

**TINJAUAN EKONOMIS PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN
DENGAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN 2013,
METODE AASHTO 1993 DAN METODE SNI PD-T 14 2003 PADA
JALAN FRONTAGE TOL SEKSI IV MAKASSAR**



SKRIPSI

**Diajukan Guna Melengkapi Tugas Akhir dan Memenuhi Syarat-Syarat
Untuk Menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik
Dan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

OLEH

RISWANDA RUKMAN

45 13 041 230

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA
2015 / 2016**



LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Nomor : A.148/SK-FT/UNIBOS/IX/2016 tanggal Dua Puluh Bulan September Tahun Dua Ribu Enam Belas perihal Pengangkatan Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka:

Pada Hari/Tanggal : Sabtu / 24 September 2016
Nama : Riswanda Rukman
No. Stambuk : 45 13 041 230
Judul : Tinjauan Ekonomis Perencanaan Tebal Perkerasan Dengan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013, Metode AASHTO 1993 dan Metode SNI PD-T 14 2003.

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Ujian Sarjana Strata Satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

Tim Penguji Tugas Akhir

Ketua : Ir. Andi Rumpang Yusuf, MT (.....)
Sekretaris : Savitri Prasandi Mulyani, ST, MT (.....)
Anggota : Ir. H. Syahrul Sariman, MT (.....)
Ir. Tamrin Mallawangeng, MT (.....)
Pembimbing I : Ir. Andi Rumpang Yusuf, MT (.....)
Pembimbing II : Savitri Prasandi Mulyani, ST, MT (.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Hamsina, ST., M.Si
NIDN : 09 2406 7601

Ketua Jurusan Sipil

(Savitri Prasandi Mulyani, ST., MT)
NIDN : 09 05087304



UNIVERSITAS
BOSOWA

FAKULTAS TEKNIK
Jalan Urip Sumoharjo Km. 4 Gd.2 Lt.6
Makassar-Sulawesi Selatan 90231
Telp.0411 452 901 – 452 789 ext. 116
Faks. 0411 424 568
<http://www.universitasbosowa.ac.id>
Email: teknik@universitasbosowa.ac.id

LEMBAR PENGAJUAN UJIAN AKHIR

Tugas Akhir :

**"TINJAUAN EKONOMIS PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN
DENGAN METODE AASHTO 1993 DAN METODE SNI PD-T 14 2003
PADA JALAN FRONTAGE TOL SEKSI IV MAKASSAR"**

Disusun dan diajukan oleh :

Nama Mahasiswa : RISWANDA RUKMAN

No. Stambuk : 45 13 041 230

Sebagai salah satu syarat, untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi
Teknik Sipil / Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

Telah Disetujui Komisi Pembimbing

Pembimbing I : Ir. Andi Rumpang Yusuf, MT. (.....)

Pembimbing II : Savitri Prasandi Mulyani, ST, MT (.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

(Dr. Hamsina, ST., M.Si)
NIDN : 09 240676 01

Pelaksana Tugas
Ketua Jurusan Sipil


(Ir. H. Syahrul Sariman, MT)
NIDN : 00 100359 03

**“TINJAUAN EKONOMIS PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN
DENGAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN 2013,
METODE AASHTO 1993 DAN METODE SNI PD-T 14 2003 PADA
JALAN FRONTAGE TOL SEKSI IV MAKASSAR”**

Riswanda Rukman
45 13 041 230
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Bosowa
Jl. Urip Sumoharjo Km 4 Makassar
riswandarukman@gmail.com

ABSTRAK

Jalan raya merupakan salah satu prasarana transportasi terpenting karena berperan untuk menunjang pertumbuhan ekonomi masyarakat dalam memenuhi kebutuhan, baik untuk pendistribusian barang atau jasa sehingga desain perkerasan jalan yang baik adalah suatu keharusan. Ketika suatu perkerasan kaku telah mencapai akhir dari masa layannya sehingga tidak mampu lagi untuk menahan beban lalu lintas yang berada di atasnya, maka perencana mempunyai dua pilihan untuk meningkatkan kemampuan perkerasan kaku tersebut yaitu dengan rekonstruksi atau mengganti perkerasan tersebut dengan perkerasan beton yang baru, dan dengan pelapisan tambah (overlay) pada perkerasan yang sudah ada.

Dalam tugas akhir ini akan dibahas tentang perencanaan tebal perkerasan kaku dengan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013, metode AASHTO 1993 dan metode SNI PD-T-14 2003. Kemudian dilakukan perbandingan ekonomis tebal perkerasan dari masing masing metode.

Dari pembahasan yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa desain perencanaan tebal perkerasan dengan dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 didapat tebal pelat 265 mm atau lebih tipis 40 mm dibandingkan dengan perencanaan tebal pelat metode AASHTO 1993 dan lebih tipis 5 mm dari metode SNI PD-T 14 2003. Namun perlu dipertimbangkan mengenai keekonomisan desain dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan jika untuk kebutuhan rekonstruksi dengan panjang 1, 185 km jalan yang membutuhkan penanganan untuk rekonstruksi dari total 20,080 km panjang jalan karena ketentuan metode ini diharuskan menggunakan lapis pondasi agregat kelas A 150 mm dan urugan pilihan untuk peningkatan tanah dasar 250 mm

Kata kunci : tebal perkerasan, manual desain perkerasan jalan 2013, AASHTO 1993, SNI PD-T 14 2003.

**“REVIEW OF ECONOMIC PLANNING PAVEMENT THICKNESS
DESIGN METHOD WITH MANUAL ROAD PAVEMENT 2013, AASHTO
1993 METHOD AND METHOD SNI PD-T 14 2003 FRONTAGE ROAD
TOL IN SECTION IV MAKASSAR”**

Riswanda Rukman
45 13 041 230
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Bosowa
Jl. Urip Sumoharjo Km 4 Makassar
riswandarukman@gmail.com

ABSTRACT

The highway is one of the most important transport infrastructures because of their role to support economic growth in meeting the needs, both for the distribution of goods or services so that the design of the pavement which is a must. When a rigid pavement has reached the end of the maid so no longer able to withstand traffic loads that are in it, then the planner has two options to increase the ability of rigid pavement that is by reconstruction or replacement of the pavement with concrete pavement that is new, and with plus coating (overlay) on the existing pavement.

In this final task will be discussed about planning thick rigid pavement using Road Pavement Design Manual 2013, AASHTO method 1993 and method SNI PD-T-14, 2003. Then a comparison economical pavement thickness of each method.

From the discussion that has been done, it can be seen that the design planning of pavement thickness with the methods Manual Design of Pavement in 2013 obtained slab thickness 265 mm or thinner 40 mm compared with the planning of thick plate method AASHTO 1993 and thinner 5 mm of methods SNI PD-T 14, 2003. However, it should be considered regarding the economics of design methods Pavement design Manual if for reconstruction needs with a length of 1, 185 km of roads requiring treatment for the reconstruction of a total of 20,080 km long road since the provisions of these methods are required to use the aggregate Base class A 150 mm and selected soil embankment to increase the land base of 250 mm.

Keywords: thick pavement, pavement design manual 2013, AASHTO 1993, SNI PD-T 14 2003.

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan karunia yang diberikan selama ini sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sebagai persyaratan untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah meluangkan waktunya dalam memberi bantuan berupa pemikiran, arahan dan saran kepada penulis. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih yang setulus-tulusnya, terutama kepada Bapak Ir. Andi Rumpang Yusuf, MT selaku pembimbing I dan Ibu Savitri Prasandi Mulyani, ST,MT selaku pembimbing II. Tak lupa pula ucapan terima kasih penulis haturkan kepada :

1. Dekan Fakultas Teknik Universitas 45 Bosowa Makassar
2. Ketua Jurusan Sipil dan Sekretaris Jurusan Sipil Universitas Bosowa Makassar
3. Segenap Dosen dan Staf Pengajar pada Fakultas Teknik/Jurusan Sipil Universitas Bosowa Makassar
4. Seluruh staf PT. Dacrea yang juga banyak membantu penulis dalam memberikan sumbangsih pemikiran dan data data yang diperlukan.

Teristimewa kedua orang tua penulis yang tercinta atas dukungan dan doa yang senantiasa dipanjatkan demi kelancaran penyelesaian Tugas Akhir ini.

Juga kepada sahabat dan rekan – rekan mahasiswa yang tak dapat kami sebutkan satu per satu pada kesempatan ini, harapan penulis semoga apa yang telah dibantukan selama ini secara moril maupun materil mendapatkan imbalan amal dari Allah SWT dan semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Akhirnya, semoga Allah SWT memberikan perlindungan dan melimpahkan rahmat kepada kita semua.

Makassar, September 2016

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN SAMBUT.....	
HALAMAN PENGESAHAN.....	
LEMBAR PENGANTAR UJIAN AKHIR.....	
ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-2
1.3 Batasan Masalah.....	I-2
1.4 Maksud Dan Tujuan Penelitian.....	I-3
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka.....	II-1
2.2 Landasan Teori.....	II-2
2.2.1 Perkerasan Jalan.....	II-2
2.2.2 Jenis Perkerasan Jalan.....	II-2
2.2.3 Klasifikasi Jalan.....	II-2
2.2.3.1 Klasifikasi berdasarkan fungsi jalan.....	II-3
2.2.3.2 Klasifikasi berdasarkan administrasi pemerintahan...	II-4

2.2.3.3 Klasifikasi berdasarkan beban muatan sumbu	II-5
2.2.4 Perkerasan Kaku	II-6
2.2.5 Struktur Dan Jenis Perkerasan Kaku.....	II-7
2.2.6 Bagian Bagian Pada Konstruksi Perkerasan Kaku.....	II-8
2.2.6.1. Tanah dasar	II-8
2.2.6.2. Lapis pondasi	II-8
2.2.6.3. Pelat Beton	II-10
2.2.6.4. Sambungan	II-12
2.2.6.5. Tulangan.....	II-19
2.2.7 Tipe Kerusakan Pada Perkerasan Kaku.....	II-21
2.2.7.1 Deformasi (deformation)	II-21
2.2.7.2 Retak (cracking)	II-24
2.2.7.3 Kerusakan pengisi sambungan (joint seal defects) .	II-27
2.2.7.4 Gompal (spalling)	II-28
2.2.7.5 Kerusakan bagian tepi slab (edge drop-off).....	II-29
2.2.7.6 Kerusakan tekstur permukaan (surface texture defects)	II-29
2.2.7.7 Berlubang (pot hole)	II-30
2.2.7.8 Ketidak cukupan drainase permukaan perkerasan..	II-31
2.2.8 Jenis Dan Metode Penanganan Pemeliharaan	II-32
2.2.9 Dasar Perencanaan.....	II-34
2.2.9.1 Perencanaan Tebal Perkerasan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013	II-34

2.2.9.2 Perencanaan Tebal Perkerasan Metode	
AASHTO 1993.....	II-35
2.2.9.3 Perencanaan Tebal Perkerasan Metode	
SNI PD T-14 2003	II-36
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Lokasi Penelitian.....	III-1
3.2 Gambaran Umum Kondisi Objek Penelitian.....	III-1
3.3 Data Dan Sumber Data	III-2
3.4 Tahapan Penelitian.....	III-3
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Lapangan	IV-1
4.1.1. Data CBR	IV-1
4.1.2. Lalu lintas	IV-2
4.2 Perhitungan Tebal Pelat Metode Manual Desain	
Perkerasan Jalan 2013.....	IV-3
4.2.1. Analisis data lalu lintas dan penentuan lapisan-	
lapisan struktur dengan chart desain berdasarkan	
penggolongan kelompok sumbu kendaraan.	IV-3
4.3 Perhitungan Tebal Pelat Metode AASHTO 1993.....	IV-7
4.3.1. Analisis lalu lintas	IV-7
4.3.2. Reliability	IV-9
4.3.3. Serviceability	IV-11
4.3.4. Modulus reaksi tanah dasar.....	IV-11

4.3.5. Modulus elastisitas beton	IV-14
4.3.6. Drainage coefficient.....	IV-15
4.3.7. Load transfer coefficient	IV-19
4.4 Perhitungan Tebal Pelat Metode SNI PD-T 14 2003	IV-23
4.4.1. Parameter perencanaan.....	IV-23
4.4.2. Langkah-langkah perhitungan tebal pelat.....	IV-23
4.4.2.1. Analisis lalu lintas.....	IV-23
4.4.2.2. Perhitungan repetisi sumbu yang terjadi.	IV-26
4.4.2.3. Perhitungan tebal pelat	IV-27
4.5 Perbandingan hasil desain perencanaan tebal perkerasan kaku metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013, metode AASHTO 1993 dan metode SNI PD-T 14 2003	IV-60
4.5.1. Perhitungan diameter dowel dan tie bar	IV-62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	V-1
5.2. Saran	V-2
LAMPIRAN.....	
DAFTAR PUSTAKA.....	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur perkerasan kaku.....	II-7
Gambar 2.2 Tipikal sambungan memanjang.....	II-13
Gambar 2.3 Ukuran standar penguncian sambungan memanjang.....	II-13
Gambar 2.4 Sambungan susut melintang tanpa ruji.....	II-15
Gambar 2.5 Sambungan susut melintang dengan ruji.....	II-15
Gambar 2.6 Sambungan pelaksanaan melintang..... untuk pengecoran per lajur	II-16
Gambar 2.7 Sambungan pelaksanaan melintang..... untuk pengecoran seluruh lebar jalan	II-16
Gambar 2.8 Contoh persimpangan yang membutuhkan..... sambungan isolasi	II-17
Gambar 2.9 Sambungan isolasi.....	II-17
Gambar 2.10 Tampak atas penempatan sambungan isolasi..... pada manhole	II-18
Gambar 2.11 Tampak atas penempatan sambungan isolasi..... pada lubang masuk saluran	II-18
Gambar 2.12 Perkerasan beton yang mengalami amblas.....	II-22
Gambar 2.13 Perkerasan beton yang mengalami patahan.....	II-22
Gambar 2.14 Pumping pada perkerasan beton.....	II-23
Gambar 2.15 Rocking pada perkerasan beton.....	II-23
Gambar 2.16 Retak blok pada perkerasan beton.....	II-24
Gambar 2.17 Retak sudut pada perkerasan beton.....	II-25
Gambar 2.18 Retak diagonal pada perkerasan beton.....	II-25
Gambar 2.19 Retak memanjang pada perkerasan beton.....	II-26
Gambar 2.20 Retak tidak beraturan pada perkerasan beton.....	II-27

Gambar 2.21 Retak melintang pada perkerasan beton.....	II-27
Gambar 2.22 Kerusakan bahan pengisi sambungan.....	II-28
Gambar 2.23 Gompal pada perkerasan beton.....	II-29
Gambar 2.24 Kerusakan bagian tepi slab.....	II-29
Gambar 2.25 Kerusakan tekstur permukaan.....	II-30
Gambar 2.26 Lubang pada perkerasan beton.....	II-31
Gambar 2.27 Prosedur perencanaan tebal perkerasan kaku.....	II-36
metode AASHTO 1993	
Gambar 2.28 Sistem perencanaan perkerasan kaku.....	II-38
metode SNI PD-T 14 2003	
Gambar 3.1 Peta ruas jalan Frontage Tol Seksi IV Makassar.....	III-1
Gambar 3.2 Bagan alir penelitian.....	III-4
Gambar 4.1 Grafik untuk menentukan modulus reaksi.....	IV-13
Tanah dasar (k) dan tebal pondasi	
Gambar 4.2 Correction of effective modulus of subgrade.....	IV-14
reaction for potential loss subbase support	
Gambar 4.3 Nomogram untuk mengetahui tebal perkerasan.....	IV-21
kaku metode AASHTO 1993	
Gambar 4.4 Tebal pondasi bawah minimum yang disarankan.....	IV-28
Gambar 4.5 CBR tanah dasar efektif.....	IV-28
Gambar 4.6 – 4.20 Analisis fatik dan beban repetisi ijin.....	IV-30
berdasarkan rasio tegangan	
Gambar 4.21 – 4.35 Analisis erosi dan beban repetisi ijin	IV-45
berdasarkan rasio tegangan	
Gambar 4.36 Struktur perkerasan kaku metode MDP 2013.....	IV-67
Gambar 4.37 Struktur perkerasan kaku metode AASHTO 1993.....	IV-68
Gambar 4.38 Struktur perkerasan kaku metode SNI PD-T 14 2003.....	IV-68

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Ringkasan metode pemeliharaan dan perbaikan..	II-33
pada perkerasan kaku	
Tabel 2.2 Langkah-langkah perencanaan tebal perkerasan.....	II-38
metode SNI PD-T 14 2003	
Tabel 4.1 Data CBR lapangan.....	IV-1
Tabel 4.2 Data survey lalu lintas.....	IV-2
Tabel 4.3 Analisis lalu lintas sampai umur 40 tahun.....	IV-3
Tabel 4.4 Perhitungan jumlah sumbu berdasarkan.....	IV-4
jenis dan bebannya	
Tabel 4.5 Perhitungan repetisi sumbu yang terjadi.....	IV-5
Tabel 4.6 Faktor distribusi lajur (D_L).....	IV-6
Tabel 4.7 Chart Desain solusi pondasi jalan.....	IV-6
Tabel 4.8 Chart Desain struktur perkerasan kaku.....	IV-7
Tabel 4.9 Desain traffic lalu lintas.....	IV-8
Tabel 4.10 Faktor distribusi lajur.....	IV-9
Tabel 4.11 Reliability disarankan.....	IV-10
Tabel 4.12 Standard normal deviate (Z_R).....	IV-10
Tabel 4.13 Serviceability.....	IV-11
Tabel 4.14 Loss of support factors (LS).....	IV-12
Tabel 4.15 Quality of drainage.....	IV-16
Tabel 4.16 Koefisien pengaliran (C).....	IV-16
Tabel 4.17 Jumlah hari hujan per tahun.....	IV-18
Tabel 4.18 Drainage coefficient	IV-18

Tabel 4.19 Load transfer coefficient (J).....	IV-19
Tabel 4.20 Jumlah sumbu berdasarkan jenis dan bebannya.....	IV-24
Tabel 4.21 Koefisien distribusi (C).....	IV-25
Tabel 4.22 Perhitungan repetisi sumbu yang terjadi.....	IV-26
Tabel 4.23 Nilai FKB berdasarkan volume kendaraan niaga.....	IV-27
Tabel 4.24 Tegangan ekivalen dan faktor erosi perkerasan.....	IV-29
tanpa bahu beton	
Tabel 4.25 Analisa fatik dan erosi tebal pelat.....	IV-60
Tabel 4.26 Parameter perencanaan tebal perkerasan.....	IV-61
Tabel 4.27 Hasil desain perencanaan tebal perkerasan.....	IV-62
Tabel 4.28 Rekomendasi dowel.....	IV-64
Tabel 4.29 Rekomendasi tie bar.....	IV-64
Tabel 4.30 Rekomendasi dowel.....	IV-65
Tabel 4.31 Dowel dan tie bar yang digunakan.....	IV-66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan raya merupakan salah satu prasarana transportasi terpenting karena berperan untuk menunjang pertumbuhan ekonomi masyarakat dalam memenuhi kebutuhan, baik untuk pendistribusian barang atau jasa sehingga desain perkerasan jalan yang baik adalah suatu keharusan. Selain dapat menjamin kenyamanan pengguna jalan, perkerasan yang baik juga diharapkan dapat memberikan rasa aman dalam mengemudi.

Salah satu jenis perkerasan yang dapat memenuhi harapan tersebut adalah perkerasan kaku. Ketika suatu perkerasan kaku telah mencapai akhir dari masa layannya sehingga tidak mampu lagi untuk menahan beban lalu lintas yang berada di atasnya, maka perencana mempunyai dua pilihan untuk meningkatkan kemampuan perkerasan kaku tersebut yaitu dengan rekonstruksi atau mengganti perkerasan tersebut dengan perkerasan beton yang baru, dan dengan pelapisan tambah (overlay) pada perkerasan yang sudah ada.

Dalam penulisan tugas akhir ini lokasi yang ditinjau adalah jalan Frontage Tol Seksi IV Makassar yang pada beberapa titik mengalami kerusakan yang cukup berat karena membentuk kubangan air jika terjadi hujan dan tentunya ini menjadi ancaman bagi keselamatan pengguna jalan. Selain kerusakan akan bertambah parah, penanganan pada jalan ini sangat diperlukan karena jalan ini merupakan jalur penghubung kota

Makassar, Panakkukang, Pelabuhan Soekarno Hatta, Jalan A.P. Pettarani, Kawasan Industri Makassar dan Bandar Udara Hasanuddin.

1.2 Rumusan Masalah

Rekonstruksi merupakan salah satu cara perbaikan pada perkerasan kaku dimana dapat dilakukan apabila cara pemeliharaan yang lain atau pelapisan tidak dapat dilaksanakan karena kerusakannya cukup berat.

Dalam tugas akhir ini akan dibahas tentang perencanaan tebal perkerasan kaku dengan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan (MDP) Jalan 2013, metode AASHTO 1993 dan metode SNI PD-T-14 2003. Dan yang menjadi perumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah seberapa besarkah perbedaan tebal yang ditimbulkan ketiga metode tersebut sehingga memungkinkan untuk dijadikan acuan perbandingan ekonomis perencanaan ?

1.3 Batasan Masalah

Mengingat permasalahan yang akan di bahas bisa berkembang cukup luas terkait dengan aplikasi beberapa ilmu teknik, serta keterbatasan waktu, referensi, dan kemampuan sebagai perencana pemula, maka penulis dengan ini membatasi permasalahan yang diangkat sebagai berikut :

1. Obyek penelitian pada jalan frontage tol seksi IV Makassar.
2. Metode yang menjadi perbandingan adalah metode Manual Desain Perkerasan (MDP) Jalan 2013, metode AASHTO 1993 dan metode

SNI PD-T-14 2003 disusun berdasarkan data data persyaratan teknis yang telah ada.

3. Yang menjadi perbandingan adalah tebal pelat beton dari masing-masing metode.
4. Kerusakan perkerasan yang ditinjau adalah perkerasan yang dianggap membutuhkan penanganan dengan pergantian perkerasan yang baru (rekonstruksi).
5. Kondisi perkerasan jalan dan lingkungan dianggap sama.
6. Perhitungan lapis tambah untuk leveling antara tebal perkerasan lama dengan yang baru tidak dibahas.

1.4 Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dari tugas akhir ini adalah untuk meningkatkan kapasitas struktur dan masa layan dari perkerasan kaku yang lama.

Sedangkan tujuan pembahasan dari tugas akhir ini yaitu :

1. Menghitung tebal lapis perkerasan kaku yang dibutuhkan pada jalan Frontage Tol Seksi IV Makassar dengan metode Manual Desain Perkerasan (MDP) Jalan 2013, metode AASHTO 1993 dan metode SNI PD T-14 2003.
2. Membandingkan perbedaan ekonomis tebal perkerasan ketiga metode tersebut.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Perkerasan jalan adalah bagian dari jalur lalu lintas, yang bila kita perhatikan secara struktural pada penampang melintang jalan, merupakan penampang struktur dalam kedudukan yang paling sentral dalam suatu badan jalan. Lalu lintas langsung terkonsentrasi pada bagian ini, dan boleh dikatakan merupakan urat nadi dari suatu konstruksi jalan. Apapun jenis perkerasan lalu lintas, diharuskan dapat memfasilitasi sejumlah pergerakan lalu lintas, apakah berupa jasa angkutan manusia, atau jasa angkutan barang berupa seluruh komoditas yang diijinkan untuk berlalu lalang. Jika perkerasan jalan dalam kondisi baik maka arus lalu lintas akan berjalan dengan lancar, demikian sebaliknya kalau perkerasan jalan rusak, lalu lintas akan sangat terganggu (Hamirhan Saodang, 2005).

Perkerasan jalan diletakkan diatas tanah dasar, dengan demikian secara keseluruhan mutu dan daya tahan konstruksi tidak lepas dari tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri atau tanah dari lokasi didekatnya yang telah dipadatkan sampai tingkat kepadatan tertentu sehingga mempunyai daya dukung yang baik serta berkemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat (Sukirman, 1999).

2.2. Landasan Teori

2.2.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan pengikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang biasanya dipakai dalam perkerasan jalan adalah batu pecah, batu belah, batu kali ataupun bahan lainnya. Sedangkan bahan pengikat yang dipakai antara lain semen, aspal, dan tanah liat (Wikipedia, 2011).

2.2.2 Jenis Perkerasan

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan dalam 3 jenis (Sukirman, 1999), yaitu :

1. Perkerasan lentur atau perkerasan aspal (flexible pavement), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat.
2. Perkerasan kaku atau perkerasan beton (rigid pavement), yaitu perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat.
- 3 Perkerasan komposit (composite pavement), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

2.2.3 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan adalah pengelompokan jalan berdasarkan fungsi jalan, berdasarkan administrasi pemerintah dan berdasarkan muatan sumbu. Banyak sekali faktor sebagai penentuan klasifikasi antara lain besarnya volume lalu lintas, kapasitas jalan, keekonomian dari jalan

tersebut dan pembiayaan pembangunan dan perawatan jalan. Berikut penjelasan untuk jenis klasifikasi jalan di Indonesia.

2.2.3.1 Klasifikasi berdasarkan fungsi jalan

Klasifikasi jalan di Indonesia berdasarkan peraturan perundangan yang berlaku antara lain:

1. Jalan arteri, adalah jalan umum yang berfungsi untuk melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rencana > 60 km/jam, lebar badan jalan > 8 m, kapasitas jalan lebih besar daripada volume lalu lintas rata-rata, tidak boleh terganggu oleh kegiatan lokal, dan jalan primer tidak terputus, dan sebagainya.
2. Jalan kolektor adalah jalan yang digunakan untuk melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rencana >40 km/jam, lebar badan jalan > 7 m, kapasitas jalan lebih besar atau sama dengan volume lalu lintas rata-rata, tidak boleh terganggu oleh kegiatan lokal, dan jalan primer tidak terputus, dan sebagainya.
3. Jalan lokal adalah jalan umum yang digunakan untuk melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan dekat, kecepatan rencana > 40 km/jam, lebar jalan > 5 m.
4. Jalan lingkungan adalah jalan umum yang digunakan untuk melayani angkutan lingkungan dengan perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

2.2.3.2 Klasifikasi berdasarkan administrasi pemerintahan

Pengelompokan jenis klasifikasi jalan bertujuan untuk mewujudkan kepastian hukum penyelenggaraan jalan sesuai dengan kewenangan pemerintah dan pemerintah daerah. Berdasarkan administrasi pemerintahan, jalan diklasifikasikan ke dalam jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota, dan jalan desa. Berikut penjelasan jenis klasifikasi jalan di Indonesia.

1. Jalan Nasional adalah jalan arteri atau kolektor yang menghubungkan antar ibukota provinsi dan jalan strategis nasional dan jalan tol.
2. Jalan Provinsi adalah jalan kolektor yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota, antar kabupaten dan jalan strategis provinsi.
3. Jalan Kabupaten adalah jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk jalan yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antaribukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan lokal serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten dan jalan strategis kabupaten.
4. Jalan kota adalah jalan umum dalam sistem jaringan sekunder yang menghubungkan antarpusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antarpersil serta menghubungkan antarpusat pemukiman yang berada di dalam kota.

5. Jalan desa adalah jalan umum yang menghubungkan kawasan dan atau antar pemukiman di dalam desa serta jalan lingkungan.

2.2.3.3 Klasifikasi berdasarkan beban muatan sumbu

Jenis klasifikasi jalan di Indonesia juga dikelompokan berdasarkan muatan sumbu, antara lain jalan kelas I, jalan kelas II, jalan kelas III A, jalan kelas III B, dan jalan kelas III C. Berikut penjelasan dari klasifikasi jalan di Indonesia.

1. Jalan kelas I adalah jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18000 milimeter dan muatan sumbu terberat yang diizinkan lebih besar dari 10 ton, yang saat ini masih belum digunakan di Indonesia namun sudah mulai dikembangkan di berbagai negara maju seperti Perancis yang telah mencapai muatan sumbu terberat sebesar 13 ton.
2. Jalan kelas II adalah jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi dari 2500 mm. Ukuran panjang tidak melebihi 18000 mm dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 10 ton. Jalan kelas ini merupakan jalan yang sesuai untuk angkutan peti kemas.
3. Jalan kelas III A adalah jalan arteri atau kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 18000 mm dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.

4. Jalan kelas III B adalah jalan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 12000 mm. dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.
5. Jalan kelas III C adalah jalan lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2100 mm, ukuran panjang tidak melebihi 9000 mm dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.

2.2.4 Perkerasan Kaku (Perkerasan Beton Semen)

Perkerasan kaku adalah perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat. Beton dengan tulangan atau tanpa tulangan diletakkan di atas lapis pondasi bawah atau langsung di atas tanah dasar yang sudah disiapkan, dengan atau tanpa lapisan aspal sebagai lapis permukaan.

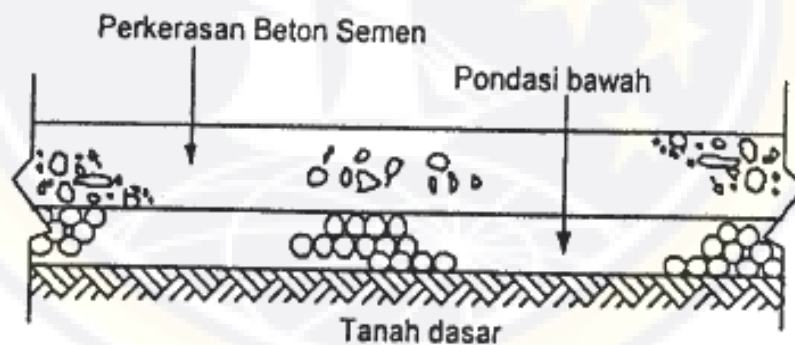
Perkerasan kaku mempunyai kekakuan atau modulus elastisitas yang tinggi dari perkerasan lentur. Dengan kekakuan beton yang tinggi, maka beban yang disalurkan tersebut berkurang tekanannya karena makin luasnya areal yang menampung tekanan beban sehingga mampu dipikul oleh lapisan dibawah (tanah dasar) sesuai dengan kemampuan CBR (Andriyanto, 2010).

2.2.5 Struktur Dan Jenis Perkerasan Kaku (Perkerasan Beton Semen)

Dalam perencanaan perkerasan jalan beton semen oleh Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah (2003) menyebutkan bahwa perkerasan beton semen dibedakan ke dalam 4 jenis :

1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan (*Jointed Unreinforced Concrete Pavevent*).
2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan (*Jointed Reinforced Concrete Pavevent*).
3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan (*Continuously Reinforced Concrete Pavevent*).
4. Perkerasan beton semen pra-tegang (*Prestressed Concrete Pavevent*).

Struktur perkerasan beton semen secara tipikal sebagaimana terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur perkerasan kaku beton semen

(Sumber : Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*, 2002)

2.2.6. Bagian-Bagian Pada Konstruksi Perkerasan Kaku

2.2.6.1. Tanah dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR insitu sesuai dengan SNI 03- 1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989, masing-masing untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2 %, maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5 %.

2.2.6.2. Lapis pondasi

Yaitu lapis perkerasan yang diletakkan diantara tanah dasar (*sub grade*) dan pelat beton. Pada umumnya fungsi lapis pondasi bawah (*sub-base*) untuk struktur perkerasan kaku tidak berfungsi terlalu struktural, dalam arti kata keberadaannya tidak untuk menyumbangkan nilai struktur terhadap tebal pelat beton (Hamirhan Saodang, 2005).

Lapisan ini bukanlah merupakan bagian utama yang memikul beban, tetapi merupakan bagian yang berfungsi untuk :

- Mencegah terjadinya pumping
- Menutupi tanah dasar (*subgrade*) dari hujan
- Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat.
- Sebagai perkerasan lantai kerja selama pelaksanaan

Bahan pondasi bawah dapat berupa :

1. Pondasi bawah material berbutir

Material berbutir tanpa pengikat harus memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 03-6388-2000. Persyaratan dan gradasi pondasi bawah harus sesuai dengan kelas B.

Ketebalan minimum lapis pondasi bawah untuk tanah dasar dengan CBR minimum 5% adalah 15 cm. Derajat kepadatan lapis pondasi bawah minimum 100 %, sesuai dengan SNI 03-1743-1989.

2. Pondasi bawah dengan bahan pengikat (Bound Sub-base)

Pondasi bawah dengan bahan pengikat (BP) dapat digunakan salah satu dari :

- a. Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat yang sesuai dengan hasil perencanaan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Jenis bahan pengikat dapat meliputi semen, kapur, serta abu terbang dan/atau slag yang dihaluskan.
- b. Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).
- c. Campuran beton kurus giling yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 MPa (55 kg/cm²).

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

Campuran Beton Kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50 kg/cm²) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 MPa (70 kg/cm²) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10 cm.

