

TUGAS AKHIR

**REDESAIN STRUKTUR PERKERASAN LENTUR
MENGUNAKAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN
JALAN 2017 DAN PROGRAM CIRCLY 6.0
(STUDI KASUS JL. RAYA KALIGawe STA 0+000 – 1+000)**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



**Disusun Oleh :
Muhammad Pramulya Rizal Ismail
NIM : 30201900149**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

LEMBAR PENGESAHAN

REDESAIN STRUKTUR PERKERASAN LENTUR MENGGUNAKAN METODE
MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN 2017 DENGAN PROGRAM
CIRCLY 6.0.

“STUDI KASUS RUAS JALAN RAYA KALIGAWA STA 0+000 – 1+ 000



Muhammad Pramulya Rizal Ismail

NIM : 30201900149

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 25 juli 2023

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng**
NIDN: 0625059102
2. **Ari Sentani, ST., M.Sc**
NIDN: 0604028502
3. **Eko Muliawan Satrio, ST., MT**
NIDN: 0610118101

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 10 / A.2 / SA – T / IV /2023

Pada hari ini tanggal 10 April 2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

Nama : Muhammad Rusli ahyar, ST., M.Eng
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
Nama : Ari Sentani, ST., M.Sc
Jabatan Akademik : Asisten Ahli
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Muhammad Pramulya Rizal Ismail
NIM : 3020190149

Judul :
Redesain Struktur Perkerasan Lentur Menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 Dengan Program Circly 6.0

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	10 April 2023	-
2	Seminar Proposal	05 juli 2023	ACC
3	Pengumpulan data	06 Juli 2023	-
4	Analisis data	15 Juli 2023	-
5	Penyusunan laporan	20 Juli 2023	-
6	Selesai laporan	30 juli 2023	ACC

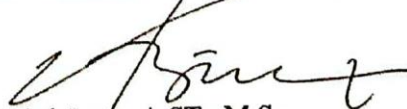
Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama



Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng

Dosen Pembimbing Pendamping



Ari Sentani, ST., M.Sc

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Muhammad Pramulya Rizal Ismail

NIM : 3.02.019.00149

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :REDESAIN STRUKTUR PERKERSAN LENTUR Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dengan Program Clrcly 6.0 (Studi Kasus JL Raya Kaligawe STA 0+ 000 – 1+ 000) benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 25 juli 2023
Yang membuat pernyataan,

Muhammad Pramulya Rizal Ismail
NIM : 30201900149



PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Muhammad Pramulya Rizal Ismail
NIM : 30201900149
JUDUL TUGAS AKHIR : Redesain Struktur Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 Dan Progrma Circly 6.0

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan – bahan yang telah di publikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar dan ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat

Semarang, 25 juli 2023

Yang membuat pernyataan,


Muhammad Pramulya Rizal Ismail

NIM :30201900149

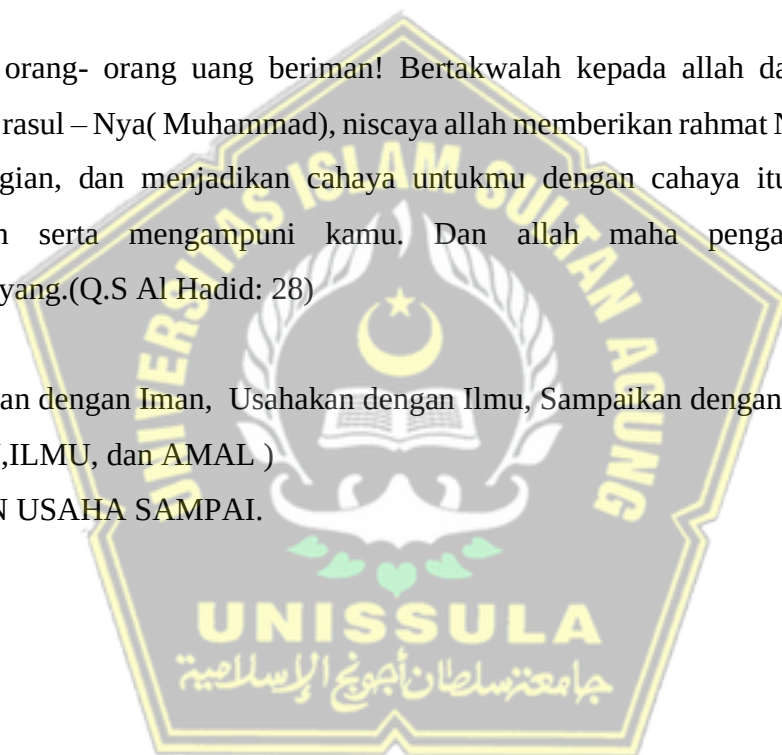
MOTTO

Wahai orang- orang uang beriman ! mohonlah pertolongan kepada allah dengan sabar dan sholat. Sungguh, allah beserta orang – orang yang sabar. (Q.S Al-baqarah :153)

Dan hendaklah diantara kamu ada golongan orang yang menyeru kepada kebijakan, menyeruh (berbuat) makruh, dan mencegah yang mungkar. Dan mereka itulah orang – orang yang beruntung. (Q.S Ali – Imran:104)

Wahai orang- orang uang beriman! Bertakwalah kepada allah dan berimanlah kepada rasul – Nya(Muhammad), niscaya allah memberikan rahmat Nya kepadamu dua bagian, dan menjadikan cahaya untukmu dengan cahaya itu kamu dapat berjalan serta mengampuni kamu. Dan allah maha pengampun, maha penyang. (Q.S Al Hadid: 28)

Yakinkan dengan Iman, Usahakan dengan Ilmu, Sampaikan dengan amal,
(IMAN,ILMU, dan AMAL)
YAKIN USAHA SAMPAI.



PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Kepada Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan serta kelancaran dalam pengerjaan skripsi ini.
2. Segala perjuangan saya hingga ke titik ini saya persembahkan pada 5 orang paling berjasa dalam hidup saya, Papak La ismail dan Ibu Mariati serta kakak – kakak saya. Terimakasih atas semua dukungan , semangat, cinta kasih sayang, serta kesabaran dan doa yang telah di berikan selam ini.
3. Kepada bapak dan ibu serta kakak – kakak saya saya yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada saya dan juga membiayai kuliah saya, hingga saya bisa menyelesaikan perkuliahan di fakultas Teknik unissula.
4. Semua teman – teman Teknik sipil Angkatan 2019 kalian memberikan kenangan, pembelajaran, pengalaman hidup, terimakasih kawan untuk semua kenyamanan yang selama ini terbangun dari kalian semua.
5. Organisasi HMI Komisariat Teknik sebagai rumah peradaban yang telah membentuk karakter seorang insan akademis.
6. Kepada seluruh anggota SEMA KM yang selalu mendorong dan support dalam mengerjakan skripsi.
7. Terimakasih kepada teman saya M. Bari Chabanto., Muzaki ST., Fiqqy Renaldho., M Chamid Ali, Firman Irsyadul Anam, M. Mujib Burohman, , Irfan Effendi.



Muhammad Pramulya Rizal Ismail
NIM : 30201900149

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji syukur penulis pajatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat taufik dan hidayah – Nya sehingga penulis telah dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, yang diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan program sarjana Teknik sipil di universitas islam sultan agung semarang, dengan judul “Redesain Struktur perkerasan lentur menggunakan manual desain perkerasan dan program circly 6.0 (Studi Kasus pada Jalan Raya Kaligawe KM.4 STA 0+00 – 1+00)” penyelesaian laporan ini dimaksudkan untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 (S1) di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Laporan Tugas Akhir ini semata mata tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang sangat membantu. Untuk itu tiada kata – kata yang lebih tepat selain ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku dosen pembimbing 1 Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan bimbingan kepada saya dengan penuh kesabaran dan memberikan dorongan semangat untuk kami serta memberikan kritik dan saran mengenai laporan Tugas Akhir saya.
2. Bapak Ari Sentani, ST., MSc, selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir saya yang telah memberikan arahan dan motivasi yang selalu memberikan kemudahan serta arahan yang membuat saya yakin dan percaya bahwa laporan ini harus segera diselesaikan dengan baik, serta dorongan semangat serta memberikan kritik dan saran mengenai laporan tugas akhir saya.
3. Bapak Eko Muliawan Satrio, ST., MT. Selaku dosen Pembimbing Tugas Akhir yang memberikan pengarahan dan bimbingan dalam perbaikan tugas akhir ini.
4. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.
5. Saya menyadari, karena keterbatasan ilmu pengetahuan, kemampuan dan pengalaman yang kami miliki dalam Tugas akhir ini masih terdapat banyak

kekurangan , oleh karena itu segala saran dari pembaca sangat saya harapkan demi hasil yang lebih baik dan semoga tugas akhir ini memenuhi syarat untuk menyelesaikan program strata 1(S1) fakultas Teknik jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Semarang, 25 Juli 2023



Muhammad Pramulya Rizal Ismail



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
USUALAN PENELITIAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN.....	vi
MOTTO.....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR RUMUS.....	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xv
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 4
2.1. Perkerasan Lentur.....	4
2.1.1 Lapis Permukaan (Surface Course).....	4
2.1.2 Lapis Pondasi (Base Course)	6
2.1.3 Lapis Pondasi Bawah (SubbaseCourse).....	7
2.1.4 Tanah Dasar (Subgrade).....	7
2.2. Tebal Lapis Tambah (Overlay)	7
2.3. Isotropik dan Anisotropik	8
2.4. Metode Manual Desain Perkerasan 2017	8
2.4.1 Beban Lalu Lintas	8
2.4.1.1 Beban Sumbu dan roda kendaraan.....	8
2.4.1.2 Volume Lalu Lintas.....	9
2.4.1.3 Repetisi Lintasan sumbu Standar	9

2.4.2 Faktor Umur Rencana	10
2.4.3 Faktor Ekvivalen Beban (Vehicle Damage Factor).....	10
2.4.4 Faktor Distribusi Lajur dan distribusi Arah	11
2.5 Regangan Pada sistem perkerasan Lentur	12
2.6 Kerusakan Pada Perkerasan Lentur.....	12
2.6.1 Retak Lelah	13
2.7 Cement Treated base	15
2.8 Metode AUSROADS 2017	18
2.9 Program Circly 6.0	26
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	28
3.1. Objek dan subjek Penelitian.....	28
3.2. Pengumpulan Data	28
3.3. Metode Pengolahan Hasil dan analisis Data	29
3.4. Bagan Alir Penelitian	29
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Perhitungan Tebal Perkerasan Dengan Manual Desain Perkerasan	32
4.1.1 Umur Rencana.....	32
4.1.2 Lalu Lintas	32
4.1.3 Perkiraan Kumulatif Beban Lalu lintas(ESA).....	34
4.1.4 Struktur Perkerasan	35
4.2 Perhitungan Desain Perkerasan dengan Ausroads 2017	37
4.2.1 Lalu lintas Harian Rata – rata.....	37
4.2.2 Periode Desain	37
4.2.3 Penentuan Nilai Ni	37
4.2.4 Perhitungan Pertumbuhan Lalu lintas	38
4.2.5 Perhitungan Nilai ESA.....	38
4.2.6 Perhitungan Kumulatif Kendaraan Gandar(NDT)	39
4.2.7 Perhitungan Desain Number of traffic loading (DESA)	39
4.2.8 Menentukan Tebal Perkerasan	39
4.3 Analis Perkerasan denganprogram Circly 6.0.....	39
4.4 Hasil Perhitungan.....	43

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	49



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Beban standard kelompok sumbu	11
Tabel 2.2. Faktor Distribusi Jalur.....	11
Tabel 2.3. Tabel Nilai Faktor Reliabilitas.....	13
Tabel 2.4 Tipikal Faktor Reliabilitas berdasarkan fungsi jalan	13
Tabel 2.5 Volume aspal berdasarkan bahan lapisan aspal	14
Tabel 2.6 Desain Perkerasan lentur dengan 150 mm CTB	15
Tabel 2.7 Desain Perkerasan lentur dengan 200 mm CTB	16
Tabel 2.8 Desain Perkerasan lentur dengan 250 mm CTB	17
Tabel 2.9 Desain Perkerasan lentur dengan 300 mm CTB	18
Tabel 2.10 Golongan Kelas Kendaraan	19
Tabel 2.11 lane Distribusi Faktor (LDF).....	20
Tabel 2.12 Nilai Annuual Growth rate.....	22
Tabel 2.13 Beban Sumbu yang mengakibatkan Kerusakan dengan ban ganda..	23
Tabel 2.14 Beban Sumbu yang mengakibatkan Kerusakan dengan ban Tunggal	24
Tabel 2.15 Jumlah Perkiraan Kelompok gandar	25
Tabel 4.1. Umur rencana Perkerasan baru	32
Tabel 4.2. Data lalu lintas rata rata	33
Tabel 4.3 Data lalu lintas 2 tahunan	33
Tabel 4.4 Cumulatif Equivalent Standar axles (Cesa 4)	34
Tabel 4.5 Cumulatif Equivalent Standar axles (Cesa 5)	35
Tabel 4.6 Desain Perkerasan lentur dengan 300 mm CTB	36
Tabel 4.7 Data lalu lintas harian jalan raya kaligawe	37
Tabel 4.8 Hasil Redesain Struktru Perkerasan	44
Tabel 4.9 Hasil Perkerasan menurut manual desain perkerasan 2017	44
Tabel 4.10 Hasil Perkerasan Manurut ausroads 2017	45

