

TESIS

**ANALISIS PERBANDINGAN BEKISTING
KONVENSIONAL DENGAN BEKISTING SISTEM
PERI PADA GEDUNG BERTINGKAT**

(Studi Kasus : Pembangunan Gedung Unit Kegiatan Mahasiswa, Tower Ruang
Kelas dan Laboratorium Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang)

Disusun Dalam Rangka memenuhi Salah Satu persyaratan
Guna Mencapai Gelar Magister Teknik (MT)



Oleh :

MUHAMMAD MIFTAKHUL ULUM

NIM : 20202000015

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
2024**

LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

**ANALISIS PERBANDINGAN BEKISTING KONVENSIONAL
DENGAN BEKISTING SISTEM PERI PADA GEDUNG
BERTINGKAT**

(Studi Kasus : Pembangunan Gedung Unit Kegiatan Mahasiswa, Tower Ruang
Kelas dan Laboratorium Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang)

Disusun Oleh :

MUHAMMAD MIFTAKHUL ULUM

NIM : 20202000015

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

UNISSULA

جامعة سلطان أبيهوج الإسلامية

Tanggal, Agustus 2024

Pembimbing I,


Dr. Henny Pratiwi Adi, ST.,MT

NIDN. 06-0608-7501

Tanggal, Agustus 2024

Pembimbing II,


Ir. Moh. Faiqun Ni'am, MT.,Ph.D

NIDN. 06-1210-6701

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

ANALISIS PERBANDINGAN BEKISTING KONVENSIONAL DENGAN BEKISTING SISTEM PERI PADA GEDUNG BERTINGKAT

Disusun oleh :

MUHAMMAD MIFTAKHUL ULUM

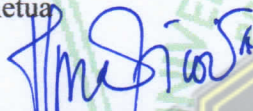
NIM : 20202000015

Dipertahankan di Depan Tim Penguji Tanggal :

30 Agustus 2024

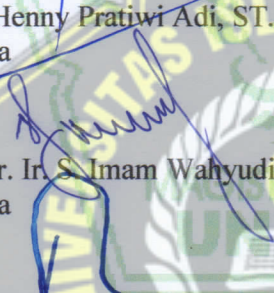
Tim Penguji:

1. Ketua



Dr. Ir. Henny Pratiwi Adi, ST., MT

2. Anggota



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

3. Anggota

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

Tesis ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Magister Teknik (MT)

Semarang, September 2024

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Prof. Dr. H. Antonius, MT

NIK. 21-0202-0233

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Abdul Rochim, ST., MT.

NIK. 06-0806-7601

MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ
وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ وَلَوْ آمَنَ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَهُمْ مِّنْهُمُ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ
الْفَاسِقُونَ ﴿١١٠﴾

Artinya : 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. (QS. Ali 'Imran Ayat 110)

" Tidak ada jaminan kesuksesan, namun tidak mencobanya adalah jaminan dari kegagalan. " - Bill Clinton

"Bersyukur dengan kesibukan, tatkala lelah, ingatlah boleh jadi kesibukan kita sedang dimimpikan banyak orang diluar sana." Dr. Gamal Albinsaid

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dipersembahkan untuk Ibu, Bapak, Mama, Papa, Kakak dan Istri Penulis



ABSTRAK

Bekisting merupakan suatu sarana pembantu untuk mencetak beton dengan ukuran, bentuk, ataupun posisi yang dikehendaki. Dalam pelaksanaan pekerjaan bekisting, pemilihan jenis bekisting akan mempengaruhi biaya, waktu pelaksanaan, serta kualitas konstruksi. Jenis bekisting di Indonesia ada 3 (tiga) macam diantaranya bekisting konvensional, bekisting semi sistem, dan bekisting sistem. Dalam penelitian ini akan dianalisis metode pemasangan dan pembongkaran bekisting konvensional dan bekisting Sistem PERI, perbandingan perhitungan waktu dan biaya yang dibutuhkan untuk pemasangan dan pembongkaran bekisting konvensional dengan bekisting sistem PERI pada 3 gedung yang berbeda, serta menganalisis studi kelayakan ekonomi dari investasi bekisting sistem PERI.

Penelitian diawali dengan wawancara serta pengamatan langsung dilapangan dengan pelaksana lapangan, serta mengumpulkan data yang didapatkan dari kontraktor. Selanjutnya akan dianalisis perbandingan metode pekerjaan bekisting konvensional dan bekisting sistem PERI, kemudian dianalisis kebutuhan material dan biaya antara bekisting konvensional dan bekisting sistem PERI. Tahap akhir dilakukan analisis studi kelayakan investasi dari bekisting Sistem PERI.

Hasil pada penelitian menunjukan bahwa biaya pengadaan bekisting Sistem PERI lebih mahal Rp 6.181.415.050,- dibanding bekisting konvensional. Dalam pelaksanaan pemasangan dan pembongkaran bekisting sistem PERI lebih cepat dibandingkan bekisting konvensional, selisih kapasitas produksi pemasangan 6 m²/hari, Sedangkan selisih waktu pembongkaran 2m²/hari. Studi kelayakan investasi untuk pengadaan bekisting Sistem PERI masih layak karena nilai *Net Present Value* (NPV) yang didapatkan Rp 63.801.026 nilai *Benefit Cost Ratio* (BCR) yang didapatkan 1,007 serta nilai *Internal Rate Of Return* (IRR) 9,48 % .

Kata kunci : Bekisting, Konvensional, Sistem PERI, Kelayakan Investasi.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MUHAMMAD MIFTAKHUL ULUM

NIM : 20202000015

Dengan ini saya nyatakan bahwa Tesis yang berjudul:

ANALISIS PERBANDINGAN BEKISTING KONVENSIONAL DENGAN BEKISTING SISTEM PERI PADA GEDUNG BERTINGKAT

(Studi Kasus : Pembangunan Gedung Unit Kegiatan Mahasiswa, Tower Ruang
Kelas dan Laboratorium Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang)

Adalah benar hasil karya saya dan dengan penuh kesadaran bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiasi atau mengambil alih seluruh atau sebagian besar karya tulis orang lain tanpa menyebutkan sumbernya. Jika saya terbukti melakukan tindakan plagiasi, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Semarang, 20 Agustus 2024



MUHAMMAD MIFTAKHUL ULUM

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tesis dengan judul “ ANALISIS PERBANDINGAN BEKISTING KONVENSIONAL DENGAN BEKISTING SISTEM PERI PADA GEDUNG BERTINGKAT ” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan proposal tesis ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Antonius, MT. selaku Ketua Program Magister Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Ibu Dr. Henny Pratiwi Adi, ST.,MT selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan proposal tesis ini.
3. Bapak Ir. Moh. Faiqun Ni'am, MT.,Ph.D selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan proposal tesis ini.
4. Bapak Rony dan bapak Slamet PT. Beton Perkasa Wijaksana yang telah memberikan data-data untuk selama penyusunan proposal tesis ini.
5. Bapak Gani PT. Wijaya Karya Gedung yang telah memberikan data-data untuk selama penyusunan laporan tesis ini.
6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian proposal tesis ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan demi hasil yang lebih baik.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Semarang, Agustus 2024



Penulis



DAFTAR ISI

TESIS .....	..ii
LEMBAR PERSETUJUAN TESIS .....	..iii
LEMBAR PENGESAHAN TESIS.....	..iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	..vi
ABSTRAK .....	..vii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN.....	..viii
KATA PENGANTAR .....	..ix
DAFTAR ISI.....	..xi
DAFTAR GAMBAR .....	..xv
DAFTAR TABEL.....	..xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	..1
1.1 Latar Belakang .....	..1
1.2 Rumusan Masalah .....	..3
1.3 Tujuan Penelitian.....	..4
1.4 Batasan Masalah.....	..4
1.5 Manfaat Penelitian.....	..5
BAB II.....	..6
TINJAUAN PUSTAKA .....	..6
2.1 Lokasi Penelitian .....	..6
2.2 Pengertian Bekisting.....	..6
2.3 Persyaratan Perancah dan bekisting .....	..7
2.4 Beban yang Bekerja Pada Perancah dan Bekisting .....	..8
2.5 Bahan Pada Pekerjaan Bekisting Perancah .....	..9

2.6	Tipe Pekerjaan Bekisting Perancah	10
2.7	Pertimbangan Pemilihan Tipe Perancah dan Bekisting	12
2.8	Pembongkaran Perancah Bekisting	13
2.9	Siklus Pekerjaan Bekisting	14
2.10	Perbandingan Biaya Material Tipe Bekisting.....	17
2.11	Biaya Material untuk Bekisting.....	18
2.12	Material Penyusun Bekisting.....	18
2.12.1	Kayu.....	18
2.12.2	Multiplex.....	20
2.13	Material Perancah dan Pemikul.....	21
2.13.1	Material Penopang yang Berdiri Vertikal	21
2.13.2	Material Pemikul.....	23
2.14	Bekisting Sistem PERI	24
2.15	Studi Kelayakan	29
2.15.1	Pendapatan (<i>benefit</i>).....	30
2.15.2	<i>Cash Flow</i>	30
2.15.3	<i>Bunga</i>	32
2.15.4	Kriteria Penilaian Investasi	32
2.15.4	Analisis Sensitivitas	34
2.16	Review Terhadap Penelitian Sebelumnya	35
2.16	Kerangka Teori.....	39
BAB III		41
METODE PENELITIAN.....		41
3.1	Bentuk Penelitian	41
3.1.1	Data Proyek.....	41
3.2	Metode Pengumpulan Data	42

3.5	Metode Analisis Data	45
3.5.1	Pembagian Zona Pekerjaan	45
3.5.2	Perhitungan Volume dan Anggaran Biaya.....	47
3.5.3	Perbandingan Metode Bekisting	48
3.5.4	Analisa Biaya Bekisting.....	48
3.6	Bagan Alir Penelitian	50
BAB IV		52
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		52
4.1	Gambaran Umum Pekerjaan	52
4.2	Perhitungan Kebutuhan Material.....	52
4.2.1.	Kebutuhan Material Bekisting Konvensional.....	53
4.2.2.	Kebutuhan Material Bekisting Sistem PERI.....	54
4.3	Perhitungan Kebutuhan Jumlah Tenaga.....	56
4.3.1.	Kebutuhan Jumlah Tenaga Kerja Bekisting Konvensional.....	56
4.3.2.	Kebutuhan jumlah Tenaga Kerja Bekisting Sistem PERI.....	57
4.4.	Perhitungan Kebutuhan Biaya Pekerjaan Beksiting.....	57
4.4.1.	Biaya Pengadaan Bekisting Konvensional.....	58
4.4.2.	Biaya Pengadaan Bekisting Sistem PERI	58
4.4.3.	Menentukan Biaya Tenaga Kerja Pemasangan Bekisting Konvensional .	59
4.5.	Evaluasi Pemasangan dan Pembongkaran Beskisting Konvensional dengan Bekisting sistem PERI	61
4.5.1	Perbandingan Waktu Pemasangan dan Pembongkaran Bekisting Konvensional dengan Bekisting sistem PERI	63
4.5.2	Perbandingan Biaya Penggunaan Bekisting Konvensional dengan Bekisting sistem PERI	64
4.6	Analisis Kelayakan Ekonomi	66
4.6.1	Analisis Biaya	66

4.6.2 Analisis Manfaat	67
4.6.3 Analisis Investasi	68
4.6.4 Net Present Value (NPV).....	68
4.6.5 Benefit Cost Ratio (BCR)	68
4.6.6 Internal Rate Of Return (IRR)	69
BAB V.....	71
KESIMPULAN.....	71
5.1. Kesimpulan.....	71
5.2. Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA.....	73
LAMPIRAN.....	76



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Lokasi Penelitian	6
Gambar 2. 2 Pelaksanaan Bekisting Konvensional.....	11
Gambar 2. 4 Pelaksanaan Bekisting Semi Sistem.....	11
Gambar 2. 5 Pelaksanan Bekisting Sistem.....	12
Gambar 2. 6 Bekisting Pembangunan Politeknik Pekerjaan Umum.....	15
Gambar 2. 7 Stempel Skrup	22
Gambar 2. 8 Material Stempel Konstruksi.....	23
Gambar 2. 9 Pelaksanaan Bekisting Sistem Peri	25
Gambar 2. 10 Pelaksanaan Sistem Peri Handset.....	26
Gambar 2. 11 Pelaksanaan Sistem Peri Up Rosett.....	27
Gambar 2. 12 Pelaksanaan Sistem Peri Up Stair Tower.....	27
Gambar 2. 13 Pelaksanaan Sistem Peri Vario Column and Wall	28
Gambar 2. 14 Pelaksanaan Sitem Peri KG Climbing System.....	28
Gambar 2. 15 Cash Flow Investasi	30
Gambar 2. 16 Annual Cash Flow	31
Gambar 2. 17 Pola Cash flow Arithmetic Gradient	31
Gambar 2. 18 Pola Cash flow geometric gradient	32
Gambar 3. 1 Foto Udara Bangunan Gedung yang Diteliti.....	42
Gambar 3. 2 Pembagian Zonasi Gedung Direktorat	46
Gambar 3. 3 Pembagian Zonasi Gedung Auditorium.....	47
Gambar 3. 4 Pembagian Zonasi Gedung Unit Kegiatan Mahasiswa	47
Gambar 3. 5 Diagram Alir Penelitian	51
Gambar 4. 1 Penggunaan Bekisting Konvensional dan bekisting Sistem PERI... 52	
Gambar 4. 2 Perbandingan Jumlah Grup Pekerja terhadap Durasi Bekisting Konvensional	63
Gambar 4. 3 Perbandingan Jumlah Grup Pekerja terhadap Durasi Bekisting PERI	63
Gambar 4. 4 Biaya Pemasangan Bekisting Konvensional	64
Gambar 4. 5 Biaya Pemasangan Bekisting PERI	65
Gambar 4. 6 Perbandingan Upah Pekerja 3 Grup	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Pemilihan Tipe Perancah Berdasarkan Tinggi Bangunan.....	12
Tabel 2. 2 Klasifikasi Kayu.....	19
Tabel 2. 3 Nilai-Nilai Tegangan Ijin Kayu dan Modulus Elastisitasnya	20
Tabel 2. 4 Review Penelitian Sebelumnya.....	35
Tabel 3. 1 Jenis dan Sumber Data Penelitian	43
Tabel 3. 2 Parameter Perbandingan Antara Bekisting Konvensional dan Bekisting Sistem (PERI)	43
Tabel 4. 1 Kebutuhan Material Bekisting Konvensional Berdasarkan Luas Bangunan	53
Tabel 4. 2 Jumlah Pemakaian Material Bekisting Konvensional	53
Tabel 4. 3 Kebutuhan Material Bekisting Konvensional Berdasarkan Lapangan	54
Tabel 4. 4 Kebutuhan Material Bekisting PERI Berdasarkan Luas Bangunan.....	55
Tabel 4. 5 Kebutuhan Material Bekisting Sistem PERI Berdasarkan Lapangan ..	56
Tabel 4. 6 Durasi Pekerjaan Bekisting Konvensional.....	56
Tabel 4. 7 Durasi Pekerjaan Bekisting Sistem PERI	57
Tabel 4. 8 Anggaran Pengadaan Material Bekisting Konvensional Berdasarkan Harga di Pasaran	58
Tabel 4. 9 Biaya Pengadaan Material Bekisting PERI Berdasarkan Harga di Pasaran	59
Tabel 4. 10 Jumlah Biaya Tenaga Kerja per Hari	59
Tabel 4. 11 Jumlah Upah Tenaga Kerja Asumsi 3 Group Pemasangan Bekisting Konvensional	60
Tabel 4. 12 Jumlah Upah Tenaga Kerja Asumsi 4 dan 5 Group Pemasangan Bekisting Konvensional	60
Tabel 4. 13 Jumlah Upah Tenaga Kerja Asumsi 3 Group Pemasangan Bekisting PERI	60

Tabel 4. 14 Jumlah Upah Tenaga Kerja Asumsi 4 dan 5 Group Pemasangan Bekisting PERI.....	60
Tabel 4. 15 Biaya akibat Pengadaan Barang.....	66
Tabel 4. 16 Pengeluaran Biaya akibat Pengadaan Material.....	67
Tabel 4. 17 Nilai Manfaat akibat Pengadaan Material.....	67
Tabel 4. 18 Hasil Analisis Kelayakan Investasi DF 9%	70
Tabel 4. 19 Hasil Analisis Kelayakan Investasi DF 15%	70
Tabel 4. 20 Hasil Analisis Kelayakan Investasi DF 16%	71



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dalam dunia konstruksi di Indonesia ditandai dengan semakin banyaknya inovasi yang digunakan dalam proses konstruksi. Peranan teknologi bertambah semakin besar terutama untuk mempermudah proses yang terjadi pada suatu proyek konstruksi. Salah satu contoh aplikasi teknologi pada proses konstruksi adalah teknologi cetakan beton atau bekisting (Baharudin dan Dodi, 2012).

Bekisting merupakan suatu sarana pembantu untuk mencetak beton dengan ukuran, bentuk, ataupun posisi yang dikehendaki (Bagus dan Ludfi, 2012). Dalam pelaksanaan pekerjaan bekisting, pemilihan jenis bekisting akan mempengaruhi biaya dan waktu pelaksanaan, serta kualitas konstruksi. Jenis bekisting di Indonesia ada 3 (tiga) macam diantaranya bekisting konvensional, bekisting semi sistem, dan bekisting sistem (Wigbout, 1997).

Bekisting konvensional adalah bekisting kontak terdiri dari kayu papan dengan perkuatan kayu kaso dan dikerjakan ditempat. Bekisting semi sistem adalah bekisting yang dirancang untuk proyek tertentu yang ukurannya disesuaikan dengan bentuk beton di lapangan. Sedangkan bekisting sistem PERI adalah bekisting yang dirancang oleh pabrik secara universal dengan segala kemungkinan agar dapat digunakan berbagai macam bangunan. (Sony, 2018)

Dari 3 metode tersebut memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing. Menurut Fatkhur, (2019) Bekisting konvensional memiliki kelebihan materialnya mudah dicari, murah dan tidak memerlukan pekerja yang ahli. Kekurangan bekisting konvensional adalah material tidak awet, waktu bongkar pasang lebih lama, serta bentuknya kurang presisi. Kelebihan bekisting semi sistem adalah material yang digunakan lebih awet dan tahan lama dari bekisting konvensional. Kekurangan bekisting semi sistem adalah memerlukan area untuk fabrikasi bekisting. Sedangkan untuk

bekisting sistem PERI memiliki kelebihan mudah dipasang dan dibongkar, ringan, dapat dipakai berulang kali serta kualitas pengecoran relatif lebih baik. Kekurangan dari bekisting sistem PERI adalah biaya yang relatif lebih mahal.

Pekerjaan bekisting dalam pembangunan gedung merupakan salah satu pekerjaan yang harus dilakukan. Begitu juga dengan Proyek Pembangunan Gedung Unit Kegiatan Mahasiswa, Tower Ruang Kelas dan Laboratorium Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang yang menggunakan bekisting cukup banyak. Proyek tersebut memiliki luas bangunan 25.711 m², yang meliputi gedung direktorat 5 lantai, gedung auditorium 3 lantai, gedung unit kegiatan mahasiswa 5 lantai, gedung masjid 1 lantai serta gedung kelas dan laboratorium 6 lantai. Tipe bekisting yang dipakai dalam proyek ini adalah bekisting konvensional. Dalam proses pelaksanaan gedung Direktorat terdapat keterlambatan jadwal yang telah ditentukan oleh pihak kontraktor. Yang disebabkan oleh pekerjaan bekisting.

