

KARENA SKRIPSI V4.pdf

by Student Turnitin

Submission date: 25-Aug-2025 12:52AM (UTC-0700)

Submission ID: 2733280133

File name: KARENA_SKRIPSI_V4.pdf (4.58M)

Word count: 18987

Character count: 102900

ABSTRAK

Pertumbuhan ekonomi yang terus meningkat mendorong peningkatan arus lalu lintas, terutama untuk distribusi barang dan jasa. Pembangunan jalan menjadi faktor penting dalam mempercepat perkembangan ekonomi daerah. Oleh karena itu, pemerintah perlu menyediakan dana untuk pembangunan jalan demi mendukung pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat.

Pembangunan jalan ini direncanakan pada ruas jalan Sungai Ara – Harapan Tani menggunakan perkerasan kaku yang dimana pemilihan harus mempertimbangkan keadaan lapangan, umur rencana, struktur perkerasan, beban lalu lintas, pengaruh air, kondisi tanah dasar, dan faktor lainnya. Sehingga diharapkan dapat menunjang kegiatan kegiatan ekonomi dan sosial masyarakat setempat. Analisa perencanaan ini menggunakan metode Bina Marga 2024 dan metode AASHTO 1993.

Pada perencanaan tebal perkerasan dalam tugas akhir ini dengan hasil, untuk Bina Marga fondasi bawah beton K-125 tebal 15 cm, tebal plat beton K-350 adalah 20 cm, dan untuk AASHTO, fondasi bawah beton K-125 tebal 15 cm, tebal plat beton K-350 adalah 21 cm, dengan anggaran biaya menggunakan metode Bina Marga sebesar Rp. 28.115.300.000,00. (*Dua Puluh Delapan Milyar Seratus Lima Belas Juta Tiga Ratus Ribu Rupiah*).

Kata kunci: Perkerasan Kaku, Bina Marga 2024, AASHTO 1993, Rencana Anggaran Biaya.

ABSTRACT

¹²⁷ The continuous growth of the economy has driven an increase in traffic flow, especially for the distribution of goods and services. Road construction plays a key role in accelerating regional economic development. Therefore, the government needs to allocate sufficient funds for road construction to support economic growth and improve public welfare.

This road construction project is planned for the Sungai Ara – Harapan Tani road section using rigid pavement. The selection process considers field conditions, design life, pavement structure, traffic load, water influence, subgrade conditions, and other factors. It is expected to enhance economic and social activities in the area. This planning analysis applies the 2024 Bina Marga method and the 1993 AASHTO method.

The pavement thickness design results in this project show that, according to the Bina Marga method, the sub-base uses 15 cm of K-125 concrete, and the slab uses 20 cm of K-350 concrete. Meanwhile, the AASHTO method requires 15 cm of K-125 concrete for the sub-base and 21 cm of K-350 concrete for the slab. The total budget estimation using the Bina Marga method is approximately Rp 28.115.300.000,00. (Twenty-Eight Billion One Hundred Fifteen Million Three Hundred Thousand Rupiah).

Keywords: Rigid Pavement, Bina Marga 2024, AASHTO1993, Budget Estimation.

PENDAHULUAN**1.1 Latar Belakang**

Seiring dengan pertumbuhan ekonomi di Indonesia yang terus berkembang dari tahun ke tahun dan juga meningkatnya arus lalu lintas, terutama pada kegiatan ekonomi seperti distribusi barang dan jasa baik antara daerah, provinsi maupun tingkat nasional. Perkembangan ekonomi suatu daerah di pengaruhi oleh pembangunan dan peningkatan jalan. Oleh karena itu peran pemerintah sangat penting serta perlu menyediakan anggaran yang signifikan dalam kegiatan pembangunan jalan agar terciptanya pertumbuhan ekonomi dan sosial masyarakat setempat.

Beberapa ruas jalan di wilayah kabupaten indragiri hilir memerlukan perhatian lebih dari pemerintah daerah. Salah satu nya adalah ruas jalan Sungai Ara – Harapan Tani yang saat ini dalam kondisi memprihatinkan. Jalan tersebut merupakan jalan penghubung untuk menuju ke berbagai tempat seperti ke arah Enok, Kota Baru, dan Simpang Granit, tetapi yang sedang penulis tinjau saat ini, lebih berfokus pada ruas jalan Sungai Ara – Harapan Tani. yang dimana jalan tersebut merupakan salah satu tujuan masyarakat untuk menuju ketempat perdagangan/pasar dan persinggahan. Dengan adanya akses jalan tersebut mempermudah kegiatan arus barang dan jasa serta meningkatnya perekonomian penduduk setempat.

Melihat kondisi sekarang Ruas Jalan Sungai Ara – Harapan Tani pada saat ini menggunakan perkerasan lentur yang selama bertahun - tahun terjadi kerusakan jalan dikarenakan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor, mobil, angkutan berat dan tidak mempertimbangan kendaraan berat melewati jalan tersebut sehingga jalan sungai ara – harapan tani sering ngalami kerusakan jalan sebelum umur rencana berakhir. beratnya kendaraan yang melintasi jalan tersebut mengakibatkan turunnya kualitas permukaan jalan menunjukkan gejala kerusakan, baik berupa lubang maupun gelombang, yang disebabkan oleh beban lalu lintas berlebih. Ketidaknyaman jalan tersebut membuat perekonomian dan kegiatan sosial masyarakat setempat terhambat, serta para pengguna jalan lebih memilih jalan lain agar terhindar dari jalan rusak. Maka dari itu diharapkan adanya peningkatan kualitas suatu jalan sehingga memberikan manfaat bagi penggunanya.

Berdasarkan uraian tersebut, maka pada Ruas Jalan Sungai Ara – Harapan Tani, penulis bermaksud merencanakan jalan menggunakan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) sebagai opsi lain dalam konstruksi jalan karena memiliki keunggulan seperti daya tahan tinggi terhadap beban kendaraan berat, perawatan yang efisien dan kebutuhan umur layanan yang lebih lama. Dengan direncanakannya jalan yang kuat, aman, dan nyaman, diharapkan dapat menunjang kegiatan ekonomi dan sosial masyarakat setempat.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang diuraikan pada bagian latar belakang, dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapa tebal yang diperlukan pada perencanaan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) pada Ruas Jalan Sungai Ara – Harapan Tani?
2. Berapa rencana anggaran biaya (RAB) untuk perencanaan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) pada Ruas Jalan Sungai Ara – Harapan Tani?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian Tugas Akhir ini, penulis hanya membahas tentang:

1. Perencanaan Perkerasan Kaku dengan Metode Bina Marga 2024 dan AASHTO 1993.
2. Merencanakan anggaran biaya dengan analisa Bina marga serta harga satuan bahan, upah dan sewa alat wilayah Kabupaten Indragiri Hilir tahun 2024.
3. Tidak merencanakan dan menghitung saluran drainase.
4. Untuk perhitungan tebal pelat dan tulangan menggunakan Pd T-14-2003.
5. Merencanakan jalan 2,4 km pada Ruas Jalan Sungai Ara – Harapan Tani.

1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.4.1 Maksud

Maksud dari tugas akhir ini adalah untuk melakukan Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) Studi Kasus Ruas Jalan Sungai Ara – Harapan Tani dengan metode Bina Marga dan AASHTO, dimaksudkan agar Dalam perencanaan jalan sesuai dengan kebutuhan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.

1.4.2 Tujuan

Tujuan tugas akhir ini pada perencanaan tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah:

1. Mengetahui tebal perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) pada Ruas Jalan Sungai Ara – Harapan Tani.
2. Mengetahui rencana anggaran biaya (RAB) untuk perencanaan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) pada Ruas Jalan Sungai Ara – Harapan Tani.

95

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Bagi penulis, dapat menambah ilmu pengetahuan dan wawasan di bidang tentang perencanaan jalan khususnya perkerasan kaku yang sesuai standar dan benar.
2. Bagi Universitas khusus prodi teknik sipil, sebagai bahan referensi atau pedoman untuk pengembangan dalam perencanaan jalan beton (*Rigid Pavement*).
3. Bagi Pemerintah, dipertimbangkan menggunakan perkerasan kaku memiliki umur layanan yang lebih panjang dan tahan terhadap beban berat, meskipun biaya awal lebih besar. Perkerasan ini mengurangi frekuensi perbaikan berulang, sehingga lebih efisien dalam jangka panjang dan mendukung keselamatan jalan yang lebih baik.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu adalah kegiatan membandingkan penelitian yang sedang dilakukan dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Tujuan dari perbandingan ini adalah untuk mengidentifikasi persamaan maupun perbedaan yang ada, sehingga penulis dapat mengetahui kelebihan serta keterbatasan dari penelitian yang sedang dilaksanakan.

Bagian ini mencantumkan berbagai referensi penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan, lalu merangkumnya. Penelitian dapat berupa jurnal, skripsi, tesis, disertasi. Berikut beberapa penelitian terdahulu:

1. Rachardi, Reffanda Kurniawan, Universitas PGRI Palembang (2018), dengan judul *"Analisis Tebal Perkerasan Jalan Rigid Di Kecamatan Sinar Peninjauan"*. Hasil analisis menunjukkan bahwa Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) di Jalan Kecamatan Sinar Peninjauan pada tahun 2016 mencapai 1.628 kendaraan per hari untuk ruas 2 jalur 2 arah. Perkerasan jalan menggunakan tebal 18 cm dengan tulangan memanjang Ø14-100 mm serta tulangan melintang Ø12-300 mm. Untuk meningkatkan mutu konstruksi, disarankan penggunaan material sesuai standar Bina Marga agar jalan lebih kokoh dan memberikan kenyamanan bagi pengguna.
2. Ahmad Irwan Hanafi, Totok Yulianto, Titin Sundari, Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang (2023), dengan judul *"Perencanaan Jalan Rigid Pavement Pada Kawasan Perumahan Bunda Asri Kecamatan Bandarkedungmulyo Kabupaten Jombang"*. Penelitian ini menggunakan metode Pd T-2003 dalam perencanaan. Hasil perhitungan menunjukkan terdapat dua tipe jalan, yaitu jalan desa dengan tebal perkerasan kaku 165 mm dan jalan lokal dengan tebal perkerasan kaku 170 mm.
3. Maya Sari, Universitas Islam Indragiri (2021), dengan judul *"Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Jalan Tembilahan – Terusan Mas"*. Perencanaan perkerasan kaku menghasilkan desain pelat beton K-350 dengan ketebalan 20 cm dan lapisan fondasi bawah beton K-125 setebal 15 cm. Total anggaran yang diperlukan untuk pekerjaan ini adalah Rp 25.035.692.000,00.

4. Hidayah Ryiski, Universitas Medan Area (2022), dengan judul “*Evaluasi Tebal Perkerasan Kakapada Proyek Jalan Tol Tebing Tinggi – Inderapura*”. Ketebalan perkerasan kaku yang dihasilkan dari perencanaan telah memenuhi standar kekuatan dan keamanan struktur. Pada metode Bina Marga 2017, diperoleh tebal 30,5 cm, sementara pada metode AASHTO 1993 diperoleh ketebalan 20 cm.
5. Rut Magdalena Silitonga, Universitas Palangka Raya (2020), dengan judul “*Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Dengan Metode Aashto 1993 Pada Ruas Jalan Dusun Betung Kabupaten Katingan*”. Penelitian pada ruas jalan akses menuju Dusun Betung (STA 0+000 – STA 2+200) menggunakan metode AASHTO 1993 dengan nilai CBR 18,5% diperoleh tebal pelat beton adalah 25,5 cm, dengan *lean concrete* setebal 10 cm, dan lapis fondasi agregat kelas A setebal 15 cm, dan perhitungan dengan Nomogram AASHTO 1993 menghasilkan tebal pelat 26 cm.

2.2 Jalan

Pengertian umum mengenai jalan sesuai dengan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022 Pasal 1 tentang Jalan adalah sebagai berikut:

1. Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang mencakup seluruh bagiannya, termasuk bangunan penghubung, pelengkap, maupun perlengkapannya yang digunakan untuk lalu lintas. Jalan dapat berada di atas permukaan tanah, di bawah tanah, di atas air, maupun di bawah permukaan air. Namun, jalan tidak termasuk jalan rel, jalan lori, maupun jalan kabel.
2. Jalan Umum adalah jalan digunakan untuk kepentingan lalu lintas secara umum.
3. Jalan bebas hambatan merupakan jenis jalan umum yang dirancang untuk lalu lintas dengan akses masuk yang sepenuhnya terkendali, tanpa persimpangan sebidang, serta dilengkapi pagar pada ruang milik jalan.
4. Jalan tol adalah jalan bebas hambatan yang termasuk dalam sistem jaringan jalan serta berstatus sebagai jalan nasional, di mana para pengguna diwajibkan untuk membayar biaya penggunaan.
5. Jalan khusus merupakan jalan yang dibangun serta dikelola untuk kepentingan tertentu oleh pihak selain penyelenggara jalan, baik itu BUMN, BUMD, badan usaha berbadan hukum maupun tidak, perseorangan, kelompok masyarakat, ataupun instansi pemerintah pusat maupun daerah.

2.2.1 Klasifikasi Jalan

Berikut ini adalah klasifikasi jalan menurut fungsi jalan, kelas jalan, medan jalan dan status jalan.

2.2.1.1 Klasifikasi jalan menurut fungsi jalan

Klasifikasi jalan menurut fungsi jalan sebagai berikut:

1. Jalan arteri merupakan jalan yang difungsikan untuk melayani pergerakan utama, dengan karakteristik perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, serta akses jalan masuk yang dibatasi secara efisien.
2. Jalan kolektor adalah jalan yang berperan sebagai penghubung dan pembagi arus lalu lintas, memiliki karakter perjalanan jarak menengah, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah akses masuk yang dibatasi.
3. Jalan lokal berfungsi melayani pergerakan lalu lintas setempat dengan ciri perjalanan jarak pendek, kecepatan rata-rata rendah, serta akses masuk yang tidak dibatasi.
4. Jalan lingkungan adalah jalan umum yang digunakan untuk pergerakan di dalam lingkungan, dengan ciri perjalanan jarak dekat dan kecepatan rata-rata rendah.

2.2.1.2 Klasifikasi jalan menurut kelas jalan

Klasifikasi jalan menurut kelasnya ditentukan berdasarkan kemampuan jalan dalam menahan beban lalu lintas, yang dinyatakan dengan Muatan Sumbu Terberat (MST) dalam satuan ton, serta kesesuaiannya dalam melayani kendaraan dengan ukuran tertentu. Rincian mengenai klasifikasi kelas jalan, fungsi jalan, serta batas maksimum dimensi kendaraan yang diperbolehkan melintas dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan Maksimum			Muatan sumbu terberat (Ton)
		Lebar (m)	Panjang (m)	Tinggi (m)	
I	Arteri, Kolektor	$\leq 2,55$	≤ 18	$\leq 4,2$	10
II	Arteri, Kolektor, lokal, lingkungan	$\leq 2,55$	≤ 12	$\leq 4,2$	8
III	Arteri, Kolektor, lokal, lingkungan	$\leq 2,1$	≤ 9	$\leq 3,5$	8
Khusus	Arteri	$> 2,55$	> 18	$\leq 4,2$	> 10

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan. (2021))

2.2.1.3 Klasifikasi jalan menurut medan jalan

Pengelompokan medan jalan dilakukan berdasarkan kondisi kemiringan utama dari medan, yang diukur tegak lurus terhadap garis kontur dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

No.	Jenis medan	Notasi	Medan
1.	Datar	D	<10
2.	Perbukitan	B	10 – 25
3.	Pegunungan	G	>25

(Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan, (2021))

2.2.1.4 Klasifikasi jalan menurut Status jalan

Berdasarkan kewenangan atau statusnya, jalan umum diklasifikasikan sesuai dengan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022 Pasal 9 tentang Jalan:

1. Berdasarkan statusnya, jalan umum dibedakan menjadi beberapa kategori, yaitu jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota, dan jalan desa.
2. Jalan Nasional adalah jalan arteri maupun kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang berfungsi menghubungkan antar-ibu kota provinsi, termasuk jalan tol serta jalan strategis nasional.
3. Jalan Provinsi merupakan jalan kolektor pada jaringan jalan primer yang menghubungkan ibu kota provinsi dengan ibu kota kabupaten atau kota, antar-ibu kota kabupaten/kota, serta jalan strategis provinsi.
4. Jalan kabupaten adalah jalan lokal dalam jaringan jalan primer yang berfungsi menghubungkan ibu kota kabupaten dengan ibu kota kecamatan, antar-ibu kota kecamatan, serta pusat kegiatan lokal. Jalan ini juga mencakup jaringan jalan sekunder di wilayah kabupaten serta jalan strategis kabupaten.
5. Jalan kota termasuk dalam jaringan jalan sekunder yang melayani hubungan antar-pusat pelayanan, persil, dan kawasan permukiman di dalam wilayah kota.
6. Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan antarpermukiman atau kawasan dalam wilayah desa, termasuk jalan lingkungan di sekitarnya.

2.2.2 Bagian – Bagian Jalan

Ada beberapa bagian jalan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.1. Adapun bagian-bagian jalan tersebut adalah sebagai berikut:

2.1.2.1 Ruang Manfaat Jalan

Ruang manfaat jalan (Rumaja) meliputi lebar hingga batas ambang pengaman konstruksi pada kedua sisi jalan, dengan tinggi 5 m di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan, serta kedalaman ruang bebas hingga 1,5 m di bawah permukaan jalan.

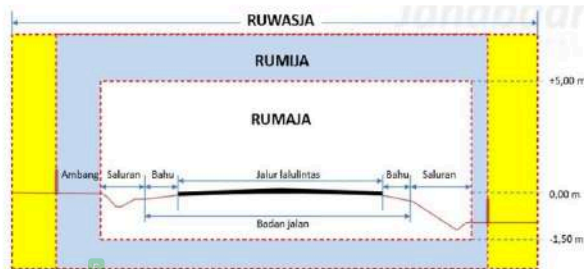
2.1.2.2 Ruang Milik Jalan

Ruang milik jalan (Rumija) dibatasi oleh lebar yang sama dengan Rumaja ditambah dengan ambang pengaman konstruksi, dengan tinggi 5 dan kedalaman 1,5 m.

2.1.2.3 Ruang Pengawasan Jalan

Ruang pengawasan jalan (Ruwasja) merupakan area sepanjang jalan yang berada di luar Rumaja, dibatasi oleh ukuran lebar dan tinggi tertentu dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Jalan Arteri minimum 20 meter.
2. Jalan Kolektor minimum 15 meter.
3. Jalan Lokal minimum 10 meter.



Gambar 2. 1 Bagian – Bagian Jalan Antar Kota

(Sumber: FLLAJ NTB (2017))

2.3 Kriteria Desain

Jalan harus memiliki karakteristik konstruksi yang kokoh, tahan lama, dan mampu menahan penetrasi air. Dari segi penggunaan, jalan harus memberikan pengalaman berkendara yang nyaman, memenuhi standar jalan, dan efisien secara ekonomi. Oleh karena itu, Perlu dirancang suatu perkerasan yang dapat menanggung berbagai beban dari lalu lintas yang melintasi jalan tersebut.

Kriteria desain ini mengacu pada buku “Manual Desain Perkerasan Jalan”, meliputi beberapa bagian sebagai berikut:

1. Desain umur rencana.

Pada umumnya, perkerasan baik lentur maupun kaku direncanakan dengan umur rencana (UR) antara 20 hingga 40 tahun.

2. Pemilihan struktur perkerasan.

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi fondasi jalan. perencana teknis harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan, dan kepraktisan pelaksanaan.

3. Desain lalu lintas.

Data lalu lintas menjadi parameter utama dalam analisis perkerasan, karena digunakan untuk menghitung beban rencana yang diproyeksikan sepanjang umur rencana berdasarkan volume lalu lintas saat survei.

4. Desain drainase perkerasan jalan.

Drainase pada perkerasan jalan berfungsi penting dalam mencegah air agar tidak merusak atau memengaruhi struktur perkerasan (AASHTO, 1993).

5. Desain fondasi jalan.

Tiga faktor utama dalam desain perkerasan adalah lalu lintas, tanah dasar, dan pengaruh air. Pada daerah dengan tanah bermasalah seperti gambut atau tanah ekspansif, diperlukan analisis khusus karena metode standar tidak selalu menghasilkan perkerasan yang optimal.

Pada perkerasan tipis, kesalahan kecil dalam evaluasi tanah dasar dapat memangkas umur layanan hingga sepersepuluh dari rencana. Pada perkerasan tebal dampaknya lebih kecil namun tetap signifikan, sehingga ketepatan penentuan daya dukung tanah dasar sangat penting untuk kinerja optimal.

6. Desain perkerasan lentur.

Dasar dari prosedur desain perkerasan lentur dengan campuran beraspal dalam manual ini adalah karakteristik mekanik material serta analisis struktur perkerasan secara mekanistik.

7. Desain perkerasan kaku.

Perkerasan beton semen merupakan struktur yang tersusun dari pelat beton, baik tanpa tulangan, dengan tulangan, maupun menerus dengan tulangan, yang diletakkan di atas tanah dasar atau lapisan fondasi bawah, serta dapat dilapisi aspal di bagian permukaan. Kekuatan utama perkerasan ini ditopang oleh pelat beton,

71 sementara daya dukung, sifat, dan keseragaman tanah dasar sangat memengaruhi keawetan serta performa perkerasan beton semen.

8. Desain perkerasan jalan kerikil atau perkerasan dengan penutup tipis.

Perkerasan kerikil dibuat dari agregat yang dipadatkan langsung di atas tanah dasar tanpa lapisan aspal, biasanya digunakan untuk jalan pedesaan atau lalu lintas ringan. Sementara itu, perkerasan berpenutup tipis menambahkan lapisan aspal tipis di atas kerikil guna mengurangi debu, meningkatkan kenyamanan, serta melindungi lapisan bawah dari air. Perbedaan ini terletak pada keberadaan lapisan aspal pada penutup tipis, sedangkan perkerasan kerikil tidak memilikinya.

9. Masalah pelaksanaan yang mempengaruhi desain

Untuk mendapatkan perkerasan yang berkualitas, persyaratan mutu konstruksi harus terpenuhi. Kualitas pelaksanaan yang kurang baik tidak bisa diperbaiki hanya dengan melakukan penyesuaian desain. Misalnya, kepadatan lapisan yang tidak sesuai standar tidak dapat digantikan dengan menambah ketebalan perkerasan yang direncanakan

2.4 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah lapisan konstruksi dari campuran agregat dan bahan pengikat untuk menahan beban lalu lintas. Agregat yang digunakan antara lain batu pecah, batu belah, batu kali, atau limbah peleburan baja, sedangkan bahan pengikatnya dapat berupa aspal, semen, maupun tanah liat (Silitonga, 2020)

Fungsi utama perkerasan jalan yaitu menyebarkan beban dari roda kendaraan ke area tanah dasar yang lebih luas dibandingkan titik kontak roda dengan permukaan jalan (Silitonga, 2020). Secara umum, perkerasan jalan memiliki beberapa fungsi antara lain:

1. Untuk memberikan struktur yang kuat dalam mendukung beban lalu lintas.
2. Untuk memberikan permukaan rata bagi pengendalian.
3. Untuk memberikan kekakuan atau bahan gelincir di permukaan perkerasan.
4. Menyebarkan beban kendaraan secara merata ke tanah dasar, sehingga lapisan tanah dasar terlindungi dari tekanan berlebih.

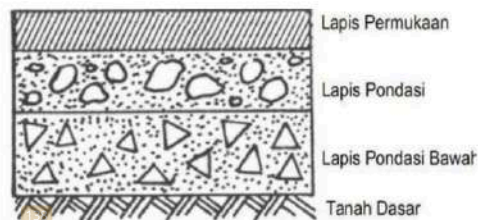
Beban jalan bersifat repetitif atau berulang, menyebabkan penurunan kinerja perkerasan seiring bertambahnya usia dan beban lalu lintas. Beban berlebih (*overloading*) muncul apabila beban gandar kendaraan melampaui batas desain umur rencana, sehingga sering menimbulkan kerusakan pada perkerasan lebih cepat dari yang diperkirakan.

2.5 Jenis Konstruksi Perkerasan dan Komponennya

Konstruksi perkerasan jalan adalah proses pembangunan lapisan-lapisan yang membentuk struktur jalan, sedangkan komponennya adalah bagian-bagian yang membentuk setiap lapisan tersebut, antara lain:

2.5.1 Perkerasan Lentur (*Flexible pavement*)

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) merupakan jenis perkerasan umumnya memanfaatkan campuran beraspal sebagai lapisan permukaannya, sementara lapisan di bawahnya terdiri dari material berbutir. Kombinasi ini memberikan sifat fleksibilitas atau kelenturan pada perkerasan, sehingga mampu meningkatkan kenyamanan bagi kendaraan yang melintas di atasnya (Rachardi, 2018).



Gambar 2. 2 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*).

(sumber: (Rachardi, 2018))

2.5.2 Semenisasi

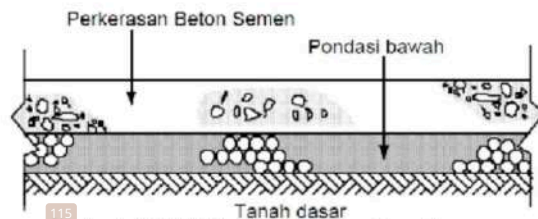
Semenisasi jalan adalah proses pembangunan atau perbaikan jalan dengan menggunakan campuran beton semen sebagai bahan utama untuk lapisan perkerasan. Beton semen adalah bahan konstruksi, terdiri dari campuran agregat seperti kerikil atau batu pecah, pasir, semen, dan air. Proses semenisasi ini melibatkan beberapa tahapan, seperti persiapan dasar, pencampuran bahan, pengecoran, pemadatan, dan penyelesaian permukaan.