2.2.6.3. Pelat beton

Pelat beton merupakan lapisan permukaan pada struktur perkerasan beton yang mempunyai sifat cukup kaku serta dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas dan menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan-lapisan di bawahnya. Maka dari itu, pelat beton merupakan bagian yang memegang peranan utama dalam struktur perkerasan beton. (Ahmad, 2009)

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga, mutu beton yang dipakai mempunyai kualitas yang cukup tinggi, yaitu dengan kuat tarik hancur (flexural strength) minimum 45 kg/cm^2 atau beton yang mempunyai kuat tekan (benda uji silinder $15 \times 30 \text{ cm}$), $F_c = 350 \text{ kg/cm}^2$ atau setara dengan beton mutu K 375 – K 425. Untuk mendapatkan mutu beton yang tinggi, disarankan untuk menggunakan kualitas agregat yang baik (gradasi, bidang permukaan, kekerasan dan lain-lain) dari pada menambah jumlah semen, karena dengan menambah semen dikhawatirkan akan terjadi retak yang berlebihan.

2.2.6.4. Sambungan

Sambungan melintang berfungsi untuk mengakomodir gerakan kembang susut, sedangkan sambungan memanjang berfungsi untuk mengakomodir gerakan melenting dari pelat beton akibat perubahan temperatur terutama pada waktu siang dan malam hari (Hamirhan Saodang, 2005).

Fungsi lain dari sambungan adalah mengendalikan atau lebih tepat dikatakan mengarahkan retak pelat beton akibat susut beton (*shrinkage*) maupun melenting (*wrapping*) agar mengikuti bentuk maupun lokasi yang dikehendaki sesuai dengan rancangan. Dengan pengendalian keretakan tersebut diharapkan retak akan terjadi pada lokasi yang teratur dan sudah disediakan yaitu pada posisi tulangan sambungan.

Pada sambungan melintang terdapat dua jenis sambungan, yaitu sambungan susut (*contraction joint*) dan sambungan pelaksanaan (*construction joint*). Pada setiap celah sambungan harus diisi dengan joint sealant dari bahan khusus. Ada dua jenis material pengisi sambungan, yaitu bahan pengisi yang dituangkan dalam bentuk cairan pada sambungan dan dibiarkan sampai mengeras. Bahan ini yang bersifat *thermoplastic*, hasil pemanasan dari polimer dengan material dasar karet campur aspal. Diantaranya adalah bahan *rubber asphalt, coal tars* atau *rubber tars*. Bahan jenis kedua adalah bahan pengisi dari elastomer yang mempunyai bahan dasar dari *neoprene*. Material yang telah dibentuk sebelumnya sesuai dengan ukuran standar sambungan yang akan digunakan, diselipkan diantara celah yang dipotong dengan saw cutter (gergaji potong) beton.

Pemotongan sendiri dilakukan pada saat beton masih berumur muda terhitung sejak pengecoran. Jenis yang kedua berupa jenis elastomer memerlukan ketelitian dimensi celah karena tidak ada daya lekatan antara pelat beton untuk menjaga agar tetap berada pada

posisinya. Untuk yang cair, pelaksanaan pemasangannya harus sesegera mungkin. Menunda terlalu lama akan menyulitkan pelaksanaan karena sering kali celah sudah mulai ditutupi oleh bahan atau debu yang akan mengganggu proses lekatan. Sebelum joint sealant dituang kotoran dalam celah harus disingkirkan dahulu bila perlu dengan semprotan menggunakan *blower*.

Pelaksanaan penggergajian pelat agar memperhatikan ketepatan lokasi, ketepatan kedalaman ($\frac{1}{4}$ tebal pelat) dan tepat waktu, biasanya dalam batas 4-24 jam sejak pengecoran. Batas waktu tersebut perlu diperhatikan untuk menjaga beton jangan terlalu lunak saat dipotong atau bahkan terlalu lama sehingga proses penyusutan (*shrinkage*) sudah berlangsung, sehingga retak yang terjadi tidak pada lokasi yang dikehendaki atau disediakan (Hamirhan Saodang, 2005).

2.2.6.4.1 Sambungan memanjang dengan batang pengikat (tie bars)

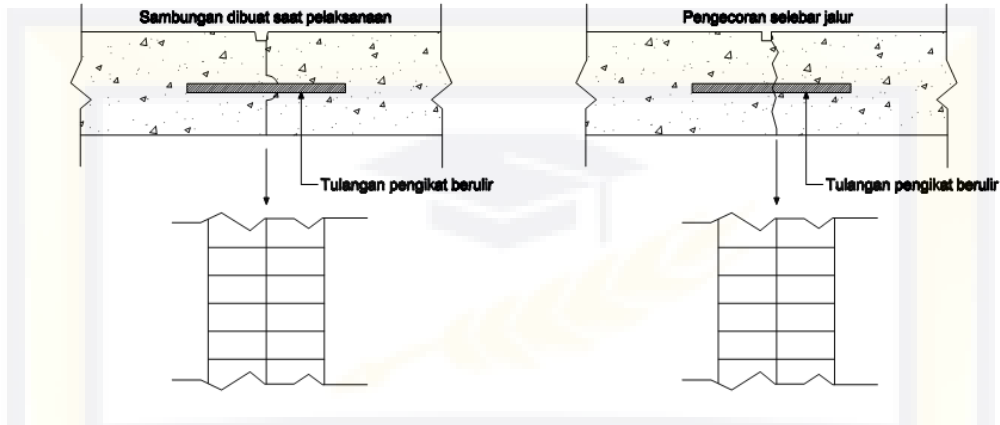
Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3 - 4 m. Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU-24 dan berdiameter 16 mm.

Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada Gambar 2.2

2.2.6.4.2 Sambungan pelaksanaan memanjang

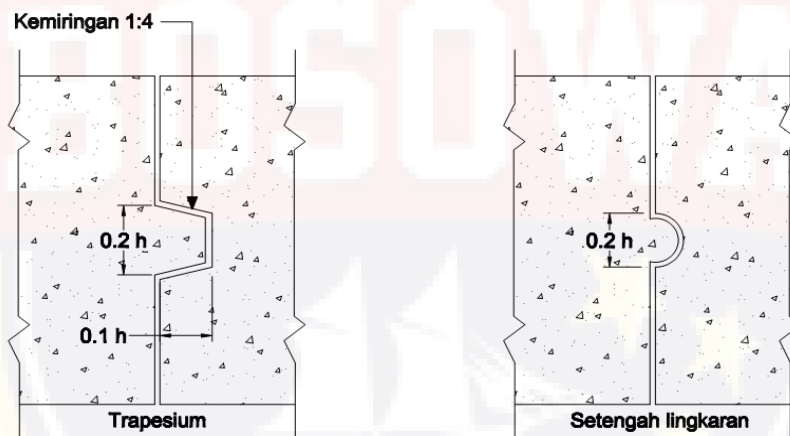
Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk

trapesium atau setengah lingkaran sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.3



Gambar 2.2 Tipikal sambungan memanjang

(Sumber : Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen)



Gambar 2.3 Ukuran standar penguncian sambungan memanjang

(Sumber : Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen)

Sebelum penghamparan pelat beton di sebelahnya, permukaan sambungan pelaksanaan harus dicat dengan aspal atau kapur tembok untuk mencegah terjadinya ikatan beton lama dengan yang baru.

2.2.6.4.3 Sambungan susut memanjang

Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih plastis dengan kedalaman $\frac{1}{3}$ dari tebal pelat.

2.2.6.4.4 Sambungan susut dan sambungan pelaksanaan melintang

Ujung sambungan ini harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang jalan dan tepi perkerasan. Untuk mengurangi beban dinamis, sambungan melintang harus dipasang dengan kemiringan 1 : 10 searah perputaran jarum jam.

2.2.6.4.5 Sambungan susut melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai $\frac{1}{4}$ dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau $\frac{1}{3}$ dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.4 dan 2.5.

Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4 - 5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8 - 15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan.

Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut.

Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton.



Gambar 2.4 Sambungan susut melintang tanpa ruji

(Sumber : Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen)



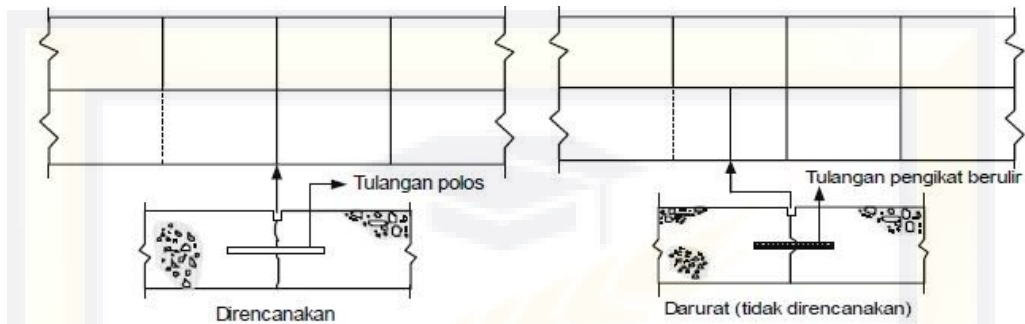
Gambar 2.5 Sambungan susut melintang dengan ruji

(Sumber : Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen)

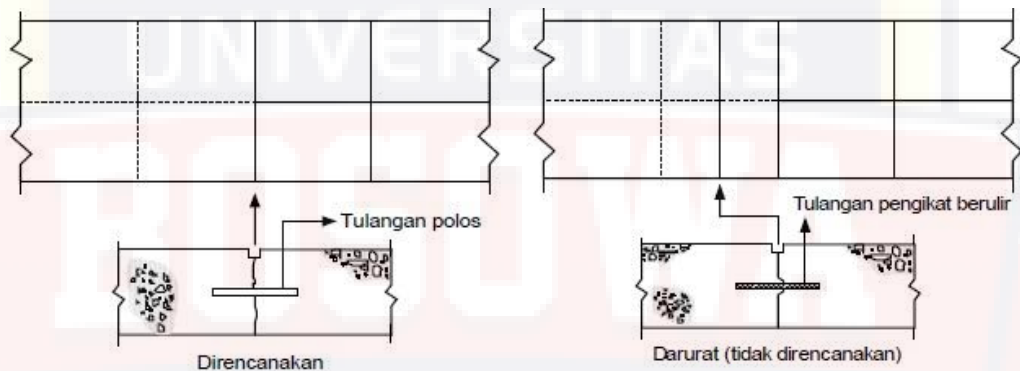
2.2.6.4.6 Sambungan pelaksanaan melintang

Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan (darurat) harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan pada sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan di tengah tebal pelat. Tipikal sambungan pelaksanaan melintang diperlihatkan pada Gambar 2.6 dan Gambar 2.7. Sambungan pelaksanaan tersebut di atas harus dilengkapi dengan batang pengikat berdiameter 16 mm, panjang 69 cm dan jarak 60 cm, untuk

ketebalan pelat sampai 17 cm. Untuk ketebalan lebih dari 17 cm, ukuran batang pengikat berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm.



Gambar 2.6 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur



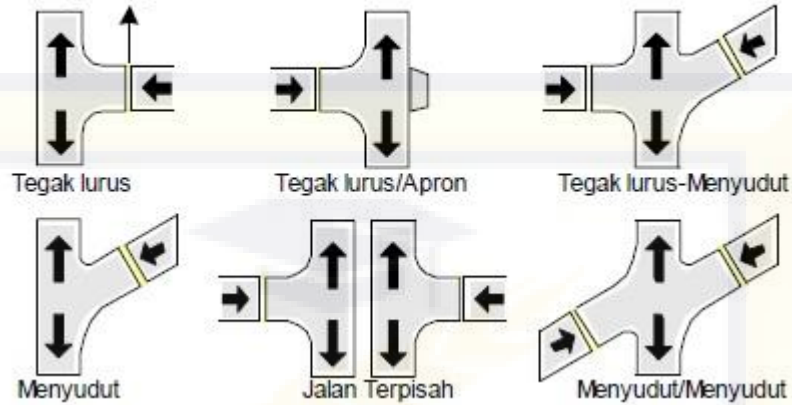
Gambar 2.7 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

2.2.6.4.7 Sambungan isolasi

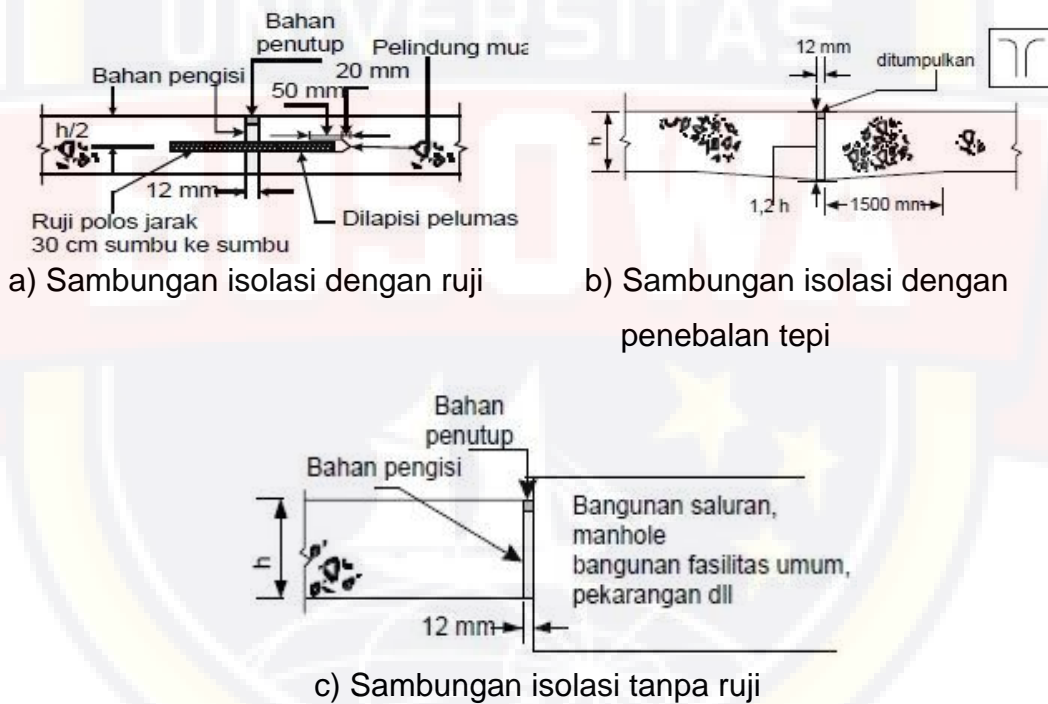
Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya *manhole*, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya. Contoh persimpangan yang membutuhkan sambungan isolasi diperlihatkan pada Gambar 2.8.

Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5 – 7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*) sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.9.

Sambungan isolasi yang diperlukan di belakang tulangan



Gambar 2.8 Contoh persimpangan yang membutuhkan sambungan isolasi



a) Sambungan isolasi dengan ruji

b) Sambungan isolasi dengan penebalan tepi

c) Sambungan isolasi tanpa ruji

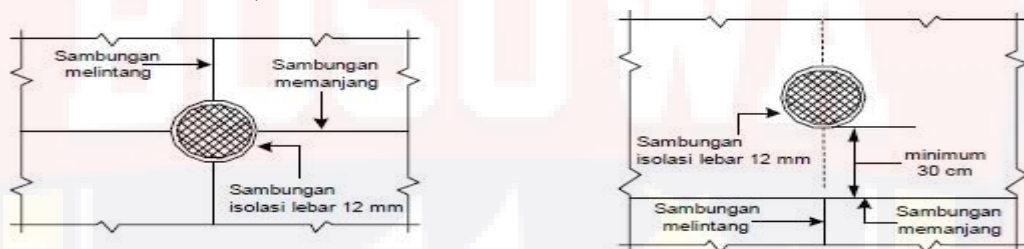
Gambar 2.9 Sambungan isolasi

(Sumber : Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen)

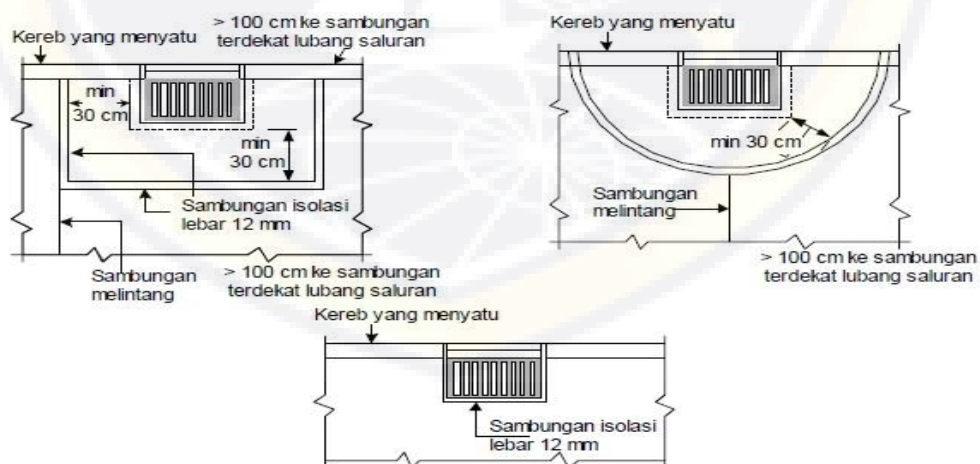
Sambungan isolasi yang digunakan pada bangunan lain, seperti jembatan perlu pemasangan ruji sebagai transfer beban. Pada ujung ruji harus dipasang pelindung muai agar ruji dapat bergerak bebas. Pelindung muai harus cukup panjang sehingga menutup ruji 50 mm dan masih

mempunyai ruang bebas yang cukup dengan panjang minimum lebar sambungan isolasi ditambah 6 mm seperti diperlihatkan pada Gambar 2.9a.

Sambungan isolasi pada persimpangan dan ram tidak perlu diberi ruji tetapi diberikan penebalan tepi untuk mereduksi tegangan. Setiap tepi sambungan ditebalkan 20% dari tebal perkerasan sepanjang 1,5 meter seperti diperlihatkan pada Gambar 2.9b. Sambungan isolasi yang digunakan pada lubang masuk ke saluran, manhole, tiang listrik dan bangunan lain yang tidak memerlukan penebalan tepi dan ruji, ditempatkan di sekeliling bangunan tersebut sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.9c, 2.10 dan 2.11.



Gambar 2.10 Tampak atas penempatan sambungan isolasi pada manhole
(Sumber : Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen)



Gambar 2.11 Tampak atas penempatan sambungan isolasi pada lubang masuk saluran

(Sumber : Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen)

2.2.6.5. Tulangan

Penulangan pada perkerasan beton semen mempunyai tujuan utama :

- Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat dapat dipertahankan.
- Mengurangi biaya pemeliharaan.
- Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan.

Secara fisik ada dua jenis tulangan yaitu tulangan pada pelat beton untuk memperkuat pelat, dan tulangan sambungan untuk menyambung bagian bagian pelat yang sengaja diputus. Kedua jenis tulangan tersebut mempunyai bentuk, posisi dan fungsi yang berbeda (Hamirhan Saodang, 2005).

Tulangan pelat pada perkerasan kaku disusun dengan:

- Bentuk tulangan umumnya berupa lembaran kisi (*fabricated*) khususnya tipe BBDT. Bila menginginkan kemudahan pekerjaan jenis lembaran lebih baik daripada gulungan, karena akibat gulungan banyak bagian tulangan yang tidak rata lagi.
- Lokasi penulangan pelat beton terletak $\pm \frac{1}{4}$ tebal pelat di sebelah atas.
- Fungsi tulangan pelat adalah mengikat beton agar tidak retak, bukan untuk menahan momen atau gaya lintang (fungsi tulangan bukan untuk mencegah retak, tapi mengendalikan retak).

- Fungsi tulangan bukan sebagai tulangan struktural, sehingga pemasangannya tidak mengurangi tebal pelat beton.

Tulangan sambungan pada perkerasan beton semen dikenal dua jenis tulangan, yaitu:

- Tulangan sambungan melintang, dan
- Tulangan sambungan memanjang.

Tulangan sambungan melintang disebut ruji (*dowel*), yang berfungsi sebagai pengendali dari pergeseran (*sliding devices*) dan pembagi beban (*load transfer devices*). Biasanya berbentuk polos dan berdiameter relatif besar. Posisi penempatan adalah ditengah-tengah tebal pelat dan sejajar dengan sumbu jalan. Tulangan pada salah satu sisi melekat pada pelat beton dan pada sisi yang lain lepas/terbebas dari ikatan dengan pelat.

Tulangan sambungan memanjang disebut *tie bar*, berfungsi sebagai *unsliding devices* dan *rotational devices*, biasa berupa tulangan ulir (*deformed bar*) dan berdiameter kecil. Dipasang dengan kedua ujung tulangan melekat dengan pelat ditengah-tengah tebal pelat beton, tapi tegak lurus dengan sumbu jalan.

2.2.7 Tipe Kerusakan Pada Perkerasan Kaku

Tipe kerusakan yang umum terjadi pada perkerasan kaku dapat dikelompokkan dalam beberapa tipe kerusakan yang sejenis berdasarkan model kerusakan (Suryawan, 2005).

- a. Deformasi (*deformation*).
- b. Retak (*cracking*).
- c. Kerusakan pengisi sambungan (*joint seal defects*).
- d. Gompal (*spalling*).
- e. Kerusakan bagian tepi slab (*edge drop-off*).
- f. Berlubang (*pot hole*).
- g. Ketidak cukupan drainase permukaan perkerasan.

2.2.7.1 Deformasi (*deformation*)

Deformasi adalah penurunan permukaan perkerasan sebagai akibat terjadinya retak atau pergerakan diantara slab beton. Tipe kerusakan yang tergolong deformasi adalah amblas (*depression*), patahan (*faulting*), pumping dan rocking.

Amblas (*depression*), yaitu penurunan permanen permukaan slab beton dan umumnya terletak di sepanjang retakan dan atau sambungan (Suryawan, 2005). Kerusakan ini dapat menimbulkan terjadinya genangan air dan seterusnya masuk ke tanah dasar (sub grade) melalui sambungan atau retakan. Penyebab terjadinya amblas, kemungkinan antara lain:

1. Pemadatan pada lapis pondasi yang kurang baik
2. Penurunan tanah dasar yang tidak sama

3. Daya dukung tanah dasar yang kurang baik

4. Hilangnya butiran tanah halus pada lapis pondasi atau akibat pumping



Gambar 2.12 Perkerasan beton yang mengalami amblas

Patahan (*faulting*), yaitu terjadinya perbedaan elevasi antar slab beton yang diakibatkan oleh penurunan pada sambungan atau retakan.

Penyebab terjadinya patahan, antara lain:

1. Kurangnya daya dukung pondasi bawah atau tanah dasar
2. Melengkungnya slab beton akibat perubahan temperature
3. Terjadinya pumping dan rocking
4. Adanya perubahan volume dari tanah dasar



Gambar 2.13 Perkerasan beton yang mengalami patahan

(Sumber : Wahid Ahmad, 2009)

Pumping adalah fenomena, dimana air atau butiran butiran tanah dasar keluar (terpompa) melalui sambungan atau retakan yang

ditimbulkan oleh defleksi slab akibat beban lalu-lintas. Pumping dapat mengurangi daya dukung lapis pondasi karena timbulnya rongga dibawah slab (pada lapis pondasi). Penyebab terjadinya pumping, antara lain:

1. Kadar air yang berlebihan pada tanah dasar (sub grade)
2. Akibat infiltrasi air melalui celah sambungan atau retakan



Gambar 2.14 Pumping pada perkerasan beton

(Sumber : Wahid Ahmad, 2009)

Rocking adalah fenomena, dimana terjadi pergerakan vertical pada sambungan atau retakan yang disebabkan oleh pergerakan dan beban lalu-lintas. Penyebab terjadinya rocking, antara lain:

1. Proses pumping
2. Kurangnya daya dukung dari lapis tanah dasar ataupun lapis pondasi
3. Adanya perbedayaan daya dukung pada tanah dasar



Gambar 2.15 Rocking pada perkerasan beton

(Sumber : Wahid Ahmad, 2009)

2.2.7.2 Retak (*cracking*)

Retak blok (block cracking), yaitu retak yang saling berhubungan dan membentuk rangkaian blok berbentuk segi empat dan umumnya ukuran blok lebih besar dari 1 m (Suryawan, 2005). Penyebab terjadinya retak blok (block cracking), antara lain:

1. Ketebalan slab yang tidak cukup
2. Kehilangan daya dukung dari pondasi atau tanah dasar
3. Terjadinya penurunan pada tanah dasar



Gambar 2.16 Retak blok pada perkerasan beton
(Sumber : Wahid Ahmad, 2009)

Retak sudut (*corner cracking*), adalah retak yang memotong secara diagonal dari tepi atau sambungan memanjang ke sambungan melintang. Penyebab terjadinya retak sudut (*corner cracking*), antara lain:

1. Tebal slab yang tidak cukup
2. Kehilangan daya dukung dari pondasi atau tanah dasar

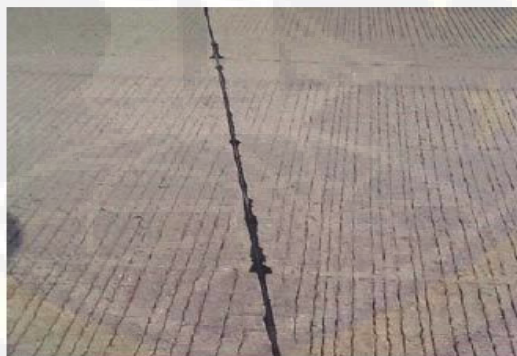


Gambar 2.17 Retak sudut pada perkerasan beton

(Sumber : Wahid Ahmad, 2009)

Retak diagonal (diagonal cracking), yaitu retak yang tidak berhubungan dan garis retakannya memotong slab. Penyebab terjadinya retak diagonal (diagonal cracking), antara lain:

1. Terjadinya penurunan badan jalan
2. Tebal slab yang tidak cukup
3. Terjadinya penyusutan dini selama perawatan beton yang berhubungan dengan terlambatnya pemotongan kelebihan panjang atau pembuatan sambungan melintang



Gambar 2.18 Retak diagonal pada perkerasan beton

(Sumber : Wahid Ahmad, 2009)

Retak memanjang (longitudinal cracking), yaitu retak yang tidak berhubungan dan merambat ke arah memanjang slab (Suryawan, 2005).

Retak ini dimulai sebagai retak tunggal atau serangkain retak yang mendekati sejajar. Penyebab terjadinya retak memanjang (longitudinal cracking), antara lain:

1. Perbedaan penurunan pada tanah dasar (sub grade)
2. Sambungan memanjang terlalu dangkal
3. Slab beton yang tidak cukup tebal



Gambar 2.19 Retak memanjang pada perkerasan beton

Retak tidak beraturan (meandering cracking), yaitu retak yang tidak berhubungan, polanya tidak beraturan dan umumnya merupakan retak tunggal. Kemungkinan penyebab terjadinya retak tidak beraturan (meandering cracking), antara lain:

1. Tebal slab yang tidak cukup dan pemotongan sambungan (sawing) yang terlambat
2. Penyusutan dini akibat ketidak sempurnaan perawatan
3. Terjadinya pumping dan rocking
4. Terjadinya amblas



Gambar 2.20 Retak tidak beraturan pada perkerasan beton

Retak melintang (transverse cracking), yaitu retak yang tidak berhubungan dan retakannya merambat ke arah melintang jalan (Suryawan, 2005). Kemungkinan penyebab terjadinya retak melintang, antara lain:

1. Tebal slab beton yang tidak cukup dan penggergajian sambungan (sawing) yang terlambat.
2. Terjadinya pumping dan rocking



Gambar 2.21 Retak melintang pada perkerasan beton
(Sumber : Wahid Ahmad, 2009)

2.2.7.3 Kerusakan pengisi sambungan (*joint seal defects*)

Kerusakan pengisi sambungan dapat menyebabkan masuknya bahan lain ke dalam sambungan, sehingga dapat menghalangi pemuaian

horizontal dari pelat beton. Penyebab terjadinya kerusakan pengisi sambungan, antara lain:

1. Pengausan dan pelapukan bahan pengisi (filler, sealant)
2. Kualitas bahan pengisi yang rendah
3. Kurangnya kelekatan (adesi) bahan pengisi terhadap dinding sambungan
4. Terlalu banyak atau tidak cukup bahan pengisi di dalam sambungan



Gambar 2.22 Kerusakan bahan pengisi sambungan

(Sumber : Wahid Ahmad, 2009)

2.2.7.4 Gompal (*spalling*)

Yaitu pecah yang umumnya terjadi pada bagian tepi permukaan slab, sambungan, sudut atau retakan. Kedalaman gompal bervariasi hingga lebih dari 50 mm (Suryawan, 2005). Penyebab terjadinya gompal, antara lain:

1. Infiltrasi material yang tidak elastic ke dalam sambungan atau retakan
2. Pelemahan pada tepi sambungan
3. Korosi pada tulangan (tie bar dan dowel)
4. Kesalahan pemasangan dowel
5. Mutu agregat campuran beton yang rendah



Gambar 2.23 Kerusakan gompal
(Sumber : Wahid Ahmad, 2009)

2.2.7.5 Kerusakan bagian tepi slab (*edge drop-off*)

Penurunan bagian tepi perkerasan adalah penurunan yang terjadi pada bahu yang berdekatan dengan tepi slab. Kemungkinan penyebab terjadinya, antara lain:

1. Kesalahan pada saat pelaksanaan
2. Kesalahan geometrik
3. Drainase bahu jalan yang kurang baik
4. Material pada bahu jalan yang kurang baik.



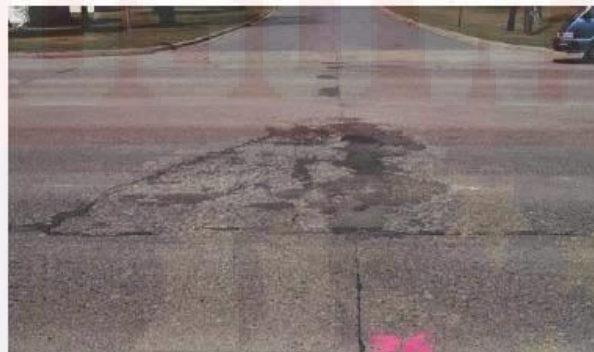
Gambar 2.24 Kerusakan bagian tepi slab
(Sumber : Wahid Ahmad, 2009)

2.2.7.6 Kerusakan tekstur permukaan (*surface texture defects*)

Kerusakan tekstur permukaan adalah kerusakan atau keausan

yang berkaitan dengan kualitas beton sampai dengan kedalaman 20 mm dari permukaan (Suryawan, 2005). Ada 2 macam kerusakan tekstur permukaan, yaitu pertama keausan mortar yang diikuti lepasnya agregat (*scaling*), dan yang kedua tekstur permukaan yang rendah kualitasnya baik mikro (*polishing*) maupun makro (*kedalaman tekstur*). Kemungkinan penyebab ausnya mortar dan lepasnya agregat, antara lain:

1. Selama konstruksi, pekerjaan akhir (*finishing*) dikerjakan secara berlebihan
2. Kualitas agregatnya rendah
3. Perawatan slab beton selama pelaksanaan kurang sempurna
4. Kurangnya kandungan semen pada lokasi tersebut



Gambar 2.25 Kerusakan tekstur permukaan
(Sumber : Wahid Ahmad, 2009)

2.2.7.7 Berlubang (*pot hole*)

Lubang adalah pelepasan mortar dan agregat pada bagian permukaan perkerasan yang membentuk cekungan dengan kedalaman lebih dari 15 mm (Suryawan, 2005). Pelepasan mortar dan agregat umumnya tidak memperlihatkan pecahan-pecahan yang bersudut seperti pada gompal. Kedalaman lubang dapat berkembang dengan cepat

dengan adanya air. Kemungkinan penyebab terjadinya lubang, antara lain:

1. Retak setempat
2. Penempatan dowel terlalu dekat ke permukaan perkerasan
3. Akibat kerusakan atau keretakan yang tidak segera ditutup



Gambar 2.26 Lubang (pothole) pada perkerasan beton

2.2.7.8 Ketidak cukupan drainase permukaan perkerasan

Ketidak cukupan drainase permukaan perkerasan, erat kaitannya dengan rendahnya kekesatan. Hal ini disebabkan karena kehilangan gaya gesek (*friction*) sebagai akibat adanya air di permukaan perkerasan ketika hujan turun. Ketidak cukupan drainase permukaan perkerasan dapat dideteksi bila diamati disaat sedang turun hujan. Kemungkinan penyebab terjadinya ketidak cukupan drainase, antara lain:

1. Alur (*grooving*) permukaan perkerasan sudah aus, atau dimensi alurnya kurang memadai.
2. Akibat kurang memadainya superelevasi
3. Akibat terjadinya kerusakan ambblas.

2.2.8. Jenis dan Metode Penanganan Pemeliharaan

Menurut Suryawan (2005), jenis penanganan pemeliharaan pada perkerasan jalan beton dapat dikelompokkan kedalam pekerjaan Pemeliharaan Perkerasan Kaku (PPK), antara lain:

PPK 1: Pengisian celah retak (*crack filling*).