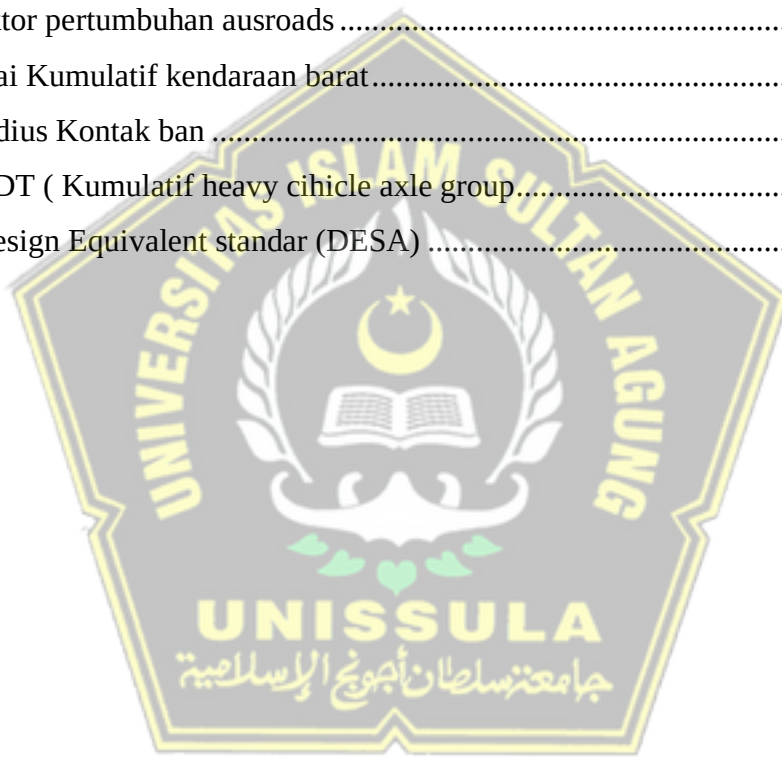
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Gambar Perkerasan lentur	4
Gambar 2.2.Sumbu Standar	10
Gambar 2.3 Regangan pada perkerasan Lentur	12
Gambar 2.4 Lokasi Kritis regangan dalam model perkerasan	23
Gambar 2.5 Diagram Alur Software Circly 6.0	27
Gambar 2.5 Design Chart for granular pavement	26
Gambar 3.1 Peta Lokasi jalan ray kaligawe km.4.....	28
Gambar 4.1 Design chart granular pavement.....	36
Gambar 4.2 Tampilan awal program circly 6.0	40
Gambar 4.3 Panel job Details.....	40
Gambar 4.4 layers	41
Gambar 4.5 Jenis material Asphalt	41
Gambar 4.6 Jenis material cemented	41
Gambar 4.7 Jenis material granular	42
Gambar 4.8 Jenis material Subgrade.....	43
Gambar 4.9 Nilai CDF (Cumulatif Distribusi Function)	43



DAFTAR RUMUS

2.1 Rumus Besarnya beban roda.....	8
2.2 LHRT	9
2.3 LHT	9
2.4 Faktor Umur rencana.....	10
2.5 Faktor ekivalen Beban.....	10
2.6 Retak Lelah	13
2.7 Ni (Niali Harian Rata – Rata).....	19
2.8 Faktor pertumbuhan ausroads	20
2.9 Nilai Kumulatif kendaraan berat.....	21
2.10 radius Kontak ban	23
2.11 NDT (Kumulatif heavy vehicle axle group.....	24
2.12 Design Equivalent standar (DESA)	24



NOTASI DAN SINGKATAN

AASHTO Officials	Association of American State Highway and Transportation Officials
AC	Asphaltic Concrete
AC BC	Asphaltic Concrete Binder Course
AC WC	Asphaltic Concrete Wearing Course
AC Base	Asphaltic Concrete Base Course
Austroroads	Association of Australian and New Zealand Road Transport and Traffic Authorities
BB	Benkelman Beam
CBR	California Bearing Ratio
CESA	Cumulative Equivalent Standard Axles
CIRCLY	Australian mechanistic design software programme used by Austroroads 2004
CTB	Cement Treated Base
DBST	Double Bituminous Surface Treatment (BURDA)
DCP	Dynamic Cone Penetrometer
ESA4	Equivalent Standard Axle – Pangkat 4
ESA5	Equivalent Standard Axle for Asphalt (Pangkat 5)
FWD	Falling Weight Deflectometer
GMP	General Mechanistic Procedure
IP	Indeks Plastisitas
IRI	International Roughness Index
IRMS	Indonesian Road Management System
LFA	Lapis Fondasi Atas
Lij	beban dari suatu kelompok sumbu
LMC	Lean Mix Concrete
MAPT	Mean Annual Pavement Temperature
MDD	Maximum Dry Density
MKJI	Manual Kapasitas Jalan Indonesia
OMC	Optimum Moisture Content

ORN	Overseas Road Note
PI	Penetration Index
RVK	Rasio Volume Kapasitas
Smix	Kekakuan Campuran Beraspal (definisi Shell Pavement Design Method)
SBST	Single Bituminous Surface Treatment (BURTU)
SDPJL	Software Desain Perkerasan Jalan Lentur
SG2	Subgrade dengan CBR 2%
SMA	Split Mastic Asphalt
TMasphalt	Traffic Multiplier untuk desain lapisan beraspal
Vb	Volume aspal dalam campuran beraspal
VDF	Vehicle Damage Factor WPI Weighted Plasticity Index $\mu\epsilon$ microstrain



**“REDESAIN STRUKTUR PERKERASAN LENTUR MENGGUNAKAN
MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN 2017 DAN PROGRAM
CIRCly 6.0
(STUDI KASUS : JALAN RAYA KALIGAWA KM.4 STA0+00 – 1+00)”**

Abstrak

Perkerasan jalan adalah salah satu komponen penting dalam infrastruktur transportasi yang membutuhkan perencanaan yang cermat untuk memastikan keberlanjutan dan keamanan operasi jalan. Metode manual desain perkerasan jalan 2017 telah lama digunakan sebagai pedoman untuk merancang perkerasan jalan, sementara program circly 6.0 adalah salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk analisis dan desain perkerasan jalan secara lebih detail, tujuan penelitian ini adalah membandingkan tebal lapis perkerasan jalan yang efektif dan efisien. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan secara manual terlebih dahulu untuk mengetahui nilai besaran yang direkomendasikan dengan parameter Volume lalu lintas untuk tahun penelitian. Analisis metode manual desain perkerasan jalan 2017 secara manual menghasilkan hasil nilai maksimal beban 201×10^6 dengan lapisan perkerasan yang dapat ditentukan, sedangkan pada program circly 6.0 dengan rujukan metode ausroads 2017 dengan hasil maksimal beban dan retak Lelah yang dapat dimaksimalkan ialah 1.37×10^{13} dengan lapisan yang dapat ditentukan sendiri

Hasil perencanaan tebal perkerasan dengan umur rencana 20 tahun dengan metode manual desain perkerasan memperoleh LHR 2022 sebesar 201×10^6 CESA dengan tebal perkerasan untuk tiap lapis Surface AC WC 5cm, AC BC 6 cm, AC Base 13 cm, CTB 30cm dan Lapis Pondasi Atas 15cm. sedangkan pada Ausroads 2017 memperoleh LHR 1.37×10^{13} DESA dengan tebal Perkerasan untuk lapis surface 17.5 cm, Lapis pondasi atas 15 cm dan lapis pondasi bawah 17.5 cm. Dari hasil kedua metode ini mendapatkan kesimpulan jika beban volume lalu lintas jalan raya kaligawe minimum beban Cesa 201×10^6 dan maksimal beban DESA 1.37×10^{13} .

Kata Kunci: Manual Desain perkerasan jalan 2017, Ausroads 2017, program circly 6.0, LHR 2022.

**“REDESIGN OF FLEXIBLE PAVEMENT STRUCTURE USING THE
2017 ROAD PAVEMENT DESIGN MANUAL AND THE CIRCLY 6.0
PROGRAM**

(CASE STUDY: JALA RAYA KALIGAWA KM.4 STA0+00 – 1+00)"

Abstract

Road pavement is one of the important components in transportation infrastructure that requires careful planning to ensure the sustainability and safety of road operations. The 2017 road pavement design manual method has long been used as a guide for designing road pavements, while the Circly 6.0 program is one of the software used for more detailed analysis and design of road pavements. The aim of this research is to compare effective and efficient road pavement layer thicknesses. . In this research, manual calculations were carried out first to find out the recommended value of the traffic volume parameter for the research year. Manual analysis of the 2017 road pavement design method manually produces a maximum load value of 201×10^6 with a pavement layer that can be determined, while in the Circly 6.0 program with a reference to the 2017 Ausroads method the maximum load and fatigue crack results that can be maximized are 11.37×10^{13} with customizable layers

The results of pavement thickness planning with a design age of 20 years using the manual pavement design method obtained a 2022 LHR of 201×10^6 CESA with a pavement thickness for each Surface AC WC layer of 5cm, AC BC 6 cm, AC Base 13 cm, CTB 30cm and Top Foundation Layer 15cm . Meanwhile, Ausroads 2017 obtained an LHR of 1.37×10^{13} DESA with a thickness of plaster for the surface layer of 17.5 cm, top foundation layer of 15 cm and bottom layer of 17.5 cm. From the results of these two methods, it can be concluded that the minimum traffic volume load on the Kaligawe highway is Cesa 201×10^6 and the maximum DESA load is 1.37×10^{13}

Keywords: Road pavement Design manual 2017, Ausroads 2017, Circly 6.0 program, LHR 2022.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi merupakan sarana paling penting untuk melakukan mobilisasi barang dan jasa serta indikasi kemajuan pembangunan disuatu wilayah. Kota dengan tingkat layanan transportasi yang baik akan menjadikan Suatu kota dapat maju dan berkembang dari sudut pandang ekonomi, karena transportasi berpengaruh menciptakan ekonomi yang baik bagi suatu wilayah yang dapat mendukung mobilitas masyarakat, baik tingkat provinsi sampai desa. dikarenakan jalan merupakan akses paling mudah dan paling sering di gunakan dari zaman dahulu. Sejak berkembangnya era teknologi indutri, percepatan industry mulai terlihat dari industry 1.0 – 4.0 yang dapat di lihat pada masa sekarang yang sangat berkembang pesat. Jalan pantura merupakan jalan utama dipulau jawa yang lebih dikenal dengan nama jalan nasional rute I, jalan pantura juga merupakan jalan jalur arteri primer karena menghubungkan antarpusat kegiatan nasional. Jalur ini memiliki fungsi yang sangat penting untuk transportasi darat. Jaringan jalan juga terbagi menjadi 2 yaitu jalan primer dan sekunder yang terjalin dalam hubungan hirarki.

Jalan merupakan salah satu akses penting yang dapat mendonkrak pertumbuhan ekonomi paling efisien hal itu didasarkan dari sistem penggunaan nya relative sangat murah. Jika dibandingkan dengan sarana transportasi lainnya seperti rel kereta api dan pesawat terbang. Kondisi jalan yang baik diperlukan untuk kelancaran kegiatan transportasi yaitu mempercepat kelancaaran mobilitas barang atau jasa secara aman dan nyaman. Namun dari beberapa riset dan kajian ilmiah dari KNKT (Komite nasional keselamatan Transportasi) menyatakan tingkat kecelakaan paling tinggi dari penggunaan transportasi jalan berdasarkan jenis kendaraan, keterlibatan kasus kecelakaan lalu lintas yang paling tinggi yaitu sepeda motor dengan presentase 73% dan urutan selanjutnya pada angkutan umum/barang dan sejenisnya dengan presentase 12%.

Setelah melihat beberapa persoalan diatas maka perlu adanya desain struktrur perkerasan jalan baru dan penggunaan material lapis aus harus baik dan sesuai dengan standart, berdasarkan kualifikasi yang telah di tetapkan oleh direktorat

jenderal bina marga tahun 2017 dan Ausroad 2017 tentu setiap regulasi masi perlu banyak perbaikan tapi rujukan dan proses tahapan untuk mendesain jalan sesuai harus ada yang memenuhi spesifikasi kriteria.

Kota semarang umum nya menggunakan jenis perkerasan komposit yaitu perpaduan antara plexible dan rigid, Terkhususnya semarang bagian timur yang berbatasan langsung dengan kab. Demak merupakan jalur nasional Rute I (jl. Pantura) yang biasanya menggunakan jenis perkerasan kaku, Untuk itu saya melakukan penelitian dengan merancang Redesain struktur perkerasan di jl pantura dengan jenis perkerasan lentur. Oleh karena itu, saya tertarik mengangkat Topik Tugas Akhir dengan Judul ‘Redesain Struktur Perkerasan Lentur menggunakan Manual desain perkerasan 2017 dan program circly 6.0 (STUDI KASUS : JL RAYA KALIGawe KM.4 STA 0+00 – 1+00).’

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dengan uraian diatas masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

Merencanakan Redesain Struktur perkerasan Lentur dengan parameter beban Volume Lalu Lintas dan CBR jalan Raya Kaligawe tahun 2022 dengan angka pertumbuhan lalu lintas (i) 4,8% per tahun menggunakan Metode Manual desain perkerasan dan Program Circly 6.0

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang Tebal Lapis Perkerasan Yang Dihitung Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan 2017
2. Merancang Tebal Lapis Perkerasan Dengan Program Circly 6.0
3. Membandingkan Hasil Desain Manual Desain Perkerasan 2017 dan Program Circly 6.0

1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis memiliki beberapa batasan masalah yaitu :

1. Objek penelitian adalah Jalan raya kaligawe (Km.4 0+00 – 1+000)
2. Perhitungan Tebal Lapis perkerasan menggunakan metode Manual desain perkerasan 2017.
3. Perhitungan tebal lapis perkerasan menggunakan program circly 6.0 (ausroad 2017)
4. Pembahasan hanya lapis perkerasan tidak membahas respon, regangan dan tegangan pada struktural perkerasan.
5. Data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan data Sekunder yang di dapat dari Dinas Perkerjaan Umum Bina Marga dan Cipta Karya Prov.Jawa Tengah

1.5 Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab, antara lain :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang gambaran umum tentang latar belakang, rumusan masalah, Batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

BAB II TINJUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang studi Pustaka dengan menguraikan teori – teori yang dijadikan referensi dalam penulisan, pembahasan, dan penilitian Tugas Akhir.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan mengenai metode penelitian, meliputi Teknik pengumpulan data, Analisa penilitian, dan pelaksanaan penilitian dalam rangka menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan mengenai pembahasan dari hasil pengolahan data dan menguraikan analisis sesuai dengan metode kerja yang dijabarkan pada BAB III.