Semenisasi jalan umumnya digunakan untuk proyek kecil atau perbaikan dengan kebutuhan teknis sederhana, sementara *rigid pavement* diterapkan pada proyek besar seperti jalan raya dan bandara yang memerlukan ketahanan tinggi. Secara umum, Semenisasi dapat dianggap sebagai versi sederhana dari *rigid pavement* yang lebih mudah diterapkan.

2.5.3 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku adalah struktur perkerasan yang terdiri dari tanah dasar, lapisan fondasi bawah, serta pelat beton semen Portland, yang dapat digunakan dengan atau tanpa tulangan (Silitonga, 2020). Adapun rinciannya sebagai berikut:

1. Perkerasan beton memiliki tingkat kekakuan serta modulus elastisitas yang lebih besar dibandingkan dengan perkerasan lentur.
2. Sebagian besar beban lalu lintas ditopang oleh pelat beton, sedangkan sisanya hanya sedikit yang diteruskan ke tanah dasar.
3. Ketebalan pelat beton direncanakan agar mampu menahan beban roda, pengaruh suhu, kadar air, serta perubahan volume pada lapisan bawah.
4. Perhitungan ketebalan pelat beton mempertimbangkan prinsip kelelahan (*fatigue*) guna menyesuaikan dengan pengulangan beban lalu lintas.



Gambar 2. 3 Tipikal Struktur Perkerasan Beton Semen
(Sumber: (Rachardi, 2018))

Lapis Perkerasan Kaku memiliki beberapa lapisan antara sebagai berikut:

1. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar adalah lapisan yang dipadatkan dari tanah asli, timbunan, atau galian (Labuhan et al., 2022). Daya dukung tanah dasar sangat berpengaruh terhadap kualitas jalan, sehingga dalam perencanaan ketebalan perkerasan, digunakan nilai CBR. Jika nilai CBR tanah dasar kurang dari 2%, diperlukan fondasi beton bertulang setebal 15 cm untuk meningkatkan stabilitas (Timang et al., 2020).

2. Fondasi Bawah (*Subbase*)

Lapisan ini berfungsi untuk mengontrol pemompaan, sistem drainase, serta mengurangi pembengkakan dan penyusutan tanah dasar. Selain itu, fondasi bawah membantu mempercepat proses konstruksi dan menjaga kerataan bagian bawah pelat beton (Sidabutar & Saragi, 2021).

3. Susunan Pelat Beton (Concrete Slab)

Campuran dari susunan pelat beton ialah semen, agregat, air serta bahan adiktif. Pelat beton terdiri dari campuran semen, agregat, air, dan bahan aditif. Karena sifatnya kaku, pelat beton mampu mendistribusikan beban dengan baik, sehingga tegangan pada lapisan bawah lebih rendah. Untuk meningkatkan kenyamanan, sering ditambahkan lapisan aspal setebal 5 cm (Khairiyah et al., 2021).

4. Baja Tulangan

Tulangan baja tidak mencegah retak pada beton, tetapi berfungsi membatasi pelebaran retakan di area dengan beban tinggi agar kekuatan beton tetap terjaga. Perkerasan kaku memiliki beberapa keuntungan, antara lain:

1. Dapat menahan beban kendaraan yang berat.
2. Tahan terhadap genangan air dan banjir.
3. Biaya perawatn lebih murah dibandingkan aspal.
4. Dapat digunakan pada tanah lemah atau ekspansif dengan CBR rendah, namun perbaikan tanah diperlukan tergantung pada kondisi lapangan.
5. Pengadaan material lebih mudah didapat.
6. Direkomendasikan untuk tanah dasar lemah dan lalu lintas berat.

Kerugian menggunakan perkerasan kaku sebagai berikut:

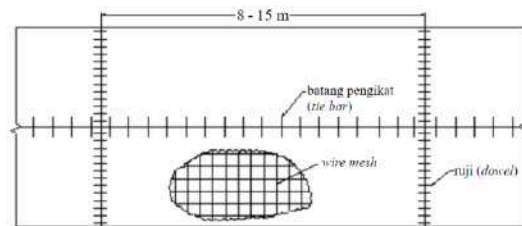
1. Kualitas jalan beton ditentukan oleh proses pengerjaan. Jika beton mengering terlalu cepat bisa muncul retak, sehingga perlu penanganan seperti menambah bahan kimia atau melakukan perawatan dengan air setelah pengecoran.
2. Kekhalusan dan gelombang jalan sangat ditentukan pada saat proses pengecoran sehingga diperlukan pengawasan yang ketat.

2.5.4 Jenis perkerasan kaku

Perkersan kaku dibagi menjadi 3 jenis sambungan dan tulangan pelat beton perkersaan kaku adalah sebagai berikut:

2.5.4.1 Perkerasan Beton Bersambung Dengan Tulangan (BBDT) / Jointed Reinforced Concrete Pavement (JRCP)

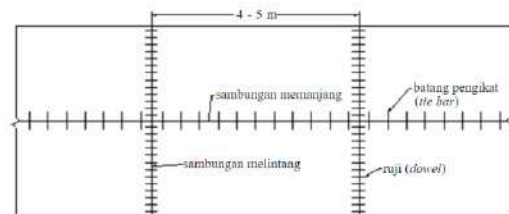
Perkerasan beton semen bertulang umumnya berbentuk pelat persegi panjang, dengan ukuran panjang dibatasi oleh adanya sambungan melintang. Panjang pelat biasanya berkisar antara 8 hingga 15 meter. Terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Perkerasan Beton Bersambung Dengan Tulangan (BBDT)
(Sumber: Perancangan perkerasan jalan dan penyelidikan tanah. (2011))

2.5.4.2 Perkerasan Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT) / *Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP)*

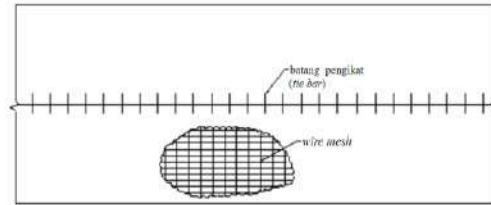
Jenis perkerasan beton semen tanpa tulangan biasanya dibuat dalam bentuk pelat mendekati bujur sangkar, dengan panjang pelat dibatasi oleh sambungan melintang untuk mencegah retak. Lebar perkerasan umumnya satu lajur dengan panjang 4 – 5 meter. Meskipun tidak menggunakan tulangan, perkerasan ini tetap dilengkapi dengan ruji (*dowel*) dan batang pengikat (*tie bar*), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Perkerasan Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT)
(Sumber: Perancangan perkerasan jalan dan penyelidikan tanah (2011))

2.5.4.3 Perkerasan Beton Menerus Dengan Tulangan (BMDT) / *Continuously Reinforced Concrete Pavement (CRCP)*

Jenis perkerasan beton semen yang di buat dengan tulangan dan dengan panjang pelat yang menerus yang hanya dibatasi adanya sambungan-sambungan muai melintang. Panjang pelat kurang lebih ± 75 m.



Gambar 2. 6 Perkerasan Beton Menerus Dengan Tulangan (BMDT)
(Sumber: Perancangan perkerasan jalan dan penyelidikan tanah (2011))

2.5.5 Pengisi dan Penutup Sambungan (Joint Filter and Joint Sealer)

Penutup sambungan berfungsi mencegah masuknya air maupun kotoran ke dalam celah perkerasan. Material penutup sambungan (joint sealer) bisa berupa expandite plastic, campuran bitumen-karet yang diaplikasikan dalam kondisi panas (gambar 2.7(a)), atau bahan siap pakai seperti Neoprena (gambar 2.7(b)). Sebelum pemasangan, celah sambungan harus dibersihkan terlebih dahulu agar penutup dapat berfungsi.



a



b

Gambar 2. 7 Bahan Penutup sambungan (a), dan Material Neoprena (b)
(Sumber: depobeta.com)

2.5.6 Baja Tulangan (Wire Mesh)

Baja tulangan harus dalam kondisi bersih dari kotoran, minyak, atau zat lain yang dapat mengurangi daya lekat dengan beton. Jika perkerasan menggunakan tulangan, biasanya berupa anyaman kawat las atau susunan batang baja. Adapun tujuan penggunaan tulangan adalah:

1. Membatasi lebar retak agar kekuatan pelat tetap terjaga.
2. Memungkinkan penggunaan pelat dengan ukuran lebih panjang sehingga jumlah sambungan melintang berkurang dan kenyamanan berkendara meningkat.
3. Menekan biaya pemeliharaan jalan.

24

2.6 Perencanaan Perkerasan Kaku Metode Bina Marga 2024

Perencanaan Perkerasan kaku ini mengacu pada pedoman Buku Bina Marga yaitu “Manual Desain perkerasan jalan” tahun 2024. Perencanaan perkerasan kaku pada MDP 2024 menggunakan metode mekanistik-empirik yang dikembangkan oleh Portland Cement Association. Dalam perencanaan ini ada beberapa tahapan sebagai berikut:

2.6.1 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan baru dinyatakan pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Umur rencana perkerasan jalan baru (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan Lapisan Berbutir	20
	Lapis Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk lokasi yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), seperti: jalan perkotaan, underpass, jembatan, dan terowongan	
	Lapis Fondasi Berpengikat Semen, Cement Treated Based (CTB)	
Perkerasan keras	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan	10
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	

(Sumber: Manual Desain perkerasan jalan (2024))

2.6.2 Beban lalu lintas

Desain perkerasan kaku didasarkan pada Jumlah Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) sebagai satuan beban lalu lintas, bukan nilai ESA. Analisis lalu lintas dilakukan dengan mempertimbangkan volume kendaraan serta konfigurasi sumbu.

Dalam perencanaan perkerasan beton semen, kendaraan yang diperhitungkan adalah yang memiliki berat total minimal 5 ton. Konfigurasi sumbu yang digunakan dalam perhitungan terdiri dari lima jenis kelompok sumbu, yaitu:

1. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT).
2. Sumbu tunggal roda ganda (STRG).
3. Sumbu tandem roda tunggal (STdRT).
4. Sumbu tandem roda ganda (STdRG)
5. Sumbu tridem roda ganda (STrRG)
6. Sumbu empat roda ganda (SQdRG).

Tahapan dalam menentukan lalu lintas rencana meliputi beberapa prosedur berikut:

1. Menentukan umur rencana.
2. Menghitung jumlah rata-rata kendaraan harian.
3. Menentukan jumlah JSKN untuk setiap jenis kendaraan berat per hari.
4. Menghitung total kumulatif JSKN pada jalur rencana sepanjang umur layanan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$JSKN = (\Sigma LHR_{JK} \times JSKN_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

- LHR_{JK} : Lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kend. Per hari)
 $JSKN_{JK}$: Sumbu Total Kendaraan Niaga tiap jenis kendaraan niaga
 DD : Faktor distribusi arah (Jalan dua arah umumnya diambil 0,50)
 DL : Faktor distribusi lajur
 $JSKN$: Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga selama umur rencana
 R : Pertumbuhan lalu lintas kumuatif

Tabel 2. 4 Faktor distribusi lajur (DL)

Jumlah Lajur Tiap Arah	Kendaraan Niaga Pada Lajur Desain (% Terhadap Populasi Kendaraan Niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

(Sumber: Manual Desain perkerasan jalan (2024))

2.6.3 Drainase Perkerasan Jalan

Drainase pada perkerasan jalan memiliki peran penting untuk mencegah kerusakan akibat air. Kehadiran air dapat memengaruhi kinerja perkerasan dalam beberapa aspek (AASHTO, 1993), di antaranya:

1. Air pada permukaan aspal dapat menurunkan modulus campuran serta kekuatan tarik, bahkan hingga 30% saat kondisi jenuh.
2. Pada lapisan *Asphalt Concrete Base* (AC-Base), keberadaan air mampu menurunkan modulus sekitar 30% serta meningkatkan potensi erosi pada *Cement Treated Base* (CTB) maupun *Lime Treated Base*.
3. Kelebihan kadar air pada lapisan fondasi agregat (*base* maupun *subbase*) dapat mengurangi modulus hingga 50% atau lebih.
4. Tanah dasar berbutir halus (*roadbed soil*) yang jenuh air dapat mengalami penurunan modulus lebih dari 50%.

Tinggi minimum permukaan tanah dasar di atas muka air tanah dan level muka air banjir dapat dilihat di tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Tinggi minimum tanah dasar di atas muka air tanah dan muka air banjir

Kelas Jalan (berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan)	Tinggi Tanah Dasar di Atas Muka Air Tanah (mm)	Tinggi Tanah Dasar di Atas Muka Air Banjir (mm)
Jalan Bebas Hambatan	1200	500 (banjir 50 tahunan)
Jalan Raya	800 (tanah lunak jenuh atau gambut) 600 (tanah dasar normal)	
Jalan Sedang	600	500 (banjir 10 tahunan)
Jalan Kecil	400	NA

(Sumber: Manual Desain perkerasan jalan (2024))

2.6.4 Struktur Fondasi Jalan

struktur lapisan fondasi jalan ada beberapa lapisan dengan disesuaikan perencanaan kondisi lapangan.

2.6.4.1 Bagan desain

Bagan desain lapisan fondasi jalan lentur dan kaku untuk struktur fondasi jalan dapat ditentukan sebagai berikut berikut.

CBR Tanah Dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uratan Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur		Perkerasan Kaku
			Beban Lalu Lintas Pada Jalur Rencana Dengan Umur Rencana 40 Tahun (Juta ESAS)		
			<10	>10	
Tebal Minimum Perbaikan Tanah Dasar (mm)					
5	SG5	Perbaikan tanah dengan material timbunan pilihan (CBR $\geq$ 10%)	200	200	200
4	SG4		300	400	400
3	SG3			600	600
2.5	SG2.5			600	600
Kekuatan tanah dasar < 2.5% atau tanah lunak			Untuk tebal tanah lunak > 1 m harus ditangani dengan penanganan geoteknik, sedangkan untuk ketebalan $\leq$ 1 m dapat diganti tanah timbunan dengan tebal minimum yang sama dengan ketentuan dan berlaku untuk tanah SG2.5 Bagan Desain ini.		
Tanah ekspansif			Penanganan sesuai dengan kajian geoteknik terhadap besaran potensi pemuaian dengan ketebalan penutup tidak kurang dari 600 mm berupa material dengan potensi pemuaian tidak lebih besar dari 1.5%. Di atas lapis penutup tersebut harus ditambahkan lapis perbaikan SG2.5.		

Gambar 2. 8 Bagan Desain Fondasi Jalan Minimum

(Sumber: Manual Desain perkerasan jalan (2024))

1. Jika tanah dasar masih berbutir halus, maka perkerasan kaku maupun lentur perlu dilengkapi lapisan tambahan setebal 200 mm. Lapisan ini dapat berupa timbunan pilihan berbutir kasar (CBR $\geq$ 30%, PI antara 6–15, ukuran butir maksimum 50 mm), LFA Kelas C, atau lapisan stabilisasi semen dengan UCS $\geq$ 10 kg/cm².

2.6.4.2 Tanah Dasar Normal

Tanah dasar normal ialah tanah dengan nilai CBR in-situ lebih dari 2,5%, pada area timbunan, galian, atau permukaan tanah asli. Untuk mencegah terjadinya pumping pada perkerasan kaku, apabila tanah dasar memiliki CBR efektif 6% atau telah diberi timbunan pilihan dengan CBR minimal 10%, maka diperlukan tambahan lapisan setebal 200 mm. Lapisan ini bisa berupa timbunan pilihan berbutir kasar ($\text{CBR} \geq 30\%$, $\text{PI } 6-15$, ukuran butir $\leq 50 \text{ mm}$), LFA Kelas C, atau lapisan stabilisasi semen dengan $\text{UCS} \geq 10 \text{ kg/cm}^2$.

2.6.4.3 Gambut

Fondasi pada area wilayah bergambut, diperlukan penyelidikan geoteknik yang mendetail, mencakup analisis durasi pra-pembebanan, besarnya penurunan, serta nilai CBR efektif pada lapisan penopang.

Proses konstruksi harus dilaksanakan secara bertahap untuk menyesuaikan dengan konsolidasi tanah, yang dipantau melalui *settlement plate*. Apabila belum terdapat jalan eksisting di atas lahan gambut, perlu dilakukan timbunan percobaan (*trial embankment*) guna memastikan stabilitas serta menentukan waktu pra-pembebanan. Pekerjaan konstruksi tidak boleh dimulai sebelum data hasil percobaan tersebut tersedia.

2.6.4.4 Lunak

Tanah lunak adalah tanah terkonsolidasi normal atau sedikit over konsolidasi (*lightly over consolidated*), umumnya berupa lempung atau lempung kelanauan dengan $\text{CBR} < 2,5\%$. Tanah ini mengalami pergerakan lebih besar saat mendapat beban statik dan dinamik dibandingkan tanah yang dipadatkan secara mekanis, sehingga menyebabkan kerusakan berbeda pada jalan di atasnya.

Untuk kedalaman $< 1 \text{ m}$, penggantian tanah sepenuhnya perlu dipertimbangkan. Jika kedalaman 1–4 m, solusinya menggunakan micro piling (cerucuk kayu), penggantian sebagian tanah lunak, atau pra-pembebanan sesuai ketentuan MDP 2024 Tabel 6.3.

2.6.4.5 Tanah Ekspansif

Tanah ekspansif merupakan jenis tanah yang berpotensi mengembang lebih dari 2,5%, sesuai hasil uji CBR rendaman SNI 1744:2012 pada kondisi kadar air optimum dan kepadatan kering 100%. Tanah ini dikenal sebagai tanah kembang susut karena sifatnya yang berubah akibat fluktuasi kadar air, terutama dipengaruhi oleh perubahan musim, sehingga dapat menyebabkan ketidakstabilan tanah.

2.6.4.6 Material Timbunan

Bagan desain memperlihatkan ketebalan minimum timbunan, baik tanah biasa maupun timbunan pilihan, yang diperlukan untuk mencapai nilai CBR desain 6%. Apabila digunakan untuk lalu lintas kendaraan konstruksi, ketebalan tersebut dapat ditambah sesuai kebutuhan

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pekerjaan timbunan:

1. Timbunan di bawah muka air harus menggunakan batuan yang tahan terhadap pengaruh air.
2. Harus berfungsi sebagai lantai kerja yang stabil selama konstruksi berlangsung.
3. Permukaan timbunan wajib memenuhi elevasi standar terhadap muka air tanah maupun banjir.
4. Alur roda akibat lalu lintas konstruksi tidak boleh lebih dari 40 mm.
5. Timbunan harus cukup tebal agar dapat dipadatkan dengan alat berat.
6. Pemadatan dilakukan sesuai metode yang ditetapkan, dengan tingkat kepadatan yang disetujui pengawas. Untuk perkerasan kaku, pemadatan optimal penting agar tidak terjadi retak karena penurunan diferensial.
7. Jika tanah asli jenuh atau berisiko jenuh, gunakan geotekstil dengan timbunan berbutir di atasnya.

2.6.4.7 Fondasi Bawah

fondasi bawah menggunakan bahan berupa:

1. Bahan dengan Pengikat (BP)

Stabilisasi semen (*Cement Treated based – CTB*);

Beton kurus giling padat (*Lead Rolled Concrete*); atau campuran beraspal.

2. Beton kurus (BK/*Lean mix Concrete*)

Lapis fondasi bawah pada perkerasan beton semen harus diperlebar 400 mm di luar tepi perkerasan. Pemasangan fondasi hingga ke tepi luar jalan membantu mengurangi pengaruh tanah lunak maupun ekspansif. Beton kurus yang digunakan wajib memenuhi standar SNI 6388:2015, AASHTO M-155, dan SNI 1743:2008, dengan ketebalan minimal 150 mm bila lokasi rawan erosi.

Pada konstruksi perkerasan beton semen tanpa sambungan ruji, direkomendasikan penggunaan lapis fondasi bawah dari beton kurus dengan ketebalan minimum yang mengacu pada Tabel 2.6 (Bahan Berpengikat) dan BK (Beton Kurus).

Tabel 2. 6 Tebal fondasi bawah minimum pada perkerasan beton semen

Lalu Lintas Desain (JSKN)	Jenis Lapis Fondasi
Sampai dengan 10^6	BP 125 mm
106 Sampai dengan 5×10^6	BK 100 mm atau BP 150 mm
5×10^6 Sampai dengan 1×10^7	BK 125 mm
Lebih dari 1×10^7	BK 150 mm

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan (2024))

2.6.5 Struktur lapisan perkerasan

lapisan perkerasan pada bagian ini direncanakan berdasarkan Bagan Desain Perkerasan Kaku, yang disesuaikan dengan variasi beban lalu lintas sebagai berikut:

Tabel 2. 7 Bagan Desain Perkerasan kaku

Jenis perkerasan	Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan (<i>Jointed Plain Concrete Pavement</i>), dengan tulangan (JRCP), beton semen menerus dengan tulangan (CRCP).
Sambungan melintang	Sambungan ini harus dipotong dengan kedalaman antara seperempat hingga sepertiga dari tebal beton. Dowel yang digunakan berupa baja tulangan polos (BjTP 280) dengan jarak antar tulangan 300 mm, panjang 450 mm, dan diameter minimal seperdelapan dari tebal beton.
Sambungan memanjang	Batang pengikat dipasang menggunakan baja tulangan sirip (BjTS 420A) dengan jarak antar tulangan 600 mm, panjang 700 mm, dan diameter minimum 16 mm.
Bahu jalan	Bahu jalan dibuat menyatu dengan pelat beton utama minimal selebar 600 mm, atau memakai batang pengikat jika lebarnya lebih dari 1500 mm. Mutu beton harus sama dengan lajur utama, termasuk pada kereb dan saluran.
Lapis fondasi	Lapis fondasi disesuaikan dengan Subbab 2.6.4.7
Lapis drainase	Lapis fondasi agregat kelas A yang berfungsi sebagai lapis drainase dengan tebal 200 mm untuk 2 lajur per arah dan untuk yang lebih dari 2 lajur per arah setebal 300 mm.
Lapis pemecah ikatan fondasi bawah dengan pelat (<i>base bond breaker</i>)	Berupa membran kedap air dengan tebal minimum 125 mikron khusus pada lapis fondasi berupa beton kurus.

Rasio dimensi slab beton (Panjang-Lebar)	Sekitar 1,25 (khusus untuk beton semen bersambung tanpa tulangan (<i>Jointed Plain Concrete Pavement</i>)).
--	---

(Sumber: Manual Desain perkerasan jalan (2024))

Tabel 2. 8 Ketebalan beton minimum

Jenis Perkerasan	Lalu Lintas Rencana		
	$1 \times 10^6 \leq \text{JSKN} < 1 \times 10^7$	$1 \times 10^7 \leq \text{JSKN} < 5 \times 10^7$	$\text{JSKN} \geq 5 \times 10^7$
JPCP	150 mm	200 mm	250 mm
JRCP	150 mm	180 mm	230 mm
CRCP	150 mm	180 mm	230 mm

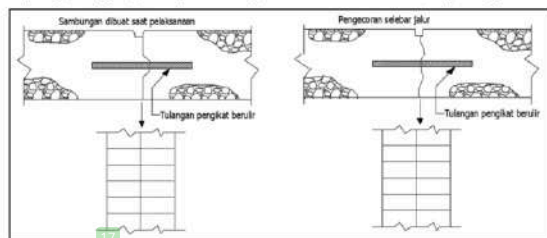
(Sumber: Manual Desain perkerasan jalan (2024))

2.6.6 Jenis sambungan

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan yaitu:

1. Sambungan memanjang dengan batang pengikat (*tie bars*)

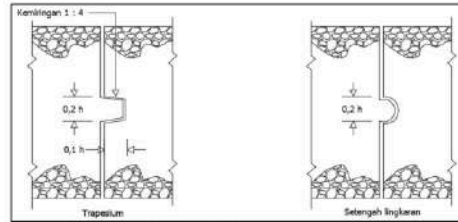
sambungan memanjang dengan tie bar. Fungsinya untuk mencegah retak memanjang, dengan jarak pemasangan sekitar 3–4 meter, seperti gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Tipikal sambungan memanjang

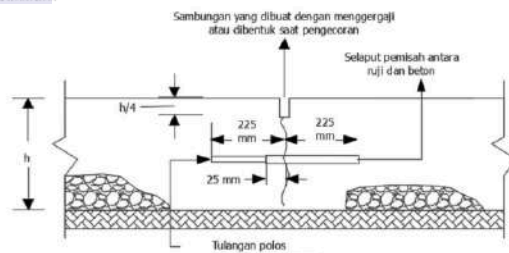
(Sumber: Manual Desain perkerasan jalan (2024))

- Sambungan susut memanjang dapat dibuat dengan cara digergaji atau dibentuk saat beton masih plastis, dengan kedalaman sekitar sepertiga tebal pelat.
- Sambungan susut dan sambungan melintang dipasang tegak lurus terhadap sumbu jalan, sedangkan sambungan melintang diberi kemiringan 1:10 searah jarum jam untuk mengurangi beban dinamis.
- Sambungan pelaksanaan memanjang biasanya dibuat dengan sistem penguncian. Sebelum pengecoran pelat beton di sisi sebelahnya, permukaan sambungan harus dicat dengan aspal atau kapur tembok untuk mencegah ikatan antara beton lama dan beton baru. Terlihat pada gambar 2.10.



