasi girder pada bentang utama mampu untuk dapat dilewati oleh kapal dengan baik, menghindari kerusakan, serta menjaga keamanan dan kestabilan struktur. Berikut adalah langkah-langkah dan faktor-faktor penting dalam proses perencanaan konstruksi jembatan:

a. Analisis Karakteristik Tanah

Langkah awal dalam perencanaan pondasi adalah menganalisis karakteristik tanah di lokasi konstruksi. Evaluasi gradien tanah, kekuatan tekan tanah, dan daya dukung tanah untuk menentukan jenis tanah yang dihadapi.

b. Analisis Beban Jembatan

Perhitungan beban jembatan melibatkan estimasi berat sendiri jembatan, beban mati, beban hidup dan beban lingkungan. Faktor ini diperlukan untuk menentukan besaran beban yang akan ditopang oleh bangunan bawah, baik abutmen maupun pilar untuk mereduksi ketinggian abutmen

c. Penentuan Jenis Bangunan Atas

Berdasarkan analisis beban hidup dan beban bangunan, selanjutnya dipilih jenis bangunan atas girder yang paling sesuai. Girder lengkung single span digunakan jika sungai tidak terlalu lebar, sementara muti-span girder lengkung dengan pilar ditambah pile slab, bentang utama girder baja komposit ataupun beton pratekan digunakan untuk bentang jembatan dengan alur kapal sampai dengan 40 meter.

d. Perhitungan Kedalaman Pondasi

Kedalaman pondasi ditentukan berdasarkan analisis tanah dan jenis pondasi jembatan yang dipilih. Pondasi beton pratekan umumnya memiliki kedalaman

yang lebih dangkal dibandingkan pondasi dalam dengan tipe tiang pancang baja atau bored-pile.

e. Pertimbangan Beban Lateral dan Torsional

Selain beban vertikal, perlu juga dipertimbangkan beban lateral dan torsional yang dapat mempengaruhi kestabilan pondasi. Pemilihan jenis pondasi yang mampu menahan beban lateral dan torsional menjadi hal penting dalam desain.

f. Desain Struktur Bangunan Bawah

Setelah menentukan jenis abutmen, pilar serta pondasi dan kedalamannya, dilakukan desain struktur bangunan bawah secara rinci. Proses ini melibatkan perhitungan dimensi abutmen, pilar, pondasi, posisi tulangan, dan spesifikasi material yang akan digunakan.

g. Pertimbangan Hidrologi/Hidrolika

Penentuan fluktuasi muka air sungai, seperti muka air normal (MAN), muka air banjir (MAB), pengaruh pasang surut (pasut), dan sifat aliran merupakan kriteria yang sangat penting dalam menentukan posisi abutmen dan elevasi bangunan atas terhadap *vertical clearance* (ruang bebas) baik vertikal maupun horizontal. Penentuan MAB dan ruang bebas yang baik sangat penting untuk memastikan bahwa alur kapal dapat berfungsi dengan baik pada saat kondisi MAB. Namun harus diperhatikan juga stabilitas dari jembatan karena penyesuaian elevasi posisi girder.

h. Pemodelan dan Simulasi

Penggunaan teknologi modern, seperti pemodelan dan simulasi komputer, dapat membantu memperkirakan perilaku bangunan atas dan bangunan bawah jembatan di berbagai kondisi. Simulasi ini membantu mengevaluasi seberapa baik pondasi dapat menanggulangi gempa atau perubahan beban eksternal.

5.1.2 Tinjauan aspek kriteria yang berpengaruh pada perencanaan

Hasil dari *Focus Group Discussion* dengan para ahli disimpulkan bahwa kriteria-kriteria penentu dalam perencanaan konstruksi jembatan dengan alur kapal mencakup variabel-variabel utama sebagai kriteria berikut:-

- a. Kondisi Sungai
- b. Jenis Alur Kapal
- c. Teknis Girder
- d. Hidrologi/Hidrolika
- e. Kemudahan Pelaksanaan
- f. Ekonomis/Biaya
- g. Kondisi Lingkungan

Dengan variabel-variabel itu disusun kuesioner matrik berpasangan dan diperoleh hasil pembobotan yang diperinci dalam indikator sesuai kriteria kondisi sungai dengan jenis tanah lunak yang tersebut di atas, dan bisa dilihat pada Tabel 5.1. Kriteria itu sendiri terdiri dari berbagai indikator yang nantinya digunakan untuk menetapkan kriteria sesuai dengan lokasi jembatan itu akan dibangun.

Tabel 5.1. Bobot Kriteria untuk kondisi sungai

Sub Kriteria pada Kondisi Sungai							
No	Sub Kriteria	Kriteria Kondisi Sungai					BOBOT
		tanah pada kondisi sungai pasang surut	tanah lanau dan tanah lempung lunak	tanah lempung kedalaman tanah keras < 10 m	tanah lempung kedalaman tanah keras > 10 m	ada konstruksi jalan di bantaran sungai	
1	tanah pada kondisi sungai pasang surut	1,0000	1,4562	0,1490	0,3401	0,4854	0,1153
2	tanah lanau dan tanah lempung lunak	0,6867	1,0000	6,5977	0,3249	0,4264	0,2137
3	tanah lempung kedalaman tanah keras < 10 m	6,7096	0,1516	1,0000	0,1327	0,1804	0,1682
4	tanah lempung kedalaman tanah keras > 10 m	2,9400	3,0776	7,5373	1,0000	1,4321	0,3001
5	ada konstruksi jalan di bantaran sungai	2,0600	2,3451	5,5432	0,6983	1,0000	0,2126
Jumlah vertikal		13,3963	5,6854	15,2841	1,6576		1,0000

Dari Tabel 5.1. di atas maka jika suatu lokasi mempunyai parameter dominan berupa tanah lempung dengan kedalaman tanah kerasnya > 10 meter maka koefisien bobot untuk jenis tanah adalah 0,3001 (bobot kriteria kondisi sungai) dan faktor adanya konstruksi jalan di sepanjang bantaran sungai adalah 0,2126 (bobot kriteria kondisi sungai). Dan seterusnya untuk parameter lokasi yang lainnya; teknis girder, tipe alur kapal, dan ekonomis/biaya. Tabel ringkasan analisis dari aspek perencanaan disajikan dalam Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2. Kriteria untuk aspek perencanaan bangunan atas

Kriteria	Sub Kriteria	Bobot
KONDISI SUNGAI	• tanah pada kondisi sungai pasang surut	0,1153
	• <u>tanah lanau/lempung lunak</u>	0,2037
	• <u>kedalaman tanah keras < 10 m</u>	0,1682
	• kedalaman tanah keras > 10 m	0,3001
	• <u>ada jalan di sepanjang bantaran sungai</u>	0,2126
TEKNIS GIRDER	• kesesuaian kriteria desain	0,2591
	• <u>kriteria desain metode konvensional</u>	0,2477
	• <u>tipe girder lengkung</u>	0,2128
	• <u>tipe girder lengkung multi-span</u>	0,2582
	• <u>tipe girder lurus</u>	0,0222
TIPE ALUR KAPAL	• kapal long boat	0,2139
	• <u>kapal speed boat</u>	0,1132
	• <u>kapal kelotok</u>	0,2224
	• <u>perahu kecil (jukung)</u>	0,2143
	• <u>kapal wisata kayu</u>	0,1338
	• <u>kapal tunda besi</u>	0,1024
EKONOMIS/BIAYA	• fixed cost	0,2170
	• <u>aktifitas lancar</u>	0,1523
	• <u>tidak ada konflik</u>	0,2165
	• <u>rupiah stabil</u>	0,2347

Formatted: List Paragraph, sub de titre 4, ANNEX, List Paragraph1, Body of text, Colorful List - Accent 11, HEADING 1, Medium Grid 1 - Accent 21, Body of text+1, Body of text+2, Body of text+3, List Paragraph11, Body of textCxSp, List Paragraph Inventariasi, SUB BAB2, Paragraph, Indent: Left: 0 cm, Hanging: 0.35 cm, Space Before: 0.4 line, After: 0.2 line, Bulleted + Level: 1 + Aligned at: 0 cm + Indent at: 0.63 cm

Formatted: Space Before: 0.4 line, After: 0.2 line

Formatted: List Paragraph, sub de titre 4, ANNEX, List Paragraph1, Body of text, Colorful List - Accent 11, HEADING 1, Medium Grid 1 - Accent 21, Body of text+1, Body of text+2, Body of text+3, List Paragraph11, Body of textCxSp, List Paragraph Inventariasi, SUB BAB2, Paragraph, Indent: Left: 0 cm, Hanging: 0.35 cm, Space Before: 0.4 line, After: 0.2 line, Bulleted + Level: 1 + Aligned at: 0 cm + Indent at: 0.63 cm

Formatted: Space Before: 0.4 line, After: 0.2 line

Formatted: List Paragraph, sub de titre 4, ANNEX, List Paragraph1, Body of text, Colorful List - Accent 11, HEADING 1, Medium Grid 1 - Accent 21, Body of text+1, Body of text+2, Body of text+3, List Paragraph11, Body of textCxSp, List Paragraph Inventariasi, SUB BAB2, Paragraph, Indent: Left: 0 cm, Hanging: 0.35 cm, Space Before: 0.4 line, After: 0.2 line, Bulleted + Level: 1 + Aligned at: 0 cm + Indent at: 0.63 cm

Formatted: Space Before: 0.4 line, After: 0.2 line

Formatted: ... [1]

Formatted: Space Before: 0.4 line, After: 0.2 line

Formatted: ... [2]

Formatted: Space Before: 0.4 line, After: 0.2 line

Formatted: ... [3]

Formatted: Space Before: 0.4 line, After: 0.2 line

Formatted: ... [4]

Formatted: Space Before: 0.4 line, After: 0.2 line

Formatted: ... [5]

Formatted: Space Before: 0.4 line, After: 0.2 line

Formatted: ... [6]

Formatted: Space Before: 0.4 line, After: 0.2 line

Formatted: ... [7]

Formatted: Space Before: 0.4 line, After: 0.2 line

Formatted: ... [8]

Formatted: Space Before: 0.4 line, After: 0.2 line

Formatted: ... [9]

Formatted: Space Before: 0.4 line, After: 0.2 line

Formatted: ... [10]

Formatted: Space Before: 0.4 line, After: 0.2 line

Formatted: ... [11]

Formatted: Space Before: 0.4 line, After: 0.2 line

Formatted: ... [12]

Formatted: Space Before: 0.4 line, After: 0.2 line

• tidak ada inflasi

0,1795

5.2.- Identifikasi Jenis Konstruksi Jembatan dengan Alur Kapal

Identifikasi jenis konstruksi jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air dikerjakan dengan melakukan survai primer pengumpulan data jembatan yang ada di Kalimantan Selatan dan dengan data sekunder menggunakan data-data yang ada di jurnal yang telah dilakukan oleh peneliti lain. Dari hasil kajian tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa konstruksi bangunan jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air yang digunakan di Kalimantan disajikan dalam Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3. Data Jembatan dengan Alur Kapal yang ada di Kalimantan

No.	Nama Jembatan	Bentang (m)	Single Span	Multi Span
1	Girder Komposit	16 – 25	< 25	< 25
2	Girder Beton Pratekan	16 – 30	< 30	< 30
3	Girder <i>Bascula Bridge</i>	16 – 25	< 20	< 25
4	Jembatan <i>Pile Slab</i>	5 – 15	< 10	< 15
5	Girder Menerus Komposit	20 – 40	< 25	< 40
6	Girder Menerus Pratekan	20 – 40	< 25	< 40
7	Girder Komposit Lengkung	16 – 25	< 25	< 40
8	Girder Beton Pratekan Lengkung	20 – 40	< 25	< 40
9	Girder PCI Lengkung + Pile Slab	30 – 40	< 30	< 40