PPK 2: Penutupan celah sambungan (*joint sealing*).

PPK 3: Tambahan/penambalan (*patching*).

PPK 4: Lapis perata (*levelling*).

PPK 5: Penyuntikan (*grouting*).

PPK 6: Pengaluran (*grooving*).

PPK 7: Pelapisan ulang tipis (*surfacing*).

PPK 8: Rekonstruksi setempat (*partial reconstruction*).

PPK 9: Rekonstruksi

Metode penanganan pemeliharaan dan perbaikan untuk berbagai jenis kerusakan pada perkerasan jalan beton dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Ringkasan metode pemeliharaan dan perbaikan pada perkerasan kaku

No	Jenis Kerusakan	Pemeliharaan Perkerasan Kaku (PPK)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Deformasi (<i>deformation</i>)									
	a. Amblas (<i>depression</i>)	-	-	-	v	-	-	-	-	v
	b. Patahan (<i>faulting</i>)	-	-	-	v	-	-	-	-	v
	c. Pumping	-	-	-	-	v	-	-	-	v
	d. Rocking	-	-	-	-	v	-	-	-	v
2.	Retak (<i>cracking</i>)									
	a. Blok (<i>block crack</i>)	v	-	-	-	-	-	-	v	-
	b. Sudut (<i>corner crack</i>)	v	-	-	-	-	-	-	v	-
	c. Diagonal (<i>diagonal crack</i>)	v	-	-	-	-	-	-	v	-
	d. Memanjang (<i>longitudinal</i>)	v	-	-	-	-	-	-	v	-
	e. Tidak beraturan (<i>meandering</i>)	v	-	-	-	-	-	-	-	v
3.	Kerusakan pengisi sambungan (<i>joint seal defects</i>)	-	v	-	-	-	-	-	-	-
4.	Gompal (<i>spalling</i>)	-	-	v	-	-	-	v	-	-
5.	Kerusakan bagian tepi slab (<i>edge drop-off</i>)	v	-	-	v	-	-	-	-	-
6.	Kerusakan tekstur permukaan									
	1. <i>Scalling</i>	-	-	-	-	-	-	v	-	-
	2. <i>Polished aggregate</i>	-	-	-	-	-	v	v	-	-
7.	Lubang (<i>pothole</i>)	-	-	v	-	-	-	-	-	-
8.	Ketidak cukupan drainase permukaan	-	-	-	-	-	v	v	-	-

Sumber: Ari Suryawan (2005)

2.2.9 Dasar perencanaan

Dalam perhitungan perencanaan tebal lapis perkerasan kaku (*Rigid pavement*) ini mengacu pada standar yang sudah biasa digunakan untuk perencanaan-perencanaan perkerasan beton semen di Indonesia. Standar tersebut antara lain :

2.2.9.1 Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2013

Lingkup manual ini meliputi perencanaan perkerasan untuk jalan baru, pelebaran jalan, dan rekonstruksi untuk perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Manual ini juga menjelaskan faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan struktur perkerasan dan ulasan mengenai masalah pelaksanaan.

Manual ini merupakan pelengkap pedoman desain perkerasan PD T-01 2002-B dan PD T-14 2003, dengan penajaman pada aspek aspek sebagai berikut :

- a. Penentuan umur rencana;
- b. Penerapan minimalisasi pelaksanaan konstruksi;
- c. Pertimbangan kepraktisan pelaksanaan konstruksi;
- d. Penggunaan material yang efisien.

Prosedur desain perkerasan sebagai berikut :

1. Umur rencana harus 40 tahun kecuali diperintahkan atau disetujui.
2. Tentukan kelompok sumbu desain yang lewat (40 tahun).
3. Tentukan daya dukung tanah dasar efektif.

4. Tentukan struktur pondasi jalan dari Chart Desain.
5. Tentukan lapisan drainase dan lapisan subbase dari Chart Desain.
6. Tentukan jenis sambungan.
7. Tentukan jenis bahu jalan.
8. Hitung tebal lapisan base dari solusi yang diberikan dalam Chart Desain
9. Nyatakan rincian desain meliputi dimensi slab , penulangan slab, posisi anker, ketentuan sambungan dsb.
10. Tentukan ketentuan detail daya dukung tepi.

2.2.9.2 Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Metode AASHTO

1993

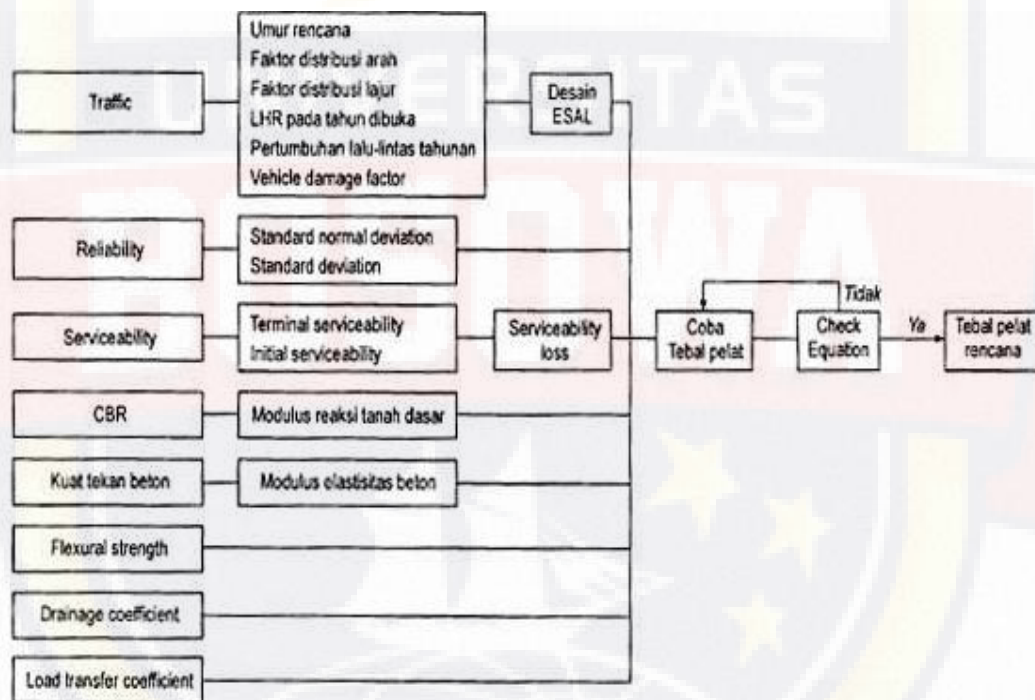
AASHTO (American Association Of State Highway And Transportation Ofiicials) 1993, merupakan metode perencanaan yang didasarkan pada metoda empiris. Parameter perencanaan perkerasan kaku metode AASHTO 1993 tersebut antara lain adalah :

1. Analisis lalu lintas; mencakup umur rencana, lalu lintas harian rata-rata, pertumbuhan lalu lintas tahunan, vehicle damage factor, equivalent single axle road
2. Reliability; mencakup standard normal deviation dan standard deviation.
3. Serviceability; mencakup terminal serviceability index dan initial serviceability, service ability loss
4. CBR dan modulus reaksi tanah dasar

5. Modulus elastisitas beton
6. Flexural strength
7. Drainage coefficient
8. Load transfer coefficient

Nilai tebal perkerasan dapat diketahui dengan nomogram yang dapat dilihat pada Bab Analisa dan Pembahasan

Prosedur perencanaan diperlihatkan pada gambar 2.27 :



Gambar 2.27 Prosedur perencanaan tebal perkerasan kaku metode AASHTO 1993

2.2.9.3 Metode SNI PD T-14-2003

Metode perencanaan ini dimaksudkan untuk merencanakan perkerasan beton semen untuk jalan yang melayani lalu-lintas rencana lebih dari satu juta sumbu kendaraan niaga. Metode ini merupakan adopsi

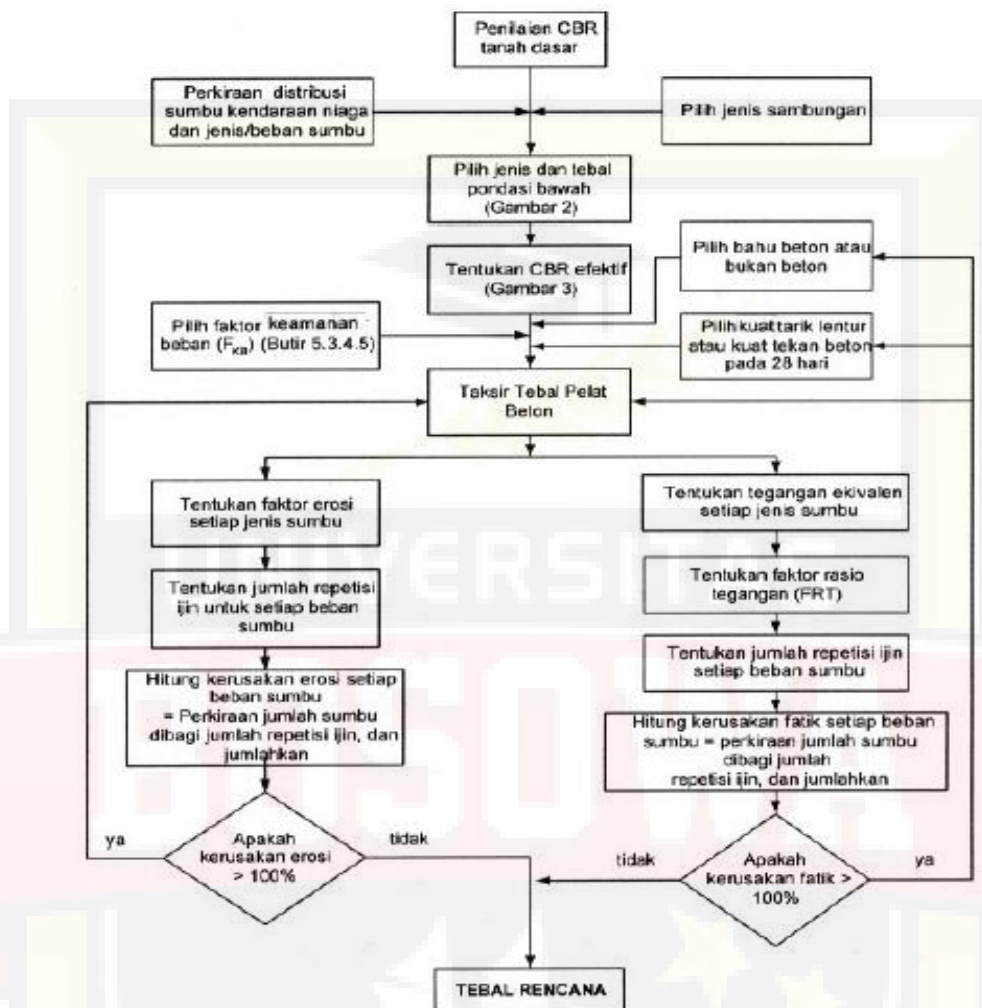
dari AUSTRROADS, Pavement design yang diterbitkan Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. Parameter perencanaan didasarkan

pada:

1. Perkiraan lalu-lintas dan komposisinya selama umur rencana.
2. CBR tanah dasar dan CBR efektif
3. Jenis pondasi bawah
4. Kekuatan beton yang digunakan
5. Jenis perkerasan
6. Jenis bahu jalan
7. Faktor keamanan beban

Langkah-langkah perencanaan tebal pelat diperlihatkan pada Gambar 2.28 dan Tabel 2.2.

Gambar 2.28. Sistem perencanaan perkerasan beton semen



Tabel 2.2. Langkah-langkah perencanaan tebal perkerasan beton semen

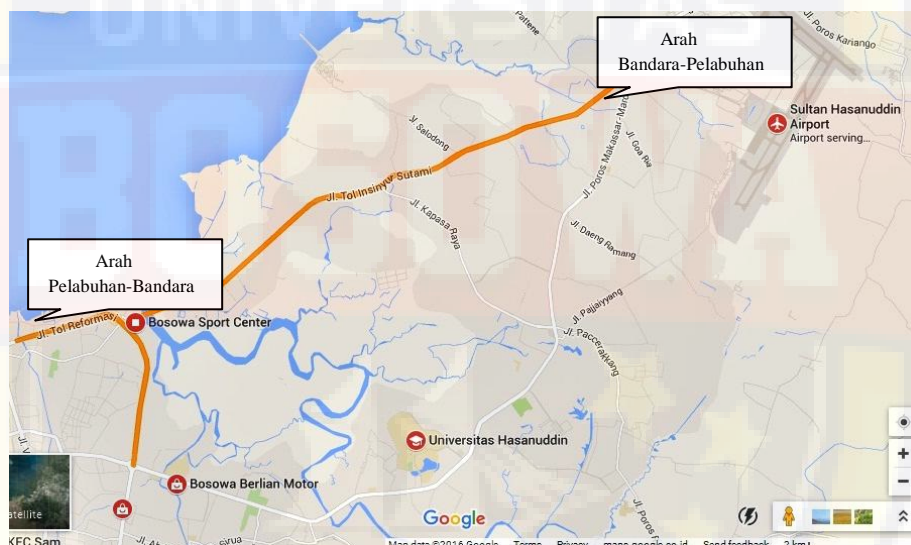
Langkah	Uraian Kegiatan
1	Pilih jenis perkerasan beton semen, bersambung tanpa ruji, bersambung dengan ruji, atau menerus dengan tulangan.
2	Tentukan apakah menggunakan bahu beton atau bukan.
3	Tentukan jenis dan tebal pondasi bawah berdasarkan nilai CBR rencana dan perkiraan jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana sesuai dengan Gambar 2
4	Tentukan CBR efektif berdasarkan nilai CBR rencana dan pondasi bawah yang dipilih sesuai dengan Gambar 3,
5	Pilih kuat tarik lentur atau kuat tekan beton pada umur 28 hari (f_{cf})

6	Pilih faktor keamanan beban lalu lintas (F_{KB})
7	Taksir tebal pelat beton (taksiran awal dengan tebal tertentu berdasarkan pengalaman atau menggunakan contoh yang tersedia atau dapat menggunakan Gambar 24 sampai dengan Gambar 31
8	Tentukan tegangan ekivalen (TE) dan faktor erosi (FE) untuk STRT dari Tabel 8 atau Tabel 9
9	Tentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekivalen (TE) oleh kuat tarik-lentur (f_{cf}).
10	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. Jika beban rencana per roda ≥ 65 kN (6,5 ton), anggap dan gunakan nilai tersebut sebagai batas tertinggi pada Gambar 19 sampai Gambar 21
11	Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik dari Gambar 19, yang dimulai dari beban roda tertinggi dari jenis sumbu STRT tersebut.
12	Hitung persentase dari repetisi fatik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
13	Dengan menggunakan faktor erosi (FE), tentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi, dari Gambar 20 atau 21.
14	Hitung persentase dari repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
15	Ulangi langkah 11 sampai dengan 14 untuk setiap beban per roda pada sumbu tersebut sampai jumlah repetisi beban ijin yang terbaca pada Gambar 19 dan Gambar 20 atau Gambar 21 yang masing-masing menapai 10 juta dan 100 juta repetisi.
16	Hitung jumlah total fatik dengan menjumlahkan persentase fatik dari setiap beban roda pada STRT tersebut. Dengan cara yang sama hitung jumlah total erosi dari setiap beban roda pada STRT tersebut.
17	Ulangi langkah 8 sampai dengan langkah 16 untuk setiap jenis kelompok sumbu lainnya.
18	Hitung jumlah total kerusakan akibat fatik dan jumlah total kerusakan akibat erosi untuk seluruh jenis kelompok sumbu.
19	Ulangi langkah 7 sampai dengan langkah 18 hingga diperoleh ketebalan tertipis yang menghasilkan total kerusakan akibat fatik dan atau erosi $\leq 100\%$. Tebal tersebut sebagai tebal perkerasan beton semen yang direncanakan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yaitu berada pada ruas jalan Frontage Tol Seksi IV Makassar. Sebagaimana diketahui jalur ini merupakan jalur penghubung kota Makassar, Panakkukang, Pelabuhan Soekarno Hatta, Jalan A.P. Pettarani, Kawasan Industri Makassar dan Bandar Udara Hasanuddin.



Gambar 3.1 Peta ruas jalan Frontage Tol Seksi IV Makassar

3.2 Gambaran Umum Objek Penelitian

Frontage Road adalah jalur jalan yang dibangun paralel pada Jalan Arteri Primer untuk kecepatan lebih lambat. Frontage adalah sebuah jalan depan, disebut juga akses jalan, jalan layanan, atau jalan paralel, merupakan jalan lokal yang difungsikan untuk menyediakan akses ke jalan masuk pribadi, toko-toko, rumah, industri atau pertanian (Wikipedia).

Gambaran mengenai kondisi objek penelitian, antara lain terjadinya kerusakan yang cukup berat pada beberapa titik, seperti amblas, patahan, pumping, serta terjadinya keretakan yang tidak beraturan pada perkerasan sehingga hal ini tentu sudah tidak memberi rasa nyaman dan aman terhadap pengguna jalan.

Beberapa faktor yang dapat menyebabkan kerusakan tersebut diantaranya, peningkatan lalu lintas yang berupa peningkatan beban volume lalu lintas, sistem drainase yang kurang baik di sekitar area jalan yang sebagian tidak berfungsi karena tersumbat rerumputan dan sampah yang menyebabkan area jalan tergenang air setelah turun hujan, tentunya hal ini dapat melemahkan kapasitas daya dukung tanah dasar dan struktur, serta kemungkinan proses pelaksanaan pekerjaan selama konstruksi kurang baik dan sebagainya.

Ruas jalan ini merupakan 1 arah dengan 2 lajur masing-masing dari arah Bandar Udara Hasanuddin-Pelabuhan Soekarno Hatta dengan panjang perkerasan kaku mulai dari STA 1+025 - 11+025 dan Pelabuhan Soekarno Hatta-Bandar Udara Hasanuddin mulai dari STA 1+025 - 11+105 dengan lebar badan jalan 4,5 meter (Beton Bersambung Tanpa Tulangan) dengan lebar bahu sekitar 1 meter.

3.3 Data dan Sumber Data

3.3.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh melalui pengamatan data survey di lapangan. Adapun data yang diamati adalah sebagai berikut :

1. Kondisi kerusakan perkerasan.
2. Jenis perkerasan kaku

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder ini merupakan data yang diperoleh dari instansi-instansi yang terkait. Data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut :

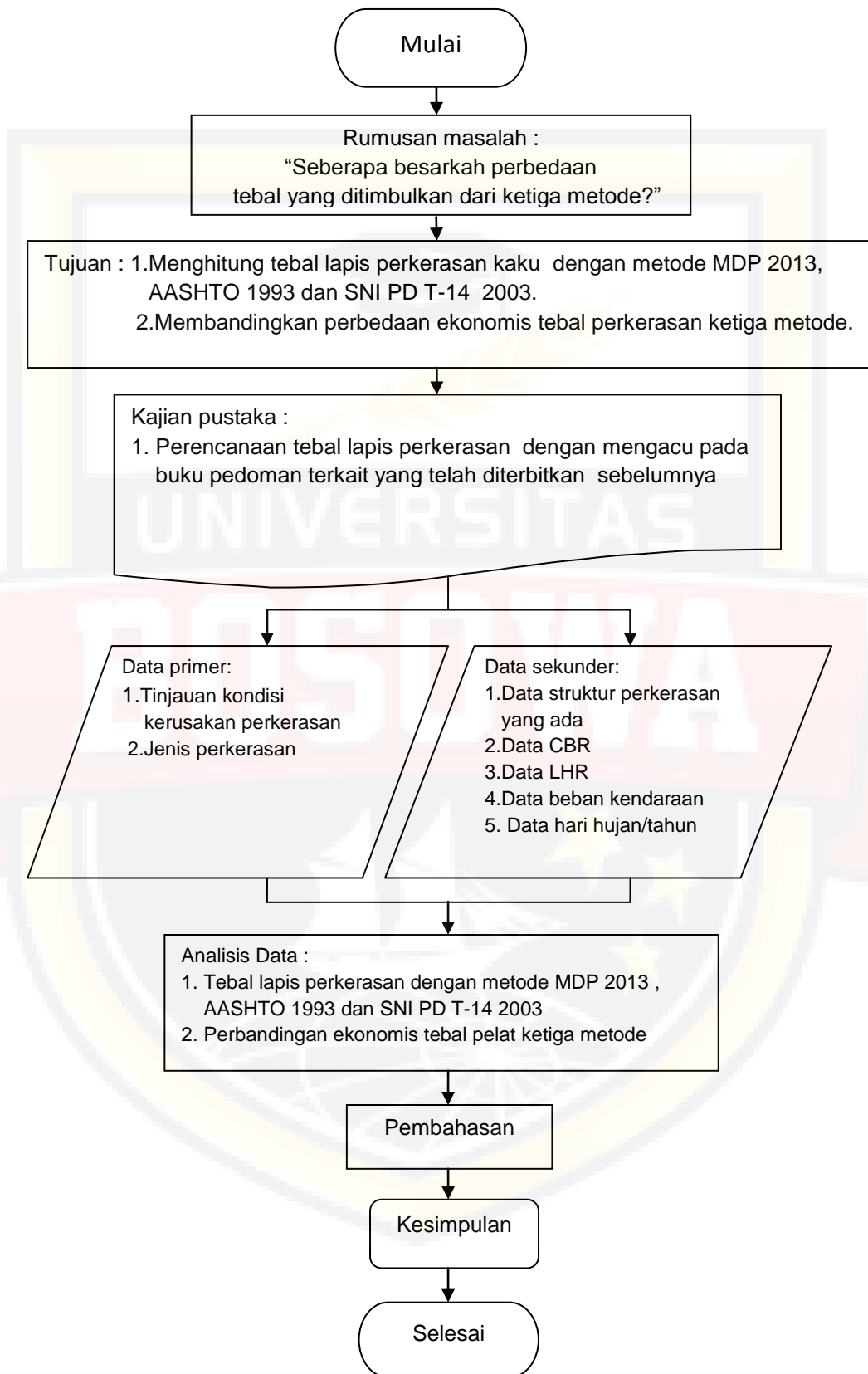
1. Data struktur perkerasan yang ada.
2. Data CBR lapangan.
3. Volume lalu lintas harian.
4. Data beban kendaraan.
5. Data hari hujan dalam setahun

3.4 Tahapan Penelitian

Tahap penelitian dari awal sampai akhir dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Persiapan;
2. Perumusan masalah;
3. Menentukan tujuan penelitian;
4. Melakukan kajian pustaka terhadap penelitian terkait;
5. Pengumpulan data;
6. Analisa data;
7. Pembahasan;
8. Kesimpulan dan saran;
9. Selesai.

Bagan alir penelitian disajikan pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Bagan alir penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Lapangan

Untuk keperluan perencanaan, maka diperlukan data-data sebagai berikut yang dapat dilihat pada tabel 4.1 dan 4.2

4.1.1 Data CBR

Untuk data CBR, diambil nilai yang paling terendah dari beberapa titik pengujian sebagai nilai CBR untuk keperluan perencanaan yaitu 2,07 % (tabel 4.1). Data pengujian CBR masing-masing titik dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian tanah (Sumber : PT.DACREA)

PROYEK : PERENCANAAN TEKNIS PERBAIKAN JALAN FRONTAGE SEKSI IV
LOKASI : KOTA MAKASSAR
KONSULTAN : PT. DACREA
SAMPEL : TANAH DARI LOKASI

NO.	PEGUJIAN	STANDARD	NILAI	SPESIFIKASI BM 2010	
1	Kepadatan Modified	SNI 03-1742-1989			
	Kepadatan Kering Maks. (gr/cm ³)	/ AASHTO T-180-74			
	Kadar Air Optimum (wop)				
2	CBR Test (Rendaman 4 Hari)	: BANDARA 1 + 025 : BANDARA 3 + 550 : BANDARA 8 + 150	SNI 03-1744-1989 / ASTM D 1883 - 73	2.07%	Min. 6 %
				2.33%	
				2.83%	
3	Uji Atterberg				
	Batas Cair (LL)	SNI 03-1967-1990			
	Batas Plastis (PL)	/ ASTM D 423 - 424			
	Indeks Plastis (IP)				
4	Nilai aktif = (IP / % Kadar Lumpur)			< 1,25	
5	Klasifikasi Tanah	AASHTO		Bukan A-7-6	
6	Kandungan Organik	ASTM C 40 - 66		< No. 3	

4.1.2 Lalu lintas

Berdasarkan data survei lalu lintas yang diperoleh, maka hasil survey dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data lalu lintas 2015 Ruas Frontage Tol Seksi IV Makassar

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan
- Kendaraan ringan (Sedan, jeep, station wagon, pick up)	4597
- Bus kecil	26
- Bus besar	36
- Truk 2 sumbu-cargo ringan	778
- Truk 2 sumbu-ringan	130
- Truk 2 sumbu-cargo sedang	325
- Truk 2 sumbu-sedang	234
- Truk 2 sumbu- cargo berat	84
- Truk 2 sumbu-berat	86
- Truk 3 sumbu-ringan	100
- Truk 3 sumbu-sedang	374
- Truk 3 sumbu-berat	32
- Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	53
- Truk 4 sumbu-trailer	67
- Truk 5 sumbu-trailer	9
- Truk 5 sumbu-trailer	6
- Truk 6 sumbu-trailer	4
Total	6941

(Sumber : PT.DACREA)

4.2 Perhitungan Tebal Pelat Beton Semen Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2013

4.2.1 Analisis data lalu lintas dan penentuan lapisan-lapisan struktur dengan chart desain berdasarkan penggolongan kelompok sumbu kendaraan.

Analisis lalu lintas untuk umur rencana 40 tahun atau sampai pada tahun 2055 dengan pertumbuhan lalu lintas 2,5 % dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

VDF 4			Motor Cycle	Car	Util 1	Util 2	0.3 Small Bus	1.0 Large Bus	0.3	0.8	0.7	1.6	0.9	7.3	7.6	28.1	28.9	36.9	13.6	19.0	30.3	41.6	Non Motor
NO	TAHUN	AADT	Veh 1	Veh 2	Veh 3	Veh 4	Veh 5a	Veh 5b	Truck 2a		Truck 2b		Truck 3a		Truck 3b	Truck 3c				Non Motor			
										Veh 6.1	Veh 6.2	Veh 7.1	Veh 7.2	Veh 8.1	Veh 8.2	Veh 9.1	Veh 9.2	Veh 9.3	Veh 10		Veh 11	Veh 12	Veh 13
1	2015	2,344	-	-	-	-	26	36	778	130	325	234	84	86	100	374	32	53	67	9	6	4	-
2	2016	2,403	-	-	-	-	27	37	797	133	333	240	86	88	103	383	33	54	69	9	6	4	-
3	2017	2,463	-	-	-	-	27	38	817	137	341	246	88	90	105	393	34	56	70	9	6	4	-
4	2018	2,524	-	-	-	-	28	39	838	140	350	252	90	93	108	403	34	57	72	10	6	4	-
5	2019	2,587	-	-	-	-	29	40	859	143	359	258	93	95	110	413	35	59	74	10	7	4	-
6	2020	2,652	-	-	-	-	29	41	880	147	368	265	95	97	113	423	36	60	76	10	7	5	-
7	2021	2,718	-	-	-	-	30	42	902	151	377	271	97	100	116	434	37	61	78	10	7	5	-
8	2022	2,786	-	-	-	-	31	43	925	155	386	278	100	102	119	445	38	63	80	11	7	5	-
9	2023	2,856	-	-	-	-	32	44	948	158	396	285	102	105	122	456	39	65	82	11	7	5	-
10	2024	2,927	-	-	-	-	32	45	972	162	406	292	105	107	125	467	40	66	84	11	7	5	-
11	2025	3,001	-	-	-	-	33	46	996	166	416	300	108	110	128	479	41	68	86	12	8	5	-
12	2026	3,076	-	-	-	-	34	47	1,021	171	426	307	110	113	131	491	42	70	88	12	8	5	-
13	2027	3,152	-	-	-	-	35	48	1,046	175	437	315	113	116	134	503	43	71	90	12	8	5	-
14	2028	3,231	-	-	-	-	36	50	1,072	179	448	323	116	119	138	516	44	73	92	12	8	6	-
15	2029	3,312	-	-	-	-	37	51	1,099	184	459	331	119	122	141	528	45	75	95	13	8	6	-
16	2030	3,395	-	-	-	-	38	52	1,127	188	471	339	122	125	145	542	46	77	97	13	9	6	-
17	2031	3,480	-	-	-	-	39	53	1,155	193	482	347	125	128	148	555	48	79	99	13	9	6	-
18	2032	3,567	-	-	-	-	40	55	1,184	198	495	356	128	131	152	569	49	81	102	14	9	6	-
19	2033	3,656	-	-	-	-	41	56	1,213	203	507	365	131	134	156	583	50	83	104	14	9	6	-
20	2034	3,747	-	-	-	-	42	58	1,244	208	520	374	134	137	160	598	51	85	107	14	10	6	-
21	2035	3,841	-	-	-	-	43	59	1,275	213	533	383	138	141	164	613	52	87	110	15	10	7	-
22	2036	3,937	-	-	-	-	44	60	1,307	218	546	393	141	144	168	628	54	89	113	15	10	7	-
23	2037	4,035	-	-	-	-	45	62	1,339	224	560	403	145	148	172	644	55	91	115	15	10	7	-
24	2038	4,136	-	-	-	-	46	64	1,373	229	573	413	148	152	176	660	56	94	118	16	11	7	-
25	2039	4,240	-	-	-	-	47	65	1,407	235	588	423	152	156	181	676	58	96	121	16	11	7	-
26	2040	4,346	-	-	-	-	48	67	1,442	241	603	434	156	159	185	693	59	98	124	17	11	7	-
27	2041	4,454	-	-	-	-	49	68	1,478	247	618	445	160	163	190	711	61	101	127	17	11	8	-
28	2042	4,566	-	-	-	-	51	70	1,515	253	633	456	164	168	195	728	62	103	131	18	12	8	-
29	2043	4,680	-	-	-	-	52	72	1,553	260	649	467	168	172	200	747	64	106	134	18	12	8	-
30	2044	4,797	-	-	-	-	53	74	1,592	266	665	479	172	176	205	765	65	108	137	18	12	8	-
31	2045	4,917	-	-	-	-	55	76	1,632	273	682	491	176	180	210	784	67	111	141	19	13	8	-
32	2046	5,040	-	-	-	-	56	77	1,673	280	699	503	181	185	215	804	69	114	144	19	13	9	-
33	2047	5,166	-	-	-	-	57	79	1,715	286	716	516	185	190	220	824	71	117	148	20	13	9	-
34	2048	5,295	-	-	-	-	59	81	1,757	294	734	529	190	194	226	845	72	120	151	20	14	9	-
35	2049	5,427	-	-	-	-	60	83	1,801	301	752	542	194	199	232	866	74	123	155	21	14	9	-
36	2050	5,563	-	-	-	-	62	85	1,846	309	771	555	199	204	237	888	76	126	159	21	14	9	-
37	2051	5,702	-	-	-	-	63	88	1,893	316	791	569	204	209	243	910	78	129	163	22	15	10	-
38	2052	5,844	-	-	-	-	65	90	1,940	324	810	583	209	214	249	933	80	132	167	22	15	10	-
39	2053	5,991	-	-	-	-	66	92	1,988	332	831	598	215	220	256	956	82	135	171	23	15	10	-
40	2054	6,140	-	-	-	-	68	94	2,038	341	851	613	220	225	262	980	84	139	176	24	16	10	-
41	2055	6,294	-	-	-	-	70	97	2,089	349	873	628	226	231	269	1,004	86	142	180	24	16	11	-

2.5%

Berdasarkan tabel 4.3, didapat total kendaraan niaga selama umur rencana 40 tahun yaitu sebesar 6.294 kendaraan. Maka, dapat dianalisis perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga berdasarkan jenis dan bebannya yang disajikan pada tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4. 4 Perhitungan jumlah sumbu berdasarkan jenis dan bebannya

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi Sumbu	Jumlah Sumbu per Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Jumlah Sumbu	Jenis Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga													
Klasifikasi Lama	Alternatif						STRT		STRG		STdRT		STdRG		STrRG					
							BS (Ton)	JS (Bh)	BS (Ton)	JS (Bh)	BS (Ton)	JS (Bh)	BS (Ton)	JS (Bh)	BS (Ton)	JS (Bh)				
1	1	Sepeda Motor	1.1	2	-	-														
2, 3, 4	2,3,4	Sedan/Angkot/Pickup/station wagon	1.1	2	-	-														
5a	5a	Bus kecil	1.2	2	70	140	2	70	4	70										
5b	5b	Bus besar	1.2	2	97	194	3	97	6	97										
6a.1	6.1	Truk 2 sumbu-cargo ringan	1.1	2	2,089	4178	2	2089												
6a.2	6.2	Truk 2 sumbu-ringan	1.1	2	349	698	2	349												
6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu-cargo sedang	1.2	2	873	1746	4	873	8	873										
6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu-sedang	1.2	2	628	1256	4	628	8	628										
6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu-berat	1.2	2	226	452	6	226	12	226										
6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu-berat	1.2	2	231	462	6	231	12	231										
7a1	9.1	Truk 3 sumbu-ringan	1.22	2	269	538	6	269					19	269						
7a2	9.2	Truk 3 sumbu-sedang	1.22	2	1,004	2008	6	1004.2					19	1004						
7a3	9.3	Truk 3 sumbu-berat	1.1.2	3	86	258	6	86	13	86										
7b	10	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2	4	142	568	6	142	8	142										
7c1	11	Truk 4 sumbu-trailer	1.2-22	3	180	540	8	180	12	180			22	180						
7c2.1	12	Truk 5 sumbu-trailer	1.22-22	3	24	72	8	24					18	24						
7c2.2	13	Truk 5 sumbu-trailer	1.2-222	3	16	48	8	16	12	16								27	16	
7c3	14	Truk 6 sumbu-trailer	1.22-222	3	11	33	5	11			18	11						27	11	
TOTAL					6,294	13191	8818		2833		11		1501		27					

Jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama umur rencana (40 tahun).

$$JSKN = 365 \times JSKN$$

$$= 365 \times 13.191$$

$$= 4.814.715$$

Tabel 4.5 Perhitungan repetisi sumbu yang terjadi

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Jumlah Sumbu	Proporsi Beban	Proporsi Sumbu	Lalu-lintas Rencana	Repetisi yang terjadi
STRT	2	4946	0.560901	0.6685668	4814715	1805518.125
	3	97	0.010962	0.6685668	4814715	35286.999
	4	1501	0.170219	0.6685668	4814715	547928.682
	5	11	0.001218	0.6685668	4814715	3920.778
	6	2043	0.23173	0.6685668	4814715	745927.955
	8	220	0.02497	0.6685668	4814715	80375.943
Total		8818	1			
STRG	4	70	0.024645	0.2147801	4814715	25485.055
	6	97	0.034123	0.2147801	4814715	35286.999
	8	1928	0.680569	0.2147801	4814715	703779.595
	12	652	0.230332	0.2147801	4814715	238187.245
	13	86	0.030332	0.2147801	4814715	31366.221
Total		2833	1			
STdRT	18	11	1	0.0008143	4814715	3920.778
Total		11	1			
STdRG	18	48	0.0322	0.1138029	4814715	17643.500
	19	1273	0.847943	0.1138029	4814715	464612.156
	22	180	0.119857	0.1138029	4814715	65673.026
Total		1501	1			
STrRG	27	27	1	0.0020358	4814715	9801.944
Total		27	1			
Kumulatif						4814715

$$JSKN \text{ Rencana} = JSKN \times D_L$$

$$= 4,8 \times 10^6 \times 80\%$$

$$= 3,85 \times 10^6$$

Faktor distribusi lajur (D_L) diambil dari tabel 4.6 berdasarkan jumlah lajur setiap arah yang mengacu pada Permen PU No. 19/PRT/M/2011 mengenai persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan berkaitan Rasio Volume Kapasitas (RVK) yang harus dipenuhi.

