TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PERKERASAN RELOKASI JALAN KALIREJO – KALONGAN

diajukan untuk memenuhi salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan pendidikan Tingkat sarjana (S1) Pada jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS)

Disusun oleh :

AHMAD ALDI	**NIM 22210018**
DEO ERDIAN S	**NIM 22210008**

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI

UNGARAN

2026

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN PERKERASAN RELOKASI JALAN KALIREJO – KALONGAN

Disusun Oleh:

Ahmad Aldi	**NIM: 22210018**
Deo Erdian Suhadeni	**NIM: 22210008**

Dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal :

30 September 2026

Tugas Akhir ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Sipil UNDARIS

Tim Penguji:

Ketua	:	Tenardhy Aryarama W,S.ST.,M.Eng NUPTK .414277467513093	[ ]
Anggota 1	:	Ir. Agung Hari Wibowo. SIP. S.T.,MT NUPTK. 0136770671130343	[ ]
Anggota 2	:	Khoirudin Fakhri. S.T.,M.T NUPTK. 3135774675130213	[ ]

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik UNDARIS

Ir.Agung Hari W, SIP, S.T., M.T.

NUPTKemb. 0136770671130343

Dipindai dengan CamScanner

LEMBAR PERSETUJUAN

PERENCANAAN PERKERASAN RELOKASI JALAN KALIREJO – KALONGAN

Disusun Oleh:

Ahmad Aldi	**NIM: 22210018**
Deo Erdian Suhadeni	**NIM: 22210008**

Tugas Akhir ini telah disetujui untuk di pertahankan di hadapan Tim Penguji
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS

Diperiksa dan Disetujui

Pembimbing 1	Pembimbing 2
Ir. Agung Hari Wibowo. SIP. S.T.,MT	Khoirudin Fakhri. S.T.,M.T
NUPTK. 0196770671130343	NUPTK. 3135774675130213

Dipindai dengan CamScanner

PERNYATAAN KEASLIAN TANGAN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

1. Nama : Ahmad Aldi
   NIM :22210018
   Judul :Perencanaan Perkerasan Relokasi Jalan Kalirejo-Kalongan
2. Nama : Deo Erdian Suhadeni
   NIM :22210008
   Judul :Perencanaan Perkerasan Relokas Jalan Kalirejo-Kalongan

Meyakinkan bahwa naskah Tugas Akhir ini secara keseluruhan adalah hasil penelitian atau karya sendiri, kecuali pada bagian-bagian yang di rujuk sumbernya.

Ungaran,30 September 2026

Yang membuat pernyataan



Ahmad Aldi	Deo Erdian Suhadeni
NIM.22210018	NIM.22210008

Dipindai dengan CamScanner

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur selalu tercurahkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nyasehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Perencanaan Perkerasan Relokasi Jalan Kalirejo - Kalongan". Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, para sahabat, dan para seluruh umat islam semoga kita mendapatkan syafa'at di yaumil akhir nanti. Aamiin. Penulis menyadarai bahwa dalam proses penulisan Tugas Akhir ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan, kerjasama dari berbagai pihak dan berkah dari Allah SWT sehingga kendala-kendala yang dihadapi tersebut dapat terselesaikan. Pada kesempatan ini kami sampaikan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan Tugas Akhir ini, ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

1. Dr. Drs. H. Hono Sejati, SH., M. Hum. Selaku Rektor Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS).

2. Bapak Abdullah, S.T., M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS).

3. Bapak Agung Hari W, SIP, S.T., M.T. Selaku ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS) Ungaran.

4. Bapak Agung Hari W, SIP, S.T., M.T. dan Bapak Khoirudin Fakhri, ST., MT. sebagai dosen pembimbing 1 dan pembimbing 2 yang penuh kesabaran serta telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, saran, dan masukan kepada penulis hingga Tugas Akhir ini diselesaikan.

5. Dosen penguji

6. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI yang telah memberikan pengetahuan yang berharga.

7. Kedua orang tua tercinta yang tidak pernah henti untuk mendoakan demi keberhasilan dalam proses menyelesaikan tugas akhir ini.

8. Seluruh keluarga tersayang dan sahabat juga teman tercinta senantiasa mendo'akan dan memberikan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

9. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya pembuatan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

10. Kepada diri sendiri, apresiasi sebesar-besarnya karena telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah di mulai. Terimakasih karena terus berusaha dan tidak menyerah, serta menikmati setiap proses yang bisa dibilang tidak mudah. Terimakasih sudah bertahan sampai titik ini. Mengingat dan menyadari tentunya masih banyak kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik untuk membangun tugas akhir ini.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN KEASLIAN TANGAN iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL vii
DAFTAR GAMBAR ix
ABSTRAK x
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan masalah 2
1.3. Tujuan Penelitian 2
1.4. Manfaat Penelitian 2
1.5. Batasan Masalah 3
1.6. Lokasi pengambilan Sampel Tanah 4
1.7. Sistematika Penulisan 4
BAB II 6
2.1 Pengertian Jalan Secara Umum 6
2.1.1 Jenis Perkerasan Jalan 6
2.1.2 Klasifikasi Jalan 8
2.2 Kriteria Perencanaan Jalan 9
2.2.1 Persyaratan Teknis Jalan terdiri atas 9 aspek: 10
2.3 Kriteria Perencanaan Geometrik Jalan 12
2.3.1 Kecepatan Rencana (Vd) 12
2.3.2 Analynement Horizontal 13
2.3.3 Alinyemen Vertikal 14
2.4 Desain Perkerasan Jalan 16
2.4.1 Pertimbangan Design 17
2.4.2 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) 18
2.4.3 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) 20
2.4.4 Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) 21
2.5 Kerangka Berfikir Penelitian 23
BAB III 24
3.1 Jenis Data 24

3.1.1 Menentukan Data Lalu Lintas 24
3.1.2 Data Trase Jalan 25
3.1.3 Data CBR (California Bearing Ratio) 25
3.2 Metode Pengambilan Data 26
3.2.1 Tahapan Survei lapangan 27
3.2.2 Data Lalu Lintas 28
3.3 CBR (*California Bearing Ratio*) 29
3.3 Metode Analisis 32
3.3.1 Kapasitas Jalan (PKJI 2023) 32
3.3.2 Desain Geometri (PDGJ 2021) 33
3.3.3 Desain Perkerasan (MDPJ 2024) 34
3.4 Bagan Alir Penelitian 35
BAB IV 36
4.1 Kondisi Ekisting Ruas Jalan Kalirejo – Kalongan 36
4.2 Analisis Data Lalu lintas 37
4.2.1 Analisis Arus Lalu lintas Harian (LHR) 37
4.2.2 Geometrik Jalan 40
4.2.2.3.2 Perhitungan Alinyemen Horizontal 43
4.2.3 Desain Geometrik jalan 51
4.3 Perkerasan Jalan 54
4.3.1 Data Lalu Lintas 54
4.3.2 Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) 55
4.3.3 Pertumbuhan Lalu Lintas 55
4.3.4 Beban Sumbu Kendaraan 58
4.3.5 CBR Tanah Dasar 59
4.3.6 Penentuan Struktur Perkerasan 65
4.3.7 Perhitungan Tebal Perkerasan 66
BAB V 68
5.1 Kesimpulan 68
5.2 Saran 69
DAFTAR PUSTAKA 70

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi jalan berdasarkan RSNI T-14-2004 9
Tabel 2. 2 Kecepatan rencana (Vd) 13
Tabel 2. 3 Golongan jenis kendaraan bermotor 21
Tabel 3. 1 Klasifikasi tanah berdasarkan nilai CBR. Sumber: Das (1985) 25
Tabel 4. 1 Data survei pada waktu 06.00-08.00 37
Tabel 4. 2 Data survei pada waktu 11.00-13.00 37
Tabel 4. 3 Data survei pada waktu 16.00-18.00 38
Tabel 4. 4 Total survei selama 6 jam 38
Tabel 4. 5 Perhitungan geometri 48
Tabel 4. 6 Perhitungan alinyemen vertikal 50
Tabel 4. 7 Syarat batas menurut alinyemen vertikal cembung PDGJ 2021 51
Tabel 4. 8 Syarat batas menurut alinyemen vertikal cekung PDGJ 2021 52
Tabel 4. 9 Hasil survei LHR 57
Tabel 4. 10 Nilai CBR dari sampel tanah yang diambil di Lokasi 64
Tabel 4. 11 Tabel Hasil Nilai CBR Laboratorium 65
Tabel 4. 12 Tabel grafik CBR Sample 1 66
Tabel 4. 13 Tabel grafik CBR Sample 2 66
Tabel 4. 14Tabel grafik CBR sample 3 67
Tabel 4. 15 Data sample CBR 67
Tabel 4. 16 Tabel Parameter perencanaan 68
Tabel 4. 17 Lapisan aspal 69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Keadaan tanah longsor ..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 1. 2 Lokasi jalan yang terputus ..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 1. 3Gambar jalan yang terputus..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 1. 4 Lokasi jalan 4
Gambar 2. 1 Contoh analynement vertikal..... 15
Gambar 2. 2 Perkerasan lentur tanah asli (at grade) 18
Gambar 2. 3 Perkerasan lentur pada timbunan..... 19
Gambar 2. 4 Perkerasan lentur pada galian..... 19
Gambar 2. 5 Perkerasan kaku pada permukaan tanah asli 20
Gambar 2. 6 Perkerasan kaku pada timbunan 20
Gambar 2. 7 Perkerasan kaku pada galian 20
Gambar 3. 1 Titik awal dan akhir 26
Gambar 3. 5 Panjang jalan 27
Gambar 3. 6 Pengambilan sampel pertama..... 29
Gambar 3. 7 pengambilan sampel kedua 30

ABSTRAK

Jalan Kalirejo-Kalongan merupakan salah satu akses yang digunakan masyarakat untuk mendukung kegiatan transportasi, ekonomi, pendidikan, dan aktivitas sosial. Kondisi ruas jalan yang mengalami kerusakan akibat tanah longsor menyebabkan akses transportasi masyarakat terganggu. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan relokasi jalan yang meliputi perencanaan geometrik dan struktur perkerasan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi eksisting ruas Jalan Kalirejo-Kalongan, merencanakan geometrik jalan relokasi sesuai pedoman yang berlaku, serta menentukan struktur dan tebal perkerasan jalan berdasarkan kondisi lalu lintas dan daya dukung tanah dasar. Metode penelitian yang digunakan meliputi survei kondisi eksisting, pengumpulan data lalu lintas, pengamatan trase jalan menggunakan *Google Earth*, serta pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) laboratorium. Analisis geometrik dilakukan dengan mengacu pada Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ) 2021, sedangkan perencanaan perkerasan mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ruas jalan eksisting memiliki panjang sekitar 637,77 m, lebar perkerasan 3,00 m, dan lebar bahu jalan 0,80 m. Perencanaan geometrik menggunakan tipe jalan 2/2 TT dengan fungsi jalan lokal dan kecepatan rencana 60 km/jam. Hasil analisis lalu lintas diperoleh arus sebesar 347,48 smp/jam dengan kapasitas sekitar 2.168,04 smp/jam. Beban lalu lintas rencana diperoleh nilai CESA 5 sebesar 2.182.322 ESA, sedangkan hasil pengujian CBR menghasilkan CBR desain sebesar 9,28%. Berdasarkan parameter tersebut, digunakan struktur perkerasan lentur dengan lapisan AC-WC 40 mm, AC-BC 65 mm + 80 mm, Lapis Fondasi Agregat Kelas A 200 mm, dan Lapis Fondasi Agregat Kelas B 150 mm, sehingga diperoleh total tebal struktur perkerasan sebesar 535 mm atau 53,5 cm. Hasil perencanaan ini dapat digunakan sebagai dasar teknis dalam perencanaan relokasi Jalan Kalirejo-Kalongan dengan tetap mempertimbangkan kondisi lapangan dan pelaksanaan konstruksi.

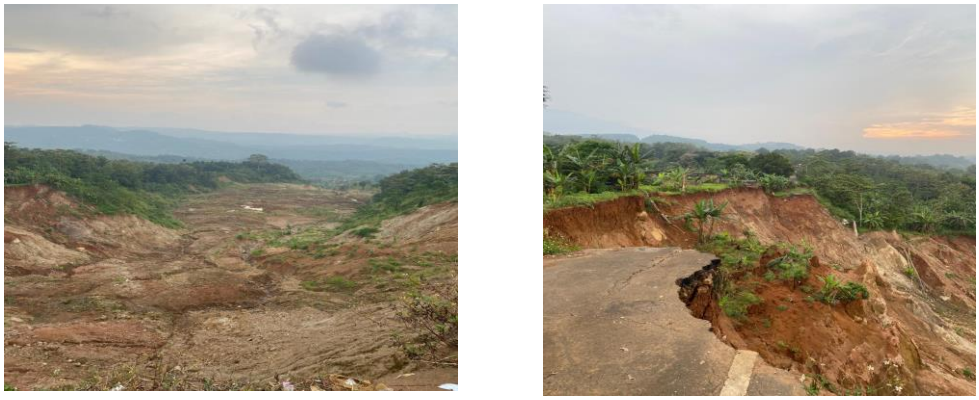
BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi darat yang memiliki peranan penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi, mobilitas masyarakat, serta kelancaran distribusi barang dan jasa. Infrastruktur jalan yang baik akan meningkatkan konektivitas antar wilayah sehingga aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat dapat berjalan secara optimal. Oleh karena itu, keberadaan jalan harus selalu dijaga kondisi dan fungsinya agar tetap dapat melayani kebutuhan transportasi secara aman dan nyaman.

Ruas Jalan Kalirejo – Kalongan merupakan salah satu akses penting yang digunakan masyarakat sebagai penghubung antar wilayah serta mendukung aktivitas perekonomian, pendidikan, dan sosial masyarakat sekitar. Namun, kondisi geografis daerah yang didominasi oleh wilayah perbukitan dan lereng menyebabkan ruas jalan tersebut memiliki tingkat kerawanan terhadap bencana tanah longsor. Curah hujan yang tinggi dan kondisi tanah yang labil yang dapat memicu terjadinya Tanah longsor.

Bencana tanah longsor yang terjadi pada ruas Jalan Kalirejo – Kalongan (Gambar 1.1) mengakibatkan terputusnya jalan sehingga akses transportasi masyarakat menjadi terganggu.



(a) (b)

Gambar 1.1 (a) Kondisi tanah longsor (b) Kondisi jalan yang terputs

Kerusakan tersebut tidak hanya menghambat mobilitas warga, tetapi juga berdampak pada kegiatan ekonomi, distribusi hasil pertanian, serta akses menuju

fasilitas umum. Selain itu, kondisi jalan utama yang terputus mengharuskan masyarakat mencari jalan lain.

Penanganan kerusakan jalan akibat longsor dapat dilakukan dengan beberapa metode, seperti perkuatan lereng, perbaikan badan jalan, maupun relokasi trase jalan. Namun, dikarenakan kondisi jalan yang tidak memungkinakan untuk di perbaiki maka relokasi jalan menjadi alternatif yang lebih aman dan efektif untuk jangka panjang. Perencanaan relokasi jalan perlu dilakukan secara matang dengan mempertimbangkan aspek teknis, geometrik jalan, kondisi topografi, stabilitas tanah, drainase, keselamatan pengguna jalan, serta efisiensi biaya pembangunan.

Dalam proses perencanaan relokasi jalan, diperlukan analisis mengenai kondisi eksisting lokasi, penentuan trase baru yang aman dari potensi longsor, serta perencanaan konstruksi yang sesuai dengan standar perencanaan jalan yang berlaku. Dengan adanya relokasi jalan, diharapkan akses transportasi masyarakat dapat kembali normal, meningkatkan keselamatan pengguna jalan, serta meminimalkan risiko kerusakan akibat bencana longsor di masa mendatang.

Berdasarkan kondisi tersebut, maka dilakukan penelitian dengan judul "Perencanaan Relokasi Jalan Kalirejo – Kalongan" sebagai upaya untuk merencanakan trase jalan baru yang aman, efektif, dan mampu mendukung kelancaran transportasi masyarakat secara berkelanjutan.

1.2. Rumusan masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah di uraikan sebelumnya, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kodisi eksisting ruas jalan Kalirejo – Kalongan?
2. Bagaimana desain geometrik jalan pada ruas relokasi jalan Kalirejo – Kalongan sehingga memenuhi pedoman yang berlaku
3. Bagaimana desain perkerasan jalan pada ruas relokasi Kalirejo – Kalongan?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian Tugas Akhit ini meliputi:

1. Menjelaskan kondisi ekisting Jalan Kalirejo – Kalongan serta penanganan alternatifnya yakni relokasi jalan

2. Mendesain geometrik Jalan Relokasi akibat tanah longsor di ruas Kalirejo-Kalongan sesuai dengan pedoman desain geometrik jalan 2021
3. Mendesain tebal perkerasan yang sesuai dengan manual desain perkerasan jalan tahun 2024

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat Penelitian yang dilakukan untuk Tugas Akhir ini.

1. Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan wawasan di bidang teknik sipil, khususnya mengenai perencanaan relokasi jalan
2. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam merencanakan relokasi Jalan Kalirejo – Kalongan agar diperoleh jalur jalan yang lebih aman dan sesuai dengan kondisi lapangan.
3. Dengan adanya perencanaan relokasi jalan ini, diharapkan akses transportasi masyarakat dapat kembali lancar sehingga aktivitas sehari-hari, seperti bekerja, sekolah, dan distribusi hasil pertanian tidak terganggu.
4. Penelitian ini dapat digunakan sebagai tambahan referensi dan sumber pembelajaran mengenai perencanaan relokasi jalan sebagai alternative penanganan bencana longsor pada infrastruktur jalan.

1.5. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini diberi Batasan untuk tercapainya efektifitas dalam penelitian maka dilakukan pembatasan sebagai berikut:

1. Lokasi yang di desain sebagai relokasi jalan adalah Jl. Arjuna
2. Pedoman yang di gunakan untuk mendesain geometrik adalah Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 20/SE/Db/2021 Tentang Pedoman Desain Geometrik Jalan mendesain perkerasan jalan sesuai dengan Surat Edaran Plt. Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 15/SE/Db/2021 Tentang Manual Desain Perkerasan Jalan 2024
3. Gambar rencana mengacu pada Surat Edaran Direktur Jendarl Bina Marga Nomor 15/SE/Db/2021 Tentang Gambar Standar Pekerjaan Jalan dan Jembatan di Direktorat Jendral Bina Marga
4. Perhitungan lalu-lintas untuk keperluan analisis geometric dan perencanaan tebal perkerasan mengacu pada surat Edaran Diretktur Jendral Bina Marga Nomor 21/SE/Db/2023 Tentang Pedoman kapasitas Jalan Indonesia

5. Pengujian dan analisis tanah dasar dilakukan dengan pengujian CBR yang mengacu SNI 1744:2012 tentang Metode Uji CBR Laboratorium

1.6. Lokasi pengambilan Sampel Tanah

Lokasi tanah yang kita ambil berada di Jl. Arjuna, Dusun Bandungan, Desa kalongan, Kecamatan Ungaran Timur, Kabupaten Semarang. Seperti yang ditunjukan pada Gambar 1.1



Gambar 1. 1 Lokasi jalan

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini mengikuti aturan sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada BAB I berisi, Latar belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasan masalah, Manfaat Penelitian, Lokasi pengambilan Sampel, dan Sistematika Penulisan.