Oleh sebab itu diperlukan suatu analisis untuk mengejar keterlambatan progress yang terjadi pada gedung Direktorat agar pekerjaan bekisting lebih efektif serta efisien terhadap biaya, waktu dan mutu. Namun demikian pekerjaan bekisting masih dibutuhkan untuk pembangunan 2 gedung yang berbeda yaitu gedung Auditorium dan gedung Unit Kegiatan Mahasiswa. Berdasarkan hal tersebut maka pada gedung Auditorium dan gedung Unit Kegiatan Mahasiswa direncanakanlah penggunaan bekisting sistem PERI. Penggunaan bekisting sistem PERI dapat memudahkan pemasangan dan pembongkaran bekisting karena beratnya yang ringan serta dapat dipakai berulang kali (Hario, 2017).

Berkaitan dengan bekisting Sistem PERI setiap kegiatan proyek yang memiliki nominal besar pasti memerlukan analisis studi kelayakan. Studi kelayakan merupakan suatu kegiatan yang dilakukan secara mendalam dengan tujuan untuk mengetahui kelayakan suatu kegiatan proyek. Secara

garis besar, tahapan untuk melakukan studi kelayakan yaitu mengambil data, mengolah data, menganalisis data, pengambilan keputusan, dan memberikan rekomendasi (Meyonta, 2020).

Studi kelayakan perlu dilakukan untuk berbagai macam usaha atau proyek agar menghindari risiko kerugian, memudahkan perencanaan dan sesuai dengan targetnya. Dengan studi kelayakan, dapat memberikan gambaran tentang usaha atau proyek yang akan dijalankan layak atau tidak. Sehingga dalam penelitian ini Bekisting sistem PERI yang digunakan untuk menangani keterlambatan proyek Pembangunan Gedung Unit Kegiatan Mahasiswa, Tower Ruang Kelas dan Laboratorium Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang perlu dilakukan studi kelayakan investasi pekerjaan bekisting Sistem PERI sebelum proyek itu dijalankan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang bisa didapat dari latar belakang diatas yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan metode pemasangan dan pembongkaran antara penggunaan bekisting konvensional dengan bekisting sistem PERI?
2. Bagaimana perbandingan waktu yang dibutuhkan antara penggunaan bekisting konvensional dengan bekisting sistem PERI pada 3 gedung yang berbeda ?
3. Bagaimana perbandingan biaya yang dibutuhkan antara penggunaan bekisting konvensional dengan bekisting sistem PERI pada 3 gedung yang berbeda ?
4. Bagaimana Kelayakan Ekonomi dari investasi Bekisting Sistem PERI?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Mengevaluasi pemasangan dan pembongkaran penggunaan bekisting konvensional dengan bekisting sistem PERI.
2. Mengevaluasi perbandingan perhitungan waktu yang dibutuhkan untuk pemasangan dan pembongkaran bekisting konvensional dengan bekisting sistem PERI pada 3 gedung yang berbeda.
3. Menghitung perbandingan biaya yang dibutuhkan antara penggunaan bekisting konvensional dengan bekisting sistem PERI pada 3 gedung yang berbeda.
4. Mengevaluasi studi kelayakan ekonomi dari investasi bekisting sistem PERI.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Metode bekisting yang ditinjau pada pekerjaan balok dan pelat lantai.
2. Durasi pekerjaan, harga, dan data material untuk semua pekerjaan menggunakan data proyek
3. Objek penelitian adalah Proyek Pembangunan Gedung Unit Kegiatan Mahasiswa, Gedung Auditorium dan Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang.
4. Pada Proyek Pembangunan Gedung Unit Kegiatan Mahasiswa, Tower Ruang Kelas dan Laboratorium Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang, ditinjau pada gedung direktorat, gedung auditorium dan gedung unit kegiatan mahasiswa.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dan kontribusi dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut :

1. Pada analisis ini diharapkan bisa mengetahui biaya dan waktu pada pekerjaan bekisting konvensional dan bekisting sistem PERI yang dibutuhkan dalam pembangunan gedung bertingkat, sehingga dapat dijadikan acuan praktisi dalam perencanaan pemilihan model bekisting yang cocok untuk proyek gedung selanjutnya.
2. Dalam industri konstruksi, diharapkan dapat memberikan masukan dan saran kepada kontraktor selaku pelaksana terhadap perencanaan bekisting agar dalam pelaksanaannya dapat berjalan efektif dan efisien.
3. Dalam akademisi, diharapkan mampu memberikan ilmu dan menambah wawasan dibidang management rekayasa terkait bekisting sistem PERI.

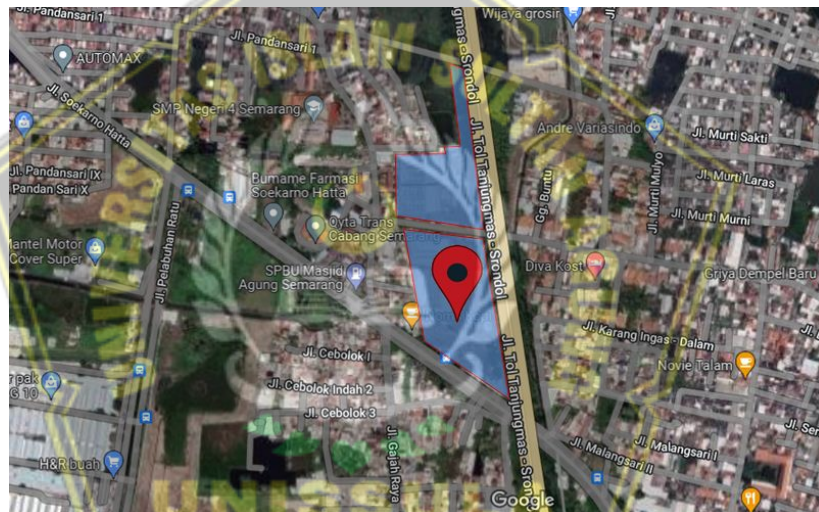


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini ditinjau pada proyek Pembangunan Gedung Unit kegiatan Mahasiswa, Tower Ruang Kelas dan Laboratorium Polteknik Pekerjaan Umum. Terletak di Jalan Arteri Soekarno Hatta Semarang, pada koordinat GPS $6^{\circ}58'38.5''S$ $110^{\circ}27'00.6''E$, Kelurahan Siwalan, Kecamatan Gayamsari, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Adapun lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Lokasi Penelitian
(Sumber : Google Maps, 2022)

2.2 Pengertian Bekisting

Bekisting adalah sarana pembantu struktur beton untuk mencetak beton sesuai ukuran, bentuk, rupa, ataupun posisi serta alinyemen yang dikehendaki. Sedangkan perancah merupakan struktur sementara yang penggunaannya sebagai penopang bekisting. Bahan perancah dapat dibuat dari logam, kayu, atau bambu, sedangkan bahan bekisting dapat dibuat dari bahan yang sama dengan perancah atau dengan pasangan bata (Ervianto, 2006).

Pada perencanaan penggunaan bekisting dan perancah harus mempertimbangkan kemampuan dalam menahan beban beton dan beban pekerja di atasnya. Selain mampu menahan beban, bekisting dan perancah juga harus kokoh, kuat, dan ekonomis (Yusron, 2010).

Dalam merancang pekerjaan struktur beton faktor yang harus dipertimbangkan, antara lain:

1. Harga bahan
2. Upah proses buat, pasang dan bongkar
3. Biaya alat yang digunakan
4. Reuse
5. Biaya perbaikan beton yang harus dilakukan dikarenakan penggunaan acuan tertentu, dan lain-lain (Dipohusodo, 1992).

Menurut Yusron, (2010) Biaya bekisting dan perancah pada pekerjaan beton memiliki biaya yang cukup besar dan bervariasi tergantung dari jenis bahan yang digunakan. Terlebih pada beton ekspose atau bentuk –bentuk khusus terutama pada komponen arsitektural, bahan yang digunakan dengan tingkat repetisi yang tinggi akan memberikan biaya yang lebih mahal. Hal tersebut agar lebih ekonomis digunakan jenis bahan yang dapat digunakan secara berulang kali, namun memerlukan biaya awal yang lebih tinggi.

2.3 Persyaratan Perancah dan bekisting

Dalam membuat bekisting dan perancah persyaratan yang harus dipenuhi sebagai berikut:

1. Perancah dan bekisting harus kokoh dan kuat, untuk menghasilkan bentuk penampang seperti yang diharapkan tanpa mengalami perubahan bentuk, ukuran serta elevasi penampang.
2. Struktur perancah dan bekisting harus mampu menahan beban campuran beton, pekerja, getaran, angin, dan benturan alat.
3. Bekisting beton harus rapat, agar cairan pasta semen dan agregat halus tidak keluar dari celah yang ada.

4. Perancah dan bekisting harus direncanakan dengan harga relatif murah karena sebagai konstruksi sementara. (Yusron, 2010).

Sasaran dari pekerjaan acuan beton.

1. Kualitas baik, pembangunan dilaksanakan sesuai dengan perencanaan bentuk, ukuran dan posisi.
2. Keamanan terjamin, perancah harus kokoh sehingga kuat menahan beban mati dan beban hidup tanpa adanya deformasi saat pengecoran berlangsung.
3. Ekonomis, dilaksanakan dengan efisiensi waktu dan biaya sehingga menguntungkan kontraktor dan owner (Dipohusodo, 1992).

2.4 Beban yang Bekerja Pada Perancah dan Bekisting

Bekisting memiliki fungsi salah satunya yaitu mampu menahan beban dan memikul dengan aman beban beton serta beban luar lainnya. Beban yang bekerja dalam bekisting dan perancah diantaranya berat sendiri campuran beton yang mana campuran beton dalam keadaan basah lebih berat dibandingkan campuran beton yang sudah mengeras.

Selain berat sendiri campuran, beban vertikal yang bekerja adalah beban alat dan pekerja di atasnya, sedangkan beban horizontal yang bekerja adalah beban kemiringan perancah, tarikan kabel, angin, dan jatuhnya campuran beton saat pengecoran. Beban kejut juga terjadi akibat gelombang getaran dari alat penggetar, saat pengangkutan beton, atau saat menyalakan dan mematikan mesin pencampur (*mixer*). Beban yang direncanakan pada beban hidup sebesar 200 kg/m², beban horizontal sebesar 150 kg/m² dan beban angin sebesar 50 kg/m². Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penggunaan bekisting dan perancah antara lain kekakuan campuran, tebal campuran dan efek busur terlebih pada pekerjaan dengan energi pemadatan yang tinggi (Amri, 2005).

2.5 Bahan Pada Pekerjaan Bekisting Perancah

Menurut Amri,(2005) Klasifikasi bahan yang digunakan untuk bekisting dan perancah yaitu sebagai berikut :

a. Bahan Organik

Bahan organik merupakan bahan pertama kali digunakan dalam pencetakan perancah dan bekisting campuran. Jenis bahan organik yang dikenal antara lain *phenolic, plywood, chipboard, hardboard, fiber board*, papan serta balok atau gabungan keduanya, serta kayu semen.

Pelaksanaan penggunaan material bahan organik memerlukan pekerja yang berpengalaman, karena banyaknya bahan yang terbuang saat proses penggergajian sehingga kemampuan bahan organik terbatas untuk penggunaan secara berulang. Dalam siklus penggunaannya akan terjadi kehilangan bahan 10%-20% akibat pemotongan pertama dan 10% dari volume awal.

Dalam pelaksanaan di lapangan kenyataannya masih dijumpai ukuran penampang yang tidak memenuhi syarat terlebih yang mengalami kerusakan bahan. Penggunaan bahan plywood dapat memperkecil resiko cacat awal namun sangat tergantung pada pemakaian bahan lem untuk memungkinkan penggunaan secara berulang. Bahan plywood umumnya digunakan secara berulang 3-5 kali, sedangkan laminated film plywood 4-6 kali untuk beton *exposed* dan 7-10 kali untuk beton non *exposed*. Bahan papan dapat digunakan 3-5 kali, kayu balok dapat digunakan 6-12 kali, dan kayu kualitas rendah hanya dapat digunakan 1-2 kali saja.

b. Bahan Pasangan

Bahan cetakan beton yang lain adalah pasangan bata. Penggunaan pasangan bata sebagai pencetak beton memerlukan ketelitian dalam pelaksanaannya terlebih saat memasukkan tulangan, karena apabila terjadi benturan akan merusak cetakan pasangan. Selain itu penggunaan pasangan bata sebagai pencetak beton tidak dapat digunakan secara berulang.

c. Bahan Logam

Pekerjaan bekisting dan perancah dengan menggunakan bahan logam akan memudahkan dalam pemasangan dan dapat digunakan secara berulang. Jenis bahan logam yang dapat digunakan diantaranya aluminium, baja, dan logam campuran (*alloy*). Penggunaan bahan logam akan membutuhkan biaya yang besar diawal namun dengan pemeliharaan secara rutin akan menurunkan biaya perancah sehingga dapat digunakan berulang hingga mencapai usia pakai 20 tahun. Selain itu untuk menekan biaya perancah juga dapat menggunakan perancah dari bahan alloy dan aluminium karena lebih ringan dibandingkan bobot bahan baja. Dimana bobot komponen perancah akan berpengaruh pada biaya transportasi antar tingkat.

d. Bahan lain

Perkembangan teknologi pada beberapa bahan yang dapat mendukung pekerjaan bekisting dan perancah diantaranya bahan thermolast (*polyvinyl chloride*), elastomer (*styrene butadiene*), dan Thermohardener (*fenolformaldehyde, fiber reinforced plastic*). Keuntungan dari penggunaan material ini adalah sangat ringan dan mudah dibentuk sehingga memudahkan dalam pelaksanaan.

2.6 Tipe Pekerjaan Bekisting Perancah

Menurut Amri, (2005) tipe bekisting dalam pekerjaan beton dibagi menjadi 3, antara lain:

a. Tipe Sederhana (Tradisional)

Bekisting tipe sederhana dapat digunakan dari bahan organik, buatan, ataupun gabungan dari kedua bahan tersebut. Bekisting tipe ini digunakan untuk bentuk yang tidak beraturan atau bentuk khusus sehingga biasanya bekisting tipe ini digunakan satu kali. Karena penggunaannya untuk bentuk khusus, pada proses pembuatan banyak bahan terbuang dan membutuhkan tenaga kerja yang berpengalaman sehingga depresiasi bekisting tipe ini sangat tinggi.



Gambar 2. 2 Pelaksanaan Bekisting Konvensional

(Sumber : Google Images)

b. Tipe Semi Sistem

Bekisting semi sistem adalah bekisting yang bahan dasarnya disesuaikan dengan konstruksi beton, sehingga pengulangannya dapat dilakukan lebih banyak apabila konstruksi beton tidak terjadi perubahan bentuk maupun ukuran, sehingga pada segi biaya investasi dan upah tenaga kerja yang dikeluarkan tidak terlalu tinggi



Gambar 2. 3 Pelaksanaan Bekisting Semi Sistem

(Sumber : Google Images)

c. Tipe Sistem Penuh

Bekisting tipe sistem penuh merupakan pengembangan dari tipe semi sistem dan tipe tradisional, bekisting tipe sistem penuh dilengkapi gambar kerja sehingga mudah dipahami oleh berbagai tingkat pekerja. Bekisting tipe ini juga dapat digunakan secara berulang-ulang bergantung pada kualitas bahan yang digunakan. Bekisting tipe ini membutuhkan jumlah tenaga kerja rendah, namun biaya

investasinya tinggi. Berikut pemilihan tipe perancah yang digunakan disesuaikan dengan tinggi bangunan dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan contoh penggunaan bekisting sistem pada pelaksanaan gedung bertingkat. gedung Gambar 2.4

Tabel 2. 1 Pemilihan Tipe Perancah Berdasarkan Tinggi Bangunan

Jumlah Tingkat	Tipe Perancah
>20	Sistem Penuh
>5	Semi Sistem
1-5	Sederhana



Gambar 2. 4 Pelaksanaan Bekisting Sistem
(Sumber : Google Images)

2.7 Pertimbangan Pemilihan Tipe Perancah dan Bekisting

a. Pertimbangan Jenis Perancah

Menurut Amri, (2005) pemilihan tipe bekisting ditentukan berdasarkan jenis pekerjaan yang akan dilaksanakan. Tipe perancah sistem penuh tidak dapat digunakan untuk pekerjaan konstruksi dengan bentuk yang rumit. Namun tipe perancah sistem penuh sangat ideal digunakan pada konstruksi bangunan tinggi dengan tipe lantai tipikal dengan komponen lainnya sehingga dapat digunakan berulang-ulang. Perancah dengan tipe sederhana dan semi sistem cocok digunakan untuk rumah tinggal dimana pengulangan tidak terlampau tinggi. Sedangkan untuk perumahan massal sangat ideal menggunakan perancah semi sistem karena komponen struktur seragam.

b. Pertimbangan Penguasaan Teknologi dan Ketersediaan Peralatan

Teknologi yang semakin maju dan penguasaan teknologi sebagai bahan dalam mempertimbangkan memilih tipe bekisting. Penguasaan teknologi bahan mampu mendorong perkembangan industri bangunan, ilmu teknik sipil, dan arsitektur. Perkembangan teknologi bahan kimia dalam campuran beton dimana zat additive yang digunakan dapat dengan mudah dalam pelaksanaan mengikuti bentuk sesuai yang direncanakan serta beton lebih cepat mengeras sehingga waktu penggunaan perancah dan bekisting lebih cepat, dimana hal ini juga menekan biaya perancah dan bekisting (Amri, 2005).

c. Pertimbangan Ekonomi

Salah satu fungsi perancah adalah sebagai pekerjaan konstruksi sementara. Karena sifatnya yang sementara dan biaya yang tidak murah, maka harus dipilih perancah yang sesuai dengan kebutuhan dan paling efisien. Penggunaan perancah sekali pakai membuat biaya konstruksi sangat tinggi, selain itu pemilihan jenis bahan perancah juga mempengaruhi nilai ekonomis perancah. Ukuran, kekakuan, performance komponen, bentuk struktur, dan tinggi bangunan menentukan biaya pekerjaan bekisting.

Menurut Hanna,(1999) bekisting merupakan komponen biaya terbesar dalam pekerjaan struktur bertingkat yang tipikal. Biaya bekisting berkisar 40 s/d 60 persen dari biaya pekerjaan beton. Dan 10 persen dari total biaya konstruksi. Untuk mereduksi biaya pekerjaan agar lebih ekonomis dapat direncanakan bentuk bangunan yang tipikal dan sederhana, serta mengorganisasi dan mengatur pelaksanaan perancah dengan baik (Amri, 2005).

2.8 Pembongkaran Perancah Bekisting

Keberhasilan pekerjaan pembetonan sangat ditentukan pada pelaksanaan pembongkaran bekisting. Kegagalan dalam proses pembongkaran mengakibatkan kerusakan pada beton bahkan dapat mengakibatkan runtuhnya bangunan. Untuk menjaga agar tidak terjadi keruntuhan maka saat proses bongkar dilakukan secara hati-hati dan diperhitungkan secara tepat. Hasil uji beton dapat menjamin

keberhasilan pembongkaran bekisting. Selain hasil uji beton beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam proses pembongkaran, antara lain:

1. Memperhatikan dampak kerugian pada kekuatan dan performa bangunan.
2. Proses bongkar dilakukan bila kekuatan beton telah mencapai kekuatan rencana berdasarkan analisa sebelumnya.
3. Data pengujian menjadi dasar pembongkaran bekisting dan perancah.
4. Memperhatikan beban di atasnya saat proses pembongkaran perancah.
5. Pembongkaran perancah dan bekisting harus disetujui oleh penanggung jawab proyek di lapangan (Amri, 2005).