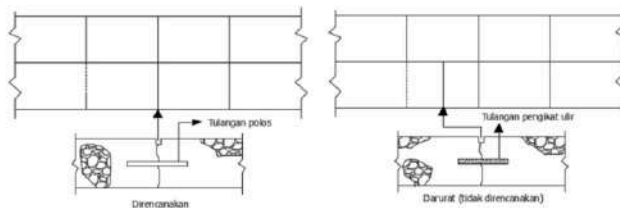
Gambar 2. 10 ukuran standar penguncian sambungan memanjang
(Sumber: *Manual Desain perkerasan jalan (2024)*)

5. Sambungan susut melintang memiliki kedalaman sekitar seperempat dari tebal pelat (Gambar 2.11). Jarak sambungan susut melintang bervariasi, yaitu 4-5 m untuk perkerasan beton tanpa tulangan, 8-15 m untuk perkerasan beton dengan tulangan, dan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan disesuaikan dengan kondisi pelaksanaan.



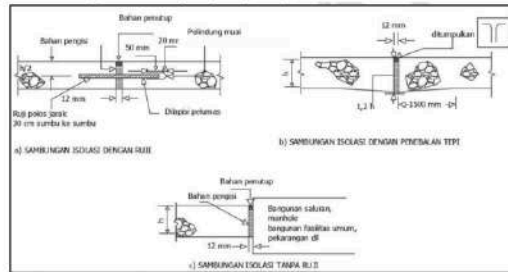
Gambar 2. 11 Sambungan susut melintang dengan ruji
(Sumber: *Manual Desain perkerasan jalan (2024)*)

6. Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan (darurat) harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diposisikan di tengah tebal pelat.



Gambar 2. 12 Sambungan pelaksanaan melintang
(Sumber: *Manual Desain perkerasan jalan (2024)*)

7. Sambungan isolasi digunakan untuk memisahkan perkerasan dari elemen lain seperti manhole, jembatan, tiang listrik, jalan lama, atau persimpangan. Sambungan ini dilengkapi bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5–7 mm, sedangkan ruang sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*).

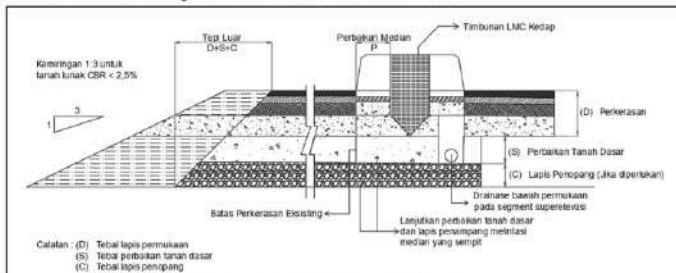


Gambar 2. 13 Sambungan isolasi
(Sumber: Manual Desain perkerasan jalan (2024))

2.6.7 Kebutuhan Daya Dukung Tepi Perkerasan

Struktur perkerasan harus memiliki daya dukung tepi yang memadai, terutama pada tanah lunak atau gambut. Ketentuan ini harus dijelaskan secara detail dalam gambar kontrak (drawings). Ketentuan minimum meliputi:

1. Setiap lapisan perkerasan harus memiliki lebar minimal sesuai atau lebih dari yang ditetapkan pada Gambar 2.14.
2. Pada tanah lunak ($\text{CBR} < 2,5\%$) atau gambut, timbunan tanpa penahan harus memiliki kemiringan tidak lebih curam dari 1V : 3H.



Gambar 2. 14 Dukungan tepi perkerasan
(Sumber: Manual Desain perkerasan jalan (2024))

2.6.8 Desain Perkerasan Kaku

Perencanaan tebal perkerasan kaku, termasuk dimensi pelat beton, penulangan, penempatan dowel dan tie bar, serta aturan sambungan, mengacu pada standar Pd T-14-2003 tentang perencanaan beton semen di Indonesia, dijelaskan pada subbab 2.7.

2.7 Parameter Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Metode Bina Marga

Dalam perhitungan perencanaan perkerasan kaku (*rigid pavement*) ini mengacu pada standar Pd T-14-2003 untuk perencanaan perkerasan beton semen Indonesia. Pedoman ini mencakup dasar-dasar ketentuan perencanaan perkerasan jalan, yaitu :

1. Analisis kekuatan tanah dasar dan lapis fondasi.
2. Perhitungan beban dan komposisi lalu-lintas.
3. Analisis kekuatan beton semen untuk perkerasan

Parameter yang digunakan dalam merencanakan perkerasan kaku meliputi:

1. Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan melalui pengujian CBR in situ (SNI 03-1731-1989) atau CBR laboratorium (SNI 03-1744-1989) untuk perencanaan perkerasan lama maupun baru. Jika nilai CBR tanah dasar kurang dari 2%, maka harus dipasang fondasi bawah dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm, yang dianggap memiliki nilai CBR efektif sebesar 5%. terlihat pada gambar 2.15.

2. Fondasi Bawah

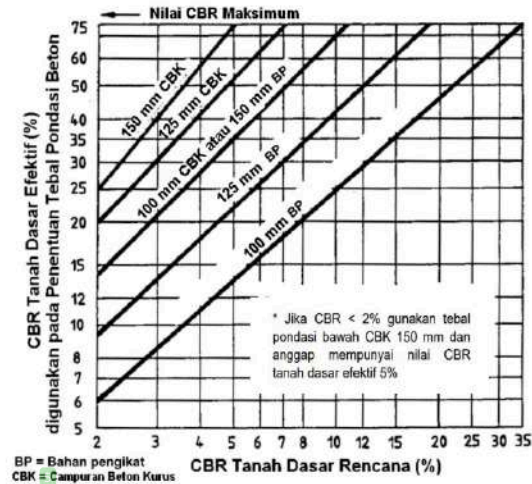
Bahan fondasi bawah dapat berupa:

Bahan berbutir Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*) dan Campuran beton kurus (*Lean-Mix Concrete*).

Lapis fondasi bawah harus diperlebar 60 cm di luar tepi perkerasan beton dengan tebal minimum 10 cm. Lapisan ini harus sesuai SNI 03-6388-2000, AASHTO M-155, dan SNI 03-1743-1989. Apabila digunakan perkerasan beton bersambung tanpa ruji, lapis fondasi bawah harus dibuat dari campuran beton kurus (CBK).

3. Fondasi bawah campuran beton kurus (*Lean-Mix Concrete*)

Beton kurus adalah beton dengan kadar semen rendah yang digunakan sebagai lapis fondasi bawah. Perannya adalah meratakan permukaan, mengurangi penyerapan air dari beton utama oleh tanah, serta menyalurkan beban awal. Umumnya memiliki tebal 10–15 cm, digunakan sebagai lapisan stabilisasi sebelum pengecoran beton struktural, dengan kuat tekan karakteristik 8–11 MPa pada umur 28 hari.



Gambar 2. 15 CBR tanah dasar efektif dan tebal fondasi bawah
(Sumber: Pd T-14-2003)

4. Kekuatan Beton

Untuk desain perkerasan kaku, kekuatan beton yang diperhitungkan adalah kekuatan lentur (*flexural strength*) pada umur 28 hari. Nilai ini diperoleh melalui pengujian metode ASTM C-78 atau dikorelasikan dari kuat tekan beton umur 28 hari. Secara umum, nilai kekuatan lentur beton berkisar antara 3–5 MPa (30–50 kg/cm²), dengan rumus sebagai berikut:

$$f_{ef} = K (f_c')^{0,50} \text{ dalam MPa atau } \dots\dots\dots (2.2)$$

$$f_{ef} = 3,13 K (f_c')^{0,50} \text{ dalam kg/cm}^2 \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

- f_{ef} = Kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm²)
- f_c' = Kuat tekan beton karakteristik 28 (kg/cm²)
- K = Konstanta 0,75 untuk agregat pecah

5. Lalu – Lintas

Beban lalu lintas rencana pada perkerasan beton semen dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (commercial vehicle) berdasarkan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Analisis lalu lintas dilakukan dengan

menghitung volume lalu lintas dan konfigurasi sumbu menggunakan data terbaru atau data dari dua tahun terakhir. Kendaraan yang diperhitungkan adalah yang memiliki berat total minimal 5 ton.

Konfigurasi sumbu dalam perencanaan terdiri dari empat kelompok, yaitu:

Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)

Sumbu tunggal roda ganda (STRG)

Sumbu tandem roda ganda (STdRG)

Sumbu tridem roda ganda (STrRG)

6. Umur rencana

Umur rencana perkerasan jalan adalah periode sejak jalan dibuka hingga memerlukan perbaikan struktural. Perkerasan beton semen umumnya dirancang dengan umur rencana antara 20 hingga 40 tahun.

7. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Volume lalu lintas akan meningkat seiring dengan umur rencana atau hingga kapasitas jalan terpenuhi. Faktor pertumbuhan lalu lintas dihitung menggunakan rumus berikut:

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

Dimana:

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = Umur rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan lalu-lintas (i) dapat menggunakan Tabel 2.9

Tabel 2. 9 Faktor Pertumbuhan lalu-lintas, R

Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan (i) per tahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

(Sumber: Pd T-14-2003)

8. Lalu lintas rencana

Lalu lintas rencana merupakan total kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, termasuk proporsi dan distribusi beban tiap jenis sumbu kendaraan. Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) selama umur rencana dihitung dengan rumus:

$$JSKN = 365 \times JSKNH \times R \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

JSKN = Jumlah sumbu total kendaraan niaga selama umur rencana.

JSKNH = Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka.

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

9. Jumlah Repetisi yang akan terjadi selama umur rencana

$$JSKN \text{ rencana} = c \times JSKN \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

c = Koefisien Distribusi Kendaraan

JSKN = Jumlah sumbu total kendaraan niaga selama umur rencana.

10. Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi (c)

Lajur rencana adalah lajur pada ruas jalan yang menampung volume kendaraan niaga terbanyak. Jika tidak terdapat marka batas lajur, jumlah lajur dan koefisien distribusi (c) kendaraan niaga dapat ditentukan berdasarkan lebar perkerasan, seperti yang tercantum dalam Tabel 2.10.

Tabel 2. 10 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar perkerasan (Lp)	Jumlah Lajur (n)	Koefisien Distribusi (c)	
		1 Arah	2 Arah
$Lp < 5,50 \text{ m}$	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq Lp < 8,25 \text{ m}$	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq Lp < 11,25 \text{ m}$	3 lajur	0,50	0,475
$11,25 \text{ m} \leq Lp < 15,00 \text{ m}$	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq Lp < 18,75 \text{ m}$	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq Lp < 22,00 \text{ m}$	6 lajur	-	0,40

(Sumber: Pd T-14-2003)

11. Faktor Keamanan Beton

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (F_{KB}) yang ditunjukkan dalam Tabel 2.11.

2
Tabel 2. 11 Faktor Keamanan Beban (F_{KB})

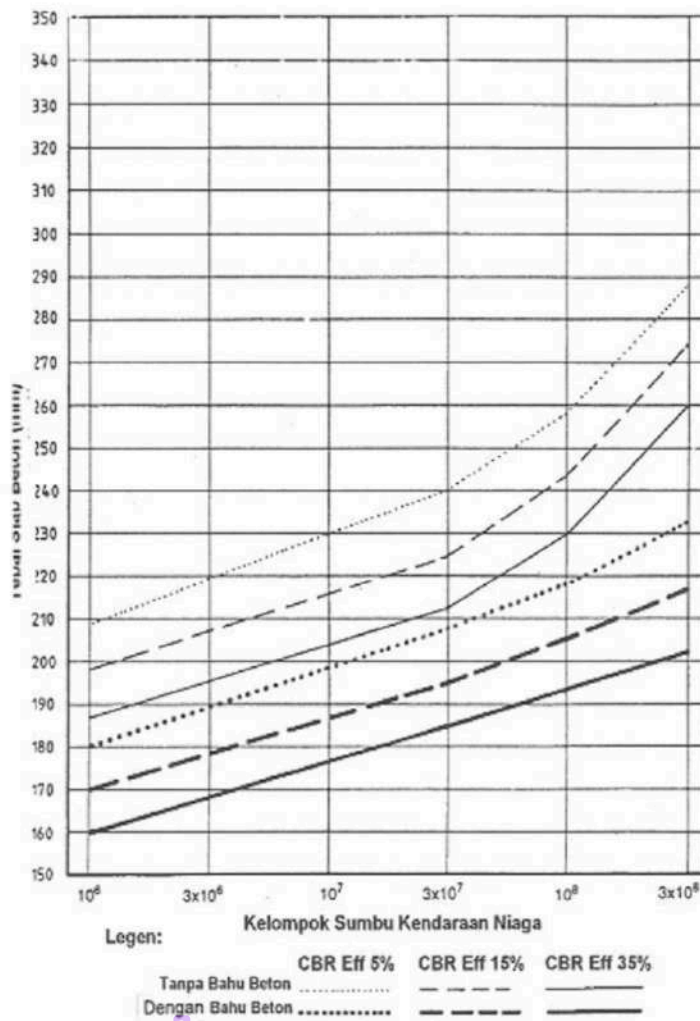
No	Peranan Jalan	Nilai F_{KB}
1.	Jalan Tol	1,2
2.	Jalan Arteri	1,1
3.	Jalan Kolektor/Lokal	1,0

(Sumber: Pd T-14-2003)

12. Bahu

Bahu jalan bisa dibuat dari lapisan fondasi bawah dengan atau tanpa lapisan penutup aspal maupun beton. Perbedaan kekuatan antara bahu dan jalur lalu lintas dapat memengaruhi kinerja perkerasan, sehingga penggunaan bahu beton semen menjadi solusi. Bahu beton semen dapat meningkatkan daya tahan perkerasan sekaligus memungkinkan pengurangan tebal pelat beton. Bahu beton semen dibuat menyatu dengan lajur lalu lintas selebar 0,60 m atau dikunci dengan lebar minimum 1,50 m, termasuk kereb dan saluran.

13. Taksir tebal pelat beton atau perkiraan awal dengan tebal tertentu berdasarkan contoh Gambar 24 sampai dengan Gambar 31 di Pd T-14-2003. Untuk Gambar Penulis menggunakan gambar 30 (Pd T-14-2003). Bisa dilihat pada Gambar 2. 16 Grafik Perencanaan, $F_{cf} = 4,25$ Mpa, Lalu-Lintas Luar Kota
14. Tentukan tegangan ekuivalen (TE) dan faktor erosi (FE) dari Tabel 2. 12 Tegangan Ekuivalen & Faktor Erosi untuk Perkerasan Dengan Bahu Beton.
15. Tentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekuivalen (TE) oleh kuat tarik-lentur (f_{ct}).
16. Untuk setiap rentang beban kelompok sumbu tersebut, tentukan beban per roda dan kalikan dengan faktor keamanan beban (F_{kb}) untuk menentukan beban rencana per roda pada Gambar 2. 17 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan dan Gambar 2. 18 Analisis erosi dan jumlah repetisi beban
17. Hitung persentase repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
18. Hitung jumlah total kerusakan akibat fatik dan jumlah total kerusakan akibat erosi untuk seluruh jenis kelompok sumbu.
19. Ketebalan pelat beton yang dipilih atau ditaksir dianggap sesuai jika total kelelahan (*fatigue*) dan erosi yang dihitung tidak melebihi 100%. Hal ini memastikan bahwa perkerasan mampu menahan beban lalu lintas selama umur rencana tanpa mengalami kegagalan struktural yang signifikan.



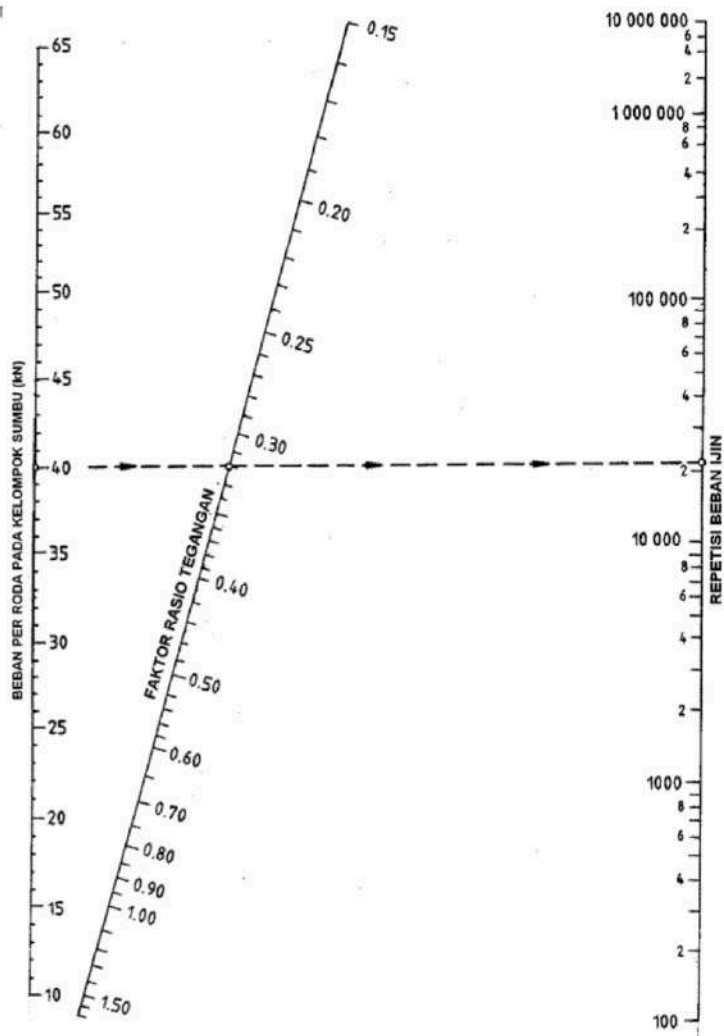
Gambar 2. 16 Grafik Perencanaan, $F_{ci} = 4,25$ Mpa, Lalu-Lintas Luar Kota
 Dengan Ruji, FKB = 1,1
 (Sumber: Pd T-14-2003)

Tabel 2. 12 Tegangan Ekuivalen & Faktor Erosi untuk Perkerasan Dengan Bahu Beton

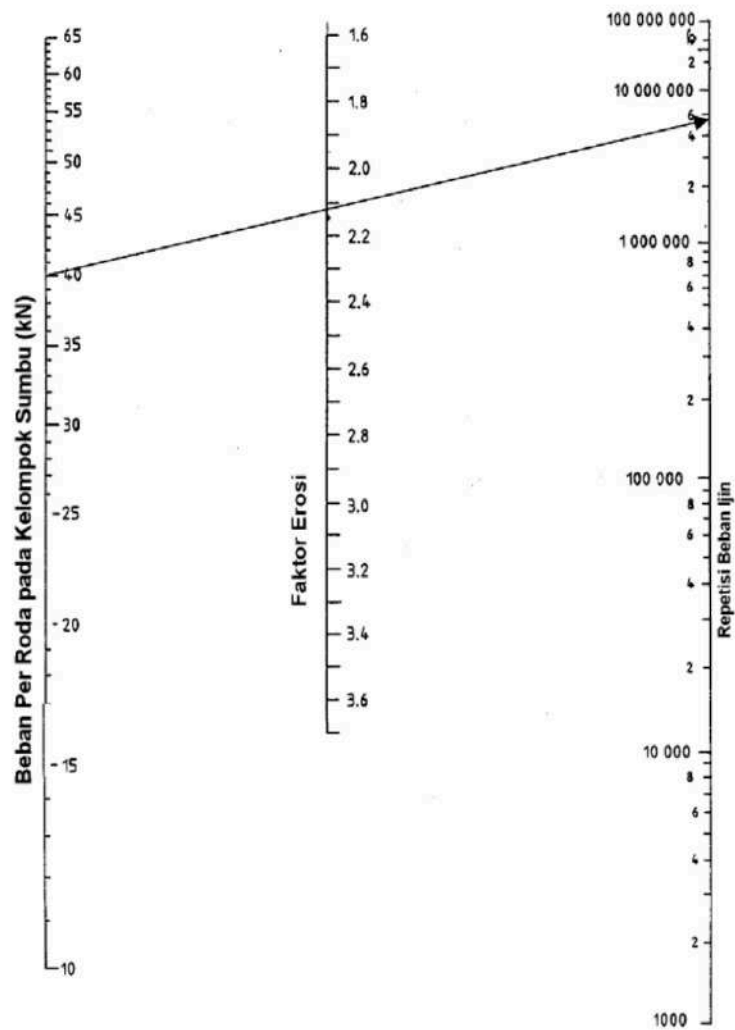
Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
						STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
150	5	1,42	2,16	1,81	1,45	2,34	2,94	2,99	3	2,14	2,74	2,78	2,81
150	10	1,36	2,04	1,7	1,39	2,32	2,92	2,94	2,94	2,13	2,72	2,73	2,75
150	15	1,33	1,98	1,65	1,36	2,32	2,92	2,91	2,91	2,12	2,72	2,7	2,72
150	20	1,32	1,94	1,62	1,35	2,31	2,91	2,9	2,9	2,11	2,71	2,69	2,7
150	25	1,3	1,9	1,59	1,33	2,3	2,9	2,88	2,88	2,1	2,7	2,67	2,67
150	35	1,27	1,82	1,53	1,3	2,29	2,89	2,85	2,84	2,08	2,69	2,64	2,63
150	50	1,23	1,74	1,49	0,1	2,27	2,87	2,82	2,81	2,06	2,67	2,6	2,59
150	75	1,2	1,65	1,43	1,26	2,25	2,85	2,79	2,77	2,04	2,65	2,57	2,56
160	5	1,29	1,98	1,67	1,33	2,26	2,87	2,93	2,95	2,06	2,66	2,72	2,77
160	10	1,24	1,87	1,56	1,26	2,24	2,85	2,88	2,89	2,04	2,64	2,67	2,69
160	15	1,21	1,82	1,51	1,23	2,24	2,84	2,85	2,85	2,04	2,64	2,64	2,66
160	20	1,2	1,79	1,49	1,21	2,23	2,83	2,84	2,84	2,03	2,63	2,62	2,64
160	25	1,18	1,75	1,46	1,2	2,23	2,83	2,82	2,82	2,02	2,62	2,6	2,62
160	35	1,15	1,67	1,41	1,17	2,22	2,82	2,79	2,78	2	2,61	2,56	2,57
160	50	1,12	1,6	1,36	1,15	2,2	2,8	2,75	2,75	1,98	2,59	2,53	2,53
160	75	1,1	1,52	1,3	1,13	2,18	2,78	2,72	2,69	1,97	2,57	2,5	2,49
170	5	1,17	1,83	1,55	1,22	2,19	2,8	2,88	2,9	1,99	2,59	2,66	2,72
170	10	1,13	1,73	1,45	1,16	2,17	2,78	2,83	2,84	1,97	2,57	2,61	2,64
170	15	1,11	1,68	1,44	1,13	2,17	2,77	2,8	2,81	1,96	2,57	2,58	2,61
170	20	1,1	1,65	1,38	1,12	2,16	2,76	2,79	2,79	1,95	2,56	2,57	2,59
170	25	1,08	1,62	1,35	1,1	2,16	2,76	2,77	2,77	1,95	2,55	2,55	2,57
170	35	1,05	1,55	1,3	1,07	2,15	2,75	2,73	2,73	1,94	2,53	2,51	2,53
170	50	1,03	1,49	1,25	1,04	2,13	2,73	2,7	2,7	1,91	2,51	2,47	2,48
170	75	1,02	1,41	1,19	1,03	2,11	2,71	2,66	2,64	1,89	2,49	2,43	2,43
180	5	1,07	1,7	1,44	1,13	2,13	2,73	2,83	2,86	1,92	2,52	2,61	2,68
180	10	1,03	1,6	1,35	1,07	2,11	2,71	2,78	2,79	1,9	2,5	2,56	2,6
180	15	1,01	1,55	1,3	1,04	2,1	2,71	2,75	2,76	1,89	2,5	2,53	2,57
180	20	1,01	1,53	1,28	1,03	2,09	2,7	2,73	2,74	1,88	2,49	2,51	2,54
180	25	1	1,5	1,25	1,01	2,09	2,69	2,71	2,72	1,88	2,48	2,49	2,52
180	35	0,98	1,44	1,2	0,98	2,08	2,68	2,67	2,68	1,87	2,46	2,45	2,47
180	50	0,95	1,38	1,16	0,96	2,06	2,66	2,64	2,64	1,84	2,44	2,42	2,42
180	75	0,94	1,31	1,1	0,94	2,04	2,64	2,61	2,6	1,82	2,42	2,36	2,37
190	5	0,99	1,58	1,35	1,05	2,07	2,67	2,78	2,82	1,86	2,46	2,57	2,64
190	10	0,96	1,49	1,26	0,99	2,05	2,65	2,72	2,75	1,84	2,44	2,51	2,56
190	15	0,94	1,44	1,21	0,97	2,04	2,64	2,7	2,72	1,83	2,43	2,48	2,53
190	20	0,93	1,42	1,19	0,96	2,03	2,63	2,69	2,7	1,82	2,42	2,46	2,5
190	25	0,92	1,4	1,17	0,94	2,03	2,63	2,67	2,68	1,81	2,41	2,44	2,48
190	35	0,9	1,35	1,12	0,91	2,02	2,62	2,63	2,64	1,79	2,4	2,4	2,43
190	50	0,88	1,29	1,08	0,88	2	2,6	2,6	2,6	1,77	2,38	2,36	2,38
190	75	0,87	1,22	1,02	0,86	1,98	2,58	2,55	2,55	1,76	2,36	2,32	2,31
200	5	0,91	1,47	1,27	0,99	2,01	2,61	2,74	2,78	1,8	2,4	2,52	2,6
200	10	0,89	1,39	1,18	0,93	1,99	2,59	2,69	2,71	1,78	2,38	2,46	2,52
200	15	0,87	1,35	1,15	0,9	1,98	2,59	2,65	2,68	1,77	2,37	2,43	2,49
200	20	0,86	1,33	1,12	0,89	1,97	2,58	2,64	2,66	1,76	2,36	2,42	2,48
200	25	0,85	1,3	1,1	0,87	1,97	2,57	2,62	2,64	1,75	2,35	2,4	2,44
200	35	0,83	1,25	1,05	0,84	1,96	2,56	2,58	2,6	1,73	2,33	2,36	2,39
200	50	0,82	1,2	1,01	0,82	1,94	2,54	2,54	2,55	1,71	2,31	2,32	2,33
200	75	0,81	1,14	0,95	0,8	1,92	2,52	2,51	2,5	1,69	2,3	2,27	2,28
210	5	0,85	1,38	1,2	0,93	1,96	2,56	2,7	2,75	1,74	2,34	2,48	2,57
210	10	0,82	1,3	1,11	0,87	1,94	2,54	2,65	2,67	1,72	2,32	2,42	2,49
210	15	0,8	1,27	1,08	0,84	1,93	2,53	2,62	2,64	1,71	2,31	2,39	2,45
210	20	0,8	1,24	1,05	0,83	1,92	2,52	2,6	2,62	1,7	2,3	2,37	2,43
210	25	0,79	1,22	1,03	0,81	1,91	2,51	2,58	2,6	1,69	2,29	2,35	2,4
210	35	0,77	1,17	0,98	0,78	1,9	2,49	2,54	2,56	1,67	2,28	2,31	2,34
210	50	0,76	1,13	0,94	0,76	1,88	2,48	2,51	2,51	1,65	2,26	2,27	2,29
210	75	0,75	1,07	0,9	0,74	1,86	2,47	2,45	2,46	1,64	2,24	2,22	2,22

STRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggal STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda STrRG: Su

(Sumber: Pd T-14-2003)



Gambar 2. 17 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton
(Sumber: Pd T-14-2003)



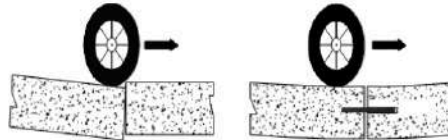
Gambar 2. 18 Analisis erosi dan jumlah repetisi beban berdasarkan faktor erosi, dengan bahu beton
(Sumber: Pd T-14-2003)

2.8 Parameter Perencanaan Ruji, Batang Pengikat, dan Tulangan

Perencanaan ruji, batang pengikat, dan tulangan mengacu pada standar Pd T-14-2003, dengan mempertimbangkan beberapa parameter berikut:

2.8.1 Diameter Ruji (*Dowel*)

Dowel merupakan sepotong baja polos lurus yang dipasang pada setiap sambungan melintang guna menyalurkan beban. Batang ruji diletakkan ditengah tebal pelat, sehingga pelat yang berdampingan dapat bekerja sama tanpa terjadi penurunan.