2. BAB II STUDI PUSTAKA

Pada Bab II berisi tentang, pengelompokan jalan berdasarkan fungsi, medan, dan regulasi terbaru (PERMEN PUPR No. 5 Tahun 2023). Selain itu, bab ini juga memuat kriteria desain geometrik jalan (2021) serta parameter perencanaan tebal perkerasan jalan berdasarkan MDPJ 2024, seperti data LHR dan daya dukung tanah (CBR)

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab III berisi tentang, Pengujian sampel tanah dasar dengan menggunakan metode uji CBR, Pengumpulan data lalu lintas LHR dan perhitngan desain Geometrik Jalan.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab IV berisi tentang, Hasil uji laboratorium CBR untuk menentukan tebal perkerasan jalan dan Menentukan Desain Geometrik Jalan.

5. BAB V PENUTUP DAN SARAN

Pada Bab V berisi tentang Kesimpulan dan Saran

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Jalan Secara Umum

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006, jalan merupakan prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, baik yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, maupun di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel. Selain itu, berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2009, jalan didefinisikan sebagai seluruh bagian jalan beserta bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel. Jalan memiliki peranan yang sangat penting dalam menunjang mobilitas manusia, distribusi barang dan jasa, serta mendukung pertumbuhan ekonomi dan pembangunan wilayah. Dalam perencanaan jalan raya yang baik, bentuk geometriknya harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai dengan fungsinya. Tujuan akhir dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisien dalam pelayanan arus lalu lintas, memaksimalkan rasio penggunaan biaya, serta memberikan rasa aman dan nyaman kepada pengguna jalan. Berdasarkan jenis konstruksi perkerasannya,

2.1.1 Jenis Perkerasan Jalan

jalan umumnya dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat utama dan perkerasan kaku (*rigid pavement*) yang menggunakan beton semen sebagai lapisan struktural utama

Perkerasan Lentur (*flexible pavement*)

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) merupakan salah satu sistem struktural perkerasan jalan yang secara prinsip memanfaatkan material aspal (bitumen) sebagai bahan pengikat utama untuk menyatukan agregat, sehingga menghasilkan

lapisan yang memiliki karakteristik elastisitas tinggi dan mampu beradaptasi secara fleksibel terhadap fluktuasi beban lalu lintas maupun penurunan minor (*settlement*) yang terjadi pada tanah dasar (*subgrade*). Mekanisme penyaluran tegangan pada jenis perkerasan ini mengandalkan kemampuan sistem berlapis, di mana beban roda kendaraan yang diterima secara langsung oleh lapisan permukaan (*surface course*) akan disebarkan secara bertahap dan meluas ke lapisan di bawahnya—yaitu lapisan pondasi atas (*base course*) dan lapisan pondasi bawah (*subbase course*)—hingga intensitas tekanan yang mencapai tanah dasar berada dalam batas aman yang tidak melampaui kapasitas daya dukungnya. Dari perspektif manajemen konstruksi dan fungsional, perkerasan lentur sangat dinilai efektif karena menawarkan efisiensi biaya investasi awal (*capital cost*) yang relatif ekonomis, waktu pelaksanaan konstruksi di lapangan yang jauh lebih cepat, kemudahan dalam proses pemeliharaan serta perbaikan struktural, serta kemampuan memberikan kualitas kerataan permukaan yang optimal demi kenyamanan berkendara (*riding comfort*) yang tinggi. Namun demikian, jika ditinjau dari aspek ketahanan jangka panjang, sistem ini memiliki beberapa keterbatasan teknis yang signifikan, termasuk masa pelayanan (*design life*) yang cenderung lebih pendek, tingginya sensitivitas material aspal terhadap kerusakan akibat degradasi oleh air dan fluktuasi suhu ekstrem, serta kerentanan yang tinggi terhadap fenomena deformasi plastis seperti alur (*rutting*) dan gelombang (*shoving*) akibat beban muatan kendaraan berat, yang pada akhirnya berimplikasi pada tingginya frekuensi dan akumulasi biaya pemeliharaan sepanjang siklus hidup jalan tersebut (*life-cycle cost*).

Perkerasan Kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) merupakan salah satu sistem struktural perkerasan jalan yang memanfaatkan pelat beton semen (*Portland Cement Concrete*) sebagai lapisan struktural utama untuk memikul sekaligus mendistribusikan beban lalu lintas di atasnya. Berbeda secara signifikan dengan konsep perkerasan lentur yang mentransfer beban secara bertahap melalui konfigurasi berlapis, perkerasan kaku mengandalkan nilai modulus elastisitas yang sangat tinggi pada material beton, sehingga sebagian besar beban roda kendaraan dapat langsung disebarkan oleh pelat beton ke area yang jauh lebih luas pada lapisan tanah dasar (*subgrade*). Secara umum, susunan struktural perkerasan ini memiliki

konfigurasi yang lebih ringkas, meliputi lapisan pelat beton semen, lapisan pondasi bawah (*subbase*), dan tanah dasar (*subgrade*), sehingga menjadikannya pilihan utama untuk diaplikasikan pada infrastruktur dengan volume lalu lintas tinggi, kawasan industri, jalan tol, serta ruas jalan yang kerap dilalui kendaraan bermuatan berat berkat karakteristik daya tahan mekanis dan umur layannya yang panjang. Dari perspektif keunggulan teknis, sistem ini menawarkan umur pelayanan jangka panjang yang sangat signifikan berkisar antara 20 hingga 40 tahun, kemampuan memikul beban gandar berat yang andal, biaya pemeliharaan berkala yang relatif rendah, ketahanan optimal terhadap deformasi struktural seperti alur (*rutting*) akibat paparan suhu tinggi, serta performa daya dukung yang tetap stabil meskipun didirikan di atas kondisi tanah dasar yang kurang ideal. Kendati demikian, implementasi perkerasan kaku memiliki beberapa batasan fungsional dan ekonomis yang harus dipertimbangkan dalam manajemen proyek, meliputi tingginya investasi biaya konstruksi awal (*capital cost*), durasi pelaksanaan di lapangan yang lebih lama karena ketergantungan pada waktu hidrasi dan pengerasan beton (*curing time*), tingkat kompleksitas serta besarnya biaya yang dibutuhkan saat melakukan rehabilitasi kerusakan struktural, serta kecenderungan menghasilkan tingkat kebisingan (*tyre-pavement noise*) yang lebih tinggi pada permukaan jalan saat terjadi kontak mekanis dengan roda kendaraan.

2.1.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan menurut fungsi merupakan pengelompokan jalan berdasarkan peranannya dalam melayani pergerakan lalu lintas. Berdasarkan RSNI T-14-2004, jalan arteri berfungsi melayani angkutan utama dengan karakteristik perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan akses masuk yang dibatasi secara efisien. Jalan kolektor berfungsi melayani angkutan pengumpulan dan pembagian dengan karakteristik perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, serta jumlah akses masuk yang dibatasi. Adapun jalan lokal berfungsi melayani angkutan setempat dengan karakteristik perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah akses masuk yang tidak dibatasi. Pembagian fungsi jalan tersebut bertujuan untuk menciptakan sistem jaringan jalan yang efektif, aman, dan mampu melayani kebutuhan lalu lintas sesuai dengan tingkat pelayanan yang direncanakan.

Tabel 2. 1 Klasifikasi jalan berdasarkan RSNI T-14-2004

Kelas Jalan	**Fungsi jalan**	**Dimensi kendaraan maksimum**		**Muatan sumbu terberat (ton)**
		Panjang (m)	**Lebar (m)**	
I	Arteri	18	2,5	> 10
II	Arteri	18	2,5	10
III A	Arteri	18	2,5	8
III A	Kolektor	18	2,5	8
III B	Kolektor	12	2,5	8
III C	Lokal	9	2,1	8

2.2 Kriteria Perencanaan Jalan

Menurut Peraturan Menteri PUPR Nomor 5 Tahun 2023, kriteria perencanaan teknis jalan merupakan dasar yang digunakan dalam perencanaan pembangunan jalan baru maupun preservasi jalan. Kriteria tersebut meliputi fungsi jalan, kelas jalan, ruang manfaat jalan, ruang milik jalan dan ruang pengawasan jalan, dimensi jalan, muatan sumbu terberat, volume lalu lintas dan kapasitas jalan, persyaratan geometrik jalan, konstruksi jalan, konstruksi bangunan pelengkap jalan, perlengkapan jalan, ruang bebas jalan, serta kelestarian lingkungan hidup. Kriteria tersebut harus ditetapkan sejak awal proses perencanaan sesuai dengan tujuan pembangunan jalan sehingga dapat menjamin tercapainya aspek keselamatan, kenyamanan, kelancaran lalu lintas, dan efektivitas pelayanan jalan selama umur rencananya.

Kriteria perencanaan jalan adalah seperangkat parameter dan persyaratan teknis yang digunakan sebagai acuan dalam merancang suatu jalan agar dapat berfungsi secara optimal.

Berdasarkan Permen PUPR Nomor 5 Tahun 2023, kriteria tersebut meliputi:

1. Fungsi jalan, yaitu penentuan apakah jalan berfungsi sebagai jalan arteri, kolektor, lokal, atau lingkungan.

2. Kelas jalan, yang menentukan kemampuan jalan dalam melayani kendaraan berdasarkan dimensi dan muatan kendaraan.
3. Volume lalu lintas dan kapasitas jalan, yang digunakan untuk memperkirakan jumlah kendaraan yang akan dilayani selama umur rencana jalan.
4. Persyaratan geometrik jalan, yang meliputi kecepatan rencana, lebar jalan, tikungan, jarak pandang, superelevasi, serta kelandaian jalan.
5. Konstruksi jalan, yang mencakup perencanaan tanah dasar, lapis fondasi, dan lapis perkerasan sesuai dengan beban lalu lintas rencana.
6. Kelestarian lingkungan hidup, yaitu mempertimbangkan dampak lingkungan melalui dokumen AMDAL atau UKL-UPL dalam perencanaan jalan.

2.2.1 Persyaratan Teknis Jalan terdiri atas 9 aspek:

Kecepatan rencana merupakan kecepatan kendaraan yang menjadi dasar perencanaan teknis jalan. Penetapannya mempertimbangkan fungsi jalan, kelas jalan, dan kapasitas rencana serta dapat diturunkan demi keselamatan apabila persyaratan teknis tidak terpenuhi.

1. Lebar Badan Jalan

   Lebar badan jalan terdiri dari:

   a) Jalur lalu lintas

      Jalur lalu lintas (*carriageway*) adalah seluruh bagian perkerasan jalan yang diperuntukkan bagi pergerakan lalu lintas kendaraan. Untuk keperluan laporan teknis, berikut perbedaan ringkasnya dengan lajur (*lane*):

      1) Jalur (*Carriageway*): Keseluruhan area perkerasan jalan (bisa satu atau dua arah).
      2) Lajur (*Lane*): Pembagian memanjang di dalam jalur yang dibatasi oleh marka, dengan lebar yang cukup untuk dilewati oleh satu baris kendaraan secara aman.

Lebar total jalur ini direncanakan berdasarkan fungsi jalan, volume lalu lintas (LHR), dan dimensi kendaraan rencana terbesar yang akan melintas.

b) Bahu jalan

Bahu jalan adalah bagian jalan yang terletak di sisi kiri dan/atau kanan lajur lalu lintas yang berfungsi sebagai ruang pendukung bagi kendaraan dan keselamatan pengguna jalan. Bahu jalan digunakan sebagai tempat berhenti darurat, ruang bagi kendaraan yang mengalami kerusakan, serta memberikan dukungan struktural pada perkerasan jalan utama. Selain itu, bahu jalan juga berperan meningkatkan keselamatan dengan menyediakan ruang bebas samping dan membantu pengemudi saat melakukan manuver darurat.

c) Median

Median jalan merupakan salah satu kelengkapan badan jalan yang memiliki peran penting dalam sistem transportasi. Median jalan berfungsi untuk memisahkan arus lalu lintas yang berlawanan arah sehingga dapat meningkatkan keamanan dan kelancaran lalu lintas. Selain itu, median jalan juga berfungsi sebagai infrastruktur jalan dan pelengkap elemen lanskap jalan yang mendukung aspek keselamatan serta estetika lingkungan jalan.

d) Pemisah lajur

Pemisah lajur adalah fasilitas atau pengaturan pada jalan yang digunakan untuk memisahkan lajur kendaraan tertentu dari lajur kendaraan lainnya guna mengurangi konflik lalu lintas, meningkatkan keselamatan, dan memperlancar arus kendaraan. Pemisahan lajur dapat berupa marka jalan, pembatas fisik, atau lajur khusus, seperti lajur khusus sepeda motor. Dengan adanya pemisah lajur, pergerakan kendaraan menjadi lebih teratur sehingga risiko kecelakaan dan hambatan lalu lintas dapat dikurangi.

2. Kapasitas Jalan

   Merupakan kemampuan maksimum suatu ruas Jalan untuk melayani arus lalu lintas. Nilai kapasitas rencana suatu ruas Jalan untuk setiap tipe Jalan berdasarkan Persyaratan Teknis Jalan yang tercantum dalam Tabel Persyaratan Teknis Jalan

2.3 Kriteria Perencanaan Geometrik Jalan

Geometri jalan adalah bagian dari perencanaan jalan yang mengatur bentuk dan dimensi fisik jalan agar dapat memberikan keamanan, kenyamanan, dan kelancaran bagi pengguna jalan. Geometri jalan mencakup perencanaan alinyemen horizontal (tikungan), alinyemen vertikal (tanjakan dan turunan), penampang melintang jalan, jarak pandang, serta elemen-elemen lain yang memengaruhi pergerakan kendaraan di jalan.

Dalam merencanakan geometrik dari sebuah jalan baru tentunya ada banyak hal yang harus diperhatikan, yaitu apa saja kendaraan yang akan melewati jalan tersebut, Satuan Mobil Penumpang (SMP), Volume Lalu Lintas Harian Rencana (VLHR), kecepatan rencana (Vr), jumlah lajur dan jalur lalu lintas, jarak pandangan serta daerah bebas samping di tikungan.

2.3.1 Kecepatan Rencana (Vd)

Kecepatan Rencana (Vd) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan–kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti

Vr untuk masing- masing fungsi jalan dapat ditetapkan dari **Tabel**, sedangkan untuk kondisi medan yang sulit, Vd suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20km/jam.

Tabel 2. 2 Kecepatan rencana (Vd)

R (m)	Kecepatan Rencana Vd (Km/Jam)						
	50	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**	**110**
1500	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6
1000	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6
750	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8
500	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	0.1
400	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	
300	0.9	1.0	1.0	1.1			
250	1.0	1.1	1.1	1.2			
200	1.2	1.3	1.3	1.4			
150	1.3	1.4					
140	1.3	1.4					
130	1.3	1.4					
120	1.3	1.4					
110	1.3						
100	1.4						
90	1.4						
80	1.6						
70	1.7						

2.3.2 Analynement Horizontal

Alinyemen horizontal merupakan proyeksi sumbu jalan pada bidang datar yang menunjukkan arah atau trase jalan yang direncanakan. Dalam perencanaan geometrik jalan, alinyemen horizontal berfungsi untuk mengatur bentuk dan arah jalan sehingga tercipta pergerakan kendaraan yang aman, nyaman, dan efisien. Alinyemen horizontal terdiri atas garis-garis lurus (*tangent*) yang dihubungkan oleh garis-garis lengkung (*curve*), baik berupa lengkung lingkaran, lengkung spiral, maupun kombinasi keduanya. Perencanaan alinyemen horizontal sangat dipengaruhi oleh kecepatan rencana, karena perubahan arah jalan pada bagian lengkung menyebabkan kendaraan mengurangi kecepatan dibandingkan saat melintasi bagian lurus. Oleh karena itu, desain alinyemen horizontal harus memenuhi persyaratan geometrik yang berlaku agar keselamatan dan kelancaran lalu lintas dapat terjamin. (Hadiwardoyo, 1995; Sukirman, 1999).

Dalam perencanaan geometrik jalan, alinyemen horizontal adalah bentuk trase jalan yang ditinjau pada bidang datar (tampak atas). Alinyemen horizontal terdiri dari beberapa unsur utama sebagai berikut:

1. Garis Lurus (Tangent)

    - Merupakan bagian jalan yang tidak mengalami perubahan arah.
    - Berfungsi menghubungkan dua tikungan atau sebagai ruas jalan yang lurus.
    - Pada bagian ini kendaraan dapat bergerak dengan kecepatan yang relatif lebih tinggi dibandingkan pada tikungan.

2. Lengkung Lingkaran (Circular Curve/Full Circle)

    - Merupakan tikungan berbentuk busur lingkaran dengan jari-jari tetap.
    - Digunakan untuk mengubah arah trase jalan secara bertahap dan aman.
    - Cocok digunakan pada jalan dengan kecepatan rendah hingga sedang.

3. Lengkung Peralihan (Spiral/Transition Curve)

    - Lengkung yang menghubungkan garis lurus dengan lengkung lingkaran atau antara dua lengkung yang berbeda.
    - Berfungsi memberikan perubahan gaya sentrifugal secara bertahap sehingga pengemudi lebih nyaman dan aman saat memasuki tikungan.

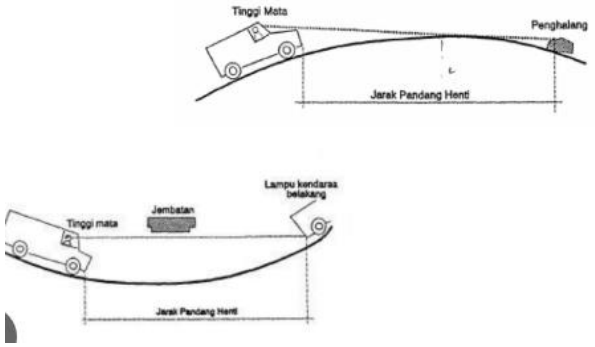
2.3.3 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal merupakan perpotongan bidang vertikal dengan bidang perkerasan jalan melalui sumbu jalan untuk jalan 2 lajur 2 arah atau melalui tepi dalam masing-masing perkerasan untuk jalan dengan median. Atau disebut penampang memanjang jalan yang terdiri atas bagian landai (g) dan bagian lengkung vertikal (Lv). Bagian landai (g) dapat berupa landai positif (tanjakan) maupun landai negatif (turunan), sedangkan bagian lengkung vertikal (Lv) dapat berupa lengkung cembung (crest) dan lengkung cekung (sag). Desain alinyemen vertikal perlu direncanakan karena berhubungan dengan sifat-sifat operasi kendaraan. Hampir seluruh kendaraan mobil dapat berjalan pada kelandaian 7–8% tanpa perbedaan yang menyolok dibandingkan dengan jalan datar, bahkan pada

kelandaian 3% pengaruhnya relatif kecil. Namun, kendaraan berat seperti truk lebih terpengaruh oleh perubahan kelandaian tersebut sehingga perencanaan alinyemen vertikal yang baik sangat diperlukan untuk menjamin keamanan, kenyamanan, dan kelancaran lalu lintas.