2.9 Siklus Pekerjaan Bekisting

Pekerjaan bekisting merupakan pekerjaan utama dan awal sebelum pelaksanaan pengecoran dilakukan, oleh karena itu pelaksanaan pekerjaan bekisting perlu diperhatikan dengan benar. Pemilihan metode bekisting merupakan langkah awal dalam siklus bekisting, aktifitas siklus bekisting lainnya antara lain:

1. Fabrikasi Bekisting
2. Pemasangan
3. Pembongkaran

Fabrikasi bekisting merupakan siklus pertama sebelum proses pengecoran beton. Siklus pekerjaan bekisting ditujukan untuk memenuhi kebutuhan struktur, ukuran, dan bentuk dari beton yang sudah direncanakan. Sedangkan siklus pekerjaan beton bertujuan untuk menyediakan kebutuhan struktur mulai dari kekuatan, durabilitas, dan bentuknya. Langkah siklus bekisting dan siklus beton sebagai berikut:

a. Pemilihan Metode Bekisting

Pemilihan metode bekisting merupakan langkah awal dalam menentukan bekisting disesuaikan dengan pekerjaan yang sesuai. Sistem bekisting konvensional dapat digunakan pada konstruksi beton bertulang, dimana pengerjaannya dibantu dengan crane untuk pekerjaan pelat lantai. Sistem konvensional ini membutuhkan biaya besar untuk tenaga dan bahan, namun mudah digunakan dengan berbagai ukuran dan bentuk.

b. Fabrikasi Bekisting

Kegiatan fabrikasi bekisting diantaranya penerimaan bahan, pemotongan dan penempelan bahan sesuai bentuk dan ukuran yang direncanakan, pemasangan sesuai bentuk dan ukuran, serta penempatan dengan crane. Penyedia jasa sebagai pelaksana harus menyediakan lokasi fabrikasi guna mobilitas material bekisting dan alat untuk menunjang pelaksanaan pekerjaan.

c. Pemasangan Bekisting, Penempatan, dan Perkuatan

Ketersediaan alat angkat sangat mempengaruhi urutan pekerjaan bekisting. Pekerjaan bekisting diantaranya pekerjaan angkat, positioning, dan pengaturan penempatan elemen. Setelah bekisting terpasang dan pemasangan tulangan telah selesai, maka pekerjaan beton dapat dimulai proses pengecoran tentu atas persetujuan pengawas lapangan. Proses pelaksanaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Bekisting Pembangunan Politeknik Pekerjaan Umum.

(Sumber : Dokumentasi Pembangunan Politeknik Pekerjaan Umum, 2022)

Pemadatan beton atau proses vibrasi termasuk dalam konsolidasi beton. Proses pemadatan adukan beton masuk melalui rongga antar tulangan hingga kedalam bekisting, sehingga didapat pelekatan yang baik antara beton dan tulangan besi sehingga rencana kekuatan beton tercapai sesuai yang disyaratkan.

d. Finishing Beton

Finishing beton sebagai langkah terakhir pekerjaan beton dengan meratakan permukaan beton menggunakan mistar kayu panjang direntangkan dipermukaan beton.

e. Bahan Tambahan Beton

Zat additif atau bahan tambah pada beton untuk mempercepat pengerasan, mencegah penyusutan dan memberikan kekuatan pada beton. Penggunaan bahan additif membutuhkan temperature dan kadar air.

f. Penambahan Perkuatan Bekisting

Penambahan perkuatan bekisting sebagai penahan beban lendutan karena beban sendiri dan beban lain, perkuatan bekisting perlu dilakukan dengan menambahkan elemen-elemen saat pengecoran. Saat kekuatan beton mencapai 70% dari kuat rencana maka proses bongkar bekisting dapat dilakukan.

g. Backshore/ Reshoring

Backshore atau reshoring merupakan penambahan penyangga vertikal pada elemen struktur yang belum mencapai kekuatan yang telah direncanakan. Selain itu saat pembongkaran penyangga awal dipindahkan akan menambah kekuatan pada elemen struktur.

h. Pembongkaran Reshoring

Beton yang sudah kuat dan cukup umur maka pembongkaran reshoring dapat dilaksanakan. Proses pembongkaran dilaksanakan dengan teliti sehingga menghindari dampak pembebanan pada struktur.

i. Reuse dan Perbaikan Bekisting

Untuk dapat digunakan kembali, bekisting yang telah mengalami proses pembongkaran sebaiknya dilakukan perbaikan dan perawatan.

j. Syarat dan Ketentuan dalam Pekerjaan Bekisting

Syarat agar perencanaan suatu bekisting dapat menahan beban sendiri dan beban sementara di atasnya, antara lain (Antil dan Ryan, 1982):

1. Kekuatan

Bekisting mampu menopang berat beton serta beban-beban yang terjadi di atasnya selama proses pelaksanaan pekerjaan.

2. Kekakuan

Lendutan kumulatif bekisting tidak boleh melebihi toleransi yaitu 0,3% dari dimensi permukaan beton.

3. Ekonomis

Bekisting yang ekonomis ditinjau dari pemilihan bahan dan ukuran komponennya.

4. Mudah dalam pemasangan dan pembongkaran

Pembongkaran dan pemindahan bekisting harus dilakukan secara hati-hati dan teliti, selain itu proses perencanaan, pemasangan dan levelling perlu diperhatikan dengan benar.

Pertimbangan perancangan dan pembangunan bekisting, antara lain:

1. Kualitas

kualitas bahan yang digunakan harus mampu memenuhi syarat kaku dan akurat dalam posisi, ukuran, dan bentuk sesuai dengan perencanaan.

2. Keselamatan

Bekisting harus mampu menopang seluruh beban mati dan hidup sehingga mencegah terjadi keruntuhan dan bahaya lain.

3. Ekonomis

Pembuatan bekisting seefisien mungkin sehingga dalam pelaksanaannya meminimalisasi biaya dan waktu untuk keuntungan owner dan pelaksana (Nawy, 1997).

2.10 Perbandingan Biaya Material Tipe Bekisting

Perbandingan biaya pada ketiga model bekisting terhadap biaya bahan material untuk pekerjaan lantai, antara lain (Wigbout, 1987):

1. Bekisting Tradisional

- a. Biaya Angkut
- b. Penyusutan nilai bahan kayu karena pemakaian
- c. Bekisting tepi
- d. Sewa alat bantu

2. Bekisting Setengah Sistem
 - a. Biaya angkut
 - b. Penyusutan nilai bahan kayu karena pemakaian
 - c. Bekisting tepi
 - d. Sewa alat bantu
3. Bekisting Sistem
 - a. Biaya angkut
 - b. Penyusutan nilai bahan kayu karena pemakaian
 - c. Bekisting tepi
 - d. Sewa alat bantu untuk pemakaian lebih dari 1 (satu) lantai.

2.11 Biaya Material untuk Bekisting

Menentukan nilai biaya material yang besar bergantung pada metode dan pemanfaatan material apakah dapat digunakan secara berulang. Berikut acuan untuk pekerjaan struktur sederhana dengan bentuk struktur yang relatif sama (Wigbout, 1987):

1. Metode tradisional, ukuran struktur kurang dari 6000m.
2. Metode setengah sistem, ukuran struktur lebih besar 6000 m².
3. Bekisting sistem, merupakan metode yang paling mahal.

2.12 Material Penyusun Bekisting

2.12.1 Kayu

Kayu merupakan material dalam bekisting berfungsi sebagai perkuatan, selain itu sifat kayu lebih fleksibel, kuat, tahan lama, ringan, mudah dalam pengerjaan, serba guna, dan tidak mahal (Clark, 1983).

Dalam Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI), persyaratan dan ketentuan kayu sebagai material bekisting dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Klasifikasi Kayu

No	Kelas	Berat jenis kering udara (gr/cm ³)	Kuat lentur mutlak (kg/cm ²)	Kuat tekan mutlak (kg/cm ²)
1	I	>0,9	>1100	>650
2	II	0,90-0,60	1100-725	650-425
3	III	0,60-0,40	725-500	425-300
4	IV	0,40-0,30	500-360	300-215
5	V	<0,3	<360	<215

(Sumber : PKKI Tahun 1961)

Pada dunia konstruksi, sifat kayu yang menguntungkan antara lain (Wigbout, 1987):

1. Kekuatannya besar pada massa yang kecil.
2. Mudah diperoleh dan harga yang rendah.
3. Mudah saat dikerjakan dan alat yang digunakan sederhana.
4. Sangat baik dalam isolasi termis.
5. Dalam menerima getaran dan tumbukan diterima dengan baik.

Sebagai bahan konstruksi, terdapat faktor pengali pada material kayu diatur dalam PKKI 1961. Faktor pengali tersebut sebagai berikut:

1. Faktor 2/3
 - a. Untuk konstruksi terendam air.
 - b. Untuk konstruksi dengan kadar lengas tinggi dan tidak terlindungi.
2. Faktor 5/6

Untuk konstruksi kayu dengan pengeringan cepat meskipun tidak terlindungi.
3. Faktor 5/4
 - a. Untuk bagian konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh beban tetap dan beban angin.
 - b. Untuk bagian konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh beban tetap dan tidak tetap.

4. Faktor 3/2

Untuk bagian konstruksi yang memiliki pembebanan khusus.

Kekuatan kayu sebagai dasar perhitungan ditinjau pada tegangan ijin dan modulus elastisitasnya, dimana dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Nilai-Nilai Tegangan Ijin Kayu dan Modulus Elastisitasnya

Tabel 2. 3 Nilai-Nilai Tegangan Ijin Kayu dan Modulus Elastisitasnya

No	Jenis tegangan (kg/cm ²)	Kelas kuat kayu				
		I	II	III	IV	V
1	Tegangan lentur sejajar serat (σ_{lt} //)	150	100	75	50	-
2	Tegangan tekan = Tarik Sejajar serat (σ_{tk} // = σ_{tr} //)	130	85	60	45	-
3	Tegangan tekan tegak lurus serat (σ_{tk})	40	25	15	10	-
4	Tegangan geser sejajar serat (τ //)	20	12	8	5	-
5	Modulus Elastisitas (E)	125.000	100.000	80.000	60.000	-

(Sumber : Amri, 2005)

2.12.2 Multiplek

Multiplek merupakan lapisan beberapa kayu finer yang direkatkan satu sama lain. Ketebalan lapisan finer berkisar (1,5 – 3) mm, dengan tiap lapisan finer harus dari jenis kayu yang sama dan memiliki ketebalan yang sama. Bahan perekat yang digunakan harus tahan cuaca luar dalam kurun waktu yang tak terbatas serta tahan terhadap pencemaran organisme mikro.

Material multipleks yang kontak langsung, maka lapisan luar harus terbuat dari material dengan kualitas lebih baik dan awet dan tahan terhadap aus. Menurut

Wigbout, (1987) kerugian dari penggunaan triplek (multiplek) adalah harganya yang tinggi, mudah rusak pada bagian tepi dan sudut, serta penanganan permukaan dari pelat harus cermat.

2.13 Material Perancah dan Pemikul

2.13.1 Material Penopang yang Berdiri Vertikal

Menurut Wigbout (1987), acuan penopang dalam suatu konstruksi, antara lain:

1. Mampu memindahkan beban berat meskipun beban sendiri lebih ringan.
2. Tahan terhadap penggunaan yang kasar.
3. Pemasangan dan penyetelan sederhana.
4. Meminimalisasi komponen lepas.
5. Kontrol mudah.
6. Menerapkan sistem reuse.

Beberapa kelompok penopang berdasarkan bahan material, antara lain:

a. Stempel Kayu

Stempel kayu sebagai penopang gelagar memanjang sudah lama digunakan, penggunaan stempel kayu memerlukan banyak penyetelan saat akan melakukan penggeseran sehingga makin berkurang penggunaannya (Wigbout, 1987).

b. Stempel Baja

Penggunaan stempel baja sebagai penopang gelagar baja pada beban yang lebih besar dengan harga relatif mahal, namun stempel baja digunakan dalam bentuk profil, dikombinasikan dengan penyangga dan balok atas sehingga terbentuklah pemikul (Wigbout, 1987).

c. Steger Pipa dari Baja

Steger pipa baja terbuat dari rangkaian profil baja pipa yang dilas tumpul 48,3 mm dan tebal 3,2 mm, berat /m nya adalah 3,6 kg. Beban tiang pipa antara 5 sampai 40 KN sesuai dengan yang diijinkan. Penggunaan steger pipa sebagai penopang dalam pengerjaannya membutuhkan banyak material,

namun dapat digunakan pada konstruksi dengan bentuk yang paling rumit (Wigbout, 1987).

d. Steger Sistem dari Baja

Kelebihan steger sistem dari baja, antara lain:

1. Pengerjaannya tidak terlalu banyak.
2. Tenaga ahli tidak diperlukan.
3. Sedikit komponen.
4. Stabilitas pada menara yang dibangun.

Dalam pembangunan steger sistem dapat dilakukan dengan cepat karena dapat dirangkai arah ketinggiannya. Pembangunan steger sistem menggunakan 2 tiang dengan tumpukan kuda-kuda atau penggunaan 3–4 tiang untuk sebuah menara. Dimana beban untuk kuda-kuda diijinkan 50–100 KN, sedangkan pada menara beban diijinkan 160–200 KN. Alat sambung yang digunakan untuk kuda-kuda ataupun menara menggunakan sistem khusus sehingga waktu pemasangan lebih cepat (Wigbout, 1987).

e. Stempel Skrup

Stempel skrup digunakan untuk beban yang ringan dengan daya dukung antara 5 sampai 20 KN. Bagian bawah stempel skrup dilengkapi pelat kaki, serta untuk menyangga satu atau dua balok maka atasnya diberi pelat kepala dan garpu. Untuk menahan gaya tarik dan tekan Stempel khusus juga dilengkapi dengan pelat kaki dan pelat puncak yang dapat berputar sehingga dapat menahan gaya tarik ataupun tekan seperti



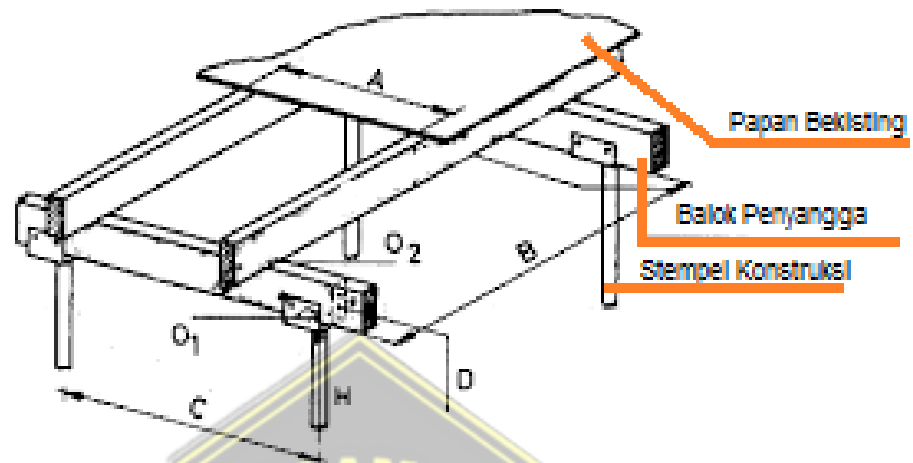
Gambar 2. 6 Stempel Skrup

(Sumber : Google Images)

f. Stempel Konstruksi

Untuk beban berat dapat digunakan stempel konstruksi, dimana stempel ini memiliki panjang sesuai standar kemudian dirangkai

menggunakan pasak ataupun baut. Daya dukung yang diijinkan dari stempel konstruksi antara 140 - 350 KN (Wigbout, 1987).



Gambar 2. 7 Material Stempel Konstruksi

Sumber : (Wigbout, 1987).

2.13.2 Material Pemikul

Material pemikul terbuat dari bahan ringan sehingga mudah saat merangkai, pasang dan bongkar. Pemikul dapat menahan beban horizontal seperti balok, dan lantai serta dapat menahan beban vertikal seperti dinding. Pemikul bekisting menurut konstruksinya dibagi menjadi dua, antara lain:

a. Pemikul Geser

Pemikul geser merupakan pemikul yang mudah digeser terbuat dari material kayu ukuran 4,35 m atau baja dengan bobot ringan antara 7–9 kg/m dan ukuran pendek serta berbentuk rangka. Pemikul ini diikat dengan bantuan pengikat baja atau pasak kayu (Wigbout, 1987).

b. Pemikul Tersusun

Pemikul tersusun dapat menyerap beban yang cukup besar, dimana momen yang diijinkan antara 60-1500 KNm. Pemikul tersusun terdiri dari berbagai material bekisting dan penopang sehingga diperlukan pemilihan material yang

dapat digunakan secara berulang agar lebih ekonomis. Oleh karena itu yang harus dipertimbangkan adalah (Wigbout, 1987) :

1. Saat pengecoran mempertimbangkan bagian-bagian pemasangan.
2. Susunan pada permukaan beton.
3. Fleksibilitas.

2.14 Bekisting Sistem PERI

PERI adalah nama perusahaan yang didirikan di Jerman pada tahun 1969. Perusahaan PERI memproduksi produk bekisting yang bertujuan untuk membuat proses kontruksi menjadi lebih cepat, ringan dan aman. Seiring berkembangnya waktu produk PERI mulai tersebar di beberapa Negara, salah satunya adalah Indonesia. Perusahaan pengguna produk PERI di Indonesia ada yang langsung impor produknya dari Jerman dan ada juga yang membeli lisensi produk untuk memproduksinya sendiri.(Haris,2019)

Bekisting Sistem PERI adalah bekisting yang elemen-elemen pendukungnya dibuat di pabrik, serta sebagian besar komponen-komponen terbuat dari baja. Bekisting tersebut dimaksudkan untuk penggunaan berulang kali. Keunggulan dari bekisting sistem (PERI) adalah:

1. Mudah dalam pemasangan dan pembongkaran.
2. Material yang dipakai ringan.
3. Dapat dipakai berulang kali.
4. Kualitas pengecoran baik dengan siklus pembongkaran yang cepat serta dapat dipakai pada pekerjaan konstruksi beton yang besar.

Kekurangan dari bekisting sistem PERI adalah mahal dan membutuhkan keahlian dalam pemasangan. Untuk pembangunan kompleks, komponen beton bertulang *multicurved*, bekisting sistem PERI menyediakan berbagai pilihan bekisting yang dapat disesuaikan (Syarif, 2019). Berikut beberapa gambar kontruksi struktur bekisting sistem PERI.



Gambar 2. 8 Pelaksanaan Bekisting Sistem Peri
(Sumber : Google Images)

Berikut merupakan keunggulan dari macam-macam produk bekisting sistem bekisting peri yang dikeluarkan oleh PT. Beton Perkasa Wijaksana.