Tabel 4.6 Faktor Distribusi Lajur (D_L)

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

Berdasarkan rumus di atas, didapat nilai JSKN sebesar $3,85 \times 10^6$. Jumlah kelompok sumbu selama umur rencana digunakan untuk menentukan lapis pondasi yang diberikan pada Chart Desain untuk solusi pondasi jalan (Tabel 4.7) dan Chart Desain untuk solusi menentukan lapisan-lapisan struktur yang diberikan dalam Chart Desain (lihat tabel 4.8) .

Tabel 4.7 Chart Desain Solusi Pondasi Jalan

CBR Tanah Dasar	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur desain pondasi	Deskripsi struktur pondasi jalan	lalu lintas lajur desain umur rencana 40 tahun (juta CESA ₀)		
				< 2	2 - 4	> 4
≥ 6	SG6	A	Perbaikan tanah dasar meliputi bahan stabilisasi kapur atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis ≤ 200 mm tebal lepas)	Tebal minimum peningkatan tanah dasar		
5	SG5			Tidak perlu peningkatan		
4	SG4					100
3	SG3			100	150	200
2,5	SG2,5			150	200	300
Tanah ekspansif (<i>potential swell</i> > 5%)		AE		175	250	350
				400	500	600
Perkerasan lentur diatas tanah lunak ⁵	SG1 aluvial ¹	B	Lapis penopang (<i>capping layer</i>) ⁽²⁾⁽⁴⁾	1000	1100	1200
			Atau lapis penopang dan geogrid ⁽²⁾⁽⁴⁾	650	750	850
Tanah gambut dengan HRS atau perkerasan Burda untuk jalan kecil (nilai minimum – peraturan lain digunakan)		D	Lapis penopang berbutir ⁽²⁾⁽⁴⁾	1000	1250	1500

Tabel 4.8 Chart Desain Struktur Perkerasan Kaku

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (overloaded) ¹¹	$<4,3 \times 10^6$	$<8,6 \times 10^6$	$<25,8 \times 10^6$	$<43 \times 10^6$	$<86 \times 10^6$
Dowel dan bahu beton			Ya		
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Pondasi LMC			150		
Lapis Pondasi Agregat Kelas A ¹²			150		

Dari Chart Desain di atas, maka struktur perkerasan berdasarkan kelompok sumbu kendaraan digunakan desain struktur perkerasan R1 atau pada kelompok sumbu kendaraan berat $<4,3 \times 10^6$ (tabel 4.8) dengan tebal pelat beton 265 mm, lapis pondasi LMC 150 mm dan lapis pondasi agregat kelas A 150 mm. Sedangkan solusi pondasi jalan untuk peningkatan tanah dasar berdasarkan Chat Desain (tabel 4.7) digunakan urugan pilihan 250 mm.

4.3 Perhitungan Tebal Pelat Beton Semen Metode AASHTO 1993

Dari data yang telah diperoleh dan mengacu pada nilai CBR 2,07 % maka diketahui parameter perencanaan sebagai berikut :

4.3.1 Analisis data lalu lintas

Rumus untuk design traffic (ESAL = Equivalen Single Axle Load) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$W_{18} = \sum_{N1}^{Nn} LHR_j \times VDF_j \times D_D \times D_L \times 365$$

Dengan pengertian :

W_{18} = Traffic design pada lajur lalu-lintas, ESAL

LHR_j = Jumlah lalu lintas harian rata rata untuk jenis kendaraan

VDF_j = Vehicle Damage Factor untuk jenis kendaraan

D_D = Faktor distribusi arah

D_L = Faktor distribusi lajur

N_1 = Lalu lintas pada tahun pertama jalan dibuka

N_n = Lalu lintas pada akhir umur rencana

Untuk lebih jelasnya, hasil perhitungan W_{18} dapat dilihat pada tabel 4.9

Jenis Kendaraan	LHR	VDF	D_D	D_L (%)	Hari dalam setahun	W_{18}
Sedan, jeep, St. Wagon	3706	0,0005	0,7	0,9	365	426,09735
Pick-up, Combi	57	0,2174	0,7	0,9	365	2849,49441
Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	834	0,2174	0,7	0,9	365	41692,60242
Bus Kecil	26	0,2174	0,7	0,9	365	1299,76938

Bus Besar	36	0,3006	0,7	0,9	365	2488,42692
Truck 2 as (H)	1637	2,4159	0,7	0,9	365	909412,7676
Truck 3 as	506	2,7416	0,7	0,9	365	318998,0455
Truck 4 as, Truck gandengan	53	3,9083	0,7	0,9	365	47631,82001
Truck S. Trailer	86	4,1718	0,7	0,9	365	82500,26526
TOTAL						1407299,289

Tabel 4.9. Desain traffic (*ESAL = Equivalent Single Axle Load*)

D_D : Distribusi arah untuk perkerasan kaku antara 0,3-0,7 = diambil 0,7
untuk 1 arah (AASHTO 1993 hal. II-9)

D_L : Distribusi lajur antara 80%-100% = diambil 90 % mengacu pada tabel
4.10 (AASHTO 1993 hal. II-9)

Jumlah lajur setiap arah	D_L (%)
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Tabel 4.10 Faktor distribusi lajur

VDF: Nilai *Vehicle Damage Factor* (Diambil berdasarkan nilai VDF
ketetapan Bina Marga).

Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.9 didapat nilai W_{18} dalam 1
tahun = 1.407.299,289 ESAL . Lalu lintas yang digunakan untuk
perencanaan tebal perkerasan kaku adalah lalu lintas kumulatif selama
umur rencana. Besaran ini didapatkan dengan mengalikan nilai ESAL
pada jalur rencana selama setahun (W_{18}) dengan besaran pertumbuhan

lalu lintas (traffic growth). Secara numerik rumus lalu lintas kumulatif ini sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 W_t &= W_{18} \times \frac{(1+g)^n - 1}{g} \\
 &= 1.407.299,289 \times \frac{(1+2,5\%)^{40} - 1}{2,5\%} \\
 &= 1.407.299,289 \times 67,402 \\
 &= 94.854.786,68
 \end{aligned}$$

Jadi didapat nilai lalu lintas kumulatif selama umur rencana 94.854.787

4.3.2 Reliability

Reliability adalah probabilitas bahwa perkerasan yang direncanakan akan tetap memuaskan selama masa layannya. Penetapan angka reliability dari 50% sampai 99,99% menurut AASHTO merupakan tingkat kehandalan desain untuk mengatasi, mengakomodasi kemungkinan melesetnya besaran- besaran desain yang dipakai. Semakin tinggi reliability yang dipakai semakin tinggi tingkat mengatasi kemungkinan terjadinya selisih (deviasi) desain (Suryawan, 2005).

Reliability untuk jalan frontage (lokal) diambil 75% mengacu pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Reliability disarankan

Klasifikasi Jalan	Reliability (%)	
	Urban	Rural
Jalan tol	85–99,9	80–99.9
Arteri	80–99	75–95
Kolektor	80–95	75–95
Lokal	50–80	50–80

Nilai standard normal deviation (Z_R) dapat dilihat pada tabel 4.12 berdasarkan nilai reliability 75% adalah - 0,674. Sedangkan nilai standard deviation untuk rigid pavement : $S_o = 0,30 - 0,40$ (diambil dari AASHTO 1993 hal. I-62).

Tabel 4.12 Standard normal deviate (Z_R)

R (%)	Z_R	R (%)	Z_R
50	- 0,000	93	- 1,476
60	- 0,253	94	- 1,555
70	- 0,524	95	- 1,645
75	- 0,674	96	- 1,751
80	- 0,841	97	- 1,881
85	- 1,037	98	- 2,054
90	- 1,282	99	- 2,327
91	- 1,340	99,9	- 3,090
92	- 1,405	99,99	- 3,750

4.3.3 Serviceability

Serviceability merupakan tingkat pelayanan yang diberikan oleh sistem perkerasan yang kemudian dirasakan oleh pengguna jalan.

- Terminal serviceability index (p_t) mengacu pada Tabel 4.13 (diambil dari AASHTO 1993 hal. II-10).
- Initial serviceability ditetapkan untuk rigid pavement (p_o) = 4,5 (AASHTO 1993 hal. II-10).
- Total loss of serviceability $\Delta PSI = p_o - p_t$

Tabel 4.13 Terminal serviceability index (p_t)

Percent of people stating unacceptable	p_t
12	3,0
55	2,5
85	2,0

Penetapan parameter serviceability :

- Initial serviceability : $p_o = 4,5$
- Terminal serviceability index Jalur utama (major highways) : $p_t = 2,5$
- Terminal serviceability index Jalan lalu lintas rendah : $p_t = 2,0$
- Total loss of serviceability $\Delta PSI = p_o - p_t = 2,5$

4.3.4 Modulus reaksi tanah dasar

Berdasarkan AASHTO 1993, nilai modulus reaksi tanah dasar (k) ditentukan dengan pertimbangan apakah perkerasan menggunakan lapis pondasi atau tidak. Dengan asumsi perencanaan menggunakan lapis pondasi beton kurus (lean mix concrete) di atas tanah dasar, maka data yang digunakan untuk menentukan nilai modulus reaksi tanah dasar (k) sebagai berikut :

$$M_R = 1500 \times \text{CBR}$$

$$M_R = 1500 \times 2,07 = 3.105 \text{ psi}$$

Maka, didapat nilai MR 3.105 psi

$$E_{SB} = 500.000 \text{ psi (Lihat tabel 4.14)}$$

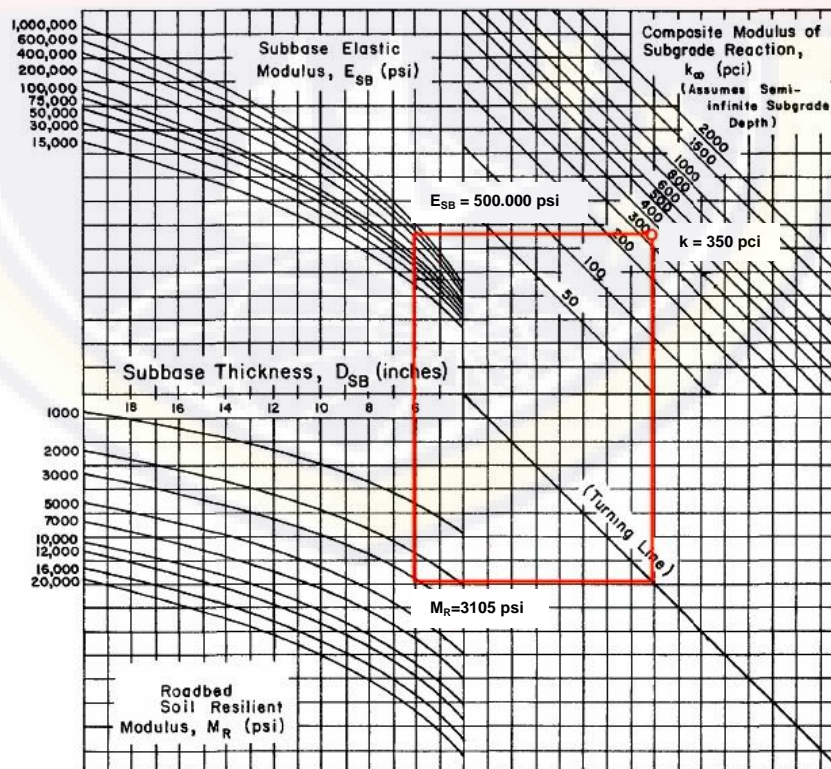
Tabel 4.14 Modulus elastisitas berdasarkan jenis material (E_{SB}) dan Loss of support factors (LS)

Type Material Subbase	LS
Cement Treated Granular Base ($E = 1.000.000 - 2.000.000$ psi)	0 - 1
Cement Aggregate Mixtures (CTB, CTSB, RCC, LC) ($E = 500.000 - 1.000.000$ psi)	0 - 1
Asphalt Treated Base ($E = 350.000 - 1.000.000$ psi)	0 - 1
Bituminous Stabilized Mixtures ($E = 40.000 - 300.000$ psi)	0 - 1
Lime Stabilized ($E = 20.000 - 70.000$ psi)	1 - 3
Unbound Granular Materials ($E = 15.000 - 45.000$ psi)	1 - 3
Fine grained / Natural subgrade materials ($E = 3.000 - 40.000$ psi)	2 - 3

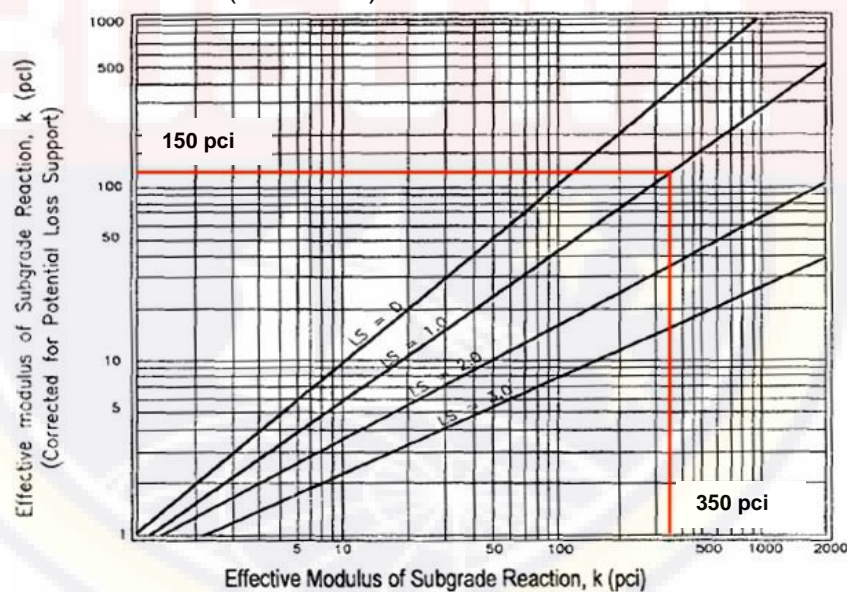
Sumber : AASHTO 1993

Dengan menggunakan nilai M_R dan E_{SB} di atas, maka nilai (k) dan tebal pondasi bawah dapat ditentukan dengan menggunakan grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut :

Gambar 4.1 Grafik untuk menentukan modulus reaksi tanah dasar (k) dan tebal pondasi



Dari hasil bacaan grafik pada gambar 4.1, didapat nilai (k) yaitu sebesar 350 pci dengan asumsi perencanaan menggunakan pondasi beton kurus dengan tebal 6 inci atau 150 mm. Selanjutnya, karena rigid pavement menggunakan campuran beton kurus (lean mix concrete) sebagai pondasi bawah, maka dilakukan koreksi untuk mempertimbangkan potensi kehilangan daya dukung (Loss of support) dari waktu ke waktu akibat erosi dan pengupasan dari pondasi bawah serta gerakan vertikal tanah dasar (AASHTO hal. II-27) dengan mengacu pada tabel 4.13 dan menggunakan grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.2. Umumnya, perubahan besar dalam (k_{eff}) hanya memiliki dampak yang kecil bagi ketebalan slab (AASHTO).



Gambar 4.2 Correction of effective modulus of subgrade reaction for potential loss subbase support

Penetapan parameter modulus reaksi tanah dasar :

- Loss of support (LS) = 1 (Tabel 4.14)
- Modulus reaksi tanah dasar (k) = 150 pci (Gambar 4.2)

4.3.5 Modulus elastisitas beton

Modulus elastisitas beton dapat diketahui dengan rumus :

$$E_c = 57000 \sqrt{f'_c}$$

dimana :

E_c = Modulus elastisitas beton (psi)

f'_c = Kuat tekan beton, silinder (psi)

Kuat tekan beton f'_c ditetapkan sesuai pada spesifikasi pekerjaan (jika ada). Di Indonesia saat ini umumnya digunakan : $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 = 4.977 \text{ psi}$ (dengan angka konversi $1 \text{ kg/cm}^2 = 14,22 \text{ psi}$).

$$E_c = 57000 \sqrt{4977} = 4.021.227 \text{ psi}$$

$Sc' = 45 \text{ kg/cm}^2 = 640 \text{ psi}$ (Yang umum digunakan di Indonesia).

4.3.6 Drainage coefficient

Koefisien drainase (C_d) merupakan fungsi dari kualitas drainase dan persen waktu struktur perkerasan selama setahun yang dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh. AASHTO memberikan dua variabel untuk menentukan nilai koefisien drainase (Suryawan, 2005) :

- Variabel pertama : mutu drainase, dengan variasi *excellent, good, fair, poor, very poor*. Mutu ini ditentukan oleh beberapa lama air dapat dibebaskan dari pondasi perkerasan.
- Variabel kedua : persentasi struktur perkerasan dalam satu tahun terkena air sampai tingkat mendekati jenuh air (saturated), dengan variasi $<1\%$, $1-5\%$, $5-25\%$, $>25\%$.

Variabel pertama mengacu pada Tabel 4.15 dan dengan pendekatan sebagai berikut :

- a. Air hujan atau air dari atas permukaan jalan yang akan masuk ke dalam pondasi jalan, relatif kecil berdasar hidrologi yaitu berkisar 70 - 95% air yang jatuh di atas jalan aspal / beton akan masuk ke sistem drainase (sumber: Hidrologi Imam Subarkah). Kondisi ini dapat dilihat dari acuan koefisien pangaliran pada Tabel 4.16.
- b. Air dari samping jalan yang kemungkinan akan masuk ke pondasi jalan, ini pun relatif kecil terjadi, karena adanya *road side ditch*, *cross drain*, juga muka air tertinggi di desain terletak di bawah *subgrade*.
- c. Pendekatan dengan lama dan frekuensi hujan, yang rata-rata terjadi hujan selama 3 jam per hari dan jarang sekali terjadi hujan terus menerus selama 1 minggu.

Sebagai pendekatan dalam penentuan kualitas drainase, pemilihan mutu drainase adalah berkisar *Fair*, dengan pertimbangan air yang mungkin masih akan masuk, maka *quality of drainage* ditetapkan dalam kategori *Fair-Poor*.

Untuk kondisi khusus, misalnya sistem drainase sangat buruk, muka air tanah terletak cukup tinggi mencapai lapisan tanah dasar, dan sebagainya, dapat dilakukan kajian tersendiri.

Tabel 4.15 Quality of drainage

Quality of drainage	Water removed within
Excellent	2 jam
Good	1 hari
Fair	1 minggu
Poor	1 bulan
Very Poor	air tidak terbebaskan

Tabel 4.16. Koefisien pengaliran (Hidrologi, Imam Subarkah)

Type daerah aliran		koefisien pengaliran (C)
Jalan	Beraspal	0.70 - 0.95
	Beton	0.80 - 0.95
	Batu	0.70 - 0.85

Berdasarkan pada tabel 4.16, maka nilai interval C diambil = 0,875.

Pendekatan dengan lama dan frekuensi hujan, yang rata rata terjadi hujan selama 3 jam per hari (atau kurang) dan jarang sekali terjadi hujan terus menerus selama 1 minggu, maka waktu 1 hari dan setidaknya-tidaknya 1 minggu (pada tabel 4.15) dapat diambil sebagai pendekatan dalam penentuan kualitas drainase (Suryawan, 2005).

Variabel kedua yaitu persentase struktur perkerasan dalam 1 tahun terkena air sampai tingkat saturated dapat dihitung dengan pendekatan, pengamatan dan perkiraan berikut ini, nilai dari faktor variabel kedua dapat didekati dengan rumus berikut :

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

Dimana :

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

T_{jam} = 3 jam hujan per hari

T_{Hari} = 173 hari hujan dalam setahun (lihat tabel 4.17 untuk rata-rata jumlah hari hujan per tahun dibawah)

C = 0,875 = 87,5 % (mengacu pada tabel 4.16)

W_L = $100 - C = 100 - 87,5 = 12,5 \% = 0,125$ (faktor air hujan yang akan masuk ke pondasi jalan)

Maka, $P_{heff} = \frac{3}{24} \times \frac{173}{365} \times 0,125 \times 100 = 0,74 \% < 1 \%$

Tabel 4.17. Jumlah hari hujan per tahun

No	Tahun	Jumlah hari hujan
1	2011	181
2	2012	170
3	2013	199
4	2014	170
5	2015	146

*Sumber : BMKG Wilayah IV Makassar

Penetapan parameter drainage coefficient :

Berdasarkan pendekatan hidrologi di Indonesia dan dari literature serta referensi yang ada, dengan mutu drainase *fair-poor* serta prosen struktur perkerasan dalam 1 tahun terkena air sampai tingkat mendekati jenuh < 1% maka nilai drainage coefficient (C_d) adalah 1,15 diambil dari

nilai interval kualitas drainase yang mengacu pada tabel 4.18 (AASHTO 1993 hal. II-26).

Tabel 4.18 Drainage coefficient (C_d).

Kualitas drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	<1%	1–5%	5–25%	>25%
Sangat baik	1,40–1,30	1,35–1,30	1,30–1,20	1,2
Baik	1,35–1,25	1,25–1,15	1,15–1,00	0
Sedang	1,25–1,15	1,15–1,05	1,00–0,80	1,0
Buruk	1,15–1,05	1,05–0,80	0,80–0,60	0
Sangat buruk	1,05–0,95	0,08–0,75	0,60–0,40	0,8

4.3.7 Load transfer coefficient

Koefisien transfer beban merupakan faktor yang digunakan pada perencanaan perkerasan kaku untuk memperkirakan kemampuan struktur perkerasan kaku dalam mentransfer beban pada sambungan. Penentuan nilai load transfer coefficient (J) mengacu pada tabel 4.19 (diambil dari AASHTO 1993).

Tabel 4.19. Load transfer coefficient (J)

Bahu	Aspal		Beton	
	Yes	No	Yes	No
Alat transfer beban	Yes	No	Yes	No
Jenis perkerasan				
JPCP & JRCP	3.2	3.8-4.4	2.5-3.1	3.6-4.2
CRCP	2.9-3.2	-	2.3-2.9	-

Berdasarkan tabel 4.19, maka nilai interval J untuk jenis perkerasan Join Plain Concrete Pavement (JPCP) dengan dowel tanpa bahu beton terikat (AASHTO 1993 hal. II-25) diambil = 3,2

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka dapat disimpulkan nilai parameter perencanaan sebagai berikut :

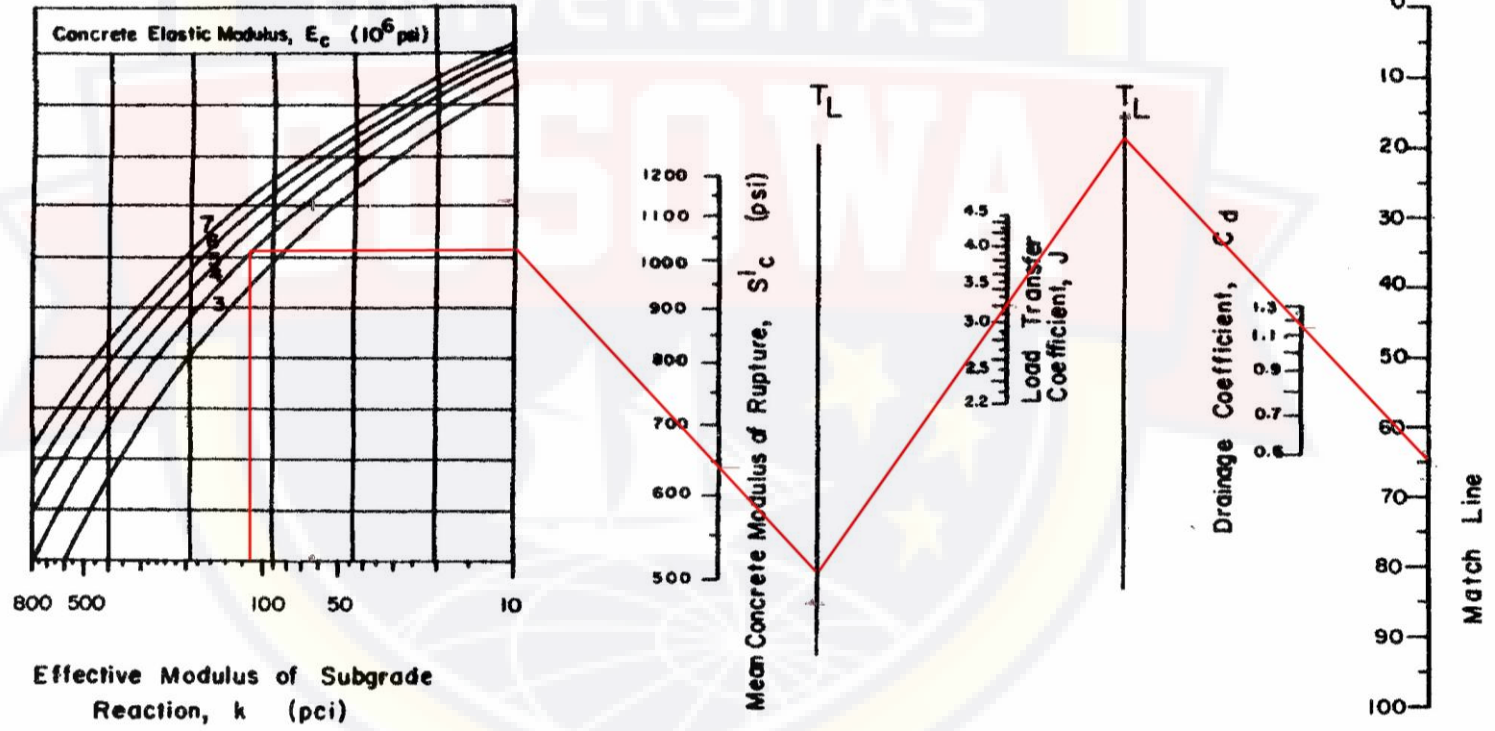
- Umur rencana = 40 tahun
- Lalu lintas, ESAL = 94.854.787
- Kuat tekan (f_c') = 350 kg/cm²
- Kuat tarik lentur (S_c') = 640 psi
- Reliability (R) = 75 %
- Standard normal deviation (Z_R) = - 0.674
- Standard deviation (S_o) = 0,35
- Initial serviceability (p_o) = 4,5
- Terminal serviceability (p_t) = 2,0
- Serviceability loss Δ PSI (p_o-p_t) = 2,5
- Modulus reaksi tanah dasar (k) = 150 pci
- Modulus elastisitas beton (E_c) = 4.021.227 psi
- Drainage coefficient (C_d) = 1,15
- Load transfer coefficient (J) = 3,2

Dari nilai nilai parameter di atas, maka tebal perkerasan dapat diketahui dengan nomogram yang dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut :

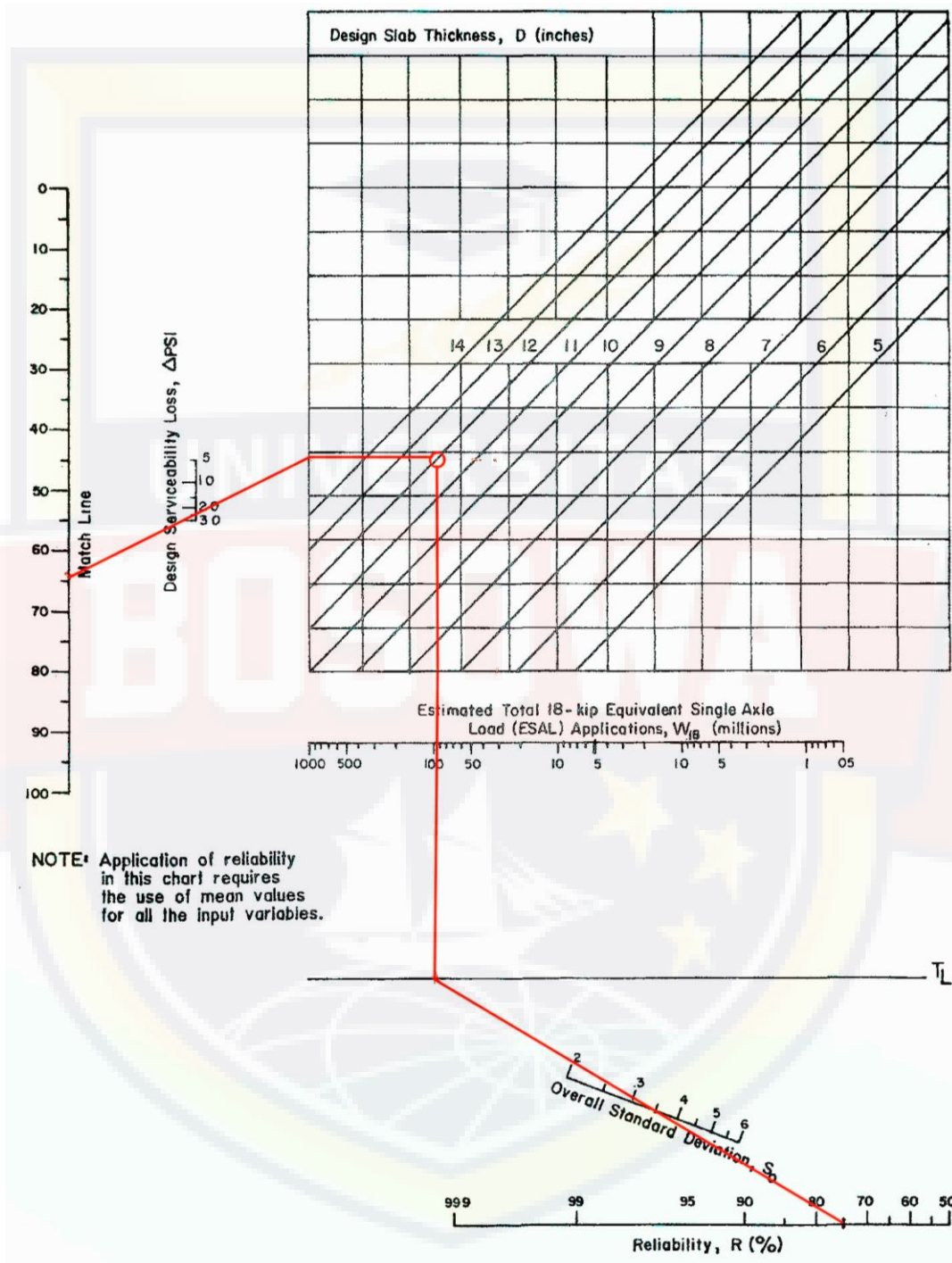
Gambar 4.3. Nomogram untuk mengetahui tebal perkerasan kaku AASHTO 1993

NOMOGRAPH SOLVES:

$$\log_{10} \frac{W_{18}}{18} = Z_R * S_o + 7.35 * \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 * 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 p_c) * \log_{10} \left[\frac{S'_c * C_d \left[D^{0.75} - 1.132 \right]}{215.63 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}} \right]} \right]$$



Gambar 4.3. Nomogram untuk mengetahui tebal perkerasan kaku AASHTO 1993 (lanjutan)



Dari hasil bacaan nomogram di atas, maka diperoleh tebal perkerasan yaitu 12 inchi atau 305 mm.