Pada Tabel 5.3. tersebut mempunyai syarat pemakaian yang berbeda-beda yang tergantung dari jenis jembatannya dan juga tipe abutmen dan pilar yang bisa digunakan, misalkan girder komposit hanya terbatas untuk dimanfaatkan untuk single span maksimum 25 meter saja jika menggunakan baja komposit untuk bangunan atasnya, sedangkan jika bangunan atas terbuat dari keseluruhan beton maka beton pratekan (PCI) bisa digunakan untuk bentang sampai dengan 40 meter. Berdasarkan hasil analisis DSS dengan 9 kriteria dan 50 sub kriteria, 9 orang Expert memberikan penilaian, menunjukan hasil urutan alternatif preferensi konstruksi

Formatted: List Paragraph,sub de titre 4,ANNEX,List Paragraph1,Body of text,Colorful List - Accent 11,HEADING 1,Medium Grid 1 - Accent 21,Body of text+1,Body of text+2,Body of text+3,List Paragraph11,Body of textCxSp,List Paragraph Inventariasi,SUB BAB2,Paragraph, Indent: Left: 0 cm, Hanging: 0.35 cm, Space Before: 0.4 line, After: 0.2 line, Bulleted + Level: 1 + Aligned at: 0 cm + Indent at: 0.63 cm

Formatted: Space Before: 0.4 line, After: 0.2 line

bangunan jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air, sebagaimana terinci pada Tabel 5.4 berikut:

Tabel 5.4 Preferensi konstruksi bangunan jembatan dengan alur kapal

No.	Konfigurasi Jembatan	Visual Konfigurasi Jembatan
1)	Multi-span girder lengkung dengan abutmen normal dan pilar + pile slab (jalan akses di bantaran sungai) Kode: MCGPS Multi-span cambered girder + pile slab	
2)	Multi-span girder lenkung dengan abutmen normal dan pilar (ada jalan akses di bantaran sungai) Kode: MCGPL Multi-span cambered girder + pilar	
3)	Multi-span girder lurus dengan abutmen normal dan pilar (jalan akses di bantaran sungai) Kode: MSGPL Multi-span straight girder + pilar	
4)	Single span girder lengkung dengan abutmen normal Kode: SCGAN Single-span cambered girder abutmen normal	
5)	Single span girder lurus dengan adanya vertical clearance, sehingga abutmen tinggi Kode: SSGAT Single-span straight girder abutmen tinggi	
6)	<i>Single Span Bascula Bridge</i> dengan <i>Abutmen + Hydraulic Jack</i> Kode: SGBAH Single-span Bascula bridge girder jungkit	

Data-data yang ditampilkan pada Tabel 5.3 dan 5.4 selanjutnya diolah menjadi kuesioner yang dibagikan kepada expert untuk memberikan penilaian

pertanyaan berpasangan dengan metode yang dikembangkan oleh Saaty (2005). Hasilnya isian dari kuisioner untuk pemilihan tipe konstruksi jembatan multi-span panjang total sampai dengan 40 meter, dengan alur kapal untuk lalu lintas air disajikan dalam Tabel 5.5 dan 5.6 berikut. Alternatif konfigurasi dan tipe girder yang menjadi pilihan adalah sebagai berikut:

1. Multispan girder lengkung + pilar (*Multi-span cambered girder*)
2. Multispan girder lengkung + pilar + pile slab (*Cambered girder pile slab*)
3. Multispan girder lurus + pilar + pile slab (*Multi-span girder pile slab*)

Tabel 5.5. Tabel kuesioner berpasangan (Jenis Konstruksi Jembatan)

Responden-1																							
NO	ALTA	SKALA										SKALA										ALT B	
1		5	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	7	6	5	4	3	Cambered Pile Slab
	Cambered Girder												4										Cambered Pile Slab
NO	ALTA	SKALA										SKALA										ALT C	
2		5	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	7	6	5	4	3	Girder Pile Slab
	Cambered Girder						5																Girder Pile Slab
NO	ALTA	SKALA										SKALA										ALT D	
3		5	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	7	6	5	4	3	Girder Pile Slab
	Cambered Pile Slab								3														Girder Pile Slab

Untuk hasil isian responden lainnya secara lengkap disampaikan pada bagian Lampiran-B5.

Tabel 5.6. Hasil pengolahan kuesioner berpasangan

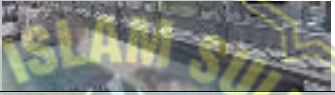
KRITERIA TEKNIS GIRDER					
Konfigurasi Girder	Cambered Girder	Cambered Pile Slab	Girder Pile Slab	Renata	Bobot
Cambered Girder	1	1,4458	0,4043	0,6843	0,2401
Cambered Pile Slab	0,6917	1	0,2796	0,4733	0,1661
Girder Pile Slab	2,4734	3,5760	1	1,6925	0,5938
$\sum$ bobot	4,1650	4,1650	4,1650	2,8501	1,0000

Ini merupakan hasil ringkasan matriks berpasangan dari 30 responden yang telah diinput kedalam format excel dan diperoleh nilai bobot masing-masing alternatif

untuk kriteria **Jenis Konfigurasi Girder Jembatan**, sedangkan untuk alternatif yang lain disampaikan dalam Lampiran B-6.

Untuk preferensi penentuan jenis konfigurasi konstruksi jembatan single span tanpa alur kapal dengan berbagai tipe bangunan atas, ditampilkan pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Konfigurasi jembatan single span tanpa alur kapal

No.	Nama Jembatan (Single Span)	Bentang (m)	Visualisasi Jembatan
1	Girder Komposit Lurus Kode: SSGKI	16 – 25	
2	Girder Beton Pratekan Kode: SSPCI	16 – 30	
3	Girder Beton Bertulang Kode: SSGTI	16 – 25	
4	Voided Slab Beton Kode: SSSBB	5 – 15	

Untuk preferensi penentuan jenis konfigurasi konstruksi jembatan single span dengan alur kapal, berbagai tipe bangunan atas, ditampilkan pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Konfigurasi jembatan single span dengan alur kapal

No.	Nama Jembatan (Single Span)	Bentang (m)	Visualisasi Jembatan
1	Girder Komposit Camber Kode: SSGKI	16 – 25	
2	Girder Prestress Lurus Kode: SSPCI	16 – 30	
3	Girder Camber Prestress Kode: SSPCL	16 – 20	

4	Girder <i>Bascula Bridge</i> Kode: <i>SSGBB</i>	5 – 15	
---	--	--------	--

Untuk preferensi penentuan jenis konfigurasi konstruksi jembatan multi-span dengan alur kapal, berbagai tipe bangunan atas, ditampilkan pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.9 Berbagai konfigurasi bangunan atas jembatan dengan alur kapal

No.	Nama Jembatan (Multi-span)	Bentang (m)	Visualisasi Jembatan
1	Girder Komposit Cambered + Pile Slab + Girder Komposit Kode: MSGKI	20 – 40	
2	Girder Prestress Cambered + Pile Slab + Girder PCI Kode: MSPCI	20 – 40	
3	Girder Prestress Cambered + Pile Slab + Pile Slab Kode: MSPCP	20 – 40	
4	Girder Prestress Camber + Girder PCI + RC Box Culvert Kode: MSPCC	20 – 40	

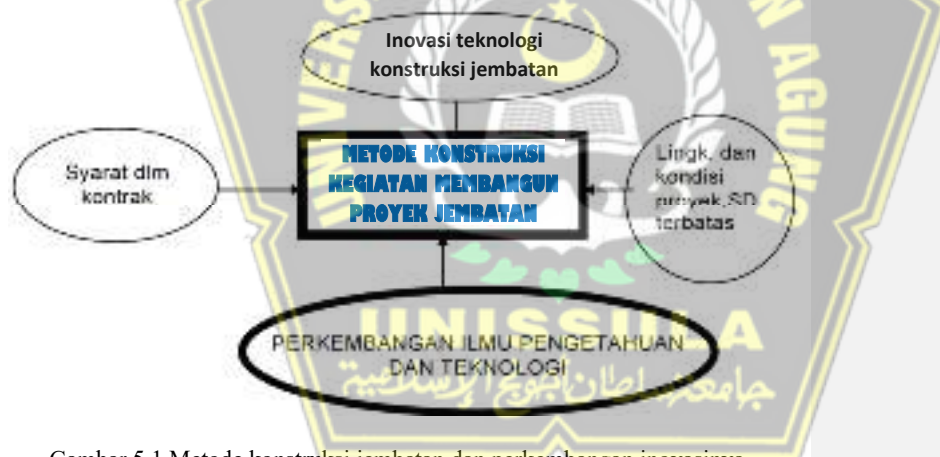
5.3. Strategi Pelaksanaan Bangunan Atas Jembatan

5.3.1. Metode pelaksanaan bangunan atas jembatan

Metoda pelaksanaan konstruksi adalah suatu rangkaian kegiatan pelaksanaan konstruksi yang mengikuti prosedur serta telah dirancang sesuai dengan pengetahuan atau standar yang telah diuji cobakan. Cara atau metoda tersebut tidak

terlepas dari penggunaan teknologi sebagai pendukung dan mempercepat proses pembuatan suatu bangunan, agar kegiatan pembangunan dapat berjalan sebagai mana mestinya sesuai dengan yang diharapkan dan lebih ekonomis dalam biaya pemakaian bahan, waktu pelaksanaan dan mutu konstruksinya, misalnya bahan bangunan yang umum dipakai pada struktur bangunan gedung adalah beton dan baja, kemajuan teknologi pada proses pembuatan baja dan beton berdampak pada peningkatan kekuatan kedua bahan ini yaitu beton dan baja seperti pembuatan kabel baja bermutu tinggi yang selanjutnya digunakan dalam peningkatan teknologi beton pratekan yang lebih ekonomis.

Berbagai aspek yang mempengaruhi metode konstruksi jembatan dan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi konstruksi yang digunakan dapat digambarkan dalam **Gambar 5.1** berikut.-



Gambar 5.1 Metode konstruksi jembatan dan perkembangan inovasinya

Dalam inovasi teknologi pelaksanaan pembangunan adalah aspek metoda konstruksi yaitu adalah rangkaian kegiatan dan urutan kegiatan membangun yang dipadukan dengan persyaratan kontrak (gambar, spesifikasi, jadwal penyelesaian), ketersediaan tenaga kerja dan kondisi lingkungan yang ada di lokasi bangunan (seperti cuaca, kondisi tanah, dan lain-lain).

Metoda konstruksi pada pembuatan girder dengan material pra-cetak di *pengecoran beton yard* (tempat fabrikasi) baik beton bertulang maupun beton pratekan sampai dengan pemasangan girder, perlu dipertimbangkan seluruh aspek kegiatan sejak dipersiapkan sampai dengan pemasangannya, antara lain:

- 1) Kegiatan ditempat pembuatan (Fabrikasi)
 - a) penyiapan lahan
 - b) penyiapan peralatan
 - c) penyiapan pembuatannya
 - d) penyiapan pengangkutannya
- 2) Kegiatan transportasi
 - Penyiapan alat transportasi
 - Penyiapan dari alat transportasi ke lokasi pelaksanaan
- 3) Kegiatan di lokasi pelaksanaan
 - Penyiapan tempat
 - Penyiapan peralatan untuk pemasangan/ penurunan
 - Penyiapan pengawasan pelaksanaan
 - dan seterusnya

Berbagai perkembangan teknologi konstruksi yang berpengaruh dalam perkembangan inovasi metode pelaksanaan konstruksi, antara lain-:

4) Teknologi bahan

Bahan bangunan yang umum dipakai pada struktur bangunan gedung adalah beton dan baja, kemajuan teknologi pada proses pembuatan baja dan beton berdampak pada peningkatan kekuatan bahan beton dan baja. Misal contoh pembuatan kabel baja bermutu tinggi, yang selanjutnya digunakan dalam peningkatan teknologi beton pratekan yang lebih ekonomis. Penggunaan material baja ringan dan mutu tinggi bisa digunakan sebagai material girder sebagai pengganti jenis girder beton bertulang

5) Teknologi Desain

Dengan adanya perangkat komputer yang makin canggih berdampak pada metode desain yang lebih cepat dan bervariasi, sehingga dapat membuat berbagai alternatif desain yang lebih baik dalam waktu yang singkat, demikian pula dalam bahan-bahan miniatur tahap perancangan arsitektural, lebih dapat memuaskan pengguna rancangan dengan berbagai variasi warna dan bentuk rancangan.