1. Peri Handset

Keunggulan System PERI Handset

- Wall formwork / footing formwork yang memiliki kapasitas tekan ijin fresh concrete sebesar 40 kN/m²
- Sangat praktis dan cepat saat pemasangan dengan system panel dan quick clip untuk mengunci antar panel
- Tidak memerlukan pekerjaan pabrikasi, phenolik 12 mm sudah terpasang pada panel Handset

- Sistem panel ringan dan didesain untuk mudah dipindahkan pada saat ulang kali pakai tanpa perlu alat bantu angkat / crane (bisa dengan manual tenaga kerja)



Gambar 2. 9 Pelaksanaan Sistem Peri Handset

2. Peri Up Rosett dan Peri Up Stair Tower

Keunggulan System PERI Up Rossett & PERI Up Stair Tower

- Bisa diaplikasikan untuk shoring formwork dan stair tower.
- Memiliki kapasitas beban ijin yang besar yaitu 4 ton/leg, spesifikasi bahan *galvanized* dengan durabilitas (*live time*) yang panjang, referensi *lift time* bisa mencapai 30 tahun.
- System pengunci (*lock*) dengan menggunakan prinsip gravitasi, secara otomatis akan mengunci antara horizontal ledger dan standart vertical dengan aman.
- Hanya memerlukan 1 orang tenaga saja untuk memasang 1 set Peri Up Rossett, dengan memakai material Collar UVB-24 sehingga bisa menurunkan biaya upah tenaga kerja.
- *Horizontal ledger* berbentuk persegi dan ringan sehingga pada saat operasional di lapangan pada saat ulang kali pekerjaan bisa atau mudah *dipacking*.
- Tidak memerlukan banyak tempat sehingga dapat menghemat biaya transportasi.
- *Smart accessories*, cepat dan ringkas dalam pemasangan. Variasi bentang 1.5 m, 2.0 m, 2.5 m dan 3.0 m.



Gambar 2. 10 Pelaksanaan Sistem Peri Up Rosett
(Sumber : Google Images)



Gambar 2. 11 Pelaksanaan Sistem Peri Up Stair Tower
(Sumber : Google Images)

3. Peri Vario Column and Wall

Keunggulan System PERI Vario Collumn & Wall

- Bagaimanapun bentuk formwork baik persegi, bulat, rectangular dan special design serta tinggi formwork (bisa sampai tinggi 18 meter dalam satu panel) dapat menggunakan Peri Vario System.
- Peri Vario System didesign memiliki kapasitas tekan ijin fresh concrete sebesar 100 kN/m².
- Referensi dari beberapa proyek, produktifitas tenaga kerja dengan menggunakan Peri Vario Collumn/Wall bisa mencapai 0,71 m²/ jam/orang (4 m²/ jam normal/ orang).



Gambar 2. 12 Pelaksanaan Sistem Peri Vario Column and Wall

(Sumber : Google Images)

4. KG Climbing System

Keunggulan KG Climbing System

- KG Climbing System dapat disesuaikan untuk memenuhi bentuk bangunan dan bahkan pada tingkat aplikasi yang tidak biasa.
- KG Climbing System memiliki tingkat keamanan dan fleksibilitas yang sangat tinggi pada ketinggian apapun.



Gambar 2. 13 Pelaksanaan Sitem Peri KG Climbing System

(Sumber : Google Images)

2.15 Studi Kelayakan

Menurut Sutrisno (1982) studi kelayakan (Feasibility Study) adalah suatu studi atau pengkajian apakah suatu usulan proyek/gagasan usaha apabila dilaksanakan dapat berjalan dan berkembang sesuai dengan tujuannya atau tidak. Objek atau subjek materi studi kelayakan adalah usulan proyek/gagasan usaha. Usulan proyek/gagasan usaha tersebut dikaji, diteliti, dan diselidiki dari berbagai aspek tertentu apakah memenuhi persyaratan untuk dapat berkembang atau tidak. Dalam studi kelayakan ada beberapa aspek yang perlu ditinjau, antara lain :

Aspek Finansial

Menurut Adler (1982) analisis finansial bertujuan untuk mengetahui proyek tersebut layak dalam menghasilkan imbalan, dapat mengembalikan modal investasi, dan mampu hidup secara finansial. Dalam analisis finansial untuk mencari nilai riil dari suatu barang atau jasa selalu digunakan harga pasar dimana ditekankan pada pendapatan, biaya, dan tingkat suku bunga.

Biaya (*cost*)

Biaya dikelompokkan menjadi 2 (dua), yaitu (Aldino wildan, 2019):

1. Capital Cost atau biaya modal
2. Biaya Tahunan

Biaya tahunan merupakan biaya yang diperlukan sepanjang umur proyek, terdiri dari:

a. Suku Bunga

Suku bunga terjadi akibat adanya peningkatan suku bunga pada biaya modal selama umur proyek, dimana merupakan biaya terbesar.

b. *Amortiasi* atau *Depresiasi*

Amortiasi merupakan pembayaran dalam kurun waktu tertentu hingga lunas terbayar, sedangkan *depresiasi* merupakan penyusutan nilai dari suatu barang akibat pemakaiannya.

c. Biaya Operasi dan Pemeliharaan

Operasional dan pemeliharaan diperlukan untuk menjamin umur proyek sesuai dengan rencana, sehingga dalam masa operasional dan pemeliharaan memerlukan biaya.

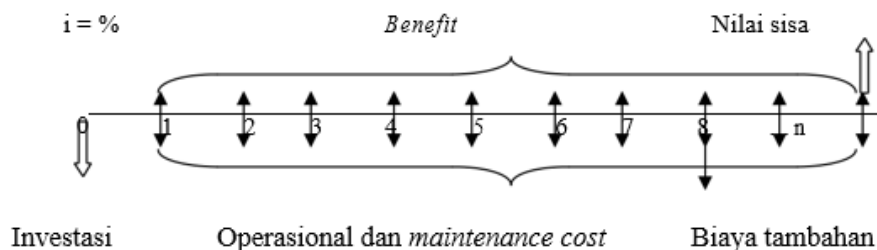
Investasi merupakan penempatan sejumlah dana pada suatu barang atau kegiatan untuk saat ini dan diharapkan mendapat perolehan keuntungan sebesar besarnya pada waktu mendatang. Pada penelitian ini investasi yang dimaksud yakni biaya pengadaan material bekisting system PERI pada proyek Pembangunan Gedung Unit Kegiatan Mahasiswa Tower Ruang Kelas dan Laboratorium Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang.

2.15.1 Pendapatan (*benefit*)

Pendapatan adalah biaya yang diperoleh dari biaya produksi disesuaikan dengan volume produksi, sehingga biaya produksi bervariasi tergantung dari jumlah volume produksinya. Oleh karena itu perlunya manajemen dalam merencanakan dan mengendalikan efek biaya terhadap volume produksi (Giatman, 2006).

2.15.2 Cash Flow

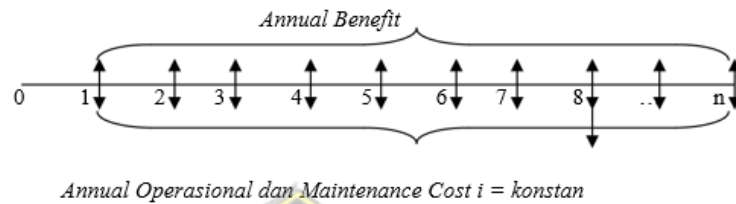
Cash flow adalah anggaran kas, dimana arus keluar masuk uang menandakan adanya kegiatan dan diharapkan arus uang tersebut seimbang sehingga diperoleh surplus bukan menimbulkan defisit. Bila terjadi defisit maka kegiatan akan terhenti atau tertunda sejenak baik disengaja maupun tidak (Suharto, 1995). Cara penyusunan cash flow untuk investasi hingga tahun ke-n dapat dilihat pada Gambar 2.14



Gambar 2. 14 Cash Flow Investasi

a. Cash Flow Annual

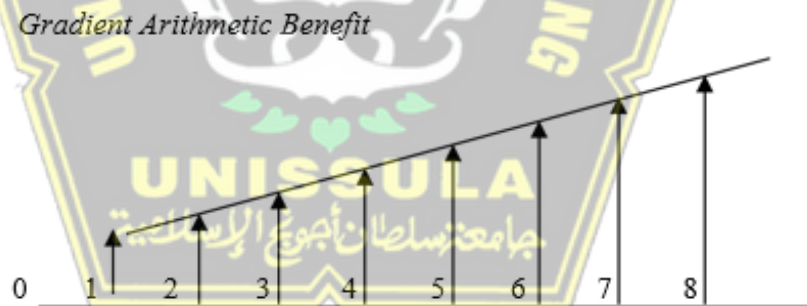
Cash flow annual berarti pada jangka waktu yang panjang namun arus pembayarannya yang dikeluarkan sama besar. Berikut arus cash flow annual dengan nilai i konstan dapat dilihat pada Gambar 2.15



Gambar 2. 15 Annual Cash Flow

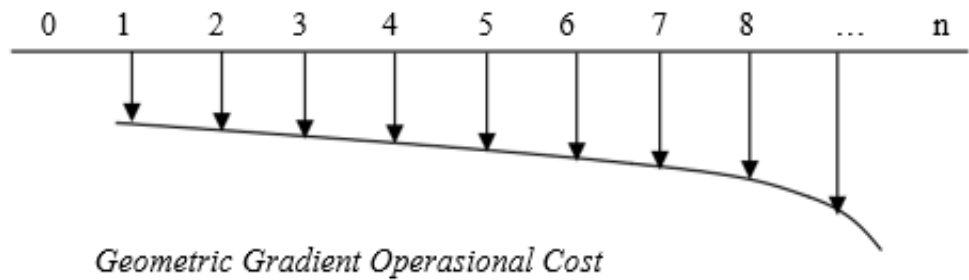
b. Cash flow Arithmetic dan Geometric Gradient

Cash flow Arithmetic Gradient karena aliran uang selalu meningkat dalam jumlah tertentu secara periodik. Dikatakan *arithmetic gradient* jika peningkatannya linier. Berikut *cash flow arithmetic gradient* dapat dilihat pada Gambar 2.16



Gambar 2. 16 Pola Cash flow Arithmetic Gradient

Cash flow geometric gradient terjadi jika peningkatan arus uangnya proporsional dengan jumlah periode uang sebelumnya, dimana hasil peningkatannya tidak dalam jumlah yang sama, tetapi semakin lama semakin besar dan merupakan fungsi pertumbuhan (Giatman, 2006). Berikut pola *cash flow geometric gradient* pada Gambar 2.17



Gambar 2. 17 Pola Cash flow geometric gradient

(Sumber: Giatman, 2006)

2.15.3 Bunga

Bunga (interest) merupakan sejumlah uang yang dibayar karena peminjaman uang sebelumnya, dimana besaran uang yang dibayarkan adalah selisih jumlah hutang yang dibayarkan terakhir dengan jumlah hutang awal disebut bunga. Besaran bunga dapat bertambah seiring dengan perubahan waktu. Tingkat suku bunga dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Tingkat Suku Bunga} = \frac{\text{Biaya yang Diabayarkan persatuan waktu}}{\text{Jumlah pinjaman awal}} \times 100\%$$

(2.1 Perhitungan Suku Bunga)

2.15.4 Kriteria Penilaian Investasi

Kriteria penilaian investasi dalam mengevaluasi kelayakan suatu investasi metode yang sering dipakai adalah metode net present value (NPV), metode internal rate of return (IRR), dan metode benefit cost ratio (BCR). Dari ketiga metode tersebut adkan dijelaskan berikut ini:

1. Net Present Value

Net Present Value (NPV) merupakan biaya yang diterima saat ini dibandingkan dengan pengadaan awal (modal awal). NPV dikatakan menguntungkan apabila penerimaan nilai kas yang akan datang lebih besar

dibandingkan dengan nilai investasi sekarang. Perhitungan *Net Present Value* (NPV) berdasarkan pada pendapatan dari nilai manfaat. Berikut perhitungan nilai NPV dirumuskan (Giatman, 2006):

$$NPV = B - C \quad (2.2 \text{ Perhitungan NPV})$$

Dimana :

B= Nilai Sekarang Total Manfaat

C= Nilai Sekarang Total Biaya

NPV > 0, investasi menguntungkan

NPV < 0, Investasi tidak menguntungkan

2. Benefit Cost Ratio

Benefit Cost Ratio (BCR) merupakan untuk mengevaluasi kelayakan investasi dari suatu barang atau proyek, dengan membandingkan keuntungan yang diperoleh pada tahun tertentu dengan biaya yang dikeluarkan pada tahun tertentu. Dimana dibedakan tahun yang memperoleh benefit positif dan benefit negative. Dalam menghitung Benefit Cost Ratio (BCR) dapat menggunakan rumus sebagai berikut: (Giatman, 2006)

$$BC \text{ Ratio} = \frac{\text{present worth of benefit}}{\text{present worth of cost}} = \frac{\sum_{t=0}^n Cbt(FBP)}{\sum_{t=0}^n Cct(FBP)} \quad (2.3 \text{ Perhitungan BCR})$$

Dimana :

Cbt = Cash flow benefit/keuntungan di tahun "t"

Cct = Cash flow cost/biaya di tahun "t"

i = discount rate/suku bunga (% per tahun)

n = umur rencana

FBP = faktor bunga present

BCR ≥ 1, maka investasi layak (feasible)

BCR < 1, maka investasi tidak layak (unfeasible)

3. Internal Rate of Return

Internal Rate of Return (IRR) memiliki hubungan dengan NPV, dimana tingkat suku bunga dapat membuat harga NPV bernilai 0 atau BCR 1. IRR dicari

dengan metode trial and error dengan menggunakan nilai “i” (I adalah nilai suku bunga) dimana harus mendekati nilai IRR. Nilai i lebih besar dari IRR ditandai dengan NPV bernilai negatif, kemudian dilakukan interpolasi antaran discount rate tertinggi dengan terendah hingga nilai NPV diperoleh 0.

Kriteria IRR ini memberikan pedoman apabila usaha yang akan diterima lebih besar dari nilai suku bunganya maka usaha tersebut dinyatakan layak ($IRR \geq i$), namun apabila usaha yang akan diterima kurang dari nilai suku bunganya maka usaha tersebut dinyatakan tidak layak.

Perhitungan IRR dimulai dengan menghitung discount rate dengan hasil nilai NPV positif, kemudian dilanjutkan dengan menghitung discount rate dengan hasil NPV negatif. Setelah diperoleh nilai NPV dapat menghitung IRR dengan rumus sebagai berikut:

$$IRR = i1 + \frac{NPV1}{NPV1 - NPV2} (i2 - i1) \quad (2.4 \text{ Perhitungan IRR})$$

Dimana :

IRR = Internal Rate of Return

i1 = Tingkat diskonto yang menghasilkan NPV+

i2 = Tingkat diskonto yang menghasilkan NPV-

NPV1 = Net present value bernilai positif

NPV2 = Net present value bernilai negatif

2.15.4 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas digunakan sebagai kontrol parameter investasi akibat adanya perubahan yang terjadi karena faktor pemakaian, kondisi dan situasi selama usia investasi. Dengan analisis sensitivitas sebagai parameter dalam mengambil keputusan meskipun kenyataannya perubahan dan fluktuasi harga yang terjadi tidak mengubah keputusan awal. Berikut ini analisis sensitivitas ditinjau berdasarkan perspektif:

1. Sensitivitas diri sendiri, pada kondisi BEP (Break Even Point) saat $NPV = 0$

$$\sum_{t=0}^n CF_t(FBP)$$

2.16 Review Terhadap Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan penelitian terdahulu, peneliti menemukan beberapa penelitian relevan dengan studi kasus peneliti. Adapun beberapa penelitian terdahulu ini yaitu *Review* terhadap beberapa penelitian sejenis dapat dilihat pada Tabel 2.4.



Tabel 2. 4 Review Penelitian Sebelumnya

No	Judul Penelitian	Metode	Hasil
1	<p>Analisis perbandingan biaya dan waktu pada pekerjaan bekisting metode konvensional dengan sistem PERI (Studi Kasus : Proyek Gedung Rumah Sakit Gigi Dan Mulut FKG Universitas Brawijaya Malang)</p> <p>(Arfah C, 2019)</p>	<p>Analisis menggunakan perhitungan biaya dan waktu berdasarkan kedua metode yang berbeda</p>	<p>Berdasarkan penelitian tersebut bekisting konvensional lebih murah 7,84% (Rp 439.587.229,55.-) dibandingkan bekisting peri. Sedangkan dari segi waktu bekisting peri lebih cepat 108 hari dibanding bekisting konvensional (semula 169 hari menjadi 61 hari)</p>
2	<p>Analisis perbandingan biaya pekerjaan bekisting konvensional dengan bekisting PERI pada konstruksi balok dan kolom</p> <p>(Wisnu A, 2012)</p>	<p>Analisis menggunakan perhitungan biaya dan waktu berdasarkan kedua metode yang berbeda</p>	<p>Metode pelaksanaan bekisting PERI lebih menguntungkan karena mudah perakitan, pemasangan dan pembongkaran. Produktivitas tenaga kerja bekisting PERI pada balok lebih cepat 0,8m²/jam/orang dan untuk balok 1,03 m²/jam/orang. Sedangkan untuk biaya pekerjaan bekisting konvensional lebih mahal 20% dari biaya bekisting PERI.</p>
3	<p>Perbandingan Perancah Bekisting Box Girder antara sistem PERI dengan sistem Ring Scaffold ditinjau dari segi biaya dan waktu.</p> <p>(Wieku S, 2005)</p>	<p>Analisis perhitungan biaya dengan bekisting sistem yang berbeda</p>	<p>Penggunaan perancah sistem “Ring Scaffold” ternyata lebih efisien sekitar 17,21% bila dibandingkan dengan penggunaan perancah sistem peri. Walaupun keduanya termasuk bekisting sistem</p>
4	<p>Optimalisasi waktu dan biaya pekerjaan bekisting konvensional dan PERI melalui sistem siklus pemakaian dan sistem zoning pada gedung bertingkat</p>	<p>Analisis waktu pekerjaan dengan metode zonasi</p>	<p>1. Metode pelaksanaan paling efektif dan ekonomis untuk gedung Universitas Gadjah Mada Kampus Jakarta dibagi menjadi 2 zonasi. Dan waktu penyelesaian</p>