Komponen utamanya meliputi

1) Kelandaian (Garis Landai): Bagian jalan yang lurus dengan kemiringan tertentu (bisa menanjak atau menurun). Kelandaian ini dibatasi oleh aturan kelandaian maksimum (g*max*) agar kendaraan dapat melewatinya dengan aman Landai Maksimum
2) Lengkung Vertikal (Tikungan Vertikal): Lengkungan berbentuk parabola yang berfungsi sebagai transisi mulus saat terjadi perubahan kemiringan jalan. Lengkung ini dibagi menjadi dua jenis:
    a) **Lengkung Cembung:** Terjadi pada puncak bukit/tanjakan. Lengkung ini dirancang agar pandangan pengendara ke arah depan tidak terhalang.
    b) **Lengkung Cekung:** Terjadi di bagian lembah atau kaki tanjakan. Biasanya membutuhkan jarak pandang yang baik di malam hari menggunakan sorot lampu kendaraan



Gambar 2. 1 Contoh analynement vertikal

2.4 Desain Perkerasan Jalan

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (KemenPUPR), desain perkerasan jalan merupakan proses perencanaan struktur perkerasan yang bertujuan untuk menjamin jalan mampu melayani lalu lintas selama umur rencana

dengan tingkat kenyamanan, keamanan, dan kinerja yang memadai. Desain perkerasan dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai faktor, antara lain volume dan beban lalu lintas, kondisi tanah dasar, iklim, material yang tersedia, serta umur rencana jalan. Struktur perkerasan dirancang agar mampu menyebarkan beban kendaraan dari permukaan jalan ke tanah dasar sehingga tegangan yang diterima tanah dasar tidak melebihi daya dukungnya. Dalam Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) KemenPUPR, perencanaan perkerasan mencakup pemilihan jenis perkerasan, baik perkerasan lentur, perkerasan kaku, maupun perkerasan komposit, serta penentuan tebal setiap lapisan perkerasan berdasarkan analisis lalu lintas dan karakteristik tanah dasar. Dengan demikian, desain perkerasan jalan berfungsi untuk menghasilkan konstruksi jalan yang ekonomis, tahan lama, dan mampu memberikan pelayanan yang optimal sepanjang umur rencananya.

Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan, lingkup desain perkerasan mencakup penentuan kriteria desain untuk perkerasan lentur dan perkerasan kaku pada pembangunan jalan baru maupun pelebaran jalan. Manual ini mengatur berbagai aspek yang harus diperhatikan dalam perencanaan struktur perkerasan, meliputi penentuan umur rencana, pemilihan jenis struktur perkerasan, desain lalu lintas, desain drainase perkerasan jalan, desain fondasi jalan, desain perkerasan lentur dan perkerasan kaku, desain perkerasan jalan kerikil atau perkerasan dengan penutup tipis, serta berbagai masalah pelaksanaan yang dapat memengaruhi hasil desain. Selain itu, manual ini juga dilengkapi dengan katalog desain sebagai acuan dalam menentukan struktur perkerasan yang sesuai dengan kondisi lapangan.

Dalam proses perencanaan, terdapat beberapa pertimbangan desain yang digunakan untuk menyempurnakan pendekatan desain perkerasan jalan. Pertimbangan tersebut meliputi penentuan umur rencana optimum berdasarkan analisis biaya siklus hidup (*life-cycle cost*), koreksi faktor iklim, analisis beban sumbu kendaraan dengan memperhatikan beban aktual di lapangan, pengaruh temperatur terhadap kinerja perkerasan, penggunaan struktur perkerasan *Cement Treated Base* (CTB), prosedur rinci desain fondasi jalan, pertimbangan desain drainase, serta penerapan pendekatan mekanistik dalam analisis dan perencanaan perkerasan. Berbagai aspek tersebut bertujuan untuk menghasilkan desain perkerasan yang aman, ekonomis,

tahan lama, dan mampu memberikan tingkat pelayanan yang optimal selama umur rencana jalan.

2.4.1 Pertimbangan Design

Desain perkerasan yang baik harus memenuhi beberapa kriteria, yaitu mempertimbangkan faktor keselamatan jalan, mempertimbangkan kelestarian lingkungan, menjamin tercapainya tingkat layanan jalan sesuai umur rencana, merupakan *discounted-life-cycle cost* yang terendah, mempertimbangkan kemudahan pelaksanaan dan pemeliharaan, serta menggunakan material secara efisien dan memanfaatkan material lokal semaksimal mungkin. Kebijakan desain dalam penggunaan manual ini mengatur bahwa Perencana Teknis, Pengawas Pelaksanaan, dan PPK harus menerapkan kebijakan "tanpa toleransi" dalam pelaksanaan pekerjaan jalan. Selain itu, desain perkerasan harus mengakomodasi beban kendaraan faktual. Penggunaan beban sumbu yang terkendali (sesuai ketentuan) harus mempertimbangkan bahwa prosedur pengendalian beban sumbu sudah diterbitkan dan jangka waktu penerapannya telah disetujui oleh semua pemangku kepentingan, telah ada tindakan awal penerapan kebijakan tersebut, serta adanya kepastian bahwa kebijakan tersebut dapat dicapai. Pemilihan solusi desain perkerasan didasarkan pada analisis biaya umur pelayanan (*discounted-life-cycle-cost*) terendah dengan mempertimbangkan sumber daya konstruksi. Setiap jenis pekerjaan jalan harus dilengkapi dengan drainase permukaan dan drainase bawah permukaan, sedangkan lapisan fondasi agregat harus dapat mengalirkan air dengan baik. Bahu jalan berpenutup (*sealed*) harus dibuat jika alinyemen vertikal (kelandaian) jalan lebih dari 4%, pada area perkotaan, jika terdapat kereb, dan jika proporsi kendaraan bermotor roda dua cukup tinggi. Bahu jalan berpenutup dan tidak berpenutup untuk jalan non tol memiliki kekuatan minimum untuk 10% beban rencana lajur utama. Khusus untuk jalan bebas hambatan /tol, beban rencana bahu berpenutup tidak kurang dari 60% beban lajur rencana.

Sistem drainase permukaan harus disediakan secara komprehensif. Drainase bawah permukaan (*subdrain*) perlu dipertimbangkan dalam kondisi terjadi kerusakan akibat air pada perkerasan eksisting, terdapat aliran air ke perkerasan seperti aliran air tanah dari galian atau saluran irigasi, serta pada galian konstruksi perkerasan

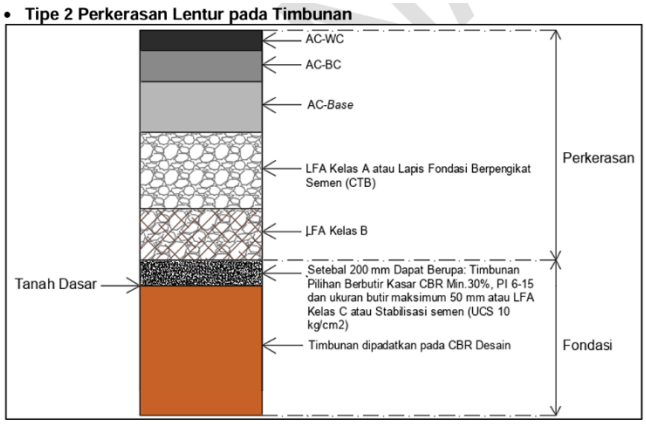
segi empat (*boxed construction*) yang tidak dilengkapi dengan drainase yang memadai untuk mengalirkan air yang terperangkap dalam galian.

2.4.2 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur adalah struktur perkerasan jalan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat utama dan memiliki sifat fleksibel sehingga dapat mengalami lendutan akibat beban lalu lintas. Beban kendaraan yang bekerja pada permukaan jalan akan disebarkan secara bertahap melalui lapisan-lapisan perkerasan hingga ke tanah dasar. Struktur perkerasan lentur umumnya terdiri atas lapis permukaan, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, dan tanah dasar yang secara bersama-sama berfungsi mendukung serta mendistribusikan beban lalu lintas sehingga tidak menimbulkan kerusakan yang berlebihan pada tanah dasar.

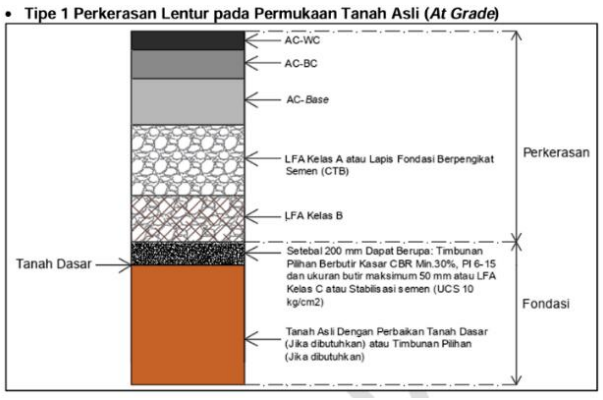
Jenis struktur perkerasan lentur terdiri atas:

a) Perkerasan lentur pada permukaan tanah asli (*at grade*);



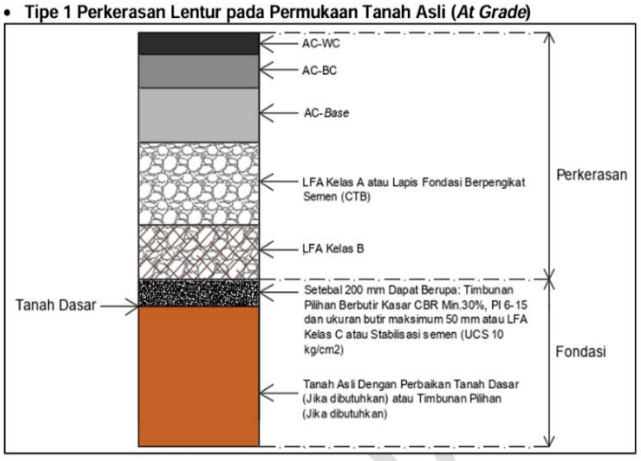
Gambar 2. 2 Perkerasan lentur tanah asli (at grade)

b) perkerasan lentur pada timbunan;



Gambar 2. 3 Perkerasan lentur pada timbunan

c) perkerasan lentur pada galian.



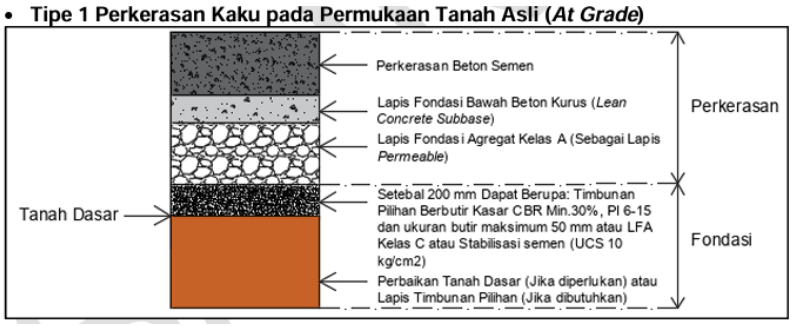
Gambar 2. 4 Perkerasan lentur pada galian

2.4.3 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku adalah struktur perkerasan jalan yang menggunakan beton semen sebagai lapisan utama penahan beban lalu lintas. Kekuatan dan kekakuan pelat beton yang tinggi memungkinkan beban kendaraan disebarkan secara merata ke lapisan di bawahnya sehingga tegangan yang diterima tanah dasar menjadi lebih kecil. Perkerasan kaku dapat berupa perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan, bersambung dengan tulangan, maupun beton semen menerus dengan tulangan yang ditempatkan di atas lapis fondasi bawah atau langsung di atas tanah dasar.

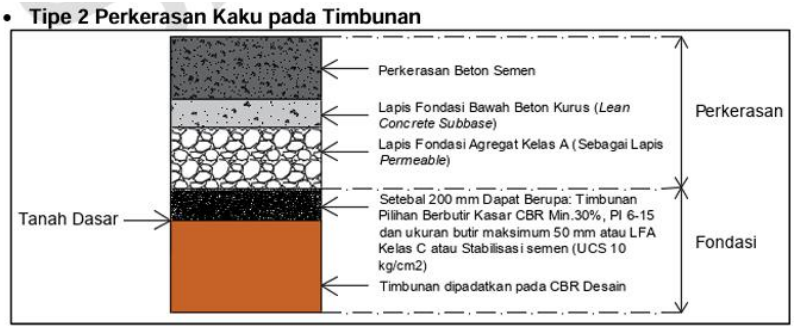
Jenis struktur perkerasan lentur terdiri atas:

a) Perkerasan kaku pada permukaan tanah asli (at grade)



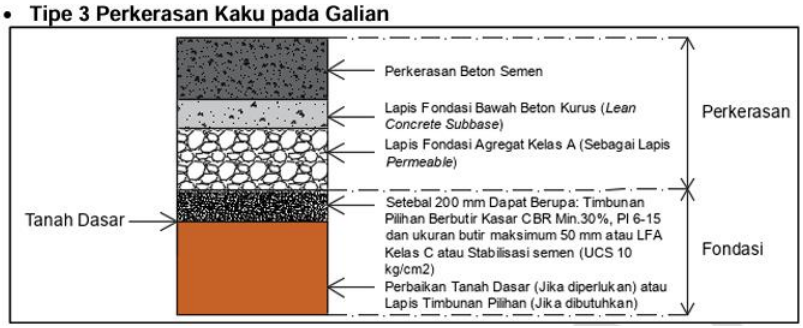
Gambar 2. 5 Perkerasan kaku pada permukaan tanah asli

b) Perkerasan kaku pada timbunan



Gambar 2. 6 Perkerasan kaku pada timbunan

c) Perkerasan kaku pada galian



Gambar 2. 7 Perkerasan kaku pada galian

2.4.4 Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) merupakan parameter penting dalam perencanaan relokasi jalan karena digunakan untuk mengetahui besarnya volume lalu lintas yang akan dilayani oleh jalan hasil relokasi. Data LHR menjadi dasar dalam menentukan kapasitas jalan, klasifikasi jalan, perencanaan geometrik, serta desain perkerasan. Selain itu, LHR digunakan untuk memproyeksikan pertumbuhan

lalu lintas selama umur rencana sehingga jalan yang direncanakan mampu memberikan tingkat pelayanan yang terbai

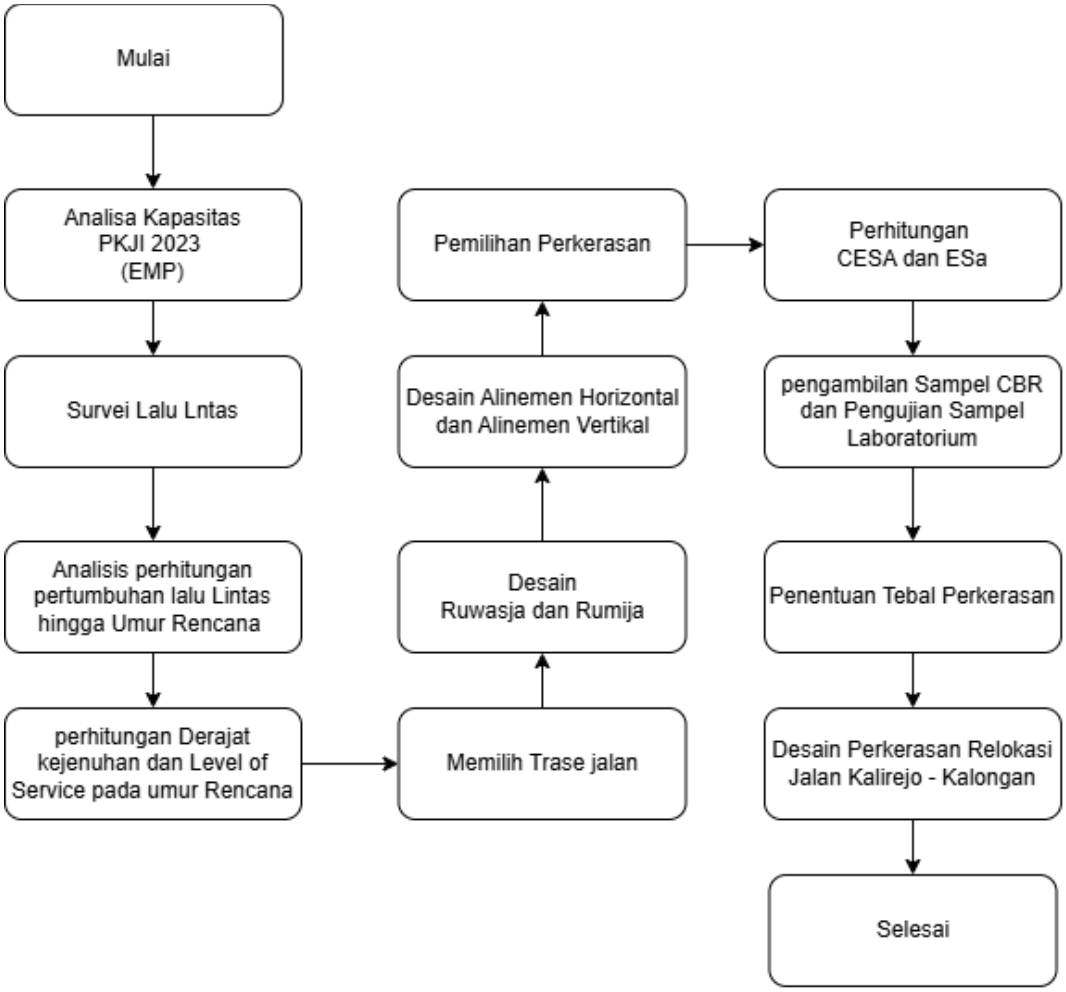
Tabel 2. 3 Golongan jenis kendaraan bemotor

Golongan	**Jenis Kendaraan**
Golongan I	Sedan, Jip, Pick Up/Truck kecil ,dan Bus
Golongan II	Truck dengan 2 (dua) gandar
Golongan III	Truck dengan 3 (tiga) gandar
Golongan IV	Truck dengan 4 (empat) gandar
Golongan V	Truck dengan 5 (lima) gandar
Golongan VI	Kendaraan bermotor roda 2 (dua)

Sumber:Berdasarkan Kemen PU No 370/KPTS/M/2007

Rincian golongan kendaraan dalam LHR menurut Direktorat Jendral Bina Marga meliputiTabel 2. 4 Golongan jenis kendaraan bermo

1.5 Kerangka Berfikir Penelitian



BAB III
METODOLOGI

3.1 Jenis Data

Jenis data adalah segala informasi yang dikumpulkan oleh peneliti untuk menjawab rumusan masalah dan mencapai tujuan penelitian. Dalam penelitian mengenai relokasi jalan Kalongan-Kalirejo, data berperan sebagai dasar dalam menganalisis kondisi jalan yang ada, mengevaluasi kebutuhan relokasi, serta menentukan alternatif penanganan yang sesuai dengan kondisi lapangan dan ketentuan teknis yang berlaku

Dalam penelitian ini, jenis data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung oleh peneliti dari lokasi penelitian melalui kegiatan survei lapangan, observasi, pengukuran, maupun dokumentasi. Data primer digunakan untuk menggambarkan kondisi eksisting di lapangan sehingga dapat menjadi dasar dalam proses analisis dan perencanaan relokasi jalan Kalirejo-Kalongan.

Selain data primer, penelitian ini juga menggunakan data sekunder sebagai data pendukung. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari Google Earth.

Data sekunder yang digunakan meliputi peta Lokasi dan data lalu lintas. Kombinasi antara data primer dan data sekunder diharapkan dapat memberikan informasi yang lengkap sehingga proses analisis dan penyusunan rencana relokasi jalan Kalirejo-Kalongan dapat dilakukan secara sistematis, objektif, dan sesuai dengan tujuan penelitian.

3.1.1 Menentukan Data Lalu Lintas

Untuk menentukan data lalu lintas dalam Tugas Akhir ini Data yang kami gunakan adalah primer, data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari lokasi penelitian melalui kegiatan survei atau pengamatan lapangan. Data ini dikumpulkan tanpa menggunakan data yang sudah tersedia dari instansi atau pihak lain, sehingga kondisi yang diperoleh sesuai dengan keadaan lalu lintas pada saat survei dilakukan. Pengumpulan data primer bertujuan untuk mendapatkan informasi yang akurat dan sesuai dengan kebutuhan penelitian.