4.4 Perhitungan Tebal Pelat Beton Semen Metode SNI PD-T 14 2003

4.4.1 Diketahui parameter perencanaan sebagai berikut :

- CBR tanah dasar = 2,07 %
- Jenis pondasi bawah = Campuran beton kurus
- Kuat tarik lentur (f_{cf}) = $S_{c'} 45 \text{ kg/cm}^2$ ($F'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$)
- Bahu jalan = Tidak
- Ruji (dowel) = Ya
- Umur rencana = 40 tahun
- Pertumbuhan lalu lintas = 2,5 % per tahun

Direncanakan perkerasan beton semen untuk jalan 2 lajur 1 arah untuk jalan frontage. Dengan perencanaan perkerasan beton bersambung tanpa tulangan (BBTT).

4.4.2 Langkah-langkah perhitungan tebal pelat

4.4.2.1 Analisis lalu lintas

Berdasarkan data lalu lintas harian rata-rata, maka dapat dianalisis perhitungan jumlah sumbu berdasarkan jenis dan bebannya. Seperti yang terlihat pada tabel 4.20.

Tabel 4.20 Perhitungan jumlah sumbu berdasarkan jenis dan bebannya

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi Sumbu	Jumlah Sumbu per Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Jumlah Sumbu	Jenis Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga															
Klasifikasi Lama	Alternatif						STRT		STRG		STdRT		STdRG		STrRG							
							BS (Ton)	JS (Bh)	BS (Ton)	JS (Bh)	BS (Ton)	JS (Bh)	BS (Ton)	JS (Bh)	BS (Ton)	JS (Bh)						
2, 3, 4	2,3,4	Sedan/Angkot/Pickup/station wagon	1.1	2	4597																	
5a	5a	Bus kecil	1.2	2	26	52	2	26	4	26												
5b	5b	Bus besar	1.2	2	36	72	3	36	6	36												
6a.1	6.1	Truk 2 sumbu-cargo ringan	1.1	2	778	1556	2	778														
							2	778														
6a.2	6.2	Truk 2 sumbu-ringan	1.1	2	130	260	2	130														
							2	130														
6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu-cargo sedang	1.2	2	325	650	4	325	8	325												
6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu-sedang	1.2	2	234	468	4	234	8	234												
6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu-berat	1.2	2	84	168	6	84	12	84												
6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu-berat	1.2	2	86	172	6	86	12	86												
7a1	9.1	Truk 3 sumbu-ringan	1.22	2	100	200	6	100					19	100								
7a2	9.2	Truk 3 sumbu-sedang	1.22	2	374	748	6	374					19	374								
7a3	9.3	Truk 3 sumbu-berat	1.1.2	3	32	96	6	32	13	32												
							6	32														
7b	10	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2	4	53	212	6	53	8	53												
									8	53												
									8	53												
7c1	11	Truk 4 sumbu-trailer	1.2-22	3	67	201	8	67	12	67			22	67								
7c2.1	12	Truk 5 sumbu-trailer	1.22-22	3	9	27	8	9					18	9								
7c2.2	13	Truk 5 sumbu-trailer	1.2-222	3	6	18	8	6	12	6							27	6				
7c3	14	Truk 6 sumbu-trailer	1.22-222	3	4	12	5	4			18	4					27	4				
TOTAL						4912	3284		1055		4		559		10							

Jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama umur rencana (40 tahun).

$$JSKN = 365 \times JSKNH \times R$$

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

$$R = \frac{(1+2,5\%)^{40}-1}{2,5\%}$$

$$R = 67,402$$

$$= 365 \times 4912 \times 67,402$$

$$= 120.843.697,8$$

$$= 12,08 \times 10^7$$

$$JSKN \text{ Rencana} = JSKN \times C$$

$$= 12,08 \times 10^7 \times 0,7$$

$$= 8,45 \times 10^7$$

C diambil dari koefisien distribusi kendaraan niaga berdasarkan lebar perkerasan dan jumlah lajur sesuai tabel 4.21 dibawah ini.

Tabel 4.21 koefisien distribusi (C)

Lebar Perkerasan (Lp)	Jumlah Lajur (nl)	Koefisien Distribusi	
		1 Arah	2 Arah
Lp < 5,50 m	1 lajur	1	1
5,50 m ≤ Lp < 8,25 m	2 lajur	0,70	0,50
8,25 m ≤ Lp < 11,25 m	3 lajur	0,50	0,475
11,23 m ≤ Lp < 15,00 m	4 lajur	-	0,45
15,00 m ≤ Lp < 18,75 m	5 lajur	-	0,425
18,75 m ≤ Lp < 22,00 m	6 lajur	-	0,40

Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

4.4.2.2 Perhitungan repetisi sumbu yang terjadi

Tabel 4.22 Perhitungan repetisi sumbu yang terjadi

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Jumlah Sumbu	Proporsi Beban	Proporsi Sumbu	Lalu-lintas Rencana	Repetisi yang terjadi
STRT	2	1842	0.560901	0.668567	84590588.43	31721470.66
	3	36	0.010962	0.668567	84590588.43	619963.596
	4	559	0.170219	0.668567	84590588.43	9626656.949
	5	4	0.001218	0.668567	84590588.43	68884.844
	6	761	0.23173	0.668567	84590588.43	13105341.57
	8	82	0.02497	0.668567	84590588.43	1412139.302
Total		3284	1			
STRG	4	26	0.024645	0.21478	84590588.43	447751.486
	6	36	0.034123	0.21478	84590588.43	619963.596
	8	718	0.680569	0.21478	84590588.43	12364829.5
	12	243	0.230332	0.21478	84590588.43	4184754.273
	13	32	0.030332	0.21478	84590588.43	551078.752
Total		1055	1			
STdRT	18	4	1	0.000814	84590588.43	68884.844
Total		4	1			
STdRG	18	18	0.0322	0.113803	84590588.43	309981.798
	19	474	0.847943	0.113803	84590588.43	8162854.014
	22	67	0.119857	0.113803	84590588.43	1153821.137
Total		559	1			
STrRG	27	10	1	0.002036	84590588.43	172212.11
Total		10	1			
Nilai R						84590588.43

4.4.2.3 Perhitungan tebal pelat beton

- Jenis perkerasan = BTTT dengan ruji
- Umur rencana = 40 tahun
- JSK = $8,45 \times 10^7$
- Faktor keamanan beban = 1,1

Untuk faktor keamanan beban didapat pada tabel 4.23 dibawah dengan mempertimbangkan prosentase kendaraan niaga ($2344/6941 \times 100\% = 33,77\%$).

No	Penggunaan	Nilai F _{KB}
1.	Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu-lintas dari hasil survai beban (<i>weight-in-motion</i>) dan adanya kemungkinan route alternatif, maka nilai factor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15.	1,2
2.	Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah.	1,1
3.	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah.	1,0

Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

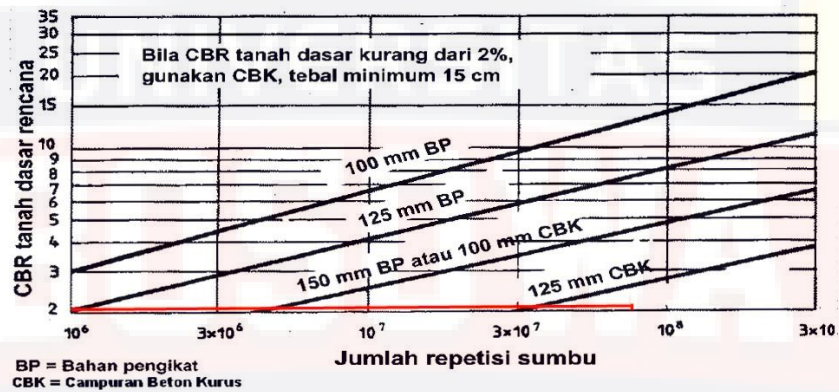
Sebagai batasan klasifikasi adalah volume kendaraan niaga rendah jika $< 15\%$. Dan volume kendaraan niaga menengah $15\% \leq$ sampai $50\% \leq$. Dengan demikian untuk jalan yang direncanakan termasuk jalan dengan volume kendaraan niaga menengah atau FKB=1,1

- Kuat tarik lentur (*f_{ct}*) = 45 kg/cm^2
- Jenis dan tebal lapis pondasi = Campuran beton kurus 125 mm
- CBR tanah dasar = 2,07
- CBR efektif = 20 %

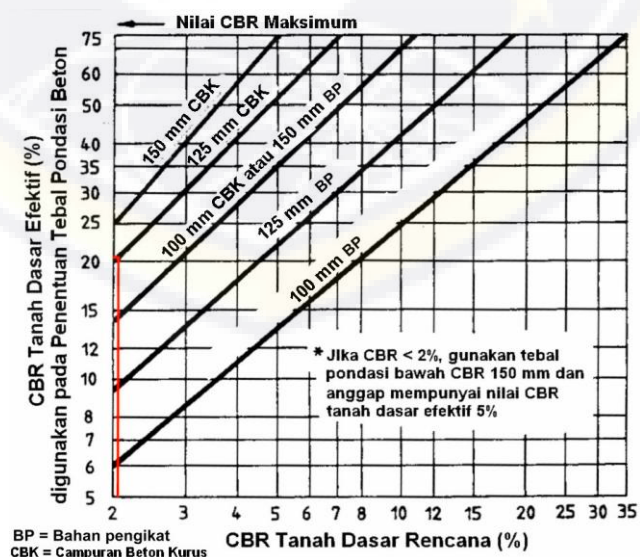
- Tebal taksiran pelat beton = 260 - 280 mm

Penentuan tebal pondasi bawah dan CBR efektif diambil berdasarkan gambar 4.4 dan 4.5 di bawah sesuai dengan perencanaan perkerasan beton semen, Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah, 2003.

Tebal pondasi bawah minimum ditentukan oleh gambar diagram berdasarkan jumlah repetisi sumbu dan CBR tanah dasar seperti pada gambar 4.4 berikut :



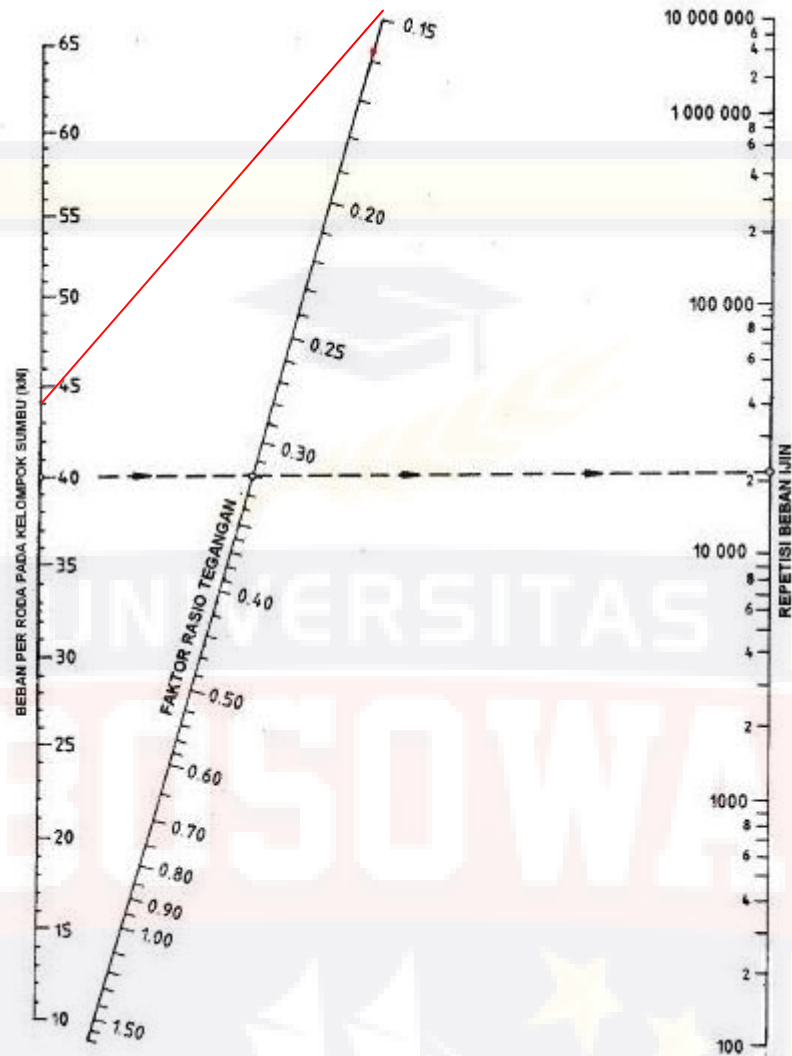
Penentuan CBR efektif didasarkan pada CBR tanah dasar dan tebal pondasi bawah yang direncanakan. Penentuan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.5 berikut :



Untuk mengetahui tebal perkerasan aman atau tidak, maka harus dilakukan analisa fatik dan erosi sesuai dengan pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen 2003. Tabel perhitungan mengacu pada peraturan yang sudah ada. Adapun cara untuk menentukan faktor tegangan dan erosi didasarkan pada CBR efektif dan perkiraan tebal perkerasan yang dapat dilihat pada Tabel 4.24 berikut:

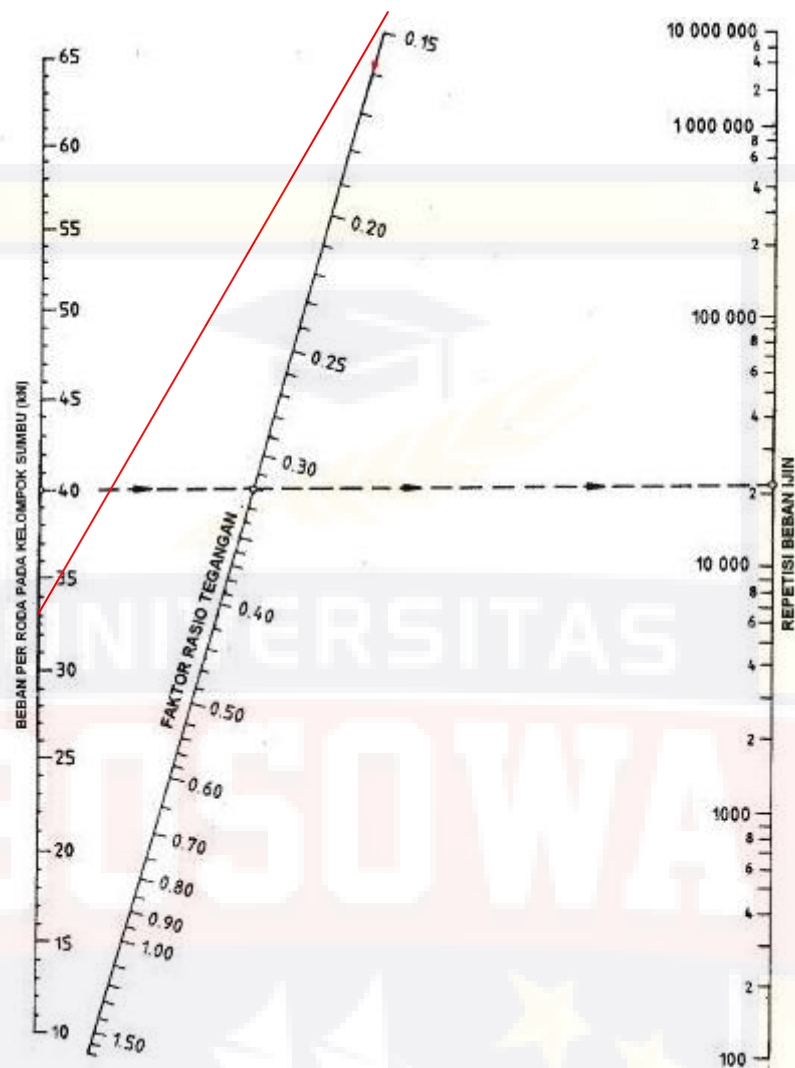
Tabel 4.24 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Tanpa Bahu Beton

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
						STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
220	5	0,94	1,58	1,42	1,08	2,33	2,93	3,14	3,19	2,11	2,71	2,87	3,02
220	10	0,9	1,49	1,3	0,98	2,31	2,91	3,09	3,13	2,1	2,7	2,84	2,96
220	15	0,88	1,44	1,25	0,93	2,3	2,9	3,06	3,1	2,09	2,69	2,82	2,93
220	20	0,87	1,42	1,22	0,91	2,29	2,89	3,05	3,09	2,08	2,68	2,81	2,92
220	25	0,85	1,39	1,18	0,88	2,29	2,89	3,03	3,07	2,08	2,69	2,8	2,9
220	35	0,82	1,33	1,11	0,83	2,28	2,88	2,99	3,03	2,07	2,68	2,78	2,86
220	50	0,79	1,27	1,04	0,79	2,28	2,88	2,96	3	2,07	2,67	2,76	2,83
220	75	0,76	1,19	0,97	0,73	2,24	2,85	2,92	2,95	2,06	2,66	2,72	2,78
230	5	0,88	1,49	1,35	1,03	2,28	2,88	3,1	3,14	2,05	2,65	2,82	2,98
230	10	0,84	1,41	1,24	0,94	2,28	2,88	3,05	3,09	2,04	2,64	2,79	2,92
230	15	0,82	1,38	1,19	0,89	2,25	2,85	3,02	3,06	2,03	2,64	2,77	2,89
230	20	0,81	1,34	1,16	0,87	2,24	2,84	3	3,05	2,03	2,63	2,76	2,88
230	25	0,8	1,31	1,12	0,84	2,23	2,83	2,98	3,03	2,03	2,63	2,75	2,86
230	35	0,77	1,25	1,05	0,78	2,21	2,81	2,94	2,99	2,02	2,62	2,73	2,82
230	50	0,74	1,19	0,99	0,74	2,2	2,8	2,91	2,95	2,01	2,61	2,7	2,78
230	75	0,71	1,12	0,91	0,7	2,19	2,79	2,88	2,91	2	2,6	2,68	2,74
240	5	0,82	1,4	1,28	0,98	2,23	2,83	3,06	3,11	1,99	2,6	2,78	2,94
240	10	0,79	1,32	1,18	0,89	2,21	2,81	3,01	3,05	1,98	2,59	2,74	2,88
240	15	0,77	1,28	1,13	0,85	2,2	2,8	2,98	3,02	1,98	2,58	2,72	2,85
240	20	0,76	1,26	1,1	0,83	2,19	2,79	2,96	3,01	1,97	2,57	2,72	2,84
240	25	0,75	1,23	1,06	0,8	2,18	2,78	2,94	2,99	1,97	2,57	2,71	2,82
240	35	0,72	1,17	0,99	0,74	2,17	2,76	2,9	2,95	1,96	2,56	2,69	2,78
240	50	0,69	1,12	0,94	0,7	2,15	2,75	2,88	2,91	1,95	2,55	2,68	2,74
240	75	0,67	1,05	0,88	0,66	2,13	2,74	2,83	2,88	1,94	2,54	2,63	2,69
250	5	0,77	1,33	1,23	0,94	2,18	2,78	3,02	3,07	1,94	2,54	2,73	2,9
250	10	0,74	1,25	1,12	0,86	2,16	2,76	2,97	3,01	1,93	2,53	2,7	2,85
250	15	0,72	1,21	1,07	0,81	2,15	2,75	2,94	2,98	1,93	2,53	2,68	2,82
250	20	0,71	1,18	1,04	0,79	2,14	2,74	2,93	2,97	1,92	2,52	2,67	2,8
250	25	0,7	1,16	1,01	0,76	2,13	2,73	2,91	2,95	1,92	2,52	2,66	2,78
250	35	0,68	1,11	0,95	0,71	2,12	2,71	2,87	2,91	1,91	2,51	2,64	2,74
250	50	0,65	1,06	0,89	0,67	2,1	2,7	2,83	2,88	1,9	2,5	2,61	2,7
250	75	0,63	0,99	0,82	0,61	2,08	2,69	2,79	2,83	1,89	2,49	2,59	2,65
260	5	0,73	1,26	1,18	0,9	2,13	2,73	2,99	3,03	1,89	2,49	2,69	2,87
260	10	0,7	1,18	1,08	0,82	2,11	2,71	2,93	2,98	1,88	2,48	2,68	2,81
260	15	0,68	1,15	1,03	0,78	2,1	2,7	2,9	2,95	1,88	2,48	2,64	2,78
260	20	0,67	1,12	1	0,75	2,09	2,69	2,89	2,93	1,87	2,47	2,63	2,76
260	25	0,66	1,1	0,97	0,73	2,08	2,69	2,87	2,91	1,87	2,47	2,62	2,74
260	35	0,64	1,05	0,91	0,68	2,07	2,68	2,83	2,87	1,86	2,46	2,59	2,7
260	50	0,61	1	0,85	0,64	2,05	2,65	2,8	2,84	1,85	2,45	2,56	2,67
260	75	0,59	0,95	0,78	0,58	2,03	2,64	2,75	2,78	1,84	2,44	2,54	2,61
270	5	0,68	1,19	1,13	0,87	2,09	2,69	2,95	3	1,84	2,44	2,65	2,83
270	10	0,66	1,12	1,03	0,79	2,07	2,67	2,9	2,94	1,83	2,43	2,62	2,78
270	15	0,64	1,09	0,98	0,75	2,06	2,66	2,87	2,91	1,83	2,43	2,6	2,75
270	20	0,63	1,06	0,96	0,72	2,05	2,65	2,85	2,9	1,82	2,42	2,59	2,73
270	25	0,62	1,04	0,93	0,7	2,04	2,64	2,83	2,88	1,82	2,42	2,58	2,71
270	35	0,6	0,99	0,87	0,65	2,02	2,63	2,79	2,84	1,81	2,41	2,55	2,67
270	50	0,58	0,95	0,81	0,61	2	2,61	2,76	2,8	1,8	2,4	2,52	2,63
270	75	0,56	0,89	0,74	0,57	1,99	2,59	2,7	2,75	1,79	2,39	2,5	2,58



Gambar 4.6 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton (STRT 8 ton)

- Beban per Roda = 44
- Faktor rasio tegangan = 0,14
- Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)

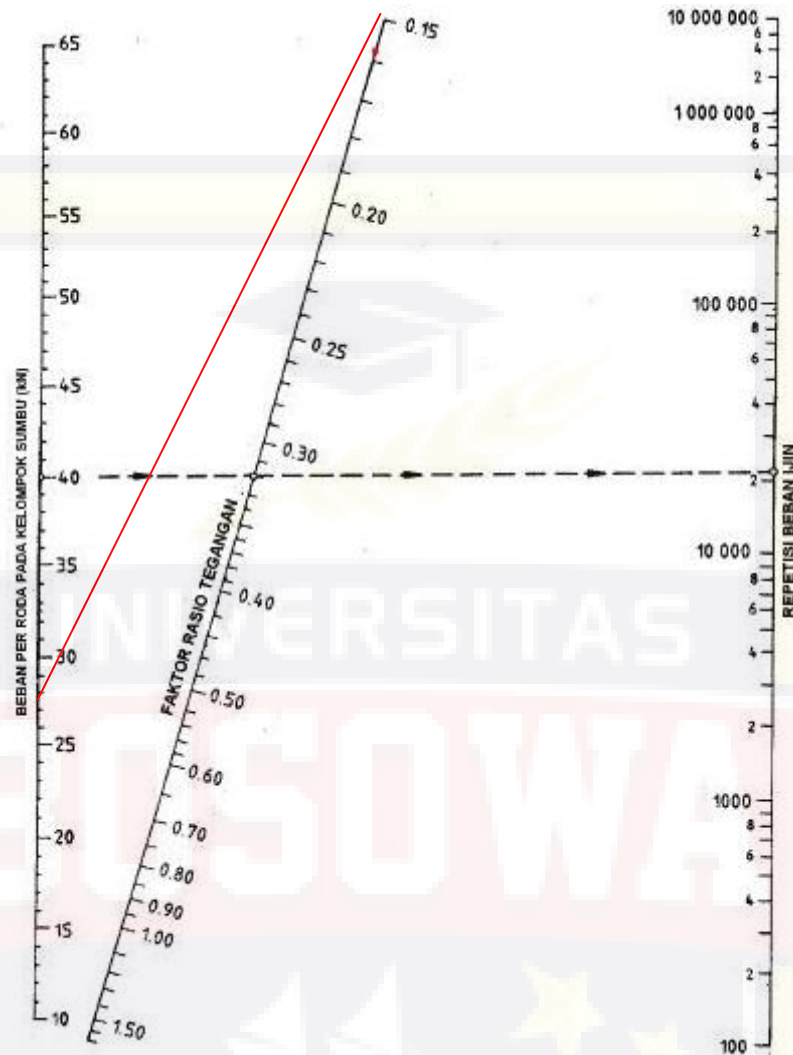


Gambar 4.7 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton (STRT 6 ton)

Beban per Roda = 33

Faktor rasio tegangan = 0,14

Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)

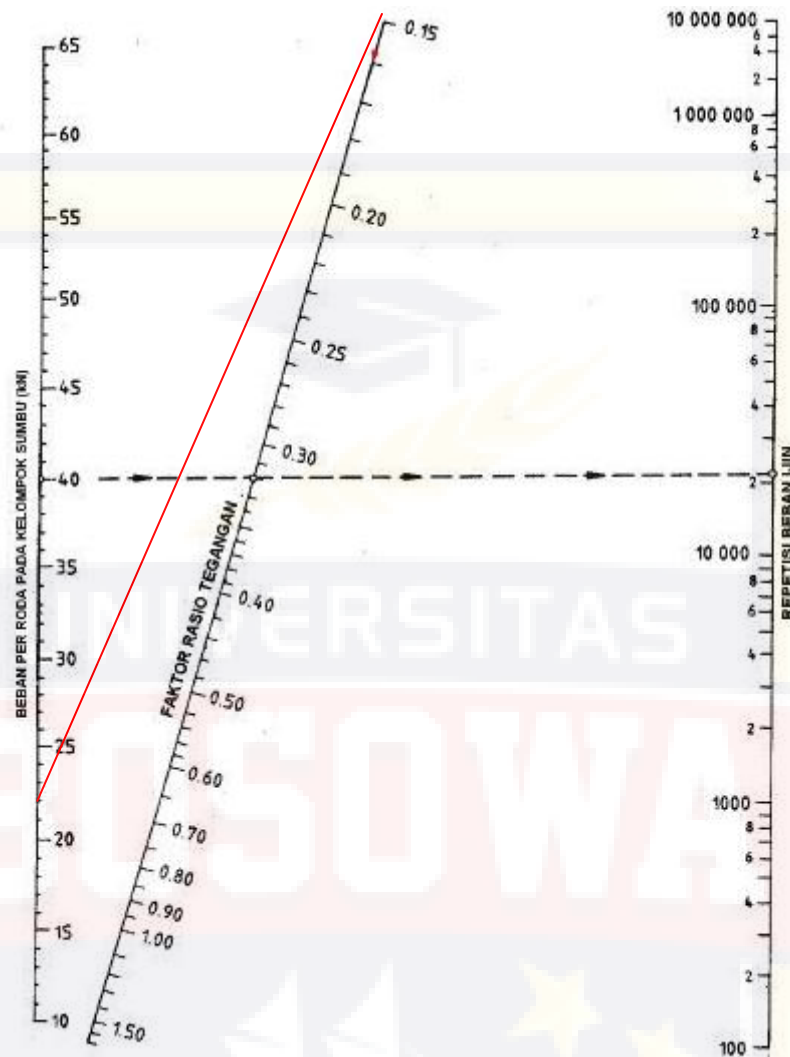


Gambar 4.8 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton (STRT 5 ton)

Beban per Roda = 27,50

Faktor rasio tegangan = 0,14

Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)

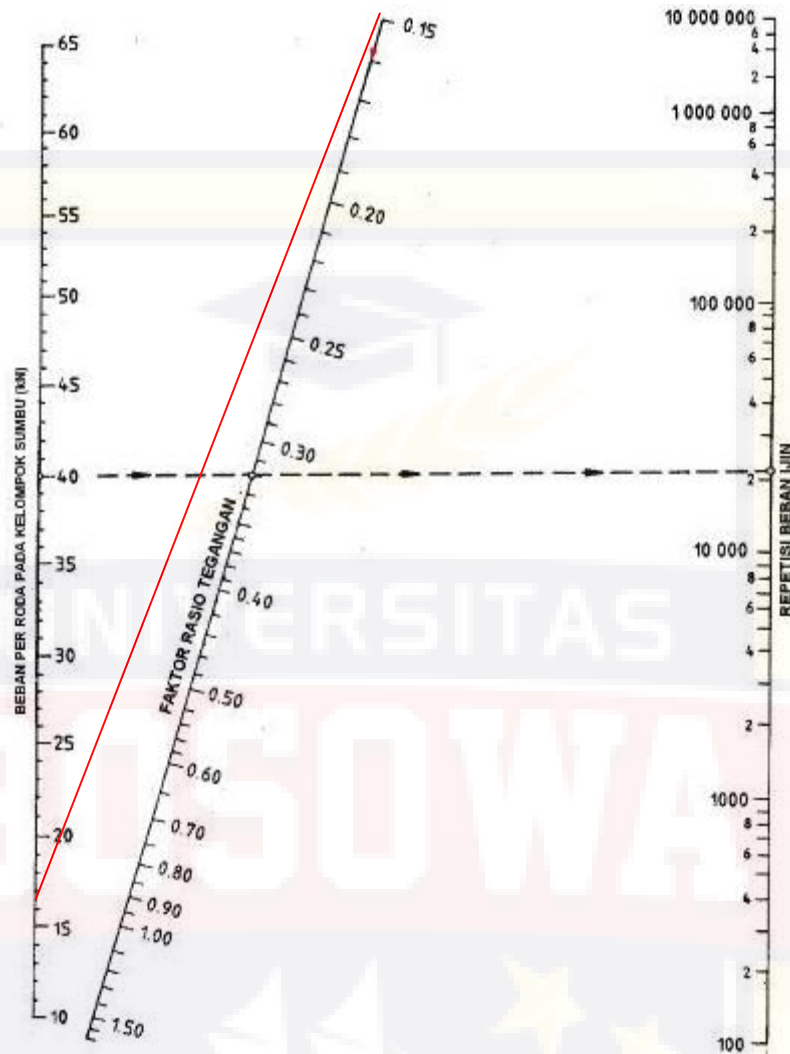


Gambar 4.9 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton (STRT 4 ton)

Beban per Roda = 22

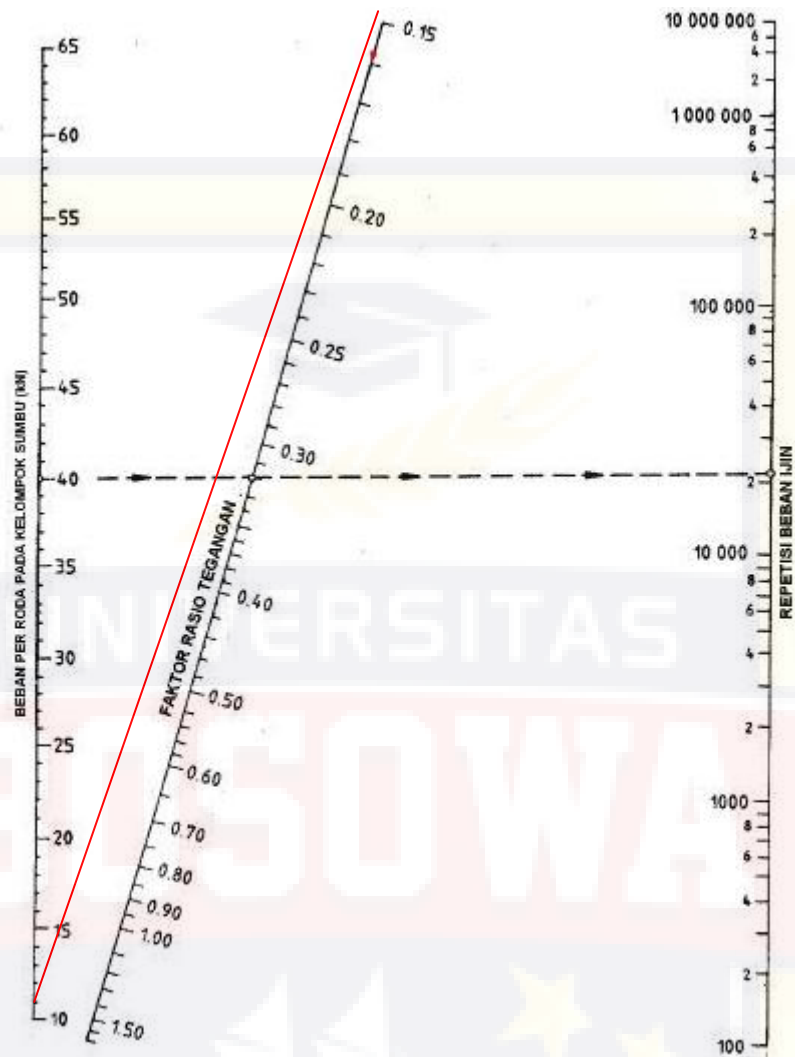
Faktor rasio tegangan = 0,14

Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)