	(Studi Kasus : Proyek Universitas Gadjah Mada Kampus Jakarta) (Yusron A, 2010)		<p>perlantai 7 hari dengan perseiapan bekisting 2,5 lantai.</p> <p>2. pembagian zonasi pada pekerjaan bekisting berpengaruh terhadap waktu dan biaya. Penggunaan material dengan jumlah pengulangan yang berbeda memberikan pengaruh terhadap biaya dan jumlah tenaga kerja yang digunakan, dalam penelitian ini sistem bupah borongan lebih dirasa paling efisien</p>
5	Analisa Perbandingan Penggunaan Bekisting Konvensional, Semi Sistem, dan Sistem Peri Pada Kolom Gedung Bertingkat. (Hario S dkk, 2017)	Mengetahui pola kerja sistem zoning dengan menggunakan berbagai alternatif	<p>Berdasarkan dari hasil penelitian ini, diperoleh:</p> <p>1. Proyek World Trade Center 3 Jakarta jika mengutamakan segi biaya, pekerjaan bekisting tepat menggunakan bekisting semi sistem. Jika mengutamakan segi waktu, pekerjaan bekisting sudah tepat menggunakan bekisting sistem peri karena bekisting ini durasi pelaksanaannya paling cepat diantara bekisting lainnya.</p> <p>2. Proyek Ruko Grand Bintang Bekasi jika mengutamakan segi biaya, pekerjaan bekisting sudah tepat menggunakan bekisting semi sistem karena memiliki biaya pekerjaan yang paling murah diantara bekisting lainnya. Jika mengutamakan segi waktu, pekerjaan</p>

			bekisting lebih tepat menggunakan bekisting sistem peri
6	<p>Analisis Perbandingan Bekisting Konvensional dan Bekisting Aluminium Formwork Pada Gedung Bertingkat (Studi Kasus Proyek The Alton Apartment Semarang)</p> <p>(Laraseto L, 2020)</p>	<p>Analisis perbandingan pemasangan dan pembongkaran, perbandingan biaya, perbandingan waktu, dan analisis kelayakan pada bekisting aluminium formwork</p>	<p>Dari hasil penelitian ini, metode pelaksanaan bekisting konven dan aluminium formwork yang tepat untuk proyek gedung The Alton Apartment Semarang menggunakan 2 zona dan waktu penyelesaian 5 hari. Kelayakan bekisting aluminium formwork pada proyek gedung The Alton Apartment Semarang dengan nilai investasi sebesar Rp. 14.127.010.283, memiliki nilai NPV Rp.8.184.975.175,32 , IRR 20.14, BEP selama 2 tahun 5 bulan dan BCR 1.44, sehingga dinyatakan layak.</p>
7	<p>Komparasi Biaya Pelaksanaan Penggunaan Bekisting Konvensional dan Bekisting Sistem Peri (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Hotel RED DOT Yogyakarta)</p> <p>(Legistyana E, 2012)</p>	<p>Analisis perbandingan biaya penggunaan bekisting konvensional dan bekisting sistem PERI</p>	<p>Dari hasil penelitian biaya pekerjaan bekisting sistem PERI per meter persegi sebesar Rp. 90.000,00 dengan selisih biaya Rp. 20.471,66 atau 18,5% lebih murah dibandingkan bekisting konvensional, serta pekerjaan bekisting sistem PERI hasil pekerjaan lebih rapi dan dapat mengurangi limbah konstruksi.</p>
8	<p>Analisis Perbandingan Biaya Penggunaan Bekisting Konvensional Dan Bekisting Sistem Untuk Pekerjaan Kolom Gedung HSSE PLN Semarang</p> <p>(Aji K, 2020)</p>	<p>Analisis perbandingan biaya antara penggunaan bekisting konvensional dan bekisting sistem</p>	<p>Berdasarkan hasil penelitian bahwa pekerjaan bekisting kolom Gedung HSSE Semarang biaya penggunaan bekisting konvensional lebih mahal 3% dibandingkan dengan bekisting sistem.</p>
9	<p>Perbandingan Bekisting Konvensional dengan bekisting PERI Dari Segi Biaya</p>	<p>Analisis perbandingan biaya dan waktu antara</p>	<p>Dari analisa didapatkan bahwa pembangunan Apartemen Salemba Residence penggunaan</p>

	dan Waktu Pelaksanaan pada Proyek Apartemen Salemba Residence (Astri N, 2007)	penggunaan bekisting konvensional dan bekisting sistem PERI	bekisting peri lebih efisien dari segi biaya sebesar 21,8%.
10	Analisa Biaya dan Waktu Bekisting Metode Konvensional dengan Sistem PERI pada Proyek Puncak Kertajaya Apartement (Aditya dkk, 2020)	Analisis perbandingan biaya dan waktu antara penggunaan bekisting konvensional dan bekisting sistem	Dari analisa didapatkan bahwa pembangunan Proyek Puncak Kertajaya Apartement penggunaan bekisting konvensional lebih murah 12,43% dibandingkan dengan bekisting PERI, sedangkan dari segi waktu pekerjaan bekisting PERI lebih cepat 96 Hari.

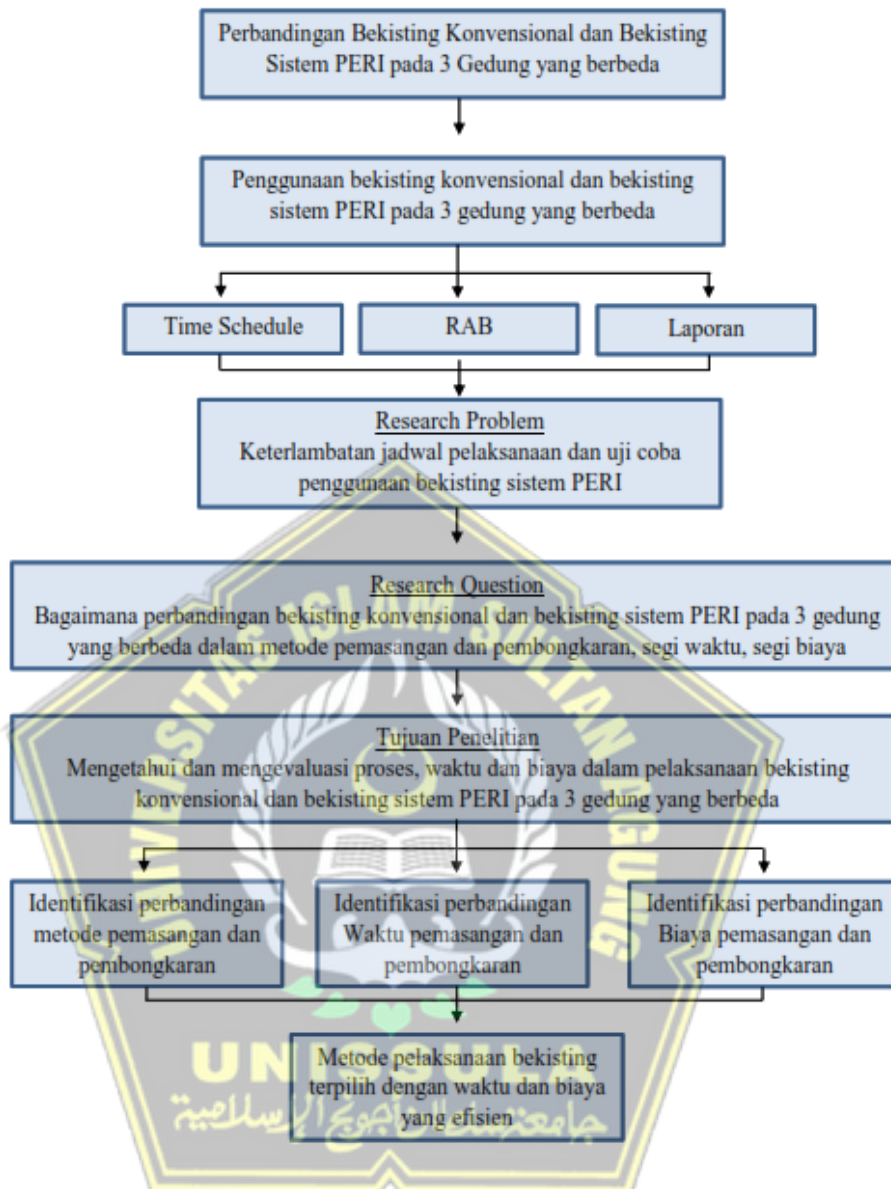


Berdasarkan penelitian terdahulu pada tabel halaman sebelumnya terdapat persamaan dengan penelitian yang sedang dilakukan oleh peneliti yaitu sama dalam menganalisis perbandingan bekisting pada gedung bertingkat. Perbedaan pada penelitian saat ini adalah penulis membandingkan waktu pelaksanaan dan biaya antara bekisting konvensional dengan bekisting sistem PERI. Item pekerjaan yang dibandingkan dalam penelitian ini adalah pekerjaan bekisting balok, pekerjaan bekisting pelat dan pekerjaan bekisting kolom pada tiga gedung yang berbeda. Setelah dilakukan analisis diharapkan dapat diperoleh gambaran metode mana yang paling efektif dan efisien untuk pekerjaan bekisting gedung bertingkat.

2.16 Kerangka Teori

Dalam melakukan analisis perbandingan diperlukan metode yang menjelaskan tahapan-tahapan yang akan dilakukan dari awal hingga akhir. Hal ini bertujuan agar parameter yang diperlukan tercakup secara runtut dan mempermudah proses analisis hingga selesai. Berikut diagram alir kerangka teori dapat dilihat pada gambar 2.18





Gambar 2.18 Kerangka Teori

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bentuk Penelitian

Jenis penelitian tesis ini adalah komparatif dengan membandingkan metode, waktu dan biaya yang dibutuhkan antara pekerjaan bekisting konvensional dengan pekerjaan bekisting sistem PERI pada proyek Pembangunan Gedung Unit kegiatan Mahasiswa, Tower Ruang Kelas dan Laboratorium Polteknik Pekerjaan Umum.

3.1.1 Data Proyek

Spesifikasi bangunan gedung Polteknik Pekerjaan Umum yang berhubungan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut :



Jumlah Gedung Penelitian	: 3 Gedung
Jumlah Lantai	: Gedung Direktorat 5 Lantai Gedung Auditorium 3 Lantai Gedung UKM 5 Lantai
Metode Bekisting	: Metode Konvensional
Tipe Lantai	: Tipikal Lantai
Waktu Pelaksanaan	: 412 Hari
Nilai Kontrak Awal	: Rp. 281.723.224.328,-
Nilai Kontrak (Addendum)	: Rp. 305.810.108.000,-

Untuk kondisi pembangunan Gedung Unit Kegiatan Mahasiswa, Tower Ruang Kelas dan Laboratorium masih dalam tahap konstruksi sampai dengan saat ini. Kondisi tersebut dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3. 1 Foto Udara Bangunan Gedung yang Diteliti

3.2 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dimaksud untuk mempermudah dalam analisis penelitian, sehingga perlunya perhatian dalam pengumpulan data seperti:

1. Jenis data
2. Tempat diperolehnya data
3. Jumlah data yang diperlukan

Pengumpulan data pada penelitian ini bertujuan menganalisis perbandingan perhitungan waktu dan biaya pada proses pemasangan dan pembongkaran saat penggunaan bekisting konvensional dengan sistem PERI. Data yang diperlukan dalam penelitian ini ada 2 (dua), antara lain :

a. Data Primer

Data primer yang diperlukan untuk penelitian proyek Pembangunan Gedung Unit Kegiatan Mahasiswa, Tower Ruang Kelas dan Laboratorium meliputi :

1. Dokumentasi Pekerjaan terhadap proses pelaksanaan pemasangan dan pembongkaran bekisting pada ketiga bangunan bertingkat.
2. Wawancara langsung dengan tenaga kerja dan pelaksana dilapangan.

b. Data Sekunder

Data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data-data yang diperoleh dari instansi terkait. Data sekunder pada penelitian ini dapat dilihat dalam Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Jenis dan Sumber Data Penelitian

No	Data	Sumber Data
1	Rencana Anggaran dan Biaya (RAB)	PT. Wijaya Karya Gedung
2	Laporan periodik pelaksanaan progres pembangunan seperti progres laporan harian, mingguan dan bulanan melalui daily report.	
3	Gambar perencanaan struktur (<i>Shop drawing</i>)	
4	Penjadwalan Proyek	PT. Wijaya Karya Gedung
5	Harga Material Komponen Bekisting	
6	Upah Pekerjaan Bekisting	
7	Spesifikasi dan perencanaan bekisting konvensional	
8	Spesifikasi dan perencanaan bekisting Sistem (PERI)	

a. Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan suatu indikator atau parameter yang dilakukan untuk pengamatan dalam satuan nilai yang bervariasi. Dalam penelitian ini variasi penelitian yang dicari berupa beberapa indikator dimana setelah diperoleh hasil maka dilakukan perbandingan. Hasil dari perbandingan tersebut dijadikan sebagai patokan untuk ditarik kesimpulan. Berikut parameter variabel penelitian yang digunakan pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Parameter Perbandingan Antara Bekisting Konvensional dan Bekisting Sistem (PERI)

Variabel	Indikator	Sumber Data	Teknik Pengumpulan Data
Biaya	1. Biaya material 2. Upah Pekerja	1. Shopdrawing 2. Volume	Data Sekunder

Waktu	1. Produktivitas kerja 2. Durasi pelaksanaan	1. Schedule 2. Penentuan waktu 3. Metode Konstruksi	Data Sekunder
-------	-------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------	---------------

b. Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan menganalisis parameter mulai dari proses tahapan awal hingga akhir. Tahapan-tahapan tersebut dilaksanakan dengan langkah sebagai berikut:

1. Menganalisa kebutuhan material bekisting konvensional dan bekisting sistem PERI pada masing-masing struktur gedung yaitu pelat, balok dan kolom. Proses analisis dengan cara menghitung banyaknya jumlah material atau volume yang dibutuhkan untuk membangun satu struktur gedung.
 - a. Perhitungan Kebutuhan Multiplek
 - Multiplek Bodeman
Volume = b balok X panjang efektif balok X jumlah balok
 - Multiplek Tembereng
Volume = 2 X h balok X panjang efektif balok X jumlah balok
 - b. Perhitungan Kebutuhan Balok Suri
 - Jumlah Balok Suri per Balok
 $n \text{ Balok Suri} = \text{Panjang efektif balok} / \text{jarak antar balok suri}$
 - Volume Balok Suri
Volume = jumlah balok suri per balok X jumlah balok
 - c. Perhitungan Kebutuhan Material Bekisting Pelat
 - Perhitungan Kebutuhan Multiplek
Volume = lebar pelat X panjang pelat X jumlah Pelat
2. Menganalisa produktivitas dan durasi pekerjaan bekisting konvensional dan bekisting sistem PERI pada masing-masing struktur gedung yaitu pelat, balok dan kolom. Untuk analisa produktivitas dari pelaksanaan

pekerjaan bekisting akan dilakukan perhitungan berdasarkan pengamatan secara langsung dan wawancara di lapangan dengan kontraktor pelaksana. Bila produktivitas dari pekerja telah diketahui, untuk selanjutnya perhitungan kebutuhan durasi dapat dilakukan dengan cara membagi kebutuhan bekisting dari setiap luasan dengan produktivitas dari tiap pekerja. Sehingga dapat diketahui waktu pelaksanaan dari perencanaan metode strategi rotasi bekisting tersebut.

$$\text{Durasi Pekerjaan} = \frac{\text{Kebutuhan Bekisting per 1 zona}}{\text{kapasitas produksi 1 orang}}$$

3. Menganalisis biaya yang dibutuhkan pada pekerjaan bekisting konvensional dan sistem PERI pada masing-masing struktur gedung yaitu pelat, balok dan kolom. Perhitungan estimasi biaya pekerjaan bekisting akan dilakukan pada masing-masing perencanaan. Analisa biaya didapat dari total keseluruhan harga kebutuhan material ditambah dengan total upah pekerja keseluruhan berdasarkan harga dilapangan.
 - a. Perhitungan Biaya Material
Bahan = volume material x harga satuan material
 - b. Perhitungan Upah Pekerja
Upah = \sum tenaga kerja x durasi x harga satuan upah
4. Menganalisis kelayakan investasi penggunaan bekisting sistem PERI ditinjau dari nilai *Internal Rate of Return* (IRR), *Net Present Value* (NPV), *Break Event Point* (BEP), *Payback Period* (PP).

3.5 Metode Analisis Data

Dalam proses analisis perbandingan antara bekisting konvensional dengan bekisting sistem PERI pada proyek Pembangunan Gedung Unit Kegiatan Mahasiswa, Tower Ruang Kelas dan Laboratorium dilakukan dengan beberapa kegiatan. Tahapan analisisnya adalah sebagai berikut :

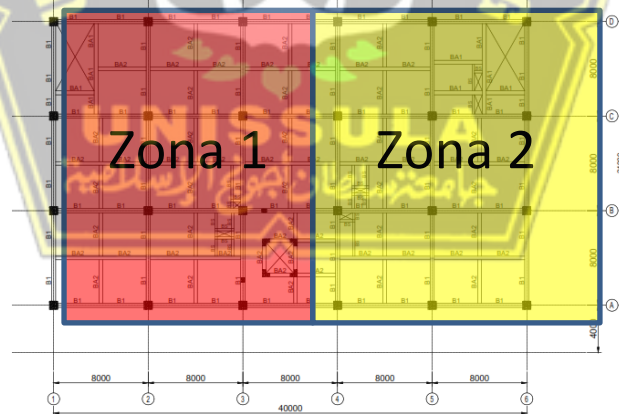
3.5.1 Pembagian Zona Pekerjaan

Pada pelaksanaan proyek Pembangunan Gedung Unit Kegiatan Mahasiswa, Tower Ruang Kelas dan Laboratorium metode pekerjaan bekisting

yang digunakan untuk mempermudah dan mengoptimalkan sumber daya yaitu dengan membagi area pekerjaan. Simulasi pembagian area kerja bertujuan untuk mengurangi kebutuhan material bekisting dalam satu unit gedung. Yang mana dalam perencanaan kebutuhan bekisting yang harus dipenuhi sebanyak 3 lantai untuk mendapatkan sequence pekerjaan dapat diminimalisir kebutuhannya dengan pemenuhan 2 lantai. Pemenuhan material bekisting hanya cukup dengan 2 lantai dikarenakan adanya sistem pembagian zona pekerjaan. Kondisi pelaksanaan dilapangan satu lantai dibagi menjadi 2 zona. Dengan demikian setelah zona satu tercor maka material yang ada pada zona tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan di lantai 2 zona 1 beriringan secara simultan penyelesaian plat lantai 1 zona 2.

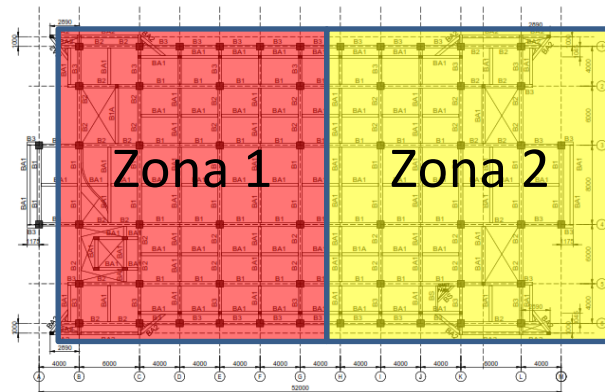
Pertimbangan dalam pembagian zonasi berdasarkan kepada kapasitas volume pengecoran, jumlah material bekisting dan waktu pekerjaan. Berikut pembagian zonasi dalam setiap gedungnya :

1. Gedung Direktorat dibagi menjadi 2 zona seperti pada gambar 3.3



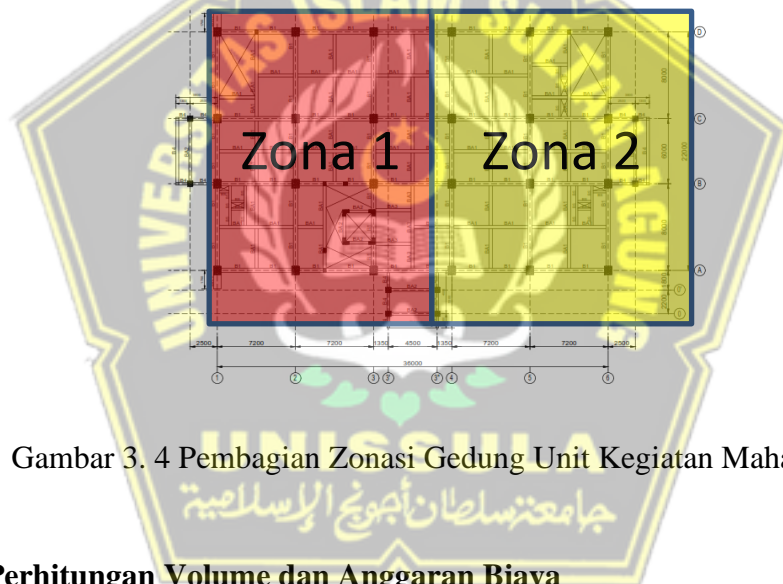
Gambar 3. 2 Pembagian Zonasi Gedung Direktorat

2. Gedung Auditorium dibagi menjadi 2 zona seperti gambar 3.4



Gambar 3. 3 Pembagian Zonasi Gedung Auditorium

3. Gedung Auditorium dibagi menjadi 2 zona seperti gambar 3.4



Gambar 3. 4 Pembagian Zonasi Gedung Unit Kegiatan Mahasiswa

3.5.2 Perhitungan Volume dan Anggaran Biaya

Perhitungan volume pada pelaksanaan pekerjaan bekisting sangat diperlukan saat proses pengadaan material bekisting. Hal tersebut untuk meminimalisir terjadinya kekurangan atau kelebihan pengadaan bekisting dalam proses pelaksanaan. Dalam penelitian ini perhitungan volume meliputi perhitungan kebutuhan seluruh komponen bekisting dalam satu gedung lalu mengkalikannya sesuai dengan jumlah modul dan jumlah lantainya untuk mengetahui kebutuhan volumenya.