Tanpa Penyaluran Beban = 0% Penyaluran Beban=100%

Gambar 2. 19 Ilustrasi penyaluran beban

(Sumber: Perancangan perkerasan jalan dan penyelidikan tanah. (2011))

Jarak sambungan susut melintang pada perkerasan beton bervariasi tergantung pada jenis perkerasan:

1. Perkerasan beton tanpa tulangan: jarak sambungan 4–5 m.
2. Perkerasan beton dengan tulangan: jarak sambungan 8–15 m.
3. Perkerasan beton menerus bertulangan: ditentukan sesuai kondisi pelaksanaan.

Sambungan ini harus menggunakan ruji polos dengan panjang 45 cm, dipasang dengan jarak 30 cm antar ruji. Ruji harus dipasang lurus dan bebas dari tonjolan tajam agar dapat bergerak bebas saat pelat beton menyusut. Diameter ruji disesuaikan dengan ketebalan pelat beton, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.13.

Tabel 2. 13 Diameter Ruji (*Dowel*)

No.	Tebal Pelat, h (mm)	Diameter Ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36

(Sumber: Pd T-14-2003)

2.8.2 Batang Pengikat (Tie Bars)

Sambungan memanjang berfungsi mencegah retak arah memanjang, dengan jarak antar sambungan sekitar 3–4 m. Sambungan ini menggunakan batang ulir mutu minimum BJTU 24 berdiameter 16 mm, dipasang dengan jarak 75 cm. Perhitungan ukuran batang pengikat adalah sebagai berikut:

$$l = (38,3 \times \phi) + 75 \quad (2.7)$$

Dengan:

l = panjang batang pengikat (mm).

ϕ = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

2.8.3 Perkerasan Beton Bersambung Dengan Tulangan (BBDT)

Luas penampang tulangan yang diperlukan dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$A_s = \frac{\mu L M g h}{2 f_s} \quad (2.8)$$

Dimana:

A_s = Luas penampang tulangan (mm²/m lebar pelat)

f_s = Kuat tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya 0,6 kali tegangan leleh

g = Gravitasi (m/detik²)

h = Tebal pelat beton (m)

L = Jarak antar sambungan yang tidak diikat / tepi bebas pelat (m)

M = Berat per satuan volume pelat (kg/m³)

μ = Koefisien gesek antara pelat beton dengan fondasi bawah dari tabel 2.14

Tabel 2. 14 Nilai Koefisien Gesekan (μ)

No.	Lapis Pemecah Ikatan	Koefisien Gesekan (μ)
1.	Lapis resap ikat aspal diatas permukaan fondasi bawah	1,0
2.	Laburan lilin (paraffin) tipis pemecah ikat	1,5
3.	Karet kompon perawatan beton (<i>A chlorinated rubber curing compound</i>)	2,0

(Sumber: Pd T-14-2003)

2.8.4 Perkerasan Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT)

Pada perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan, penulangan dapat dipasang jika diperlukan untuk mengendalikan retak. Jika ada bagian pelat yang berisiko retak akibat konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari dengan pola sambungan, maka pelat harus diberi tulangan.

2.8.5 Perkerasan Beton Menerus Dengan Tulangan (BMDT)

Tulangan memanjang pada perkerasan BMDT dihitung menggunakan persamaan:

$$P_s = \frac{100 \cdot f_{ct} (1,3 - 0,2 \mu)}{f_y - n \cdot f_{ct}} \quad (2.9)$$

Dimana:

P_s = Presentase luas tulangan yang dibutuhkan terhadap luas penampang beton (%).

f_{ct} = Kuat tarik langsung beton = $(0,4 - 0,5 f_{ct})$ (kg/cm²)

f_y = Tegangan leleh rencana baja (kg/cm²)

n = Angka ekivalensi antara baja & beton (E_s/E_c), dapat dilihat pada Tabel 2.15 atau dihitung dengan rumus.

μ = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

E_s = Modulus elastisitas baja = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm²)

E_c = Modulus elastisitas beton = $1485 \sqrt{f'_c}$ (kg/cm²)

Tabel 2. 15 Hubungan kuat tekan beton dan angka ekivalen baja dan beton (n)

f'_c (kg/cm ²)	n
175 - 225	10
235 - 285	8
290 - ke atas	6

(Sumber: Pd T-14-2003)

Persentase minimum tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6% dari luas penampang beton. Tulangan dipasang untuk mengontrol jarak dan lebar retak. Secara teoritis jarak antara retakan dihitung dari persamaan berikut:

$$L_{cr} = \frac{f_{ct}^2}{n \cdot p^2 \cdot u \cdot f_b \cdot (\epsilon_s \cdot E_c \cdot f_{ct})} \quad (2.10)$$

Dimana:

L_{cr} = Jarak teoritis antar retakan (cm)

P = Perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton.

u = Perbandingan keliling terhadap luas tulangan = $4/d$

f_b = Tegangan lekat antara tulangan dengan beton = $(1,97 \sqrt{f'_c})/d$ (kg/cm²).

ϵ_s = Koefisien susut beton = (400×10^{-6})

f_{ct} = Kuat tarik langsung beton = $(0,4 - 0,5 f_{ct})$ (kg/cm²)

n = Angka ekivalensi antara baja dan beton = (E_s/E_c)

E_s = Modulus elastisitas baja = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm²)

E_c = Modulus elastisitas beton = $14850 \sqrt{f'_c}$ (kg/cm²)

Jarak retakan teoritis yang dihitung dengan persamaan di atas harus memberikan hasil antara 150 dan 250 cm. Jarak antar tulangan 100 mm - 225 mm. Diameter batang tulangan memanjang berkisar antara 12 mm dan 20 mm.

2.9 Beban Lalu Lintas

Dalam perencanaan teknik jalan, data lalu lintas menjadi faktor utama karena mempengaruhi kapasitas dan desain jalan. Volume lalu lintas menentukan jumlah dan lebar lajur, sedangkan jenis kendaraan memengaruhi kelas beban atau Muatan Sumbu Terberat (MST), yang berperan langsung dalam perencanaan perkerasan.

Pergerakan lalu lintas mencakup kendaraan dan pejalan kaki sebagai bagian dari sistem transportasi. Kendaraan sendiri dikategorikan berdasarkan bobot dan konfigurasi sumbunya untuk menentukan distribusi beban terhadap perkerasan jalan. Data dan parameter lalu lintas untuk perencanaan tebal perkerasan meliputi:

2.9.1 Jenis kendaraan

Secara umum ciri pengenalan penggolongan kendaraan seperti dibawah ini:

1. Golongan 1: Sedan, jeep, station wagon, kendaraan penumpang dengan 4-6 kursi.
2. Golongan 2: Minibus, mikrolet, angkot, pick-up tertutup, kapasitas maksimal 12 penumpang, beroperasi dalam kota atau pedesaan.
3. Golongan 3: Truk 2 sumbu (L), kendaraan barang dengan sumbu belakang tunggal, beban maksimal 3,5 ton dengan bagian belakang STRT.
4. Golongan 5a: Bus kecil, kapasitas 16-26 kursi, panjang maksimal 9 m, contoh: Metromini, Elf dengan bagian belakang STRT.
5. Golongan 5b: Bus besar, kapasitas 30-50 kursi, panjang ± 12 m dan STRG contoh: bus kota, bus antar kota.
6. Golongan 6: Truk 2 sumbu (H), kendaraan barang dengan beban sumbu belakang 5-10 ton (MST 5, 8, 10 dan STRG).
7. Golongan 7a: Truk 3 sumbu, kendaraan barang dengan kombinasi sumbu tunggal dan ganda (STRT dan SGRG).
8. Golongan 7b: Truk gandengan, terdiri dari truk golongan 6 atau 7 dengan gandengan tambahan.
9. Golongan 7c: Truk semi-trailer, terdiri dari kepala truk 2-3 sumbu yang tersambung dengan bak beroda belakang 2-3 sumbu.

Penggolongan lalu-lintas berdasarkan Manual desain perkerasan jalan 2024.

Klasifikasi Kendaraan	Urutan	Konfigurasi Sumbu	Ketompek sumbu	Silhouette Kendaraan	Skema Konfigurasi
1	Sepeda motor dan kendaraan roda 3				
2	Kendaraan ringan - sedan, jeep, dan station wagon	1.1	2		
3	Kendaraan ringan - angkutan umum - sedang	1.1	2		
4	Kendaraan ringan - pick up, micro truck	1.1	2		
5A	Bus kecil	1.1	2		
5B	Bus besar	1.2	2		
6A	Truk 2 sumbu-truk ringan	1.1	2		
6B	Truk 2 sumbu-truk sedang	1.2	2		
7A1	Truk 3 sumbu-berat	1.1.2	2		
7A2	Truk 3 sumbu-berat	1.22	2		
7A3	Truk 4 sumbu-berat	1.1.2.2	2		
7B1	Truk 4 sumbu-berat	1.2+2.2	4		
7B2	Truk 5 sumbu-berat	1.1.2+2.2	4		
7B3	Truk 5 sumbu-berat	1.22+2.2	4		
7C1	Truk 4 sumbu-berat	1.2-2.2	3		
7C2A	Truk 5 sumbu-berat	1.22-2.2	3		
7C2B	Truk 5 sumbu-berat	1.2-2.22	3		
7C3	Truk 6 sumbu-berat	1.22-2.22	3		
7C4	Truk 7 sumbu-berat	1.22-2.222	3		
8	Kendaraan tak bermotor				

Gambar 2. 20 Klasifikasi dan konfigurasi sumbu kendaraan

(Sumber: Manual Desain perkerasan jalan (2024))

2.9.2 Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

LHR merupakan rata-rata jumlah kendaraan yang melintas di suatu titik per hari, dan menjadi dasar dalam penentuan jumlah serta lebar lajur jalan. Dalam perencanaan tebal perkerasan, LHR bersama faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan, *VDF* (*Vehicle Damage Factor*), umur rencana, jumlah lajur, serta faktor distribusi arah dan lajur digunakan untuk menghitung *Equivalent Single Axle Load* (ESAL).

Pertumbuhan lalu lintas tahunan menunjukkan persentase kenaikan jumlah kendaraan setiap tahun. Misalnya, jika lalu lintas tahun lalu 10.000 kendaraan dan tahun ini 12.000 kendaraan, maka pertumbuhan tahunan adalah 20%, yang mencerminkan peningkatan arus lalu lintas.

2.9.3 Vehicle damage factor (VDF)

VDF menggambarkan tingkat kerusakan jalan yang disebabkan oleh kendaraan tertentu dibandingkan dengan kendaraan standar. Semakin berat beban kendaraan, terutama truk dengan muatan berlebih, semakin besar nilai VDF dan *Equivalent Single Axle Load* (ESAL) yang dihasilkan.

Standar axle load dengan daya rusak setara 1 ESAL adalah 18.000 lbs (8,16 ton). Nilai VDF dapat dihitung melalui beberapa metode, seperti pengukuran langsung beban kendaraan di lapangan atau berdasarkan data klasifikasi kendaraan dan distribusi beban sumbu. Berikut beberapa cara mengetahui nilai VDF:

1. Bina Marga (MST-10)

Metode ini mengacu pada SNI 1732-1989-F dan Manual Perkerasan Jalan No. 01/MN/BM/83, yang menggunakan Muatan Sumbu Terberat (MST) 10 ton sebagai acuan dalam perhitungan *Vehicle Damage Factor* (VDF). MST-10 mengasumsikan bahwa sumbu roda belakang kendaraan, khususnya truk, dapat menahan beban hingga 10 ton. Jika terjadi *overloading*, formula ini tetap dapat digunakan untuk menghitung VDF dengan menyesuaikan bobot kendaraan.

Angka ekivalen beban sumbu menunjukkan tingkat kerusakan jalan akibat beban kendaraan dibandingkan dengan beban standar sumbu tunggal 8,16 ton (18.000 lbs). Semakin berat muatan sumbu kendaraan, semakin besar pula dampak kerusakannya terhadap perkerasan jalan. Angka Ekivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus:

$$\text{Sumbu tunggal} = \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\text{Sumbu ganda} = 0,086 \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \dots\dots\dots (2.12)$$

Konfigurasi beban sumbu berbagai jenis kendaraan, beserta angka ekivalennya dalam kondisi kosong (minimum) maupun bermuatan penuh (maksimum), mengacu pada Manual No. 01/MN/BM/83 dan ditampilkan pada Tabel 2.17.

Perhitungan VDF menggunakan formula diatas dengan konfigurasi pada Tabel 2.17 serta muatan sumbu terberat 10 ton menghasilkan nilai yang disajikan pada Tabel 2.16.

9

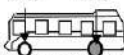
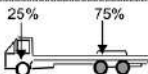
Tabel 2. 16 *Vehicle damage factor* berdasar Bina Marga MST-10 ton

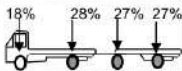
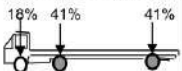
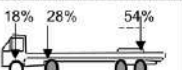
No.	Type kendaraan & golongan				Nilai VDF
1	Sedan, jeep, st. wagon	2	Gol-1	1.1	0,0005
2	Pick-up, combi	3	Gol-2	1.2	0,1619
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	Gol-2	1.2L	0,2174
4	Bus kecil	5a	Gol-2	1.2	0,2174
5	Bus besar	5b	Gol-9	1.2	0,3006
6	Truck 2 as (H)	6	Gol-3	1.2H	2,4134
7.	Truck 3 as	7a	Gol-4	1.2.2	2,7416
8.	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	Gol-6	1.2+2.2	3,9083
9.	Truck s. trailer 5 as	7c	Gol-8	1.2.2+2.2	4,1546

(Sumber: Suryawan, Ari. (2023). *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland*)

38

Tabel 2. 17 Konfigurasi beban sumbu

KONFIGURASI SUMBU & TIPE	BERAT KOSONG (ton)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (ton)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (ton)	UE 18 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL MAKSIMUM	 RODA TUNGGAL PADA UJUNG SUMBU  RODA GANDA PADA UJUNG SUMBU
1,1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0005	
1,2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1,2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1,2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1,22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416	

1,2+2,2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	3,9083	
1,2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	
1,2-2,2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,1830	

(Sumber: Suryawan, Ari. (2023). *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland*)

2.10 Parameter Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Metode AASHTO 1993

AASHTO (*American Association of State Highway Transportation Officials*) *Guide for Design of Pavement Structures* 1993. AASHTO 1993 merupakan salah satu metode perencanaan perkerasan kaku yang umum digunakan.

Pada perencanaan ini mengacu pada AASHTO *guide for design of pavement* 1993. Metode ini memuat mengenai landasan teori dan tahapan dalam perencanaan rigid pavement dengan berbagai kondisi / parameter perkerasan jalan beton semen portland.

2.10.1 Analisis lalu lintas (Traffic Design)

1. Umur rencana

Umur rencana perkerasan jalan adalah periode sejak jalan mulai digunakan hingga membutuhkan perbaikan struktural. Pada perkerasan beton semen, umur rencana umumnya ditetapkan antara 20 hingga 40 tahun.

2. Jenis kendaraan

Mengetahui tipe kendaraan, golongan yang didapat dari survei lhr berdasarkan penggolongan kendaraan yg telah dijelaskan sebelumnya.

3. Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati titik tertentu dalam periode waktu tertentu. Satuan yang umum digunakan adalah Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR), yang menjadi dasar dalam menentukan jumlah dan lebar lajur. Dalam perhitungan tebal perkerasan, data LHR, pertumbuhan lalu lintas, VDF, umur rencana, jumlah lajur, faktor distribusi arah, dan faktor distribusi lajur dipakai untuk menghitung *Equivalent Single Axle Load* (ESAL).

$$W18 = \sum_{N_i}^{N_i} LHR_j \times VDF_j \times DD \times DL \times 365 \dots\dots\dots (2.16)$$

mencari nilai W18 pada jenis kendaraan:

$$W18 = LHR \times VDF \times 365 \dots\dots\dots (2.17)$$

$$W_t = W18 \times \frac{(1+g)^n - 1}{g} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana:

W18 = Equivalent Single Axle Load (ESAL)

LHRj = Jumlah lalu lintas harian rata-rata 2 arah

VDF = Faktor kerusakan

DD = Faktor distribusi arah

DL = Faktor distribusi lajur

Nn = Lalu lintas pada tahun pertama

Ni = Lalu lintas pada tahun akhir (umur rencana)

W18 = Jumlah beban gandar standar kumulatif selama 1 tahun.

Wt = Jumlah beban gandar tunggal standar kumulatif.

g = Tingkat pertumbuhan per tahun.

N = Umur rencana

Lalu lintas harian rata-rata diambil selama 9 jam pada ruas jalan yang menjadi akses keluar masuk kendaraan dari atau menuju desa, dusun, maupun kecamatan.

4. *Vehicle damage factor (VDF)*

Vehicle damage factor merupakan angka menggambarkan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu kendaraan terhadap perkerasan jalan.

5. *Pertumbuhan Lalu lintas Tahunan (Growth Factor)*

Setelah diperoleh volume lalu lintas harian rata-rata, tahap berikutnya adalah menghitung laju pertumbuhan lalu lintas. Berikut rumusnya:

$$\text{Growth Factor} = \frac{(1+g)^n - 1}{g} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana:

g = Perkembangan lalu lintas

n = Umur rencana

6. *Equivalent Single Axle Load (ESAL)*

Merupakan salah satu paramater menghitung Traffic design sebagai acuan untuk mencari nilai W18 desain atau minimum untuk menentukan tebal perkerasan. Dalam traffic desain, ESAL merupakan hasil akhir yang mencerminkan total kerusakan kumulatif yang akan digunakan dalam desain jalan.

7. Faktor Distribusi Arah (DD) dan Faktor Distribusi Lajur (DL)

Nilau faktor distribusi arah (DD) umumnya adalah 0,3 – 0,5. Dan faktor distribusi lajur (DL) mengacu pada Tabel 2.21 berdasarkan AASHTO 1993.

Tabel 2. 18 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur	Jumlah Lalu Lintas Pada Lajur Rencana (%)
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 – 75

(sumber: AASHTO, 1993))

2.10.2 Keandalan (Reliability)

Reliability (R) mengacu pada tabel 2.19, adalah tingkat probabilitas bahwa perkerasan tetap berfungsi baik sepanjang umur rencana. Semakin tinggi nilai R, semakin kecil kemungkinan kegagalan akibat deviasi desain. Nilai Standard Normal Deviasi (ZR) ditentukan berdasarkan Tabel 2.20, sedangkan untuk perkerasan kaku digunakan standar deviasi (So) sebesar 0,30–0,40.

Tabel 2. 19 Nilai Reliabilitas (R)

Klasifikasi Jalan	Reliability (R) (%)	
	Perkotaan (Urban)	Pedesaan (Rural)
Jalan tol	85 - 99,9	80 - 99,9
Arteri	80 - 99	75 - 95
Kolektor	80 - 95	75 - 95
Lokal	50 - 80	50 - 80

(sumber: AASHTO, 1993))

Tabel 2. 20 Nilai Standar Deviasi Normal (ZR) untuk Tingkatan Reliability (R)

R (%)	Z _R	R (%)	Z _R	R (%)	Z _R
50	0,000	93	-1,576	90	-1,282
60	-0,253	94	-1,555	91	-1,340
70	-0,524	95	-1,645	92	-1,405
75	-0,674	96	-1,751	99	-2,327
80	-0,841	97	-1,881	99,9	-3,09
85	-1,037	98	-2,054	99,99	-3,75

(sumber: AASHTO, 1993))

2.10.3 Kemampuan Layanan (Serviceability)

Terminal Serviceability indeks pelayanan akhir (Pt) diperoleh dari survei pendapat yang menyatakan sejauh mana perkerasan masih bisa diterima. Indeks pelayanan awal Initial serviceability untuk rigid pavement (Po) = 4,5 (diambil dari AASTHO 1993)

Tabel 2. 21 Indek Kemampuan Pelayanan Akhir (Pt)

Pt	Persen orang berpendapat tidak setuju
3,0	12%
2,5	55%
2,0	85%

(sumber: AASHTO, 1993))

Kehilangan kemampuan pelayanan (ΔPSI)

$$\Delta PSI = P_o - P_t \dots \dots \dots (2.20)$$

Pada perkerasan kaku, nilai Pt ditetapkan berdasarkan volume lalu lintas, untuk lalu lintas tinggi Pt = 3,0, untuk sedang Pt = 2,5 dan Pt = 2,0 untuk rendah.

2.10.4 Modulus Reaksi Tanah (*Modulus of Subgrade Reaction*)

Modulus reaksi tanah dasar (k) ditentukan melalui kombinasi rumus dan grafik berdasarkan nilai CBR tanah dasar. AASHTO 1993 menyarankan nilai *modulus of subgrade reaction* (k) dapat dihitung dengan persamaan, sedangkan *faktor Loss of Support* mengacu pada Tabel 2.22.