BAB V PENUTUP

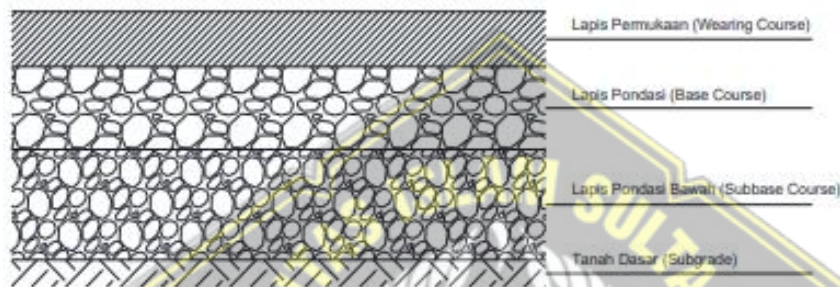
Bab ini berisikan mengenai kesimpulan pokok hasil penilitian dan analisis sesuai dengan tujuan yang sebagaimana telah diuraikan serta memberi sara untuk melanjutkan penilitian dimasa mendatang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur yang terdiri dari lapisan yang bertemu langsung dengan roda seperti (Surface Course), lapisan pondasi (Base Course), dan lapis tanah dasar (Subgrade) dengan aspal sebagai bahan pengikat. Secara general bahwa jenis perkerasan ini sering digunakan di perkotaan sebagai jenis perkerasan jalan yang menerima beban lalu lintas yang melewatinya.



Sumber : Sukirman,(2010)

Gambar 2.1 Struktur Perkerasan Lentur

2.1.1 Lapis Permukaan (*Surface course*)

Lapisan (Surface course) adalah permukaan merupakan lapisan yang bersentuhan langsung dengan roda. Lapisan ini menggunakan material agregat dengan aspal sebagai bahan pengikatnya yang dapat memiliki stabilitas tinggi, tahan air, dan memiliki daya tahan selama umur rencana. Dalam lapis permukaan terdiri dari beberapa lapisan. Diantaranya :

1. Lapis aus (wearing course), merupakan lapisan yang terletak paling atas dan lapisan yang bersentuhan langsung dengan roda dan cuaca;
2. Lapis pengikat (Binder course), merupakan lapisan yang terletak berada pada lapisan aus dan lapisan pondasi yang memiliki fungsi sebagai pemikul beban lalu lintas kemudian disalurkan pada pondasi jalan.

Menurut Sukirman (2010) beberapa jenis lapis permukaan perkerasan yang digunakan di Indonesia adalah sebagai berikut.

1. Laburan aspal, merupakan campuran yang terdiri dari perpaduan/ mixing antara aspal dan agregat dengan gradasi berdasarkan jenis lapisannya. Burda atau laburan aspal dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

- a. Laburan aspal satu lapis (Burtu);
- b. Laburan aspal dua lapis (Burda);

2. Lapis tipis aspal pasir (Latasir), merupakan perpaduan / mixing yang terdiri dari aspal, agregat halus dan atau pasir yang dicampur pada suhu tertentu.

3. Lapis tipis aspal beton (Lataston), merupakan perpaduan/ mixing antara aspal yang menggunakan agregat yang bergradasi senjang dengan ukuran maksimum agregat $\frac{3}{4}$ inci. Sesuai dengan fungsinya lataston dibagi kedalam dua jenis , yaitu :

- a. Lataston lapis aus atau Hot Rolled Sheet Wearing Course; dan
- b. Lataston lapis permukaan antara Hot Rolled Sheet Base Course;

4. Lapis beton aspal (Laston). merupakan perpaduan/ mixing antara aspal dengan menggunakan agregat dengan gradasi baik. Terdapat dua jenis laston yang digunakan di Indonesia, yaitu :

- a. Laston lapis aus atau Asphalt Concrete Wearing Course;
- b. Laston lapis permukaan antara atau Asphalt Concrete Binder Course;

5. Lapis penetrasi macadam (Lapen), merupakan lapisan yang terdiri dari agregat Utama, agregat pengunci, dan agregat penutup (untuk lapis permukaan) dengan gradasi yang seragam.

6. Lapis Asbuton Agregat (Lasbutag), merupakan lapisan yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, agregat asbuton, bahan peremaja dan filler (bila diperlukan) yang dicampur, dihampar dan dipadatkan secara dingin.

2.1.2 Lapis Pondasi (*Base Course*)

Lapis pondasi merupakan lapisan yang berada pada lapisan pondasi dan lapisan permukaan dan kemudian apabila struktur perkerasan tidak menggunakan lapisan pondasi bawah maka lapis pondasi langsung diletakan diatas tanah dasar (subgrade). Lapis pondasi memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Sebagai Struktur penahan beban vertikal yang terjadi akibat beban kendaraan kemudian disalurkan ke bawah pada lapisan dibawahnya;
2. Sebagai pijakan lapisan permukaan; dan
3. Sebagai lapisan yang menyerap air tanah. Material yang digunakan sebagai lapis pondasi ini dapat berupa material yang cukup kuat dan awet sesuai perencanaan seperti batu pecah, kerikil, stabilisasi tanah, dan atau agregat dengan aspal sebagai pengkuatnya.

2.1.3 Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*) Lapis Pondasi Bawah (Subbase Course) Lapisan ini yang posisinya berada paling bawah, antara lapis pondasi dan tanah dasar (subgrade). Lapisan ini memiliki fungsi sebagai berikut :

1. Bagian dari struktur perkerasan yang berfungsi menerima beban yang diterima dari lapisan diatasnya ke tanah dasar;
2. Lapisan menyerap air tanah agar tidak berkumpul di pondasi; dan
3. Kemudahan dalam pelaksanaan, lapisan ini dimaksudkan untuk tanah segera dilapisi pondasi untuk menghindari kerusakan yang disebabkan oleh perubahan kondisi tanah dasar. Terdapat beberapa material agregat yang baik digunakan sebagai lapis pondasi bawah maupun atas diantaranya Agregat kelas A, Agregat kelas B, Agregat kelas C, dan kelas S. Dikarenakan material agregat kelas A dan B biasa digunakan sebagai lapis pondasi, Agregat kelas S biasa digunakan sebagai lapis pondasi bahu jalan tanpa penutup, dan Agregat kelas C dapat digunakan sebagai lapis pondasi bahu jalan tanpa penutup dengan $LHRT < 2000$ kendaraan/hari pada jalur lalu lintas.

2.1.4 Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar adalah tempat dihindarkannya struktur perkerasan jalan. Mutu lapisan tanah dasar sangat menentukan ketahanan struktur perkerasan dalam menerima beban lalu lintas selama umur rencana. Oleh karena itu apabila terdapat tanah dasar bermasalah maka perlu dilakukan perbaikan dahulu seperti dicampurkan dengan kapur atau zat lainnya kemudian dilakukan pemadatan dengan kondisi kadar air optimum yang bertujuan agar mendapatkan kepadatan yang maksimal yang dimana akan berpengaruh terhadap daya tahan struktur perkerasan menerima beban lalu lintas.

Apabila ditinjau dari elevasi muka tanah, lapisan tanah dasar dapat dibedakan menjadi:

1. Lapisan tanah dasar tanah asli;
2. Lapisan tanah dasar tanah timbunan; dan
3. Lapisan tanah dasar hasil galian.

2.2 Tebal Lapis Tambah (*Overlay*)

Tebal lapisan tambah biasa disebut dengan *overlay* merupakan lapisan tambahan yang terletak di atas konstruksi perkerasan yang sudah ada sebelumnya guna menaikkan kekuatan atau daya dukung perkerasan yang sudah tidak mampu lagi menahan beban lalu lintas. Lapisan ini dibutuhkan untuk mengurangi lendutan selama masa pelayanan.

Sebelum mulai pelaksanaan lapisan *overlay* pada suatu jalan, perlu diadakan survei untuk mengetahui atau kestabilan struktural dan kondisi permukaan pada konstruksi perkerasannya. Konstruksi jalan yang masa umur rencananya telah habis, berarti telah mencapai indeks masa peremajaan yang perlu diberikan tambahan lapisan yang berguna untuk mengembalikan kekuatan dari struktur perkerasan dan tingkat kenyamanan.

2.3 Isotropik dan Anisotropik

Keadaan material pada Umumnya dibagi menjadi dua kelompok, yaitu isotropik dan anisotropik. Menurut Guitom dan Henry (2002) pertama kali berpendapat bahwa material isotropik adalah sifat material yang memiliki sifat elastis pada arah vertikal dan horizontal, misalnya aspal dan semen. Kedua material anisotropik tersebut merupakan sifat material yang memiliki sifat elastis arah tegak lurus sumbu simetri, namun berbeda sifat pada arah sejajar sumbu simetri, seperti subsoil dan agregat granular.

2.4 Metode Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Manual Desain Perkerasan 2017

Metode perhitungan yang digunakan sebagai perencanaan tebal perkerasan lentur yaitu menggunakan metode mekanistik empiris dimana dalam metode ini memerlukan input data Volume lalu lintas, struktur perkerasan dan sifat mekanik material, dengan keluaran berupa kinerja perkerasan terhadap beban roda seperti tegangan, regangan atau lendutan. Standar perhitungan tebal perkerasan jalan ini mengacu pada buku Direktorat Jenderal Bina Marga Manual Desain Perkerasan Jalan 2017.

2.4.1 Beban Lalu lintas

Beban lalu lintas merupakan faktor umat pada desain tebal perkerasan jalan hal sangat berpengaruh dalam analisis perencanaan yaitu beban lalu lintas yang nantinya akan didistributkan oleh stuktur perkerasan selama umur rencana. Beban lalu lintas ini dimodelkan karena volume lalu lintas yang disurvei dan kemudian data tersebut diperhitungkan untuk mengetahui banyaknya volume lalu lintas selama umur rencana. Adapun Elemen utama beban lalu lintas adalah sebagai berikut :

2.4.1.1 Beban sumbu dan roda kendaraan.

Beban roda kendaraan didistribusikan melalui kontak antara ban dan permukaan jalan. Sebagai faktor penting dalam desain tebal perkerasan lentur antara roda kendaraan dan perkerasan jalan diasumsikan berbentuk lingkaran dengan radius sama dengan lebar ban. Sukirman (2010) memberikan rumus untuk menghitung besarnya beban roda seperti dirumuskan dibawah:

$$P = \pi p a^2 \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

a = Radius bidang kontak

P = beban roda

p = tekanan ban

Beban roda pada kendaraan akan terjadi berulang kali selama masa umur rencana. Jika terdapat sebuah kendaraan yang memiliki dua buah sumbu I-I maka perkerasan akan menerima beban sebanyak dua kali. Artinya jumlah repetisi beban yang diakibatkan oleh beban sama dengan jumlah sumbu kendaraanya. Maka dalam perencanaan tebal perkerasan perlu dihitung beban lalu lintas yang melewatinya dan untuk dinyatakan dengan repetisi pengulangan beban lalu lintas.

2.4.1.2 Volume Lalu lintas

Volume lalu lintas dalam perencanaan tebal perkerasan jalan merupakan jenis lalu lintas dalam banyaknya jumlah kendaraan yang melintas berdasarkan lamanya waktu survei pada suatu titik dalam satu kesatuan waktu. Terdapat dua jenis penentuan lalu lintas harian berdasarkan lamanya waktu pengamatan adalah sebagai berikut :

- a. Lalu lintas harian rata - rata tahunan (LHRT), nilai ini diperoleh berdasarkan pengamatan jumlah kendaraan melintas selama satu tahun.

$$LHRT = \frac{\text{jumlah kendaraan dalam 1 tahun}}{365} \dots\dots\dots(2.2)$$

b. Lalu lintas harian rata-rata (LHR), nilai ini diperoleh berdasarkan pengamatan jumlah kendaraan melintas berdasarkan waktu yang telah ditentukan.

$$LHR = \frac{\text{jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{lama waktu pengamatan}} \dots\dots\dots(2.3)$$

2.4.1.3 Repetisi lintasan sumbu standar.

Pada dasarnya kendaraan memiliki berbagai macam konfigurasi sumbu, roda, dan beban kendaraanya. Oleh karena itu berbagai macam variasi tersebut diseragamkan menjadi satuan lintasan sumbu standar. Sumbu standar itu sendiri merupakan sumbu tunggal roda ganda yang memiliki kriteria sebagai berikut

- Beban sumbu 8160 kg;
- Tekanan roda 1 ban $\pm 0,55$ Mpa;
- Lebar bidang kontak 11 cm; dan
- Jarak antara masing-masing sumbu roda ganda = 33 cm



Sumber : Sukirman, (2010)

Gambar 2.2 Sumbu Standar

2.4.2 Faktor Umur Rencana

Faktor umur rencana sangat diperlukan dalam perhitungan repetisi / pengulangan lalu lintas selama umur rencana. Nilai faktor umur rencana dapat dihitung dengan pendekatan menggunakan rumus dibawah :

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = Umur rencana (tahun)

2.4.3 Faktor Ekivalen Beban (Vehicle Damage Factor)

Pada desain perkerasan, beban lalu lintas diakumulasikan dari data LHR menjadi data beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekivalen Beban (Vehicle Damage Factor). Angka ekivalen memiliki arti jumlah lintasan sumbu standar sumbu tunggal roda ganda yang memiliki beban 80 KN mengakibatkan kerusakan yang sama pada struktur perkerasan jalan. Bina Marga (2017) memberikan rumus untuk menghitung nilai faktor ekivalen beban seperti terlampir dibawah:

$$ESA4 = \left(\frac{L_{ij}}{SL}\right)^4 \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

Lij = beban pada sumbu atau kelompok sumbu (kN)

SL = beban standar untuk sumbu atau kelompok sumbu Beban sumbu standar (SL) kelompok sumbu kendaraan ditunjukkan dalam tabel berikut :

Tabel 2.1 beban standar kelompok sumbu

Kelompok sumbu	Beban Gandar (KN)
Sumbu tunggal roda tunggal	53
Sumbu tunggal roda ganda	80
Sumbu tandem roda tunggal	90
Sumbu tandem roda ganda	135
Sumbu tridem roda ganda	181
Sumbu empat (quad axle) roda ganda	221

Sumber : Bina marga desain perkerasan 2017

2.4.4 Faktor Distribusi Lajur dan Distribusi Arah

Faktor distribusi lajur (DL) dan distribusi arah (DD) merupakan faktor yang patut diperhitungkan dalam perhitungan lajur rencana. Lajur rencana merupakan suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan.