6) Efisiensi pelaksanaan konstruksi

Dengan adanya bahan-bahan baru yang lebih baik, dan kemajuan teknologi dalam peralatan lebih sempurna, menyebabkan jadwal dan biaya pelaksanaan dapat lebih memenuhi persyaratan kontrak, menggunakan metode pelaksanaan yang lebih modern.

Setiap jenis girder akan memiliki metode pelaksanaan yang berbeda-beda. Perbedaan ini disebabkan oleh alat yang digunakan, bahan yang akan digunakan, kondisi tanah pada lokasi tersebut, keadaan muka air banjir dan lain-lain. Metode konstruksi adalah bagian yang sangat penting dalam proyek konstruksi untuk mendapatkan tujuan dari proyek, yaitu biaya, kualitas dan waktu. Aspek teknologi, sangat berperan dalam suatu proyek konstruksi. Penggunaan metode yang tepat, praktis, cepat, dan aman, sangat membantu dalam penyelesaian pekerjaan pada suatu proyek konstruksi, sehingga target waktu, biaya dan mutu sebagaimana ditetapkan akan dapat tercapai.

Jenis-jenis girder dalam metode pelaksanaan yang umum digunakan dalam struktur bangunan jembatan disajikan dalam *Lampiran B* :

5.3.2. Indikator pelaksanaan bangunan atas jembatan

Setiap jenis girder akan memerlukan bahan, tenaga kerja, metode pelaksanaan, pemakaian alat, dan resiko K3 dan Lingkungan serta jenis kontrak yang akan dijadikan kesepakatan antara pemilik dan pelaksana kegiatan. Semua aspek

pelaksanaan tersebut harus diakomodir agar memberikan hasil desai yang kompatibel dalam proses pelaksanaan pekerjaan konstruksinya.

Dari hasil survei pelaksanaan pekerjaan bangunan atas jembatan di daerah Kalimantan dan juga resume dari berbagai jurnal yang terkait dengan konfigurasi bangunan atas jembatan yang umumnya terdapat pada lokasi jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas alir dapat diambil kesimpulan bahwa faktor-faktor yang sangat dominan dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi bangunan atas jembatan disajikan dalam Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Resume faktor penting dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi

No	Alternatif Girder	Bahan (I)	Tenaga (II)	Metode (III)	Alat digunakan (IV)	Resiko (V)	Waktu
1	Bata Komposit S-sp	Nilon	Tidak	Manual	Alat Seng	sedang	cepat
2	Beton Bertulang S-sp	Nilon	Tidak	Manual	Alat Seng	sedang	cepat
3	Beton Shored S-sp	Nilon	Tidak	Manual	Alat Seng	sedang	cepat
4	Komposit Shored S-sp	sedang	sedang	sedang	Alat Seng	sedang	lama
5	Komposit M-spen	sedang	sedang	sedang	Alat Seng	sedang	lama
6	PCI S-spen komposit	sedang	sedang	sedang	Alat Seng	sedang	lama
7	PCI M-spen komposit	sedang	sedang	sedang	Alat Seng	sedang	lama
8	PCI M-spen plester	sedang	sedang	sedang	Alat Seng	sedang	lama
9	PCI M-spen komposit	sedang	sedang	sedang	Alat Seng	sedang	sedang

Data-data variabel tersebut kemudian dibuat kuesioner yang diberikan kepada para ahli untuk memberikan nilai pada matriks berpasangan, yang hasilnya disajikan dalam Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Matriks dari faktor-faktor berpengaruh dalam pelaksanaan

KEMUDAHAN PELAKSANAAN	• metode simpel	0,2066
	• konvensional	0,1458
	• teknologi baru	0,1204
	• pekerja terampil	0,1202
	• tenaga ahli	0,1636
	• alur NWP baik	0,1232
	• efisiensi biaya	0,1202
RESKORIS dan LINGKUNGAN	• Rendah	0,2657
	• Sedang	0,2243
	• Tinggi	0,2362
	• Ekstrem	0,2738
KETERSEDIAAN MATERIAL	• material ringan	0,1664
	• material alami	0,2388
	• ex fabrikasi	0,1105
	• komposit	0,1556
	• beton bertulang	0,1267
	• beton pratekan	0,202
JENIS KONTRAK	• kontrak design and build	0,1226
	• kontrak lumpsum	0,2451
	• kontrak biaya pasti	0,1221
	• kontrak unit price	0,2253
	• kontrak turn-key	0,0398
	• time schedule	0,1592
EFISIENSI BIAYA	• lembur kurang	0,2526
	• efektifitas kerja	0,2053
	• idle time kurang	0,1325
	• no overlapping	0,1435
	• tidak ada rework	0,1069

5.4. Strategi Desain Terintegrasi Pengembangan skala Prioritas Bangunan Atas Jembatan

5.4.1 Analisis pemilihan dengan metode AHP

Strategi pengambilan keputusan terbaik menggunakan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*). Metode ini merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk menyelesaikan pengambilan keputusan secara praktis. AHP memiliki konsep dimana alternatif yang terpilih merupakan alternatif terbaik yang memiliki nilai preferensi terbaik dari hasil analisis perbandingan matriks berpasangan. Semakin banyaknya faktor yang harus dipertimbangkan dalam proses pengambilan keputusan, maka semakin relatif sulit juga untuk mengambil keputusan terhadap suatu permasalahan. Apalagi jika upaya pengambilan keputusan dari suatu permasalahan tertentu, selain mempertimbangkan berbagai faktor/kriteria yang beragam, juga melibatkan beberapa orang pengambil keputusan. Permasalahan yang demikian dikenal dengan permasalahan *multiple criteria decision making* (MCDM). Dengan kata lain, MCDM juga dapat disebut sebagai suatu pengambilan keputusan untuk memilih alternatif terbaik dari

sejumlah alternatif berdasarkan beberapa kriteria tertentu. Metode AHP digunakan sebagai suatu upaya untuk menyelesaikan permasalahan *multiple criteria decision making* untuk melengkapi proses analisis pemilihan alternatif terbaik berdasarkan kriteria yang ditetapkan, disini digunakan 7 kriteria. AHP dilakukan pengecekan dengan software bantu *Expert Choice*. Hal ini disebabkan konsepnya sederhana dan mudah dipahami, komputasinya efisien dan memiliki kemampuan untuk mengukur kinerja relatif dari alternatif-alternatif keputusan. Hasil perhitungan AHP dengan 7 kriteria terhadap pilihan masing-masing tipe konstruksi atas, tipe konstruksi bawah, dan konfigurasi konstruksi jembatan.

5.4.2. Data yang diperlukan

Berikut prosedur yang harus dilakukan proses perhitungan data sebelum dapat melakukan analisis AHP:

1. Data Alternatif

Data alternatif sebagai pemilihan tipe konstruksi alternatif adalah jenis bangunan atas dan bawah itu sendiri, kode alternatif diganti dengan Kode KJ, atau bisa ditambahkan atribut lain seperti jenis konstruksi lainnya (Tabel 5.12).

Tabel 5.12 Data Alternatif Konstruksi Jembatan

Kode	Nama Alternatif Girder
BA01	Girder Lurus (GKI atau PCI)
BA02	Girder Lengkung (GKI atau PCI)
BA03	Single Leaf Bascula Bridge
BB01	Abutmen Tinggi
BB02	Abutmen Normal
BB03	Abutmen + <i>Hydraulic Jack</i>
KK01	Single Span Girder (GKI atau PCI)
KK02	Multi-span Girder + Pilar + Pile Slab
KK03	Multi-span Girder + Pilar + Girder

2. Data Kriteria

Data kriteria sebagai menjadi dasar penilaian untuk alternatif. Untuk penyelesaian pengambilan keputusan, dipilih salah satu faktor bobot kriteria pada lokasi

jembatan yang akan dibangun. Tabel 5.13 berikut merupakan contoh parameter lokasi jembatan.

Tabel 5.13 Parameter kriteria lokasi jembatan

Parameter		Kriteria						
LOKASI		0.1137	0.1437	0.2137	0.1105	0.1696	0.3778	0.2343
No.		luas area tanah lebih 12 m konvensional	jarak dari rumah	jumlah atap diatas rumah	no balok	panjang dari rumah	jarak dari rumah	panjang
		1	2	3	4	5	6	7
PILIHAN		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

3. Nilai Alternatif

Nilai alternatif digunakan untuk memberikan penilaian terhadap alternatif pada masing-masing kriteria. Untuk lebih mudah biasanya ditampilkan dalam bentuk tabel (matriks) dengan alternatif sebagai judul baris, dan kriteria sebagai judul kolom, seperti disajikan dalam Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Nilai Alternatif Tipe Girder Bentang Utama

JENIS SUNGAI		Kriteria				
Tipe Girder	Kriteria	Girder Beton RT	Girder PCI	Bentang	Bobot	
Girder Beton RT	1	1,1150	0,1040	0,5045	0,2401	
Girder Beton RT	0,0937	1	0,2766	0,4753	0,1661	
Girder PCI	2,4734	3,3760	1	1,6925	0,5938	
$\sum$ bobot	4,1630	4,1630	4,1630	2,8501	1,0000	

Dari Tabel 5.14 di atas, untuk kriteria jenis sungai terhadap kondisi tanah lunak, untuk pemilihan tipe girder yang paling tinggi bobotnya adalah jenis girder PCI (*prestressed concrete*) yang dapat mudah dibentuk untuk *segmental cambered girder* (gelagar lengkung), sebagai bentang utama untuk menaikkan *vertical clearance* tanpa harus menambah tinggi girder. Gelagar PCI lengkung juga dapat digunakan untuk bentang utama, baik konstruksi jembatan single span maupun multi-span.

5.4.3. Perhitungan Penentuan Model Metode AHP

Berikut langkah perhitungan penentuan model metode AHP:

- Tabel 5.15 Matriks kriteria vs alternatif Girder

Tabel ini dibuat berdasarkan data dari Tabel 5.15 sesuai dengan kriteria yang sudah dihitung.

- Untuk melakukan normalisasi, dilakukan dengan mengkuadratkan setiap elemen matriks pada Tabel 5.15, yang hasilnya disajikan dalam Tabel 5.16 berikut.

Sl. No.	Project Name	Start Date	End Date	Project Manager	Project Sponsor	Project Steering Committee	Project Status	Project Outcome
1	Project A: New Product Development	2023-01-01	2023-03-31	John Doe	Jane Smith	Project A Steering Committee	Completed	Launched new product successfully, exceeding sales targets.
2	Project B: System Upgrade	2023-02-01	2023-04-30	John Doe	Jane Smith	Project B Steering Committee	In Progress	Upgrade is 75% complete, testing phase initiated.
3	Project C: Marketing Campaign	2023-03-01	2023-05-31	John Doe	Jane Smith	Project C Steering Committee	On Hold	Campaign postponed due to budget constraints.
4	Project D: Customer Service Improvement	2023-04-01	2023-06-30	John Doe	Jane Smith	Project D Steering Committee	On Hold	Improvement initiative paused pending management review.
5	Project E: Website Redesign	2023-05-01	2023-07-31	John Doe	Jane Smith	Project E Steering Committee	On Hold	Redesign project delayed due to resource allocation.
6	Project F: Data Analytics Implementation	2023-06-01	2023-08-31	John Doe	Jane Smith	Project F Steering Committee	On Hold	Analytics implementation on hold until Q3 2023.
7	Project G: Mobile App Development	2023-07-01	2023-09-30	John Doe	Jane Smith	Project G Steering Committee	On Hold	Mobile app development delayed due to technical challenges.
8	Project H: Internal Process Automation	2023-08-01	2023-10-31	John Doe	Jane Smith	Project H Steering Committee	On Hold	Automation project paused due to budget review.
9	Project I: New Market Expansion	2023-09-01	2023-11-30	John Doe	Jane Smith	Project I Steering Committee	On Hold	Market expansion initiative delayed due to regulatory requirements.
10	Project J: Employee Training Program	2023-10-01	2023-12-31	John Doe	Jane Smith	Project J Steering Committee	On Hold	Training program delayed due to scheduling conflicts.