Lapis subbase : Cement aggregate mixture

Loss of Support : LS = 1

$$MR = 1.500 \times CBR \dots \dots \dots (2.21)$$

$$K = \frac{MR}{19.4} \dots \dots \dots (2.22)$$

Dimana:

MR = Modulus ketahanan

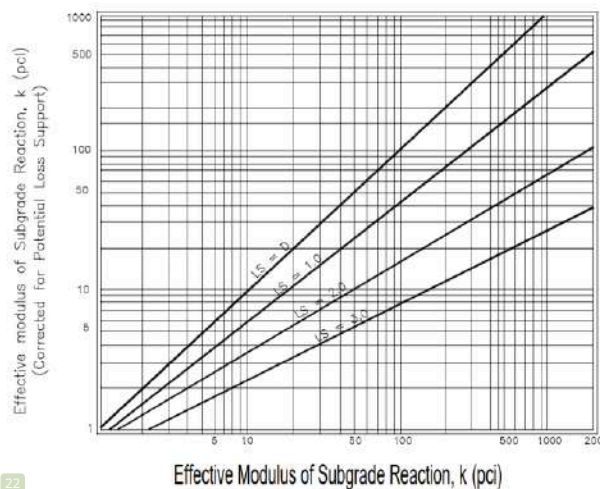
CBR = nilai California Bearing Ratio

K = Modulus reaksi tanah dasar

Tabel 2. 22 Faktor Loss of Support (LS)

No.	Tipe material	LS
1	Cement Treated Granular Base (E = 1.000.000 – 2.000.000 psi)	0 - 1
2	Cement Aggregate Mixtures (E = 500.000 – 1.000.000 psi)	0 - 1
3	Asphalt Treated Base (E = 350.000 – 1.000.000 psi)	0 - 1
4	Bituminous Stabilized Mixtures (E = 40.000 – 300.000 psi)	0 - 1
5	Lime Stabilized (E = 20.000 – 70.000 psi)	1 - 3
6	Unbound Granular Materials (E = 15.000 – 45.000 psi)	1 - 3
7	Fine grained / Natural subgrade material (E = 3.000 – 40.000 psi)	2 - 3

(sumber: AASHTO, 1993))



22
Effective Modulus of Subgrade Reaction, k (pci)
Gambar 2. 21 Koreksi modulus efektif reaksi tanah dasar untuk potensial LS
(sumber: AASHTO, 1993))

Fondasi bawah menggunakan *Wet Lean Concrete*, yaitu beton kurus dengan kadar air tinggi yang lebih cair. Beton ini berfungsi untuk meratakan permukaan dan mendukung beton utama dengan kekuatan rendah. Umumnya, ketebalan 100-150 mm.

2.10.5 Modulus Elastisitas Beton

Modulus Elastisitas Beton memperlihatkan kekakuan beton saat menahan beban. Semakin tinggi, makin kaku beton tersebut. Kuat tekan beton f_c' ditetapkan di Indonesia saat ini umumnya digunakan 350 kg/cm². Perhitungan Modulus Elastisitas Beton yaitu:

$$Ec = 57000\sqrt{f_c'} \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana:

Ec = Modulus Elastisitas beton (psi)

f_c' = Kuat tekan beton, silinder (psi)

2.10.6 Kuat tarik lentur beton (*Flextural Strength*)

Flextural Strength adalah kemampuan beton dalam menahan gaya lentur (*bending*) dan beban vertikal tanpa mengalami retak atau patah. Kekuatan beton diukur berdasarkan kuat tarik lentur pada umur 28 hari, diperoleh melalui pengujian balok dengan metode pembebanan tiga titik (ASTM C-78). Nilai tipikalnya berkisar antara 3-5 MPa (30-50 kg/cm²). Spesifikasi yang disarankan (Sc') adalah 45 kg/cm² = 640 psi.

Pendekatan dilakukan sebagai berikut:

$$f_r = 0,70\sqrt{f_c'} \dots\dots\dots (2.24)$$

dimana:

f_r = *Flextural Strength (modulos of rupture)* = S_c' , dalam Mpa

f_c' = Kuat tekan beton (benda uji silinder 15 × 30 cm, umur 28 hari), dalam Mpa

Dari pendekatan tersebut diatas, hubungan kuat tekan beton dengan *Flextural Strength* untuk desain *rigid pavement* menurut SNI 1991 sebagai berikut:

Tabel 2. 23 Korelasi kuat tekan - *Flextural Strength* menurut SNI 1991

No.	Kuat tekan (kg/cm ²)	<i>Flextural Strength</i> (kg/cm ²)
1	347,14	45,00
2	350,00	45,18
3	375,00	46,77

(Sumber: Suryawan, Ari. (2023). *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland*)

2.10.7 Koefisien Drainase (*Drainage Coefficient (Cd)*)

2.11.7.1 Variabel faktor drainase

AASHTO memberikan 2 variable untuk mentukan nilai koefisien drainase

1. Mutu drainase, mutu ini ditentukan seberapa cepat air dapat dikeluarkan dari fondasi perkerasan. Pada Tabel 2. 24 Kualitas Drainase.
2. Persentase perkerasan yang terpapar air hingga jenuh dalam setahun mempengaruhi ketahanan dan kinerjanya. Pada Tabel 2. 26 Koefisien drainase (Cd).

2.11.7.2 Penetapan variable mutu drainase

1. Air hujan atau air dari atas permukaan jalan yang akan masuk kedalam fondasi jalan cukup kecil, sekitar 70-95% air yang jatuh di atas jalan aspal/beton akan mengalir ke sistem drainase berdasarkan analisis hidrologi. Kondisi ini dapat dilihat pada Tabel 2. 25 Koefisien pengaliran C (Hidrologi, Iman Subarkah)
2. Air dari samping jalan umumnya tidak masuk ke fondasi karena sudah ditahan oleh saluran drainase, seperti selokan atau saluran silang, serta desain muka air yang lebih rendah dari lapisan subgrade.
3. Berdasarkan pola curah hujan, rata-rata hujan terjadi selama 3 jam per hari, dan sangat jarang hujan berlangsung terus-menerus selama satu minggu penuh.

Tabel 2. 24 Kualitas Drainase

Kualitas Drainase	Air Tersingkir Dalam waktu
Sempurna	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Buruk	1 bulan
Sangat Buruk	Air tidak mengalir

(sumber: AASHTO, 1993))

Tabel 2. 25 Koefisien pengaliran C (Hidrologi, Iman Subarkah)

Type daerah aliran	C
jalan	
Beraspal	0,70 – 0,95
Beton	0,80 – 0,95
Batu	0,70 – 0,85

(Sumber: Suryawan, Ari. (2023). Perkerasan Jalan Beton Semen Portland)

2.11.7.3 Penetapan variable prosen perkerasan terkena air

Penetapan variabel persentase perkerasan yang terkena air hingga jenuh dalam satu tahun cukup sulit karena keterbatasan data pembandingan dari jalan lain. Namun, dengan pendekatan, pengamatan, dan perkiraan, nilai faktor ini dapat diestimasi. Persentase perkerasan yang terkena air dalam 1 tahun dapat diperkirakan persamaan berikut:

$$P_{heff} = \frac{T_{jam}}{24} \times \frac{T_{hari}}{365} \times W_L \times 100 \dots \dots \dots (2.25)$$

Dimana:

P_{heff} = Prosen hari effective hujan dalam setahun yang akan berpengaruh terkenanya perkerasan (dalam %).

T_{jam} = Rata – rata hujan per hari (jam).

T_{hari} = Rata – rata jumlah hari hujan per tahun (hari)

W_L = Faktor air hujan yang akan masuk ke fondasi jalan (%)

Tabel 2. 26 Koefisien drainase (C_d)

Kualitas Drainase	Persen waktu struktur perkerasan terkena air hingga tingkat kelembabannya mendekati jenuh air (P)			
	< 1 %	1 - 5 %	5 -25 %	> 25 %
Sempurna	1,25 - 1,20	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10
Baik	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00
Sedang	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90
Buruk	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80
Sangat Buruk	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80 - 0,70	0,70

(sumber: AASHTO, 1993))

2.10.8 Koefisien Transfer Beban (*Load transfer coefficient*)

Menurut AASHTO 1993, perkerasan kaku bersambung sebaiknya dilengkapi dengan alat transfer beban pada sambungan. Rekomendasi nilai transfer beban berkisar antara 2,5 – 3,1, sementara koefisien transfer beban (J) yang digunakan dalam desain dapat ditemukan pada Tabel 2.27.

Tabel 2. 27 Koefisien transfer beban (J)

Bahu Jalan	Aspal		Pelat Beton Semen Portland Terikat	
	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Type Perkerasan				
Perkerasan Beton Tak Bertulang bersambung (JPCP)	3,2	3,8 – 4,4	2,5 – 3,1	3,6 - 4,2
Perkerasan Beton Bertulang Bersambung (JRCP)				
Perkerasan Beton Bertulang Menerus (CRCP)	2,9 – 3,2	Tidak ada	2,3 – 2,9	Tidak ada

(sumber: AASHTO, 1993))

2.10.9 Menentukan Tebal Plat Beton

Penentuan tebal perkerasan beton harus mempertimbangkan kombinasi paling optimal dan ekonomis antara tebal pelat beton dan lapisan fondasi. Menurut AASHTO 1993, tebal perkerasan beton dapat dihitung menggunakan formulasi sebagai berikut:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_O + 7,35 \times \log_{10}(D + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{8,46}}} +$$

$$(4,22 - 0,32 P_t) \times \log_{10} \frac{Sc \times Cd \times [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times J \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{(E_C/k)^{0,25}} \right]} \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana:

W18 = Traffic design, *Equivalent Single Axle Load* (ESAL)

ZR = Standar normal deviasi

So = Standar deviasi

D = Tebal pelat beton (inchi)

ΔPSI = Serviceability Loss = Po – Pt

Po = Initial Serviceability

Pt = Terminal serviceability index

Sc' = Modulus of repture (psi)

Cd = Drainage coefficient

- J = Load transfer coefficient
 E_c = Modulus elastisitas
 K = Modulus reaction subgrade (pci)

2.10.10 Material Konstruksi Perkerasan

Material perkerasan yang digunakan dengan parameter yang terkait dalam perencanaan tebal perkerasan sebagai berikut:

1. Pelat beton
 $Flexural\ strength\ (S_c')$ = 45 kg/cm²
 Kuat tekan (benda uji silinder) f_c' = 350 kg/cm² (disarankan)
2. *Wet lean concrete*
 Kuat tekan (benda uji silinder) f_c' = 105 kg/cm²

S_c' digunakan parameter *Flexural strength* dan f_c' untuk modulus elastisitas beton (E_c).

2.10.11 Jenis Lapisan Perkerasan Beton

Lapisan perkerasan beton dapat diklasifikasikan atas 2 tipe sebagai berikut:

1. Perkerasan beton menggunakan *dowel* dan *tie bar*, serta *wire mesh* jika diperlukan untuk mengendalikan retak.
2. Perkerasan beton bertulang menerus memiliki kandungan besi yang lebih banyak tanpa siar, kecuali untuk kebutuhan konstruksi dan siar muai tertentu.

Saat ini, perkerasan beton semen Portland dengan *dowel* dan *tie bar* menjadi tipe yang paling umum digunakan di Indonesia.

2.11 California Bearing Ratio (CBR)

California Bearing Ratio (CBR) adalah sebuah indeks yang digunakan dalam rekayasa geoteknik untuk mengukur kemampuan tanah dalam mendukung beban. CBR adalah parameter penting dalam perencanaan perkerasan jalan dan landasan bandara. Indeks ini memberikan informasi tentang sejauh mana tanah dapat mempertahankan kekuatan dan ketahanannya terhadap deformasi akibat beban.

Berdasarkan cara mendapatkan contoh tanahnya adalah sebagai berikut:

1. CBR Lapangan (CBR *inplace* atau *field inplace*)
 Digunakan untuk mengetahui nilai CBR asli tanah di lokasi tanpa pemadatan tambahan. Umumnya diterapkan pada perencanaan perkerasan dengan kondisi tanah dasar apa adanya. Pengujian menggunakan alat DCP (*Dynamic Cone*

Penetrometer), di mana pemukul dijatuhkan dari ketinggian 57,5 cm dan kedalaman penetrasi dicatat hingga mencapai 1000 mm atau batas yang ditentukan.

2.12 **Dynamic Cone Penetrometer (DCP)**

Dynamic Cone Penetrometer (DCP) adalah alat uji di bidang teknik sipil yang digunakan untuk mengevaluasi kepadatan dan kekuatan tanah di lapangan. Alat ini umum dipakai pada konstruksi jalan, landasan pacu, maupun bangunan. Prinsip kerjanya dengan menjatuhkan konus dari ketinggian tertentu sehingga menembus tanah, lalu mencatat kedalaman penetrasi. Hasil pengujian digunakan untuk menilai kondisi tanah sebagai dasar perencanaan dan konstruksi.

Dalam menggunakan alat DCP menggunakan pedoman “*Pemberlakuan Pedoman Cara Uji California Bearing Ratio (CBR) dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP)*”.

Pengujian DCP memerlukan 3 orang teknisi, yaitu:

1. satu orang memegang peralatan yang sudah terpasang dengan tegak;
2. satu orang untuk mengangkat dan menjatuhkan penumbuk;
3. satu orang untuk mencatat hasil.

Untuk cara pengujian DCP adalah sebagai berikut:

1. Letakkan alat DCP pada titik uji di atas lapisan yang akan diuji;
2. Pegang alat yang sudah terpasang pada posisi tegak lurus di atas dasar yang rata dan stabil, kemudian catat pembacaan awal pada mistar pengukur kedalaman;
3. Mencatat jumlah tumbukan;

Angkat penumbuk perlahan hingga mencapai batas pegangan bagian atas;

Lepaskan penumbuk sehingga jatuh bebas dan tertahan pada landasan;

catat jumlah tumbukan dan kedalaman, sesuai ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

Pada lapis fondasi bawah atau tanah dasar dengan material lunak, kedalaman penetrasi cukup dicatat setiap 1–2 tumbukan.

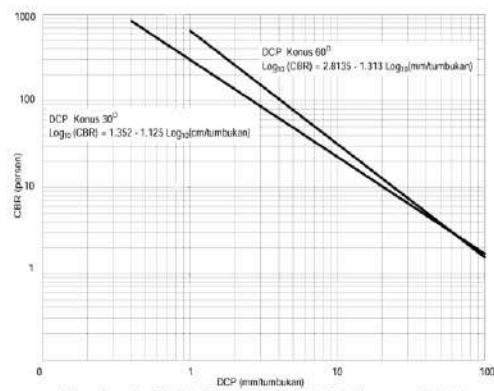
Pada lapis fondasi dari material berbutir yang lebih keras, pencatatan kedalaman dilakukan setiap 5–10 tumbukan.

Cara menentukan nilai CBR

1. Periksa hasil pengujian lapangan yang terdapat pada formulir pengujian penetrometer konus dinamis (DCP) dan hitung akumulasi jumlah tumbukan dan akumulasi penetrasi setelah dikurangi pembacaan awal pada mistar penetrometer konus dinamis (DCP);

2. Gunakan formulir hubungan kumulatif (total) tumbukan dan kumulatif penetrasi, terdiri dari sumbu tegak dan sumbu datar, pada bagian tegak menunjukkan kedalaman penetrasi dan arah horizontal menunjukkan jumlah tumbukan;
3. Plotkan hasil pengujian lapangan pada salib sumbu di grafik.
4. Tarik garis yang mewakili titik-titik koordinat tertentu yang menunjukkan lapisan yang relatif seragam;
5. Hitung kedalaman lapisan yang mewakili titik-titik tersebut, yaitu selisih antara perpotongan garis-garis yang dibuat pada no. 4, dalam satuan mm;
6. Hitung kecepatan rata-rata penetrasi (DCP, mm/tumbukan atau cm/tumbukan) untuk lapisan yang relatif seragam;
7. Nilai DCP diperoleh dari selisih penetrasi dibagi dengan selisih tumbukan.
8. Gunakan gambar grafik atau hitungan formula hubungan nilai DCP dengan CBR dengan cara menarik nilai kecepatan penetrasi pada sumbu horizontal ke atas sehingga memotong garis tebal untuk sudut konus 60° atau garis putus-putus untuk sudut konus 30° ;
9. Tarik garis dari titik potong tersebut ke arah kiri sehingga nilai CBR dapat diketahui.

Adapun Gambar dibawah ini untuk mentukan nilai CBR didapat dari DCP.



Gambar 2. 22 Hubungan nilai DCP dengan CBR)

(Sumber: Pemberlakuan Pedoman Cara Uji California Bearing Ratio (CBR) dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP))

87

Adapun contoh alat uji DCP, bisa dilihat pada gambar berikut:



24 Gambar 2. 23 Alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP)

(Sumber: *Pemberlakuan Pedoman Cara Uji California Bearing Ratio (CBR) dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP)*)

2.13 Pengaruh Musim Hujan

Musim hujan memiliki dampak yang signifikan dalam perencanaan perkerasan jalan kaku karena mempengaruhi beberapa aspek kunci yang harus dipertimbangkan. Pertama kelembaban tanah dasar di bawah perkerasan dapat meningkat selama musim hujan, menyebabkan penurunan daya dukung dan potensi kerusakan struktural. Selain itu, pemilihan material perkerasan juga menjadi pertimbangan penting. Material harus dipilih dengan hati-hati untuk memastikan tahan terhadap kondisi cuaca ekstrem yang sering terjadi selama musim hujan.

Perawatan jalan selama musim hujan penting untuk mencegah kerusakan akibat air, seperti dengan memperbaiki retak, membersihkan drainase, dan mengelola air permukaan. Langkah ini memperpanjang umur jalan dan memastikan kualitas serta keamanan bagi pengguna.

2.14 Penyusunan Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya adalah perkiraan jumlah biaya yang dibutuhkan untuk bahan, upah, dan keperluan lain dalam pelaksanaan proyek. Perhitungan ini harus dilakukan secara teliti dan sesuai ketentuan. Besarnya anggaran bisa berbeda antar daerah karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Penyusunan anggaran biaya tebal perkerasan pada Ruas Jalan Sungai Ara – Harapan Tani mengacu pada Pedoman Dinas Pekerjaan Umum Bidang Bina Marga tahun 2024. Proses penyusunan dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

2.14.1 Daftar Harga Satuan Bahan dan Upah

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Indragiri Hilir. Harga satuan bahan dan upah digunakan untuk menghitung kebutuhan biaya tenaga kerja, bahan, dan peralatan untuk mendapatkan harga satuan untuk satu jenis pekerjaan tertentu. Harga satuan bahan dan upah dapat digunakan sebagai acuan atau panduan untuk merencanakan atau mengendalikan biaya suatu pekerjaan.

2.14.2 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Analisis harga satuan pekerjaan (AHSP) adalah perhitungan biaya yang diperlukan untuk mendapatkan harga satuan untuk satu jenis pekerjaan konstruksi tertentu. Perhitungan dilakukan dengan mengalikan volume kebutuhan bahan, upah tenaga kerja, serta peralatan dengan harga satuan material, standar upah, dan biaya sewa atau pembelian peralatan.

AHSP digunakan untuk merencanakan dan mengendalikan sumber daya seperti bahan material, upah tenaga kerja, dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek.

2.14.3 Perhitungan volume pekerjaan

Volume pekerjaan merupakan total keseluruhan dari kapasitas atau besarnya suatu pekerjaan yang harus dilaksanakan. Volume ini berfungsi untuk menunjukkan seberapa banyak kuantitas dari setiap jenis pekerjaan, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam penentuan harga satuan untuk pekerjaan-pekerjaan yang termasuk dalam suatu proyek.

2.14.4 RAB (Rencana Anggaran Biaya)

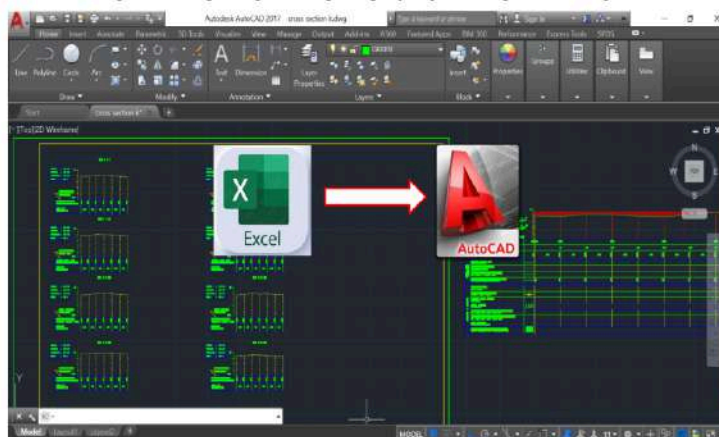
118 RAB atau Rencana Anggaran Biaya merupakan dokumen yang memuat rincian perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk melaksanakan suatu kegiatan, misalnya proyek konstruksi. RAB dapat membantu pemilik proyek, kontraktor, dan pihak terkait dalam perencanaan keuangan, pengendalian biaya, dan pengawasan pelaksanaan proyek. Dengan adanya RAB, risiko kebocoran dana, kelebihan pembelian material, dan kesalahan pembayaran dapat diminimalisir.

2.14.5 Rekapitulasi biaya

5 Rekapitulasi biaya merupakan jumlah total biaya yang dibutuhkan setelah seluruh perhitungan dikalikan dengan harga satuan. Dalam rekapitulasi disajikan ringkasan pekerjaan utama beserta besaran biayanya.

2.15 Software PCLP

32 PCLP (*Plan, Cross Section and Longitudinal Profile Program*), adalah sebuah program yang dirancang untuk mentransfer data pada microsoft Excel menjadi sebuah file script AutoCAD. Sehingga apabila file tersebut di jalankan pada program AutoCAD dapat menghasilkan gambar penampang memanjang dan penampang melintang secara otomatis. Program ini dapat digunakan pada proyek jalan, irigasi dan sungai.



Gambar 2. 24 Ilustrasi PCLP
(Sumber: Data analisis (2024))

14
Dalam istilah pemrograman komputer, sebuah script adalah program yang akan berjalan tanpa interaksi pengguna. Di AutoCAD, sebuah file script adalah sebuah teks ASCII yang memuat kumpulan instruksi *command line* untuk diikuti AutoCAD. Script AutoCAD selalu memiliki file *extension* 'scr'. Dengan adanya Software ini mempermudah dan mempercepat proses pembuatan gambar profil jalan. Untuk pengoperasian software PCLP terbagi dalam tiga bagian yaitu :

1. Bagian Microsoft Excel

Data - data hasil pengukuran yang berisi data jarak dan elevasi.

2. Bagian PCLP

Hasil olah data dari Excel dimasukkan ke PCLP lalu disimpan sebagai script.

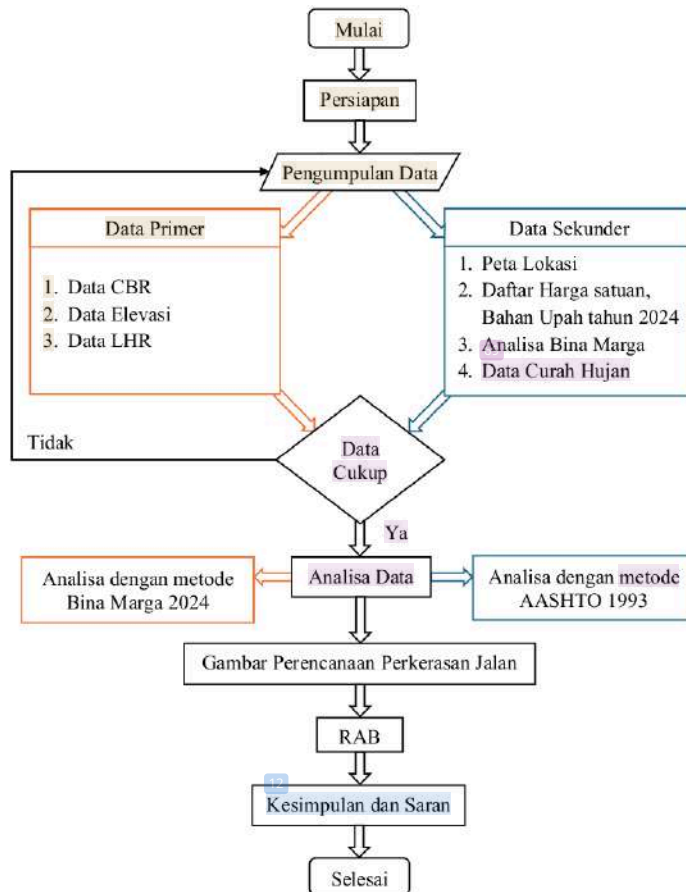
3. Bagian Autocad

Data script kemudian di buka di AutoCad untuk menghasilkan sebuah gambar sesuai format PCLP.

117
BAB III
METODOLOGI

3.1 **Bagan Alir (Flow chart)**

Perencanaan penulisan tugas akhir ini digambarkan dalam bentuk bagan alir (*flow chart*) seperti di bawah ini:



Gambar 3. 1 *Flow Chart*

35

3.2 Tahap Persiapan

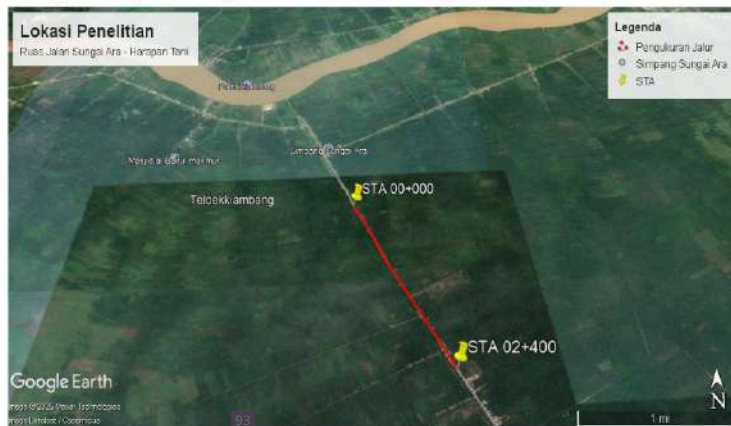
Tahap persiapan adalah langkah awal sebelum pengumpulan dan pengolahan data dimulai. Tujuannya untuk memastikan pekerjaan lebih efektif dan terarah. Kegiatan dalam tahap ini meliputi:

1. Mempelajari referensi terkait proses perencanaan tebal perkerasan jalan.
2. Menentukan data yang dibutuhkan.
3. Mengidentifikasi instansi yang menjadi sumber data.
4. Menyusun proposal Tugas Akhir.
5. Merancang jadwal penyusunan Tugas Akhir.