3.1.2 Data Trase Jalan

Untuk menentukan data trase jalan kami menggunakan data sekunder, yang di peroleh dari google earth, data sekunder yang kami peroleh adalah informasi yang menggambarkan letak, bentuk, dan karakteristik geometrik suatu jalan, baik secara horizontal maupun vertikal. Data ini mencakup arah dan jalur jalan, panjang ruas, lebar jalan, jumlah lajur, tikungan, kelandaian, elevasi, serta kondisi medan yang dilalui. Data trase jalan berperan penting dalam proses perencanaan, perancangan, pembangunan, serta pemeliharaan jalan karena digunakan untuk menentukan kesesuaian trase terhadap kondisi topografi, aspek keselamatan, kenyamanan, efisiensi perjalanan, dan dampak terhadap lingkungan. Dengan data trase yang akurat, perencana dapat menghasilkan desain jalan yang memenuhi standar teknis dan mampu mendukung kelancaran lalu lintas secara optimal.

3.1.3 Data CBR (California Bearing Ratio)

Menurut SNI 1744:2012, CBR (*California Bearing Ratio)* merupakan metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui kemampuan atau daya dukung suatu material terhadap beban. Nilai CBR diperoleh dengan membandingkan beban penetrasi material yang diuji dengan beban standar pada kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Pengujian CBR laboratorium dilakukan terhadap material tanah, agregat, atau campuran tanah dan agregat yang telah dipadatkan pada kadar air tertentu. Tujuan utama pengujian ini adalah untuk mengevaluasi potensi kekuatan material yang akan digunakan sebagai tanah dasar (*subgrade*), lapis fondasi bawah (*subbase*), dan lapis fondasi (*base course*) pada konstruksi perkerasan jalan. Selain itu, hasil pengujian CBR juga digunakan sebagai salah satu parameter penting dalam perencanaan tebal perkerasan jalan.

Dalam pelaksanaannya, pengujian CBR meliputi beberapa tahapan, yaitu penyiapan contoh material, pemadatan sesuai kadar air yang ditentukan, perendaman benda uji, pengujian penetrasi menggunakan piston dengan kecepatan konstan, kemudian dibuat kurva hubungan antara beban dan penetrasi untuk memperoleh nilai CBR. Nilai tersebut selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan CBR desain, yaitu nilai CBR yang dipakai sebagai dasar dalam desain struktur perkerasan jalan. (Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI 1744:2012 Metode Uji CBR Laboratorium*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.)

Berikut Klasifikasi tanah berdasarkan nilai CBR dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. 1 Klasifikasi tanah berdasarkan nilai CBR.

Sumber: Das (1985)

Nilai CBR	Kategori	Penggunaan	Klasifikasi	
			USCS	AASTHO
0-3	Sangat buruk	*Subgrade*	OH,CH,MH,OL	A5, A6, A7
3-7	Buruk sampai sedang	*Subgrade*	OH,CH,MH.OL	A4, A5, A6, A7
7-20	Sedang	*Subgrade*	OL,CL,ML	A2, A4, A5, A7
20-50	Baik	*Base, Subgrade*	*Gravel*	A1, A2-5, A2-6
>50	Sangat baik	*Base*	*Gravel*	A1, A2, A3

3.2 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data merupakan tahapan penelitian yang bertujuan untuk memperoleh informasi yang akurat sebagai dasar analisis. Secara umum, data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung dari lokasi penelitian melalui survei lapangan, pengukuran, observasi, serta pengujian kondisi eksisting. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari Google Earth, literatur, standar teknis, laporan penelitian terdahulu, maupun dokumen perencanaan yang mendukung pelaksanaan penelitian. Kombinasi kedua jenis data tersebut digunakan untuk menghasilkan analisis yang lebih lengkap, akurat, dan sesuai dengan kondisi di lapangan.

3.2.1 Tahapan Survei lapangan

Peneliti melakukan survey lapangan untuk menentukan data dengan hanya menggunakan meteran dan Google Earth, Pengukuran lapangan sebatas pengukuran lebar hasil survey Adalah sebagi berikut:

1. Menentukan titik awal dan akhir

Dari data survey lapangan peneliti menentukan titik awal Relokasi jalan Kalirejo – Kalongan di titik koordinat



Gambar 3. 1 Titik awal dan titik akhir

2. Lebar Jalan

Dari hasil survey lapangan peneliti mendapatkan lebar jalan di lapangan 3m.



gambar 3. 2 Lebar jalan

3. Lebar bahu jalan

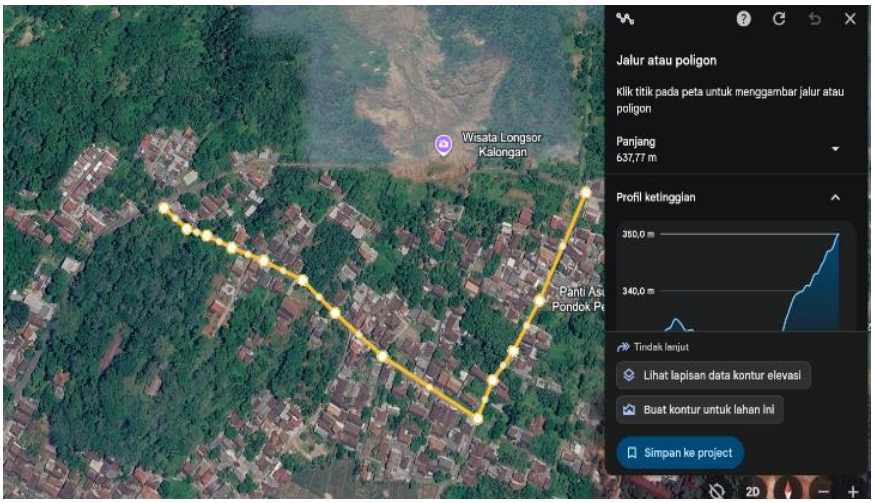
Dari survey lapangan peneliti mendapatkan lebar bahu jalan di lapangan 0,8m



gambar 3. 3 Lebar bahu jalan

4. Panjang jalan

   Dari survey lapangan penelliti mendapatkan Panjang jalan hanya menggunakan Google Earth sepanjang 637,77m



Gambar 3. 4 Panjang jalan

3.2.2 Data Lalu Lintas

Dalam pengambilan data lalu lintas ini Peneliti menggunakan metode perhitungan manual (*manual traffic count)* merupakan teknik pengumpulan data volume lalu lintas konvensional yang mengandalkan pengamatan visual secara langsung oleh surveyor di lapangan atau melalui analisis rekaman video. Dalam praktiknya, kami menetapkan titik pengamatan strategis di ruas jalan atau persimpangan, lalu mencatat setiap kendaraan yang melintasi garis imajiner yang telah ditentukan.

Pencatatan ini dilakukan secara sistematis menggunakan alat bantu seperti *hand tally counter* mekanis atau lembar formulir turus (*tally sheet*) untuk mengklasifikasikan kendaraan berdasarkan jenisnya, seperti sepeda motor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat. Pengambilan data umumnya dibagi ke dalam interval waktu tertentu, misalnya setiap 15 menit, guna mempermudah analisis fluktuasi arus kendaraan pada jam sibuk (*peak hours*) maupun jam longgar (*off-peak hours*). Meskipun saat ini teknologi pencatatan otomatis sudah berkembang pesat, metode manual ini tetap menjadi pilihan utama dalam lingkup riset akademik mahasiswa karena menawarkan fleksibilitas yang sangat tinggi dengan biaya yang relatif murah. Pendekatan ini sangat efektif untuk menganalisis pergerakan yang kompleks, seperti arah belok kendaraan di simpang bersinyal atau volume pejalan kaki, yang sering kali sulit ditangkap secara akurat oleh sensor otomatis. Namun demikian, metode ini memiliki keterbatasan dari segi subjektivitas dan faktor kelelahan manusia (*human error*) yang dapat memengaruhi validitas data, terutama jika survei dilakukan dalam durasi yang panjang.

3.3 CBR (*California Bearing Ratio*)

California Bearing Ratio (CBR) merupakan metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui kemampuan tanah dalam menahan beban, terutama sebagai tanah dasar (*subgrade*) pada konstruksi jalan. Nilai CBR dinyatakan sebagai persentase perbandingan antara beban penetrasi tanah yang diuji terhadap beban penetrasi material standar pada kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh nilai daya dukung maksimum tanah pada kondisi optimum, yaitu saat tanah memiliki kadar air optimum dan berat isi kering maksimum. Semakin tinggi nilai CBR yang diperoleh, maka semakin baik kemampuan tanah dalam menahan beban sehingga semakin layak digunakan sebagai lapisan dasar perkerasan jalan. Sebaliknya, nilai CBR yang rendah menunjukkan bahwa tanah memiliki daya dukung yang kurang baik dan memerlukan perbaikan atau stabilisasi sebelum digunakan sebagai tanah dasar.

Menurut pedoman terbaru Kementerian Pekerjaan Umum, *California Bearing Ratio* (CBR) merupakan parameter yang digunakan untuk menggambarkan kekuatan atau daya dukung tanah dasar (*subgrade*) sebagai dasar dalam menentukan jenis penanganan tanah dan tebal struktur perkerasan jalan. Pada

Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024 yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga, nilai CBR tanah dasar menjadi salah satu parameter utama dalam proses desain fondasi jalan. Semakin kecil nilai CBR tanah dasar, semakin besar kebutuhan perbaikan tanah atau lapisan fondasi agar perkerasan mampu menahan beban lalu lintas selama umur rencana. (Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024 – Direktorat Jenderal Bina Marga)

Selain itu, MDP 2024 menetapkan bahwa CBR tanah dasar minimum yang digunakan dalam perencanaan adalah 6%. Apabila hasil pengujian menunjukkan nilai CBR kurang dari 6%, maka tanah dasar harus diperbaiki, misalnya melalui penggunaan timbunan pilihan, stabilisasi tanah, atau metode perbaikan geoteknik lainnya sebelum konstruksi perkerasan dilaksanakan. Ketentuan ini bertujuan agar tanah dasar memiliki daya dukung yang memadai sehingga dapat mengurangi risiko penurunan, deformasi, dan kerusakan dini pada perkerasan jalan. (Direktorat Jenderal Bina Marga. 03/M/BM/2024 Manual Desain Perkerasan Jalan 2024. Kementerian Pekerjaan Umum).

1. Pengambilan sampel

   Pengembilan sampel tanah hanya di 2 titik sepanjang ruas jalan Kalirejo-Kalongan

   1) Sampel Pertama



Gambar 3. 5 Pengambilan sampel pertama

2) Sampel ke Dua



Gambar 3. 6 pengambilan sampel kedua

2. Pengujian Laboratorium

Pengujian California Bearing Ratio (CBR) Laboratorium dalam penelitian ini dilaksanakan dengan mengacu pada standar SNI 1744:2012 (atau ASTM D1883-16). Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan mekanis serta daya dukung sampel tanah. Tahapan pengujian diawali dengan preparasi sampel tanah yang dikeringkan secara alami (*air-dried*), dihancurkan, dan diayak hingga lolos saringan No. 4 Sampel tanah tersebut kemudian dicampur dengan air hingga mencapai nilai Kadar Air Optimum (*Optimum Moisture Content* / OMC) yang diperoleh secara presisi dari pengujian pemadatan standar (Standard Proctor Test berdasarkan SNI 1742:2008). Proses pemadatan sampel ke dalam cetakan (mold) logam berdiameter 6 inci dilakukan dalam 3 lapisan, di mana setiap lapisannya ditumbuk sebanyak 56 kali menggunakan penumbuk standar seberat 2,5 kg dengan tinggi jatuh 305 mm untuk menjamin homogenitas dan kepadatan kering maksimum (*Maximum Dry Density* / MDD).Untuk menyimulasikan variasi kondisi lingkungan di lapangan, pengujian pembebanan CBR dibagi menjadi dua kondisi peninjauan yang berbeda, yaitu kondisi tanpa rendaman (*unsoaked*) dan kondisi rendaman (*soaked*). Pada kondisi *unsoaked*, sampel tanah yang telah selesai dipadatkan langsung ditempatkan pada mesin penetrasi untuk merepresentasikan daya dukung tanah pada

musim kemarau atau saat kondisi drainase berfungsi optimal. Sebaliknya, pada kondisi soaked, cetakan yang berisi sampel tanah padat dipasangi keping beban penahan (*surcharge weights*) minimal seberat 4,54 kg—merujuk pada estimasi beban perkerasan di atasnya—lalu direndam di dalam bak air selama 4 x 24 jam (96 jam).

3. Pengambilan Data CBR yang mewakili

   Teknik pengambilan sampel tanah dalam penelitian ini dilakukan dengan metode disturbed sampling (sampel tanah terganggu) yang merujuk pada standar SNI 2828:2011 (atau ASTM D4220). Pengambilan data tanah dilakukan secara selektif pada Jalan Kalirejo - Kalongan yang teridentifikasi memiliki potensi kerentanan tinggi terhadap pergerakan massa tanah. Untuk mendapatkan data yang representatif dan mampu mewakili karakteristik geoteknis secara keseluruhan, titik pengambilan sampel ditentukan menggunakan metode purposive sampling pada kedalaman kedalaman kritis antara 0,5m hingga 1,5 dari permukaan tanah asli, guna menghindari lapisan topsoil yang masih mengandung unsur organik aktif

3.3 Metode Analisis

Analisis data dalam penelitian ini di bagi menjadi tiga tahapan utama yang saling berkesinambungan untuk mencapai Solusi desain perbaikan jalan yang komperhensif. Tahapan analisis tersebut meliputi:

3.3.1 Kapasitas Jalan (PKJI 2023)

Analisis kapasitas dan kinerja lalu lintas pada segmen jalan dalam penelitian ini dihitung dengan mengacu pada pedoman terbaru, yaitu Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga No. 09/SE/Db/2023 tentang Pedoman Perancangan Geometrik Jalan (Suplemen Analisis Kapasitas Jalan). Parameter utama yang dievaluasi meliputi Arus Lalu Lintas (Q), Kapasitas Aktual (*C*), Derajat Kejenuhan (*DJ*), Kecepatan Arus Bebas (V_B), serta penentuan Tingkat Pelayanan Jalan (Level of Service / LOS). Volume lalu lintas dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang per jam (smp/jam) berdasarkan nilai Faktor Ekivalen Mobil Penumpang (EMP) mutakhir yang diatur dalam pedoman tersebut. Perhitungan kapasitas jalan ditentukan menggunakan persamaan koreksi geometrik dan lingkungan:

$$C = \boldsymbol{C_0} \times \boldsymbol{FC_w} \times \boldsymbol{FC_{sp}} \times \boldsymbol{FC_{sf}} \times \boldsymbol{FC_{cs}}$$

Dimana kapasitas dasar (C_0) disesuaikan secara berurutan terhadap faktor penyesuaian lebar lajur lalu lintas (FC_w), faktor penyesuaian pemisahan arah (FC_{sp}), faktor penyesuaian hambatan samping (FC_w), dan faktor penyesuaian ukuran kota (FC_{sf}) berdasarkan karakteristik tipikal geometrik jalan yang dievaluasi.

3.3.2 Desain Geometri (PDGJ 2021)

Perencanaan dan evaluasi teknis geometri jalan pada penelitian ini sepenuhnya mengacu pada ketentuan Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga No. 20/SE/Db/2021 tentang Pedoman Desain Geometrik Jalan. Analisis geometri dibagi menjadi dua tahapan utama yang saling terintegrasi, yaitu Alinyemen Horizontal dan Alinyemen Vertikal, dengan mempertimbangkan klasifikasi fungsi jalan, kelas jalan, dan medan jalan (*terrain*) lokasi penelitian. Perancangan alinyemen horizontal difokuskan pada perhitungan elemen lengkung tikungan (baik tipe *Circle-Circle*, *Spiral-Circle-Spiral*, *maupun Spiral-Spiral*) dengan parameter kecepatan rencana (V_R), radius minimum ($V_{R\min}$)Tingkat superelevasi maksimum ($e_{\max}$), dan panjang saringan transisi yang disyaratkan demi mengantisipasi gaya sentrifugal kendaraan. Sementara itu, perancangan alinyemen vertikal dilakukan untuk menentukan kelandaian memanjang (*gradient*) maksimum, panjang kritis kelandaian, serta dimensi lengkung vertikal cembung dan cekung guna memastikan aspek estetika drainase, kenyamanan berkendara, serta pemenuhan Jarak Pandang Henti (JPH) minimum terpenuhi dengan aman.

3.3.3 Desain Perkerasan (MDPJ 2024)

Perancangan tebal lapis perkerasan lentur (flexible pavement) dalam penelitian ini dihitung menggunakan pendekatan empiris-mekanistik yang mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2024 yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian PUPR. Parameter input utama yang digunakan dalam pemodelan struktur perkerasan ini meliputi akumulasi beban lalu lintas rencana sepanjang umur rencana yang dinyatakan dalam nilai Equivalent Single Axle Load

(ESAL) berdasarkan nilai faktor ekivalen beban (Vehicle Damage Factor / VDF) terbaru, serta nilai parameter daya dukung tanah dasar (subgrade). Daya dukung tanah dasar diperoleh secara langsung melalui pengujian California Bearing Ratio (CBR) Laboratorium kondisi rendaman (soaked 4 hari) sebagai representasi kondisi kritis lapangan. Nilai CBR laboratorium tersebut kemudian dikonversi menjadi nilai Modulus Resilien (MR) sesuai ketentuan formula empiris dalam MDP 2024 sebelum diaplikasikan ke dalam bagan desain (*design chart*) untuk menentukan tebal optimal Lapis Permukaan (*surface course*), Lapis Pondasi Atas (base course), dan Lapis Pondasi Bawah (*subbase course*).

3.4 Bagan Alir Penelitian



BAB IV
ANALISI DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Ekisting Ruas Jalan Kalirejo – Kalongan

Berdasarkan hasil survei lapangan, ruas Jalan Kalirejo–Kalongan merupakan jalan penghubung antar desa yang memiliki peran penting dalam menunjang mobilitas masyarakat serta distribusi hasil pertanian di wilayah Kecamatan Ungaran Timur, Kabupaten Semarang. Jalan ini berfungsi sebagai jalan lokal yang digunakan oleh kendaraan roda dua maupun roda empat untuk mendukung aktivitas ekonomi, pendidikan, dan sosial masyarakat. Hasil pengukuran di lapangan menunjukkan bahwa ruas jalan yang akan direlokasi memiliki panjang sekitar 637,77meter dengan lebar perkerasan 3,00meter dan lebar bahu jalan sekitar 0,80meter di setiap sisi. Kondisi tersebut masih tergolong sempit sehingga kendaraan dari dua arah harus mengurangi kecepatan saat berpapasan, terutama kendaraan berukuran besar. Berdasarkan hasil observasi, sebagian badan jalan mengalami kerusakan akibat bencana tanah longsor. Kerusakan tersebut ditandai dengan retakan pada perkerasan, penurunan badan jalan, serta longsornya sebagian tepi jalan sehingga mengurangi lebar efektif jalan. Kondisi ini menyebabkan jalan tidak lagi aman dan nyaman untuk dilalui oleh pengguna jalan. Terjadinya longsor dipengaruhi oleh kondisi topografi yang berupa lereng dengan kemiringan cukup curam, curah hujan yang tinggi, serta kondisi tanah yang memiliki stabilitas rendah saat jenuh air. Selain itu, sistem drainase di sekitar lokasi belum berfungsi secara optimal sehingga air hujan mudah meresap ke dalam tanah dan memicu terjadinya pergerakan lereng. Berdasarkan kondisi eksisting tersebut, alternatif penanganan yang dipilih adalah melakukan relokasi trase jalan menuju lokasi yang lebih aman dan memiliki kondisi tanah yang lebih stabil. Relokasi dipilih karena dinilai lebih efektif dalam menjamin keselamatan pengguna jalan serta mengurangi risiko kerusakan akibat longsor pada masa yang akan datang. Hasil survei kondisi eksisting ini selanjutnya dijadikan sebagai dasar dalam perencanaan geometrik jalan dan perencanaan struktur perkerasan pada penelitian ini.