3.5.3 Perbandingan Metode Bekisting

Proses pelaksanaan pembangunan konstruksi pemilihan bekisting memiliki berbagai metode, diantaranya metode bekisting konvensional dan metode bekisting sistem PERI. Dalam pelaksanaannya bekisting konvensional membutuhkan waktu lebih lama dibanding dengan metode sistem PERI.(Arfah,2019) Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan analisis untuk percepatan pembangunan gedung unit kegiatan mahasiswa, tower uang kelas dan laboratorium. Kedua metode pekerjaan bekisting tersebut dibandingkan waktu dan biaya pelaksanaan konstruksinya. Metode yang bandingkan meliputi kebutuhan material bekisting, jumlah tenaga kerja, waktu pelaksanaan *floor to floor*, biaya upah tenaga kerja, dan produktifitas tenaga kerja dihitung per m² per hari nya.

3.5.4 Analisa Biaya Bekisting

Penggunaan material yang berulang dari bekisting ditujukan untuk mencapai nilai ekonomis dari material. Panel - panel bekisting sebaiknya dirancang agar mudah dipasang, dibongkar, dan diperkuat sehingga akan memperkecil resiko kerusakan pada material. Dalam penelitian ini untuk memperkecil resiko maka sangat diperhatikan terhadap jenis metode bekisting yang dipakai dan pemilihan tenaga kerja.

Untuk biaya bekisting ini ada dua hal yang akan diperhitungkan, yaitu biaya dari material bekisting itu sendiri dan biaya upah dari para tenaga.

a. Biaya Material

Biaya material dibuat dengan membuat daftar bahan mengenai banyaknya material dan ukuran material. Analisa biaya material dari pekerjaan bekisting diperoleh dengan menjumlahkan kebutuhan material yang diperlukan untuk menghasilkan 1 m² area kerja. Kemudian dikalikan dengan harga satuan material tersebut.

b. Upah Tenaga

Upah tenaga sangat dipengaruhi oleh berbagai macam hal diantaranya :

- Panjangnya jam kerja yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan.

- Keadaan tempat pekerjaan
- Keterampilan atau keahlian dari tenaga kerja yang mengerjakan pekerjaan tersebut.

Analisa upah tenaga kerja diperoleh dengan menjumlahkan kebutuhan tenaga yang diperlukan kemudian dikalikan dengan harga satuan upah tenaga tersebut dan dikalikan juga dengan durasi pelaksanaan pekerjaan bekisting.

3.5.5 Analisis Kelayakan Investasi

Analisis kelayakan investasi dilakukan untuk menentukan apakah pengadaan bekisting sistem PERI yang dilaksanakan mendapatkan kelayakan atau tidak. Untuk mengukur layak atau tidaknya suatu investasi, dapat diukur menggunakan metode *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Break Even Point* (BEP), dan *Payback Period* (PP). Kelayakan investasi dilakukan dengan menetapkan *Minimum Acceptable Rate of Return* (MARR) 20%.

a. *Net Present Value* (NPV)

Net Present Value (NPV) didapatkan dari memasukkan nilai sekarang (PV In) dikurangi dengan pengeluaran nilai sekarang (PV Out) dengan persyaratan nilai NPV harus lebih besar daripada 0. Pemasukkan dan pengeluaran ini didapatkan dari arus kas yang digunakan pada pekerjaan bekisting.

b. *Internal Rate of Return* (IRR)

Internal Rate of Return (IRR) adalah tingkat suku bunga pada saat nilai NPV sama dengan nol. Kelayakan IRR ditentukan dengan cara membandingkan nilai IRR dengan MARR. Dalam penelitian ini nilai MARR ditentukan sebesar 20% per tahun.

c. *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point (BEP) adalah titik impas dari biaya yang dikeluarkan dengan pemasukan yang ada. Sehingga dari sini dapat diketahui berapa m² pekerjaan bekisting yang harus dikerjakan agar dapat mencapai titik impas dari pengeluaran. Pengeluaran terdiri dari pengeluaran tetap (*Fixed Cost*) dan pengeluaran variabel (*Variable Cost*).

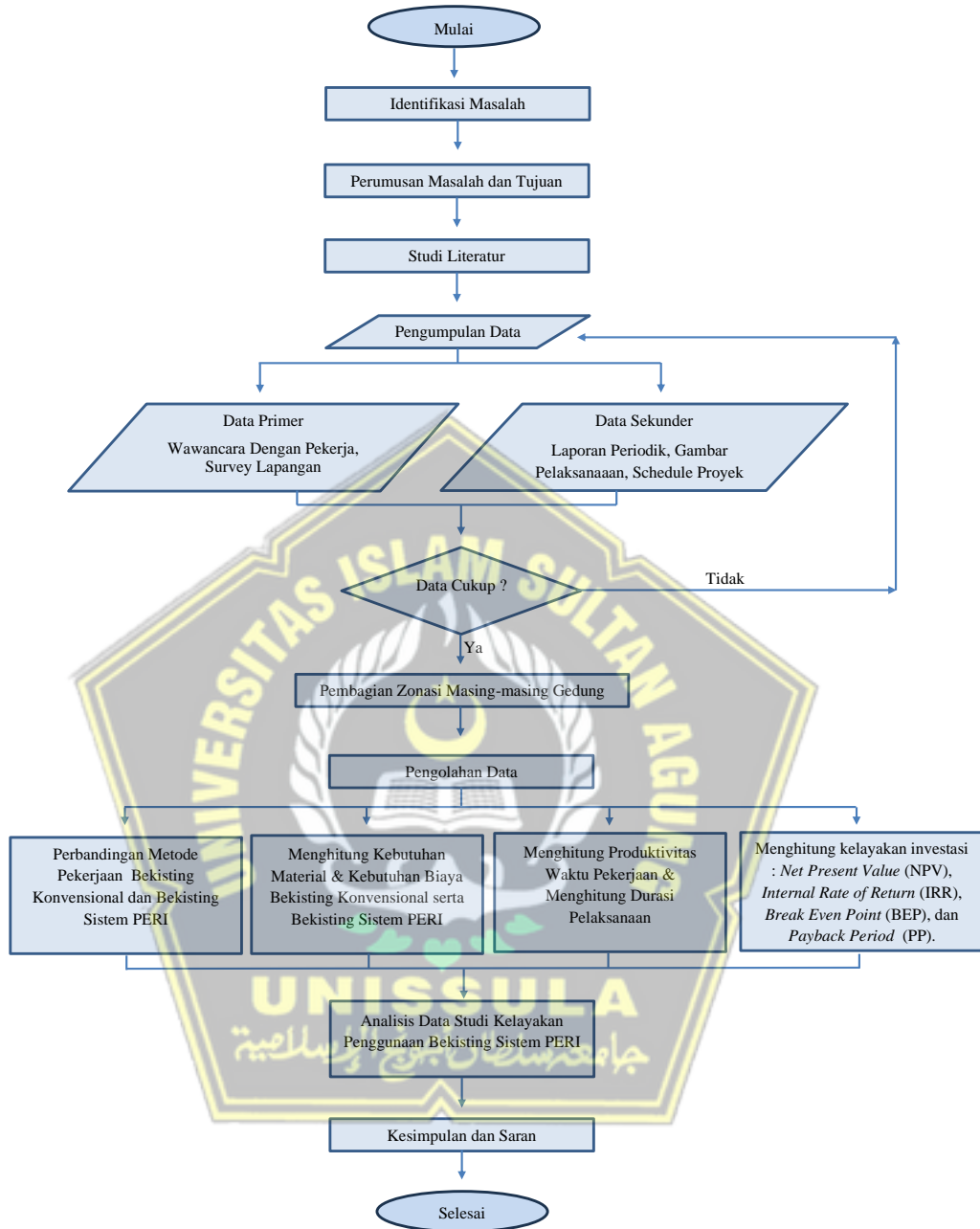
d. *Payback Period* (PP)

Payback Period (PP) adalah waktu impas dari suatu investasi yang bergantung pada nilai investasi dan pemasukan.

3.6 Bagan Alir Penelitian

Dalam penelitian ini untuk mempermudah dalam perhitungan analisis perbandingan dan analisis kelayakan maka dibuat diagram alir penelitian. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.6.





Gambar 3. 5 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Pekerjaan

Lokasi pekerjaan yang akan menjadi objek penelitian berada di Jalan Arteri Soekarno Hatta Semarang, Kelurahan Siwalan, Kecamatan Gayamsari, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Bangunan Gedung yang akan dijadikan sebagai objek penelitian ada 3 gedung, Meliputi Gedung Direktorat 5 lantai, Gedung Auditorium 3 Lantai, dan Gedung UKM 5 lantai. Gedung tersebut dalam pembangunannya menggunakan bekisting konvensional.



Gambar 4. 1 Penggunaan Bekisting Konvensional dan bekisting Sistem PERI

4.2 Perhitungan Kebutuhan Material

Pada pekerjaan Pembangunan Politeknik Pekerjaan Umum menggunakan bekisting Konvensional dan bekisting PERI. Seperti yang telah disebutkan pada bab sebelumnya, bahwa pekerjaan dari masing-masing gedung dibagi menjadi 2 zona disetiap lantainya. Pada masing-masing lantai setiap minggunya dilengkapi pekerja pemasangan dan pembongkaran bekisting. Para pekerja harus melengkapi kebutuhan bekisting disetiap zona nya hingga perkerjaan selesai sebelum bergeser pada zona berikutnya. Hal tersebut dilakukan guna memudahkan pengawasan mutu pekerjaan. Terdapat tiga Gedung yang dianalisis pada penelitian ini yaitu Gedung Auditorium, Gedung Unit Kegiatan Mahasiswa, dan Gedung Direktorat.

4.2.1. Kebutuhan Material Bekisting Konvensional

Penggunaan bekisting Konvensional membutuhkan beberapa material. Perhitungan jumlah kebutuhan material tersebut sesuai dengan rencana denah masing-masing gedung. Kebutuhan material bekisting konvensional pada masing-masing Gedung dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Kebutuhan Material Bekisting Konvensional Berdasarkan Luas Bangunan

NO	ITEM	SAT	JUMLAH		
			AUDITORIUM	UKM	DIREKTORAT
1	Multiplek 12 mm	Lembar	1112	2184	3741
2	Meranti 5/7	m ³	37,17	47,24	48,24
3	Kayu 6/12	m ³	28,21	53,74	56,61
4	Kayu 8/16	m ³	27,62	52,77	56,34
5	Bambu (Perancah)	Batang	2542	5076	4626
6	Bambu Pengikat	Batang	3086	6107	6521
7	Kayu 5/7 (Siku)	m ³	23	43,5	45,86
8	Pasak Multiplek 12 mm	Lembar	9	34	18
9	Bambu Support	Batang	168	556	568
10	Paku	Kg	259	660	700

Sumber : Analisis, 2024

Dari hasil analisis diatas, diketahui bahwa perhitungan tersebut masih dalam pemakaian sekali pakai. Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa material bekisting dapat dipakai beberapa kali bergantung pada jenis materialnya. Jumlah pemakaian masing-masing material dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Jumlah Pemakaian Material Bekisting Konvensional

NO	ITEM	JUMLAH
1	Multiplek 12 mm	3 kali pakai
2	Meranti 5/7	4 kali pakai
3	Kayu 6/12	6 kali pakai
4	Kayu 8/16	6 kali pakai
5	Bambu (Perancah)	4 kali pakai
6	Bambu Pengikat	2 kali pakai
7	Kayu 5/7 (Siku)	3 kali pakai
8	Pasak Multiplek 12 mm	Selamanya
9	Bambu Support	4 kali pakai
10	Paku	1 kali pakai

Sumber : Pengamatan Lapangan, 2024

Dapat dilihat pada tabel 4.2 bahwa penggunaan material yang ada di lokasi pekerjaan dapat digunakan untuk beberapa kali. Hal tersebut akan berdampak pada kebutuhan material yang akan digunakan dalam pemasangan bekisting pada tiga Gedung tersebut. Penghematan kebutuhan material akibat dibagi dengan penggunaan material beberapa kali pakai dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Kebutuhan Material Bekisting Konvensional Berdasarkan Lapangan

NO	ITEM	SAT	JUMLAH		
			AUDITORIUM	UKM	DIREKTORAT
1	Multiplek 12 mm	Lembar	370.67	728.00	1247.00
2	Meranti 5/7	m ³	9.29	11.81	12.06
3	Kayu 6/12	m ³	4.70	8.96	9.44
4	Kayu 8/16	m ³	4.60	8.80	9.39
5	Bambu (Perancah)	Batang	635.50	1269.00	1156.50
6	Bambu Pengikat	Batang	1543.00	3053.50	3260.50
7	Kayu 5/7 (Siku)	m ³	7.67	14.50	15.29
8	Pasak Multiplek 12 mm	Lembar	9.00	34.00	18.00
9	Bambu Support	Batang	42.00	139.00	142.00
10	Paku	Kg	259.00	660.00	700.00

Sumber : Analisis, 2024

4.2.2. Kebutuhan Material Bekisting Sistem PERI

Penggunaan bekisting dengan sistem PERI membutuhkan beberapa material. Perhitungan jumlah kebutuhan material tersebut sesuai dengan rencana denah masing-masing gedung. Jumlah item material yang digunakan dalam bekisting sistem PERI pada setiap gedung dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Kebutuhan Material Bekisting PERI Berdasarkan Luas Bangunan

NO	ITEM	SAT	JUMLAH		
			AUDITORIUM	UKM	DIREKTORAT
1	Multiplek 12 mm	Lembar	1112	2184	2184
2	Beam Waler UZR	Buah	2786	5304	5573
3	PERI GT 24	Buah	800	1526	1630
4	Segitiga Siku	Buah	5571	10607	11147
5	Perancah (MF)	Buah	1187	2250	2313
6	Cross Brace	Buah	1598	3053	3260
7	U-Head	Buah	2542	5076	5194
8	Base Jack	Buah	2542	5076	5194
9	Paku	Kg	259	259	259

Sumber : Analisis, 2024

Penggunaan material pada bekisting sistem PERI juga dapat digunakan berulang kali pakai terlebih material yang terbuat dari bahan besi. Pada penelitian ini untuk bahan material yang terbuat dari besi dilakukan pengadaan beberapa zona pemakaian sehingga tidak diperlukan pengadaan keseluruhan. Pada gedung auditorium dilakukan pengadaan material perancah sebanyak 2 zona. Pada gedung Unit Kegiatan Mahasiswa dilakukan pengadaan perancah sebanyak 3 zona. Pada gedung direktorat dilakukan pengadaan perancah sebanyak 3 zona. Jumlah zona dalam menentukan jumlah pengadaan perancah dihitung berdasarkan luasan bangunan dan kebutuhan di lokasi pekerjaan. Bila terlalu banyak perancah yang ada maka lalu lintas pekerjaan akan menyempit dan membuat produktivitas menurun. Untuk material yang sifatnya akan rusak setelah beberapa kali pakai, seperti multipleks, maka perhitungan penggunaannya adalah tiga kali pakai. Kebutuhan material bekisting PERI sesuai kebutuhan lapangan dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Kebutuhan Material Bekisting Sistem PERI Berdasarkan Lapangan

NO	ITEM	SAT	JUMLAH		
			AUDITORIUM	UKM	DIREKTORAT
1	Multiplek 12 mm	Lembar	371	728	728
2	Beam Waler UZR	Buah	1393	1768	1858
3	PERI GT 24	Buah	400	509	544
4	Segitiga Siku	Buah	2786	3536	3716
5	Perancah (MF)	Buah	594	750	771
6	Cross Brace	Buah	799	1018	1087
7	U-Head	Buah	1271	1692	1732
8	Base Jack	Buah	1271	1692	1732
9	Paku	Kg	259	259	259

Sumber : Analisis, 2024

4.3 Perhitungan Kebutuhan Jumlah Tenaga

Dalam menentukan jumlah tenaga kerja pada penelitian ini tidak menggunakan perhitungan sesuai SNI. Dasar dalam menentukan jumlah tenaga kerja adalah pengamatan langsung di lokasi pekerjaan. Hal tersebut dilaksanakan untuk mendapatkan keakuratan data dalam penelitian.

4.3.1. Kebutuhan Jumlah Tenaga Kerja Bekisting Konvensional

Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa 1 grup pekerja bekisting dapat menyelesaikan 9 m²/hari dan membongkar bekisting sebesar 12 m²/hari. Didalam satu grup pekerja beskiting terdiri dari 1 tukang dan 1 pekerja. Perhitungan durasi pekerjaan dilakukan dengan membagi volume pekerjaan bekisting tiap zona dengan kapasitas produksi atau bongkarnya.

Tabel 4. 6 Durasi Pekerjaan Bekisting Konvensional

Grup	Durasi (hari)		
	Auditorium	UKM	Direktorat
3 Grup	78	163	176
4 Grup	59	123	132
5 grup	47	98	105

Sumber : Analisis, 2024

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa pekerjaan bekisting paling cepat selesai bila dikerjakan oleh 5 grup pekerja. Semakin banyak grup pekerja yang mengerjakan pekerjaan tersebut, maka semakin cepat durasi yang dihasilkan. Hal itu dikarenakan jumlah produktivitas yang lebih tinggi. Semakin tinggi produktivitas maka semakin cepat pekerjaan akan selesai.

4.3.2. Kebutuhan jumlah Tenaga Kerja Bekisting Sistem PERI

Produktivitas tenaga kerja dalam pemasangan dan pembongkaran bekisting sistem PERI berbeda dengan produktivitas pekerja pada pemasangan bekisting konvensional. Hal ini terjadi karena pemasangan bekisting PERI tidak memiliki tingkat kerumitan yang tinggi. Para pekerja hanya melakukan penataan perancah tanpa perlu melakukan fabrikasi seperti bekisting konvensional.