32

3.3 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Ruas Jalan Sungai Ara – Harapan Tani Kecamatan Kempas Kabupaten Indragiri Hilir.



Gambar 3. 2 Peta Lokasi Penelitian
(Sumber: Google Earth)

3.4 Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data, keterlibatan instansi terkait memegang peranan penting agar informasi yang diperlukan dalam studi perencanaan dapat diperoleh. Dalam perencanaan tebal perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) pada studi kasus Ruas Jalan Sungai Ara – Harapan Tani, data yang dikumpulkan dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu

3.4.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang dikumpulkan langsung oleh peneliti melalui kuesioner, survei, wawancara, maupun observasi lapangan. Untuk perencanaan tebal perkerasan kaku, data primer yang dikumpulkan meliputi:

1. Data CBR
2. Data Elevasi
3. Data LHR

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber-sumber yang sudah tersedia sebelumnya, seperti dokumen resmi, buku, situs web, standar SNI, maupun referensi lainnya. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, data sekunder yang digunakan sebagai acuan meliputi:

1. Peta Lokasi Kegiatan.
2. Analisa Bina Marga.
3. Daftar Harga satuan, Bahan Upah, dan Sewa Alat Kabupaten Indragiri Hilir Tahun Anggaran 2024.
4. Data curah hujan

3.5 Analisis Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan

Setelah data diperoleh dan diolah, langkah selanjutnya adalah menganalisis dan melakukan perencanaan serta perhitungan tebal perkerasan kaku (*Rigid Pavement*). Dalam perencanaan ini, perhitungan ini dilakukan menggunakan dua metode, yaitu Metode Bina Marga 2024 adalah metode perencanaan untuk menentukan tebal lapisan perkerasan standar Indonesia yang digunakan untuk perencanaan di Indonesia. Metode AASHTO 1993 adalah salah satu metode perencanaan untuk tebal perkerasan jalan yang berasal dari Amerika Serikat, yang didasarkan pada metode empiris.

3.5.1 PCLP

Dalam penggunaan software PCLP (*Plan, Cross Section and Longitudinal Profile Program*) ada beberapa data yang dibutuhkan yaitu hasil olah data elevasi yang didapatkan menggunakan alat Waterpasas pada ruas jalan Sungai Ara – Harapan Tani, dan hasil tersebut kemudian berupa script kemudian jalankan di autocad menghasilkan sebuah gambar Cross Section dan Long Section. Adapun tahapan - tahapan penggunaan PCLP adalah sebagai berikut:

3.5.1.1 Bagian Excel (Cross Section)

Pada bagian ini untuk data elevasi terdapat pada lampiran 7 dan berikut langkahnya:

1. Persiapkan data-data hasil pengukuran yang berisi data jarak dan elevasi.
2. Masukkan data-data pengukuran ke dalam file Excel "PCLP Cross.XLS" pada sheet "DataOGL".

No.	Name	Elv. Min	Jarak	Remarks
1	STA 0 + 0	0	0	OK
2	STA 0 + 50	0	0	OK
3	STA 0 + 100	0	0	OK
4	STA 0 + 150	0	0	OK

Gambar 3. 3 DataOGL

(Sumber : Hasil analisa (2024))

3. Buka sheet "Setting", kemudian masukkan nomor cross yang akan di plot, misalkan 1 - 5 (maksimal plot per 8 cross) kemudian pada "Gambar/Cross" ada jumlah cross dan dan jumlah lembar angkanya tetap sesuai dengan berapa plot dimasukkan.

Keterangan:

X adalah jarak horizontal dan Y adalah jarak vertikal antara potongan melintang.

Skala vertikal dan horizontal disesuaikan dengan kebutuhan.

Angka 8 adalah jumlah cross section yg akan di plot.

Plot Gambar Cross Section	Scale
Cross section No. : 1	Scale Vertical : 100
Cross Section No. : 8	Scale Horizontal : 100
Jarak Koordinat X : 300	Gambar/CROSS : 8
Jarak Koordinat Y : 100	Sheet/lembar : 1
Frame dan Form Drawing	Insert Drawing
Frame Drawing : D:\Data\Frame_Cross.dwg	
Form Drawing : D:\Data\Form_Cross.dwg	

Gambar 3. 4 Setting

(Sumber: Hasil analisa (2024))

- 14
- Setelah memasukkan data, kemudian lakukan penyimpanan (Save). File excel jangan close, biarkan saja tetap terbuka.

3.5.1.2 Bagian PCLP (Cross Section)

Pada bagian ini ada beberapa langkah sebagai berikut:

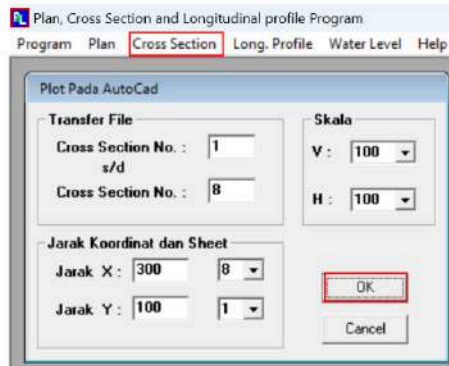
- 13
- Buka program PCLP.exe kemudian buka menu tools Cross Section dan pilih Existing.



Gambar 3. 5 Menu PCLP

(Sumber: Hasil analisa (2024))

- 14
- Akan muncul tampilan seperti gambar dibawah ini, isinya otomatis sesuai dengan pada sheet setting dalam excel. lalu klik OK.
 - Simpan (save) file .scr di folder sesuai kebutuhan.



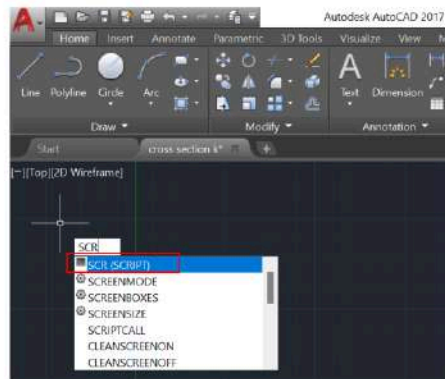
Gambar 3. 6 Existing PCLP

(Sumber: Hasil analisa (2024))

3.5.1.3 Bagian AutoCad (Cross Section)

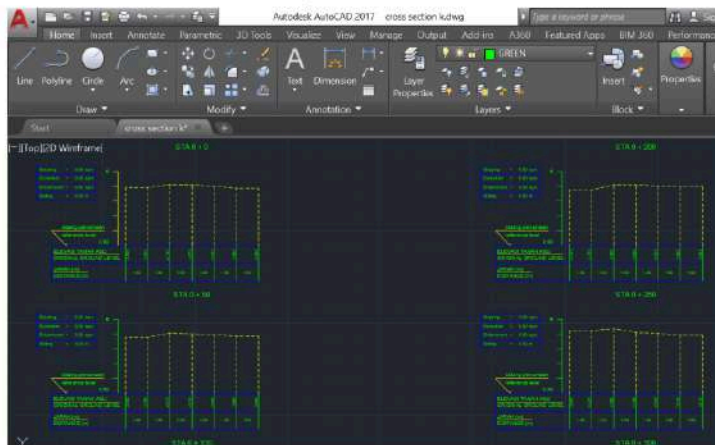
Pada bagian terakhir ini ada beberapa langkah sebagai berikut:

1. Buka program autocad, kemudian ketik “scr” pada command bar, kemudian tekan enter.



Gambar 3. 7 Tampilan jendela AutoCad
(Sumber: Hasil analisa (2024))

2. Cari file scr yang sudah disimpan di folder tadi, kemudian pilih open. Tunggu beberapa saat akan muncul tampilan seperti gambar di bawah ini.
3. Setelah selesai, kemudian edit gambar sesuai kebutuhan dan save.



Gambar 3. 8 Cross Section
(Sumber: Hasil analisa (2024))

3.5.1.4 Bagian Excel (Long Section)

Pada bagian ini untuk data elevasi terdapat pada lampiran 7 dan berikut langkahnya:

1. Buka file excel data elevasi.
2. Buka sheet "Data Lapangan", kemudian pilih hasil olah data, rambu 3 dengan cara tahan tombol Ctrl dan klik hasil olah data dari sta 0+000 – 2+400.

STA	Titik Pesawat	Tinggi Pesawat (m)	Jumlah Rambu dan Jarak						
			0	1	2	3	4	5	6
			0,00	1,50	3,00	4,50	6,00	7,50	9,00
00+000	TO = BM	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56
	Benah Tengah		1,660	1,660	1,430	1,483	1,550	1,700	1,700
	Hasil Olah Data		3,900	3,900	4,110	4,075	4,010	3,860	3,860
00+050		1,560	1,560	1,560	1,560	1,560	1,560	1,560	1,560
	Benah Tengah		1,770	1,770	1,490	1,530	1,600	1,700	1,700
	Hasil Olah Data		3,790	3,790	4,070	4,010	3,960	3,860	3,860
Pindah Alat	Tembak Ke bling	1,475	1,475	1,475	1,475	1,475	1,475	1,475	1,475
00+100			1,880	1,880	1,540	1,560	1,640	1,780	1,780
	Benah Tengah		3,765	3,765	4,105	4,085	4,005	3,865	3,865
	Hasil Olah Data								
00+150		1,475	1,475	1,475	1,475	1,475	1,475	1,475	1,475
	Benah Tengah		1,845	1,845	1,710	1,700	1,745	1,865	1,865
	Hasil Olah Data		3,800	3,800	3,935	3,945	3,900	3,780	3,780

Gambar 3. 9 Data Lapangan

(Sumber: Hasil analisa (2024))

3. Kemudian copy dan paste di file excel Long Section sheet "DataExisting" bagian O.G.L dan save. File excel jangan close, biarkan saja tetap terbuka.

EXISTING OF LONGITUDINAL SECTION							
Skala Horizontal :		1000	Skala Vertical :		100		
Jumlah Lembar :		1					
Jumlah Station :		21					
No. 1	Station	Distance	Dis. Cum	Y(left)	Y(Right)	River Bed	O.G.L
1	0+000	50,00	50	-1	-1	-1	4,075
2	0+050	50,00	100	-1	-1	-1	4,010
3	0+100	50,00	150	-1	-1	-1	4,085
4	0+150	50,00	200	-1	-1	-1	3,945
5	0+200	50,00	250	-1	-1	-1	4,080
6	0+250	50,00	300	-1	-1	-1	4,105
7	0+300	50,00	350	-1	-1	-1	3,940
8	0+350	50,00	400	-1	-1	-1	3,580

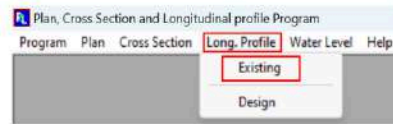
Gambar 3. 10 Data Existing

(Sumber: Hasil analisa (2024))

3.5.1.5 Bagian PCLP (Long Section)

Pada bagian ini ada beberapa langkah sebagai berikut:

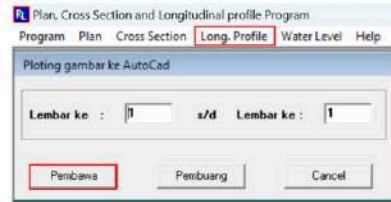
1. Buka program PCLP.exe kemudian buka menu tools Long Section dan pilih Existing.



Menu PCLP

(Sumber: Hasil analisa (2024))

2. Akan muncul tampilan seperti gambar dibawah ini, isinya otomatis sesuai dengan pada sheet DataExisting dalam excel. lalu klik Pembawa.



Existing PCLP

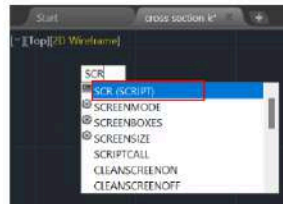
(Sumber: Hasil analisa (2024))

3. Simpan (save) file .scr di folder sesuai kebutuhan.

3.5.1.6 Bagian AutoCad (Long Section)

Pada bagian terakhir ini ada beberapa langkah sebagai berikut:

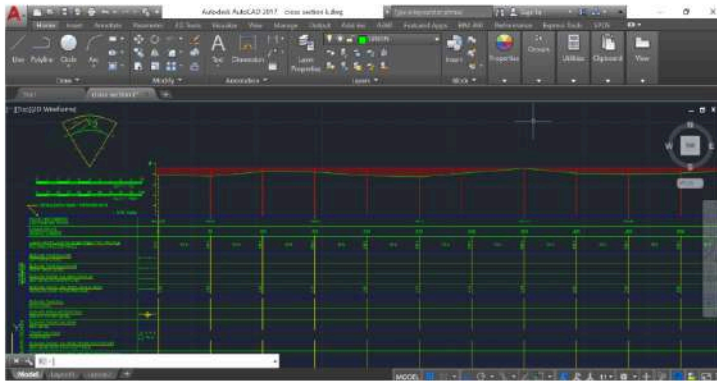
1. Buka program autocad, kemudian ketik "scr" pada command bar, kemudian tekan enter.



Gambar 3. 11 Tampilan jendela AutoCad

(Sumber: Hasil analisa (2024))

2. Cari file scr yang sudah simpan di folder tadi, kemudian pilih open. Tunggu beberapa saat akan muncul tampilan seperti gambar di bawah ini.
3. Setelah selesai, kemudian edit gambar sesuai kebutuhan dan save.



Gambar 3. 12 Long Section
(Sumber: Hasil analisa (2024))

Untuk gambar cross section dan long section ada pada lampiran 3.

3.6 Analisis Rencana Anggaran Biaya

Setelah menentukan tebal perkerasan kaku dan penulangannya, dilakukan analisis Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk memperkirakan total biaya proyek. RAB mencakup perhitungan biaya bahan, upah tenaga kerja, serta biaya lain yang terkait dengan pelaksanaan proyek. Besarnya anggaran biaya untuk bangunan yang sama dapat berbeda antar daerah, disebabkan oleh perbedaan harga bahan serta upah tenaga kerja. Adapun langkah-langkah Analisis Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebagai berikut:

1. Persiapan dan pengecekan gambar kerja
2. Perhitungan volume
3. Harga satuan bahan dan upah
4. Analisa harga satuan pekerjaan
5. Rab
6. Rekapitulasi

3.7 Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir dalam perencanaan ini adalah penarikan kesimpulan dan saran. Dalam tahap ini penulis melakukan penarikan kesimpulan dari hasil perhitungan perencanaan perkerasan kaku dengan metode Bina Marga 2024 dan AASHTO 1993, sehingga dapat mengetahui berapa rencana anggaran biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan proyek tersebut.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa

Analisa perencanaan tebal perkerasan yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah untuk mendapatkan ketebalan serta anggaran biaya. Adapun lokasi penelitiannya terdapat pada Ruas Jalan Sungai Ara – Harapan Tani Kecamatan Kempas Kabupaten Indragiri Hilir.

Analisis perencanaan tebal perkerasan pada Ruas Jalan Sungai Ara – Harapan Tani dilakukan dalam dua tahap, yaitu:

1. Analisa Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku dengan metode Bina Marga 2024 dan AASHTO 1993.
2. Analisa Anggaran Biaya.

Data hasil survei lalu lintas pada Ruas Jalan Sungai Ara – Harapan Tani. Survei lalu lintas ini dilakukan selama 3 (tiga) hari pada jam puncaknya atau *Peak Hour Factor Method* (PHF). Survei hari pertama tanggal 29 Mei 2024, hari kedua tanggal 30 Mei 2024, dan hari ketiga tanggal 31 Mei 2024.

Tabel 4. 1 Data Hasil Survei Hari Pertama (Pagi)

no	JENIS KENDARAAN	Hari Pertama 29-05-2024				JUMLAH KENDARAAN
		Pagi				
	WAKTU	07.15 s.d 07.30	07.30 s.d 07.45	07.45 s.d 08.00	08.00 s.d 08.15	
1	SEPEDA MOTOR	59	54	60	53	226
2	MOBIL	3	4	6	5	18
3	TRUK	1	2	2	0	5
4	SEPEDA	11	3	0	1	15
	TOTAL	74	63	68	59	264

(Sumber: Data analisis (2024))

Tabel 4. 2 Data Hasil Survei Hari Pertama (Siang)

no	JENIS KENDARAAN	Hari Pertama 29-05-2024				JUMLAH KENDARAAN
		Siang				
	WAKTU	11.45 s.d 12.00	12.00 s.d 12.15	12.15 s.d 12.30	12.30 s.d 12.45	
1	SEPEDA MOTOR	49	68	55	47	219
2	MOBIL	5	7	3	5	20
3	TRUK	4	0	1	2	7
4	SEPEDA	3	10	1	0	14
	TOTAL	61	85	60	54	260

(Sumber: Data analisis (2024))

Tabel 4. 3 Data Hasil Survei Hari Pertama (Sore)

no	JENIS KENDARAAN	Hari Pertama 29-05-2024				JUMLAH KENDARAAN
		Sore				
	WAKTU	15.00 s.d 15.15	15.15 s.d 15.30	15.30 s.d 15.45	15.45 s.d 16.00	
1	SEPEDA MOTOR	47	50	55	75	227
2	MOBIL	6	8	6	4	24
3	TRUK	5	2	2	0	9
4	SEPEDA	5	0	6	2	13
TOTAL		63	60	69	81	273

(Sumber: Data analisis (2024))

Tabel 4. 4 Data Hasil Survei Hari Kedua (Pagi)

no	JENIS KENDARAAN	Hari Kedua 30-05-2024				JUMLAH KENDARAAN
		Pagi				
	WAKTU	07.15 s.d 07.30	07.30 s.d 07.45	07.45 s.d 08.00	08.00 s.d 08.15	
1	SEPEDA MOTOR	58	60	75	71	264
2	MOBIL	7	6	4	3	20
3	TRUK	3	1	1	0	5
4	SEPEDA	11	3	0	0	14
	TOTAL	79	70	80	74	303

(Sumber: Data analisis (2024))

Tabel 4. 5 Data Hasil Survei Hari Kedua (Siang)

no	JENIS KENDARAAN	Hari Kedua 30-05-2024				JUMLAH KENDARAAN
		Siang				
	WAKTU	11.45 s.d 12.00	12.00 s.d 12.15	12.15 s.d 12.30	12.30 s.d 12.45	
1	SEPEDA MOTOR	75	63	74	50	262
2	MOBIL	3	6	5	6	20
3	TRUK	1	2	0	3	6
4	SEPEDA	10	2	1	0	13
	TOTAL	89	73	80	59	301

(Sumber: Data analisis (2024))

Tabel 4. 6 Data Hasil Survei Hari Kedua (Sore)

no	JENIS KENDARAAN	Hari Kedua 30-05-2024				JUMLAH KENDARAAN
		Sore				
	WAKTU	15.00 s.d 15.15	15.15 s.d 15.30	15.30 s.d 15.45	15.45 s.d 16.00	
1	SEPEDA MOTOR	55	50	65	61	231
2	MOBIL	6	3	5	3	17
3	TRUK	3	3	1	3	10
4	SEPEDA	4	0	1	3	8
TOTAL		68	56	72	70	266

(Sumber: Data analisis (2024))

Tabel 4. 7 Data Hasil Survei Hari Ketiga (Pagi)

no	JENIS KENDARAAN WAKTU	Hari Ketiga 31-05-2024 Pagi				JUMLAH KENDARAAN
		07.15 s.d 07.30	07.30 s.d 07.45	07.45 s.d 08.00	08.00 s.d 08.15	
1	SEPEDA MOTOR	62	59	56	46	223
2	MOBIL	4	4	3	6	17
3	TRUK	2	0	1	3	6
4	SEPEDA	10	3	5	0	18
	TOTAL	78	66	65	55	264

(Sumber: Data analisis (2024))

Tabel 4. 8 Data Hasil Survei Hari Ketiga (Siang)

no	JENIS KENDARAAN WAKTU	Hari Ketiga 31-05-2024 Siang				JUMLAH KENDARAAN
		11.45 s.d 12.00	12.00 s.d 12.15	12.15 s.d 12.30	12.30 s.d 12.45	
1	SEPEDA MOTOR	65	46	25	77	213
2	MOBIL	8	5	1	8	22
3	TRUK	2	0	2	3	7
4	SEPEDA	4	1	2	6	13
	TOTAL	79	52	30	94	255

(Sumber: Data analisis (2024))

Tabel 4. 9 Data Hasil Survei Hari Ketiga (Sore)

no	JENIS KENDARAAN WAKTU	Hari Ketiga 31-05-2024 Sore				JUMLAH KENDARAAN
		15.00 s.d 15.15	15.15 s.d 15.30	15.30 s.d 15.45	15.45 s.d 16.00	
1	SEPEDA MOTOR	50	64	57	65	236
2	MOBIL	5	3	3	6	17
3	TRUK	1	3	0	3	7
4	SEPEDA	3	1	0	3	7
	TOTAL	59	71	60	77	267

(Sumber: Data analisis (2024))

Untuk mengklarifikasi arus lalu lintas, arus tersebut dinyatakan dalam Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP) per jam, bukan dalam jumlah kendaraan per jam, dengan menggunakan angka Ekuivalensi Mobil Penumpang. Hal ini sesuai dengan tabel dari Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023).

Tabel 4. 10 Nilai Emp Luar Kota

No.	Jenis Kendaraan	Ekuivalensi Mobil Penumpang EMP
1	Sepeda motor (SM)	0,8
2	Mobil Penumpang (MP)	1
2	Kendaraan Sedang (KS)	1,2

3	Bus Besar (BB)	1,2
4	Truk Besar (TB)	1,8
5	Kendaraan tidak Bemotor (UM)	0,2

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2023))

LHR (Lalu Lintas Harian Rata-rata) dihitung dari jumlah kendaraan yang melewati suatu titik pengamatan di ruas jalan. Hasil perhitungan ini dapat memperlihatkan kecenderungan perubahan volume lalu lintas pada waktu tertentu, khususnya ketika arus lalu lintas sedang sibuk. Metode yang digunakan faktor K biasa disebut Metode Faktor Jam Puncak (*Peak Hour Factor Method*) yaitu metode perkiraan lalu lintas berdasarkan faktor K. Metode ini sering digunakan untuk proyeksi volume lalu lintas di masa depan dengan mempertimbangkan pertumbuhan lalu lintas dan kepadatan penduduk. data survey lapangan dapat dilihat pada Tabel 4. 1 sampai dengan tabel 4.9 diatas per jam. Sehingga didapat total lalu lintas harian 2024 pada Tabel 4. 12.

Tabel 4. 11 Nilai normal faktor K

Lingkungan jalan	Nilai faktor K sesuai ukuran kota	
	> 1 juta jiwa	≤ 1 juta jiwa
Jalan di wilayah komersial & jalan arteri	7 - 8 %	8 – 10 %
Jalan di wilayah permukiman	8 – 9 %	9 – 12 %

(Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2023))

Tabel 4. 12 Perhitungan Lalu lintas Harian Rata-Rata 2024

No	Jenis Kendaraan	Volume	1/k	Jumlah
1	SEPEDA MOTOR	233	12.5	2918.06
2	MOBIL	19	12.5	243.06
3	TRUK	7	12.5	86.11
4	SEPEDA	13	12.5	159.72
		273		3406.94

(Sumber: Hasil analisa (2024))

Dari hasil perhitungan LHR tahun 2024, diperoleh estimasi kenaikan perkembangan lalu lintas (1 %) selama jangka waktu perencanaan 40 tahun, dengan nilai pertumbuhan diperkirakan mencapai 8%.