Faktor distribusi lajur perlu dalam merancang desain perkerasan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Berikut disajikan nilai Faktor distribusi lajur berdasarkan jumlah lajur setiap arah:

Tabel 2.2 faktor distribusi lajur

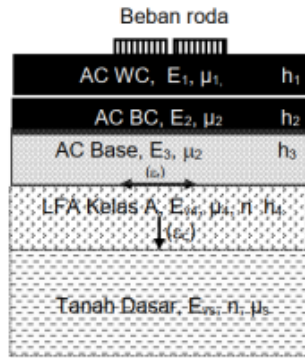
Jumlah lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

faktor distribusi arah (DD) perlu diperhitungkan dalam desain, pada umumnya nilai faktor distribusi arah (DD) tabel Kendaraan niaga yang sudah ditetapkan berdasarkan provinsi masing masing dan biasanya terbagi menjadi dua beban faktual dan beban normal.

2.5 Regangan Pada Sistem Perkerasan Lentur

Pada Perkerasan lentur terdapat asumsi regangan yang terjadi akibat beban lalu lintas yaitu :

1. Regangan vertikal pada permukaan tanah dasar; dan
2. Regangan tarik horizontal yang terjadi pada serat bawah lapis berpengikat.



Gambar 2.3 Regangan Pada Perkerasan Lentur

Regangan vertikal (ϵ_c) adalah faktor untuk mengukur respon struktur yang terjadi pada permukaan tanah dasar digunakan sebagai kontrol terhadap deformasi permanen. Regangan horizontal (ϵ_t) juga terjadi pada serat bawah pada lapisan lapis berpengikat digunakan sebagai kontrol terhadap kerusakan akibat kelelahan pada lapis permukaan.

2.6 Kerusakan Pada Perkerasan Lentur

Kerusakan pada perkerasan merupakan hal yang pasti dan akan terjadi seiring dengan berjalannya waktu namun beberapa kerusakan pada perkerasan dapat terjadi lebih cepat dari pada masa umur rencana jalan tersebut. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu kesalahan dalam pelaksanaan, kondisi tanah yang kurang bagus, perubahan cuaca yang ekstrim, beban kendaraan yang berlebih dan masih banyak lagi faktor nya yang mempengaruhi, Pada penelitian ini jenis kerusakan akan difokuskan pada retak lelah dan alur.

2.6.1 Retak lelah,

Retak ini disebabkan oleh besarnya tegangan tarik yang terjadi sangat besar akibat beban yang berulang berulang. Pada umumnya kerusakan ini dapat terjadi karena disebabkan oleh repetisi beban lalu lintas yang melampaui beban yang dapat dipikul oleh lapisan permukaan. Pada manual desain perkerasan 2017 memberikan hubungan antara regangan tarik maksimum akibat beban dan jumlah repetisi izin

beban untuk mengetahui kinerja retak lelah pada perkerasan lentur seperti dirumuskan dibawah :

$$N = RF \left(\frac{6918 \times (0,856v_b + 1,08)}{S_{mix}^{0,36} \times \mu E} \right)^4 \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

N = Jumlah repetisi izin beban

$\mu\epsilon$ = Regangan Tarik akibat beban (microstrain)

Vb = Volume aspal dalam campuran (%)

Smix = Modulus campuran beraspal (MPa)

RF = Faktor reliabilitas

Berikut dilampirkan pada tabel 2.3 faktor reliabilitas retak lelah campuran beraspal dan tabel 2.5 mengenai persentase volume aspal berdasarkan bahan.

Tabel 2.3 nilai faktor reliabilitas

Reliabilitas				
80%	85%	90%	95%	97,5%
2,5	2,0	1,5	1,0	0,67

Sumber : Bina marga Manual desain perkerasan 2017

Manual Desain Perkerasan (2017) memberikan acuan dalam menentukan nilai faktor reliabilitas berdasarkan fungsi jalan. Berikut terlampir pada tabel 2.4 mengenai acuan pemilihan faktor reliabilitas berdasarkan fungsi jalan.

Tabel 2.4 Tipikal faktor reliabilitas berdasarkan fungsi jalan

Fungsi jalan	Faktor reliabilitas (%)
Jalan bebas hambatan	95 - 97.5
Arteri :LHR > 2000	90 – 97.5
Arteri :LHR ≤ 2000	85 – 95
Kolektor :LHR > 2000	85 - 95
Jalan lainnya LHR ≤500	80 – 90

Sumber :Manual Desain Pekerasan 2017

Tabel 2.5 Volume aspal berdasarkan bahan lapisan aspal

Bahan lapisan aspal	Volume aspal(Vb) (%)
HRS WC	16,4
HRS BC	14,8
AC - WC	12,2
AC - BC	11,5
AC – WC atau AC – BC sebagai lapis Fondasi	11,5

Sumber : Bina marga Manual Desain perkerasan (2017)

2.7 Cement treated Base

Desain Perkerasan Lentur dengan

Tabel 2.6 Desain perkerasan lentur dengan 150 mm CTB
parameter CESA Pangkat 5 (2.01×10^6)

	F(1) 8	F(1) 9	F(1) 10	F(1) 11	F(1) 12
Beban rencana 20 tahun (10^6 ESA5)	>70-100	>100-200	>200-300	>300-400	>400-500
Jenis permukaan berpangkat	AC				
Jenis lapis fondasi	Cement Treated Base (CTB)				
ACWC	50	50	50	50	50
AC-BC	60	60	60	60	60
AC Base	115	160	175	200	220
CTB	150	150	150	150	150
Lapis Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga 2017

Tabel 2.7 Bagan desain perkerasan lentur dengan 200 mm CTB parameter
CESA Pangkat 5 (2.01×10^6)

	F(2) 8	F(2) 9	F(2) 10	F(2) 11
Beban rencana 20 tahun (10^6 ESA5)	>150-200	> 200-300	> 300-400	> 400-500
Jenis permukaan berpangkat	AC			
Jenis lapis fondasi	Cement Treated Base (CTB)			

ACWC	40	40	50	50
AC-BC	60	60	60	60
AC Base	135	145	165	180
CTB	200	200	200	200
Lapis Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga 2017

Tabel 2.8 Bagan Desain perkerasan lentur dengan 250 mm CTB dengan parameter CESA Pangkat 5 (2.01×10^6)

	F(3) 6	F(3) 7	F(3) 8	F(3) 9
Beban rencana 20 tahun (10^6 ESA5)	>100-200	>200-300	>300-400	> 400-500
Jenis permukaan berpangkat	AC			
Jenis lapis fondasi	Cement Treated Base (CTB)			

ACWC	50	50	50	50
AC-BC	60	60	60	60
AC Base	110	130	145	155
CTB	250	250	250	250
Lapis Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga 2017

Tabel 2.9 Bagan Desain perkerasan lentur dengan 300 mm CTB dengan parameter CESA Pangkat 5 (2.01×10^6)

	F(4) 6	F(4) 7	F(4) 8	F(4) 9
Beban rencana 20 tahun (10^6 ESA5)	> 90-100	>100-200	>200-400	> 400-500
Jenis permukaan berpangkat	AC			
Jenis lapis fondasi	Cement Treated Base (CTB)			

ACWC	50	50	50	50
AC-BC	60	60	60	60
AC Base	80	95	130	140
CTB	300	300	300	300
Lapis Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga 2017

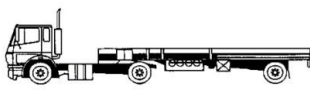
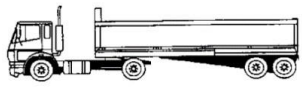
2.8 Perancangan Tebal Perkerasan dengan Metode AUSTROADS 2017

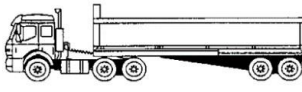
Metode ini ialah metode yang berasal dari Australia yang membahas tentang perencanaan tebal perkerasan dan *overlay* pada perkerasan jalan. Diproduksi tahun 1987 sebagai hasil dari tinjauan dari "panduan sementara untuk desain ketebalan perkerasan" dari NAASRA (*National Association of Australian State Road Authorities*). Pada penelitian ini akan digunakan metode AUSTROADS 2017. Dalam metode ini ada beberapa parameter yang ditinjau adalah sebagai berikut.

4.8.1 Design Traffic

Perkerasan jalan selalu memiliki geometri jalan yang sesuai dengan perencanaan agar kendaraan nanti merasa aman dan nyaman. Selain itu, lebar jalan perlu diberi perhatian apakah sudah sesuai dengan prosedur agar dapat menampung volume kendaraan yang sesuai dengan rencana awal. Perkerasan jalan juga harus cukup kuat untuk memikul beban lalu lintas dari beberapa jenis kendaraan seperti sepeda motor hingga kendaraan yang memiliki roda *triple*. Berikut ini merupakan penggolongan kendaraan menurut metode *AUSTROADS* yaitu dijelaskan pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Golongan Kelas Kendaraan menurut Metode *AUSTROADS*

Kelas Kendaraan	Gambar	Nama Kelas
Kelas 1		<i>Short Vehicle</i>
Kelas 2		<i>Short Vehicle Towing</i>
Kelas 3		<i>Two Axle Truck</i>
Kelas 4		<i>Three Axle Truck</i>
Kelas 5		<i>Four Axle Truck</i>
Kelas 6		<i>Three Axle Articulated Vehicle</i>
Kelas 7		<i>Four Axle Articulated Vehicle</i>

Kelas Kendaraan	Gambar	Nama Kelas
Kelas 8		<i>Five Axle Articulated Vehicle</i>
Kelas 9		<i>Six Axle Articulated Vehicle</i>
Kelas 10		<i>B Double</i>
Kelas 11		<i>Double Road Train</i>
Kelas 12		<i>Triple Road Train</i>

Sumber: AUSTROADS (2017)

Selain itu juga ada beberapa komponen yang dibutuhkan untuk mendesain, yaitu:

a. Periode Desain:

Umur rencana yang dipilih dan dipertimbangkan dengan tepat agar jalan nantinya dapat berfungsi dengan baik tanpa adanya rekonstruksi. Untuk perkerasan lentur, periode desainnya 20 - 40 tahun.

b. Nilai harian rata-rata ESA (Ni).

Nilai ini nantinya akan digunakan untuk perhitungan ESA. Persamaan untuk perhitungan (Ni) dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 2.7

$$N_i = AADT \times DF \times \%HV / 100 \times LDF \dots\dots\dots(2.7)$$

dengan

Ni = awal kendaraan berat harian yang melintas,

AADT = *Annual Average Daily Traffic*,

DF = faktor arah, proporsi,

%HV = persen kendaraan berat.

LDF = faktor distribusi jalur.

Nilai LDF (*Lane Distribution Factor*) di dapatkan dari Tabel 2.11 di bawah ini.

Tabel 2.11 *Lane Distribution Factor (LDF)*

Location	Lanes each direction	Lane Distribution Factor (LDF)		
		Left lane	Centre lane	Right lane
<i>Rural</i>	<i>2 lane</i>	1,00	N/A	0,50
	<i>3 lane</i>	0,95	0,65	0,30
<i>Urban</i>	<i>2 lane</i>	1,00	N/A	0,50
	<i>3 lane</i>	0,65	0,65	0,50

Sumber: AUSTROADS (2017)

c. Pertumbuhan Lalu-Lintas

Perencanaan pertumbuhan lalu lintas sepanjang periode desain dibutuhkan jumlah lalu-lintas total yang dapat ditentukan dengan menjumlahkan total *traffic* pada tahun pertama dengan faktor pertumbuhan yang telah ditentukan AUSTROADS. Untuk mendapatkan nilai *Cumulative Growth Factor* (CGF) dapat menggunakan Persamaan 2.8. Berikut pula Tabel 2.12 faktor pertumbuhan AUSTROADS.

$$CGF = \frac{(1+0.01R)^p - 1}{0.01R} \text{ for } R > 0 = p \text{ For } R = 0 \dots \dots \dots (2.8)$$

dengan

CGF = faktor pertumbuhan kumulatif,

R = angka pertumbuhan tahunan

(%), dan P = periode desain (tahun).

Tabel 2.12 Nilai Annual Growth Rate

Design period (P)(years)	Annual Growth Rate (R) (%)							
	0	1	2	3	4	6	9	10
5	5	5.1	5.1	5.3	5.4	5.6	5.9	6.1
10	10	10.5	10.9	11.5	12.0	13.2	14.5	15.9
15	15	16.1	17.3	18.6	20.0	23.3	27.2	31.8
20	20	22.0	24.3	26.9	29.8	36.8	45.8	57.3
25	25	28.2	32.0	36.5	41.6	54.9	73.1	98.3
30	30	34.8	40.6	47.6	56.1	79.1	113.3	164.5
35	35	41.7	50.0	60.5	73.7	111.4	172.3	271.0
40	40	48.9	60.4	75.4	95.0	154.8	259.1	442.6

Sumber: AUSTROADS (2017)

d. Nilai Kumulatif Kendaraan Berat (*Equivalent Standard Axles / ESA*)

Untuk perhitungan ESA dengan menggunakan persamaan berikut.

$$NHV = 365 \times CGF \times N_i \dots \dots \dots (2.9)$$

dengan

NHV = ESA,

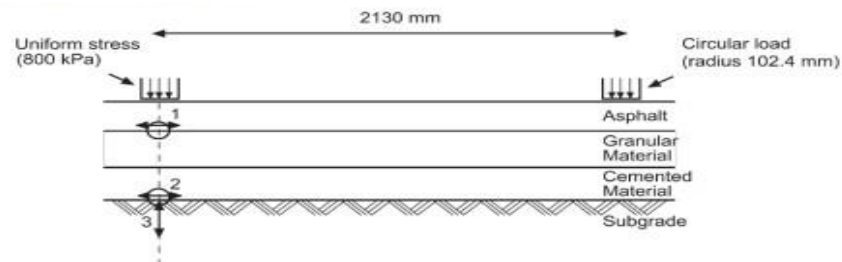
CGF = faktor pertumbuhan kumulatif, dan

N_i = awal kendaraan berat harian yang melintas.