- 174

Untuk melakukan normalisasi adalah dengan menjumlahkan setiap baris pada setiap kriteria dan selanjutnya menormalisasikan dengan cara membagi setiap elemen matriks dengan akar (sqrt) dari total baris yang bersesuaian, hasilnya seperti pada Tabel 5.17 berikut.

Tabel 5.17 Matriks normalisasi setiap kriteria

ALTERNATIF	KRITERIA					
	Tipe Span	Tipe Girder	Pemilihan Tipe	Estimasi Material	Estimasi Pekerjaan	Revisi Estimasi
PCI Cambered S-span	0,3209	0,3777	0,4055	0,3296	0,3445	0,3002
Komposit Single-span	0,2216	0,3556	0,4034	0,3013	0,3588	0,3702
PCI Cambered P-Slab	0,3016	0,2071	0,3775	0,3262	0,3431	0,3304
Beton Bertulang S-span	0,2067	0,2439	0,3222	0,2805	0,3277	0,3190
Beton Bertulang S-span	0,2064	0,2439	0,3222	0,2805	0,3277	0,3190
Komposit Komposit	0,2798	0,2439	0,3222	0,2805	0,3277	0,3190
Komposit Multi-span	0,2798	0,2439	0,3222	0,2805	0,3277	0,3190
PCI Cambered M-span	0,2598	0,2439	0,3222	0,2805	0,3277	0,3190
PCI Cambered M-span	0,2598	0,2439	0,3222	0,2805	0,3277	0,3190
	2,206	2,206	2,206	2,206	2,206	2,206

4. Menghitung preferensi terbaik

Preferensi prioritas pilihan didapat dari nilai rata-rata penjumlahan total dari nilai masing-masing kriteria, sebagaimana disajikan pada Tabel 5.18 berikut.

Tabel 5.18 Penentuan Preferensi Prioritas

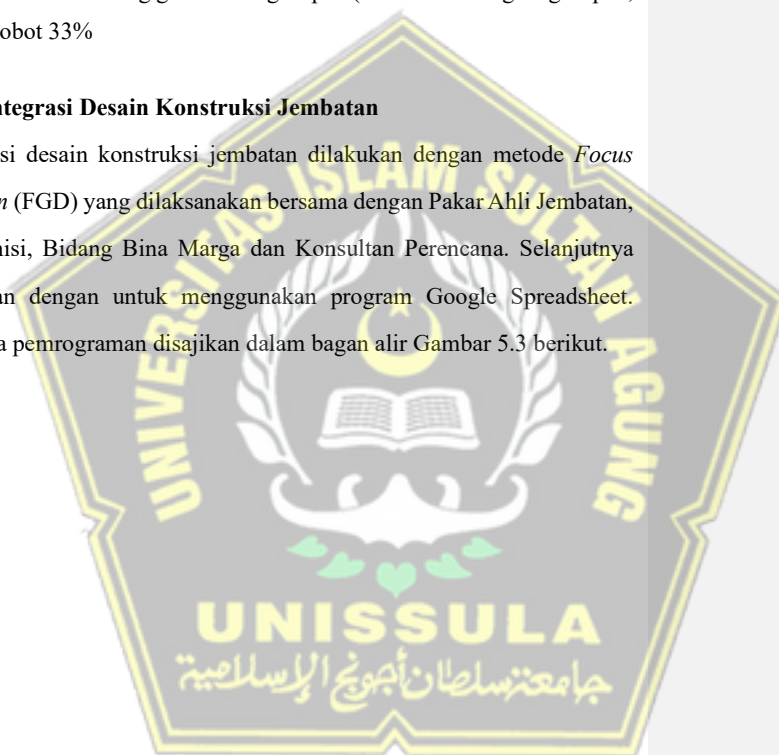
ALTERNATIF Girder Jembatan	P_x	P_x (%)	Prioritas
PCI Cambered S-span	0,57958	58%	1
Komposit Single-span	0,36651	37%	2
PCI Cambered P-Slab	0,34386	34%	3
Beton Bertulang S-span	0,32643	33%	4
PCI Cambered Komposit	0,32225	32%	5
PCI Lurus S-span	0,29598	30%	6
Komposit Multi-span	0,28821	29%	7
Komposit S-Sp Shored	0,28017	28%	8
PCI Cambered M-Span	0,27336	27%	9

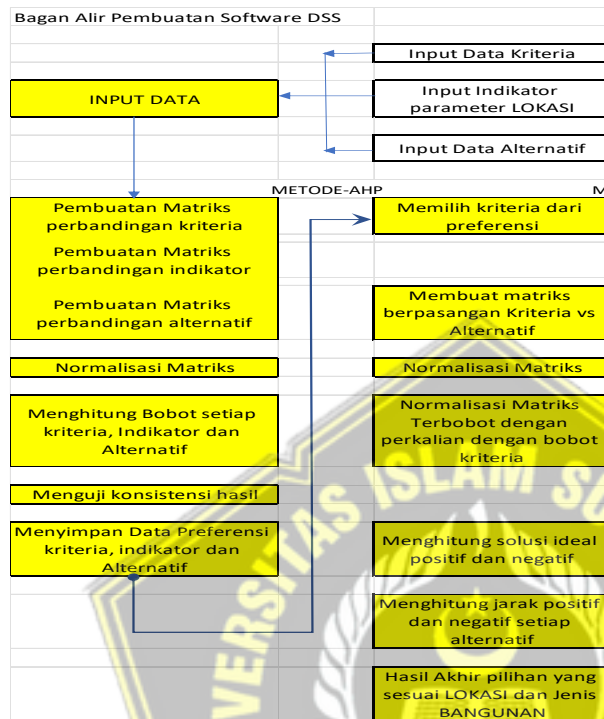
Dari nilai bobot rerata (P_x) untuk prioritas dari tipe konstruksi jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air pada kondisi umum jembatan tanpa adanya jalan di sepanjang bantaran sungai, didapat urutan prioritas sebagai berikut:

1. Tipe jembatan beton pratekan girder lengkung single span (PCI cambered single span, dengan nilai bobot 58%.
2. Tipe jembatan baja komposit girder lengkung single span (Komposit single span, dengan nilai bobot 37%.
3. Tipe jembatan beton pratekan girder lengkung multi span dengan pile slab (PCI cambered P-slab, dengan nilai bobot 34%.
4. Tipe jembatan beton bertulang girder T single span (Beton bertulang single span, dengan nilai bobot 33%

5.5. Model Terintegrasi Desain Konstruksi Jembatan

Model terintegrasi desain konstruksi jembatan dilakukan dengan metode *Focus Group Discussion* (FGD) yang dilaksanakan bersama dengan Pakar Ahli Jembatan, Praktisi, Akademisi, Bidang Bina Marga dan Konsultan Perencana. Selanjutnya analisis dilakukan dengan untuk menggunakan program Google Spreadsheet. Logika Algoritma pemrograman disajikan dalam bagan alir Gambar 5.3 berikut.





Gambar 5. 2 Diagram alir algoritma model terintegrasi

Dengan menggunakan model bangunan atas yang paling ideal yaitu konfigurasi girder multi-span untuk jembatan dengan alur kapal pada kondisi terdapat jalan akses disepanjang bantaran sungai yang perlu tetap ada dan tidak boleh direlokasi. Untuk itu dilakukan analisis untuk pemilihan tipikal model yang lebih spesifik, yaitu: jenis konfigurasi bangunan atas jembatan dengan alternatif;

- 1) KKJ1 ; MSGKI - Girder Komposit Cambered + Pile Slab + Girder Komposit
- 2) KKJ2 ; MSPCI - Girder Prestress Cambered + Pile Slab + Girder PCI
- 3) KKJ3 : MSPCP - Girder Prestress Cambered + Pile Slab + Pile Slab

Berdasarkan hasil analisis quisoner dengan pendapat dari 7 orang Expert, maka didapat kesimpulan urutan kriteria yang dominan dan tipe jenis konfigurasi bangunan atas dari segi desain dan pelaksanaan, seperti ditampilkan pada Tabel 5.19 dan 5.20 berikut.

Tabel 5.19 Urutan prioritas pemilihan kriteria dominan – bangunan atas

No.	Kriteria	KKJ-1	KKJ-2	KKJ-3	Urutan
1	Material & Peralatan	0,0515	0,0452	0,0531	6
2	Ekonomis/Biaya	0,0713	0,0690	0,0756	5
3	Metode Pelaksanaan	0,0377	0,0345	0,0385	7
4	Kondisi Lingkungan	0,1118	0,1122	0,1084	4
5	Hidrologi/Hidrolika Sungai	0,2466	0,2484	0,2399	2
6	Teknis Girder	0,1790	0,1876	0,1856	3
7	Tipe Alur Kapal	0,3021	0,3031	0,2989	1

Ket. KKJ1 Girder Komposit Cambered + Pile Slab + Girder Komposit;
 KKJ2 Girder Beton Prestress Cambered + Pile-slab + Girder PCI;
 KKJ3 Girder Beton Prestress PCI Cambered + Pile Slab + Pile Slab

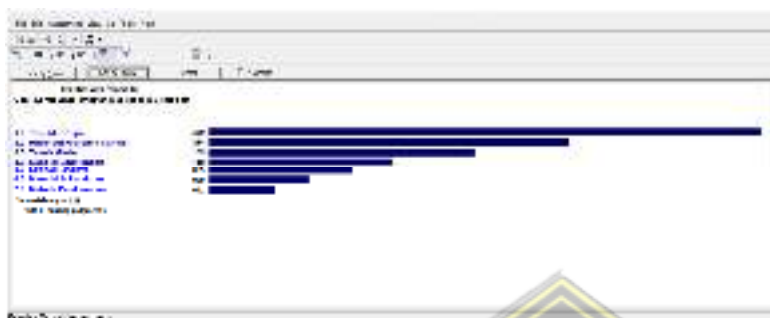
Tabel 5.20 Hasil nilai bobot matriks berpasangan TKKJ - kriteria

Kriteria TKKJ	Tipe Alur Kapal	Hidrologi/ Hidrolika Sungai	Teknis Girder	Kondisi Lingkungan	Nilai Matriks
(KKJ-1)	0,3021	0,2466	0,1790	0,1118	0,3327
(KKJ-2)	0,3031	0,2484	0,1876	0,1122	0,3373
(KKJ-3)	0,2989	0,2399	0,1856	0,1084	0,3300

Dari Tabel 5.20, tipe konfigurasi konstruksi jembatan (TKKJ), tipe girder camber lengkung vertikal dengan pilar + girder PCI + pile slab (MSPCI) memiliki nilai matriks akhir yang sangat dominan dibandingkan 2 tipe lainnya. Sehingga untuk pemilihan jenis konfigurasi konstruksi jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air dengan jalan akses eksisting di kiri kanan bantara sungai tetap ada tanpa perlu di relokasi, tipe girder camber lengkung dengan pilar dan span penghubung girder PCI dan pile slab menjadi alternatif dengan nilai bobot tertinggi yaitu 0,3373 menjadi pilihan utama.

Adapun validasi hasil metode AHP pada pemilihan kriteria integrasi desain dan pelaksanaan yang dominan menggunakan *Expert Choice* dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan Tabel 5.21 berikut.