Tabel 4. 13 Perhitungan SMP Kendaraan

No	Jenis Kendaraan	Jumlah	Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)	Jumlah EMP
1	SM	2918,06	0,80	2334,44
2	MP	243,06	1,00	243,06
3	KS	86,11	1,20	103,33
4	UM	159,72	0,20	31,94
		3406,94		2712,78

(Sumber: Hasil analisa (2024))

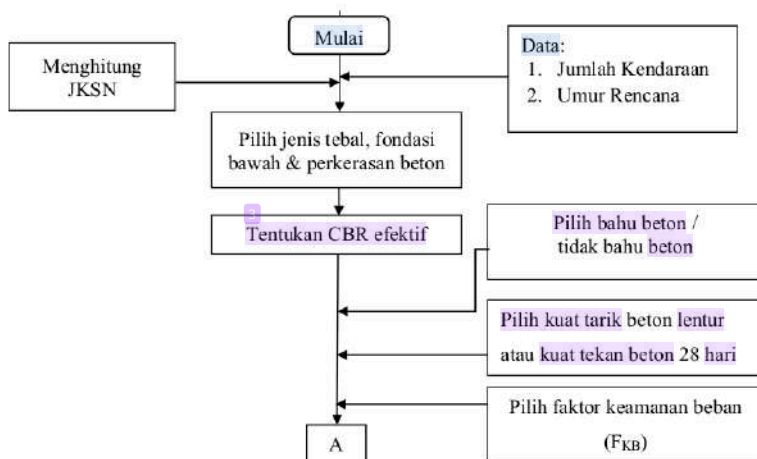
Tabel 4. 14 Perhitungan Lalu Lintas Harian Rata – Rata 2024

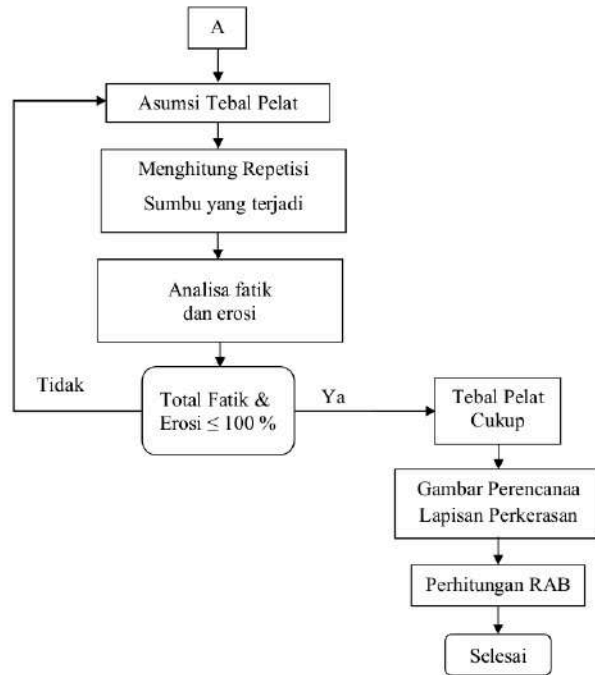
No	Jenis Kendaraan	Jumlah	1/K	LHR 2064
1	SEPEDA MOTOR	2918.06	12.5	36475.69
2	MOBIL	243.06	12.5	3038.19
3	TRUK	86.11	12.5	1076.39
4	SEPEDA	159.72	12.5	1996.53
	JUMLAH			42586.81

(Sumber: Hasil analisa (2024))

4.2 Analisa Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Metode Bina Marga

Analisa perencanaan tebal perkerasan kaku tergambar dalam bentuk bagan alir (flow chart) seperti dibawah ini:





Gambar 4. 1 Flow Chart Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku.
(Sumber: Data analisis (2024))

4.2.1 Teknis Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku

Data teknis dalam perencanaan tebal perkerasan kaku ini adalah sebagai berikut:

1. Umur rencana : 40 Tahun (Tabel 2.3)
2. Faktor distribusi lajur (DL) : 80% (Tabel 2.4)
3. Faktor distribusi arah : 0,50
4. Pertumbuhan lalu-lintas : 8 % Per tahun
5. Peranan jalan : Jalan Kabupaten
6. Tipe jalan : 2 lajur 2 arah
7. Badan jalan / Bahu jalan : Beton
8. Kelas jalan : Kelas 3
9. Faktor Keamanan beban (F_{KB}) : 1,0 (Tabel 2.11)

4.2.2 Umur Rencana

Umur rencana pada perencanaan Perkerasan kaku ini, penulis merencanakan selama 40 tahun (Tabel 2.3) sesuai dengan Pedoman bina marga.

4.2.3 Beban Lalu Lintas Rencana

Untuk menghitung Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) yang didapat dari kendaraan yang melintasi jalur ruas jalan Sungai Ara – Harapan Tani dengan jumlah kendaraan dan jenis kendaraan terlihat pada Lampiran 1 tabel 1 atau tabel 4.15.

Tabel 4. 15 konfigurasi sumbu kendaraan Bina Marga MDP 2024

Golongan kendaraan	Uraian	Konfigurasi sumbu	Kelompok sumbu	LHR (2 Arah)	JKSN
1	Sepeda motor & kend. Roda 3	-	-	2918	-
4	Kend. Ringan, pick up, sedan	1.1	2	137	274
5B	bus besar	1.2	2	102	204
6B	truk 2 sumbu	1.2	2	84	168
7A2	truk 3 sumbu	1.22	2	6	12
Jumlah					658

(Sumber: Data analisis (2024))

Untuk Menghitung Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) Selama Umur Rencana 40 Tahun adalah sebagai berikut:

$$JSKN = (LHR \times JSKN) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

$$\text{Faktor Pertumbuhan } R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i}$$

$$R = \frac{(1+0,08)^{40}-1}{0,08} = 259,057$$

Untuk jumlah sumbu kendaraannya yaitu 658 buah, Sehingga diperoleh

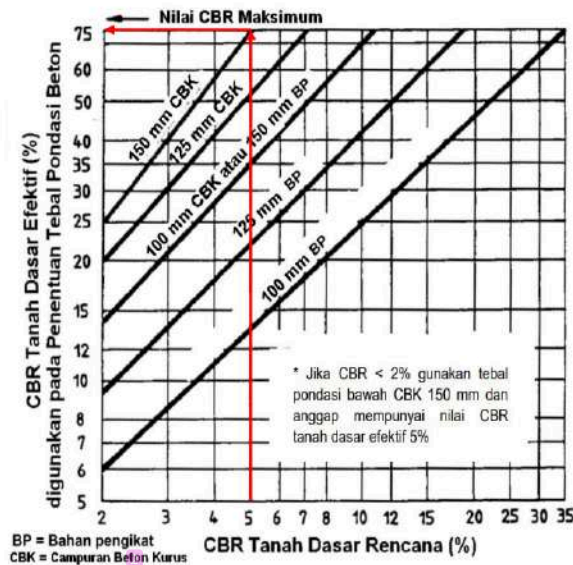
$$JSKN = 658 \times 365 \times 0,5 \times 0,8 \times 259,057$$

$$= 24.887.041,64 (2,48 \times 10^7)$$

4.2.4 Kekuatan Tanah Dasar

Pada perencanaan perkerasan kaku Ruas Jalan Sungai Ara – Harapan Tani ini dilakukan di tepi jalan karena kalau dilakukan di area permukaan jalan yang beraspal keras mengalangi pengujian DCP. Akan tetapi pastikan titik pengambilan CBR masih berdekatan dengan jalan utama, dengan nilai CBR yang didapatkan mewakili karakteristik tanah dasar di sekitar area jalan tersebut.

Pengukuran DCP ini dilakukan secara berulang di beberapa titik untuk mendapatkan data yang lebih akurat. penulis mendapatkan data CBR = 0.71 %, 0.57%, 1%, 0.67%, 1.20%. Apabila CBR < 2% akan di pasang fondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) minimum 15 cm. dengan nilai CBR tanah dasar rencana yaitu 5 % seperti pada gambar 4.2. Untuk nilai CBR efektif didapatkan 75%.



Gambar 4. 2 CBR tanah dasar efektif dan tebal fondasi bawah
(Sumber: Pd T-14-2003)

4.2.5 Struktur Fondasi Jalan

Pada Bagan Desain Fondasi Jalan Minimum bina marga maka didapat,

1. CBR 5% dengan Kelas Kekuatan Tanah Dasar SG 5.
2. Pada tanah dasar dilakukan Perbaikan tanah dengan material timbunan pilihan ($CBR \geq 10\%$) setebal 200 mm.
3. Geotekstil Stabilisator Kelas I sebagai pemisah harus dipasang di antara timbunan dan tanah asli. Material timbunan yang terletak langsung di atas geotekstil harus material berbutir. Penulis menggunakan *Geotextile Woven GTW 200 Gr.*

4.2.6 Struktur Lapisan Perkerasan

Ada beberapa lapisan dalam perencanaan perkerasan kaku sebagai berikut:

1. Timbunan pilihan tebal 200 mm.
2. lapisan drainase perkerasan untuk menjaga air supaya tidak mempengaruhi konstruksi perkerasan jalan. Setebal 200 mm menggunakan agregat kelas A didapat dari bagan desain perkerasan kaku.
3. Untuk fondasi bawah didapat hasil perhitungan (JSKN) $2,48 \times 10^7$, maka jenis lapis fondasi yaitu Beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 150 mm.
4. Bahu jalan berdasarkan bagan desain perkerasan kaku, Dalam bentuk satu kesatuan dengan pelat beton lajur lalu lintas (monolit) dengan lebar minimum 600 mm. maka penulis memilih merencanakana dengan lebar 600 mm.

4.2.7 Mutu Beton Rencana

Berdasarkan Pedoman Perencanaan Perkerasan Kaku, nilai kuat tarik lentur beton yang disarankan adalah 40 Kg/cm². Dalam kondisi tertentu dapat digunakan nilai kuat tarik lentur antara 30–50 Kg/cm². Dengan menggunakan persamaan hubungan antara kuat tarik lentur dan kuat tekan beton, maka pada perencanaan tebal perkerasan ini penulis menetapkan mutu beton dengan kuat tekan 28 hari sebesar 350 Kg/cm² (K-350)

$$f_{cf} = 3,13 K (f_c')^{0,50} \text{ dalam } kg/cm^2$$

Dimana:

$$K = 0,75$$

$$f_c' = 350 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{cf} = 3,13 \times 0,75 (350)^{0,50} = 43,917 \text{ kg/cm}^2 \text{ (kuat tarik lentur beton 28 hari)}$$

Untuk fondasi bawah menggunakan Campuran Beton Kurus (CBK) *Lean-Mix Concrete* harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 pada rentang 8 – 11 MPa. Penulis merencanakana mutu beton K-125.

4.2.8 Tebal Pelat Beton

Tebal pelat beton Sebagai langkah awal direncanakan seperti Gambar 4.3 dengan tebal pelat beton 183 mm ~ 190 mm, setelah dilakukan analisis, hasil menunjukkan bahwa meskipun tebal ini cukup menahan beban kendaraan, penulis memilih meningkatkan tebal pelat menjadi 200 mm untuk memberikan faktor keamanan tambahan.

pada Lampiran 1 Tabel 3 dalam perhitungan direncanakan ketebalan pelat beton 20 cm setelah dianalisa seperti terlihat pada Lampiran Tabel 3 didapatkan jumlah Fatik yang terjadi yaitu analisa fatik $0\% < 100\%$ dan analisa erosi $9,7\% < 100$ maka perhitungan sudah cukup dan tebal plat 20 cm dapat digunakan. Lapis fondasi bawah minimum 15 cm menggunakan CBK (Campuran Beton Kurus).

4.2.9 Perhitungan tulangan

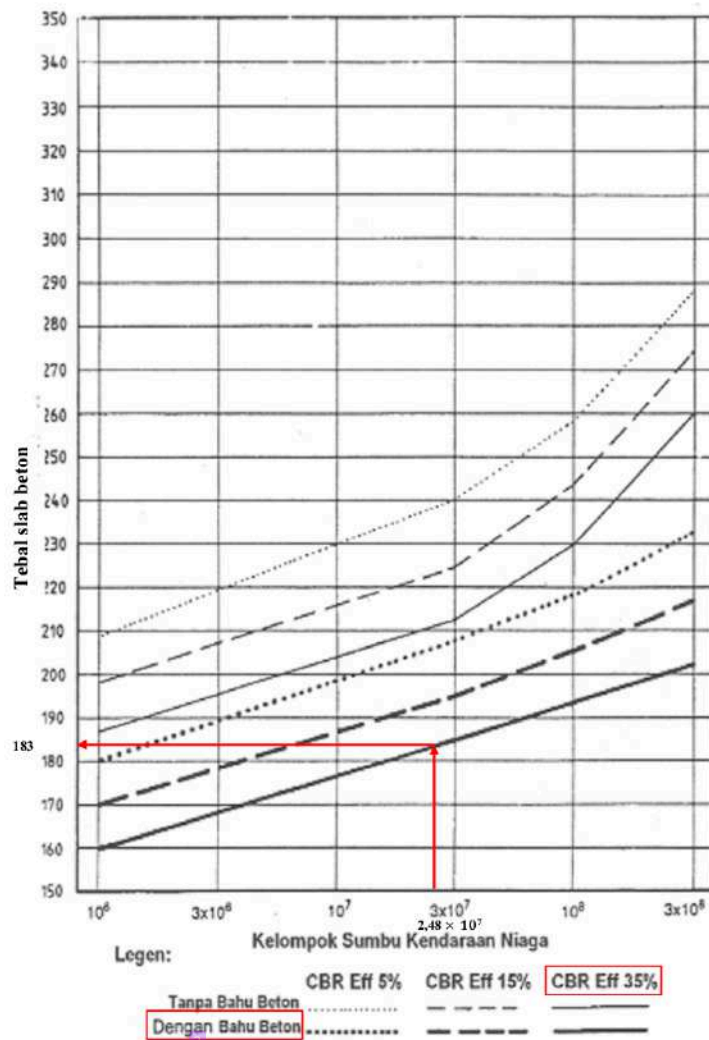
Dalam perencanaan tulangan penulis menggunakan Perkerasan beton bersambung tanpa tulangan (BBTT), dari data lalu lintas rencana yaitu $2,48 \times 10^7$ dengan ketebalan pelat beton 200 mm maka jenis perkerasan menggunakan *Jointed Plain Concrete Pavement* (JPCP). *Dowel* menggunakan BJTP 280 dan *tie bar* menggunakan BJTS 420A, berikut perhitungannya:

1. Tebal pelat = 20 cm
2. Lebar pelat = $2 \times 3 = 6$ m
3. Panjang pelat = 5 m
4. Sambungan susut dipasang setiap jarak 5 m
5. Ruji (*Dowel*) digunakan BJTP diameter 32 mm, panjang 45 cm, jarak 30 cm seperti terlihat tabel 2.13.
6. Batang pengikat (*Tie Bars*) disarankan menggunakan BJTS Ø16, jarak 75 cm.

Perhitungan sebagai berikut:

$$l = (38,3 \times 16) + 75 = 687,8 \text{ mm} \sim 700 \text{ mm}$$

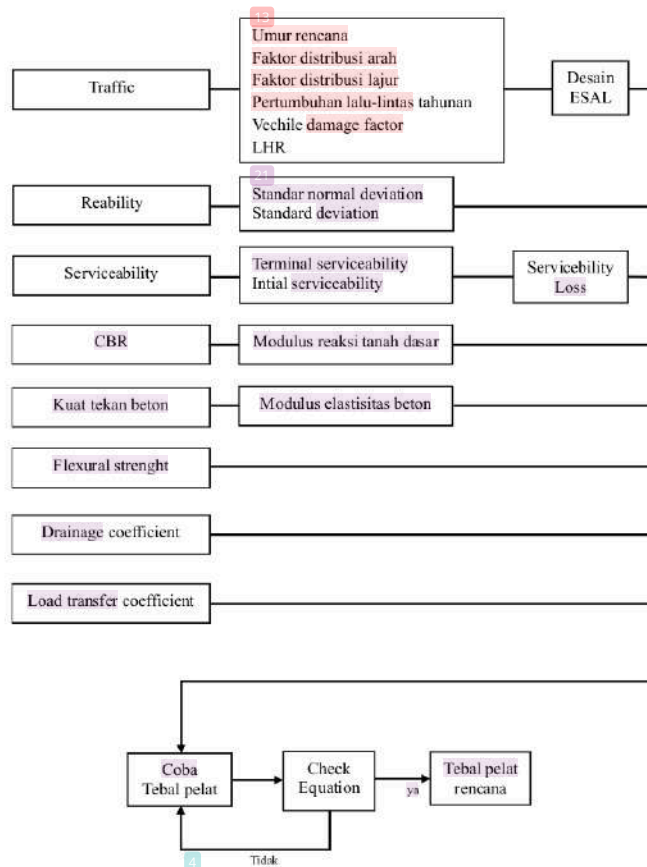
Dari perhitungan tersebut didapat (l) panjang batang pengikat adalah 70 cm.



Gambar 4. 3 Grafik Perencanaan, $F_{cr} = 4,25$ Mpa, Lalu-Lintas Luar Kota,
 Dengan Ruji, FKB = 1,1
 (Sumber: Pd T-14-2003)

4.3 Analisa Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Metode AASHTO

Analisa perencanaan tebal perkerasan kaku tergambar dalam bentuk bagan alir (flow chart) seperti dibawah ini.



Gambar 4. 4 Flow Chart Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku
(Sumber: Data analisis (2024))

4.3.1 Traffic Design

Data teknis yang dipergunakan dalam perencanaan tebal perkerasan kaku ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis kendaraan
2. *Equivalent Single Axle Load*, ESAL selama umur rencana (*Traffic design*)
3. *Vehicle Damage Factor*
4. Umur rencana : 40 Tahun
5. Pertumbuhan lalu-lintas: 8 % Per tahun
6. Peranan jalan : Jalan Kabupaten
7. Kelas Jalan : Kelas 3
8. Badan jalan : Beton
9. Bahu jalan : Beton
10. Tipe jalan : 2 lajur 2 arah
11. Faktor distribusi Arah : 0,5
12. Faktor distribusi lajur : 90% (Tabel 2.18)

Pada bagian ini mencari VDF diambil berdasar Bina Marga MST-10, dengan nilai VDF sebagai berikut:

Tabel 4. 16 *Vehicle damage factor* berdasar Bina Marga MST-10 ton

No.	Type kendaraan	Golongan kendaraan	Kelompok sumbu	Nilai VDF
1	Kendaraan ringan, pick up	3	1.2	0,2174
2	Bus besar	5b	1.2	0,3006
3	Truck 2 as (L)	4	1.2L	0,2174
4	Truck 2 as (H)	6	1.2H	2,4159
5	Truck 3 as	7a	1.2.2	2,7416

(Sumber: Data analisis (2024))

Pertumbuhan Lalu – Lintas

$$\begin{aligned}
 \text{Traffic Growth} &= \frac{(1+g)^n - 1}{g} \\
 &= \frac{(1+0,08)^{40} - 1}{0,08} = 259,057
 \end{aligned}$$

dengan, n (umur rencana) = 40 tahun, dan g (faktor pertumbuhan) = 8 %.

Tabel 4. 17 Desain ESAL

No.	Jenis kendaraan	Jmlh Kend/hr a	VDF b	DD c	DL d	W18' $\frac{a \times b \times c \times d}{365}$	Traffic growth e	18ESAL W18' × e
1	sepeda motor	-	-	-	-	-	-	-
2	Kend Ringan	137	0,2174	0,5	90%	4891,98915	259,057	1267301,679
3	Bus	102	0,3006	0,5	90%	5036,1021	259,057	1304635,078
4	Truk 1.2L	50	0,2174	0,5	90%	1785,3975	259,057	462518,8609
5	Truk 1.2H	34	2,4159	0,5	90%	13491,59355	259,057	3495085,257
6	Truk 1.22	6	2,7416	0,5	90%	2701,8468	259,057	699931,0261
Total 18ESAL								7229471,901
LOG(10)18ESAL								6,859106574

(Sumber: Hasil analisa (2024))

Untuk total hasil *Equivalent Single Axle Load* (ESAL) 7.229.471,90.

4.3.2 Reliability

Keandalan atau *Reliability* (R) untuk jalan lokal pedesaan (R) diambil 70%, *Standart normal deviation* (ZR) -0.524, dan *standart deviation* (So) untuk *rigid pavement* digunakan 0,35.

4.3.3 Serviceability

Tingkat pelayanan Pada perkerasan kaku (*Rigid pavement*) dengan tingkat lalu lintas sedang *Terminal serviceability* (Pt) = 2,5 dan untuk *Initial serviceability* (Po) = 4,5. Total loss of serviceability:

$$\Delta PSI = Po - Pt$$

$$= 4,5 - 2,5 = 2$$

4.3.4 Modulus Reaksi Tanah Dasar

Dalam perencanaan perkerasan kaku ini digunakan CBR sebesar 5%, maka nilai CBR akan dikonversikan ke nilai Modulus Resilien (MR) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$MR = 1.500 \times CBR$$

$$K = \frac{MR}{19,4}$$

Dimana:

MR = Modulus ketahanan

CBR = nilai California Bearing Ratio = 5 %

K = Modulus reaksi tanah dasar

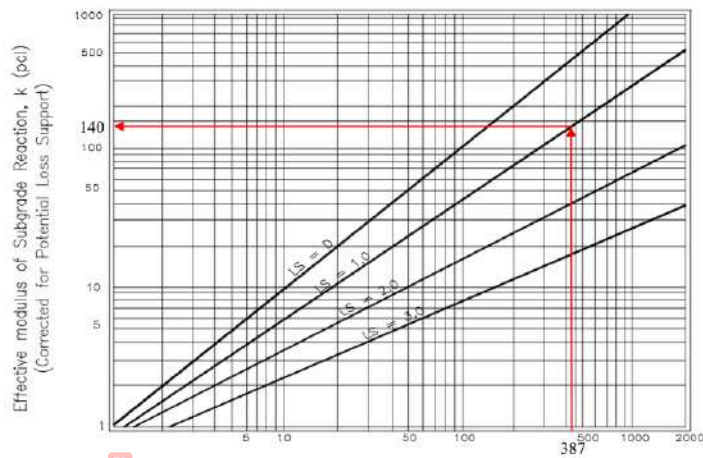
$$MR = 1500 \times 5 = 7500$$

$$K = \frac{7500}{19,4} = 386,597 \text{ pci}$$

Rigid pavement menggunakan *Wet lean concrete* dibawah pelat beton tebal 15 cm.

1. *Loss of Support Factors (LS)* = 1 (tabel 2.22)
2. Lapis subbase = *Cement aggregate mixture*

Koreksi effective modulus of sub grade reaction, $k = 140 \text{ pci}$



Gambar 4. 5 Effective Modulus of Subgrade Reaction, k (pci)

(Sumber: Suryawan, Ari. (2023). *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland*)

4.3.5 Modulus Elastisitas Beton

Kuat tekan beton f'_c disarankan yang umum digunakan di indonesia: $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$. Atau dikonversi $f'_c = 29,4 \text{ MPa}$ setara dengan K-350.

$$E_c = 57.000\sqrt{f'_c}$$

$$f'_c = 350 \times 14,22 = 4977 \text{ psi}$$

$$E_c = 57.000\sqrt{4977} = 4,021,227 \text{ psi}$$

4.3.6 Flexural Strength

Kuat tarik lentur beton (*Flextural Strength*) Spesifikasi yang disarankan (Sc') = $45 \text{ kg/cm}^2 = 640 \text{ psi}$.

$$Sc' = 45 \times 14,22 = 640 \text{ psi}$$

$$\text{Flexural Strength: } Sc' = 45 \text{ kg/cm}^2 = 45 \times 0,084 = 3,78 \text{ Mpa} = f_r$$

$$f_r = 0,70 \sqrt{f_c'}$$

$$3,78 = 0,70 \sqrt{f_c'}$$

Jika ditinjau dengan menggunakan: $f_c' = 350 \text{ kg/cm}^2$

$$f_c' = 350 \times 0,084 = 29,4 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,70 \sqrt{29,4} = 3,795 \text{ MPa}$$

$$= 3,79 : 0,084 = 45,178 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Untuk pelat beton)}$$

Jika ditinjau dengan menggunakan: $f_c' = 105 \text{ kg/cm}^2$

$$f_c' = 105 \times 0,084 = 8,82 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,70 \sqrt{8,82} = 2,078 \text{ MPa}$$

$$= 2,078 : 0,084 = 24,738 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Untuk fondasi bawah wet lean concrete)}$$

Dari perhitungan di atas, maka didapatkan hubungan kuat tekan beton dengan Flexural Strength (Sc') = 45 kg/cm² dengan kuat tekan beton $f_c' = 350 \text{ kg/cm}^2$ atau mutu beton $F_c' 30 \text{ MPa}$ (K-350) dan untuk fondasi bawah mutu beton $FC' 10 \text{ MPa}$ (K-125). Dapat dilihat Tabel 2. 23 Korelasi kuat tekan - Flexural Strength menurut SNI 1991 (untuk pelat beton). Dari hasil tersebut maka sesuai dengan yang disarankan AASTHO 1993.

4.3.7 Drainage Coefficient

1. Variabel mutu drainase

Kualitas drainase baik, air tersingkir dalam waktu 1 hari (Tabel 2. 24 Kualitas Drainase). Untuk Koefisien pengaliran (C) 0,875 (Tabel 2. 25 Koefisien pengaliran C (Hidrologi, Iman Subarkah)).

2. Variabel prosen perkerasan terkena air

Prosen struktur perkerasan dalam 1 tahun terkena air dapat dilakukan pendekatan dengan asumsi sebagai berikut:

$$P_{heff} = \frac{T_{jam}}{24} \times \frac{T_{hari}}{365} \times W_L \times 100$$

Dimana:

P_{heff} = Prosen hari effective hujan dalam setahun yang akan berpengaruh terkenanya perkerasan (dalam %).

T_{jam} = Rata - rata hujan per hari (jam).

T_{hari} = Rata – rata jumlah hari hujan per tahun (hari)

W_L = Faktor air hujan yang akan masuk ke fondasi jalan (%)

Tabel 4. 18 Jumlah Hari Hujan Per Tahun

No.	Tahun	Hari hujan
1	2014	128
2	2015	98
3	2016	174
4	2017	134
5	2018	157
6	2019	120
7	2020	166
8	2021	161
9	2022	188
10	2023	178
Rata - rata		150

(Sumber: dinas pangan, Tanaman pangan, Holtikultura dan peternakan)

Diketahui:

$$T_{jam} = 3 \text{ jam per hari}$$

$$T_{hari} = 150 \text{ hari hujan dalam setahun}$$

$$C = 0,875 = 87,5 \%$$

$$W_L = 100 - C = 12,5\% = 0,125$$

$$P_{heff} = \frac{3}{24} \times \frac{150}{365} \times 0,125 \times 100 = 0,644 < 1\%$$

Proses struktur perkerasan dalam 1 tahun terkena air sampai tingkat *saturated*

< 1%. Mutu drainase: *good - Fair*

Dari hasil pendekatan 2 Variabel tersebut, dan dari Tabel 2. 26 Koefisien drainase

(Cd) didapat *drainage coefficient*: $C_d = 1.15$

4.3.8 Load Transfer Coefficient

Koefisien Transfer Beban (J) disarankan untuk perkerasan kaku menggunakan Perkerasan beton tak bertulang bersambung (JPCP) & perkerasan beton bertulang bersambung (JRCP) dengan nilai transfer beban sebesar 2,5 – 3,1.