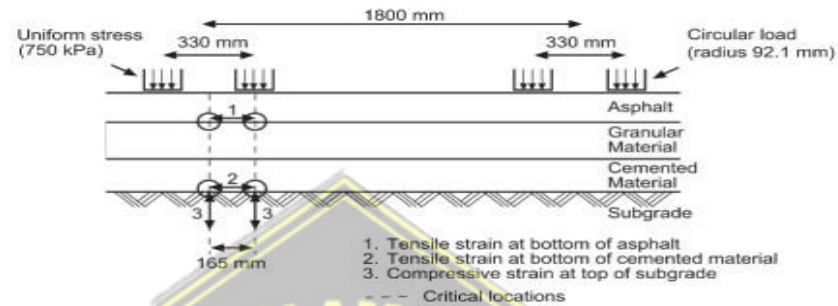
e. Pembebanan

Beban dan Gaya yang bekerja pada permukaan jalan dapat dibagi menjadi dua jenis utama. Tipe pertama adalah gaya akibat beban roda (gaya vertikal), sedangkan tipe kedua ialah gaya akibat gaya pengereman (gaya horizontal) (Mincad System Pty, Ltd, 2004). Lihat pada gambar 2.3 dibawah ini.

Axle with Single



Axle with Dual Tyres



Gambar 2.4 Lokasi Kritis Regangan Dalam Model Perkerasan dan SituasiPembebanan Yang Ideal

Sumber: AUSTROADS (2017)

Tabel 2.13 Beban Sumbu yang Mengakibatkan Kerusakan Sama dengan Ban Ganda

Axle group type Load (kN)	Axle group type Load (kN)
Single axle with dual tyres (SADT)	80
Tandem axle with dual tyres (TADT)	135
Triaxle with dual tyres (TRDT)	182
Quad-axle with dual tyres (QADT)	262

Sumber: AUSTROADS (2017)

Tabel 2.14 Beban Sumbu yang Mengakibatkan Kerusakan
Samadengan Ban Tunggal

Axle group type Load (kN)	Nominal tyre section width	Load (kN)
<i>Single axle with dual tyres (SADT)</i>	<i>Less than 375 mm</i>	53
	<i>At least 375 mm but less than 450 mm</i>	58
	<i>450 mm or more</i>	71
<i>Tandem axle with dual tyres (TADT)</i>	<i>Less than 375 mm</i>	89
	<i>At least 375 mm but less than 450 mm</i>	98
	<i>450 mm or more</i>	119
<i>Triaxle with dual tyres (TRDT)</i>	<i>Less than 375 mm</i>	121
	<i>At least 375 mm but less than 450 mm</i>	132
	<i>450 mm or more</i>	162
<i>Quad-axle with dual tyres (QADT)</i>	<i>Less than 375 mm</i>	150
	<i>At least 375 mm but less than 450 mm</i>	164
	<i>450 mm or more</i>	201

Sumber: AUSTROADS (2017)

f. Radius kontak ban

Kondisi pembebanan yang diambil yaitu dengan asumsi pembebanan arah vertikal. Radius kontak ban dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.4 berikut.

$$a = \sqrt{\frac{p}{P \times \pi}} \dots \dots \dots (2.10)$$

α = radius kontak ban, p = total beban, dan

ρ = tekanan ban.

g. *Cumulative Heavy Vehicle Axle Group (NDT)*

Merupakan grup gandar kendaraan berat kumulatif di jalur desain selama periode desain. Untuk perhitungan NDT dengan menggunakan Persamaan 2.12 berikut.

$$NDT = NVF \times NHVAG \dots\dots\dots(2.12)$$

dengan

NDT = grup gandar kendaraan berat kumulatif,

NHV = persen kendaraan berat, dan

NHVAG = jumlah rata-rata kelompok gandar per kendaraan berat.

Nilai NHVAG didapatkan dari Tabel 2.15

Tabel 2.15 Jumlah Perkiraan Kelompok Gandar Kendaraan BeratPer Kendaraan Berat

<i>Location</i>	NHAG
<i>Rural</i>	2,8
<i>Urban</i>	2,5

Sumber: *AUSTROADS* (2017)

h. *Design Equivalent Standard Axles (DESA)*

Nilai DESA didapatkan dari perhitungan dengan Persamaan 2.12 di bawahini.

$$DESA = ESA / HVAG \times NDT \dots\dots\dots(2.12)$$

dengan

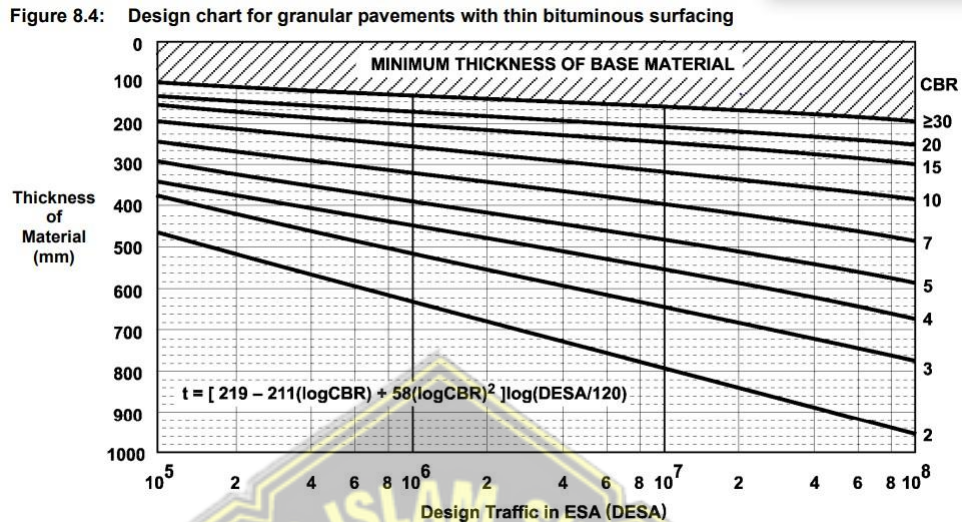
DESA = faktor arah, proporsi,

ESA = persen kendaraan berat.

HVAG = kelompok kendaraan berat, dan

NDT = kumulatif kelompok gandar kendaraan berat Setelah didapatkan nilai dari perhitungan di atas,

1. Selanjutnya adalah menentukan tebal menggunakan grafik *design chart* yang ditunjukkan pada Gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2.5 *Design Chart For Granular Pavement With Bituminous Surfacing*

Sumber: AUSTROADS (2017)

2. Prosedur Mekanis Desain Grafis untuk Perancangan Desain Perkerasan Baru
3. Periode Desain Misalnya, urutan lalu lintas dinyatakan sebagai jumlah sumbu standarsetara (ESA).
4. Ringkasan Parameter Input Grafis dikembangkan menggunakan proses mekanis. Sebelum menggunakan grafis, desainer harus memastikan bahwa mereka memiliki perkiraan rencana desain yang akan digunakan.

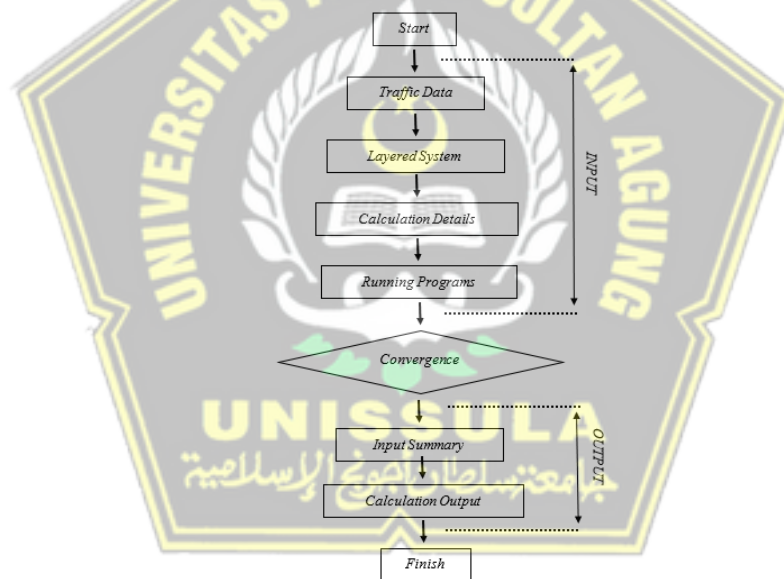
2.9 Program CIRCLY 6.0

Program Program CIRCLY 6.0. Didirikan pada 1990-an dan dikembangkan oleh Melbourne Company Mincad System Pty.Ltd. Pada versi terbaru ini, ketebalanaspal dapat dikurangi secara signifikan pada perkerasan dengan beban lalu lintas yang lebih berat yang dirancang dengan CIRCLY 6.0, Aplikasi ini digunakan dalam mode evaluasi, yang diperbolehkan untuk tujuan pendidikan.

CIRCLY 6.0 diproduksi sesuai dengan *Australian Pavement Design Regulations* (AUSTROADS, 1992). Pada dasarnya program ini terbagi menjadi duakelompok menu utama, yang pertama untuk membuat, mengedit dan memasukkandata, yang kedua untuk melakukan analisis dan grafik hasil (Mincad System Pty, Ltd, 2004).

2.9.1 Diagram Alir Program *CIRCLY* 6.0

Urutan langkah dalam menggunakan Program *CIRCLY* 6.0 yaitu dimulai dari *Start* lalu memasukkan data – data yang sudah didapatkan dan sudah dihitung. Selanjutnya memilih jenis material dan memasukkan tebal dari tiap lapisan. Selanjutnya dilakukan *calculation details* dan *running program*. Lalu setelah itu didapatkan *summary* dan *calculation outputnya*. Lebih jelasnya digambarkan dalam bentuk diagram alir dan dijelaskan pada Gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 2.8. Diagram Alur Software *CIRCLY* 6.0

Sumber: *CIRCLY User Manual* (2017)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

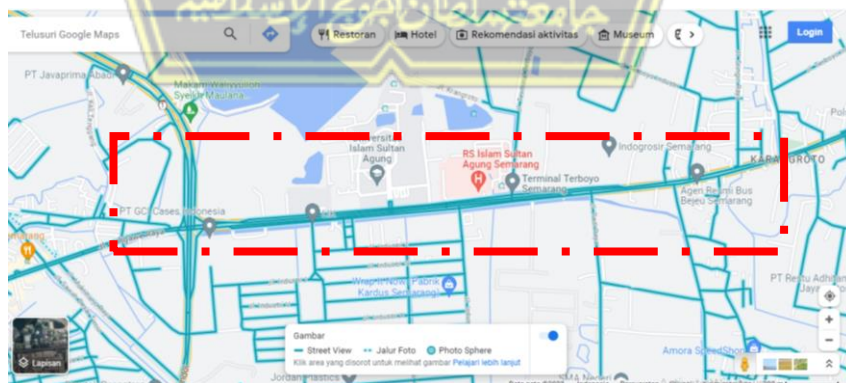
3.1 Objek dan Subjek Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dengan cara memodelkan lapisan-lapisan perkerasan dengan beberapa dua metode yaitu dengan manual desain perkerasan 2017 dan ausroad 2017 menggunakan aplikasi *CIRCLY 6.0* untuk mengetahui kondisi tebal lapisan dengan parameter hasil nilai CESA untuk Manual Desain Perkerasan (MDP 2017) dan DESA untuk AUSROAD 2017 yang terjadi dengan variasi yang telah disebutkan di atas. Objek penelitian ini akan mengambil data dari Jalan Raya Kaligawe (STA 0+00 – 1+000).

3.2 Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini bersifat sekunder. Data sekunder yang digunakan adalah sumber data penelitian yang diperoleh melalui media yang dikumpulkan oleh peneliti. Informasi ini diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum, Dinas Umum Bina Marga, Provinsi Jawa Tengah berupa data sebagai berikut.