Gambar 5.3 Hasil output analisis Expert Choice



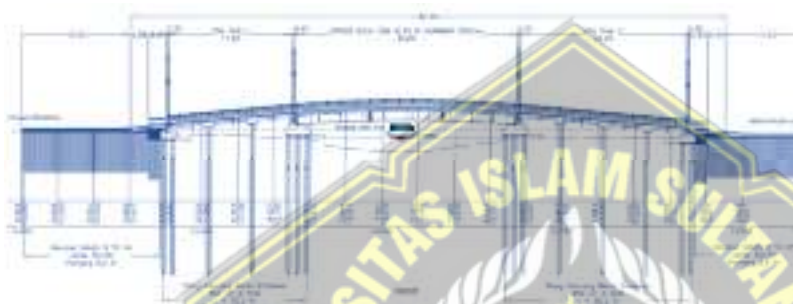
Tabel 5.21 Perbandingan hasil *Spreadsheet* dan *Expert Choice*

Kriteria Pilihan	Expert Choice	Spread-Sheets	Perbedaan (Persen)
Tipe Alur Kapal	0,330	0,328	0,2%
Hidrologi/Hidrolika Sungai	0,214	0,219	-0,5%
Teknis Girder	0,159	0,163	-0,4%
Kondisi Lingkungan	0,110	0,107	0,3%
Ekonomis/Biaya	0,085	0,083	0,2%
Material & Peralatan	0,060	0,058	0,2%
Metode Pelaksanaan	0,041	0,042	-0,1%
	CR =	CR =	
	0,0300	0,0295	1,7%

Dari hasil perbandingan pada Tabel 5.21 di atas, dapat ditentukan bahwa penggunaan Google Spreadsheets dapat diterima, jika dibandingkan hasil Expert Choice dengan perbedaan yang terbesar hanya 0,5% dan nilai Consistency Ratio (CR) sebesar 1,7%.

Maka dapat disimpulkan bahwa untuk pemilihan tipe bangunan atas konstruksi jembatan dengan alur kapal kondisi lebar sungai sampai dengan 40 meter, sesuai dengan preferensi hasil perangkingan, menunjukkan bahwa alternatif yang paling ideal adalah dengan menggunakan jembatan prestressed camber multi-span dengan jembatan pendekat menggunakan girder beton prestress dan struktur pile slab. Namun demikian dengan pertimbangan ketersediaan material girder beton prestress yang agak sulit didapat, maka pilihan alternatif kedua yaitu jembatan multi-span bentang utama dengan girder baja komposit ditambah jembatan pendekat dengan

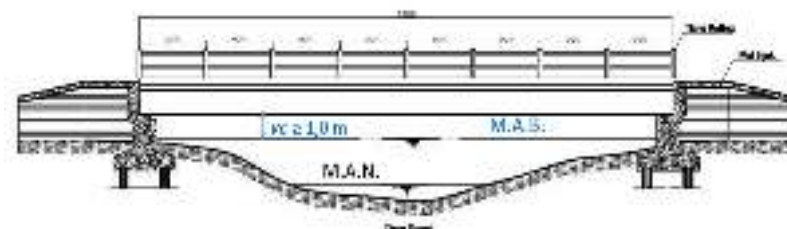
girder baja komposit dan struktur pile slab. Gambar 5.4 berikut ini merupakan ilustrasi preferensi model jembatan lengkung dengan alur kapal dengan girder baja komposit atau girder beton prestress yang ditambah dengan struktur pile slab sebagai jembatan pendekat. Jembatan pendekat pile slab ini dapat digunakan sebagai bagian dari jalan akses eksisting di sepanjang bantaran sungai dengan lebar 4,5 meter untuk akses jalan lokal bagi penduduk sekitar.



Gambar 5.4 Preferensi model jembatan lengkung dengan alur kapal MSPCP

- 1) Pile slab bisa dihilangkan, diganti dengan girder komposit, jika jembatan pendekat bentang kecil < 10 meter, untuk fasilitas jalan di sepanjang bantaran sungai untuk 2 lajur lalu lintas
- 2) Pile slab bisa diganti dengan box culvert atau girder PCI bentang ≥ 10 meter, jika jembatan pendekat ada perlintasan sebidang untuk mobil kecil pada jalan di sepanjang bantaran sungai

Perbedaan konstruksi jembatan dengan kondisi pada alur sungai yang tidak dilalui oleh alur kapal, dapat dijelaskan pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.5 Konstruksi Jembatan tanpa alur kapal

Berdasarkan Gambar 5.6 di atas, maka untuk jembatan tanpa alur kapal, *vertical clearance* (*vc*) minimum hanya setinggi 1,0 meter saja. Sedangkan untuk jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air, harus disediakan ruang bebas vertikal (*vc*) minimum setinggi 3,0 meter.

Gambar 5.6 dan 5.7 berikut merupakan ilustrasi dari tipe jembatan dengan alur kapal dengan alur kapal untuk lalu lintas air dengan jalan eksisting di sepanjang bantaran sungai tetap ada. Jembatan multi-span dengan bentang utama girder komposit lengkung (GKI) ditambah dengan span pendekat dengan girder lengkung lurus untuk bentang lebih dari 6 meter dan struktur pile slab pada bentang pendekat lainnya dengan jarak antar tiang 5 m.



Gambar 5.6 Girder komposit cambered & pile slab + girder GKI
(*New Model*)



Gambar 5.7 Girder beton prestress cambered + girder PCI + pile slab

Adapun aplikasi untuk menentukan model desain dari jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas dengan berbagai jenis alur kapal untuk mempertimbangkan terhadap strategi pelaksanaan berbasis Google Spreadsheet, dapat ditampilkan pada Gambar 5.8 – 5.14 berikut ini.

SOFTWARE SISTEM INFORMASI JEMBATAN ALUR KAPAL (SIJAK)
PENENTUAN PRIORITAS TIPE RANGUNAN ATAS JEMBATAN
DENGAN ALUR KAPAL UNTUK LALU LINTAS AIR

JEMBATAN : ☐ Emberton Alur Kapal
 OKASI : ☐ Kuliwara
 RUMAH KAYU : ☐ Aspal Primer dan Aspalinder
 BENJANG : ☐ Muka 40 (empat puluh) meter

Prioritas : ☐ 2 - Girder Cambered GRI & Pile Slab + GRI (MSGGP)
 Prioritas : ☐ 1 - Girder Cambered PCL & Pile Slab + PCL (MSPGP)
 Prioritas : ☐ 0 - Girder Cambered GRI & Pile Slab (MSPGP)

Terdah Tanda Gakher [a] sesuai perawatannya
 Jika Ada, Kolem Nila Kolem [b]
 Jika Tidak Ada, Kolem Nila Kolem [c]

Disiapkan Oleh :
 Ichwan Saktiawan

Blank : Kriteria
 1. Kriteria Sungai
 2. Tipe Gakher
 3. Tipe Alur Kapal
 4. Hidrologi Hidrolika
 5. Kolem Nila Kolem
 6. Kolem Kolem Nila
 7. Kolem Kolem Nila

Password : [blank]

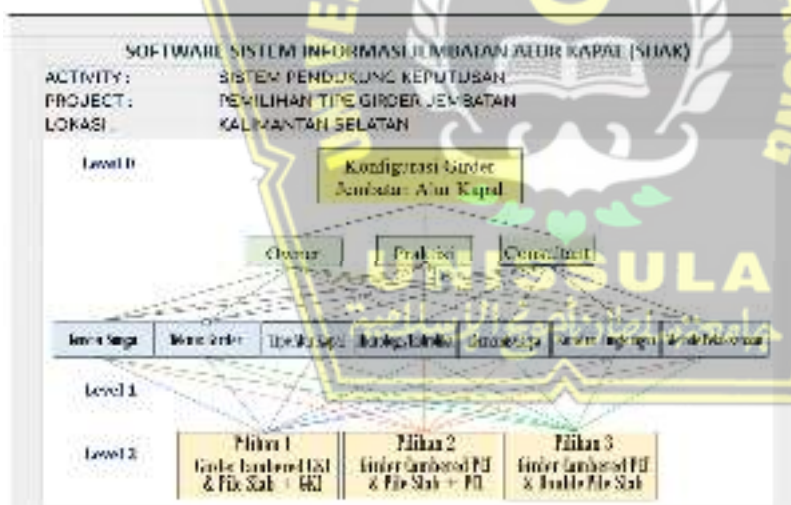
Gambar 5.8 Tampilan depan aplikasi SIJAK

No.	Nama Jembatan (Multi-span)	Bentang (m)	Visualisasi Jembatan
1	Girder Komposit Cambered + Pile Slab + Girder Komposit Kode: MSGKI	20 – 40	
2	Girder Prestress Cambered + Pile Slab + Girder PCL Kode: MSPCI	20 – 40	
3	Girder Prestress Cambered + Pile Slab + Pile Slab Kode: MSPCP	20 – 40	

Gambar 5.9 Pilihan tipe konfigurasi jembatan



Gambar 5.10 Bagan konfigurasi jembatan tanpa jalan di bantaran sungai



Gambar 5.11 Bagan konfigurasi jembatan ada jalan di bantaran sungai

ALTERNATIF DESAIN JEMBATAN : KEMENTERIAN RI/PTN/ASPIRASI/KELOMPOK/ALTERNATIF

ALTERNATIF DESAIN	NO. KRI	ALTERNATIF DESAIN	ALTERNATIF DESAIN	ALTERNATIF DESAIN	ALTERNATIF DESAIN	ALTERNATIF DESAIN
A. Alternatif 1	1	Alternatif 1.1	Alternatif 1.2	Alternatif 1.3	Alternatif 1.4	Alternatif 1.5
	2	Alternatif 1.6	Alternatif 1.7	Alternatif 1.8	Alternatif 1.9	Alternatif 1.10
	3	Alternatif 1.11	Alternatif 1.12	Alternatif 1.13	Alternatif 1.14	Alternatif 1.15
	4	Alternatif 1.16	Alternatif 1.17	Alternatif 1.18	Alternatif 1.19	Alternatif 1.20
	5	Alternatif 1.21	Alternatif 1.22	Alternatif 1.23	Alternatif 1.24	Alternatif 1.25
	6	Alternatif 1.26	Alternatif 1.27	Alternatif 1.28	Alternatif 1.29	Alternatif 1.30
	7	Alternatif 1.31	Alternatif 1.32	Alternatif 1.33	Alternatif 1.34	Alternatif 1.35
	8	Alternatif 1.36	Alternatif 1.37	Alternatif 1.38	Alternatif 1.39	Alternatif 1.40
	9	Alternatif 1.41	Alternatif 1.42	Alternatif 1.43	Alternatif 1.44	Alternatif 1.45
	10	Alternatif 1.46	Alternatif 1.47	Alternatif 1.48	Alternatif 1.49	Alternatif 1.50
B. Alternatif 2	11	Alternatif 2.1	Alternatif 2.2	Alternatif 2.3	Alternatif 2.4	Alternatif 2.5
	12	Alternatif 2.6	Alternatif 2.7	Alternatif 2.8	Alternatif 2.9	Alternatif 2.10
	13	Alternatif 2.11	Alternatif 2.12	Alternatif 2.13	Alternatif 2.14	Alternatif 2.15
	14	Alternatif 2.16	Alternatif 2.17	Alternatif 2.18	Alternatif 2.19	Alternatif 2.20
	15	Alternatif 2.21	Alternatif 2.22	Alternatif 2.23	Alternatif 2.24	Alternatif 2.25
	16	Alternatif 2.26	Alternatif 2.27	Alternatif 2.28	Alternatif 2.29	Alternatif 2.30
	17	Alternatif 2.31	Alternatif 2.32	Alternatif 2.33	Alternatif 2.34	Alternatif 2.35
	18	Alternatif 2.36	Alternatif 2.37	Alternatif 2.38	Alternatif 2.39	Alternatif 2.40
	19	Alternatif 2.41	Alternatif 2.42	Alternatif 2.43	Alternatif 2.44	Alternatif 2.45
	20	Alternatif 2.46	Alternatif 2.47	Alternatif 2.48	Alternatif 2.49	Alternatif 2.50
C. Alternatif 3	21	Alternatif 3.1	Alternatif 3.2	Alternatif 3.3	Alternatif 3.4	Alternatif 3.5
	22	Alternatif 3.6	Alternatif 3.7	Alternatif 3.8	Alternatif 3.9	Alternatif 3.10
	23	Alternatif 3.11	Alternatif 3.12	Alternatif 3.13	Alternatif 3.14	Alternatif 3.15
	24	Alternatif 3.16	Alternatif 3.17	Alternatif 3.18	Alternatif 3.19	Alternatif 3.20
	25	Alternatif 3.21	Alternatif 3.22	Alternatif 3.23	Alternatif 3.24	Alternatif 3.25
	26	Alternatif 3.26	Alternatif 3.27	Alternatif 3.28	Alternatif 3.29	Alternatif 3.30
	27	Alternatif 3.31	Alternatif 3.32	Alternatif 3.33	Alternatif 3.34	Alternatif 3.35
	28	Alternatif 3.36	Alternatif 3.37	Alternatif 3.38	Alternatif 3.39	Alternatif 3.40
	29	Alternatif 3.41	Alternatif 3.42	Alternatif 3.43	Alternatif 3.44	Alternatif 3.45
	30	Alternatif 3.46	Alternatif 3.47	Alternatif 3.48	Alternatif 3.49	Alternatif 3.50
D. Alternatif 4	31	Alternatif 4.1	Alternatif 4.2	Alternatif 4.3	Alternatif 4.4	Alternatif 4.5
	32	Alternatif 4.6	Alternatif 4.7	Alternatif 4.8	Alternatif 4.9	Alternatif 4.10
	33	Alternatif 4.11	Alternatif 4.12	Alternatif 4.13	Alternatif 4.14	Alternatif 4.15
	34	Alternatif 4.16	Alternatif 4.17	Alternatif 4.18	Alternatif 4.19	Alternatif 4.20
	35	Alternatif 4.21	Alternatif 4.22	Alternatif 4.23	Alternatif 4.24	Alternatif 4.25
	36	Alternatif 4.26	Alternatif 4.27	Alternatif 4.28	Alternatif 4.29	Alternatif 4.30
	37	Alternatif 4.31	Alternatif 4.32	Alternatif 4.33	Alternatif 4.34	Alternatif 4.35
	38	Alternatif 4.36	Alternatif 4.37	Alternatif 4.38	Alternatif 4.39	Alternatif 4.40
	39	Alternatif 4.41	Alternatif 4.42	Alternatif 4.43	Alternatif 4.44	Alternatif 4.45
	40	Alternatif 4.46	Alternatif 4.47	Alternatif 4.48	Alternatif 4.49	Alternatif 4.50
Total Alternatif						