4.2 Analisis Data Lalu lintas

Analisis data lalu lintas dilakukan untuk mengetahui besarnya volume kendaraan yang melintasi ruas Jalan Kalirejo–Kalongan. Data lalu lintas ini digunakan sebagai salah satu parameter utama dalam menentukan kapasitas jalan, perencanaan geometrik, serta perencanaan tebal perkerasan. Semakin besar volume lalu lintas yang melintas, maka semakin besar pula beban yang harus dipikul oleh struktur perkerasan jalan. Pengambilan data lalu lintas dilakukan menggunakan metode *Manual Traffic Count (MTC),* yaitu dengan melakukan pencatatan jumlah kendaraan secara langsung di lokasi penelitian. Survei dilakukan di *pick hour* yaitu jam 06.00 – 08.00, 11.00 – 13.00 dan 16.00 – 18.00, pada hari kerja dengan kondisi cuaca cerah sehingga arus lalu lintas yang diperoleh dianggap mewakili kondisi normal. Kendaraan yang melintas dikelompokkan berdasarkan jenis kendaraan sesuai klasifikasi yang digunakan dalam Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI).

4.2.1 Analisis Arus Lalu lintas Harian (LHR)

Pengolahan data lalu lintas dilakukan berdasarkan hasil survei pencatatan manual (*manual traffic count*) pada ruas Jalan Kalirejo – Kalongan (Jl. Arjuna). Data volume kendaraan yang terhitung dalam satuan kend/jam dikonversikan ke dalam Satuan Mobil Penumpang per jam (smp/jam) menggunakan Ekivalensi Mobil Penumpang (EMP) sesuai panduan PKJI 2023 untuk tipe jalan 2-lajur 2-arah tak terbagi (2/2 TT).

4.2.1.1 Data Survei Lalu Lintas

A. Pada Waktu 06.00-08.00

Tabel 4. 1 Data survei pada waktu 06.00-08.00

Waktu Survey	Kend	EMP	SMP
Pejalan Kaki	18	0	0
Sepeda Onthel	8	0	0
Sepeda Motor	1743	0,5	871,5
Mobil	77	1	77
Mobil Angkutan Umum	16	1	16
Truck 2 As	11	1,3	14,3
Truck 3 As	3	1,5	4,5
Bus 3 As	3	1,5	4,5

B. Pada Waktu 11.00-13.00

Tabel 4. 2 Data survei pada waktu 11.00-13.00

Waktu Survey	Kend	EMP	SMP
Pejalan Kaki	53	0	0
Sepeda Onthel	5	0	0
Sepeda Motor	719	0,5	359,5
Mobil	24	1	24
Mobil Angkutan Umum	7	1	7
Truck 2 As	1	1,3	1,3
Truck 3 As	7	1,5	10,5
Bus 3 As	0	1,5	0

C. Pada Waktu 16.00-18.00

Tabel 4. 3 Data survei pada waktu 16.00-18.00

Waktu Survey	Kend	EMP	SMP
Pejalan Kaki	29	0	0
Sepeda Onthel	22	0	0
Sepeda Motor	1228	0,5	614
Mobil	71	1	71
Mobil Angkutan Umum	2	1	2
Truck 2 As	6	1,3	7,8
Truck 3 As	0	1,5	0
Bus 3 As	0	1,5	0

D. Total Survey Selama 6 Jam

Tabel 4. 4 Total survei selama 6 jam

Waktu Survey	Kend	EMP	SMP	SMP/Jam
Pejalan Kaki	100	0	0	0,00
Sepeda Onthel	35	0	0	0,00
Sepeda Motor	3690	0,5	614	307,50
Mobil	172	1	71	28,67
Mobil Angkutan Umum	25	1	2	4,17
Truck 2 As	18	1,3	7,8	3,90
Truck 3 As	10	1,5	0	2,50
Bus 3 As	3	1,5	0	0,75
	4053,00		2084,90	347,48

4.2.1.2 Kapasitas Jalan

$$C = C_0 \times FC_{LJ} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK}$$

C_0 = 2800smp/jam (Jalan 2/2 TT perkotaan/sub-perkotaan) PKJI Halaman 82

FC_{LJ} = 0.87 (faktor penyesuaian lebar, 3 m) PKJI Halaman 83

FC_{PA} = 1 (faktor penyesuanan pemisah arah, 50:50) PKJI Halaman 83

FC_{HS} = bahu jalan 0,5 m dengan pemukiman sedang) PKJI Halaman 84

FC_{UK} = 1 (ukuran kota, Kab. Semarang dg Jumlah penduduk 1-3 jt Jiwa = 1) 1,098 jt jiwa

C = 2168,04 smp/jam

4.2.1.3 Perhitungan Derajat Kejenuhan

Ds = $\frac{Q}{C} = \frac{347,48}{2168,04}$ = 0,160275 **LOS = A arus bebas, kecepatan tinggi, pengemudi bebas memilih**

Tabel 4. 5 Karakteristik Tingkat Pelayanan

Tingkat Layanan (LOS)	Karakteristik	V/C
A	Kondisi arus bebas dengan kecepatan tinggi, pengemudi memilih kecepatan yang diinginkan tanpa hambatan	0,0 – 0,20
B	Arus stabil, tetapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas. Pengemudi memiliki kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatan	0,21 – 0,44
C	Arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan, pengemudi dibatasi	0,45 – 0,74

	dalam memilih kecepatan	
D	Arus mendekati tidak stabil, kecepatan masih dikendalikan, Q/C masih dapat ditolerir	0,75 – 0,84
E	Volume lalu lintas mendekati/berada pada kapasitas arus tidak stabil, terkadang berhenti	0,85 – 1,00
F	Arus yang dipaksakan/macet, kecepatan rendah, V diatas kapasitas, antrian panjang dan terjadi hambatan-hambatan yang besar	> 1,00

4.2.1.4 Prediksi Level Of Service Jalan Untuk 20 Tahun Kedepan

Pertimbangan 20 tahun diambil dengan mempertimbangkan Umur Rencana Perkerasan Aspal

$$LHR_n = LHR_0 \times (1 + i)^n$$

LHR_n = Volume lalu lintas pada tahun ke-n

LHR_0 = Volume lalu lintas Awal

i = Angka pertumbuhan lalu lintas per tahun

Angka pertumbuhan lalu lintas untuk jalan kolektor di Jawa 3,5%

Jenis Kendaraan		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046
Pejalan kaki	Kend	100.00	103.50	107.12	110.87	114.75	118.77	122.93	127.23	131.68	136.29	141.06	146.00	151.11	156.40	161.87	167.53	173.40	179.47	185.75	192.25	198.98
	EMP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SMP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sepeda onthel	Kend	35.00	36.23	37.49	38.81	40.16	41.57	43.02	44.53	46.09	47.70	49.37	51.10	52.89	54.74	56.65	58.64	60.69	62.81	65.01	67.29	69.64
	EMP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SMP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sepeda Motor	Kend	3690.00	3819.15	3952.82	4091.17	4234.36	4382.56	4535.95	4694.71	4859.03	5029.09	5205.11	5387.29	5575.84	5771.00	5972.98	6182.04	6398.41	6622.35	6854.14	7094.03	7342.32
	EMP	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	SMP	1845.00	1909.58	1976.41	2045.58	2117.18	2191.28	2267.98	2347.36	2429.51	2514.55	2602.55	2693.64	2787.92	2885.50	2986.49	3091.02	3199.20	3311.18	3427.07	3547.01	3671.16
Mobil	Kend	172.00	178.02	184.25	190.70	197.37	204.28	211.43	218.83	226.49	234.42	242.62	251.11	259.90	269.00	278.42	288.16	298.25	308.68	319.49	330.67	342.24
	EMP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	SMP	172.00	178.02	184.25	190.70	197.37	204.28	211.43	218.83	226.49	234.42	242.62	251.11	259.90	269.00	278.42	288.16	298.25	308.68	319.49	330.67	342.24
Mobil Angkutan Umum	Kend	25.00	25.88	26.78	27.72	28.69	29.69	30.73	31.81	32.92	34.07	35.26	36.50	37.78	39.10	40.47	41.88	43.35	44.87	46.44	48.06	49.74
	EMP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	SMP	25.00	25.88	26.78	27.72	28.69	29.69	30.73	31.81	32.92	34.07	35.26	36.50	37.78	39.10	40.47	41.88	43.35	44.87	46.44	48.06	49.74
Truck 2 As	Kend	18.00	18.63	19.28	19.96	20.66	21.38	22.13	22.90	23.70	24.53	25.39	26.28	27.20	28.15	29.14	30.16	31.21	32.30	33.43	34.61	35.82
	EMP	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
	SMP	23.40	24.22	25.07	25.94	26.85	27.79	28.76	29.77	30.81	31.89	33.01	34.16	35.36	36.60	37.88	39.20	40.58	42.00	43.47	44.99	46.56
Truck 3 As	Kend	10.00	10.35	10.71	11.09	11.48	11.88	12.29	12.72	13.17	13.63	14.11	14.60	15.11	15.64	16.19	16.75	17.34	17.95	18.57	19.23	19.90
	EMP	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
	SMP	15.00	15.53	16.07	16.63	17.21	17.82	18.44	19.08	19.75	20.44	21.16	21.90	22.67	23.46	24.28	25.13	26.01	26.92	27.86	28.84	29.85
Bus 3 As	Kend	3.00	3.11	3.21	3.33	3.44	3.56	3.69	3.82	3.95	4.09	4.23	4.38	4.53	4.69	4.86	5.03	5.20	5.38	5.57	5.77	5.97
	EMP	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
	SMP	4.50	4.66	4.82	4.99	5.16	5.34	5.53	5.73	5.93	6.13	6.35	6.57	6.80	7.04	7.28	7.54	7.80	8.08	8.36	8.65	8.95
JUMLAH	Kend	4053.00	4194.86	4341.67	4493.63	4650.91	4813.69	4982.17	5156.55	5337.03	5523.82	5717.16	5917.26	6124.36	6338.71	6560.57	6790.19	7027.85	7273.82	7528.40	7791.90	8064.61
	SMP	2084.90	2157.87	2233.40	2311.57	2392.47	2476.21	2562.87	2652.58	2745.42	2841.50	2940.96	3043.89	3150.43	3260.69	3374.82	3492.93	3615.19	3741.72	3872.68	4008.22	4148.51
	Jm Survey	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
VOLUME LALU-LINTAS (Q)	SMP/jam	347.48	359.65	372.23	385.26	398.75	412.70	427.15	442.10	457.57	473.58	490.16	507.32	525.07	543.45	562.47	582.16	602.53	623.62	645.45	668.04	691.42
KAPASITAS (C)	SMP/jam	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04
DS		0.16	0.17	0.17	0.18	0.18	0.19	0.20	0.20	0.21	0.22	0.23	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.31	0.32
LOS		A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Gambar 4. 1 Angka pertumbuhan untuk 20 tahun

4.2.1.5 Kesimpulan

Sampai dengan 2033, LOS masih A. Ini mengindisikan bahwa Arus bebas, kecepatan tinggi, pengemudi bebas memilih kecepatan. Mulai 2034 sampai dengan batas akhir tinjauan LOS menjadi B yakni arus stabil, kecepatan sedikit terbatas oleh lalu linta

4.2.2 Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik dilakukan untuk menentukan bentuk dan dimensi jalan yang sesuai dengan kondisi lapangan, fungsi jalan, dan karakteristik lalu lintas. Perencanaan ini mengacu pada Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ) 2021, sebagaimana digunakan dalam metodologi penelitian.

Ruas Jalan Kalirejo–Kalongan berada pada daerah perbukitan sehingga perencanaan trase perlu mempertimbangkan kondisi topografi dan keamanan terhadap potensi longsor. Berdasarkan hasil survei lalu lintas dan kondisi lapangan, jalan relokasi direncanakan sebagai jalan lokal dua lajur dua arah tanpa median (2/2 TT).

4.2.2.1 Klasifikasi Jalan dan Fungsi Jalan

Ruas Jalan Kalirejo–Kalongan berfungsi sebagai jalan penghubung antarwilayah yang digunakan untuk mendukung aktivitas masyarakat. Berdasarkan fungsi dan karakteristik lalu lintasnya, ruas jalan ini direncanakan sebagai jalan lokal dengan tipe 2/2 TT.

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Lebar	Panjang	Tinggi	Muatan Sumbu Terberat (MST) ton
Kelas I	Arteri, Kolektor	≤2,55	≤18,0	≤4,2	10
Kelas II	Arteri, Kolektor, Lokal, dan Lingkungan	≤2,55	≤12,0	≤4,2	8
Kelas III	Arteri, Kolektor, Lokal, dan Lingkungan	≤2,2	≤9,0	≤3,5	8 *)
Kelas Khusus	Arteri	>2,55	>18,0	≤4,2	>10

Catatan: *) dalam keadaan tertentu dapat <8 ton

Gambar 4. 2 Klasifikasi jalan dan fungsi jalan

4.2.2.2 Kecepatan Recana (Vr)

Kecepatan rencana digunakan sebagai dasar dalam menentukan elemen geometrik jalan, seperti Analyment Horizontal dan Analyment Venrtikal. Dengan mempertimbangkan fungsi jalan dan kondisi medan perbukitan, digunakan kecepatan rencana sebesar 60 km/jam.

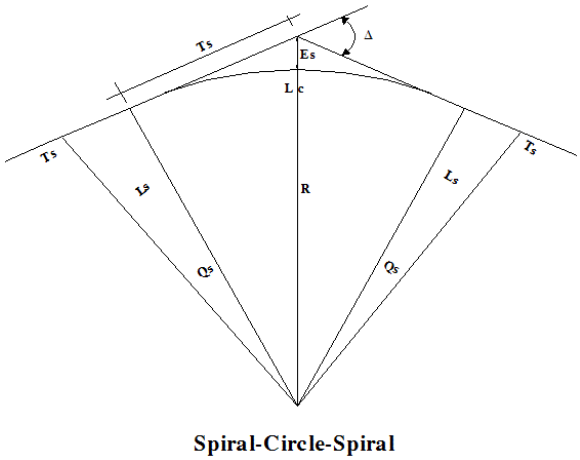
4.2.2.3 Alinlyemen Horizontal

Alinyemen horizontal merupakan bentuk trase jalan pada bidang horizontal yang terdiri atas bagian lurus dan tikungan. Pada perencanaan ruas Jalan Kalirejo–Kalongan, tipe tikungan yang digunakan adalah *Spiral–Circle–Spiral* (SCS). Tipe tikungan SCS terdiri dari lengkung peralihan (*spiral*) pada kedua sisi dan lengkung lingkaran (*circle*) di bagian tengah. Penggunaan tikungan SCS bertujuan memberikan perubahan arah kendaraan secara bertahap sehingga kendaraan dapat melewati tikungan dengan lebih aman dan nyaman. Perencanaan dilakukan dengan menggunakan kecepatan rencana 60 km/jam dan mengacu pada PDGJ 2021.

Selain tikungan SCS, pada perencanaan alinyemen horizontal juga terdapat tipe tikungan *Full Circle* (FC). Tikungan *Full Circle* merupakan tikungan yang seluruh bagian lengkungnya berbentuk lingkaran dengan satu radius tetap, tanpa menggunakan lengkung peralihan (spiral). Tipe tikungan ini umumnya digunakan pada kondisi tikungan dengan sudut defleksi dan radius yang memenuhi persyaratan perencanaan, sehingga perubahan arah kendaraan terjadi secara langsung mengikuti lengkung lingkaran.

Parameter yang diperhitungkan pada tikungan SCS meliputi

- sudut tikungan (Δ)
- jari-jari tikungan (R)
- panjang spiral (Ls)
- panjang busur lingkaran (Lc)
- panjang tangen (Ts)
- serta superelevasi (e).



Gambar 4. 3 Geometri SCS

Parameter yang diperhitungkan pada tikungan FC meliputi;

- **Vd** = Kecepatan rencana
- **Δ** = Sudut defleksi
- **R** = Jari-jari tikungan
- **e** = Superelevasi
- **f** = Koefisien gesekan samping
- **T** = Jarak tangen
- **Lc** = Panjang busur tikungan
- **E** = Jarak eksternal
- **M** = Ordinat tengah
- **TC** = Tangent to Circle
- **CT** = Circle to Tangent
- **STA** = Stasioning

4.2.2.3.2 Perhitungan Alinyemen Horizontal

- Perhitungan Lengkung Spiral Circle Spiral PI. 03

  V = 60 km/j

  Delta = 4°

  e_{max} = 6 %

  Lebar Jalan = 3 m

e Normal = 2 %

$R = 500\,m$

$Ls = 18\,m$

θ_s $= \frac{90 * Ls}{\pi * R}$ = 1,030909091°

θ_c $= \beta - 2.\theta s$ = 1,93818181°

L_c $= \left(\frac{\theta c}{180}\right).2\pi.Rc)$ = 16,92063492 m

L $= Lc + 2.Ls$ = 52,92063492 m

p $= \frac{Ls2}{6.R} - R\,1 - cos\,\theta s$ = 0,027067349 m

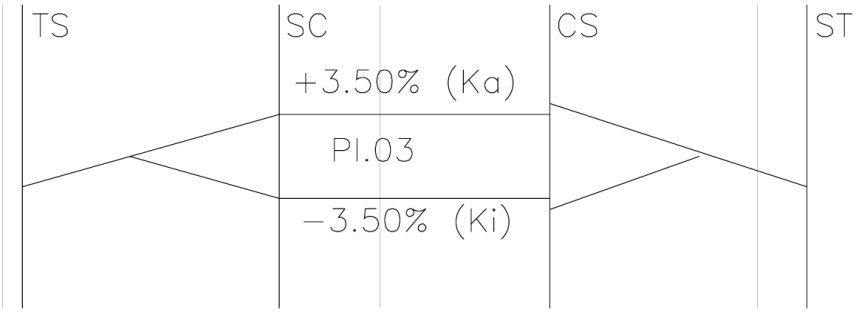
k $= LS - \left(\frac{LS^3}{40} x\, R^2\right) - (R\, x\, Sin\, \theta S)$ = 9,003523243 m

E_s $= (R + p).\frac{sec1}{2\beta} - R$ = 0,331855997m

T_s $= (Rc + p).\frac{tan1}{2\beta} + k$ = 26,4648532 m

e = 3,5 % (Dari Tabel 5-27 PDGJ 2021)