1. Peta lokasi Jalan Raya Kaligawe ditunjukkan pada gambar 3.1 berikut ini. Km.4 di mulai dari Makam Syekh Jumadil Kubro dan berakhir di pertigaan lampu merah kaligawe.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Jalan Raya Kaligawe Km.4

Sumber: *Google Maps*

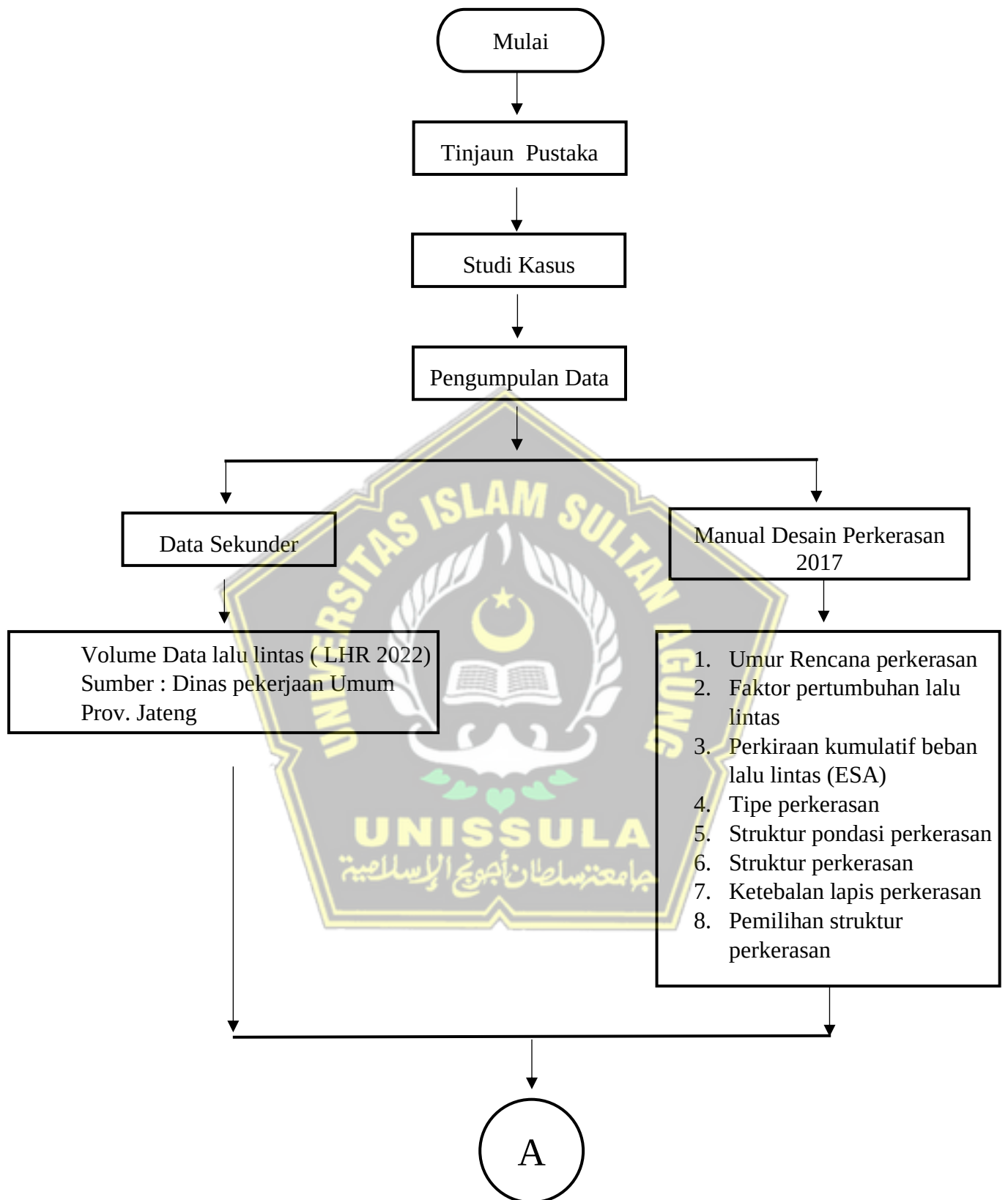
2. Data lalu lintas harian rata-rata (LHR) (Sumber : BBPJN Prov Jateng)
3. Umur rencana jalan yaitu jumlah waktu dalam tahun mulai dibukanya jalan tersebut sampai saat diperlukan perbaikan berat atau perlu untuk diberi lapis permukaan baru.
4. Jumlah pertumbuhan kendaraan adalah jumlah kendaraan yang memakai jalan tersebut dari tahun ke tahun.
5. Faktor ekuivalen beban menyatakan kerusakan perkerasan akibat beban sumbu kendaraan yang lewat

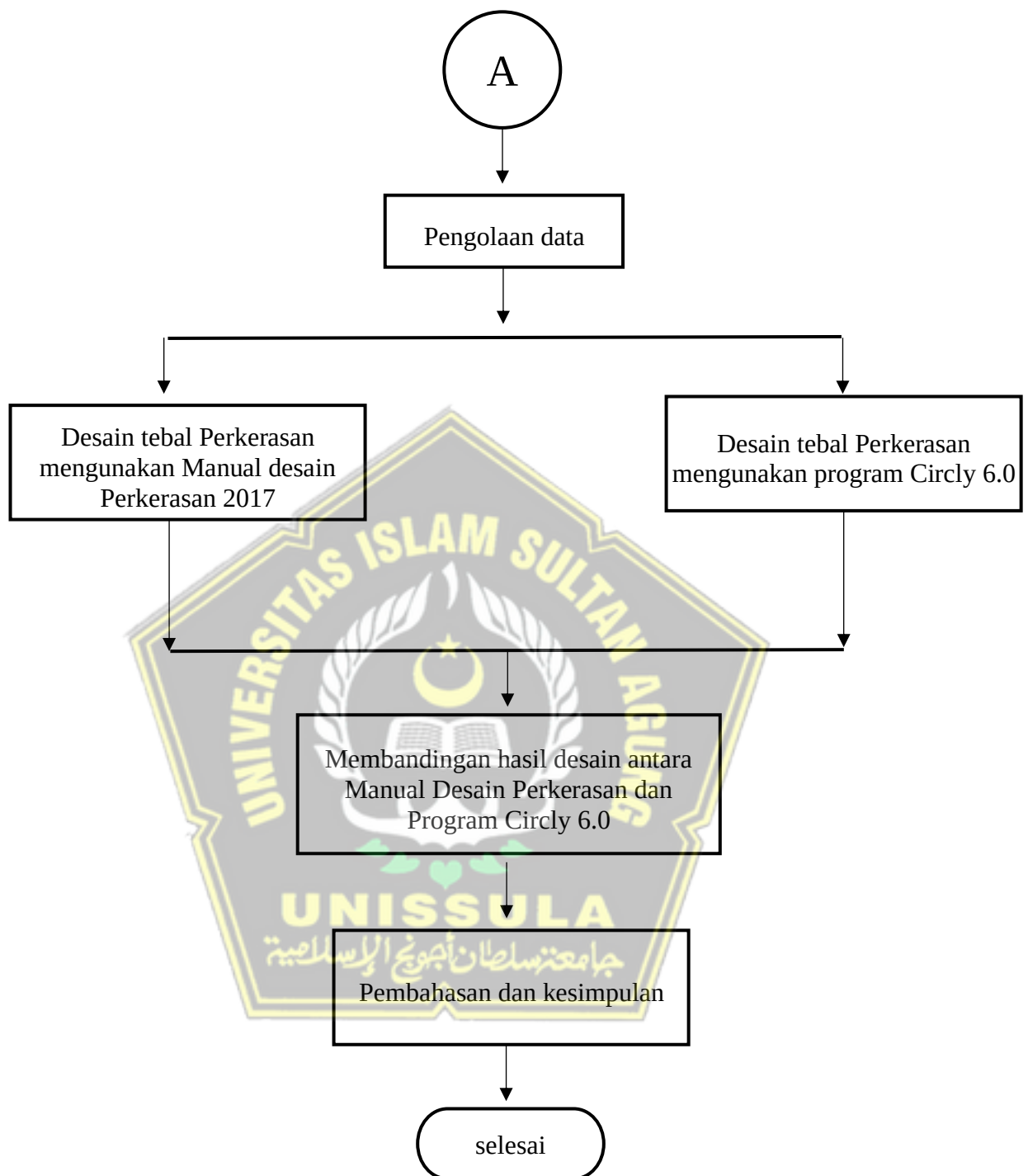
3.3 Pengolahan dan Analisis Data

1. Menganalisis data untuk desain tebal lapis perkerasan
 - a. Menentukan periode waktu
 - b. Menghitung lalu lintas harian rata-rata (LHR) pada tahun dasar perencanaan.
 - c. Menentukan faktor pertumbuhan lalu lintas dan menghitung waktu prediksi jumlah kendaraan dalam periode 20 tahun (periode tinjauan)
Dihitung dengan menggunakan dua macam metode yaitu metode eksponensial dan metode regresi linier.
 - d. Menentukan nilai ESA
 - e. Menghitung nilai DESA
 - f. Menentukan tipe perkerasan
 - g. Menentukan seksi-seksi *subgrade* yang seragam dan daya dukung *subgrade*

3.4 Bagan Alir Penelitian

Sebelum melakukan suatu penelitian, hal yang harus dilakukan yaitu mengumpulkan data – data yang, karena penelitian tidak dapat dilaksanakan jika tidak ada data yang mendukung untuk penelitian. Tahapan selanjutnya melakukan pengolahan data sesuai parameter yang ada dengan Program CIRCLY 6.0. Proses penelitian+





BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Tebal Perkerasan dengan Metode Manual Desain Perkerasan

4.1.1 Umur Rencana

Jalan Raya kaligawe km. 4 di Redesain menggunakan jenis perkerasan lentur dan lapisan permukaannya menggunakan elemen aspal, maka dalam rujukan Manual Desain Perkerasan 2017, maka umur rencana yang digunakan adalah 20 tahun lihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Umur Rencana Perkerasan Baru

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun) ⁽¹⁾
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir ⁽²⁾	20
	Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), seperti: jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan.	
	Cement Treated Based (CTB)	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

4.1.2 Lalu lintas

Data berikut yang dapat digunakan yaitu lalu lintas harian rata – rata tahunan (LHRT) . Data pada tabel 4.2 dibawah ini merupakan data lalu lintas harian rata rata (LHR) jalan Raya kaligawe Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Cipta Karya Prov. Jawa Tengah tahun 2022. Nilai LHRT yang didapatkan yaitu 471.481 dengan akumulasi pertumbuhan lalu lintas sebesar 4,8%. LHR jalan raya kaligawe adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2 Data lalu lintas Harian Rata – rata jalan raya kaligawe

No	Jenis Kendaraan	LHR 2022 (Kendaraan / hari)
1.	Bus Kecil	1982
2.	Bus Besar	855
3.	Truk ringan 2 sumbu	1770
4.	Truk sedang 2 sumbu	21682
5.	Truk 3 Sumbu	531
6.	Truk Gandengan	12
7.	Truk semi trailer	272
Total		471.481

Sumber : Dinas Perkerjaan Umum Bina Marga Dan Cipta Karya
Prov Jawa Tengah

Tabel 4.3 Data lalu lintas 2 tahun 2022-2024

No	Jenis Kendaraan	LHR 2022 (Kendaraan / hari)	Volume lalu lintas per tahun (LHR 2022*(1+4.8%)^2)	Volume lalu lintas per tahun (LHR 2022*(1+4.8%)^4)
1.	Bus Kecil	1982	2176.839	2390.83
2.	Bus Besar	855	939.0499	1031.362
3.	Truk ringan 2 sumbu	1770	1943.998	2135.101
4.	Truk sedang 2 sumbu	21682	23813.43	26154.38
5.	Truk 3 Sumbu	531	583.1994	640.5303
6.	Truk Gandengan	12	13.17965	14.47526
7.	Truk semi trailer	272	298.7387	328.1059
Total		471.481	29768.43	32694.79

Nilai diatas merupakan nilai pertumbuhan lalu lintas pertahun 2 tahun dan 4 tahun

4.1.3 Perkiraan Kumulatif Beban Lalu lintas (ESA)

Dengan asumsi volume lalu lintas dibawah kapasitas selama periode desain, maka Desain tebal perkerasan dilandaskan pada nilai ESA pangkat 4 dan pangkat 5 tergantung pada model kerusakan (deterioration model) dan pendekatan desain yang digunakan. Gunakan nilai ESA yang sesuai dengan input dalam proses perencanaan.

4.1.3.1 Perhitungan Manual ESA 4 dan ESA 5

$$R = \left(\frac{1 + 0.01 \times 4.8\%^2 - 1}{0.01 \times 4.8\%} \right)$$

$$= 2.048$$

$$ESA4^3 = LHR_{2024} \times VDF_{Faktual} \times 365 \times 0.5 \times 1 \times R^{2024-2026}$$

$$= 939 \times 1 \times 365 \times 0.5 \times 1 \times 2.048$$

$$= 350979$$

$$ESA5^{17} = LHR_{2028} \times VDF_{Normal} \times 365 \times 0.5 \times 1 \times R^{2026-2043}$$

$$= 1031 \times 1 \times 365 \times 0.5 \times 1 \times 4.297$$

$$= 808858$$

4.1.3.2 Perhitungan menggunakan excel.

a. Cumulative Equivalent Standard axles 4 (CESA 4)

Tabel 4.4 Cumulative Equivalent Standard axles 4 (CESA 4)

Jenis Kendaraan	LHR	LHR	LHR	VDF4 faktual	VDF4 normal	ESA4	ESA4
	2022	2024	2028			(23 sampai 26)	(26 samapi 43)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Golongan 5b	855	939	1031	1	1	350979	808858
Golongan 6a	1770	1944	2135	0.55	0.55	399624	920963
Golongan 6b	21682	23813	26154	5.3	4	47172685	82047564
Golongan 7A1	531	583	641	8.2	4.7	1787408	2361015
Golongan 7A2	12	13	14	10.2	4.3	50245	48815
Golongan 7B1	272	299	328	11.8	9.4	1317548	2418818
R(20242026) 2.048						Jumlah ESA	51078489
R(20262043) 4.297						CESA4	88606034
						140 x 10 ⁶	

b. Cumulative equivalent Standard Axles 5 (CESA 5)

Tabel 4.5 Cumulative equivalent Standard Axles 5

Jenis Kendaraan	LHR	LHR	LHR	VDF5	VDF5	ESA5	ESA5
	2022	2024	2026	faktual	normal	(24 -25)	(26 -43)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Golongan 5b	855	939	1031	1	1	350979	808858
Golongan 6a	1770	1944	2135	0.5	0.5	363294	837239
Golongan 6b	21682	23813	26154	9.2	5.1	81884661	104610644
Golongan 7A1	531	583	641	14.4	6.4	3138863	3214999
Golongan 7A2	12	13	14	19	5.6	93594	63573
Golongan 7B1	272	299	328	18.2	13	2032150	3345173
R(20242026)	2.048	Jumlah ESA				87863542	112880488
R(20262043)	4.297	CESA5				201 x 10⁶	