Alternatif	Adi	Thalia	Siti
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	1	1	1
5	1	1	1
6	1	1	1
7	1	1	1
8	1	1	1
9	1	1	1
10	1	1	1
11	1	1	1
12	1	1	1
13	1	1	1
14	1	1	1
15	1	1	1
16	1	1	1
17	1	1	1
18	1	1	1
19	1	1	1
20	1	1	1
21	1	1	1
22	1	1	1
23	1	1	1
24	1	1	1
25	1	1	1
26	1	1	1
27	1	1	1
28	1	1	1
29	1	1	1
30	1	1	1
31	1	1	1
32	1	1	1
33	1	1	1
34	1	1	1
35	1	1	1
36	1	1	1
37	1	1	1
38	1	1	1
39	1	1	1
40	1	1	1
Total Alternatif			

Gambar 5.12 Pilihan kriteria model desain jembatan



Gambar 5.14 *New Model* prototype fisik jembatan MSGKI
(ada jalan eksisting yang tetap dipertahankan)



Gambar 5.15 *New Model* prototype fisik jembatan MSGKP
(tidak ada jalan di bantaran sungai)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sesuai dengan tujuan dari penelitian ini, yaitu:

- 3) Faktor faktor untuk kriteria desain dan pelaksanaan konstruksi jembatan di atas sungai dengan alur kapal sebagai transportasi air adalah sebagai berikut:
 - a) Kriteria Faktor Desain Jembatan: Kondisi Sungai, Jenis Alur Kapal, Teknis Girder, Lingkungan, Hidrologi/Hidrolika, Metode Pelaksanaan, dan Ekonomis/Biaya,
 - b) Kriteria Faktor Risiko Pelaksanaan: Ekonomis/Biaya, Metode Pelaksanaan, Kondisi Lingkungan/K3, Ketersediaan Material, Teknis Girder, Kondisi Tanah dan Ketersediaan Peralatan
- 4) Model desain dan strategi pelaksanaan konstruksi bangunan jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air, untuk semua klasifikasi, yaitu
 - a) Sungai dengan lebar < 16 meter, untuk alur kapal tinggi $\leq 1,5$ m, urutan pilihan model jembatan gelagar lengkung abutmen normal, gelagar lurus abutmen tinggi dan *Bascula Bridge* dengan abutmen *hydraulic jack*.
 - b) Sungai dengan lebar ≤ 25 meter, untuk alur kapal tinggi $> 1,5$ m, urutan pilihan model jembatan multispán pilar gelagar lengkung abutmen normal pile slab, *Bascula Bridge* dengan abutmen *hydraulic jack* dan gelagar lurus abutmen normal
 - c) Sungai dengan lebar ≤ 40 meter, untuk alur kapal tinggi $> 2,5$ m, urutan pilihan model jembatan multispán pilar gelagar lengkung abutmen normal, jembatan rangka baja dengan pilar pile slab dan gelagar lurus abutmen normal dengan jembatan pendekat baja komposit.
 - d) M

- d) Model desain konstruksi jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air, dengan mempertimbangkan 7 (tujuh) kriteria yang dominan yaitu: Jenis Alur Kapal, Teknis Girder, Lingkungan, Hidrologi/Hidrolika Sungai, Material & Peralatan, Metode Pelaksanaan, dan Ekonomis/Biaya. Kriteria yang sudah dianalisis untuk menentukan tipe konstruksi konfigurasi gelagar ketinggian normal dan pilar, sehingga abutmen direncanakan dengan ketinggian normal dan menghindari timbunan yang tinggi di bagian oprit:
- a. Sungai kecil untuk alur kapal tinggi 1,5 m, dipergunakan model jembatan gelagar lengkung dengan abutmen normal (*Cambered bridge*).
 - b. Sungai kecil untuk alur kapal tinggi > 1,5 m, dipergunakan model jembatan bentang utama gelagar lengkung PCI, 2 pilar dengan abutmen normal, ditambah gelagar pendekat dengan pile slab (*Multi span cambered bridge with pile slab*).
 - c. Sungai kecil untuk alur kapal tinggi > 2,5 m, dipergunakan model jembatan bentang utama gelagar lengkung PCI, 2 pilar dengan abutmen normal, ditambah gelagar pendekat dengan baja komposit (*Multi span cambered bridge with composite girder*).
- e) Metode pelaksanaan konstruksi bangunan jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air untuk seluruh jenis konstruksi bangunan jembatan, sesuai dengan preferensi pemilihan untuk kondisi jembatan single span dengan menggunakan gelagar (girder) *cambered* beton prestressed segmental post tension dengan metode erection menggunakan crane. Alternatif lainnya adalah *cambered* baja komposit *shored* (sokongan sementara) untuk pengecoran slab beton. Sedangkan untuk multi span bridge, konstruksi yang ideal menggunakan *cambered prestress concrete* untuk bentang utama, dan menggunakan pile slab untuk bentang pendekat. Alternatif lain adalah menggunakan gelagar beton prestress PCI atau baja komposit untuk bentang pendekat lebih dari 5 meter.

5) Model terintegrasi desain dan strategi pelaksanaan konstruksi bangunan jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air, untuk kondisi sungai dengan lebar 20 m – 40 m, dengan adanya jalan akses di sepanjang bantaran sungai yang tetap perlu dipertahankan dan tidak bisa direlokasi, dengan pilihan alternatif konstruksi jembatan sebagai berikut:

- a) Konstruksi jembatan multi-span cambered baja komposit GKI sebagai bentang utama dan ditambah dengan jembatan pendekat GKI untuk bentang > 5 m + jembatan pendekat pile slab untuk bentang ≤ 5 meter (*New Model*).
- b) Konstruksi jembatan multi-span cambered beton prestress PCI sebagai bentang utama dan ditambah dengan jembatan pendekat PCI untuk bentang > 5 m + jembatan pendekat pile slab untuk bentang ≤ 5 meter (vertical clearance ≥ 2 m).
- c) Konstruksi jembatan multi-span cambered beton prestress PCI sebagai bentang utama dan ditambah dengan jembatan pile slab untuk bentang ≤ 5 meter + jembatan pendekat pile slab untuk bentang ≤ 5 meter (double pile slab).

Sedangkan model terintegrasi desain dan strategi pelaksanaan konstruksi bangunan jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air, untuk kondisi sungai dengan lebar 20 m – 40 m, tanpa adanya jalan akses di sepanjang bantaran sungai, dengan pilihan alternatif konstruksi jembatan sebagai berikut:

- a) Konstruksi jembatan single-span cambered beton prestress PCI sebagai bentang utama (vertical clearance ≥ 2 m)
- b) Konstruksi jembatan single-span cambered baja komposit GKI sebagai bentang utama (vertical clearance > 3 m)
- c) Konstruksi jembatan multi-span cambered beton prestress PCI sebagai bentang utama dan jembatan pendekat pile slab untuk bentang ≤ 5 meter + jembatan pendekat pile slab untuk bentang ≤ 5 meter (double pile slab).

6.2 Saran

Penelitian ini merupakan kajian awal dalam penentuan model bangunan konstruksi jembatan dengan alur kapal untuk lalu lintas air sebagai sistem pendukung keputusan untuk memilih tipe konfigurasi bangunan bawah dan atas jembatan yang sesuai, sehingga perlu ada kajian beberapa saran dan masukan, diantaranya:

1. Penelitian lebih lanjut dapat dikembangkan untuk fungsi struktur sesuai dengan penggunaan konstruksi jembatan sebagai bagian dari jalan arteri primer ataupun arteri sekunder.
2. Perlu adanya perbandingan untuk konstruksi simetris dan non simetris, agar mendapatkan gambaran perbedaan tingkat kesulitan.
3. Variasi ketinggian kapal dan lebar sungai, dapat juga dilakukan, untuk mengetahui bentang jembatan optimum yang dapat menghasilkan kapasitas bangunan bawah yang ideal.
4. Perlu juga dilakukan kajian untuk memperlihatkan perbedaan pemilihan tipe bangunan bangunan jembatan pada sungai kecil dengan alur kapal untuk lalu lintas air yang berada dekat dengan di muara sungai besar atau berada dekat *offshore* serta yang tidak dipengaruhi oleh muka air yang tinggi.

6.3 Implikasi Penelitian

Penelitian ini diharapkan akan memperoleh implikasi yang dapat diterapkan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan, diantaranya:

1. Menjadi bagian dari pengembangan keilmuan pondasi dalam, sebagai pedoman untuk memilih tipe konstruksi bangunan jembatan pada sungai kecil dengan alur kapal untuk lalu lintas air, yang lebih efektif dan efisien.
2. Sebagai upaya pengembangan ilmu pengetahuan, yaitu membuat kebaruan dalam merumuskan model desain dan pelaksanaan konstruksi bangunan jembatan pada sungai kecil dengan alur kapal untuk lalu lintas air.

3. Memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan studi tentang desain dan pelaksanaan konstruksi bangunan jembatan pada sungai kecil dengan alur kapal untuk lalu lintas air.
4. Menghasilkan alat bantu pengambilan keputusan pemerintah dalam merencanakan dan melaksanakan konstruksi jembatan pada sungai kecil dengan alur kapal untuk lalu lintas air.



DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. (2016), Studi Revitalisasi Angkutan Sungai sebagai Moda Transportasi Perkotaan di Kota Banjarmasin, Agregat, Vol. 1 No. 1, pp. 23-32
- Altman, Steve (2015), Foundation Manual Revision 02, Issued by Structure Construction, October 2015, State of California Department of Transportation Division of Engineering Services
- Anumba, C., Baugh, C. & Khalfan, M., 2002. Organisational Structures to Support Concurrent Engineering in Construction.
- Arthur, Alex. (2021), Construction Risk Management Decision Making: Understanding Current Practices, First published: 3 December 2021, Online ISBN:9781119693048 |DOI:10.1002/9781119693048, Publisher John Wiley & Sons, Ltd.
- Badroddin, M. and ZhiQiang Chen (2021), Lifetime Resilience Measurement of River-Crossing Bridges with Scour Countermeasures under Multiple Hazards, Journal of Engineering Mechanics, Vol. 147, Issue 9, pp. 62-70
- Bi-qiu, T., Jia Han, Guo-feng Guo, Yi Chen, Sai Zhang (2019), Building Material Prices Forecasting Based on Least Square Support Vector Machine and Improved Particle Swarm Optimization, Architectural Engineering and Design Management, Vol. 15, No. 3, pp. 196-212
- Brenner B. (2011), Raising the Bridge, Leadership and Management in Engineering, Vol. 11, Issue 2, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000121](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000121)
- Buzatto, L.M., William Wilson dos Santos, Jose Roberto Moreira Ribeiro Gonçalves, Fabiano Batemarco da Silva Martins, Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega, Flavio Maldonado Bentes, and Hildson Rodrigues de Queiroz (2020), Considerations on Characteristics and Improvements of Soft Soils, International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS), Vol-7, Issue-7, pp. 342-352, <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.77>
- Chiganova, N., (2016), Reliability Theory Application for Building Structures Reliability Determination, MATEC Web of Conferences 86:02009 DOI:10.1051/mateconf/20168602009, pp. 1-7
- Chorel, H.S., Ingle R.K. and Sawant V.A. (2010), Building Frame - Pile Foundation - Soil Interaction Analysis: A Parametric Study, Interaction and Multiscale Mechanics, Vol. 3, No. 1, pp. 55-79

- Chiganova, N. (2019), Determination of the Building Products Reliability Parameters at Different Loads in a Two-step Mode, E3S Web Conference. Volume 97, 2019, XXII International Scientific Conference “Construction the Formation of Living Environment” (FORM-2019)
- Choudhary M. P., Sanghai S. S. (2019), Pre-Stressed Concrete Bridge Girder Analysis, Design & Optimization - A Review Article, Volume 7 Issue IV, pp. 1786-1790, DOI: 10.22214/ijraset.2019.4324
- Darko A., and Chan, A.P.C. (2018), Review of application of analytic hierarchy process (AHP) in construction, International Journal of Construction Management, Vol. 19 Issue 5, PP. 436-4522
- de Barros, Bruna Renata Cavalcante., Eliez'e Bulhoes ~ de Carvalho, and Antonio Cesar Pinho Brasil Junior (2022) Inland waterway transport and the 2030 agenda: Taxonomy of sustainability issues, Cleaner Engineering and Technology 8 (2022) 100462, pp.1-13, <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100462>
- DetikTravel (2020), "5 Sungai yang Dimanfaatkan Sebagai Sarana Transportasi Utama di Indonesia" <https://travel.detik.com/domestic-destination/d-5182911/5-sungai-yang-dimanfaatkan-sebagai-sarana-transportasi-utama-di-indonesia>. diakses tanggal 2024-04-17.
- Dixit, M.S. (2016), Damage Mechanism in Problematic Soils, International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), Volume 7, Issue 5, September-October 2016, pp. 232–241, Article ID: IJCIET_07_05_025
- Djalante, Susanti., Hiroyuki Oneyama and La Ode Muhamad Nurrahmad Arsyad (2019), Toward Sustainability: Green Road Construction in Indonesia, Advances in Engineering Research, volume 193, pp. 182-187
- Ekström, Daniel., 2017, Theses - Integrated design and construction for bridges: key aspects and benefits Department of Architecture and Civil Engineering Division of Structural Engineering Concrete Structures Chalmers University of Technology Gothenburg, Sweden.
- Erdogan, S.A., Šaparauskas J. and Turskis Z., (2019), A Multi-Criteria Decision-Making Model to Choose the Best Option for Sustainable Construction Management, Sustainability 2019, 11, 2239; doi:10.3390/su11082239
- Ericsson dan Makarim, C.A. (2019), Analisis kegagalan desain retaining wall pada tanah kepadatan lepas lunak sampai sedang, Jurnal Mitra Teknik Sipil, Vol. 2, No. 3, pp. 173-178

- Hartono, W., Sugiyarto, dan Lanjari (2016) Pemilihan Alternatif Jenis Pondasi dengan menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP), Matriks Teknik Sipil, Vol. 4, No. 2, pp. 360-365
- He, Z., 2020. The challenges in sustainability of urban freight network design and distribution innovations: a systematic literature review. *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.* 50, 601–640, 6.
- Hernández-Fontes, J.V.; Maia, H.W.S.; Chávez, V.; Silva, R. Toward More Sustainable River Transportation in Remote Regions of the Amazon, Brazil. *Appl. Sci.* 2021, 11, pp. 1-12, 2077. <https://doi.org/10.3390/app11052077>
- Huang, Dongzhou. & Ignacio Paya-Zaforteza (2021) Introduction: Special Issue on Bridge Conceptual and Aesthetic Design, *Structural Engineering International*, 31:4, 467, DOI: 10.1080/10168664.2021.1945802
- Iriani, A. D. (2008), *Analisa Risiko Pekerjaan Tanah dan Fondasi*. Depok: Indonesia University Press.
- Islam M. S., Ahmed M., Uddin M. M., and Khanum M. (2016), Cost Effective Foundation on Problematic Soil of Reclaimed Areas in Dhaka City, *Proceedings of 3rd International Conference on Advances in Civil Engineering*, 21-23 December 2016, CUET, Chittagong, Bangladesh, pp. 227-232,
- Inghels, D., Vigo, D., Dullaert, W., 2016. A service network design model for multimodal municipal solid waste transport. *Eur. J. Oper. Res.* 254, 68–79. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.03.036>.
- James W. Sze (2015), Deep Foundation of High Rise Building in Hongkong, *International Journal of High Rise Building*, Vol. 4 No. 4, pp. 261-270
- Joia, L.A.; dos Santos, R.P. ICT-Equipped Bank Boat and the Financial Inclusion of the Riverine Population of Marajó Island in the Brazilian Amazon. *Inf. Syst. J.* 2019, 29, 842–887
- Kadarsah, S., Ramadhan Ali (2002), "Sistem Pendukung Keputusan Suatu Wacana Struktural Idealisasi dan Konsep Pengambilan Keputusan", Remaja Rosdakarya Bandung,
- Keppres No. 12 Tahun 2012 tentang Penetapan Wilayah Sungai [JDIH BPK RI]. peraturan.bpk.go.id. Diakses tanggal 2024-04-17
- Kompas.com (2024), "10 Sungai Terpanjang di Indonesia, Mayoritas di Kalimantan" <https://lestari.kompas.com/read/2024/04/15/100000386/10-sungai-terpanjang->

[di-indonesia-mayoritas-di-kalimantan?page=all#page2](#). Diakses tanggal 2024-04-17

- Kovačević, M.; Ivanišević, N.; Stević, D.; Marković, L.M.; Bulajić, B.; Marković, L.; Gvozdović, N. (2023), Decision-Support System for Estimating Resource Consumption in Bridge Construction Based on Machine Learning. *Axioms*, Vol. 12, 19. pp. 1-24, <https://doi.org/10.3390/axioms12010019>
- Kridasantausa I. (2011), Decision Support System for Irrigation Maintenance in Indonesia: A Multi-Objective Optimization Study, *Water Policy*, Vol. 13(1), pp. 18-27
- Krukowski, Artur., Sofoklis Efremidis, Kalevi Piira and Olli Stenlund, Dusan Arsenijevic, S. A. Peania, Abolghasem (Hamid) Asgari, Anu Kätkä and Jarno Mitjonen, (2011), Comprehensive Building Information Management System Approach, *IJSSST*, Vol. 11, No. 3, ISSN: 1473-804x online, 1473-8031
- Lakra, Akshay Kumar., and Dhapekar, N.K. (2020), *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* e-ISSN: 2395-0056, Vol. 07, Issue: 08, pp. 3070-3073.
- Letnik, T., Marksel, M., Luppino, G., Bardi, A., Božičnik, S., 2018. Review of policies and measures for sustainable and energy efficient urban transport. *Energy* 163, 245–257. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.08.096>.
- Liu, X., Gengdong Cheng, Bo Wang, and Shuzhi Lin (2016), Optimum Design of Pile Foundation by Automatic Grouping Genetic Algorithms, *International Scholarly Research Network ISRN Civil Engineering*, Volume 2012, pp. 1-16, Article ID 678329, doi:10.5402/2012/678329
- Lin W., and Teruhiko Yoda (2017), *Bridge Engineering, Classifications, Design Loading, and Analysis Methods*, pp. 1-30, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804432-2.00001-3>
- Low, W.W., Wong, K.S., & Lee, J. (2018), Risk Assessment Framework on Time Impact: Infrastructure Projects in Soft Soil During Construction Stage, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Volume 344, pp. 1-8, The 3rd International Conference on Science, Technology, and Interdisciplinary Research (IC-STAR) 18–20 September 2017, University of Lampung, Indonesia, DOI:10.1088/1757-899X/344/1/012022
- Mahmood, Osamah Ibrahim. "Camber Control in Simply Supported Prestressed Concrete Bridge Girders." (2019). *Engineering Semantic Scholar*, Vol. 23 No. 1, pp. 1-14.

- Manap, N., Tan, K.Y. and Syahrom, N. Main Issues of Pile Foundation at Waterfront Development and its Prevention Method, The International Conference on Eco Engineering Development 2017 (ICEED 2017) pp. 1-12, IOP Publishing, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 109 (2017) 012026 doi:10.1088/1755-1315/109/1/012026
- Mardjono, F., Trum, H.M.G.J., and Janssen J.J.A. (2002) A Decision Support Model for Bamboo Building Design, Proceeding of the 5th Advanced Research School Symposium, Zeist, The Netherlands, April 25-26, 2002
- Maryono, Agus (2005), Eko-hidrolik pembangunan sungai, Jurnal: Penerbit UGM: Yogyakarta
- Meillyta, M., Fatimah, A., & Zulfahmi, Z. (2023). Multi-Criteria Analysis Method For Determining The Priority of Bridge Construction. Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil, 7(1), pp. 53–59. <https://doi.org/10.32832/jurnal.komposit.v7i1.9011>
- Mičunek, T., Schejbalová, Z., and Schmidt, D. (2013), Access Bridge Design Measures for Safety Increase of Road Infrastructure, Promet – Traffic&Transportation, Vol. 25, No. 6, pp. 543-554
- Milani CJ, Víctor Yepes, and Moacir Kripka (2020), Proposal of Sustainability Indicators for the Design of Small-Span Bridges, Int. J. Environ. Res. Public Health, 17, 4488; 1-23, doi:10.3390/ijerph17124488
- Mootaz E. Abo-Elnor (2022), Analysis of Different Bascule Bridge Architectures, WSEAS Transactions on Applied and Theoretical Mechanics DOI: 10.37394/232011.2022.17.12, Vol. 17 No. 12, pp. 86-94.
- Navarro, I.J, Vicent Penadés-Pla, David Martínez-Muñoz, Rasmus Rempling, Víctor Yepes, Life Cycle Sustainability Assessment For Multi-Criteria Decision Making in Bridge Design: A Review, Journal of Civil Engineering and Management, 2020, 26(7): 690–704
- Nowakowski, Tomasz., Jan Kulczyk, Emilia Skupień, Agnieszka Tubis, Sylwia Werbińska-Wojciechowska (2015), Inland Water Transport Development Possibilities – Case Study of Lower Vistula River, The Archives of Transport, Volume 35, Issue 3, pp. 53-62
- Nurjannah, S.N., Andri Irfan Rifai, and Adinda Fajarika Akhir (2022), Geometric Design for Relocation of National Road Sei Duri - Mempawah Section, West Kalimantan using AutoCAD® 2D, CITIZEN: Jurnal Ilmiah Multidisiplin