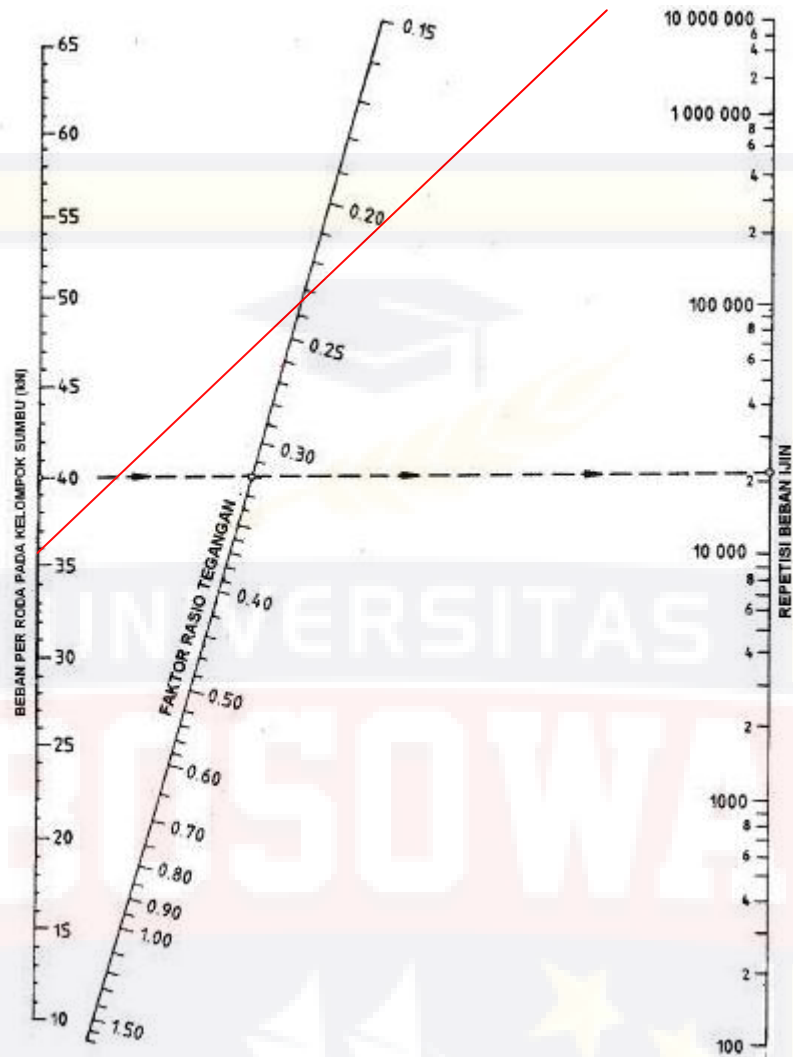
Gambar 4.10 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton (STRT 3 ton)

- Beban per Roda = 16,50
- Faktor rasio tegangan = 0,14
- Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)



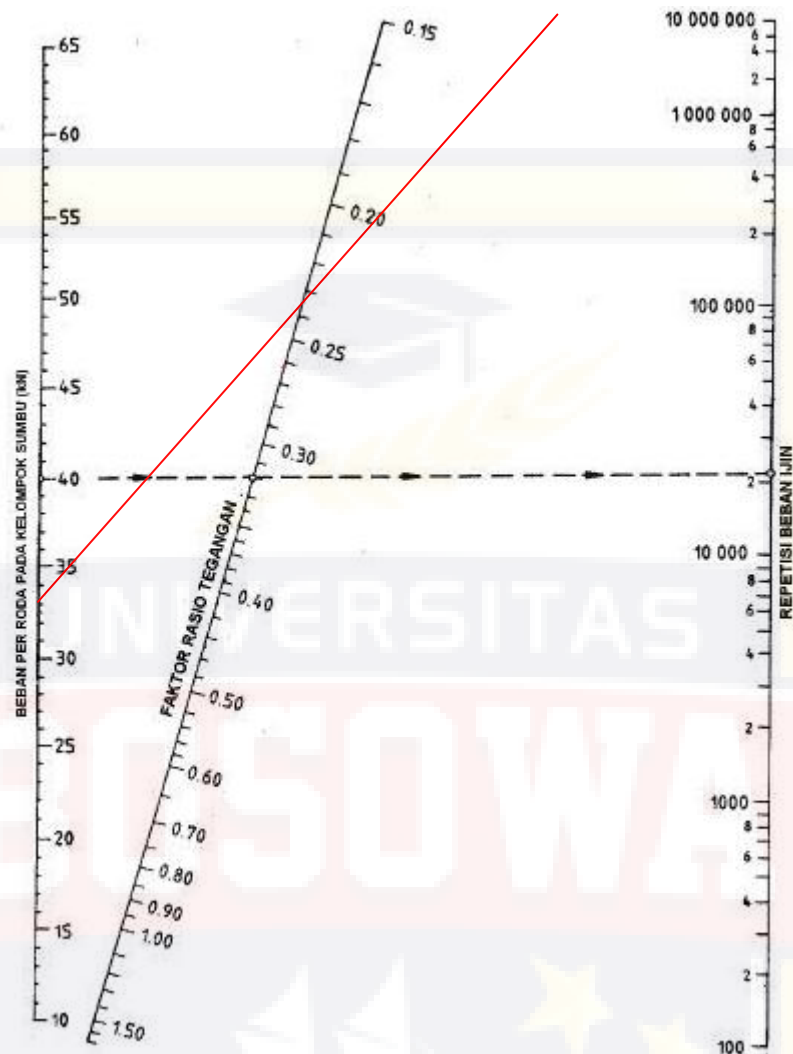
Gambar 4.11 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton (STRT 2 ton)

- Beban per Roda = 11
- Faktor rasio tegangan = 0,14
- Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)



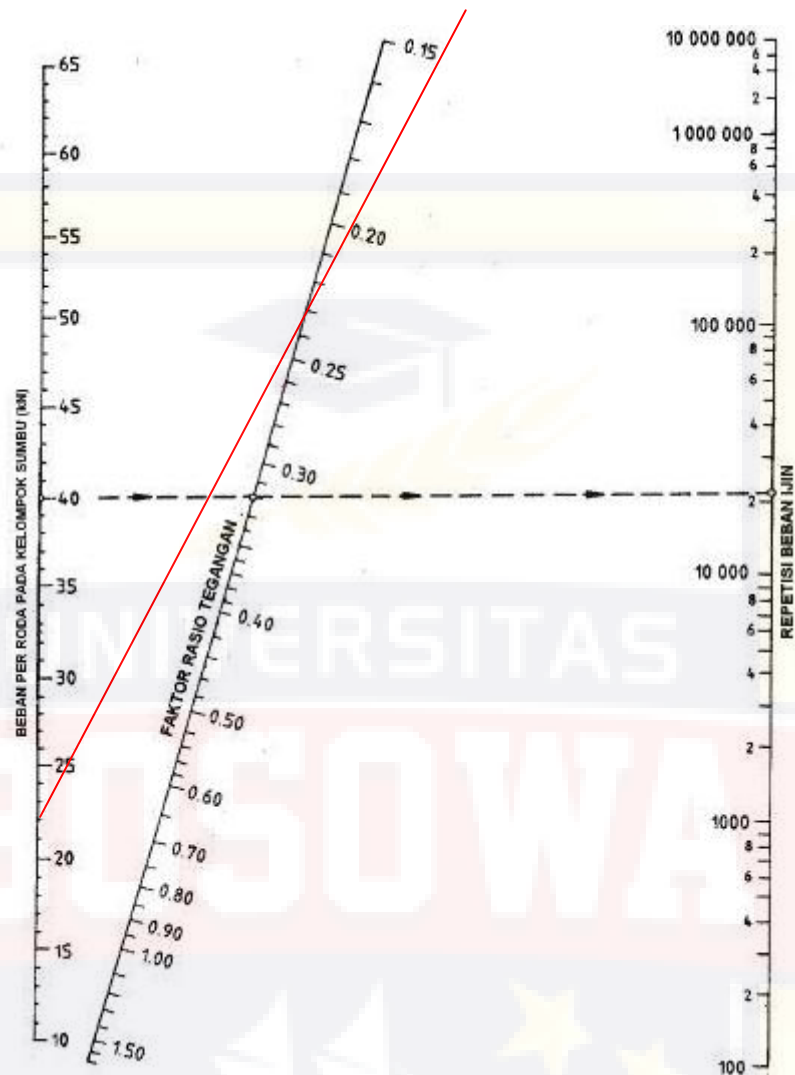
Gambar 4.12 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton (STRG 13 ton)

- Beban per Roda = 35,75
- Faktor rasio tegangan = 0,235
- Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)



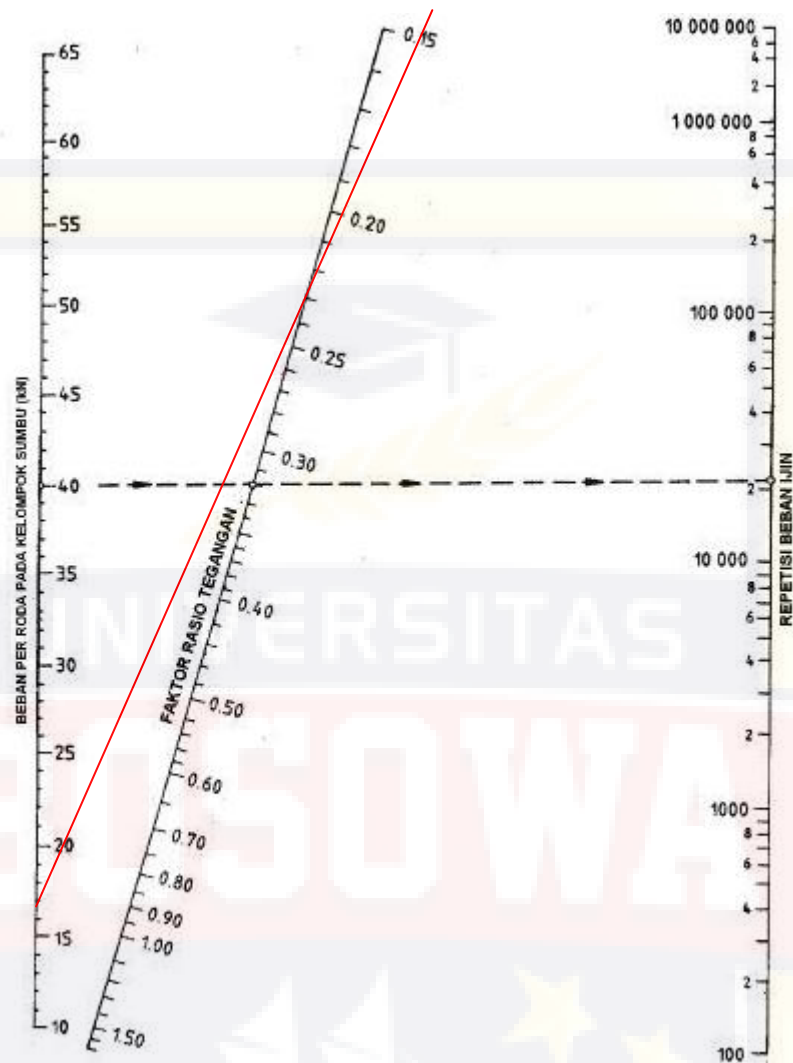
Gambar 4.13 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton (STRG 12 ton)

- Beban per Roda = 33
- Faktor rasio tegangan = 0,235
- Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)



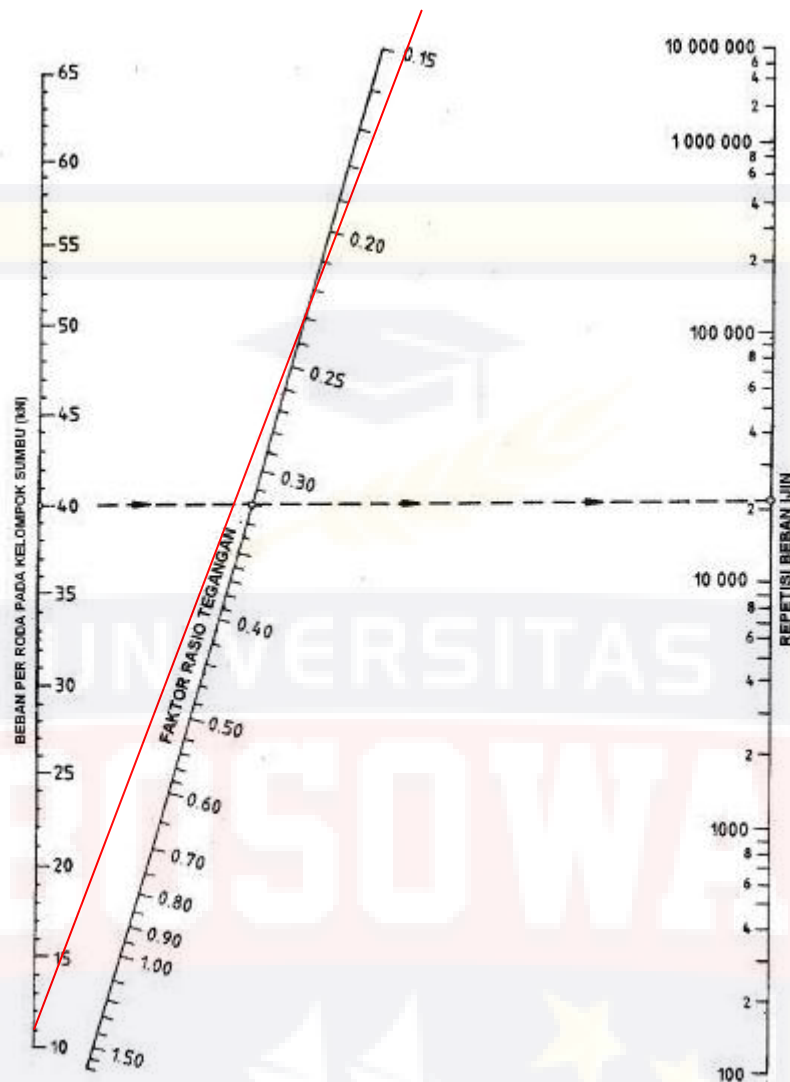
Gambar 4.14 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton (STRG 8 ton)

Beban per Roda = 22
 Faktor rasio tegangan = 0,235
 Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)



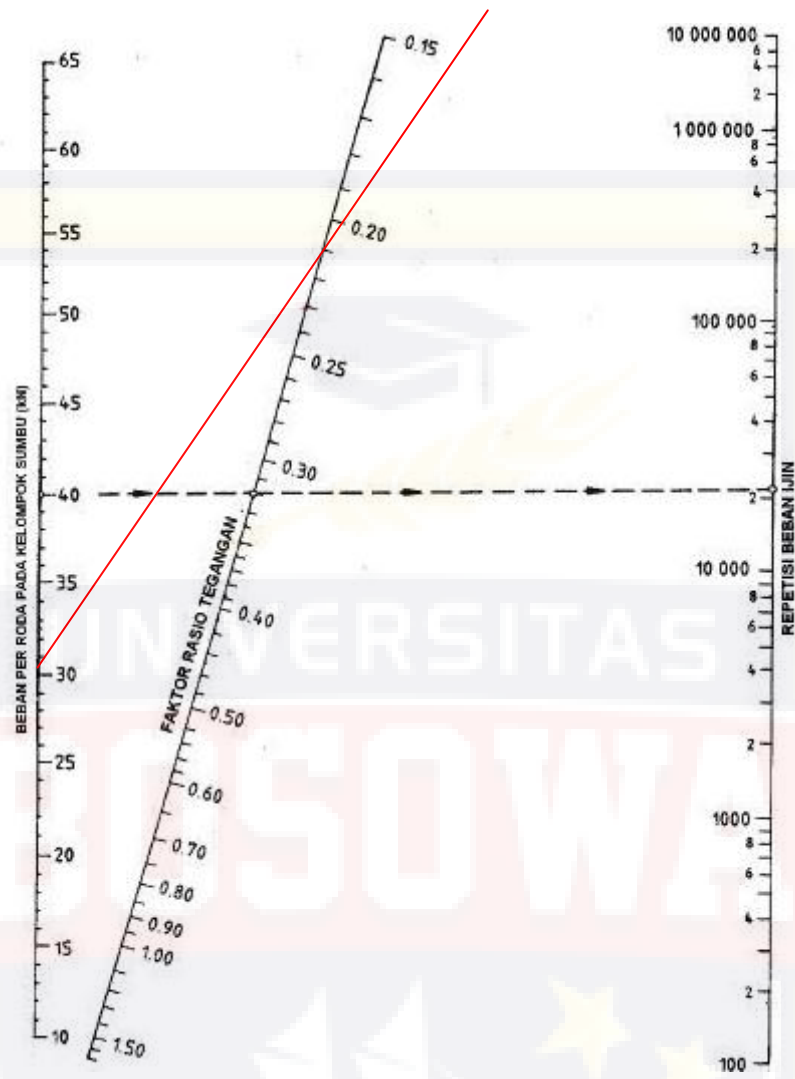
Gambar 4.15 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton (STRG 6 ton)

- Beban per Roda = 16,50
- Faktor rasio tegangan = 0,235
- Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)



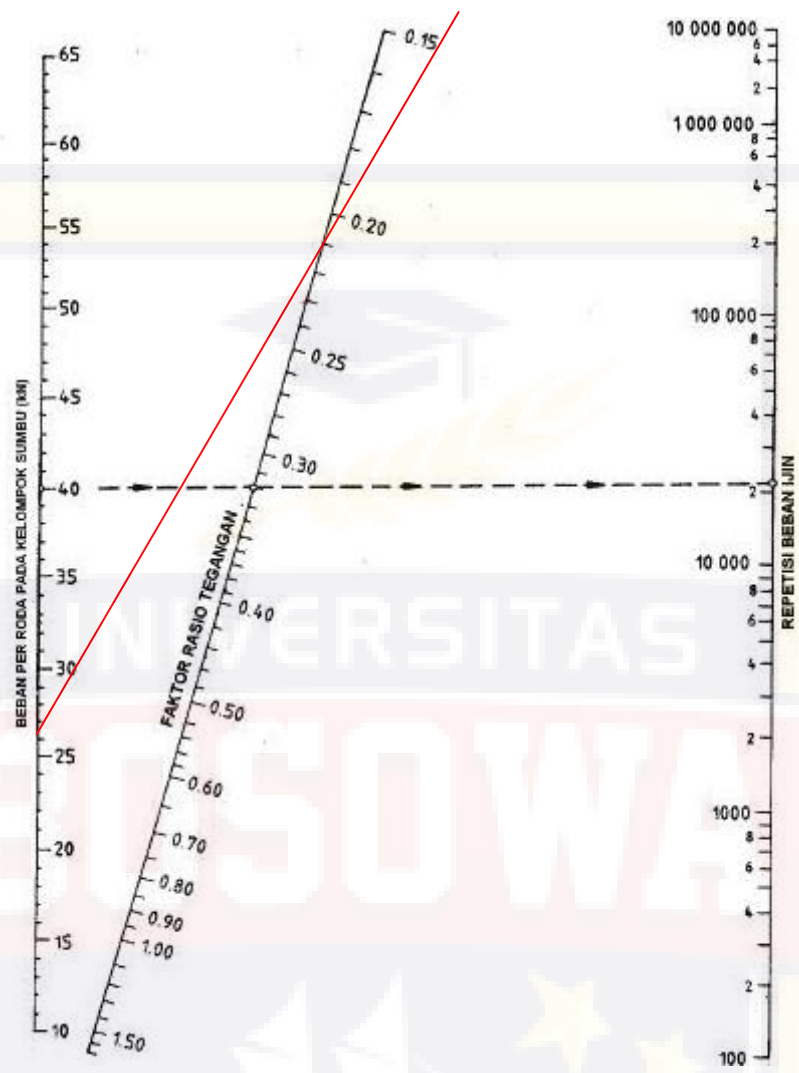
Gambar 4.16 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton (STRG 4 ton)

Beban per Roda = 11
 Faktor rasio tegangan = 0,235
 Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)



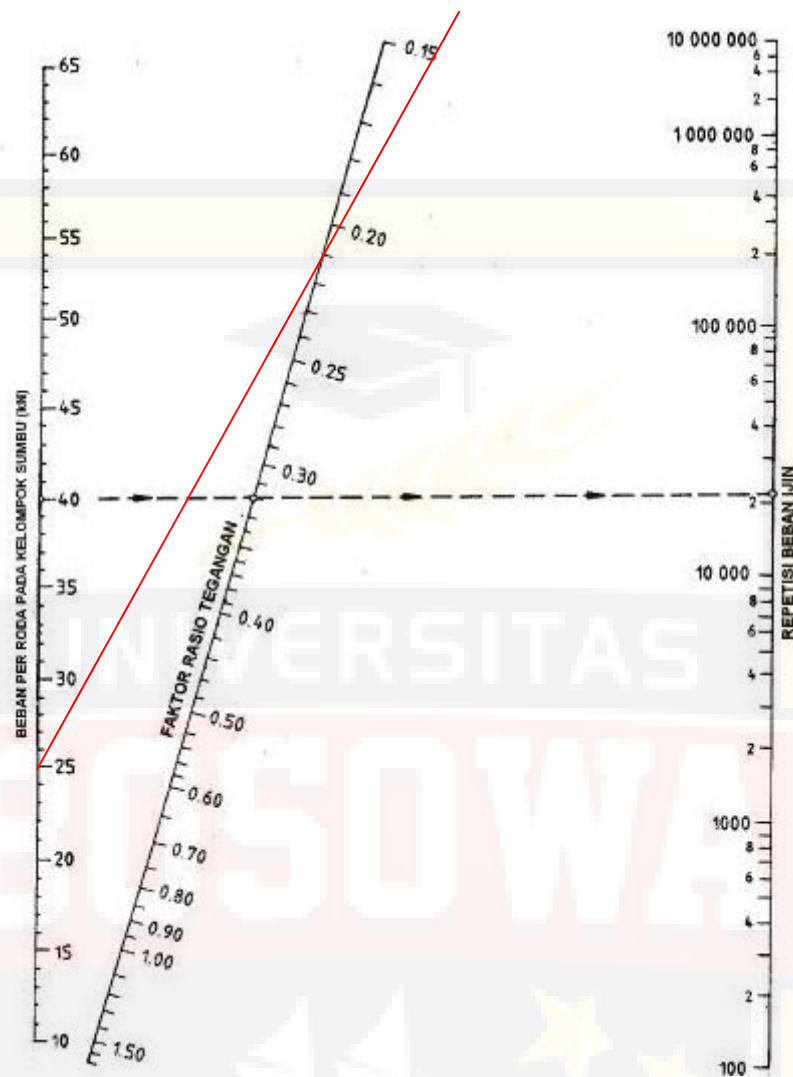
Gambar 4.17 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton (STdRG 22 ton)

- Beban per Roda = 30,25
- Faktor rasio tegangan = 0,213
- Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)



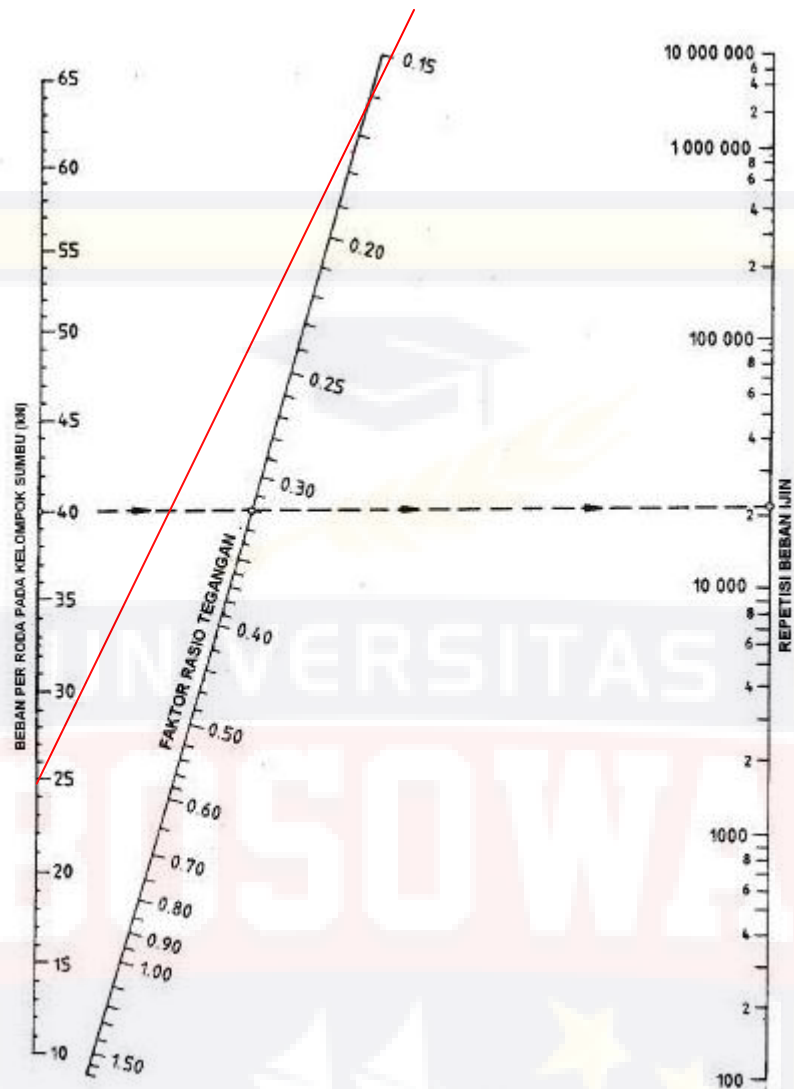
Gambar 4.18 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton (STdRG 19 ton)

- Beban per Roda = 26,125
- Faktor rasio tegangan = 0,213
- Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)



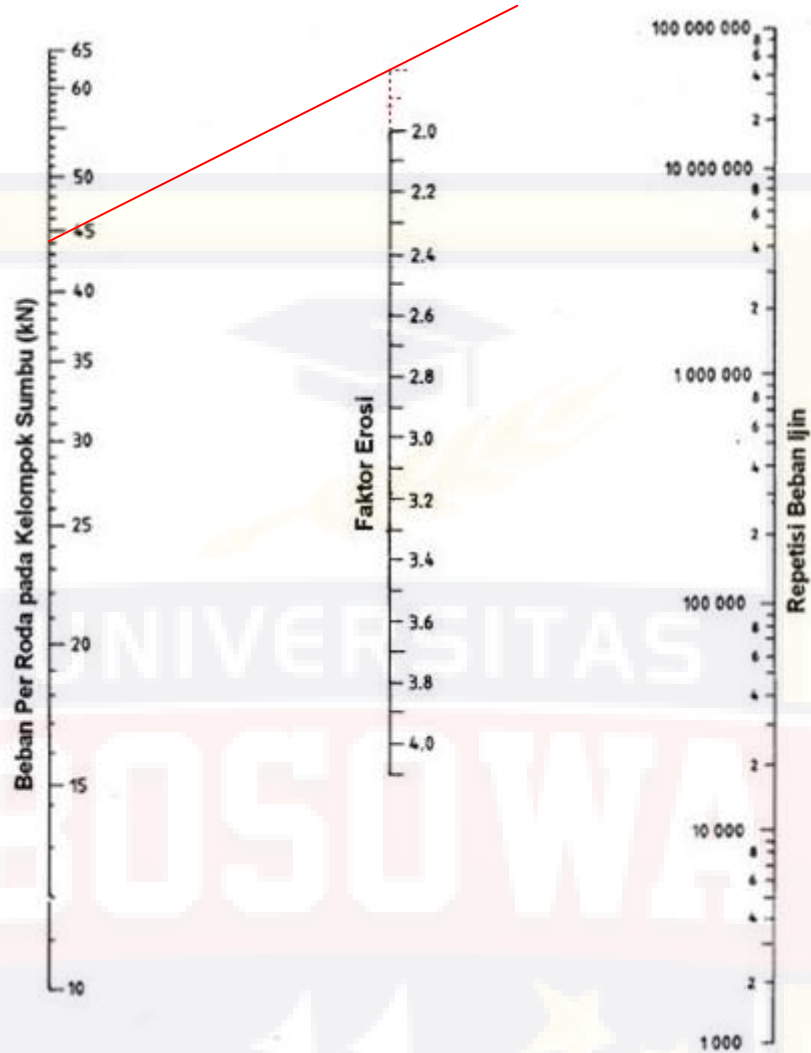
Gambar 4.19 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton (STdRG 18 ton)

Beban per Roda = 24,75
 Faktor rasio tegangan = 0,213
 Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)



Gambar 4.20 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton (STrRG 27 ton)

- Beban per Roda = 24,75
- Faktor rasio tegangan = 0,16
- Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)

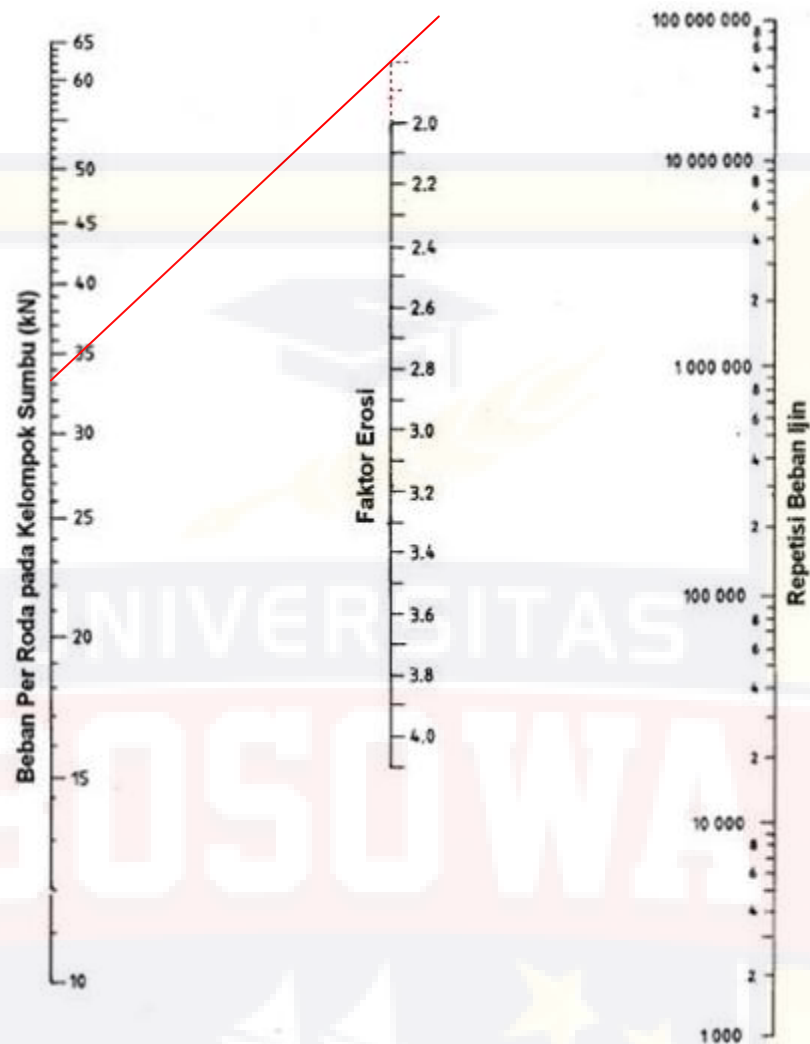


Gambar 4.21 Analisis erosi dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, tanpa bahu beton (STRT 8 ton)

Beban per Roda = 44

Faktor erosi = 1,82

Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)