LR $= (e\,Normal + e)\,L\,jalan$ =0,009166667 %



Gambar 4. 4 Potongan geometri PI 3

- Perhitungan Lengkung Full Circle (FC) PI :05

Fungsi Jalan : Kolektor 2/2 TT

Lebar =2 x 3

V rencana =60 Km/jam

$$Rc = 1800m$$

$$e = LN = 2\% \ (Dari\ Tabel\ 5-24\ PDGJ\ 2021)$$

$$Ls = 0 = 3{,}8 \ (Dari\ Tabel\ 5-24\ PDGJ\ 2021)$$

$$D = 0{,}8$$

$$\beta = 1{,}870 = 0{,}935$$

$$Perhitungan\ Lengkung\ Full\ Circle\ (FC)$$

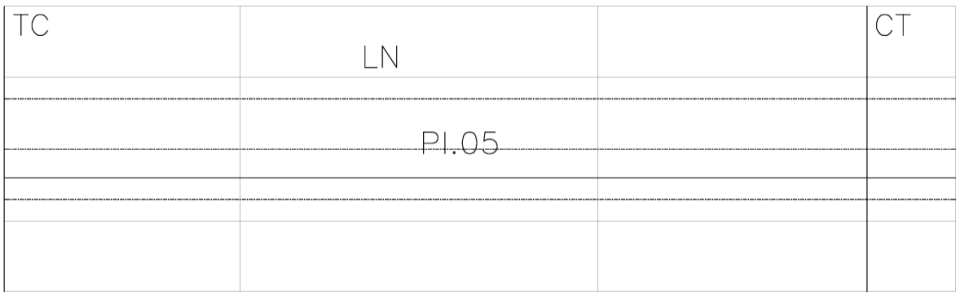
$$P = \frac{Ls^2}{24 * Rc}$$

$$0{,}000 < 0{,}250 \quad Memenuhi\ Syarat\ \ FC$$

$$Tc = Rc.tan\left(\frac{\beta}{2}\right) = 29{,}376\ m$$

$$Lc = 0{,}01745.\beta.Rc = 58{,}737\ m$$

$$Ec = Tc.Tan\left(\frac{\beta}{4}\right) = 0{,}240\ m$$



Gambar 4. 5 Potongan geometri PI 5

Dengan menggunakan formula perhitungan FC dan SCS sebagaimana telah disajikan di atas, data alinyemen horizontal Relokasi Jalan Kalongan – Kalirejo disajikan dalam table berikut:

Tabel 4. 6 Perhitungan geometri

No. PI	01	02	03	04	05
Jenis	SCS	SCS	SCS	Simpang	FC
STA.	0+027.6	0+141.9	0+302.3	0+391.2	0+513.7
V_r	20 km/j	60 km/j	60 km/j	-	60 km/j
R_c	50 m	200 m	500 m	-	1800 m
e_n	2%	2%	2%	-	2%
e_{max}	6%	6%	6%	-	6%
E	3.8%	5.5%	3.5%	-	LN
Δ	8.89°	0.23°	25.29°	-	1.87°
P	0.189 m	0.163 m	0.027 m	-	0.00 m
L_s	15 m	28 m	18 m	-	-
θ_s	8.590°	4.00°	1.031°	-	-
θ_c	26.47°	8.631°	1.938°	-	1.87°
L	53.11 m	86.14 m	52.92 m		58.78 m
L_c	23.11 m	30.14 m	16.92 m	-	58.74 m
K	7.49 m	14.00 m	9.00 m	-	-
E_s	4,06 m	2.29 m	0.33 m	-	0.24 m
T_s	27.60 m	43.29	26.46 m	-	-
LR	1.16 %	0.803 %	0.091 %		

4.2.2.4 Analymen Vertikal

Alinyemen vertikal merupakan bentuk trase jalan pada bidang vertikal yang menunjukkan perubahan elevasi sepanjang ruas jalan. Pada perencanaan relokasi Jalan Kalirejo–Kalongan, alinyemen vertikal direncanakan dengan mempertimbangkan kondisi topografi lokasi serta kelandaian jalan agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.

Pada penelitian ini digunakan lengkung vertikal cembung pada perubahan kelandaian trase. Lengkung vertikal cembung digunakan pada kondisi ketika dua

kelandaian bertemu dan membentuk puncak. Perencanaan dilakukan dengan mengacu pada PDGJ 2021 dan menggunakan kecepatan rencana 60 km/jam.

Perhitungan alinyemen vertikal cembung meliputi kelandaian awal

- (G1), kelandaian Awal.
- (G2) perbedaan Akhir
- (A) Perbedaan Kelandaian = G1-G2
- (Lv) Panjanng Lengkung Vertikal

Perhitungan alinyemen vertikal dilakukan dengan menentukan kelandaian awal dan kelandaian akhir. Selanjutnya, dihitung perbedaan kelandaian menggunakan persamaan:

$$A=| g_2 - g_1 |$$

Setelah nilai diperoleh, ditentukan panjang lengkung vertikal berdasarkan nilai sesuai ketentuan PDGJ 2021, yaitu:

$$Lv=K\times A$$

Sehingga

$$K=Lv/A$$

Selanjutnya ditentukan posisi *PVC (Point of Vertical Curve), PVI (Point of Vertical Intersection), dan PVT (Point of Vertical Tangent).* Setelah itu dilakukan perhitungan elevasi pada masing-masing titik untuk memperoleh profil memanjang jalan. Perencanaan juga dilakukan dengan memperhatikan Jarak Pandang Henti (JPH) agar lengkung vertikal yang direncanakan memenuhi aspek keamanan dan kenyamanan pengguna jalan.

Hasil perhitungan selanjutnya digunakan untuk menentukan profil memanjang trase jalan relokasi

4.2.2.4.1 Perhitungan Alinyemen vertical

Desain Alinyemen Vertikal sangat dipengaruhi oleh tata guna lahan di sisi jalan, penetapan elevasi (yang berhubungan dengan pekerjaan galian dan timbunan), serta

kenyamanan dan keamanan mengemudi. Berikut adalah perhitungan alinyemen vertical yang didasarkan pada pemenuhan nilai K.

- PVI 04 (Cekung)

  G1 = 0.78%

  G2 = 10%

  A = 10 – 0.78 = 9.22

  Lv = 100 m

  K = Lv/A = 55/4.58 = 10.85

- PVI 05 (Cembung)

  G1 = 10%

  G2 = 2.15%

  A = 2.15 – 10 = -7.85

  Lv = 80 m

  K = Lv/A = 90/7.15 = 11.19

Secara keseluruhan perhitungan alinyemen vertikal ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 4. 7 Perhitungan alinyemen vertikal

PVI	STA.	Jenis	G1	G2	A	Lv	K
1	0+028.1	Cembung	5.16%	0.57%	-4.58	22.00	12.00
2	0+106.1	Cembung	0.57%	-2%	-2.57	30.00	11.67
3	0+265.7	Cekung	-2%	0.78%	2.78%	60.00	21.58
4	0+397.5	Cekung	0.78%	10%	9.22	100.0	10.85
5	0+524.2	Cembung	10%	2.15%	-7.85	80.00	10.19

6	0+587.4	Cembung	2.15%	- %	-3.40	40.00	11.77

PDGJ 2021 memberikan batasan-batasan sebagai pengendalian lengkung vertikal cembung, diantaranya adalah: penyediaan jarak pandang henti (J_{PH}) dan jarak pandang mendahului (J_{PM}). Untuk kecepatan rencana 60 km/jam, nilai K untuk JPH adalah 11.00 m dengan Jarak Pandang Henti sejauh 85 m (Tabel 5.55 PDGJ 2021). Sementara untuk J_{PM} adalah 38.00 m dengan jarak pandang menyiap sejauh 180 m (Tabel 5.56 PDGJ 2021).

Tabel 4. 8 Syarat batas menurut alinyemen vertikal cembung PDGJ 2021

PVI	STA.	Jenis	Vr	K	Syarat	
					J_{PH}	J_{PM}
1	0+028.1	Cembung	60 km/j	12.00	√	X
2	0+106.1	Cembung	60 km/j	11.67	√	X
5	0+524.2	Cembung	60 km/j	10.19	X	X
6	0+587.4	Cembung	60 km/j	11.77	√	X

Untuk jarak pandang henti, hanya PVI nomor 5 yang tidak memenuhi. Hal ini mengindikasikan bahwa pengemudi wajib mengurangi kecepatan Ketika melintasi PVI 5. PDGJ 2021 memberikan angka K sebesar 7.00 untuk kecepatan rencana 50 km/j dengan Jarak Pandang Henti mencapai 65 m.

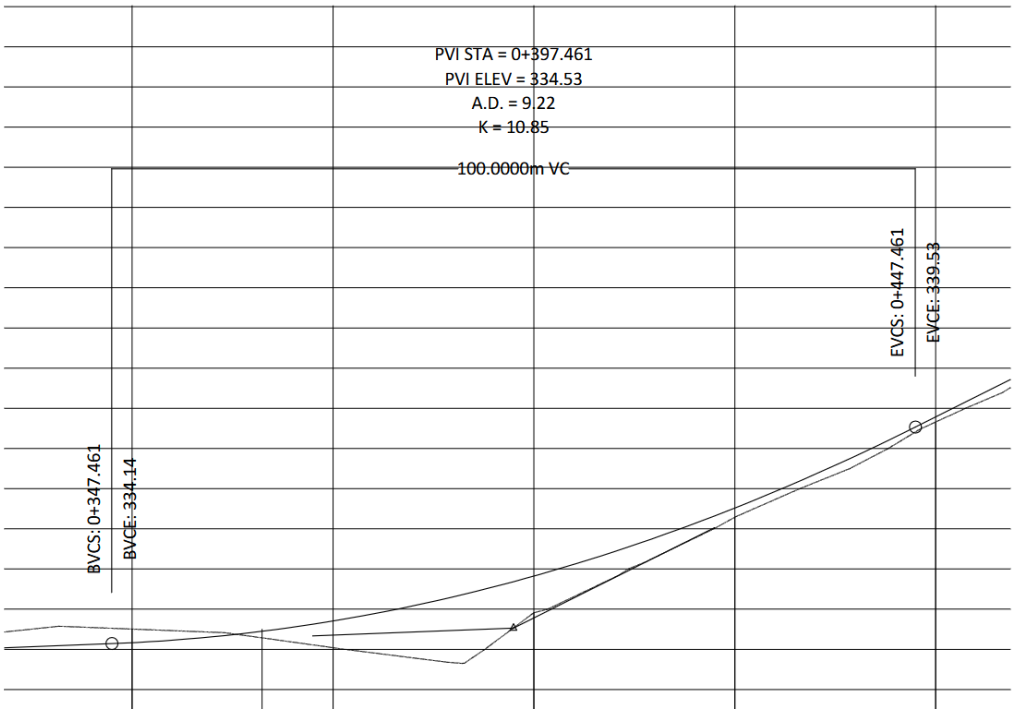
Sementara untuk jarak Panjang menyiap, seluruh bentuk alinyemen vertikal baik cembung maupun cekung pada desain Relokasi Jalan Kalirejo – Kalongan ini sepenuhnya tidak memenuhi persyaratan. Ini berarti perencana tidak menyarankan mendahului di cekungan/cembungan. Dalam hal ini "rambu dilarang mendahului" sangat diperlukan untuk memberikan peringatan terhadap pengemudi.

Sementara untuk lengkung vertical cekung, PDGJ 2021 memberikan Kontrol desain dengan nilai K untuk kecepatan 60 km/jam (JPH dibutuhkan sejauh 85 m) adalah sebesar 18 (PDGJ Tabel 5.57).

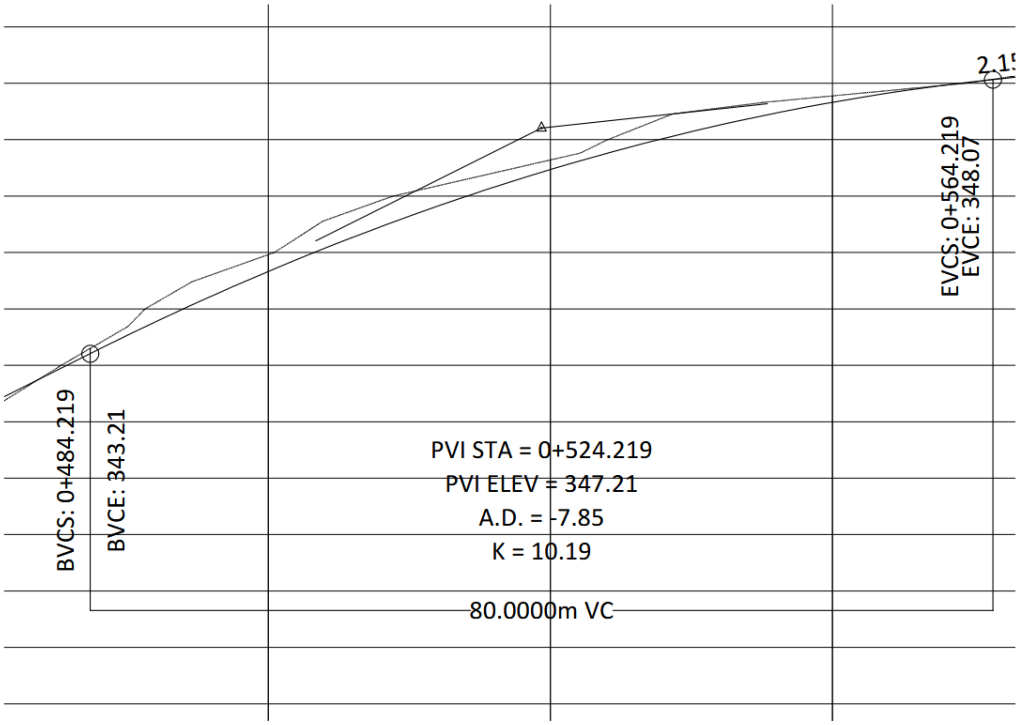
Tabel 4. 9 Syarat batas menurut alinyemen vertikal cekung PDGJ 2021

PVI	STA.	Jenis	Vr	K	Syarat
3	0+265.7	Cekung	60 km/j	21.58	√
4	0+397.5	Cekung	60 km/j	10.85	X

Untuk PVI 4 (STA. 0+397.5), pengemudi disarankan sedikit mengurangi kecepatannya dikarenakan syarat JPH pada lengkung cekung tidak terpenuhi. PDGJ 2021 memberikan angka K sebesar 9 untuk kecepatan rencana 40 km/j dengan Jarak Pandang Henti sejauh 50 m.



Gambar 4. 6 Vertikal cekung



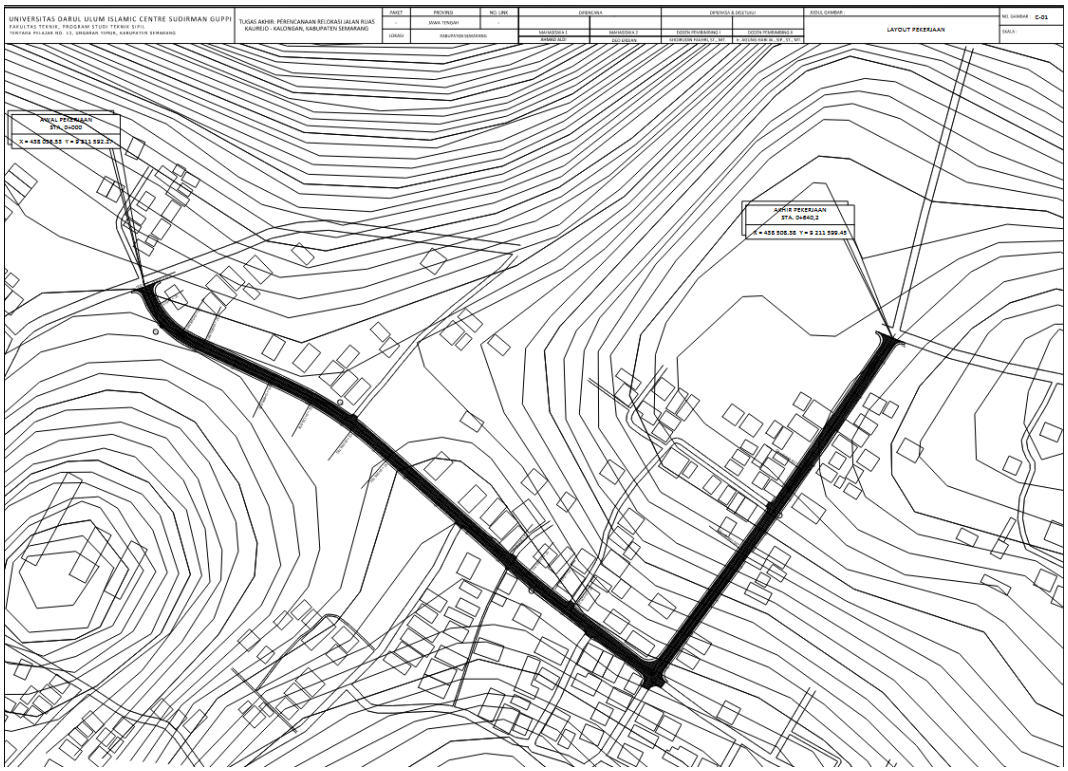
Gambar 4. 7 Vertikal cembung

4.2.3 Desain Geometrik jalan

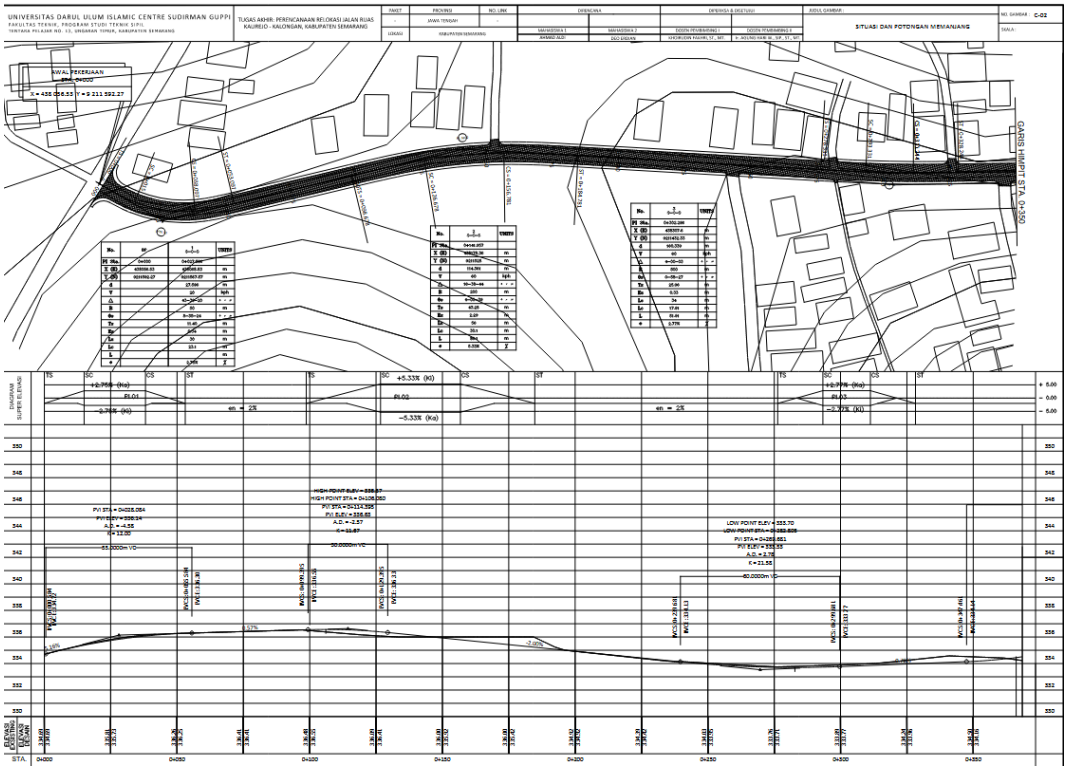
Hasil desain geometrik jalan merupakan hasil akhir dari proses perencanaan geometrik yang diperoleh setelah dilakukan perhitungan terhadap alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal. Hasil desain ini digunakan untuk menentukan bentuk trase jalan, posisi tikungan, kelandaian, serta profil memanjang jalan agar sesuai dengan kondisi medan dan memenuhi ketentuan perencanaan yang digunakan. Dalam penelitian ini, hasil desain geometrik digunakan untuk merencanakan trase relokasi Jalan Kalirejo–Kalongan dengan mempertimbangkan kondisi topografi serta keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan.