Pengamatan di lokasi pekerjaan membuktikan bahwa grup pekerja dalam satu hari kerja dapat memasang bekisting sebanyak 15 m²/hari dan melakukan pembongkaran bekisting sebanyak 17 m²/hari. Didalam satu grup pekerja terdiri atas 1 tukang dan 1 pekerja. Perhitungan durasi pekerjaan bekisting sistem PERI pada ketiga gedung dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Durasi Pekerjaan Bekisting Sistem PERI

Grup	Durasi (hari)		
	Auditorium	UKM	Direktorat
3 Grup	47	98	105
4 Grup	36	74	79
5 grup	29	59	64

Sumber : Analisis, 2024

4.4. Perhitungan Kebutuhan Biaya Pekerjaan Bekisting

Pada sub bab ini, biaya yang dianalisa dan diperhitungkan yaitu biaya material dan upah sesuai dengan metode pekerjaan yang dilaksanakan. Untuk mendapatkan biaya material bekisting dari setiap gedung, kebutuhan material berdasarkan kebutuhan masing-masing gedung akan dikalikan dengan harga satuan yang diperoleh dari survey pasar. Sedangkan untuk mendapatkan biaya upah tenaga dengan cara durasi total yang diperoleh dari setiap gedung akan dikalikan dengan

kebutuhan tenaga pada setiap gedung serta dikalikan dengan harga upah setiap tenaganya.

4.4.1. Biaya Pengadaan Bekisting Konvensional

Setelah semua kebutuhan material yang akan digunakan diketahui. Selanjutnya adalah melakukan perhitungan biaya sesuai kebutuhan dari masing-masing gedung. Biaya pengadaan material bekisting konvensional dengan asumsi biaya pengadaan material bau. Harga untuk tiap materialnya didapatkan dari wawancara dengan pihak logistik untuk mendapatkan hasil yang sesungguhnya. Jumlah anggaran untuk melakukan pengadaan material bekisting konvensional dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Anggaran Pengadaan Material Bekisting Konvensional Berdasarkan Harga di Pasaran

NO	ITEM	JUMLAH (Rp)		
		AUDITORIUM	UKM	DIREKTORAT
1	Multiplek 12 mm	68.573.950	134.680.000	230.695.000
2	Meranti 5/7	41.805.000	53.145.000	54.270.000
3	Kayu 6/12	21.150.000	40.320.000	42.480.000
4	Kayu 8/16	20.700.000	39.600.000	42.255.000
5	Bambu (Perancah)	12.710.000	25.380.000	23.130.000
6	Bambu Pengikat	23.145.000	45.802.500	48.907.500
7	Kayu 5/7 (Siku)	30.680.000	58.000.000	61.160.000
8	Pasak Multiplek 12 mm	810.000	3.060.000	1.620.000
9	Bambu Support	840.000	2.780.000	2.840.000
10	Paku	4.662.000	11.880.000	12.600.000
	JUMLAH	225.075.950	414.647.500	519.957.500
	JUMLAH KESELURUHAN	1.159.680.950		

4.4.2. Biaya Pengadaan Bekisting Sistem PERI

Pengadaan material bekisting PERI dilakukan dengan pengadaan barang baru. Hal ini dimaksudkan agar material perancah diharapkan dapat digunakan untuk pekerjaan lainnya. Jumlah anggaran biaya untuk pengadaan bekisting Sistem PERI masing-masing gedung dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Biaya Pengadaan Material Bekisting PERI Berdasarkan Harga di Pasaran

NO	ITEM	JUMLAH (Rp)		
		AUDITORIUM	UKM	DIREKTORAT
1	Multiplek 12 mm	50.085.000	98.280.000	98.280.000
2	Beam Waler UZR	975.100.000	1.237.600.000	1.300.600.000
3	PERI GT 24	240.000.000	305.400.000	326.400.000
4	Segitiga Siku	278.600.000	353.600.000	371.600.000
5	Perancah (MF)	237.600.000	300.000.000	308.400.000
6	Cross Brace	39.950.000	50.900.000	54.350.000
7	U-Head	95.325.000	126.900.000	129.900.000
8	Base Jack	95.325.000	126.900.000	129.900.000
9	Paku	3.367.000	3.367.000	3.367.000
	JUMLAH	2.015.352.000	2.602.947.000	2.722.797.000
	JUMLAH KESELURUHAN		7.341.096.000	

Sumber : Analisis, 2024

4.4.3. Menentukan Biaya Tenaga Kerja Pemasangan Bekisting Konvensional

Kebutuhan material bekisting beserta durasi pengerjaan sudah diketahui diatas. Langkah selanjutnya adalah menghitung jumlah biaya yang dibutuhkan dalam pengerjaan pemasangan bekisting, baik dari materialnya maupun pekerja. Pada penelitian ini terdapat perhitungan dengan 3 grup, 4 grup, dan 5 grup. Jumlah biaya yang harus dikeluarkan per harinya dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Jumlah Biaya Tenaga Kerja per Hari

Uraian	Pekerja	Tukang	Upah per Hari (Rp)
3 Grup	3	3	675.000
4 Grup	4	4	900.000
5 Grup	5	5	1.125.000

Sumber : Analisis, 2024

Dalam 1 grup pekerja terdapat 1 orang tukang dan 1 orang pekerja. Biaya yang dibutuhkan per hari bila dikerjakan 3 grup sebesar Rp. 675.000,00 , untuk 4 grup sebesar Rp. 900.000,00 , dan untuk 5 grup sebesar Rp. 1.125.000,00. Dasar pembayaran upah adalah Rencana Anggaran Biaya pekerjaan. Jumlah upah tenaga kerja pemasangan bekisting konvensional dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Jumlah Upah Tenaga Kerja Asumsi 3 Group Pemasangan Bekisting Konvensional

Gedung	3 Grup		
	Upah/hari	Durasi	Upah
Auditorium	675.000	78	52.650.000
UKM	675.000	163	110.025.000
Direktorat	675.000	176	118.800.000

Sumber : Analisis, 2024

Tabel 4. 12 Jumlah Upah Tenaga Kerja Asumsi 4 dan 5 Group Pemasangan Bekisting Konvensional

Gedung	4 Grup			5 Grup		
	Upah/hari	Durasi	Upah	Upah/hari	Durasi	Upah
Auditorium	900.000	59	53.100.000	1.125.000	47	52.875.000
UKM	900.000	123	110.700.000	1.125.000	98	110.250.000
Direktorat	900.000	132	118.800.000	1.125.000	105	118.125.000

4.4.4. Menentukan Biaya Tenaga Kerja Pemasangan Bekisting Sistem PERI

Pada pekerjaan bekisting sistem PERI juga menggunakan perhitungan dengan 3 grup, 4 grup dan 5 grup. Untuk upah per hari sudah diketahui sebelumnya. Jumlah biaya tenaga kerja dalam pemasangan bekisting PERI dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 13 Jumlah Upah Tenaga Kerja Asumsi 3 Group Pemasangan Bekisting PERI

Gedung	3 Grup		
	Upah/hari	Durasi	Upah
Auditorium	675.000	47	31.725.000
UKM	675.000	98	66.150.000
Direktorat	675.000	105	70.875.000

Sumber : Analisis, 2024

Tabel 4. 14 Jumlah Upah Tenaga Kerja Asumsi 4 dan 5 Group Pemasangan Bekisting PERI

Gedung	4 Grup			5 Grup		
	Upah/hari	Durasi	Upah	Upah/hari	Durasi	Upah
Auditorium	900.000	36	32.400.000	1.125.000	29	32.625.000
UKM	900.000	74	66.600.000	1.125.000	59	66.375.000
Direktorat	900.000	79	71.100.000	1.125.000	64	72.000.000

4.5. Evaluasi Pemasangan dan Pembongkaran Bekisting Konvensional dengan Bekisting sistem PERI

Sistem pemasangan bekisting pada penelitian ini dibagi menjadi 2 zona. Hal itu dilakukan untuk memudahkan lalu lintas kerja. Pengerjaan mulai dilakukan dari zona 1. Proses pemasangan bekisting dilakukan oleh grup pekerja dengan waktu yang sudah ditentukan. Apabila proses pengerjaan zona 1 selesai maka selanjutnya mulai mengerjakan di zona 2 dan zona 1 siap dilakukan untuk proses pekerjaan selanjutnya seperti pembesian. Proses terus berlanjut sampai pekerjaan zona 2 selesai dilakukan dan sudah dilakukan pengecoran.

Dalam melepas bekisting harus memenuhi syarat umur beton. Zona 1 yang sudah dilakukan pengecoran diawal, bila sudah memenuhi syarat umur beton maka bekisting dapat dilepas kemudian dimobilisasi ke lantai berikutnya. Proses pemasangan bekisting secara konvensional terdiri dari pekerjaan :

- ❖ Balok
 - Pemasangan perancah balok
 - Pemasangan kayu gelagar balok
 - Pemasangan kayu suri balok
 - Pemasangan bodeman (multiplek horizontal dan meranti)
 - Pemasangan tembereng (multiplek vertikal dan meranti)
 - Pemasangan Pemasangan pengaku (segitiga siku)
 - Pengecekan dimensi serta elevasi.
- ❖ Pelat Lantai
 - Pemasangan perancah pelat
 - Pemasangan kayu gelagar pelat
 - Pemasangan kayu suri pelat
 - Pemasangan multiplek pelat
 - Pengecekan dimensi serta elevasi.

Proses pengerjaan pemasangan bekisting sistem PERI adalah :

❖ Balok

- Pemasangan scaffolding balok
- Pemasangan balok primer GT 24
- Pemasangan balok sekunder VT 24
- Pemasangan balok tembereng (kayu 6 x 12)
- Pemasangan beam bracket
- Pemasangan plywood vertikal dan horizontal
- Pengecekan dimensi serta elevasi.

❖ Pelat Lantai

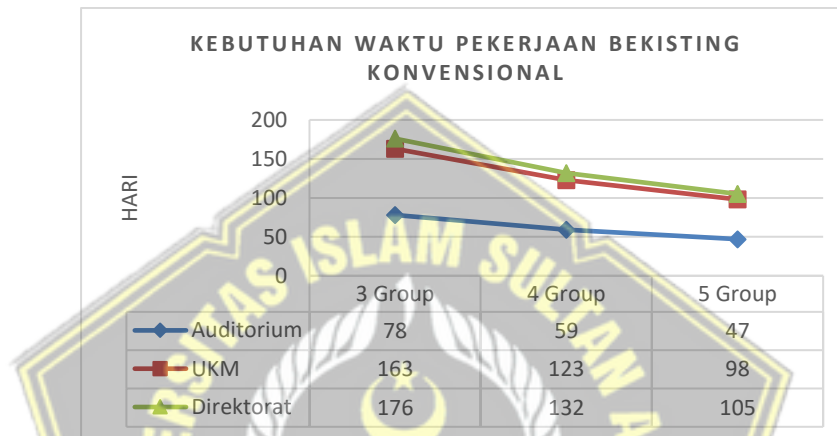
- Pemasangan scaffolding pelat
- Pemasangan balok sekunder GT 24
- Pemasangan balok primer GT 24
- Pemasangan plywood pelat
- Pengecekan dimensi serta elevasi.

Perbedaan antara bekisting konvensional dengan bekisting sistem PERI adalah penggunaan kekuatan materialnya. Pada pekerjaan bekisting konvensional menggunakan kekuatan dari kayu dan bambu yang masih sangat sederhana sedangkan sistem PERI menggunakan perancah pipa besi dan dilengkapi aksesoris pabrikan yang mudah dalam pemasangan serta pembongkaran. Penggunaan bekisting konvensional harus disesuaikan dengan kebutuhan lapangan, Jika material terlalu panjang maka material tersebut harus dipotong dan jika material tersebut kuang maka perlu dilakukan penyambungan. Hal tersebut yang membuat waktu pengerjaan yang lebih lama.

Berbeda dengan bekisting sistem PERI. Bahan dasar perancah adalah besi dan aksesoris dai pabrikan dimana memiliki tingkat kekuatan yang lebih besar serta proses pemasangan yang tidak terlalu rumit hanya cukup dengan menata dan memasang sesuai kebutuhan. Proses pembongkaran juga lebih cepat dikarenakan tinggal melepas perancah serta pengunci dari aksesoris saja. Kelebihan lain dari bekisting PERI ini adalah keberlanjutan penggunaan materialnya. Perancah dapat digunakan kembali untuk proses pemasangan bekisting lainnya.

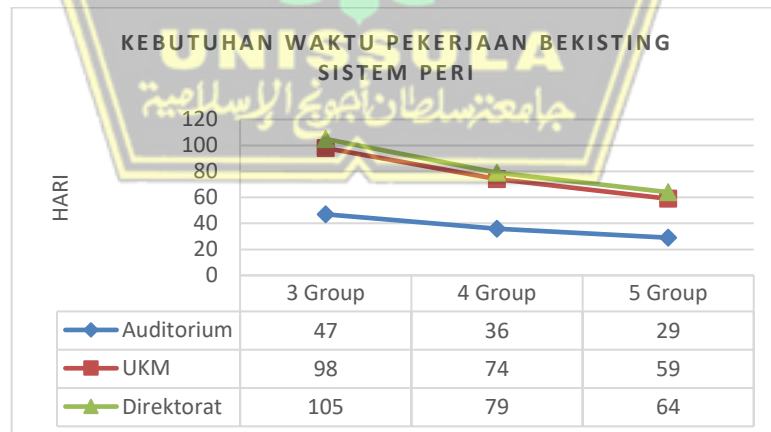
4.5.1 Perbandingan Waktu Pemasangan dan Pembongkaran Bekisting Konvensional dengan Bekisting sistem PERI

Analisis waktu terhadap pemasangan dan pembongkaran bekisting konvensional dan sistem PERI menunjukkan bahwa durasi lebih cepat bila dikerjakan dengan 5 grup pekerja. Grafik durasi pemasangan bekisting Konvensional dan sistem PERI dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



Gambar 4. 2 Perbandingan Jumlah Grup Pekerja terhadap Durasi Bekisting Konvensional

Sumber : Analisis, 2024



Gambar 4. 3 Perbandingan Jumlah Grup Pekerja terhadap Durasi Bekisting PERI

Sumber : analisis, 2024

Grafik diatas menunjukkan bahwa pekerjaan lebih cepat diselesaikan dengan 5 grup, baik menggunakan bekisting konvensional maupun bekisting peri. Hal itu

ditandai dengan durasi gedung Auditorium bila dikerjakan 3 grup selesai dalam 67 hari, dikerjakan oleh 4 grup akan selesai dalam 50 hari, dan bila dikerjakan 5 grup maka dapat selesai 40 hari. Pekerjaan bekisting lebih cepat selesai dikerjakan karena sumber daya manusia lebih banyak. Semakin banyak tenaga kerja yang mengerjakan maka semakin tinggi nilai produktivitas. Semakin tinggi nilai produktivitas maka semakin cepat durasi yang dibutuhkan.

Durasi pekerjaan pemasangan bekisting menggunakan PERI lebih cepat selesai dibandingkan dengan menggunakan bekisting konvensional. Hal itu disebabkan karena bekisting dengan sistem PERI memiliki tingkat kerumitan yang kecil. Berbeda dengan bekisting konvensional yang harus memotong bambu, kayu untuk menyesuaikan dengan gambar rencana sedangkan bekisting sistem PERI menggunakan perancah yang cara pemasangannya juga lebih mudah cukup dengan menyesuaikan penguncinya saja tanpa harus memotong terlebih dahulu.

4.5.2 Perbandingan Biaya Penggunaan Bekisting Konvensional dengan Bekisting sistem PERI

Analisis biaya penggunaan bekisting didasari pada pengadaan material dan jumlah tenaga kerja yang digunakan. Biaya upah tenaga kerja menggunakan 3 grup, 4 grup, atau 5 grup memiliki tingkat perbedaan yang tidak terlalu jauh. Grafik perbandingan biaya pemasangan bekisting konvensional dapat dilihat pada Gambar 4.4.

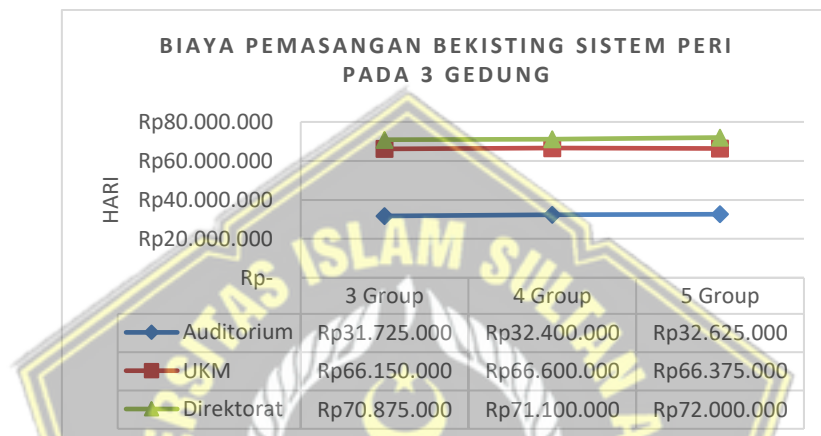


Gambar 4. 4 Biaya Pemasangan Bekisting Konvensional

Sumber : Analisis, 2024

Dapat dilihat bahwa hasil perhitungan jumlah biaya pemasangan bekisting konvensional baik untuk gedung auditorium, UKM, maupun Direktorat dengan menggunakan pekerja sebanyak 3 grup, 4 grup, atau 5 grup memiliki tingkat perbedaan yang kecil. Hasil ini membuktikan bahwa jumlah biaya yang dibutuhkan memiliki selisih yang kecil antara jumlah grup yang bekerja.

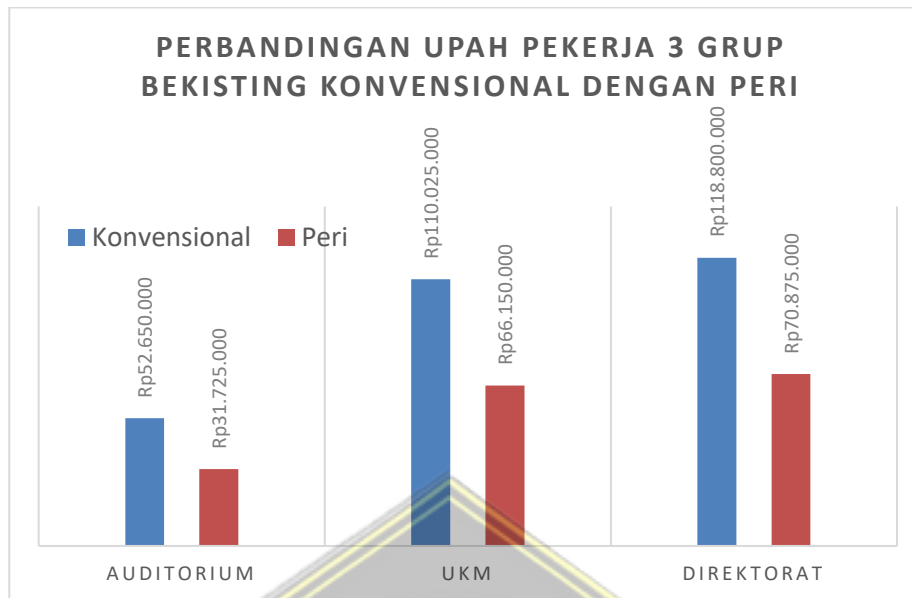
Analisis biaya untuk pemasangan bekisting PERI dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Biaya Pemasangan Bekisting PERI

Sumber ; Analisis, 2024

Dapat dilihat bahwa selisih biaya yang dihasilkan antara menggunakan 3 grup, 4 grup, atau 5 grup pekerja tidak terlalu signifikan baik untuk gedung Auditorium, UKM, maupun Direktorat. Bila hasil ini dibandingkan dengan penggunaan bekisting konvensional menggunakan 3 grup pekerja, maka perbandingannya dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Perbandingan Upah Pekerja 3 Grup

Sumber : Analisis, 2024

4.6 Analisis Kelayakan Ekonomi

Analisis kelayakan ekonomi dilakukan untuk mengetahui suatu pembangunan proyek yang layak dan menguntungkan bagi wilayah sekitarnya. Menurut (Eka Nurus Sakinah dan Nyoman Ditang Pahang, 2021), analisis ini memberikan perbedaan tentang manfaat dan biaya yang dikeluarkan, dimana manfaat (benefit) yang diperoleh semestinya lebih besar dibandingkan dengan biaya (cost) yang dikeluarkan.