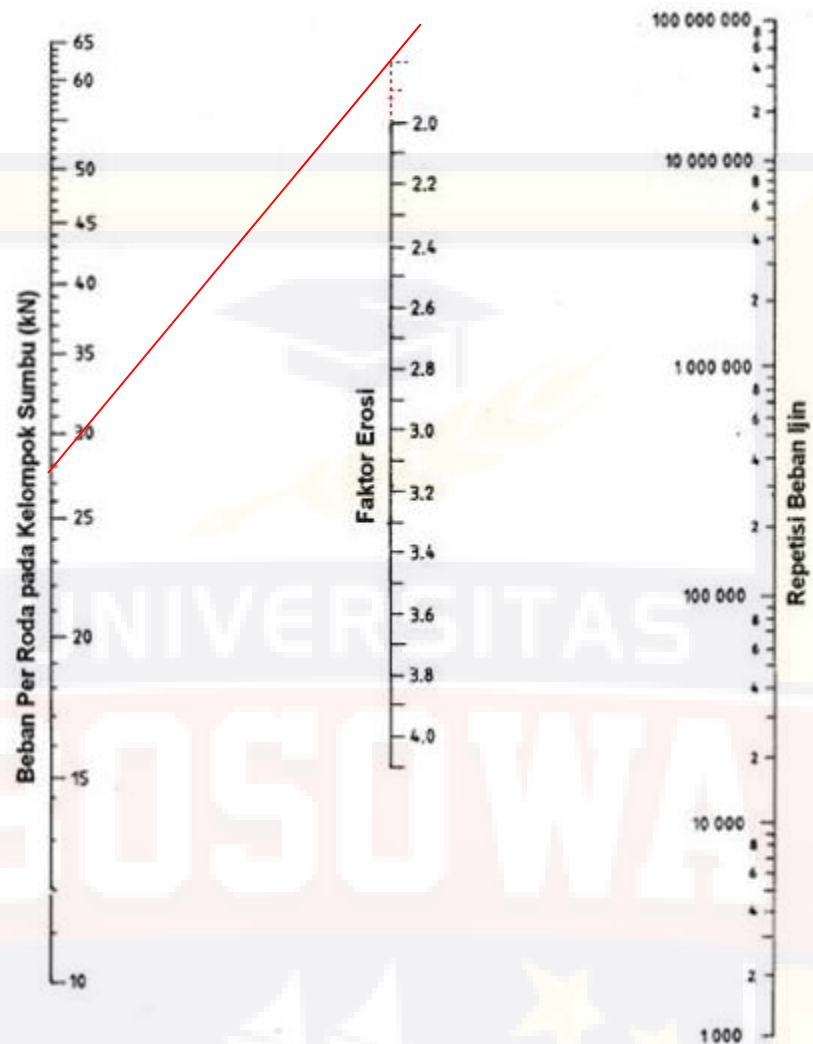


Gambar 4.22 Analisis erosi dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, tanpa bahu beton (STR 6 ton)

Beban per Roda = 33

Faktor erosi = 1,82

Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)

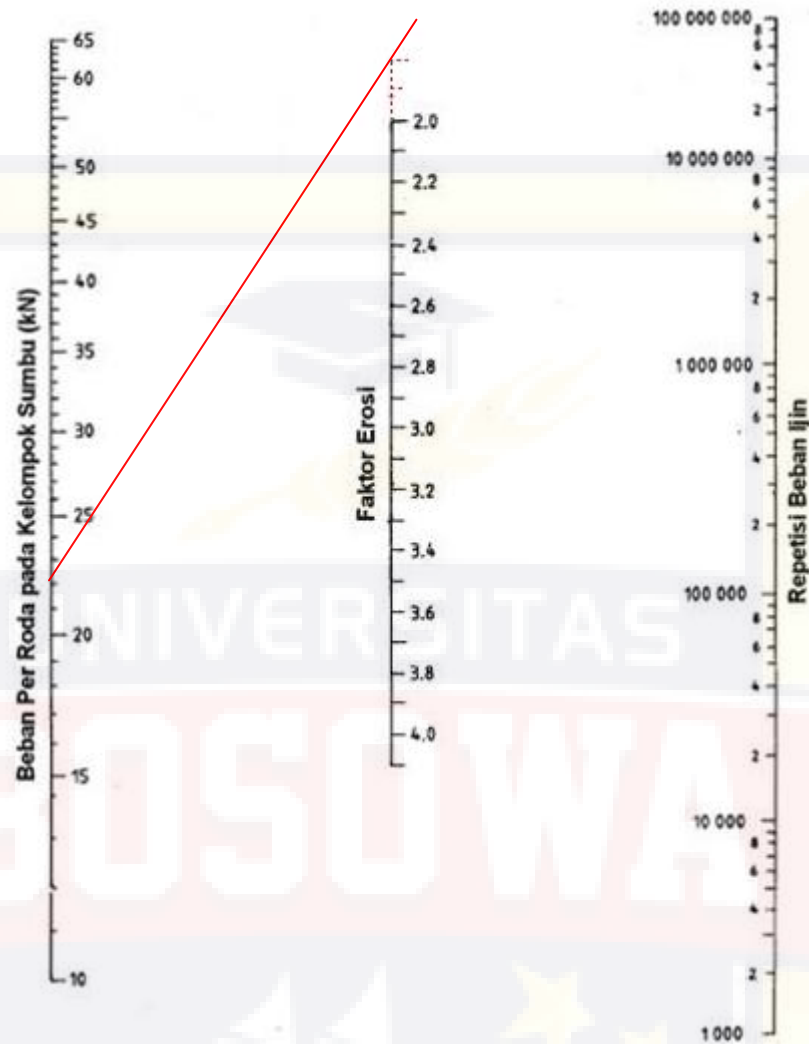


Gambar 4.23 Analisis erosi dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, tanpa bahu beton (STRT 5 ton)

Beban per Roda = 27,50

Faktor erosi = 1,82

Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)

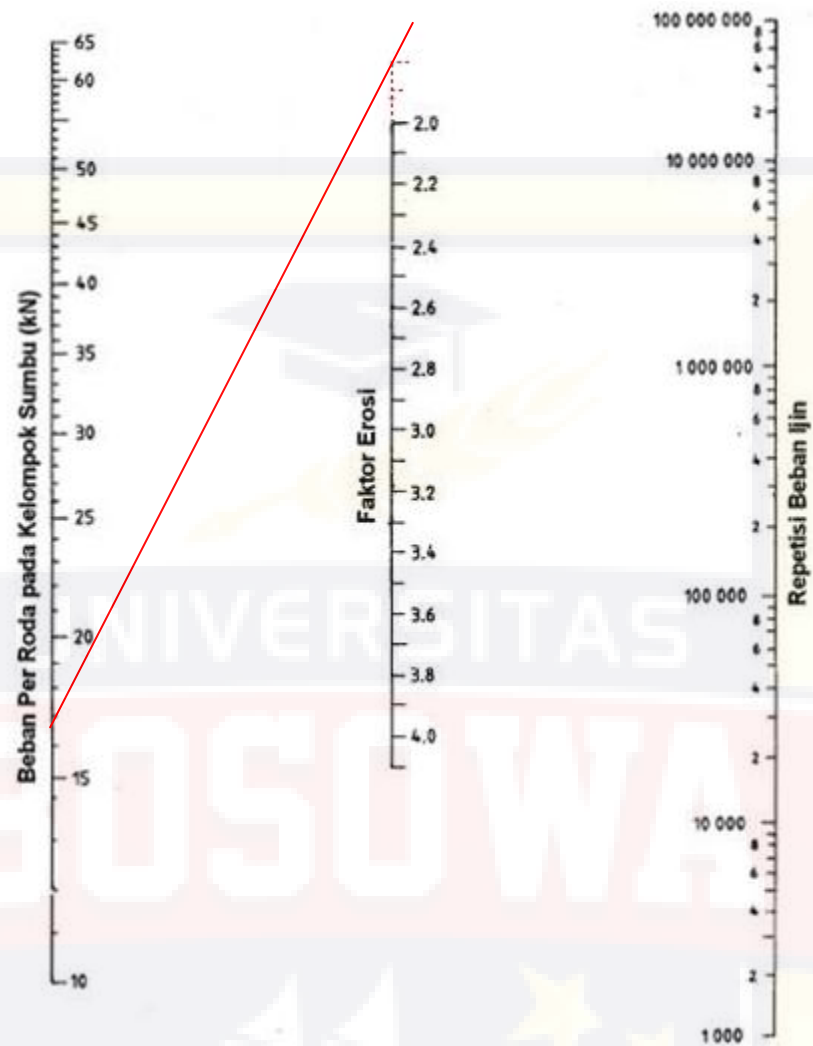


Gambar 4.24 Analisis erosi dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, tanpa bahu beton (STRT 4 ton)

Beban per Roda = 22

Faktor erosi = 1,82

Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)

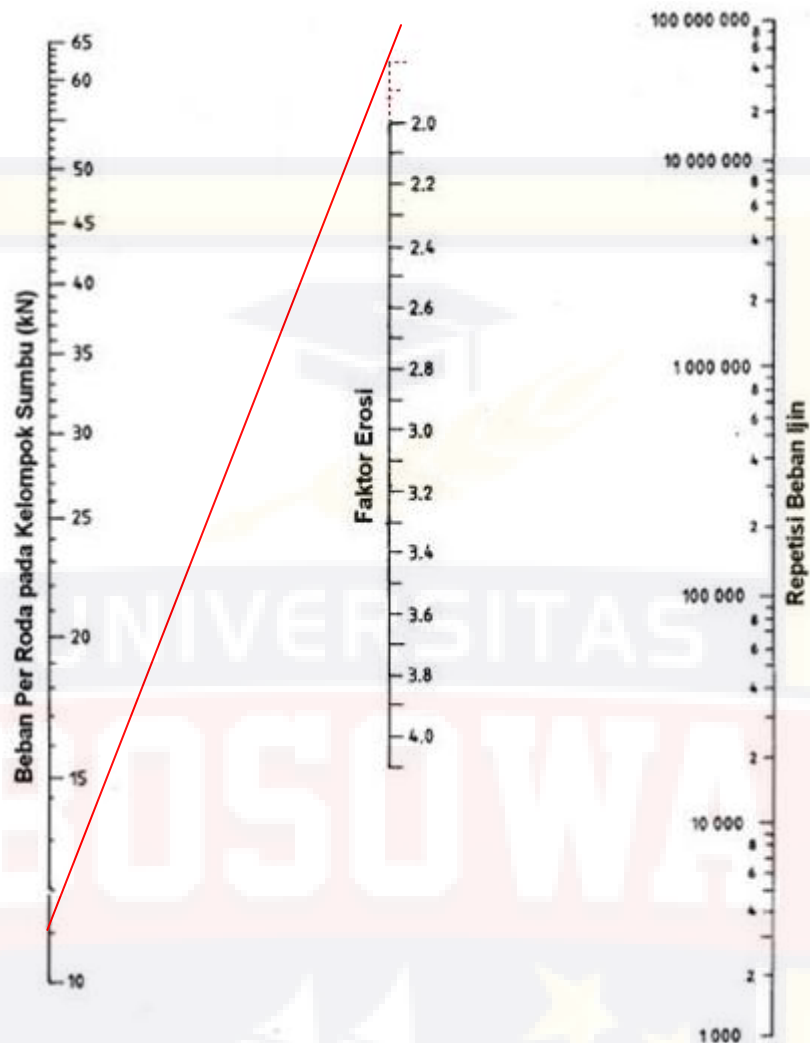


Gambar 4.25 Analisis erosi dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, tanpa bahu beton (STRT 3 ton)

Beban per Roda = 16,50

Faktor erosi = 1,82

Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)

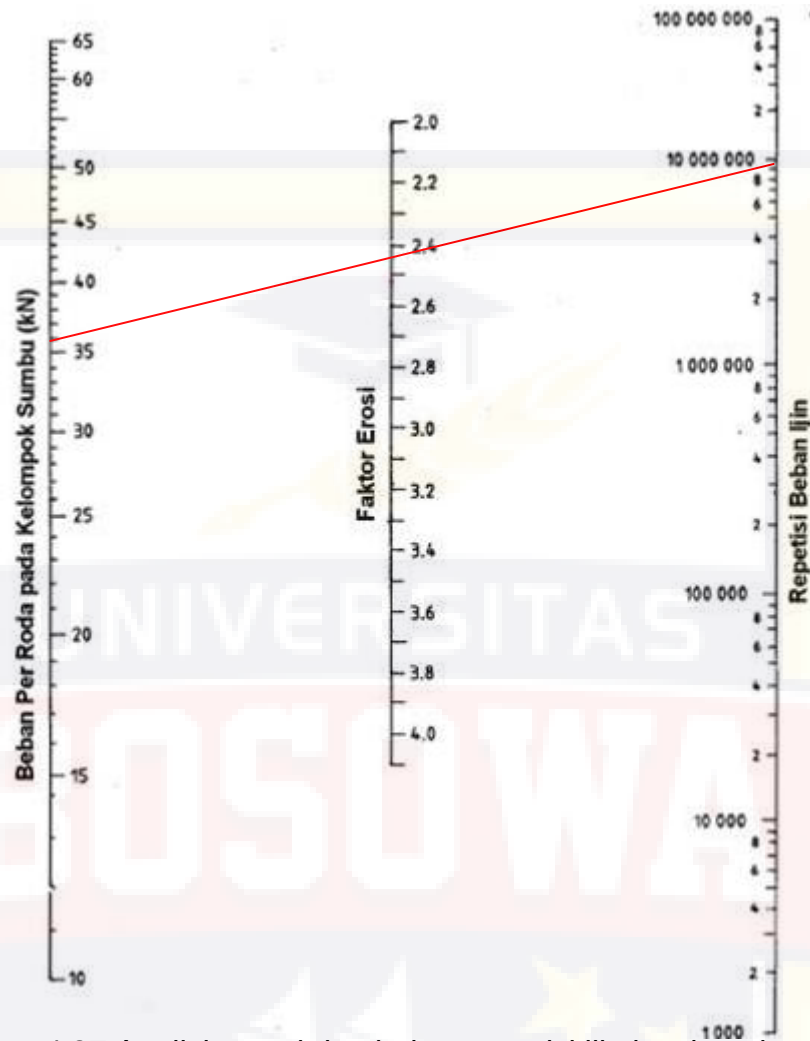


Gambar 4.26 Analisis erosi dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, tanpa bahu beton (STRT 2 ton)

Beban per Roda = 11

Faktor erosi = 1,82

Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)

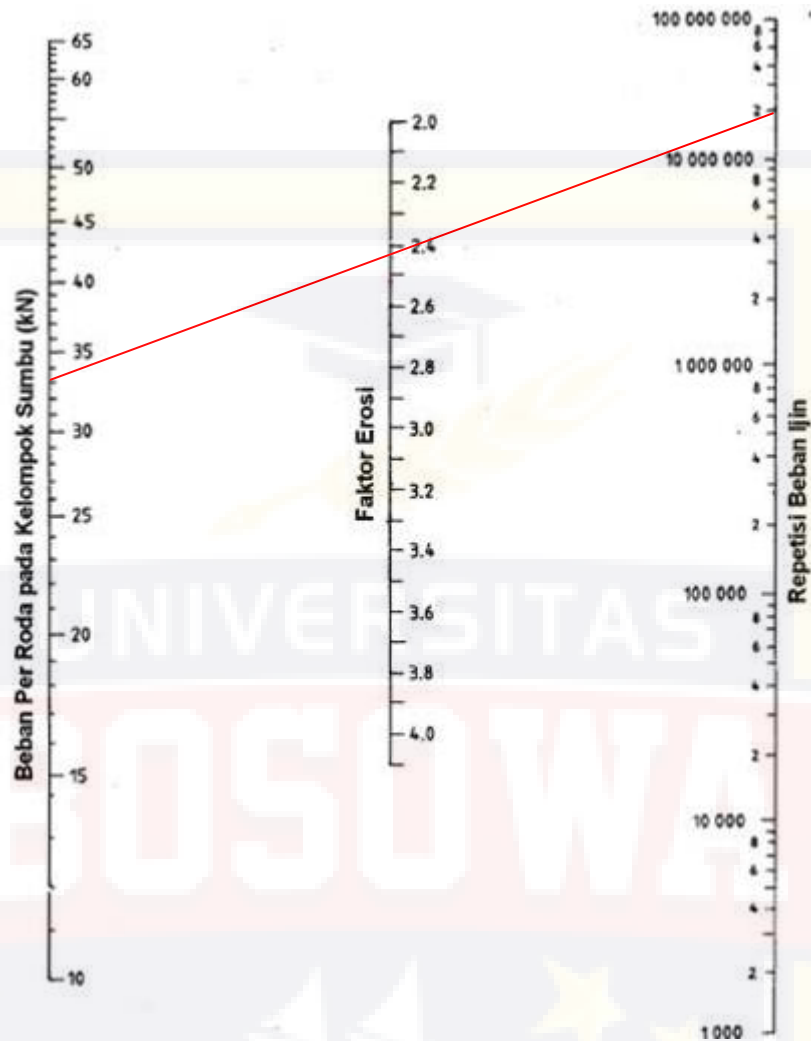


Gambar 4.27 Analisis erosi dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, tanpa bahu beton (STRG 13 ton)

Beban per Roda = 35,75

Faktor erosi = 2,42

Repetisi beban ijin = 9×10^6

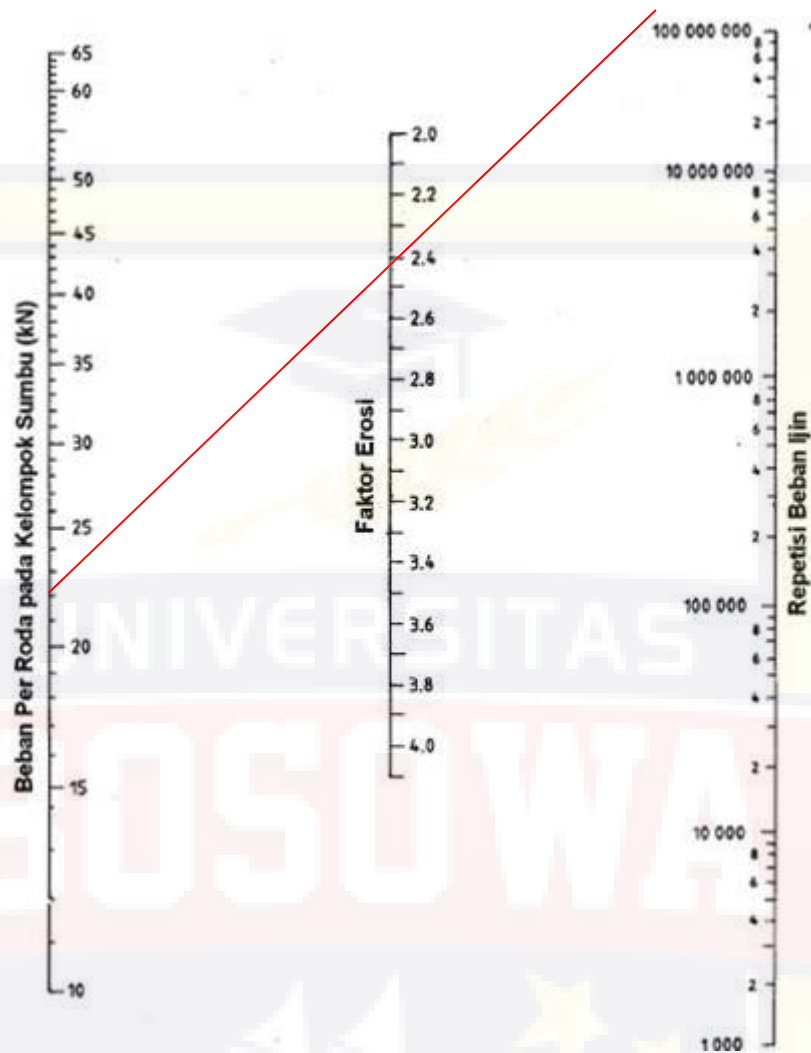


Gambar 4.28 Analisis erosi dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, tanpa bahu beton (STRG 12 ton)

Beban per Roda = 33

Faktor erosi = 2,42

Repetisi beban ijin = 18×10^6

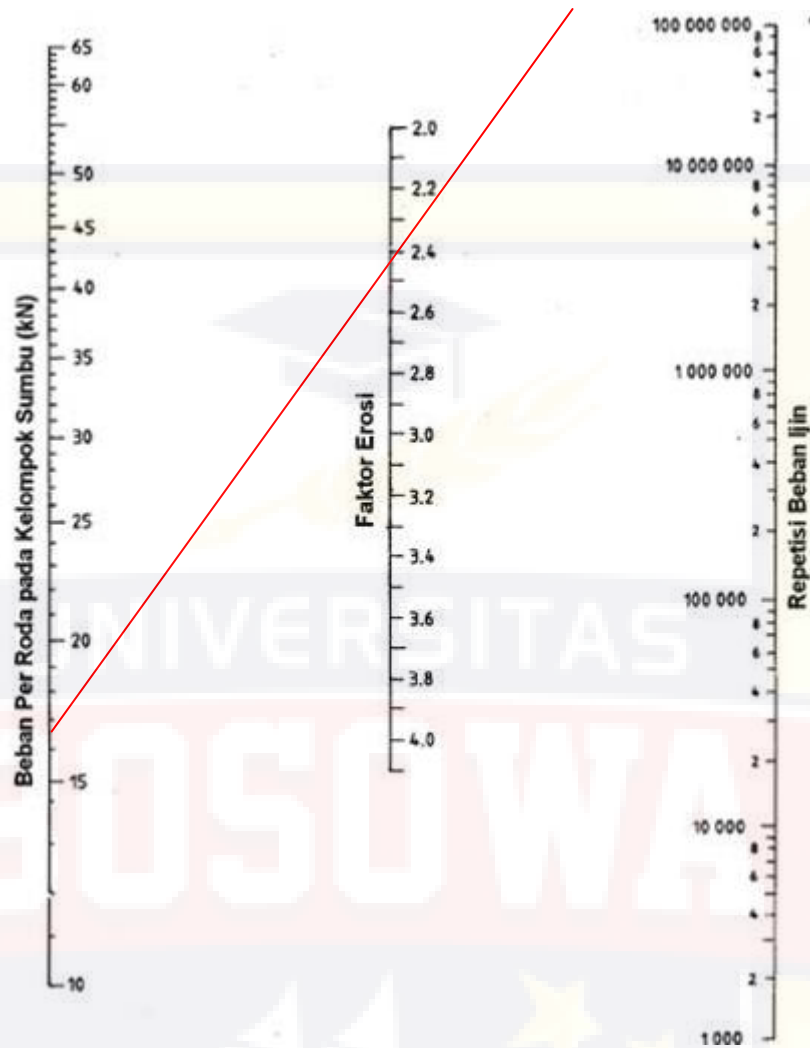


Gambar 4.29 Analisis erosi dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, tanpa bahu beton (STRG 8 ton)

Beban per Roda = 22

Faktor erosi = 2,42

Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)

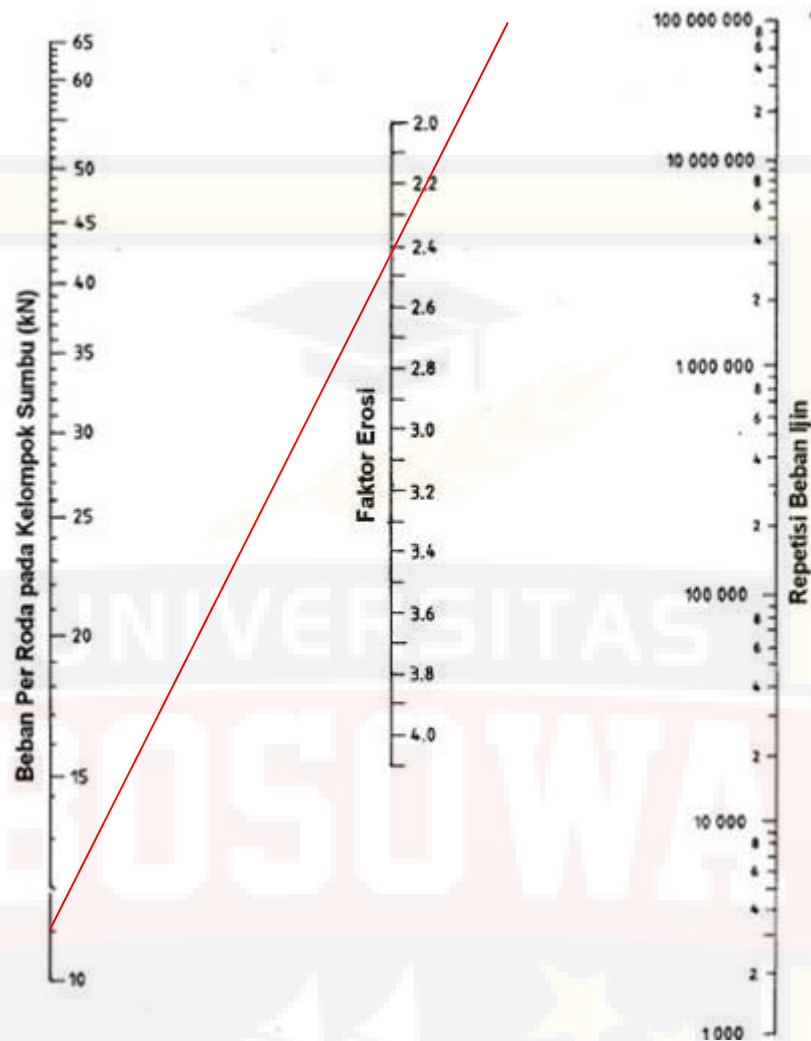


Gambar 4.30 Analisis erosi dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, tanpa bahu beton (STRG 6 ton)

Beban per Roda = 16,50

Faktor erosi = 2,42

Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)

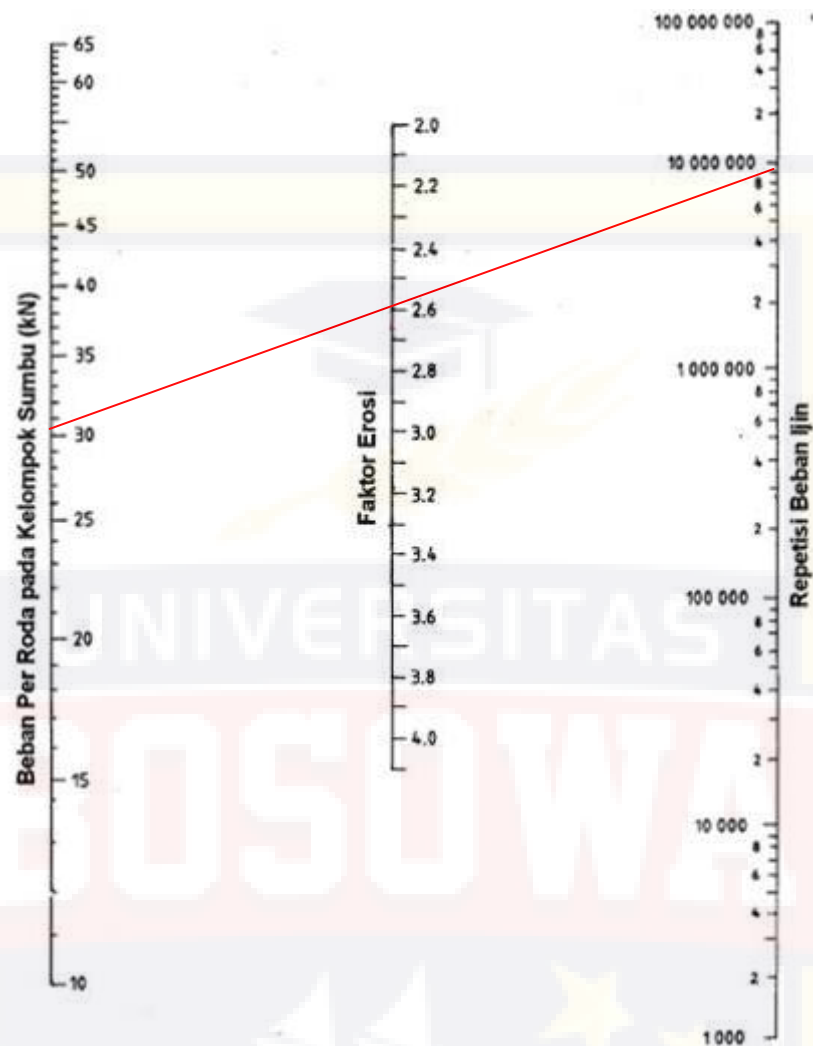


Gambar 4.31 Analisis erosi dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, tanpa bahu beton (STRG 4 ton)

Beban per Roda = 11

Faktor erosi = 2,42

Repetisi beban ijin = Tak Terhingga (TT)

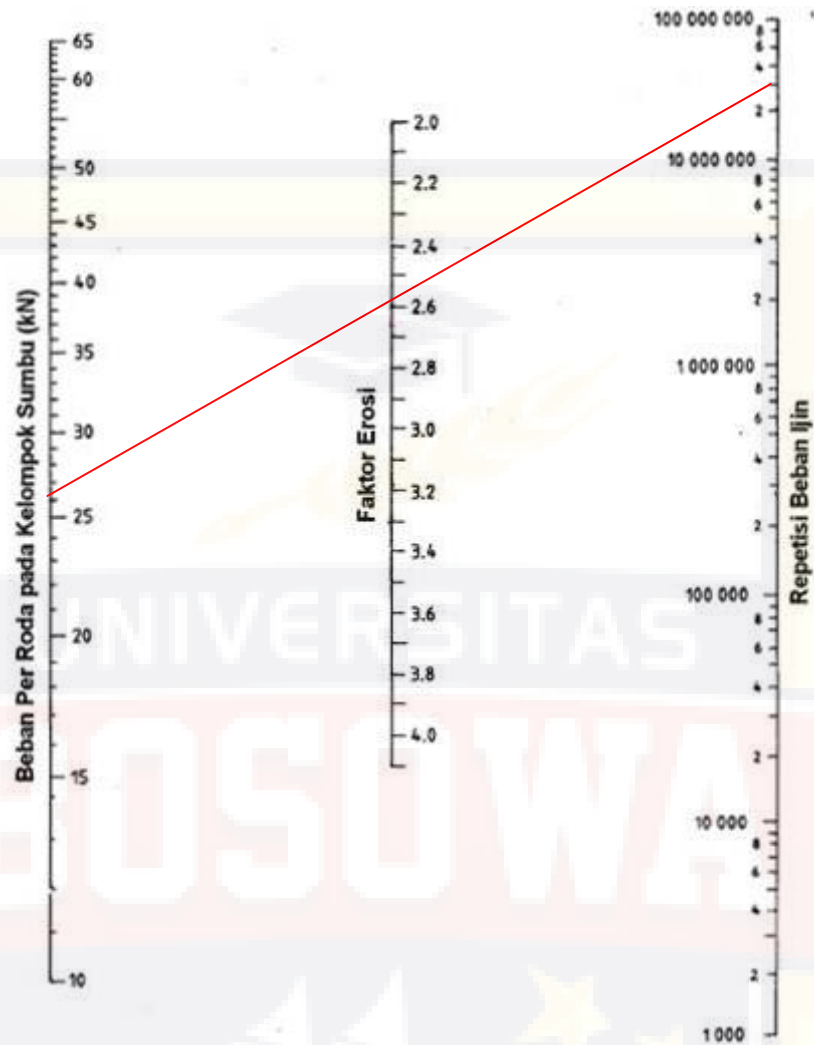


Gambar 4.32 Analisis erosi dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, tanpa bahu beton (STdRG 22 ton)

Beban per Roda = 30,25

Faktor erosi = 2,59

Repetisi beban ijin = $9,1 \times 10^6$

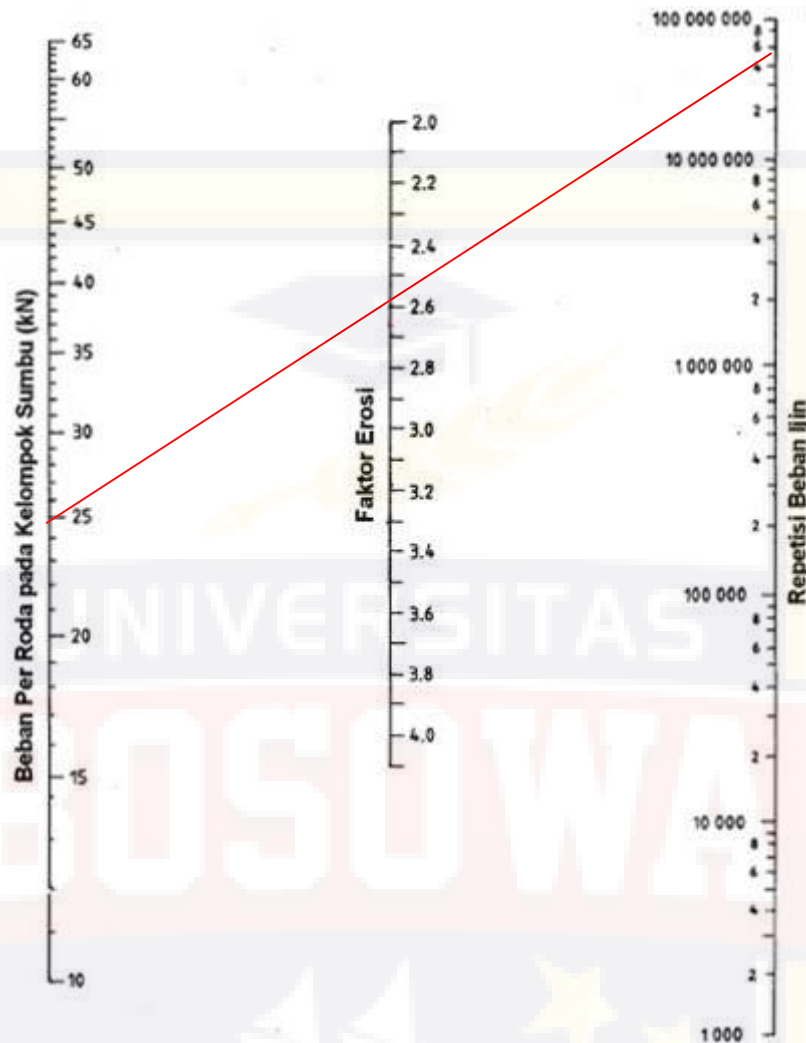


Gambar 4.33 Analisis erosi dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, tanpa bahu beton (STdRG 19 ton)