- Indonesia Vol 2, No. 5, pp. 692-702, ISSN: 2807-5994 <https://journal.das-institute.com/index.php/citizen-journal>
- Ors, D.M., Ebid A.M., and Mahdi, I. M. (2023), Decision Support System to Select the Optimum Construction Techniques for Bridge Piers, *Ain Shams Engineering Journal*, Vol. 14 Issue 7, pp. 1-11, <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102152>
- Patil, D. S., and Anil S. Chander (2016), Cost Effectiveness of Several Types of Foundation, *International Journal of Advanced Research in Science Management and Technology*, Vol. 2, Issue 1, pp. 1-8
- Patra, J.P., Kumar, R., Mani, P. (2022). Hydrologic and Hydraulic Modelling of a Bridge. In: Jha, R., Singh, V.P., Singh, V., Roy, L.B., Thendiyath, R. (eds) *Hydrological Modeling*. Water Science and Technology Library, Vol. 109. Pp. 317–326, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81358-1_24
- Peduto, D. et al. (2016), Investigating the Behaviour of Buildings with Different Foundation Types on Soft Soils: Two Cases Studies in the Netherlands, *Procedia Engineering* 158 (2016), pp. 529 – 534
- Perri, G.; Vaiana, R. (2022), Road Safety Management of Uncontrolled Access Points: Design Criteria and Insights into Risk Factors. *Appl. Sci.* 2022, 12, 12661, pp. 1-22. <https://doi.org/10.3390/app122412661>
- Peter Tanner, Peter., and Cesma Ingenieros (2021), Approach to Robust and Elegant Bridge Design Madrid, Spain; Ramon Hingorani Structural Engineering International Nr. 4/2021, Scientific Paper 639, pp. 639-648
- Rahmawati Y., Utomo C., Anwar N., Nurcahyo C.B., Negoro. N. P. (2014). Theoretical Framework of Collaborative Design Issues, *Jurnal Teknologi*, UTM Press, Vol.70, no. 7, pp. 47-53, eISSN: 2180-3722.
- Rahardjo, P.P. (2014), Geotechnical Failures Case Histories of Construction on Soft Soils, Forensic Investigations and Counter Measures in Indonesia, *International Journal of Integrated Engineering*, Vol. 6, No. 2, pp. 11-23
- Ramadhandia A.R., Fikri Fadly Arkasalaa, Muhammad Firdaus Wiraatmajaa, Murtiningsiha, and Romzi Maulana Irwansyah (2021), River as Alternative Infrastructure for Water Transportation and Emission Load Sharing in Banjarmasin City South Kalimantan, *Journal of Global Environmental Dynamics (JGED)*, Vol. 2 No. 1: pp. 25-28, DOI: <https://jurnal.uns.ac.id/jged/index> ISSN: 2774-7727

- Ratnawati, Elfrida. (2020), Shipping Sustainable Development Law Approach Through Cabotage Principle, Proceeding on International Conference of Science Management Art Research Technology (IC-SMART) Volume 1 Number 1 pp. 78-88 Research Synergy Foundation DOI: <https://doi.org/10.31098/ic-smart.v1i1.30> RSF Press Indonesian
- Ravikant and Jagdish Chand (2019), Design and Analysis of Bridge Girders using Different Codes, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 8 Issue 7, pp. 470-477.
- Rathore, Aatmika, and Jadon, S.S. (2019), A Sustainable Approach for Urban Riverfront Development, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) e-ISSN: 2395-0056 Volume: 06 Issue: 03 pp. 4136-4142 p-ISSN: 2395-0072
- Revilla, Roberto., Francisco Cambrero, Pablo Cembrero and Patricia Olazábal (2021), Bridge Design, a Creative Process, Structural Engineering International, 31:4, pp. 614-621, DOI: 10.1080/10168664.2021.1885322
- Saaty, T.L. (2008), Decision Making with the Analytic Hierarchy Process, Int. J. Services Sciences, Vol. 1, No. 1, Inderscience Enterprises Ltd.
- Saputra, Andika Arief., Priyosulistyo, HRC., and Muslikh (2020), Analisis Nilai Kapasitas Struktur Atas Jembatan dengan Menggunakan Metode Rating Factor, INERSIA, Vol. XVI No. 1, pp. 1-12, 2020
- Seo, Y.J., Chen, F., Roh, S.Y., 2017. Multimodal transportation: the case of laptop from Chongqing in China to Rotterdam in Europe. Asian J. Shipp. Logist. 33, 155–165. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2017.09.005>,3.
- Shi J., Xiao H., Zheng K., Shen J., Zhou G. (2019) Essential stressing state features of a large-curvature continuous steel box-girder bridge model revealed by modeling experimental data. Thin-Walled Structure ; Vol. 143:106247. doi: 10.1016/j.tws.2019.106247.
- Sigdel, Sulav (2021), A Comparative Study of Structural Parameters of a RCC T-Girder Bridge using Loading Pattern from Different Codes, Journal of Engineering Issues and Solutions 44(2021):pp. 46-59, DOI:10.3126/joeis.v1i1.36818
- Silva, J.G.D.R. Saberes e Práticas Tradicionais: As Condições Do Trabalho Nos Estaleiros Navais à Beira-Rio Da Cidade de Manaus. Ph.D. Thesis, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil, 2016. (In Portuguese).

- Simanjuntak, Veby Citra., Iswandi Imran, Muslinang Moestopo, and Herlien D. Setio (2022), The Evolution of Seismic Design Provisions in Indonesia's National Bridge Code., *J. Eng. Technol. Sci.*, Vol. 54, No. 6, pp. 1285-1304, DOI: 10.5614/j.eng.technol.sci.2022.54.6.14
- Stellamaris, Y. (2017), Analisa Bentuk Mode Transportasi Sungai di Banjarmasin, *Jurnal Teknologi Berkelanjutan (JTB)* Vol. 06 No. 01 (2017), pp 47-56.
- Stefaniec, A., Hossseini, K., Xie, J., Li, Y., 2020. Sustainability Assessment of Inland Transportation in China: a Triple Bottom Line-based Network DEA Approach. *Transport. Res. Transport Environ.* 80, 102258 <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102258>.
- Susila, E. and Fico Agrensa (2015), Case Study on Soft Soil Improvement using Innovative and Cost-Effective Reinforcing Techniques, *Journal of Engineering Technology Science*, Vol. 47, No. 2, pp. 207-217
- Suparno, M.W. (2015), Manajemen Risiko dalam Proyek Konstruksi, *Jurnal Bangunan*, Vol. 20, No. 1, pp. 1-12
- Sudirman I. dan Widjajani (1996), Ciri-ciri Sistem Pendukung Keputusan, Gava Media, Yogyakarta.
- Suryadi K. dan Ramdhani A. (2002), Sistem Pendukung Keputusan, Penerbit Remaja Rosdakarya, Bandung
- Skrzypczaka, I, Marta Sáowikb and Lidia Buda-Ořóg (2017), The Application of Reliability Analysis in Engineering Practice – Reinforced Concrete Foundation, *Procedia Engineering* 193 (2017), pp. 144 – 151
- Taroun A. (2012), Decision Support System (DSS) for Construction Project Risk Analysis and Evaluation via Evidential Reasoning (ER), Ph.D Thesis, Faculty of Humanities, University of Manchester, United Kingdom.
- Taufik R., de Bondt A., van Bijsterveld W. and Thé P. (2005), Road Construction on Soft Soils in Indonesia: A Study on Soil Pavement Interaction, *Proceedings Seventh International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields* (2005): pp. 1-10
- Turskis, Z., Edmundas Kazimieras Zavadskas, and Friedel Peldschus (2009), Multi-criteria Optimization System for Decision Making in Construction Design and Management, *ISSN 1392-2785 Engineering Economics.* No 1 (61), *Economics of Engineering Decisions*, pp. 7-17.

- Uddin M.I., Asif Raihan, M.D. and Shahrir Pervaz (2020), Transportation Safety in the Inland Waterways of Bangladesh: Challenges and Mitigation Options, Proceedings of the 5 th International Conference on Civil Engineering for Sustainable Development (ICCESD 2020), 7~9 February 2020, KUET, Khulna, Bangladesh (ISBN-978-984-34-8764-3) ICCESD-2020-4287-1
- Vosogh, A., Hassan, M. (2024). Design and Construction Challenges of an Integral Abutment Bridge in a Soft Soil Condition. In: Desjardins, S., Poitras, G.J., El Damatty, A., Elshaer, A. (eds) Proceedings of the Canadian Society for Civil Engineering Annual Conference 2023, Volume 11. CSCE 2023. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 505. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61531-3_10
- Wahyoni D. and Sari D.N., (2024), Identification of the Causes of Delay in Completion of Bridge Construction Work in Padang City, Journal of Sciencetech Research and Development, Volume 6, Issue 2, pp. 774-788, DOI: <http://idm.or.id/JSCR>
- Wai, W.L., Kwong Soon Wong & Jun Liang Lee (2019), Cost-influencing Risk Factors in Infrastructure Projects on Soft Soils, International Journal of Construction Management, DOI: 10.1080/15623599.2019.1617092, Vol. 20, 2020 - Issue 2, pp. 105-121
- Wang, Y. and Xiaoxia Liu (2018), Technology Dealing with the Soft Soil Foundation, 2nd International Symposium on Resource Exploration and Environmental Science, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 170022033, pp. 1-5, doi :10.1088/1755-1315/170/2/022033
- Wang, Hongyang., Liqin Zuo, Yongjun Lu, Yan Lu, Huaixiang Liu and Tingjie Huang (2022), Waterway Carrying Capacity Assessment: Model Development and Application in the Lower Yangtze River, China, Ecological Indicators 142, pp. 1-18, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109177>
- Wibowo H. (2010), MADM-TOOL: Aplikasi Uji Sensitivitas Untuk Model MADM Menggunakan Metode SAW dan TOPSIS. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2010, ISSN: 1907-5022 hal E-56-E61, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Wibowo, Heriyanto., and Sinung Tri Nugroho (2020), Using Analytic Hierarchy Process Method to Determine the Railway Bridge Design, Jurnal Teknik Transportasi, Vol. 1 No. 1, pp. 40-57.

- Wideman, R. Max. (1992), Project and Program Risk Management: A Guide to Managing Project Risks and Opportunities, Volume 6, Project Management Institute.
- Willar, D., Estrellita Varina Yanti Waney, Daisyebara Grace Pangemanan and Rudolf Estephanus Golioth Mait (2020), Sustainable construction practices in the execution of infrastructure projects: The extent of implementation, Smart and Sustainable Built Environment, Vol. ahead-of-print, No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/SASBE-07-2019-0086>, ISSN: 2046-6099,
- Wu, S. and Clements-Croome, D. and Fairey, V. et al. (2006), Reliability in the Whole Life Cycle of Building Systems. Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 13, No. 2, pp. 136-153
- Xiaofeng Liu, Gengdong Cheng, Bo Wang, and Shuzhi Lin (2012), Optimum Design of Pile Foundation by Automatic Grouping Genetic Algorithms, International Scholarly Research Network ISRN Civil Engineering, Volume 2012, Article ID 678329, pp. 1-16, doi:10.5402/2012/678329
- Yang, Y., Chen, Y., & Tang, Z. (2021). Analysis of the Safety Factors of Municipal Road Undercrossing Existing Bridge Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process Methods. Transportation Research Record, 2675 (12), pp. 915–928. <https://doi.org/10.1177/03611981211031887>
- Zhang, M., Pel, A.J., 2016. Synchromodal hinterland freight transport: model study for the port of Rotterdam., Journal Transport Geogr. 52, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.02.007>.
- Zhang, R., Huang, C., Feng, X., 2020. Empty container repositioning with foldable containers in a river transport network considering the limitations of bridge heights. Transport. Res. Pol. Pract. 133, 197–213. <https://doi.org/10.1016/j.jtra.2020.01.019>.
- Zhou, Junyong., Tao Li, Xijun Ye, and Xuefei Shi (2020), Safety Assessment of Widened Bridges Considering Uneven Multilane Traffic-Load Modeling: Case Study in China; Journal of Bridge Engineering, Volume 25 Issue 9, pp. 1-10