4.6.1 Analisis Biaya

Rencana biaya pengadaan material bekisting PERI ini, terdiri atas biaya bahan, upah, penyusutan alat dan biaya langsung serta tidak langsung. ditunjukkan pada tabel 4.9 yang keseluruhan biaya pengadaan material untuk 3 gedung sebesar Rp. 7.341.096.000,00. Selanjutnya terdapat biaya operasional dan biaya lain-lain yang terjadi akibat pengadaan tersebut. Biaya-biaya tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Biaya akibat Pengadaan Barang

No	Uraian	Ketentuan
1	Pemeliharaan	
	Rutin	1 %
	Berkala	5 %

Proses pengadaan material perancah dilakukan saat berjalannya pekerjaan yaitu pada tahun 2022 dan langsung digunakan dalam proses Pembangunan Politeknik Pekerjaan Umum. Diasumsikan bahwa nilai investasi tersebut akan kembali dalam kurun waktu 5 tahun dengan inflasi rata-rata per tahun sebesar 2,84% berdasarkan data dari BPS kota semarang. Biaya pengeluaran akibat pengadaan material bekisting PERI dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4. 16 Pengeluaran Biaya akibat Pengadaan Material

No	Tahun	Pengadaan (Rp)	Pemeliharaan		Total Biaya (Rp)
			Rutin (1%)	Berkala (5%)	
1	2022	7.341.096.000	73.410.960	367.054.800	7.781.561.760
2	2023		73.410.960	367.054.800	440.465.760
3	2024		73.410.960	367.054.800	440.465.760
4	2025		73.410.960	367.054.800	440.465.760
5	2026		73.410.960	367.054.800	440.465.760

Sumber : Analisis, 2024

4.6.2 Analisis Manfaat

Analisis manfaat adalah gabungan benefit dari adanya pengadaan bekisting system PERI. Perhitungan benefit didapatkan dari Barang yang sudah dibeli diasumsikan akan digunakan keseluruhan untuk pekerjaan konstruksi selama kurun waktu 5 tahun dengan asumsi pertahun disewa sebanyak 8 bulan sesuai dengan pekerjaan struktur dilapangan. Biaya manfaat dari bekisting tersebut dihitung dengan biaya sewa per unitnya. Inflasi juga mempengaruhi harga sewa bekisting. Kenaikan harga bergantung pada tingkat inflasi yang ada berdasarkan data dari BPS kota semarang inflasi yang terjadi sebesar 2,84% sehingga nilai manfaat dari adanya bekisting tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4. 17 Nilai Manfaat akibat Pengadaan Material

Tahun	Harga Sewa (Rp)	Jumlah Bulan	Nilai Manfaat (Rp)	Keterangan
2022	287.533.000	3	862.599.000	Sewa 1x
2023	295.698.937	8	2.365.591.498	Sewa 2x
2024	304.096.787	8	2.432.774.296	Sewa 2x
2025	312.733.135	8	2.501.865.086	Sewa 2x
2026	321.614.756	8	2.572.918.055	Sewa 2x
2026	1.477.396.000	1	1.477.396.000	Penjualan Investasi

Sumber : Analisis, 2024

4.6.3 Analisis Investasi

Perhitungan analisis investasi dilakukan untuk mengetahui kelayakan investasi pengadaan bekisting PERI. Metode yang digunakan dalam analisis investasi ini antara lain metode kelayakan NPV (*Net Present Value*), tingkat pengembalian internal IRR (*Internal Rate of Return*), rasio keuntungan dan biaya (*Benefit Cost Ratio*). Hasil analisis kelayakan investasi dengan diskon factor 9 % dapat dilihat pada tabel 4.16.

4.6.4 Net Present Value (NPV)

Net Present Value (NPV) adalah nilai sekarang dari manfaat yang akan diterima dimasa depan. NPV digunakan untuk menghitung nilai skarang dari cash inflows dan cash outflows yang diperkirakan dimasa mendatang. Berikut perhitungan NPV dengan asumsi tingkat suku Bunga 9%:

$$NPV = B - C$$

B = Nilai Sekarang Total Manfaat

C = Nilai sekarang total biaya

$$\begin{aligned} NPV &= 9.064.957.697 - 8.040.849.271 \\ &= 1.024.108.426 \end{aligned}$$

4.6.5 Benefit Cost Ratio (BCR)

Benefit Cost Ratio (BCR) adalah rasio antara manfaat yang diperoleh dari suatu proyek, dengan biaya yang dikeluarkan proyek tersebut. Dalam perhitungan BCR, masing-masing komponen manfaat dan biaya dijadikan nilai sekarang (Present Value) hal ini untuk mempermudah perhitungan, Tingkat suku bunga yang dipakai 9%.

$$\begin{aligned} BCR &= \frac{PV \text{ Manfaat}}{PV \text{ Biaya}} = \frac{9.064.957.697}{8.040.849.271} \\ &= 1,127 \end{aligned}$$

Nilai BCR didapatkan nilai 1,127 dimana nilai ini lebih dari 1.

Dengan nilai NPV yang lebih besar dari 0 dan nilai BCR yang didapat lebih besar dari 1 maka pengadaan material bekisting PERI dikatakan layak dilakukan investasi.

4.6.6 Internal Rate Of Return (IRR)

Analisis perhitungan Internal Rate Of Return diasumsikan dengan nilai $i = 9\%$.

$$IRR = i' + \frac{NPV'}{(NPV' - NPV'')}(i'' - i')$$

$$i' = 9\%$$

$$i'' = 16\%$$

$$NPV' = 1.024.108.427$$

$$NPV'' = \text{Rp } -20.846.003$$

$$IRR = 9\% + \frac{1.024.108.427}{(1.024.108.427 - (-20.846.003))}(16\% - 9\%)$$

$$\mathbf{IRR = 15,86\%}$$

Dari perhitungan IRR diatas dapat disimpulkan bahwa Pengadaan Bekisting Sistem PERI layak secara ekonomi, hal ini disebabkan karena nilai IRR yang didapatkan lebih tinggi daripada nilai yang dipakai dalam evaluasi kajian yaitu sebesar 15,86%.

Tabel 4. 18 Hasil Analisis Kelayakan Investasi DF 9%

Tahun Ke-	Biaya Investasi	Biaya Operasional	Total Biaya	Manfaat	DF 9%	PV Biaya	PV Manfaat	B - C
	Rp	Rp				C	B	Rp
2022	7.341.096.000	-	7.341.096.000	862.599.000	0,917	6.731.785.032	791.003.283	-5.940.781.749
2023		440.465.760	440.465.760	2.365.591.498	0,842	370.872.170	1.991.828.041	1.620.955.871
2024		440.465.760	440.465.760	2.432.774.296	0,772	340.039.567	1.878.101.757	1.538.062.190
2025		440.465.760	440.465.760	2.501.865.086	0,708	311.849.758	1.771.320.481	1.459.470.723
2026		440.465.760	440.465.760	4.050.314.055	0,650	286.302.744	2.632.704.136	2.364.401.392
Total	7.341.096.000	1.761.863.040	9.102.959.040	12.213.143.935		8.040.849.271	9.064.957.697	1.024.108.427
							B/C	1,127

Sumber : Analisis, 2024

Tabel 4. 19 Hasil Analisis Kelayakan Investasi DF 15%

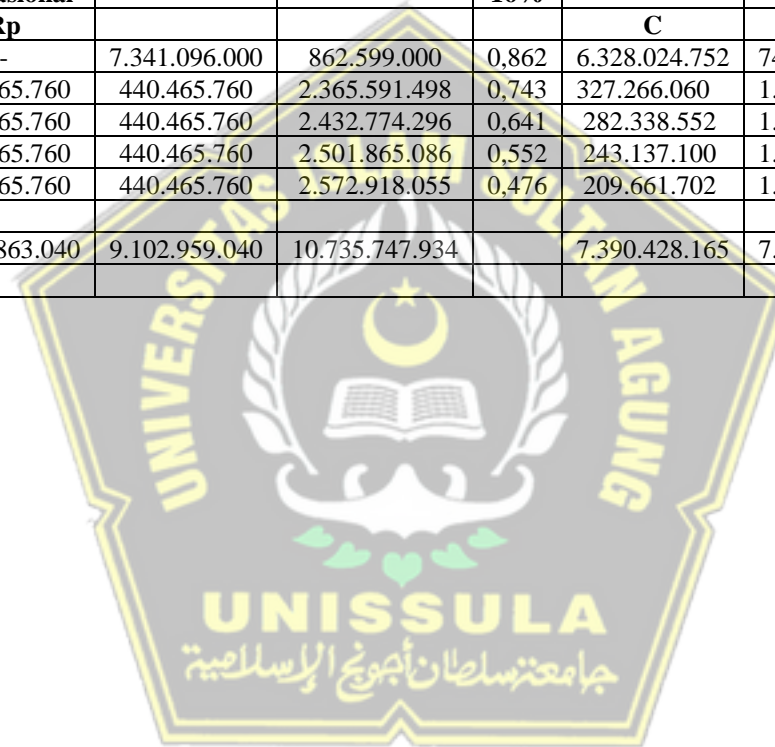
Tahun Ke-	Biaya Investasi	Biaya Operasional	Total Biaya	Manfaat	DF 15%	PV Biaya	PV Manfaat	B - C
	Rp	Rp				C	B	Rp
2022	7.341.096.000	-	7.341.096.000	862.599.000	0,87	6.386.753.520	750.461.130	-5.636.292.390
2023		440.465.760	440.465.760	2.365.591.498	0,756	332.992.115	788.387.172	1.455.395.058
2024		440.465.760	440.465.760	2.432.774.296	0,658	289.826.470	600.765.487	1.310.939.017
2025		440.465.760	440.465.760	2.501.865.086	0,572	251.946.415	431.066.829	1.179.120.415
2026		440.465.760	440.465.760	2.572.918.055	0,497	218.911.483	013.006.085	1.794.094.603
Total	7.341.096.000	1.761.863.040	9.102.959.040	10.735.747.934		7.480.430.002	7.583.686.704	103.256.702
							B/C	1,013803578

Sumber : Analisis, 2024

Tabel 4. 20 Hasil Analisis Kelayakan Investasi DF 16%

Tahun Ke-	Biaya Investasi Rp	Biaya Operasional Rp	Total Biaya	Manfaat	DF 16%	PV Biaya C	PV Manfaat B	B - C Rp
2022	7.341.096.000	-	7.341.096.000	862.599.000	0,862	6.328.024.752	743.560.338	-5.584.464.414
2023		440.465.760	440.465.760	2.365.591.498	0,743	327.266.060	1.757.634.483	1.430.368.423
2024		440.465.760	440.465.760	2.432.774.296	0,641	282.338.552	1.559.408.324	1.277.069.772
2025		440.465.760	440.465.760	2.501.865.086	0,552	243.137.100	1.381.029.528	1.137.892.428
2026		440.465.760	440.465.760	2.572.918.055	0,476	209.661.702	1.927.949.490	1.718.287.788
Total	7.341.096.000	1.761.863.040	9.102.959.040	10.735.747.934		7.390.428.165	7.369.582.162	-Rp20.846.003
							B/C	0,997179324

Sumber : Analisis, 2024



BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Hasil akhir dari penelitian ini yang membandingkan antara pemasangan bekisting konvensional dengan bekisting sistem PERI sebagai berikut:

1. Perbandingan pemasangan dan pembongkaran antara bekisting konvensional dengan bekisting system PERI adalah sebagai berikut:
 - Kapasitas produksi bekisting konvensional 9m²/hari untuk 2 orang pekerja. Sedangkan kapasitas produksi pemasangan bekisting system peri 2 orang pekerja adalah 15m²/hari.
 - Secara pemasangan dan pembongkaran pekerjaan bekisting dengan system PERI lebih cepat dibandingkan bekisting konvensional selisih pemasangan 6m²/hari dan untuk pembongkaran selisih 5m²/ hari.
 - Bekisting system PERI tidak membutuhkan banyak tenaga kerja karena material yang digunakan lebih ringan dan untuk penguncinya cukup dengan penyesuaian langsung dengan kebutuhan dimensi lapangan.
 - Material bekas bongkaran dari bekisting system PERI masih dapat digunakan kembali untuk pekerjaan selanjutnya
 - Bekisting Sistem PERI untuk pembongkarannya lebih mudah dibanding bekisting konvensional dikarenakan pembongkarannya cukup melepas pin penghubung saja, untuk bekisting konvensional harus bongkar paku pengait.
2. Setelah dilakukan perhitungan dan evaluasi Pemasangan serta pembongkaran antara bekisting konvensional dengan bekisting system PERI berdasarkan jumlah pekerja yang sama (3 group) terjadi selisih waktu lebih cepat penggunaan bekisting system PERI.
 - a. Selisih waktu pasang Gedung Auditorium 31 hari, Sedangkan waktu bongkarnya adalah 17 hari
 - b. Selisih waktu pasang Gedung UKM 65 hari, sedangkan waktu bongkarnya adalah 36 hari

- c. Selisih waktu pasang Gedung Direktorat 70 hari, sedangkan waktu bongkarnya adalah 39 hari
3. Perbandingan biaya untuk pengadaan bekisting konvensional dan bekisting system PERI untuk ke 3 gedung terdapat selisih 6.181.415.050. bekisting dengan system PERI secara pengadaan lebih mahal tetapi untuk biaya pemasangan dan pembongkaran lebih cepat.
 - a. Selisih biaya pemasangan bekisting Gedung auditorium Rp 21.020.000 dan selisih biaya pembongkarannya adalah Rp. 11.475.000
 - b. Selisih biaya pemasangan bekisting UKM Rp 43.875.000 dan selisih biaya pembongkarannya adalah Rp. 24.300.000
 - c. Selisih biaya pemasangan bekisting Gedung Direktorat Rp 47.250.000 dan selisih biaya pembongkarannya adalah Rp 26.325.000
4. Berdasarkan Hasil Analisis Kelayakan Investasi Bekisting system PERI didapatkan nilai NPV pada diskon factor 9 % adalah 1.024.108.426, BCR yang dihasilkan 1,127, dan Nilai IRR yang dihasilkan 15,86%. Sehingga pengadaan bekisting system PERI layak untuk dilaksanakan, dengan Tingkat keuntungan yang diisyaratkan.

5.2. Saran

Adapun saran yang disampaikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian Selanjutnya
Durasi yang lebih cepat akan berdampak pada pembayaran. Pada penelitian ini hanya dihitung upah pekerja saja. Terdapat biaya lain seperti biaya langsung dan biaya tidak langsung yang harus dimasukkan kedalam Analisa perhitungan biaya.
2. Kontraktor
Penelitian ini dapat menjadi pertimbangan untuk penyedia jasa untuk mengendalikan proyek dari segi biaya maupun durasi pekerjaan untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Arfah, C.A.(2019), Analisis Perbandingan Biaya Dan Waktu Pada Pekerjaan Bekisting Metode Konvensional Dengan Sistem PERI, Laporan Skripsi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.
- Astri, N. (2007). Perbandingan Bekisting Konvensional Dengan Bekisting Peri Dari Segi Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Pada Proyek Apartemen Salemba Residence, Laporan Skripsi Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.
- Aji, K. (2020), Analisis Perbandingan Biaya Penggunaan Bekisting Konvensional Dan Bekisting Sistem Untuk Pekerjaan Kolom Gedung HSSE PLN Semarang, Laporan Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Aditya dkk. (2020). Time and cost comparison analysis of peri formwork system method with conventional one in puncak kertajaya apartment project, Paper and Presentation of Civil Engineering, RSS 692.5 Sap a.
- Braig, L. Schrowrer, A. And Kracht, F. (2002). Handbook PERI Formwork Scaffolding, PERI GmbH, Berlin.
- Dian dkk, (2020). Analisa Perbandingan Metode, Biaya Dan Waktu Penggunaan Bekisting Aluminium Dengan Bekisting Konvensional, Semi Konvensional Dan Sistem (PERI). Institut Teknologi Sumatera. Sumatera.
- Dony, Sulistya.(2005), Analisa Perbandingan Mengenai Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Sistem Bekisting Peri Dengan Paschal Pada Proyek Pembangunan Mega ITC Cempaka Mas, Laporan Skripsi Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.

- Ibad, M. (2016), Alternatif Pemasangan Bekisting Balok Dan Plat Pada Proyek Jember Icon Dengan Metode *Zoning*, Laporan Skripsi Fakultas Teknik Universitas Jember, Jember.
- Illona dkk. (2021), Analisa Komparatif Antara Acuan Perancah Semi Sistem Dengan Acuan Perancah Aluminium. *Construction and Material Journal*. Politeknik Negeri Jakarta. Jakarta.
- Laraseto, L. (2021), Analisis Penggunaan Bekisting Konvensional Dan Bekisting *Aluminium Formwork* Pada Gedung Bertingkat, Laporan Tesis Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung, Semarang.
- Legstyana, E. (2012), Komparasi Biaya Pelaksanaan Penggunaan Bekisting Konvensional Dan Bekisting Sistem PERI, Laporan Skripsi Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Pratama, S H., Kristy R., Hidayat, A., dan Radian, R. (2017) : Analisa Perbandingan Penggunaan Bekisting Konvensional Semi Sistem Dan Sistem PERI Pada Kolom Gedung Bertingkat, *Jurnal Karya Teknik Sipil Universitas Diponegoro*, Volume 6, Nomor 1, Halaman 303-313.
- Rohmad B.W., Yudi P., dan Sukamta. (2014). Metode pelaksanaan dan analisa biaya bekisting pada pekerjaan struktur. *Jurnal Karya Teknik Sipil Universitas Diponegoro*, Semarang. Vol. 3, 773-784.
- Rivankar, Himanshu., Akshay Chordiya. (2017). "Aluminium Formwork Technology." on *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, Volume 4, Issue 4.
- Rafik, Aunur., Cahyani, Rinova F. (2017). "Tinjauan Perbandingan Biaya Penggunaan Bekisting Kolom Kayu, Plywood, dan Sistem PERI (PERI LICO)" dalam *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, Volume 1, Nomor 1.

Surya, H.P. (2017), Analisis Perbandingan Penggunaan Bekisting Konvensional Semi Sistem Dan Sistem PERI Pada Kolom Gedung Bertingkat, Departemen Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang, Vol. 6, 303-313.

Wisnu, A. (2012), Analisis Perbandingan Biaya Pekerjaan Bekisting Konvensional Dengan Bekisting PERI Pada Konstruksi Balok Dan Kolom, Laporan Skripsi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

Yusron, A. (2010), Optimalisasi Waktu Dan Biaya Pekerjaan Bekisting Konvensional Dan PERI Melalui Sistem Siklus Pemakaian Dan Sistem Zoning Pada Gedung Bertingkat, Laporan Skripsi Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.



LAMPIRAN