4.1.4 Struktur Perkerasan

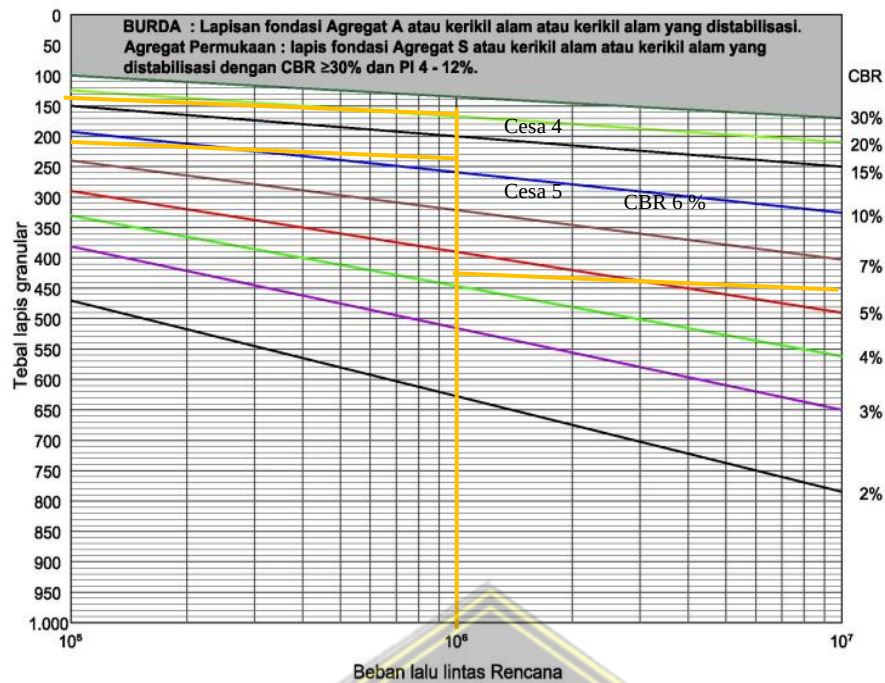
Telah dihasilkan Perkiraan kumulatif beban lalu lintas (ESA) didapat:

CESA 4 = 140×10^6

CESA 5 = 201×10^6

CBR = 6%

Menentukan tebal perkerasan dengan nilai - nilai yang di dapatkan melalui metode manual desain perkerasan sudah memenuhi kriteria yaitu dengan menggunakan nilai cesa untuk menentukan tebal lapisan yang dapat di tentukan.



Gambar 4.1 Design Chart For Granular Pavement With Bituminous Surfacing

Sumber: AUSTROADS (2017)

Dari keterangan grafik berdasarkan nilai Cesa 4 dan cesa 5 menyatakan bahwa dan nilai California bearing ratio (CBR) melebihi angka 6 % dan dapat disimpulkan bahwa tidak perlu ada nya perbaikan tanah dasar. Dari hasil perhitungan ESA pangkat 4 dan ESA pangkat 5 dan jenis perkerasan maka dipilih jenis perkerasan .

Tabel 4.6 Desain Bagan 3 tahun 2020 Desain perkerasan lentur dengan 300 mm CTB

Desain Perkerasan	Tebal (mm)
ACWC	50
AC-BC	60
AC Base	130
CTB	300
Lapis Fondasi Agregat Kelas A	150

4.2 Perhitungan Desain Perkerasan Metode AUSTROADS 2017

4.2.1 Lalu Lintas Harian Rata – Rata

Data berikut yang digunakan yaitu lalu-lintas harian rata–rata tahunan (AADT = *Annual Average Daily Traffic*). Data pada Tabel 4.1 di bawah ini merupakan data lalu lintas harian pada jalan raya kaligawe yang didapat dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Dan Cipta Karya. Nilai AADT yang didapatkan yaitu 471.481.

Tabel 4.7 Data Lalu Lintas Harian Jalan Raya kaligawe

No	Jenis Kendaraan	LHR 2022 (Kendaraan / hari)
1.	Bus Kecil	1982
	Bus Besar	855
	Truk ringan 2 sumbu	1770
	Truk sedang 2 sumbu	21682
	Truk 3 Sumbu	531
	Truk Gandengan	12
	Truk semi trailer	272
Total		471.481

4.2.2 Periode Desain

Jalan Raya Kaligawe Km 4 di desain menggunakan jenis perkerasan lentur dan elemen perkerasan aspal. Maka dari itu umur rencana yang digunakan adalah 20 tahun.

4.2.3 Penentuan Nilai Ni

Untuk menentukan nilai ini, dibutuhkan nilai AADT, DF, %HV, dan LDF. Dikarenakan ruas jalan yang dimiliki oleh Milir-Sentolo yaitu 2 lajur setiap arah, maka untuk DF (*direction factor*) senilai 0,5. Sedangkan untuk nilai LDF (*Lane Distribution Factor*) didapatkan dari Tabel faktor distribusi arah pada Tabel di bawah ini, yaitu sebesar 1.00 (diambil nilai yang paling besar).

Perhitungan nilai Ni dengan menggunakan Persamaan 4.1 sebagai berikut.

$$\%HV = \frac{\text{Jumlah total kendaraan berat}}{AADT} \times 100\% \dots \dots \dots (4.1)$$

$$= \frac{1982}{471.481} \times 100\%$$

$$= 4.2 \%$$

$$n_i = AADT \times DF \times \% \frac{HV}{100} \times LDF$$

$$N_i = 471.481 \times 1 \times \frac{4.2\%}{100} \times 0.5$$

$$= 9.9011$$

4.2.4 Perhitungan Pertumbuhan Lalu Lintas

Dengan periode desain selama 20 tahun dan jalan tersebut termasuk pada kelas arteri di daerah Jawa, maka nilai pertumbuhan lalu lintas sebesar 4,8% yang diperoleh dari Tabel manual desain perkerasan 2017. Pertumbuhan lalu lintas ini membutuhkan total *traffic* tahun pertama dengan faktor pertumbuhan yang telah ditentukan pada *AUSTROADS*. Berikut perhitungan pertumbuhan lalu lintas.

$$cgf = \frac{(1 + 0.01R)^p - 1}{0.01R}$$

$$cgg = \frac{(1 + 0.01 \times 4.8)^{20} - 1}{0.01 \times 4.8}$$

$$= 32,3759\%$$

4.2.5 Perhitungan Nilai ESA

Dengan asumsi volume lalu lintas di bawah kapasitas selama periode desain, kendaraan berat kumulatif melintasi jalur desain selama periode desain dihitung dengan Persamaan 3.3.

$$ESA = 365 \times CGF \times N_i$$

$$= 365 \times 32,3759 \times 9.9011$$

$$= 12553227,3845$$

$$= 1,17 \times 10^6$$

4.2.6 Perhitungan Kumulatif Kendaraan Gandar (NDT)

Telah didapatkan nilai ESA yaitu sebesar $1,17 \times 10^6$. Untuk nilai NHVAG, sesuai dengan Tabel 3.7, Jalan Raya kaligawe km 4 STA 0+00 sampai dengan 1+00 termasuk dalam jalan *urban* yaitu jalan perkotaan. Maka dari itu nilai yang digunakan adalah 2,8. Untuk perhitungan nilai NDT menggunakan Persamaan 3.4.

$$\begin{aligned}\text{NDT} &= \text{NHV} \times \text{NHVAG} \\ &= 1,17 \times 10^6 \times 2,8 \\ &= 3,3 \times 10^6\end{aligned}$$

4.2.7 Perhitungan Design Number ESA of Traffic Loading (DESA)

Setelah mendapat kan hasil ESA di atas. Berikut ini DESA dengan menggunakan Persamaan 3.5.

$$\begin{aligned}\text{DESA} &= \text{ESA}/\text{HVAG} \times \text{NDT} \\ &= (1,17 \times 10^6 / 2,8) \times 3,3 \times 10^6 \\ &= 4178.857,143 \times 3.300.000 \\ &= 1.3790228571900 \\ &= 1,37 \times 10^{13}\end{aligned}$$

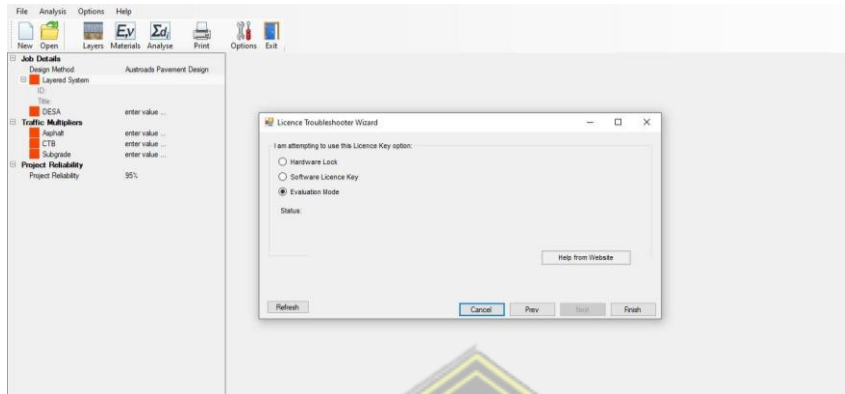
4.2.8 Menentukan Tebal Perkerasan

Nilai – nilai yang sudah didapatkan dalam perhitungan di atas dapat ditentukan tipe perkerasan yang digunakan. Nilai CBR yang digunakan 6%. Untuk menghitung lapis perkerasan dengan Program Circlly 6.0 dengan Nilai Desa 1.37×10^{13}

4.3 Analisis Perkerasan dengan Program CIRCLY 6.0

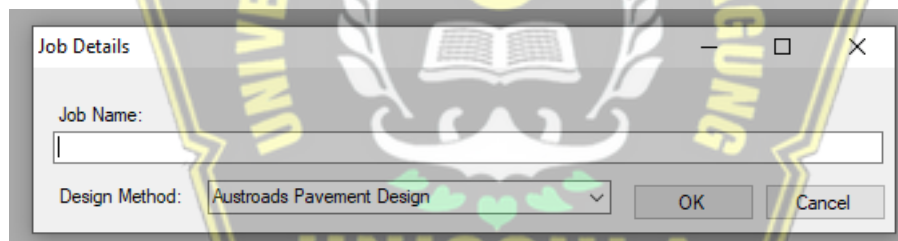
Setelah didapatkan hasil tebal perkerasan dengan perhitungan metode *ausroad* 2017 hasil tersebut dievaluasi menggunakan program *CIRCLY* 6.0. Data pendukung atau parameter yang dibutuhkan untuk menjalankan program *CIRCLY* hasil manual meod *ausroad* dimasukan dan diolah sehingga dihasilkan nilai regangan dan lendutan. Berikut ini langkah-langkahnya.

a. Saat program *CIRCLY 6.0* dibuka, pertama kali akan muncul tampilan seperti pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 di bawah. Kemudian memilih menu *Evaluation Mode* lalu mengklik tombol *Finish*.



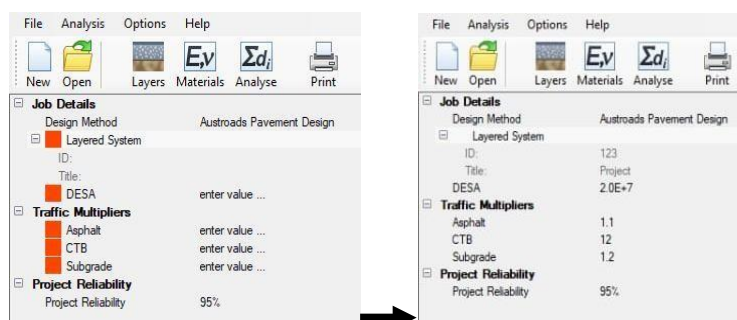
Gambar 4.3 Tampilan Awal Program *CIRLY 6.0*

b. Mengklik tombol *New* pada *Menu Bar*, lalu muncul tampilan spada Gambar 4.3 di bawah ini. Lalu mengisi *Job Name*.



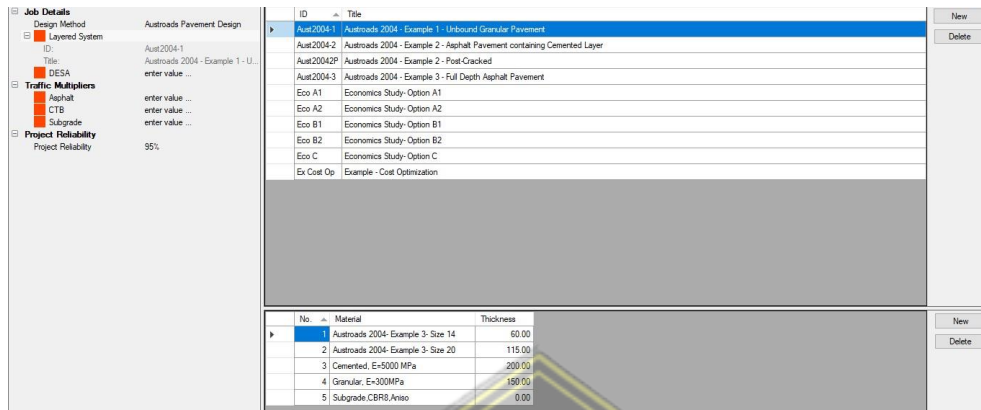
Gambar 4.4 Panel *Job Details*

c. Pada layer sebelah kiri, ada rincian *Job Details*, input nilai *DESA*, *Traffic Multipliers* (Asphalt, CTB, subgrade), serta nilai *Project Reliabilty* berdasarkan hasil analisis dengan metode seperti pada Gambar 4 .5 di bawah ini.