Berdasarkan hasil perhitungan, desain geometrik jalan terdiri dari alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal. Pada alinyemen horizontal digunakan tikungan Spiral-Circle-Spiral (SCS) dan Full Circle (FC) sesuai dengan kondisi tikungan dan hasil perhitungan. Parameter yang digunakan antara lain kecepatan rencana, jari-jari tikungan, panjang lengkung peralihan, panjang busur lingkaran, sudut tikungan, dan superelevasi.

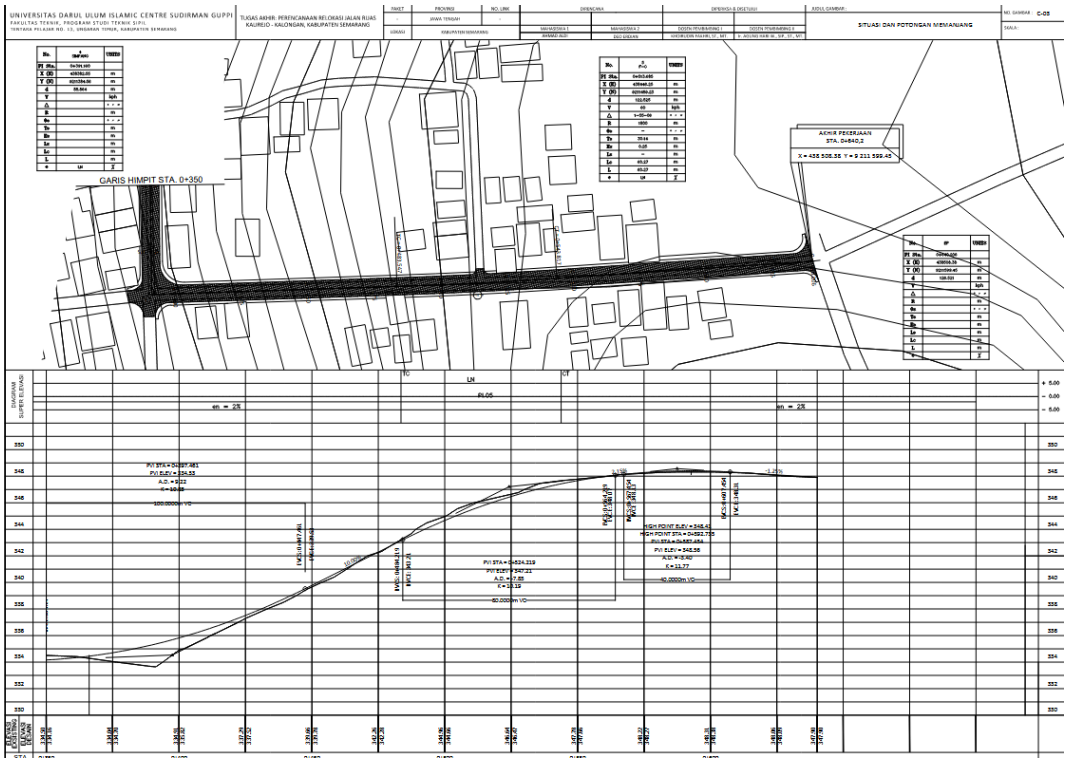
Sementara itu, pada alinyemen vertikal dilakukan perencanaan kelandaian dan lengkung vertikal untuk menyesuaikan trase jalan dengan kondisi elevasi di lapangan. Hasil perhitungan digunakan untuk menentukan posisi PVC, PVI, dan PVT, serta profil memanjang jalan. Perencanaan tersebut juga mempertimbangkan jarak pandang henti sehingga trase yang dihasilkan dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.



Gambar 4. 8 Layout pekerjaan



Gambar 4. 9 Situasi dan potongan memanjang



Gambar 4. 10 Situasi dan potongan memanjang

4.3 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan bagian konstruksi jalan yang berfungsi sebagai lapisan tempat kendaraan bergerak dan menerima beban lalu lintas. Perkerasan dibuat untuk memberikan permukaan jalan yang aman, nyaman, dan mampu menahan beban kendaraan selama umur rencana. perkerasan juga berfungsi untuk menyebarkan beban kendaraan ke tanah dasar agar tidak menyebabkan kerusakan pada jalan.

Dalam penelitian ini, desain perkerasan jalan dilakukan untuk menentukan jenis dan tebal setiap lapisan pada jalan relokasi Kalirejo–Kalongan. Perencanaan perkerasan mempertimbangkan beberapa faktor, seperti beban lalu lintas, kondisi tanah dasar, serta umur rencana jalan. Perencanaan tersebut mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2024.

Data yang digunakan dalam desain perkerasan jalan diperlukan untuk menentukan struktur dan tebal lapisan perkerasan yang sesuai Kelas Jalan sebagaimana diatur dalam Permen 5 Kriteria Persyaratan dan Perancangan Teknik Jalan. Data utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data lalu lintas, umur rencana, dan daya dukung tanah dasar.

Data lalu lintas digunakan untuk mengetahui beban kendaraan yang akan diterima oleh perkerasan selama umur rencana. Sementara itu, data tanah dasar diperoleh melalui pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) dalam kondisi optimum (*unsoaked*). Nilai CBR tersebut selanjutnya digunakan dalam proses penentuan parameter tanah dasar untuk desain perkerasan.

4.3.1 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas merupakan salah satu data penting dalam perencanaan perkerasan karena beban kendaraan menjadi beban utama yang diterima oleh struktur perkerasan. Data lalu lintas yang digunakan berupa jumlah dan jenis kendaraan yang melewati ruas Jalan Kalirejo–Kalongan.

Data tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan beban lalu lintas rencana selama umur pelayanan jalan. Dalam MDPJ 2024, akumulasi beban lalu lintas

rencana digunakan dalam bentuk *Equivalent Single Axle Load* (ESAL) dengan mempertimbangkan *Vehicle Damage Factor* (VDF).

4.3.2 Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) merupakan jumlah kendaraan yang melewati suatu ruas jalan dalam satu hari. Data LHR digunakan untuk mengetahui kondisi lalu lintas saat ini dan menjadi dasar dalam memperkirakan jumlah kendaraan pada tahun-tahun berikutnya.

Dalam penelitian ini, data LHR diperoleh dari hasil survei lalu lintas pada ruas Jalan Kalirejo–Kalongan. Data tersebut kemudian dikelompokkan berdasarkan jenis kendaraan dan digunakan sebagai salah satu dasar dalam menghitung beban lalu lintas untuk desain perkerasan.

Tabel 4. 10 Hasil survei LHR

Waktu Survey	Kendraan	EMP	SMP	SMP/Jam
Pejalan Kaki	100	0	0	0,00
Sepeda Onthel	35	0	0	0,00
Sepeda Motor	3690	0,5	614	307,50
Mobil	172	1	71	28,67
Mobil Angkutan Umum	25	1	2	4,17
Truck 2 As	18	1,3	7,8	3,90
Truck 3 As	10	1,5	0	2,50
Bus 3 As	3	1,5	0	0,75
Total	4053,00		2084,90	347,48

4.3.3 Pertumbuhan Lalu Lintas

Pertumbuhan lalu lintas digunakan untuk memperkirakan peningkatan jumlah kendaraan selama umur rencana jalan. Jumlah kendaraan pada masa yang akan datang diperkirakan berdasarkan data lalu lintas awal dan tingkat pertumbuhan lalu lintas. jumlah lalu lintas pada tahun rencana dapat dihitung dengan persamaan.

$$R=\frac{(1+0{,}01)ur-1}{0{,}01\ i}$$

Keterangan :

R : Faktor pengali pertumbuhan lali lintas kumulatif

I : Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR : Umur rencana (tahun)

Pada penelitian kali ini, pertumbuhan lalu-lintas di lokasi rencana dihitung selaman umur rencana yakni 20 tahun sebagaimana ditentukan di MDPJ 2024. Hasil perhitungan pertumbuhan lalu lintas ditampilkan pada Gambar 4.13, selanjutnya digunakan untuk menentukan beban lalu-lintas (*commulative single equivalent axle load*) yang diperkirakan akan melewati jalan selama umur rencana yang selanjutnya akan dibahas pada Sub Bab 4.3.4.

Jenis Kendaraan		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046
Pejalan kaki	Kend	100.00	103.50	107.12	110.87	114.75	118.77	122.93	127.23	131.68	136.29	141.06	146.00	151.11	156.40	161.87	167.53	173.40	179.47	185.75	192.25	198.98
	EMP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SMP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sepeda onthel	Kend	35.00	36.23	37.49	38.81	40.16	41.57	43.02	44.53	46.09	47.70	49.37	51.10	52.89	54.74	56.65	58.64	60.69	62.81	65.01	67.29	69.64
	EMP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SMP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sepeda Motor	Kend	3690.00	3819.15	3952.82	4091.17	4234.36	4382.56	4535.95	4694.71	4859.03	5029.09	5205.11	5387.29	5575.84	5771.00	5972.98	6182.04	6398.41	6622.35	6854.14	7094.03	7342.32
	EMP	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	SMP	1845.00	1909.58	1976.41	2045.58	2117.18	2191.28	2267.98	2347.36	2429.51	2514.55	2602.55	2693.64	2787.92	2885.50	2986.49	3091.02	3199.20	3311.18	3427.07	3547.01	3671.16
Mobil	Kend	172.00	178.02	184.25	190.70	197.37	204.28	211.43	218.83	226.49	234.42	242.62	251.11	259.90	269.00	278.42	288.16	298.25	308.68	319.49	330.67	342.24
	EMP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	SMP	172.00	178.02	184.25	190.70	197.37	204.28	211.43	218.83	226.49	234.42	242.62	251.11	259.90	269.00	278.42	288.16	298.25	308.68	319.49	330.67	342.24
Mobil Angkutan Umum	Kend	25.00	25.88	26.78	27.72	28.69	29.69	30.73	31.81	32.92	34.07	35.26	36.50	37.78	39.10	40.47	41.88	43.35	44.87	46.44	48.06	49.74
	EMP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	SMP	25.00	25.88	26.78	27.72	28.69	29.69	30.73	31.81	32.92	34.07	35.26	36.50	37.78	39.10	40.47	41.88	43.35	44.87	46.44	48.06	49.74
Truck 2 As	Kend	18.00	18.63	19.28	19.96	20.66	21.38	22.13	22.90	23.70	24.53	25.39	26.28	27.20	28.15	29.14	30.16	31.21	32.30	33.43	34.61	35.82
	EMP	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
	SMP	23.40	24.22	25.07	25.94	26.85	27.79	28.76	29.77	30.81	31.89	33.01	34.16	35.36	36.60	37.88	39.20	40.58	42.00	43.47	44.99	46.56
Truck 3 As	Kend	10.00	10.35	10.71	11.09	11.48	11.88	12.29	12.72	13.17	13.63	14.11	14.60	15.11	15.64	16.19	16.75	17.34	17.95	18.57	19.23	19.90
	EMP	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
	SMP	15.00	15.53	16.07	16.63	17.21	17.82	18.44	19.08	19.75	20.44	21.16	21.90	22.67	23.46	24.28	25.13	26.01	26.92	27.86	28.84	29.85
Bus 3 As	Kend	3.00	3.11	3.21	3.33	3.44	3.56	3.69	3.82	3.95	4.09	4.23	4.38	4.53	4.69	4.86	5.03	5.20	5.38	5.57	5.77	5.97
	EMP	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
	SMP	4.50	4.66	4.82	4.99	5.16	5.34	5.53	5.73	5.93	6.13	6.35	6.57	6.80	7.04	7.28	7.54	7.80	8.08	8.36	8.65	8.95
JUMLAH	Kend	4053.00	4194.86	4341.67	4493.63	4650.91	4813.69	4982.17	5156.55	5337.03	5523.82	5717.16	5917.26	6124.36	6338.71	6560.57	6790.19	7027.85	7273.82	7528.40	7791.90	8064.61
	SMP	2084.90	2157.87	2233.40	2311.57	2392.47	2476.21	2562.87	2652.58	2745.42	2841.50	2940.96	3043.89	3150.43	3260.69	3374.82	3492.93	3615.19	3741.72	3872.68	4008.22	4148.51
	Jm Survey	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
VOLUME LALU-LINTAS (Q)	SMP/jam	347.48	359.65	372.23	385.26	398.75	412.70	427.15	442.10	457.57	473.58	490.16	507.32	525.07	543.45	562.47	582.16	602.53	623.62	645.45	668.04	691.42
KAPASITAS (C)	SMP/jam	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04	2168.04
DS		0.16	0.17	0.17	0.18	0.18	0.19	0.20	0.20	0.21	0.22	0.23	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.31	0.32
LOS		A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Gambar 4. 11 Hasil Perhitungan Pertumbuhan Lalu Lintas selama 20 Tahun

4.3.4 Beban Sumbu Kendaraan

Beban sumbu kendaraan merupakan beban yang diteruskan oleh kendaraan ke permukaan perkerasan melalui sumbu rodanya. Setiap jenis kendaraan memiliki jumlah dan konfigurasi sumbu yang berbeda sehingga memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kerusakan perkerasan.

Dalam desain perkerasan, beban kendaraan tersebut diperhitungkan menjadi beban lalu lintas rencana dengan menggunakan faktor kerusakan kendaraan atau *Vehicle Damage Factor* (VDF). Hasil perhitungan beban lalu lintas selanjutnya dinyatakan dalam bentuk *Equivalent Single Axle Load* (ESAL) untuk menentukan kebutuhan struktur perkerasan.

Berikut adalah rumus perhitungan CESAL menurut MDPJ 2024

$CESAL = (\sum LHR_{jk} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R$

Keterangan

LHR_{JK} : Lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari)

VDF_{jk} : Faktor ekuivalen beban (*vehicle damage factor*) tiap jenis kendaraan niaga

DD : Faktor distribusi arah

DL : Faktor Distribusi Lajur

CESAL : Kumulatif beban sumbu standar ekuivalen selama umur rencana

Tabel 4. 11VDF Jawa tengah lintas selatan menurut MDPJ 2024

Kondisi	Kelas Kendaraan	Gol 5B	Gol 6A	Gol 6B	Gol 7A1	Gol 7A2	Gol 7A3	Gol 7B1	Gol 7B2	Gol 7B3	Gol 7C1	Gol 7C2A	Gol 7C2B	Gol 7C3	Gol 7C4
VDF4	Faktual	1,2	0,5	0,9	-	13,5	20,7	16,4	-	-	7,4	11,1	16,4	15,3	-
	Normal	1,2	0,5	0,3	-	4,4	4,8	4,9	-	-	5,0	8,1	7,5	8,4	-
VDF5	Faktual	1,3	0,4	1,1	-	26,8	47,0	29,4	-	-	10,5	17,0	28,7	27,4	-
	Normal	1,3	0,4	0,2	-	5,8	6,3	5,6	-	-	6,3	10,9	10,3	11,9	-

PERKIRAAN KOMULATIF BEBAN LALU LINTAS
CESA 5 UMUR RENCANA 20 TAHUN

RUAS JALAN : Kalirejo – Kalongan
UMUR RENCANA : 20 TAHUN
PERTUMBUHAN LALULINTAS : 3,50 % PERIODE 1
: 3,50 % PERIODE 2
FUNGSI JALAN : KOLEKTOR

KLASIFIKASI	JENIS KENDARAAN	LALU LINTAS HARIAN RAT2 (LHR)					VDF5		DL	DD	R 1 % = 3,50 R 2 % = 3,50		ESA5	
		2023	2025	2026	2028	2031					3 TAHUN	17 TAHUN	FAKTUAL	NORMAL
		DATA LL	DESAIN	KONSTR.	LAYAN	3 TH FAK	FACTUAL	NORMAL			2028-2031	2031-2048	2028-2031	2031-2048
1	Sepeda motor dan Kendaraan Roda 3													
2	Kendaraan ringan - sedan, jeep dan station wagon													
3	Kendaraan ringan - angkutan umum sedang													
4	Kendaraan ringan - pickup dan micro truck													
5A	Bus kecil													
5B	Bus Besar	9	10	10	11	12	1,30	1,30	0,50	1,00	3,11	22,71	7.877	63.840
6A	Truk 2 sumbu - truck ringan	-	-	-	-	-	0,40	0,40	0,50	1,00	3,11	22,71	-	-
6B	Truk 2 sumbu - truck sedang	40	43	44	48	53	1,10	0,20	0,50	1,00	3,11	22,71	29.624	43.651
7A1	Truk 3 sumbu - berat													
7A2	Truk 3 sumbu - berat	41	44	45	49	54	26,80	5,80	0,50	1,00	3,11	22,71	739.803	1.297.536
7A3	Truk 4 sumbu - berat	-	-	-	-	-	47,00	6,30	0,50	1,00	3,11	22,71	-	-
7B1	Truk 4 sumbu - berat	-	-	-	-	-	29,40	5,60	0,50	1,00	3,11	22,71	-	-
7B2	Truk 5 sumbu - berat													
7B3	Truk 5 sumbu - berat													
7C1	Truk 4 sumbu - berat	-	-	-	-	-	10,50	6,30	0,50	1,00	3,11	22,71	-	-
7C2A	Truk 5 sumbu - berat	-	-	-	-	-	17,00	10,90	0,50	1,00	3,11	22,71	-	-
7C2B	Truk 5 sumbu - berat	-	-	-	-	-	28,70	10,30	0,50	1,00	3,11	22,71	-	-
7C3	Truk 6 sumbu - berat	-	-	-	-	-	27,40	11,90	0,50	1,00	3,11	22,71	-	-
7C4	Truk 7sumbu - berat													
8	Kendaraan tak bermotor													
												JUMLAH ESA	777.305	1.405.027
												ESA	2.182.332	
													ESA5	

Gambar 4. 12 Hasil Perhitungan CESA 5

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai CESA 5 sebesar 2.182.322 ESA. Nilai tersebut menunjukkan besarnya akumulasi beban sumbu standar kendaraan yang diperkirakan akan melewati jalan selama periode perencanaan. Selanjutnya, CESA 5 digunakan sebagai parameter dalam menentukan desain struktur perkerasan jalan yang sesuai dengan kondisi lalu lintas dan umur rencana.

4.3.5 CBR Tanah Dasar

California Bearing Ratio (CBR) merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah dasar. Nilai CBR diperoleh melalui pengujian terhadap sampel tanah dan dinyatakan dalam persen. Semakin tinggi nilai CBR, maka semakin baik kemampuan tanah dalam mendukung beban yang diterima dari lapisan perkerasan.Hasil pengujian CBR kemudian digunakan sebagai parameter dalam desain perkerasan dan dikonversi menjadi nilai Modulus Resilien (MR) sesuai pendekatan yang digunakan dalam MDPJ 2024.

4.3.5.1 Nilai CBR Laboratorium

Nilai CBR laboratorium diperoleh dari hasil pengujian sampel tanah dasar di laboratorium. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanah dalam menerima beban sebelum dilakukan perencanaan struktur perkerasan.

Berdasarkan dokumen penelitian, pengujian CBR mengacu pada SNI 1744:2012 tentang Metode Uji CBR Laboratorium. Hasil pengujian tersebut menjadi data dasar dalam menentukan daya dukung tanah dasar yang digunakan pada desain perkerasan.