Tabel 4. 19 Interval Nilai Koefisien Load Transfer

Pavement type	Nilai J
Plain jointed & Jointed reinforced	2.5 - 3.1
J yang mewakili	2.8

(Sumber: Hasil analisa (2024))

4.3.9 Persamaan Penentuan Tebal Plat (D)

Dalam perencanaan tebal perkerasan ini penulis menggunakan rumus formulasi AASHTO 1993, berikut perhitungannya:

Tabel 4. 20 Hasil Perhitungan Parameter Metode AASTHO

No.	Diketahui	Hasil	Satuan
1	W18	7.229.471	
2	Z _R	-0,524	
3	S _O	0,35	
4	ΔPSI	2,5	
5	P _o	4,5	
6	P _t	2,0	
7	S _c '	640	pci
8	C _d	1,15	
9	I	2,8	
10	E _c	4.021.228	psi
11	K	140	pci
12	D	8,2 (asumsi)	inches

(Sumber : Hasil analisa (2024))

$$\begin{aligned}
 \log_{10} \cdot 7.229.47 &= -0.524 \times 0,35 + 7,35 \log_{10}(8,2 + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{2,5}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(8,2 + 1)^{8,46}}} \\
 &+ (4,22 - 0,32 \times 2,5) \times \log_{10} \frac{640 \times 1,15 \times [8,2^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times 2,8 \times \left[8,2^{0,75} - \frac{18,42}{(4.021.228 : 140)^{0,25}} \right]} \\
 6,86 &= 7,20 \text{ (ok)}
 \end{aligned}$$

Setelah memasukkan parameter input desain perkerasan kaku didapat nilai tebal pelat 8,2 inches (asumsi) = 7,20 ≥ W_{18 traffic} yaitu 6,86 maka asumsi tebal pelat dapat digunakan sehingga didapat tebal pelat beton adalah 8,2 inches = 20,83 cm ~ 21 cm dengan nilai W₁₈ desain ≥ W_{18 traffic}. Lapis fondasi bawah setebal 15 cm menggunakan *Wet lean concrete*.

4.3.10 Perhitungan Tulangan

Dalam perencanaan tulangan penulis menggunakan Perkerasan beton bersambung tanpa tulangan atau *Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP)*. *Dowel* menggunakan BJTP 280 dan *tie bar* menggunakan BJTS 420A, berikut perhitungannya:

1. Tebal pelat = 21 cm
2. Lebar pelat = $2 \times 3 = 6$ m
3. Panjang pelat = 5 m
4. Sambungan susut dipasang setiap jarak 5 m
5. Ruji (*Dowel*) digunakan BJTP diameter 32 mm, panjang 45 cm, jarak 30 cm seperti terlihat tabel 2.13.
6. Batang pengikat (*Tie Bars*) disarankan menggunakan BJTS Ø16, jarak 75 cm.

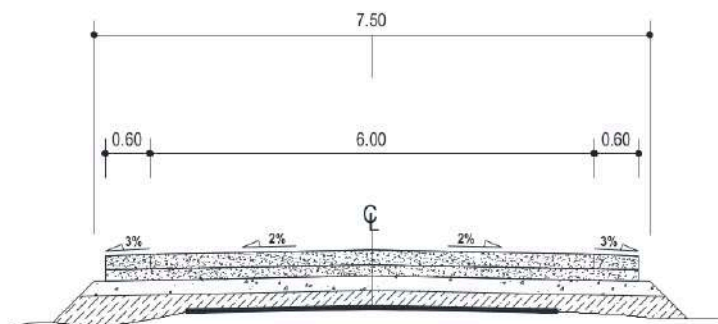
Perhitungan sebagai berikut:

$$I = (38,3 \times 16) + 75 = 687,8 \text{ mm} \sim 700 \text{ mm}$$

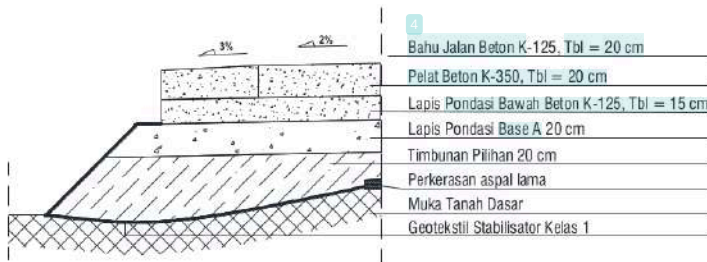
Dari perhitungan tersebut didapat (I) panjang batang pengikat adalah 70 cm.

4.4 Gambar Tebal Perkerasan kaku

Hasil dari perhitungan tebal perkerasan kaku Metode Bina Marga dapat digambarkan seperti terlihat pada gambar 4.6 dan gambar 4.7.

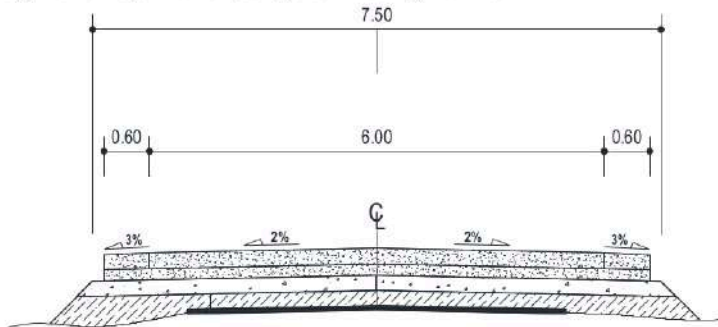


Gambar 4. 6 Typical Potongan Melintang
(Sumber: Hasil analisa (2024))



Gambar 4. 7 Potongan A-A
(Sumber: Hasil analisa (2024))

Hasil dari perhitungan tebal perkerasan kaku Metode AASHTO 1993 dapat digambarkan seperti terlihat pada gambar 4.8 dan gambar 4.9.



Gambar 4. 8 Typical Potongan Melintang
(Sumber: Hasil analisa (2024))



Gambar 4. 9 Potongan A-A
(Sumber: Hasil analisa (2024))

4.5 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya pada tebal perkerasan terbagi menjadi dua (2) bagian, yaitu biaya konstruksi dan biaya perawatan. Pada perencanaan tebal perkerasan ini, penulis hanya menghitung biaya konstruksi. Biaya konstruksi adalah biaya yang dibutuhkan untuk melaksanakan suatu proyek mulai dari tahap awal pelaksanaan sampai dengan selesainya masa pembangunan. Hasil dari perhitungan rencana anggaran biaya ditampilkan pada Tabel 4.21.

Tabel 4. 21 RAB Pekerjaan Perkersan Kaku

RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)						
PEKERJAAN : PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN (PERKERASAN KAKU)						
LOKASI : RUAS JALAN SUNGAI ARA - HARAPAN TANI KEC. KEMPAS						
NO.	URAIAN PEKERJAAN	ANALISA	SAT.	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
1.	2.	3.	4.	5.	6.	
I	PEKERJAAN PENDAHULUAN					
1	Pk Mobilisasi / Demobilisasi	-	LA	1,00	119.560.864,83	119.560.864,83
2	Sosialisasi, promosi dan pelatihan					
a	Spandak (Banner)	SKh-1.1.22 (2g)	Bh	1,00	250.000,00	250.000,00
b	Papan Informasi Keselamatan Konstruksi	SKh-1.1.22 (2i)	Bh	1,00	250.000,00	250.000,00
3	Alat Pelindung Diri					
a	Topi pelindung (Safety Helmet)	SKh-1.1.22 (3b1)	Buah	6,00	104.400,00	626.400,00
b	Pelindung pernafasan dan mulut (masker, masker respirator)	SKh-1.1.22 (3b6)	Box	3,00	50.000,00	150.000,00
c	Sepatu tenaga (Safety Shoes)	SKh-1.1.22 (3b7)	Pasang	6,00	19.700,00	118.200,00
d	Sepatu keselamatan (Safety Shoes, rubber safety shoes and toe cap)	SKh-1.1.22 (3b8)	Pasang	6,00	606.900,00	3.641.400,00
e	Bumet keselamatan (Safety Vest)	SKh-1.1.22 (3b11)	Buah	6,00	186.900,00	1.121.400,00
4	Facilitas suram, prasarana, dan alat kesehatan					
a	Peralatan P3K	SKh-1.1.22 (6a)	Set	2,00	500.000,00	1.000.000,00
5	Rambu dan Pertengkapan lain lintas yang diperlukan					
	Rambu petunjuk	SKh-1.1.22 (7a)	Buah	2,00	250.000,00	500.000,00
	Rambu peringatan	SKh-1.1.22 (7b)	Buah	2,00	250.000,00	500.000,00
	Rambu peringatan	SKh-1.1.22 (7c)	Buah	2,00	250.000,00	500.000,00
	Lampu Darurat (Emergency Lamp)	SKh-1.1.22 (7e)	Buah	2,00	450.000,00	900.000,00
	Jumlah					129.538.264,83
II	PEKERJAAN STRUKTUR JALAN					
1	Pk. Geostekstle stabilisator Kelas 1	Analisa EI-353	M ²	12.480,000	124.654,35	1.555.686.283,06
2	Pk. Tintuban Pilihan dari Sumber Galian	Analisa EI-322a	M ³	7.200,000	148.572,37	1.069.721.084,26
3	Pk. Tintuban Base A. Tebal 20 cm	Analisa EI-511	M ³	3.600,000	1.343.878,84	4.835.083.817,89
4	Pk. Pondasi Bawah Baton K-125. Tbl 15 cm	Analisa EI-7110	M ³	2.592,000	2.610.968,52	6.767.650.411,68
5	Pk. Lapisan Plat Beton K-350. Tbl 20 cm	Analisa EI-715a	M ³	2.880,000	2.984.597,86	8.595.641.826,64
6	Pembesian	Analisa EI-733	Kg	26.142,720	33.352,55	871.926.251,13
7	Pk. Batu Jalan Beton K-125 Tbl 20 cm	Analisa EI-7110	M ³	576,000	2.610.968,52	1.503.917.869,26
	Jumlah					25.199.607.543,84

(Sumber: Hasil analisa (2024))

4.5.1 Rekapitulasi Biaya Tebal Perkerasan Kaku

Jumlah Rencana Anggaran Biaya dalam bentuk rekapitulasi pada Tabel 4.22.

Tabel 4. 22 Rekapitulasi Biaya Pekerjaan Perkersan Kaku

NO.	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (Rp.)
I	PEKERJAAN PENDAHULUAN	129.538.264,83
II	PEKERJAAN STRUKTUR JALAN	25.199.607.543,84
	JUMLAH	25.329.145.808,67
	PPN 11 %	2.786.206.038,95
	JUMLAH	28.115.351.847,62
	DIBULATKAN	28.115.300.000,00
TERBILANG	: dua puluh delapan milyar seratus lima belas juta tiga ratus ribu rupiah	

(Sumber: Hasil analisa (2024))

4.6 Pembahasan

Perencanaan tebal perkerasan kaku berdasarkan metode Bina Marga dan AASHTO 1993. Untuk Bina marga, dimana fondasi bawah (*Lean Concrete*) beton K-125 tebal 15 cm, tebal plat beton K-350 tebal 20 cm, dan untuk AASHTO, dimana fondasi bawah (*Wet Lean Concrete*) beton K-125 tebal 15 cm, tebal plat beton K-350 tebal 21 cm dengan panjang jalan yang di rencanakan 2,4 km serta anggaran biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan Ruas Jalan Sungai Ara – Harapan Tani sebesar Rp. 28.115.300.000,00. (*Dua Puluh Delapan Milyar Seratus Lima Belas Juta Tiga Ratus Ribu Rupiah*).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari hasil perhitungan dan analisis adalah sebagai berikut:

1. Dalam perencanaan tebal perkerasan konstruksi perkerasan kaku berdasarkan hasil analisis tugas akhir menggunakan Metode Bina Marga dan AASHTO 1993, yang direncanakan sebagai Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT), diperoleh ketebalan masing-masing lapisan sebagai berikut:
 - a. Metode Bina Marga
 - Fondasi bawah (Beton K-125) dengan ketebalan 15 cm.
 - Pelat beton (Beton K-350) dengan ketebalan 20 cm.
 - b. Metode AASHTO 1993
 - Fondasi bawah (Beton K-125) dengan ketebalan 15 cm.
 - Pelat beton (Beton K-350) dengan ketebalan 21 cm.
2. Kebutuhan biaya pada perkerasan kaku adalah Rp. 28.115.300.000,00. (*Dua Puluh Delapan Milyar Seratus Lima Belas Juta Tiga Ratus Ribu Rupiah*).

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis berikan untuk pengembangan lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya, merencanakan jalan dari Sta 2+400 sampai Sta 6+060.
2. Sebaiknya dilakukan perbandingan dengan metode perencanaan lainnya agar wawasan semakin luas dan dapat membantu memilih metode yang paling tepat untuk perencanaan perkerasan kaku.
3. Untuk Pemerintah, disarankan mempertimbangkan penggunaan perkerasan kaku pada ruas jalan yang berpotensi mengalami peningkatan volume lalu lintas, terutama oleh kendaraan bermuatan berat. Hal ini penting karena perkerasan kaku lebih tahan terhadap beban besar, memiliki umur layanan lebih panjang, dan dapat mengurangi biaya perawatan dalam jangka panjang.

ORIGINALITY REPORT

46%

SIMILARITY INDEX

45%

INTERNET SOURCES

17%

PUBLICATIONS

29%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	binamarga.pu.go.id Internet Source	3%
2	eprints.umm.ac.id Internet Source	2%
3	repository.its.ac.id Internet Source	2%
4	ojs.selodangmayang.com Internet Source	2%
5	eprints.polsri.ac.id Internet Source	2%
6	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	2%
7	darmadi18.files.wordpress.com Internet Source	2%
8	Submitted to Universitas Andalas Student Paper	1%
9	id.scribd.com Internet Source	1%
10	Submitted to Forum Perpustakaan Perguruan Tinggi Indonesia Jawa Tengah Student Paper	1%
11	e-journal.upr.ac.id Internet Source	1%
12	dspace.uui.ac.id Internet Source	1%

13	repository.unibos.ac.id Internet Source	1 %
14	www.surveyorjatim.com Internet Source	1 %
15	Submitted to Universitas Musamus Merauke Student Paper	1 %
16	digilib.uns.ac.id Internet Source	1 %
17	repository.untagsmg.ac.id Internet Source	1 %
18	repositori.uma.ac.id Internet Source	1 %
19	www.docstoc.com Internet Source	1 %
20	docplayer.info Internet Source	1 %
21	Submitted to University of Malaya Student Paper	1 %
22	repository.unbari.ac.id Internet Source	1 %
23	www.scribd.com Internet Source	1 %
24	123dok.com Internet Source	1 %
25	repository.untag-sby.ac.id Internet Source	1 %
26	repository.umsu.ac.id Internet Source	1 %
27	www.slideshare.net Internet Source	<1 %

28	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
29	dokumen.tips Internet Source	<1 %
30	journal.upgris.ac.id Internet Source	<1 %
31	opendata.karanganyarkab.go.id Internet Source	<1 %
32	Wisnu Andika jaya, Aleksander Purba, Ika Kustiani. "Evaluasi Penanganan dan Kerusakan Jalan dengan Metode Bina Marga", Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP), 2022 Publication	<1 %
33	M Fikri Assidik, Yudi Sekaryadi. "PERENCANAAN TEBAL LAPISAN PERKERASAN KAKU (RIGID PAVEMENT) DAN LENTUR (FLEXIBLE PAVEMENT) PADA JALAN KUBANG – PANYUSUHAN KABUPATEN CIANJUR", JURNAL MOMEN TEKNIK SIPIL, 2022 Publication	<1 %
34	pdffox.com Internet Source	<1 %
35	repository.uhn.ac.id Internet Source	<1 %
36	repository.uir.ac.id Internet Source	<1 %
37	Submitted to Universitas Bung Hatta Student Paper	<1 %
38	sibima.pu.go.id Internet Source	<1 %
39	jurnalftspjayabaya.ac.id Internet Source	<1 %

<1 %

40

Submitted to LL Dikti IX Turnitin Consortium

Student Paper

<1 %

41

Submitted to Universitas Muhammadiyah
Buton

Student Paper

<1 %

42

testingindonesia.co.id

Internet Source

<1 %

43

eprints.umsb.ac.id

Internet Source

<1 %

44

satpolpp.bekasikota.go.id

Internet Source

<1 %

45

darmadi18.wordpress.com

Internet Source

<1 %

46

ejurnal.untag-smd.ac.id

Internet Source

<1 %

47

pdfcookie.com

Internet Source

<1 %

48

vdocuments.pub

Internet Source

<1 %

49

prin.or.id

Internet Source

<1 %

50

Submitted to Politeknik Negeri Bandung

Student Paper

<1 %

51

jurnal.ubl.ac.id

Internet Source

<1 %

52

masaoadoria.blogspot.com

Internet Source

<1 %

53

eprints.ubhara.ac.id

Internet Source

<1 %

54	repository.um-surabaya.ac.id Internet Source	<1 %
55	digilib.ptdisttd.ac.id Internet Source	<1 %
56	vdocuments.mx Internet Source	<1 %
57	Submitted to Universitas PGRI Palembang Student Paper	<1 %
58	Submitted to Universitas Pendidikan Indonesia Student Paper	<1 %
59	lib.unnes.ac.id Internet Source	<1 %
60	fiarns.wordpress.com Internet Source	<1 %
61	Isra Wahyudi, Zony Yulfadli. "Perhitungan Produksi Alat Berat Pada Pek", Kurva S : Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik Sipil, 2017 Publication	<1 %
62	Muhammad Abi Hartono, Eva Azhra Latifa. "Analisis Perkerasan Kaku Metode AASHTO 1993 Dan Metode AUSTROADS 2012 Terhadap Keekonomisan Biaya", MoDuluS: Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil, 2020 Publication	<1 %
63	ejournal.itn.ac.id Internet Source	<1 %
64	ejournal.unkhair.ac.id Internet Source	<1 %
65	fr.scribd.com Internet Source	<1 %
66	Submitted to Universitas Lancang Kuning	

<1 %

67

Submitted to Universitas Merdeka Malang

Student Paper

<1 %

68

Submitted to Universitas Pertamina

Student Paper

<1 %

69

balitbang.pemkomedan.go.id

Internet Source

<1 %

70

eprints.undip.ac.id

Internet Source

<1 %

71

es.scribd.com

Internet Source

<1 %

72

docshare.tips

Internet Source

<1 %

73

ejournal.uika-bogor.ac.id

Internet Source

<1 %

74

pdfcoffee.com

Internet Source

<1 %

75

repository.unj.ac.id

Internet Source

<1 %

76

dominickguhtd.pointblog.net

Internet Source

<1 %

77

eprints.ums.ac.id

Internet Source

<1 %

78

repository.unej.ac.id

Internet Source

<1 %

79

Zulfadli Firdaus, Hanantatur Adeswastoto,
Mhd. Islah. "The Effect of Side Obstacles of
Kuok Traditional Market Activities on The
Performance of The West Sumatra-Riau

<1 %

Traffic Road", Journal of Engineering Science and Technology Management (JES-TM), 2024

Publication

80	ejournal.utp.ac.id Internet Source	<1 %
81	eskripsi.usm.ac.id Internet Source	<1 %
82	j-innovative.org Internet Source	<1 %
83	repositori.umsu.ac.id Internet Source	<1 %
84	repository.unika.ac.id Internet Source	<1 %
85	riset.unisma.ac.id Internet Source	<1 %
86	www.cittametropolitana.ba.it Internet Source	<1 %
87	1library.net Internet Source	<1 %
88	Submitted to UPN Veteran Jawa Timur Student Paper	<1 %
89	adoc.tips Internet Source	<1 %
90	Submitted to itera Student Paper	<1 %
91	journal.ipb.ac.id Internet Source	<1 %
92	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
93	Submitted to University of Wollongong Student Paper	<1 %

94	betantt.com Internet Source	<1 %
95	eprints.perbanas.ac.id Internet Source	<1 %
96	repository.untidar.ac.id Internet Source	<1 %
97	repository.itk.ac.id Internet Source	<1 %
98	Atrianus Lourdes, Krisantus Satrio Wibowo Pedo, Krisantos Ria Bela. "PERANCANGAN PERKERASAN JALAN KOMPOSIT PADA RUAS JALAN KANITI DESA PENFUI TIMUR KABUPATEN KUPANG", Eternitas: Jurnal Teknik Sipil, 2023 Publication	<1 %
99	Submitted to Universitas Sebelas Maret Student Paper	<1 %
100	www.researchgate.net Internet Source	<1 %
101	Claudia S. Tege, Audie L. E. Rumayar, Meike M. Kumaat. "Analisis Pengaruh Hambatan Samping Terhadap Kinerja Ruas Jalan Wolter Mongisidi Kota Bitung", TEKNO, 2024 Publication	<1 %
102	Submitted to Universitas Khairun Student Paper	<1 %
103	eprints.uns.ac.id Internet Source	<1 %
104	materimu.files.wordpress.com Internet Source	<1 %
105	repository.uisu.ac.id Internet Source	<1 %

106	ririztheone.wordpress.com Internet Source	<1 %
107	Submitted to Southville International School and Colleges Student Paper	<1 %
108	Submitted to Walters State Community College Student Paper	<1 %
109	core.ac.uk Internet Source	<1 %
110	ejurnal.itenas.ac.id Internet Source	<1 %
111	eprints.unisnu.ac.id Internet Source	<1 %
112	jurnal.unissula.ac.id Internet Source	<1 %
113	repository.radenintan.ac.id Internet Source	<1 %
114	vdocument.in Internet Source	<1 %
115	www.studocu.com Internet Source	<1 %
116	Submitted to Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta Student Paper	<1 %
117	Submitted to Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Student Paper	<1 %
118	Submitted to Universitas Muhammadiyah Purwokerto Student Paper	<1 %

119	Yudi Sekaryadi. "PERBANDINGAN LAPIS PERKERASAN LENTUR DENGAN LAPIS PERKERASAN KAKU PADA RUAS JALAN CIANJUR-SUKABUMI KM.BDG 67+720 s/d 80+257 KABUPATEN CIANJUR", JURNAL MOMEN TEKNIK SIPIL, 2019 Publication	<1 %
120	berhitung.id Internet Source	<1 %
121	idoc.pub Internet Source	<1 %
122	rizaldyberbagidata.blogspot.com Internet Source	<1 %
123	vbook.pub Internet Source	<1 %
124	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
125	Submitted to Clarkston Community Schools Student Paper	<1 %
126	Philipus Resato Nahak, Yosef Cahyo, Sigit Winarto. "STUDI PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN KONSTRUKSI JALAN RAYA (MENGUNAKAN METODE BINA MARGA) PADA RUAS JALAN UMASUKAER DI KABUPATEN MALAKA", Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil, 2019 Publication	<1 %
127	Ridho Maulana Hakim, Kholidia Ayunaning. "Judul ini agak rusak tolong untuk diloloskan Doi nya", Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 2025 Publication	<1 %

128	Siti Nur Afifah, Sudarso, Sebastianus Priambodo. "Analisa Rencana Anggaran Biaya Kebutuhan Aspal Pada Pembangunan Fly Over Aloha Dengan Perbandingan Metode Analisa Harga Satuan (AHSP) 2016 Dengan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) 2022", MoDuluS Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil, 2024 Publication	<1 %
-----	---	------

129	adoc.pub Internet Source	<1 %
-----	-----------------------------	------

130	eprosiding.snit-polbeng.org Internet Source	<1 %
-----	--	------

131	incuvl.petra.ac.id Internet Source	<1 %
-----	---------------------------------------	------

132	infotekniksipilofficial.blogspot.com Internet Source	<1 %
-----	---	------

133	jdi.h.pu.go.id Internet Source	<1 %
-----	-----------------------------------	------

134	library.polmed.ac.id Internet Source	<1 %
-----	---	------

135	media.neliti.com Internet Source	<1 %
-----	-------------------------------------	------

136	repository.ub.ac.id Internet Source	<1 %
-----	--	------

137	www.prin.or.id Internet Source	<1 %
-----	-----------------------------------	------

138	Sahrul Sahriawan. "TINJAUAN KINERJA PENINGKATAN KAPASITAS STRUKTUR JALAN (STUDI KASUS JALAN SALUBATTANG 2)", Open Science Framework, 2023 Publication	<1 %
-----	--	------

139 A. Trimansyah. "Penyusunan harga satuan dasar bidang kebinamargaan tahun 2020", Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP), 2022
Publication <1 %

140 Leni Sriharyani, Via Vetiana. "PERENCANAAN STRUKTUR PERKERASAN RUAS JALAN WAY ABUNG KABUPATEN LAMPUNG TENGAH", TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi) : Jurnal Program Studi Teknik Sipil, 2023
Publication <1 %

141 ejournal.unsrat.ac.id
Internet Source <1 %

142 jurnal.untan.ac.id
Internet Source <1 %

143 qdoc.tips
Internet Source <1 %

144 www.digilib.its.ac.id
Internet Source <1 %

145 digilib.uinsby.ac.id
Internet Source <1 %

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off