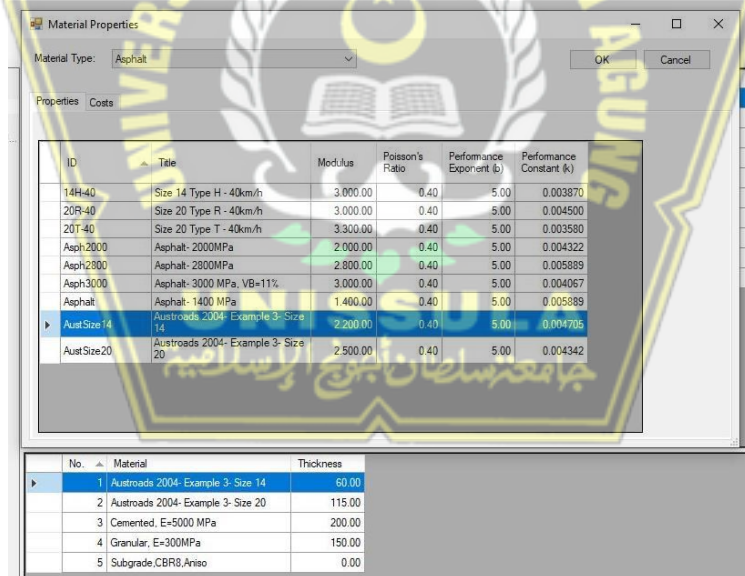
Gambar 4.4 Panel *Job Details*

d. Kemudian mengklik menu *Layers* pada *Menu Bar*. Nantinya akan muncul tampilan seperti seperti pada Gambar 4.5 di bawah ini. Lalu memilih jenis material yang digunakan sesuai dengan perhitungan manual dengan metode *ausroad 2017*



Gambar 4.4 *Layers*

e. Berikut ini rincian pemilihan jenis material pada menu *Layers*. Ditunjukkan pada Gambar 4.6, Gambar 4.7, Gambar 4.8, dan Gambar 4.9.



Gambar 4.6 Jenis Material *Asphalt*

Material Properties

Material Type: Cement Stabilised

Properties Costs

ID	Title	Modulus	Poisson's Ratio	Performance Exponent (b)	Performance Constant (k)
Cemen10000	Cemented, E=10000 MPa	10.000.00	0.20	12.00	0.000260
Cement2000	Cemented, E=2000 MPa	2.000.00	0.20	12.00	0.000442
Cement3500	Cemented, E=3500 MPa	3.500.00	0.20	12.00	0.000350
Cement5000	Cemented, E=5000 MPa	5.000.00	0.20	12.00	0.000310

No.	Material	Thickness
1	Austrroads 2004- Example 3- Size 14	60.00
2	Austrroads 2004- Example 3- Size 20	115.00
3	Cemented, E=5000 MPa	200.00
4	Granular, E=300MPa	150.00
5	Subgrade, CBR8, Aniso	0.00

Gambar 4.7 Jenis Material *Cemented*

Material Properties

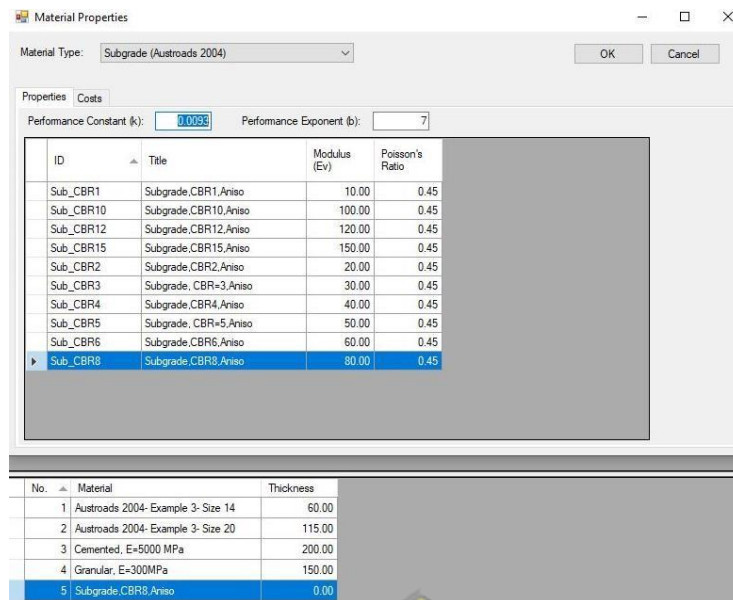
Material Type: Unbound Granular (Austrroads 2004 sub-layering)

Properties Costs

ID	Title	Modulus (Ev)	Poisson's Ratio
Gran_210	Granular, E=210 MPa	210.00	0.35
Gran_250	Granular, E=250MPa	250.00	0.35
Gran_300	Granular, E=300MPa	300.00	0.35
Gran_350	Granular, E=350MPa	350.00	0.35
Gran_400	Granular, E=400MPa	400.00	0.35
Gran_450	Granular, E=450MPa	450.00	0.35
Gran_500	Granular, E=500 MPa	500.00	0.35
Gran_550	Granular, E=550MPa	550.00	0.35
Gran_600	Granular, E=600MPa	600.00	0.35
Gran_650	Granular, E=650MPa	650.00	0.35
Gran_700	Granular, E=700MPa	700.00	0.35
Gran_750	Granular, E=750MPa	750.00	0.35
Gran_800	Granular, E=800MPa	800.00	0.35
Gran_850	Granular, E=850MPa	850.00	0.35

No.	Material	Thickness
1	Austrroads 2004- Example 3- Size 14	60.00
2	Austrroads 2004- Example 3- Size 20	115.00
3	Cemented, E=5000 MPa	200.00
4	Granular, E=300MPa	150.00
5	Subgrade, CBR8, Aniso	0.00

Gambar 4.8 Jenis Material *Granular*



Gambar 4.9 Jenis Material Subgrade

f. Mengklik menu *Analyze* untuk diketahui nilai *Cumulative Damage Factor* (CDF). Apabila nilai CDF yang muncul berwarna merah, maka desain perkerasan belum aman. Maka dari itu diperlukan perhitungan ulang sampai desain perkerasan aman. Berikut tampilan menu seperti pada Gambar 4.12 di bawah ini

No.	ID	Title	Current Thickness	CDF
1	AustSize14	Austroads 2004- Example 3- Size 1	60.00	1.10E-02
2	AustSize20	Austroads 2004- Example 3- Size 2	115.00	1.39E-02
3	Cement2000	Cemented, E=2000 MPa	175.00	4.71E-06
4	Gran_200	Granular, E=200MPa	150.00	
5	Sub_CBR5	Subgrade, CBR=5,Aniso	0.00	4.28E-01

Gambar 4.9 Nilai CDF (Cumulative Distribution Function)

4.4 Hasil Perhitungan dan Perbandingan

Hasil Perhitungan perencanaan perkerasan lentur dapat di lihat pada tabel sebagai berikut.

Hasil dan proses untuk menentukan hasil antara kedua metode ini yaitu proses penentuan tebal perkerasan berdasarkan pengamatan manual desain perkerasan lebih menekankan pada prosedur dan tahap pelaksanaannya sampai jenis kontraktornya masuk dalam klasifikasi untuk perencanaan, sedangkan program circly 6.0 (metode ausroad 2017) lebih pada perhitungan secara manual dan Langkah – Langkah dari kedua metode ini cukup berbeda. Hal ini dikarenakan manual desain perkerasan merujuk pada AASTHO dan Ausroad tidak, satu hal lagi dalam perencanaan tersebut perhitungan cesa (cumulative ekivalen standar axle) dan Desa (Desain number of ESA).

Cesa pangkat 4 ditekankan pada perencanaan dalam waktu 2-4 tahun sedangkan cesa pangkat 5 direncanakan untuk waktu lebih dari 17 tahun berdasarkan pengamatan dari setiap perhitungan manual. desa atau cesa pada umumnya sama dalam segi fungsi yaitu menghitung beban untuk jenis perkerasan yang ini direncanakan atau di redesain, faktor utama dalam setiap merancang jalan yaitu volume lalu lintas.

Tabel 4.9 Hasil Redesain Struktur Perkerasan

Klasifikasi	Hasil
Umur rencana	20 tahun
Kumulatin beban lalu lintas ESA 5	201×10^6
Design Equivalent Standar	1.37×10^{13}
Tipe perkerasan	AC WC modifikasi dengan CTB (ESA 5)

Tabel 4.10 Hasil Perkerasan menurut Manual desain perkerasan 2017
berdasarkan nilai Cesa (Cumulatif Equivalent standar axle)

Lapis Perkerasan	Tebal lapisan aspal rencana (mm)
AC WC	50
AC BC	60
AC Base	130
CTB	300
LFA agregat A	150

Tabel 4.11 Hasil Perkerasan Menurut Ausroad 2017 Berdasarkan Nilai DESA
(Design Number of ESa)

Lapis Perkerasan	Tebal lapisan aspal rencana (mm)
Lapis aspal 2200 MPa	60
Lapis aspal 2500 MPa	115
Material semen 5000 MPa	150
Material granular 300 MPa	175

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Ditinjau dari hasil analisis perkerasan jalan yang dilakukan dengan menggunakan Manual desain perkerasan dan program circly 6.0 untuk sistem lapisan perkerasan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil manual desain perkerasan (MDP 2017) lebih mudah dipahami tentang bagaimana menentukan ketebalan tiap lapisan. dikarenakan di manual desain perkerasan sudah memiliki tabel desainnya sendiri.
2. Hasil ausroad 2017 saat menentukan nilai desa (desain number ESA) dikarenakan metode ausroad tidak memiliki tabel pasti untuk menentukan tebal perkerasan oleh karena itu harus menggunakan bantuan program circly 6.0 untuk melakukan trial dan error guna mengetahui apakah tebal tiap lapisan kuat atau tidak dengan yaitu dengan respon regangan struktural
3. Penentuan barapa banyak lapisan tebal perkerasan jika menggunakan manual desain perkerasan umumnya terdapat 5 lapisan atau kurang.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang didapat pada penelitian ini, bisa diberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Pendekatan metode manual desain perkerasan masih kurang mendetail tentang parameter menentukan jenis lapisan perkerasan, perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai MDP 2017 ini.
2. Metode Ausroad 2017 dalam mendesain struktur perkerasan lentur untuk menentukan tebal lapisan tidak memiliki parameter pasti, ketebalan tiap lapisan dengan nilai DESA untuk mengetahui respon tegangan struktural tiap lapisan untuk mengukur kekuatan tiap lapisan.
3. Diharapkan penelitian selanjutnya mencantumkan respon tegangan struktural.
4. Tambahkan perhitungan drainase untuk perhitungan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ramadhan, R. Muhammad Ernadi. 2017. Evaluasi Perancangan Tebal Perkerasan Jalan Dengan Metode Analisa Komponen Dan Metode *AUSTROADS* Menggunakan Program *Kenpave* (Studi Kasus Jalan Palbapang - Simpang Kweden Sta 0+000 – Sta 2+650) Dan Jalan Bakulan – Barongan Sta 0+000 – Sta 3+198). *Tugas Akhir*. (Diterbitkan). Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Rahmawati, Anita., Iqbal, Muhammad., Adly, Emil. 2020. Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur Akibat Beban Berlebih Dengan Metode *AUSTROADS* Menggunakan Program *CIRCLY* 6.0. Vol. 16 No. 2. Hal. 127–138. (<http://dinarek.unsoed.ac.id>. Diakses 10 Juli 2022).
- Simanjuntak dan Prasetyanto. 2014. Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode *AUSTROADS* 1992. Jurnal Online Institut Teknologi Nasional No. x I Vol. xx. Agustus 2014. Yogyakarta.
- Eri S.H. 2006. Rentang Modulus Dari *Thin Layer* yang Menunjukkan Kondisi *Bonding* Antar Lapisan Beraspal. Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung. Vol.13 No. 4 Oktober 2006. Bandung.
- Shofia M.H, S.H., Eri, Syaiful. 2012. Analisis Kondisi *Interface* dan *Wearing Course* dan *Binder Course*. *Jurnal Rekaya Sipil*. Vol. 1 No. 2: 13-27. Bogor.
- Sukirman, S. 1999. Perkerasan Lentur Jalan Raya. Nova. Bandung. Sukirman, S. 2003. Beton Aspal Campuran Panas. Granit. Jakarta. Tenriajeng, A.T. 2002. Rekayasa Jalan Raya-2. Gunadarma. Jakarta.
- West, R. C., Zhang, J and Moore, J. 2005. Evaluation of Bond Strength Between Pavement Layer. *NCAT Report 05-08*. Auburn, National Center for Asphalt Technology Auburn University.
- AUSTROADS*. 2010. *Guide to Pavement Technology Part 2 : Pavement structural design*. Sydney : Australian Road Research Board. *AUSTROADS*. 2011. *Guide to Pavement Technology Part 5 : Pavement evaluation and treatment design*. Sydney : Australian Road Research Board.

- Aisyah, Linda dan S.H., Eri. 2016. Analisis Pengaruh Kondisi *Bonding* Pada Perencanaan Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) Perkerasan Lentur Menggunakan Metode *AUSTROADS* (Studi Kasus: Ruas Jalan Jatibarang – Palimanan). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2016*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta: 2459-9727.
- Huang, Y. H. 2004. *Pavement Analysis and Design*, 2nd ed. Pearson Education. United States of America. USA.
- Hachiya, Y., Sato, K. 1998. Effect of Tack Coat on Bonding Characteristic at Interface Between Asphalt Concrete Layer. *Proceeding Ninth International Conference on The Structural Design of Asphalt Pavement*. ISAP.
- Kruntcheva, M. R., Collop, A.C, Thom, N.H. 2005. Effect of Bond Condition On Flexible Pavement Performance. *Journal of Transportation Engineering ASCE*. Vol. 18 No.3 HH 467-471.
- Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas*, Buku 1. Petunjuk Umum Departemen Pekerjaan Umum. 1987.
- Manto Guitom, Tiopan Hendry., 2002. Analisis Perkerasan Lentur Untuk Kondisi Isotropik dan Anisotropik Menggunakan Program *CIRCLY 4*. Tesis. (Diterbitkan). Program Pascasarjana Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Mincad System Pty, Ltd., *CIRCLY User Manual*. Australia.