4.3.5.1.1 Hasil Pengujian CBR Laboratorium

Pengujian California Bearing Ratio (CBR) dilakukan untuk mengetahui nilai daya dukung relatif dari material tanah yang digunakan dalam penelitian. Pengujian CBR laboratorium mengacu pada SNI 1744:2012 tentang Metode Uji CBR Laboratorium. Pengujian dilakukan terhadap benda uji yang telah dipersiapkan dan dipadatkan.



Gambar 4. 13 Penekanan benda uji menggunakan alat Loading Machine

Hasil pengujian CBR diperoleh melalui pengujian penetrasi menggunakan mesin CBR. Pada saat proses penetrasi berlangsung, dilakukan pencatatan nilai beban pada setiap tingkat penetrasi. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk membuat kurva hubungan antara penetrasi dan beban penetrasi. Nilai CBR ditentukan berdasarkan beban pada penetrasi 2,5 mm (0,1 inch) dan 5,0 mm

4.3.5.1.2 Hasil Pemadatan Benda Uji

Sebelum dilakukan pengujian penetrasi, benda uji dipadatkan sesuai dengan tingkat pemadatan yang mengacu pada SNI 1744:2012 tentang Metode Uji CBR Laboratorium. yaitu 3 Layer pemadatan dan setiap pemadatan dilakukan 56 kali Tumbukan.



Gambar 4. 14 Benda uji yang sudah di padatkan di dalam mold

Dalam pengujian sampel tanah dilakukan dengan membuat 3 buah benda uji, berikut nilai masing-masing sampel;

Tabel 4. 12 Nilai CBR dari sampel tanah yang diambil di Lokasi

Waktu (Detik)	Sampel 1 (mm)	Sampel 2 (mm)	Sampel 3 (mm)
0	0	0	0
15	1,9	1	3
30	3,1	1,5	5
60	7	3,3	10
90	11	7	15
120	18	11	20
180	21	18,3	28
240	23,5	24	34
360		27	38
480		29	47,3
600		35	53

Setelah mendapatkan nilai CBR, dilanjutkan dengan perhitungan berdasarkan SNI 1744:2012. Data hasil pengujian dari ketiga benda uji digunakan untuk membuat kurva hubungan antara beban dan penetrasi. Selanjutnya, dari kurva tersebut ditentukan beban terkoreksi pada penetrasi 2,5 mm dan 5,0 mm.

penetrasi terhadap beban standar, yaitu 1000 Psi pada penetrasi 2,5 mm dan 1500 Psi pada penetrasi 5,0 mm, kemudian dikalikan 100%. Nilai CBR umumnya ditentukan berdasarkan penetrasi 2,5 mm. Apabila nilai CBR pada penetrasi 5,0 mm lebih besar, maka pengujian perlu diulang dan apabila hasilnya tetap sama, nilai CBR pada penetrasi 5,0 mm digunakan

Menurut SNI 1744:2012;

$$CBR = \frac{Beban\ terkoreksi}{Beban\ standar} \text{x } 100\%$$

Sehingga;

Luasan Piston Penetrasi = 3 Inch

Pada penetrasi 0,01 mm

$$CBR_{2,5} = \frac{P\ 0{,}01}{3\ x\ 1000} \times 100\%$$

Pada penetrasi 0,02 mm

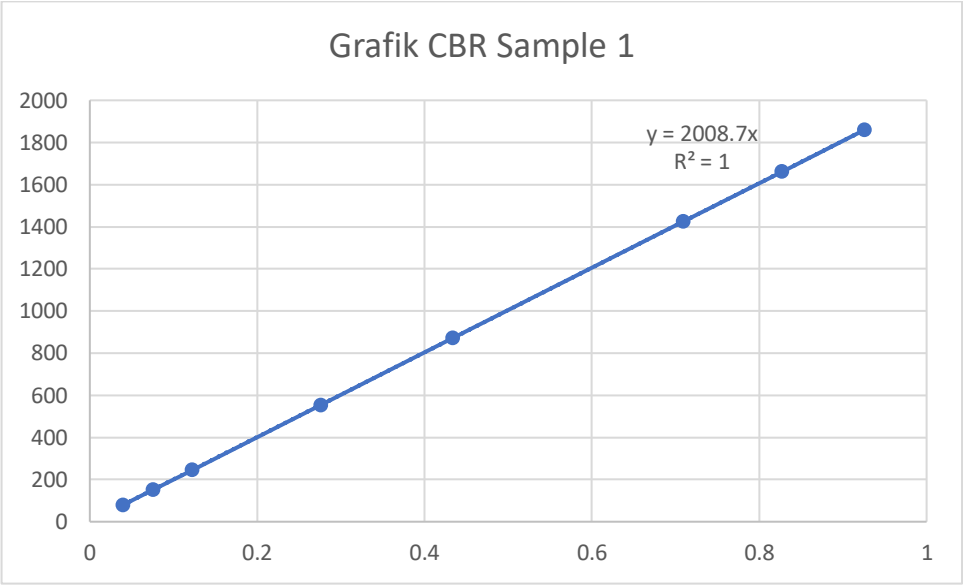
$$CBR_{5,0} = \frac{P\ 0{,}02}{3\ x\ 1500} \times 100\%$$

Dari 3 Sampel yang di Uji menghasilkan Nilai CBR Sebagai Berikut beserta dengan Gambar grafiknya:

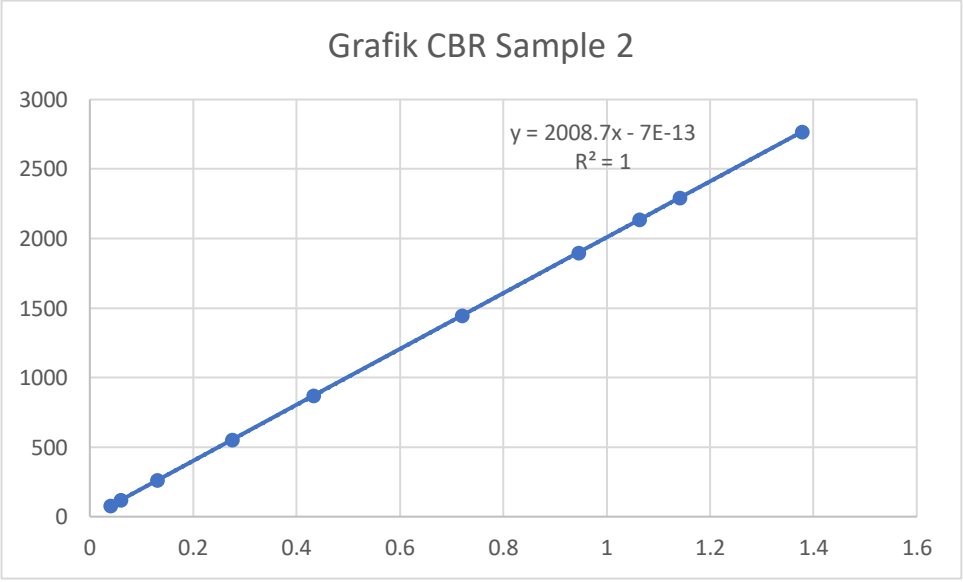
Tabel 4. 13 Tabel Hasil Nilai CBR Laboratorium

	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
CBR 0,01	6,695667 %	6,695667 %	6,695667 %
CBR 0,02	13,33333 %	8,927556 %	13,33333 %
CBR Wakil	10,0145 %	7,811611 %	10,0145 %
CBR Desain			**9,280204 %**

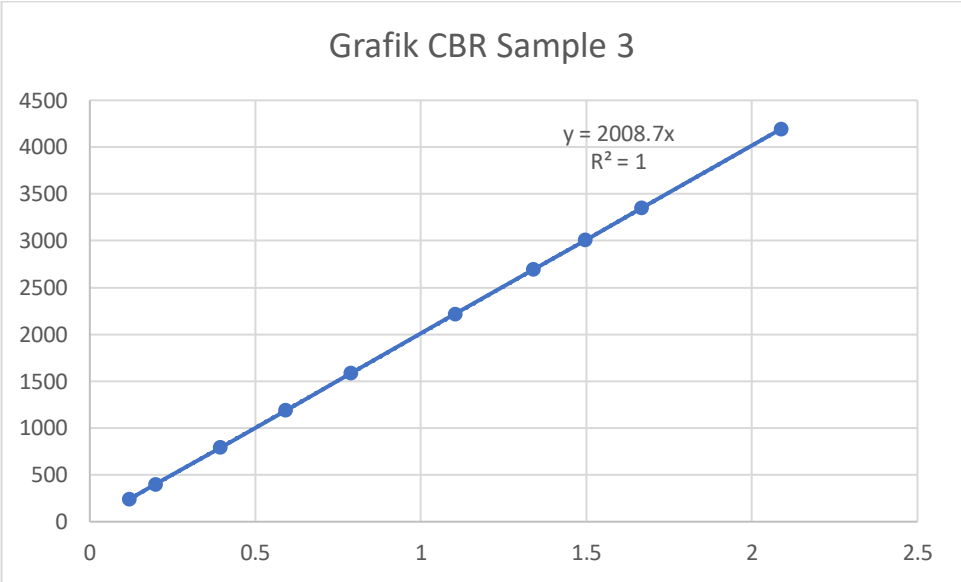
Tabel 4. 14 Tabel grafik CBR Sample 1



Tabel 4. 15 Tabel grafik CBR Sample 2



Tabel 4. 16Tabel grafik CBR sample 3



Dari hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah dan Bahan Bangunan Undaris, nilai CBR Tanah Dasar (yang kemudian dijadikan nilai CBR desain) adalah 9,28%. Dalam evaluasinya terhadap, Bagan Desain 2 MDPJ 2024 menyatakan untuk CBR desain > 5,00% tidak memerlukan Perbaikan Tanah.

4.3.5.1.3 Hasil Perhitungan Kadar Air

Pengujian kadar air pada sampel tanah uji CBR (California Bearing Ratio) dilakukan dengan memasukkan sampel ke dalam oven bersuhu 110°C selama 24 jam untuk menguapkan seluruh kandungan air bebas secara sempurna.

Hasil dari pengujian adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 17 Data sample CBR

Data Sample									
Before Oven			**After Oven**			**Kadar Air(%)**			
Sampel I		W2	Sampel I		W3	Ww	Wd		
	D1	20		D1	20	0	20		
	D2	20		D2	20	0	20		
Sampel II			Sampel II						
	D3	20		D3	20	0	20		
	D4	20		D4	15	5	15		
Sampel III			Sampel III						
	D5	20		D5	15	5	15		

	D6	20		D6	20	0	20		
Rata - Rata		20			18,33333		1,67		8,35

Selisih 1,666667

Berat cawan 15

Rumus	W = (W2-W3/W3-W1)*100%

4.3.6 Penentuan Struktur Perkerasan

Penentuan struktur perkerasan dilakukan berdasarkan hasil perhitungan beban lalu lintas dan kondisi tanah dasar. Pada penelitian ini digunakan jenis perkerasan lentur (*flexible pavement*) karena struktur perkerasan menggunakan lapisan beraspal sebagai lapis permukaan dan lapisan agregat sebagai lapis pondasi. Berdasarkan hasil perhitungan lalu lintas, diperoleh nilai CESA 5 sebesar 2.182.322 ESA. Nilai tersebut merupakan akumulasi beban sumbu standar kendaraan selama umur rencana dan menjadi salah satu parameter utama dalam menentukan struktur perkerasan. Selain beban lalu lintas, kondisi tanah dasar juga menjadi pertimbangan dalam menentukan struktur perkerasan.

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium diperoleh nilai CBR desain sebesar 9,280204%**.** Nilai tersebut menunjukkan bahwa tanah dasar mempunyai daya dukung yang dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan perkerasan. Dengan menggunakan nilai CESA 5 sebesar 2.182.322 ESA dan kondisi tanah dasar tersebut, struktur perkerasan ditentukan menggunakan pendekatan MDPJ 2024. Struktur yang digunakan terdiri dari lapis permukaan, lapis pondasi beraspal, lapis pondasi atas, dan lapis pondasi bawah

4.3.6.1 Parameter Perencanaan

Parameter utama yang digunakan dalam perencanaan perkerasan Adalah

Tabel 4. 18 Tabel Parameter perencanaan

Parameter	Nilai
Jenis perkerasan	Perkerasan lentur
CESA 5	2.182.322 ESA
CBR desain	9,280204%
Umur rencana	20 tahun
Jalan	2 arah tak terbagi

Nilai CESA 5 sebesar 2.182.322 ESA diperoleh dari perhitungan lalu lintas

4.3.7 Perhitungan Tebal Perkerasan

Perhitungan tebal perkerasan dilakukan untuk menentukan ketebalan masing-masing lapisan yang dibutuhkan agar jalan dapat menerima beban lalu lintas selama umur rencana. Perhitungan menggunakan hasil analisis lalu lintas berupa nilai CESA 5 dan kondisi tanah dasar berupa nilai CBR.

Nilai CESA 5 yang digunakan adalah 2.182.322 Sedangkan parameter tanah dasar yang digunakan adalah CBR Desain 9,280204%. Berdasarkan nilai CESA 5 tersebut, kebutuhan struktur perkerasan ditentukan menggunakan Bagan Desain 3A perkerasan lentur pada MDPJ 2024. Alasan pemilihan lapis pondasi agregat dibandingkan CTB (untuk Base dan Sub Base Layer) adalah dikarenakan kemudahan pelaksanaan.

Susunan lapisan perkerasan yang digunakan terdiri dari lapis permukaan AC-WC, AC-BC (2 layer), Lapis Fondasi Agregat Kelas A, dan Lapis Fondasi Agregat Kelas B.

Ketebalan masing-masing lapisan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 19 Lapisan aspal

No.	Lapisan	Jenis Material	Tebal
1	Lapis Permukaan	AC-WC	40 mm
2	Lapis Permukaan	AC-BC	65 mm + 80 mm
3	Lapis Pondasi Atas	LFA Kelas A	200 mm
4	Lapis Pondasi Bawah	LFA Kelas B	150 mm

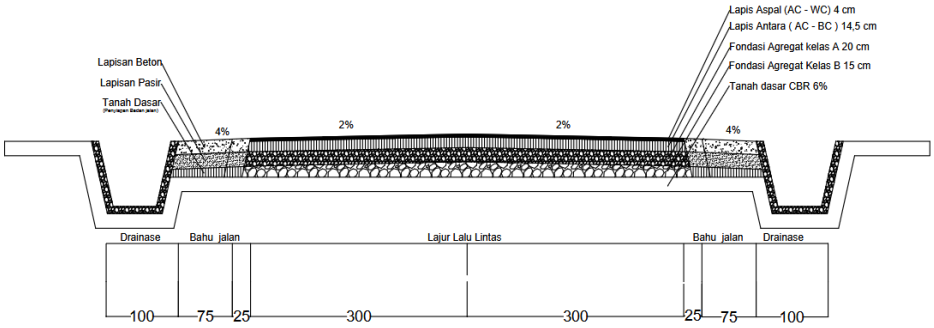
Selanjutnya, total tebal perkerasan dihitung dengan menjumlahkan seluruh lapisan, yaitu:

$$T = 40 + 65 + 80 + 200 + 150$$
$$T = 535\ mm$$

Dengan demikian, total tebal struktur perkerasan yang digunakan pada Jalan Kalirejo–Kalongan adalah 535 mm atau 53,5 cm**.**

Hasil desain ini selanjutnya dapat digunakan sebagai dasar dalam pembuatan gambar penampang melintang struktur perkerasan Jalan Kalirejo–Kalongan.

Dengan adanya susunan dan ketebalan setiap lapisan tersebut, struktur perkerasan diharapkan mampu mendukung beban lalu lintas sesuai dengan nilai beban rencana dan kondisi tanah dasar yang telah diperhitungkan.



BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perencanaan yang telah dilakukan pada Tugas Akhir dengan judul "Perencanaan Perkerasan Relokasi Jalan Kalirejo – Kalongan", dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi eksisting Jalan Kalirejo–Kalongan memiliki panjang sekitar 637,77 m, lebar perkerasan sekitar 3,00 m, dan lebar bahu jalan sekitar 0,80 m pada masing-masing sisi. Kondisi jalan mengalami kerusakan akibat tanah longsor yang menyebabkan terganggunya akses masyarakat. Berdasarkan kondisi tersebut, relokasi jalan digunakan sebagai alternatif penanganan untuk mendapatkan trase jalan yang dapat disesuaikan dengan kondisi lapangan.
2. Desain geometrik jalan relokasi direncanakan berdasarkan pedoman desain geometrik jalan tahun 2021 dengan mempertimbangkan kondisi trase, lalu lintas, dan karakteristik jalan. Hasil analisis lalu lintas menunjukkan arus sebesar 347,48 smp/jam dengan kapasitas jalan sekitar 2.168,04 smp/jam. Hasil tersebut menjadi salah satu dasar dalam perencanaan geometrik jalan relokasi Kalirejo–Kalongan.
3. Desain perkerasan jalan ditentukan berdasarkan nilai CESA 5 sebesar 2.182.322 ESA dan CBR desain sebesar 9,28%. Berdasarkan parameter tersebut, struktur perkerasan yang direncanakan terdiri dari AC-WC 40 mm, AC-BC 65 mm + 80 mm, Lapis Fondasi Agregat Kelas A 200 mm, dan Lapis Fondasi Agregat Kelas B 150 mm, sehingga diperoleh total tebal struktur perkerasan sebesar 535 mm atau 53,5 cm

.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Pada tahap pelaksanaan pembangunan relokasi Jalan Kalirejo–Kalongan, perlu dilakukan pemeriksaan kondisi tanah dan topografi secara lebih detail, terutama pada daerah yang memiliki kemiringan lereng dan berpotensi mengalami longsor. Hal ini penting untuk memastikan trase yang direncanakan tetap aman pada saat pelaksanaan maupun setelah jalan digunakan.
2. Untuk penelitian atau perencanaan selanjutnya, data yang digunakan dapat diperluas dengan melakukan survei lalu lintas dalam waktu yang lebih panjang, pengujian tanah pada beberapa titik tambahan, serta analisis drainase dan stabilitas lereng. Dengan data yang lebih lengkap, hasil perencanaan diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih akurat terhadap kondisi lapangan dan kebutuhan konstruksi jalan.
3. Pada penelitian selanjutnya, pengujian CBR dapat dilengkapi dengan soaked CBR (CBR rendaman) apabila kondisi tanah yang ditinjau berpotensi mengalami kejenuhan atau berada pada kondisi kritis akibat pengaruh air. Pengujian tersebut diperlukan untuk mengetahui perubahan daya dukung tanah setelah mengalami perendaman, sehingga hasil yang diperoleh dapat memberikan gambaran yang lebih representatif mengenai kondisi tanah pada keadaan paling kritis. Dengan demikian, perbandingan antara nilai unsoaked CBR dan soaked CBR dapat digunakan sebagai bahan evaluasi terhadap pengaruh air terhadap daya dukung tanah.

DAFTAR PUSTAKA

Binmarga.pu.go.id *Manual Desain Perkerasan Jalan 2024*.

Binamarga.pu.go.id *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2021*.

Badan Standarisasi Nasional, 2004. *Geometrik Jalan Perkotaan (RSNI T-14-2004), Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum*.

Badan Pusat Statistik Kabupaten Semarang. (2025). *Kecamatan Ungaran Timur Dalam Angka 2025*. BPS Kabupaten Semarang.

Badan Standardisasi Nasional, 2012. *Metode uji CBR laboratorium* (SNI 1744:2012). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2023). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 5 Tahun 2023 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Perencanaan Teknis Jalan. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.*