Beban per Roda = 26,125

Faktor erosi = 2,59

Repetisi beban ijin = 30×10^6

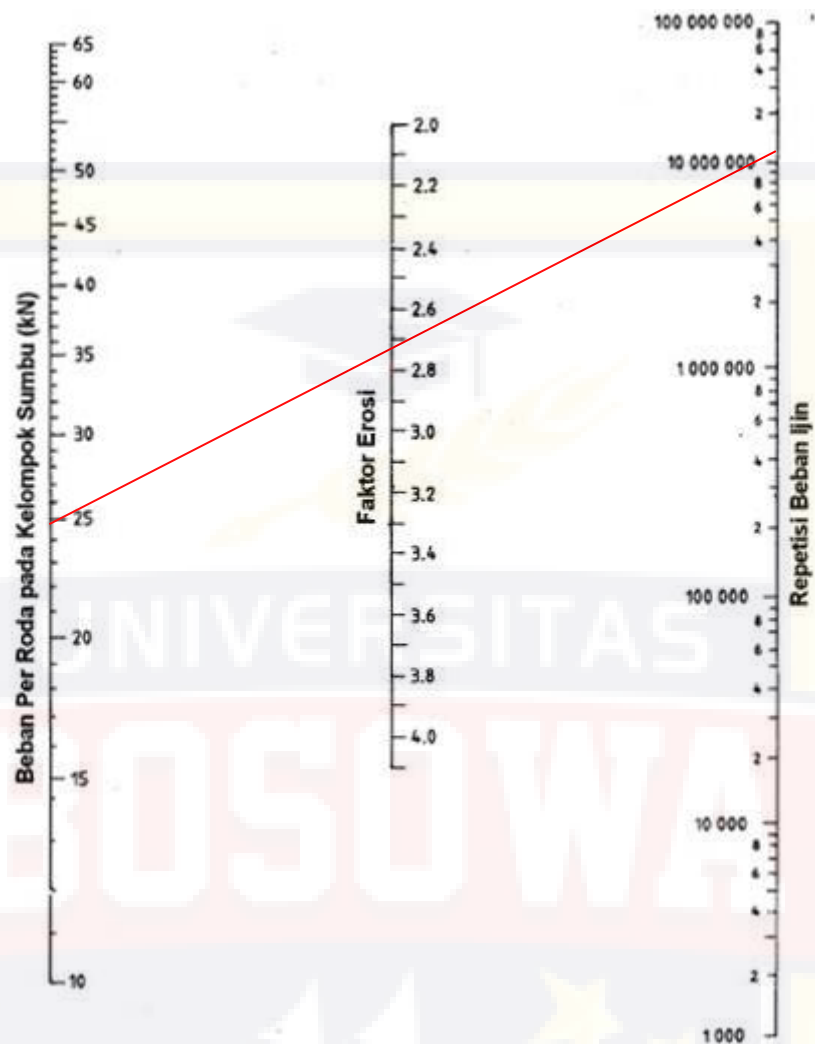


Gambar 4.34 Analisis erosi dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, tanpa bahu beton (STdRG 18 ton)

Beban per Roda = 24,75

Faktor erosi = 2,59

Repetisi beban ijin = 50×10^6



Gambar 4.35 Analisis erosi dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, tanpa bahu beton (S_{Tr}RG 27 ton)

Beban per Roda = 24,75

Faktor erosi = 2,73

Repetisi beban ijin = 11×10^6

Tabel 4.25 Analisa Fatik dan Erosi, tebal pelat 270 mm

Jenis Sumbu	Beban Sumbu Ton (KN)	Beban Rencana per Roda (KN)	Repetisi yang terjadi	Faktor Tegangan dan Erosi	Analisa Fatik		Analisa Erosi	
					Repetisi ijin	Persen rusak (%)	Repetisi ijin	Persen rusak (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	$\frac{(7)-(4) \times 100}{(6)}$	(8)	$\frac{(9)-(4) \times 100}{(8)}$
STRT	8	44.00	1412139.30	TE = 0.63	TT	0	TT	0
	6	33.00	13105341.57	FRT= 0.14	TT	0	TT	0
	5	27.50	68884.84	FE = 1.82	TT	0	TT	0
	4	22.00	9626656.95		TT	0	TT	0
	3	16.50	619963.60		TT	0	TT	0
	2	11.00	31721470.66		TT	0	TT	0
STRG	13	35.75	551078.75	TE = 1.06	TT	0	9×10^6	6.123
	12	33.00	4184754.27	FRT= 0.235	TT	0	18×10^6	23.248
	8	22.00	12364829.50	FE = 2.42	TT	0	TT	0
	6	16.50	619963.60		TT	0	TT	0
	4	11.00	447751.49		TT	0	TT	0
STdRG	22	30.25	1153821.14	TE = 0.96	TT	0	9.1×10^6	12.680
	19	26.125	8162854.01	FRT= 0.213	TT	0	30×10^6	27.210
	18	24.75	309981.80	FE = 2.59	TT	0	50×10^6	0.620
STrRG				TE = 0.72				
	27	24.75	172212.11	FRT= 0.16	TT	0	11×10^6	1.565
				FE = 2.73				
Total					0 % < 100%		71.446 % < 100%	

Keterangan : TE = tegangan ekuivalen; FRT = faktor rasio tegangan; FE = faktor erosi; TT = tidak terbatas

Dengan tebal pelat 270 mm, hasil perhitungan diperoleh persen rusak analisa fatik 0 % dan persen rusak analisa erosi 71,446 % (lihat tabel 4.25) setelah sebelumnya tebal taksiran pelat 260 mm dianggap tidak aman karena diperoleh persen rusak analisa erosi >100%. Dengan demikian pelat beton dengan ketebalan 270 mm dapat dipakai dan tidak perlu dinaikkan lagi.

4.5. Perbandingan hasil desain perencanaan tebal perkerasan kaku metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013, metode AASHTO 1993 dan metode SNI PD-T 2003

Perbandingan parameter desain perkerasan dari ketiga metode dapat dilihat pada Tabel 4.26

Tabel 4.26. Parameter perencanaan tebal perkerasan

METODE	PARAMETER PERENCANAAN	DESAIN
MDP 2013	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis lalu lintas (CESA) <ul style="list-style-type: none"> - Umur rencana - LHR - Pertumbuhan lalu lintas (i) - Distribusi lajur (D_L) - Pengelompokan sumbu kendaraan niaga selama umur rencana 	<ul style="list-style-type: none"> • 4.814.715 <ul style="list-style-type: none"> - 40 tahun - - 2,5 % - 80 % -
AASHTO 1993	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis lalu lintas (ESAL) <ul style="list-style-type: none"> - LHR - Umur rencana (n) - Faktor distribusi arah (D_D) - Faktor distribusi lajur (D_L) - Pertumbuhan lalu lintas (g) - Vehicle damage factor • Reliability <ul style="list-style-type: none"> - Standard normal deviation (Z_R) - Standard deviation (S_o) • Serviceability loss Δ PSI (P_o-p_t) <ul style="list-style-type: none"> - Initial serviceability (p_o) - Terminal serviceability (p_t) • Modulus reaksi tanah dasar (k) <ul style="list-style-type: none"> - CBR (%) - Loss of support (LS) • Modulus elastisitas beton (E_c) • Flexural strength (S_c') • Drainage coefficient (C_d) • Load transfer coefficient (J) 	<ul style="list-style-type: none"> • 94.854.787 <ul style="list-style-type: none"> - 40 tahun - 0,7 - 90 % - 2,5 % • 75 % <ul style="list-style-type: none"> - - 0,674 - 0,35 • 2,5 <ul style="list-style-type: none"> - 4,5 - 2,0 • 160 pci <ul style="list-style-type: none"> - 2,07 - 1 • 4.021.227 psi • 640 psi • 1,15 • 3,2

SNI PD-T 14 2003	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis lalu lintas (JSKN) <ul style="list-style-type: none"> - LHR - Umur rencana (UR) - Koefisien distribusi (C) - Repetisi sumbu kendaraan - Pertumbuhan lalu lintas (i) • CBR efektif (%) <ul style="list-style-type: none"> - CBR tanah dasar (%) - Jenis dan tebal pondasi bawah • Jenis perkerasan • Flexural strength • Jenis bahu jalan • Faktor keamanan beban 	<ul style="list-style-type: none"> • 84.590.588 - 40 tahun - 0,7 - 2,5 % • 20 - 2,07 - CBK 125 mm • BBTT dengan ruji • 45 kg/cm² • Bukan beton • 1,1
---------------------	---	--

Seperti yang dilihat pada tabel di atas, perbedaan parameter desain dan ketentuan ketentuan yang digunakan dari ketiga metode tentunya menghasilkan tebal dan lapisan lapisan perkerasan yang berbeda. Hasil desain dari masing-masing metode dapat dilihat pada tabel 4.27 di bawah.

Tabel 4.27. Hasil desain perencanaan tebal perkerasan

METODE	STRUKTUR PERKERASAN	TEBAL
1) Manual Desain Perkerasan Jalan 2013	<ul style="list-style-type: none"> • Urugan pilihan • Lapis pondasi agregat kelas A • Lapis pondasi beton kurus (LMC) • Pelat beton 	<ul style="list-style-type: none"> • 250 mm • 150 mm • 150 mm • 265 mm
2) AASHTO 1993	<ul style="list-style-type: none"> • Lapis pondasi beton kurus (LMC) • Pelat beton 	<ul style="list-style-type: none"> • 150 mm • 305 mm

3) SNI PD-T 14 2003	<ul style="list-style-type: none"> • Lapis pondasi beton kurus (LMC) • Pelat beton 	<ul style="list-style-type: none"> • 125 mm • 270 mm
---------------------	--	--

4.5.1 Penentuan diameter dowel dan tie bar tebal perkerasan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013, metode AASHTO 1993 dan metode SNI PD-T 2003

1) Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

- Dowel

Untuk diameter dowel digunakan besi polos Ø 36 mm dengan

pendekatan sebagai berikut :

$$d = \frac{D}{8}$$

dimana :

d = Diameter dowel (inches)

D = Tebal pelat (inches)

$$d = \frac{265 \text{ mm}}{8} = \frac{10,433}{8} = 1,304 \text{ inchi atau } 33,125 \text{ mm} \approx \text{Ø } 36 \text{ mm dengan}$$

panjang ruji polos 45 cm dengan jarak antara ruji 30 cm.

- Tie bar

Untuk diameter baja ulir dan panjang batang pengikat tie bar digunakan besi polos Ø 16 dengan panjang dan jarak antar batang pengikat menggunakan pendekatan sebagai berikut :

$$l = (38,3 \times \emptyset) + 75$$

dimana :

l = Panjang batang pengikat (mm)

\emptyset = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm)

Jarak antar batang pengikat digunakan 75 cm.

$$l = (38,3 \times \emptyset) + 75$$

$$= (38,3 \times 16) + 75$$

$$= 687,8 \text{ mm} \approx 70 \text{ cm}$$

Jadi, untuk tie bar digunakan besi ulir diameter 16 mm, panjang batang pengikat 70 cm dengan jarak antar batang pengikat 75 cm.

2) Metode AASHTO 1993

- Dowel

Untuk diameter dowel digunakan besi polos \emptyset 1 ¼ inchi atau 32 mm, panjang dowel 18 inchi atau 45 cm dengan jarak antar dowel 30 cm dengan menggunakan rekomendasi dowel pada tabel 4.28 dibawah ini :

Tabel 4.28. Rekomendasi dowel

Tebal perkerasan (in)	Dowel diameter (in)	Panjang dowel (in)	Jarak dowel (in)
6	3/4	18	12
7	1	18	12
8	1	18	12
9	1 1/4	18	12
10	1 1/4	18	12
11	1 1/4	18	12
12	1 1/4	18	12

Sumber : Ari Suryawan, 2005

- Tie bar

Untuk diameter tie bar, panjang, dan jarak antar batang pengikat digunakan besi polos \varnothing 5/8 inchi atau 16 mm, panjang tie bar 30 inchi atau 75 cm dan jarak antar batang pengikat diasumsikan 70 cm (dari jarak maksimum 120 cm) dengan menggunakan rekomendasi tie bar pada tabel 4.29 dibawah ini :

Tabel 4.29. Rekomendasi tie bar

Jenis dan mutu baja	Tegangan kerja (psi)	Tebal perkerasan (in)	Diameter batang 1/2 in				Diameter batang 5/8 in			
			Panjang (in)	Jarak maximum (in)			Panjang (in)	Jarak maximum (in)		
				Lebar lajur 10 ft	Lebar lajur 11 ft	Lebar lajur 12 ft		Lebar lajur 10 ft	Lebar lajur 11 ft	Lebar lajur 12 ft
Grade 40	30.000	6	25	48	48	48	30	48	48	48
		7	25	48	48	48	30	48	48	48
		8	25	48	44	40	30	48	48	48
		9	25	48	40	38	30	48	48	48
		10	25	48	38	32	30	48	48	48
		11	25	35	32	29	30	48	48	48
		12	25	32	29	26	30	48	48	48

Sumber : Ari Suryawan, 2005

3) Metode SNI PD-T 14 2003

- Dowel

Untuk diameter dowel digunakan besi polos \varnothing 36 mm dengan rekomendasi dowel berdasarkan pedoman PD-T 14 2003 pada tabel 4.30 dibawah.

Tabel 4.30. Rekomendasi dowel

No	Tebal pelat beton, h (mm)	Diameter ruji (mm)
1	125 < h ≤ 140	20
2	140 < h ≤ 160	24
3	160 < h ≤ 190	28
4	190 < h ≤ 220	33
5	220 < h ≤ 250	36

Atau dengan menggunakan pendekatan sebagai berikut :

$$d = \frac{D}{8}$$

dimana :

d = Diameter dowel (inches)

D = Tebal pelat (inches)

$$d = \frac{270 \text{ mm}}{8} = \frac{10,630}{8} = 1,328 \text{ inchi atau } 33,750 \text{ mm} \approx \text{Ø } 36 \text{ mm dengan}$$

panjang ruji polos 45 cm dengan jarak antara ruji 30 cm.

- Tie bar

Untuk diameter baja ulir dan panjang batang pengikat tie bar digunakan besi polos Ø 16 dengan panjang dan jarak antar batang pengikat menggunakan pendekatan sebagai berikut :

$$l = (38,3 \times \text{Ø}) + 75$$

dimana :

l = Panjang batang pengikat (mm)

Ø = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm)

Jarak antar batang pengikat digunakan 75 cm.

$$\begin{aligned} l &= (38,3 \times \text{Ø}) + 75 \\ &= (38,3 \times 16) + 75 \\ &= 687,8 \text{ mm} \approx 70 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jadi, untuk tie bar digunakan besi ulir diameter 16 mm, panjang batang pengikat 70 cm dengan jarak antar batang pengikat 75 cm.

Hasil penentuan dowel dan tie bar dari masing-masing metode dapat dilihat pada tabel 4.31 berikut ini.

Tabel 4.31. Dowel dan tie bar yang digunakan

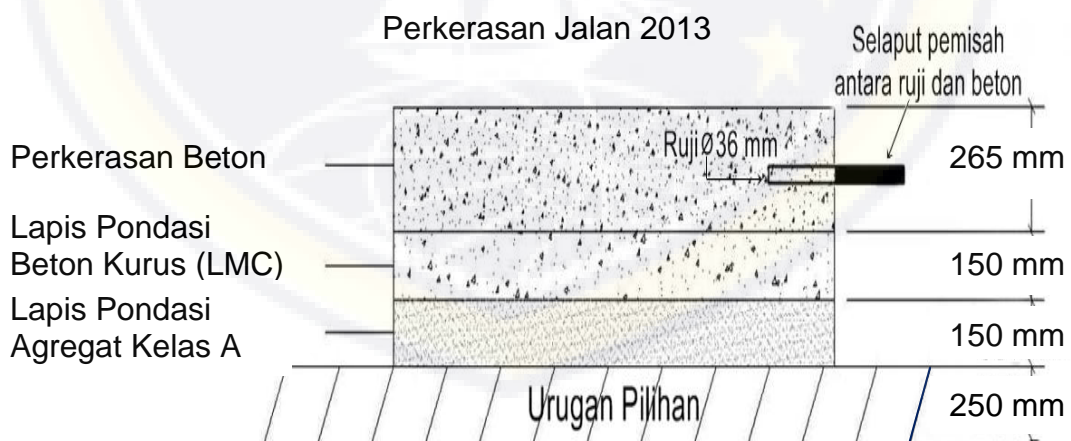
METODE	Dowel	Tie Bar
1) Manual Desain Perkerasan Jalan 2013	<ul style="list-style-type: none"> • Ø 36 mm • Panjang 45 cm • Jarak 30 cm 	<ul style="list-style-type: none"> • Ø 16 mm • Panjang 70 cm • Jarak 75 cm
2) AASHTO 1993	<ul style="list-style-type: none"> • Ø 32 mm • Panjang 45 cm • Jarak 30 cm 	<ul style="list-style-type: none"> • Ø 16 mm • Panjang 75 cm • Jarak 70 cm
3) SNI PD-T 14 2003	<ul style="list-style-type: none"> • Ø 36 mm • Panjang 45 cm • Jarak 30 cm 	<ul style="list-style-type: none"> • Ø 16 mm • Panjang 70 cm • Jarak 75 cm

Berdasarkan tabel 4.27 dan tabel 4.31 di atas, tebal perkerasan untuk jalan Frontage Tol Seksi IV Makassar dengan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 didapat tebal pelat beton 265 mm dengan campuran beton beton kurus 150 mm, lapis pondasi agregat kelas A 150 mm dan 250 mm urugan pilihan untuk peningkatan tanah dasar, Metode AASHTO 1993 didapat tebal pelat beton 305 mm dengan tebal lapis pondasi beton kurus 150 mm. Sedangkan dengan Metode SNI PD-T 14

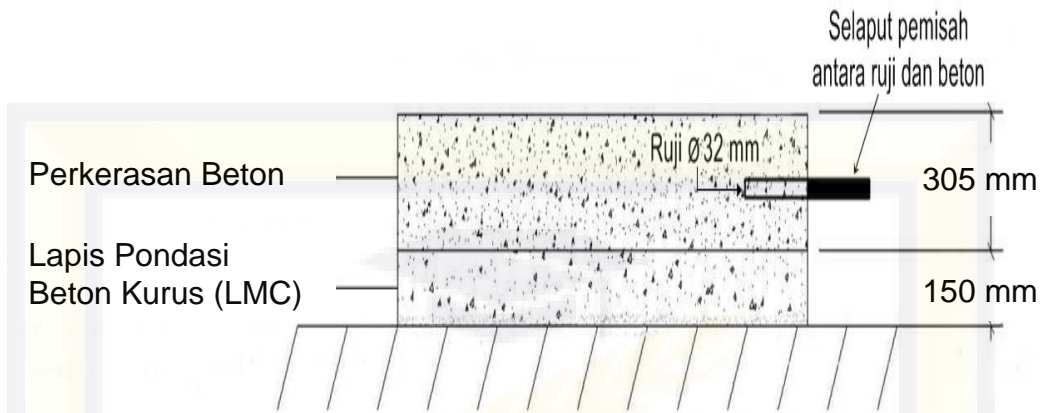
2003, didapat tebal pelat beton 270 mm dengan tebal lapis pondasi beton kurus 125 mm. Maka, untuk desain perencanaan tebal perkerasan dengan dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 didapat tebal pelat 265 mm atau lebih tipis 40 mm dan 5 mm dibandingkan dengan perencanaan tebal pelat metode AASHTO 1993 dan SNI PD-T 14 2003. namun perlu dipertimbangkan mengenai keekonomisan desain dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 jika untuk kebutuhan rekonstruksi dengan panjang 1, 185 km jalan yang membutuhkan penanganan untuk rekonstruksi dari total 20,080 km panjang jalan karena ketentuan metode ini diharuskan menggunakan lapis pondasi agregat kelas A 150 mm dan urugan pilihan untuk peningkatan tanah dasar 250 mm.

Untuk lebih jelasnya , hasil desain dapat dilihat pada gambar berikut.

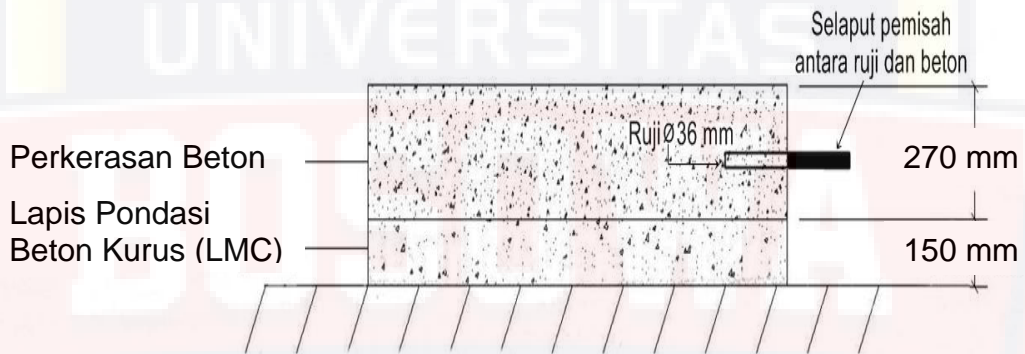
Gambar 4.36 Struktur perkerasan kaku dengan metode Manual Desain



Gambar 4.37 Struktur perkerasan kaku dengan metode AASHTO 1993



Gambar 4.38 Struktur perkerasan kaku dengan metode SNI PD-T 14 2003



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan masing-masing metode, maka diperoleh kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut :

1. Tebal pelat beton berdasarkan perhitungan dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 adalah 265 mm dengan lapis pondasi beton kurus 150 mm, lapis pondasi agregat kelas A 150 mm dan urugan pilihan untuk perkuatan tanah dasar 250 mm, metode AASHTO 1993 didapat tebal pelat 305 mm dengan menggunakan lapis pondasi beton kurus 150 mm, sedangkan berdasarkan metode SNI PD-T 14 2003 didapat tebal pelat 270 mm dengan menggunakan lapis pondasi beton kurus 125 mm. Hal ini dikarenakan perbedaan parameter input dari masing-masing metode.
2. Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 lebih ekonomis dalam hal ketebalan pelat beton yang tentunya akan lebih menghemat penggunaan material dengan ketebalan pelat beton lebih tipis 40 mm dengan metode AASHTO 1993 dan ketebalan pelat beton lebih tipis 5 mm dengan metode SNI PD-T 14 2003.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian, pembahasan, dan kesimpulan yang ada maka dapat disampaikan beberapa saran :

1. Untuk mendapatkan levelling antara perkerasan lama dengan perkerasan baru, maka perlu dilakukan pelapisan tambah diatas perkerasan lama atau dengan melakukan galian sesuai dengan tebal yang dibutuhkan.
2. Diperlukan pemantauan dan pengamatan kerusakan secara rutin apabila ada kemungkinan jalan rusak maka segera diadakan perbaikan dengan metode perbaikan yang sesuai agar kerusakan dikemudian hari tidak bertambah luas.
3. Sistem saluran drainase disekitar ruas jalan perlu ditingkatkan agar perkerasan tidak mudah tergenang.
4. Walaupun perencanaan tebal perkerasan dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 lebih ekonomis atau lebih tipis dibandingkan dengan metode AASHTO 1993 dan SNI PD-T 14 2003, tetapi perlu dipertimbangkan bila digunakan untuk kebutuhan rekonstruksi yang panjangnya hanya 1,185 km dari total panjang jalan 20,080 km karena selain lapis pondasi beton kurus, ketentuan desain juga diharuskan menggunakan lapis pondasi agregat kelas A, dan urugan pilihan untuk perkuatan tanah dasar.



LAMPIRAN

KESIMPULAN HASIL PENGUJIAN TANAH

PROYEK : PERENCANAAN TEKNIS PERBAIKAN JALAN FRONTEGE SEKSI IV
LOKASI : KOTA MAKASSAR
KONSULTAN : PT. DACREA
SAMPEL : TANAH DARI LOKASI

NO.	PEGUJIAN	STANDARD	NILAI	SPESIFIKASI BM 2010	
1	Kepadatan Modified	SNI 03-1742-1989 / AASHTO T-180-74			
	Kepadatan Kering Maks. (gr/cm ³)				
	Kadar Air Optimum (wop)				
2	CBR Test (Rendaman 4 Hari)	SNI 03-1744-1989 / ASTM D 1883 - 73	: BANDARA 1 + 025	2.07%	Min. 6 %
			: BANDARA 3 + 550	2.33%	
			: BANDARA 8 + 150	2.83%	
3	Uji Atterberg	SNI 03-1967-1990 / ASTM D 423 - 424			
	Batas Cair (LL)				
	Batas Plastis (PL)				
	Indeks Plastis (IP)				
4	Nilai aktif = (IP / % Kadar Lumpur)			< 1,25	
5	Klasifikasi Tanah	AASHTO		Bukan A-7-6	
6	Kandungan Organik	ASTM C 40 - 66		< No. 3	

CBR Test
(PEMERIKSAAN CBR)

SNI 03-1744-1989

PROYEK : PERENCANAAN TEKNIS PERBAIKAN JALAN FRONTEGE SEKSI IV
LOKASI : KOTA MAKASSAR
KONSULTAN : PT. DACREA
SAMPEL : BANDARA 1 + 025

BERAT ISI :

Berat Mould + Tanah basah	12723	gram
Berat Mould	7060	gram
Berat Tanah Basah	5663	gram
Isi Mould	3084.72	cm ³
Berat isi basah	1.84	gram/cm ³
Berat isi kering	1.467	gram

KADAR AIR :

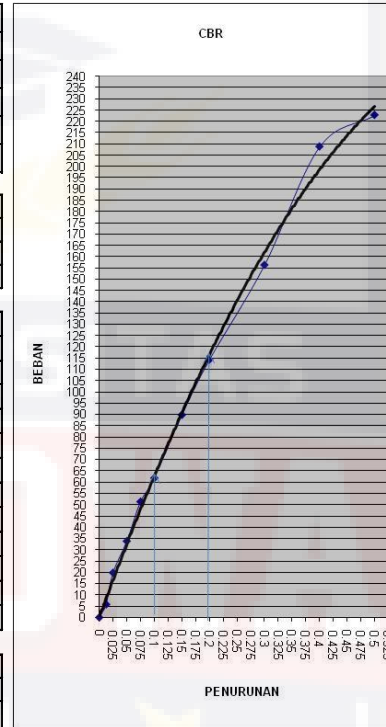
Tanah basah + cawan	71.25	gram
Tanah kering + cawan	62.45	gram
Berat cawan	27.4	gram
Kadar Air	25.11	%

PENETRASI :

WAKTU (menit)	PENURUNAN (Inchi)	Pembacaan Arloji	Beban (lb)
0.00	0	0.0	0
0.25	0.0125	1.2	5.82
0.50	0.0250	1.6	19.82
1.00	0.0500	2.0	33.82
1.50	0.0750	2.5	51.32
2.00	0.1000	2.8	61.82
3.00	0.1500	3.6	89.82
4.00	0.2000	4.3	114.32
6.00	0.3000	5.5	156.32
8.00	0.4000	7.0	208.82
10.00	0.5000	7.4	222.82

CBR %	CBR %
0,1"	0,2"
{62/(3 x 1000)} x 100%	{115/(3 x 1500)} x 100%
2.07%	2.56%

Kalibrasi Ring = ((15.873 X) - 16.408) x 2.205 Lbs



C B R Test
(PEMERIKSAAN CBR)

SNI 03-1744-1989

PROYEK : PERENCANAAN TEKNIS PERBAIKAN JALAN FRONTAGE SEKSI IV
LOKASI : KOTA MAKASSAR
KONSULTAN : PT. DACREA
SAMPEL : BANDARA 3 + 550

BERAT ISI :

Berat Mould + Tanah basah	12640	gram
Berat Mould	7060	gram
Berat Tanah Basah	5580	gram
Isi Mould	3084.72	cm3
Berat isi basah	1.81	gram/cm3
Berat isi kering	1.466	gram

KADAR AIR :

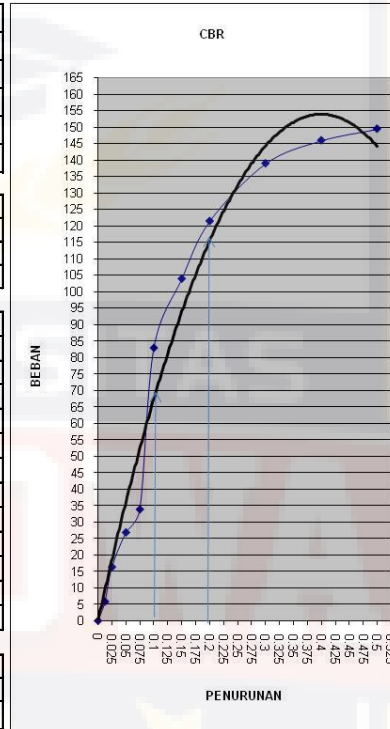
Tanah basah + cawan	71.6	gram
Tanah kering + cawan	63.25	gram
Berat cawan	27.6	gram
Kadar Air	23.42	%

PENETRASI :

WAKTU (menit)	PENURUNAN (Inchi)	Pembacaan Arloji	Beban (lb)
0.00	0	0.0	0
0.25	0.0125	1.2	5.82
0.50	0.0250	1.5	16.32
1.00	0.0500	1.8	26.82
1.50	0.0750	2.0	33.82
2.00	0.1000	3.4	82.82
3.00	0.1500	4.0	103.82
4.00	0.2000	4.5	121.32
6.00	0.3000	5.0	138.82
8.00	0.4000	5.2	145.82
10.00	0.5000	5.3	149.32

CBR %	CBR %
0,1"	0,2"
$\{70/(3 \times 1000)\} \times 100\%$	$\{115/(3 \times 1500)\} \times 100\%$
2.33%	2.56%

Kalibrasi Ring = $\{(15.873 \times X) - 16.408\} \times 2.205$ Lbs



C B R Test
(PEMERIKSAAN CBR)

SNI 03-1744-1989

PROYEK : PERENCANAAN TEKNIS PERBAIKAN JALAN FRONTAGE SEKSI IV
LOKASI : KOTA MAKASSAR
KONSULTAN : PT. DACREA
SAMPEL : BANDARA 8 + 150

BERAT ISI :

Berat Mould + Tanah basah	12755	gram
Berat Mould	7060	gram
Berat Tanah Basah	5695	gram
Isi Mould	3084.72	cm ³
Berat isi basah	1.85	gram/cm ³
Berat isi kering	1.442	gram

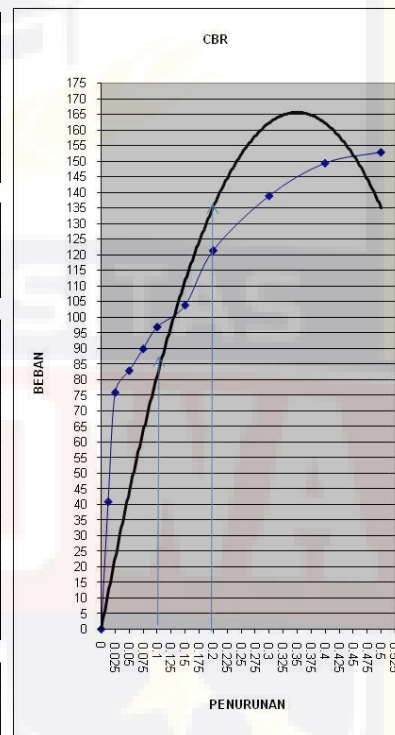
KADAR AIR :

Tanah basah + cawan	75.15	gram
Tanah kering + cawan	64.75	gram
Berat cawan	27.6	gram
Kadar Air	27.99	%

PENETRASI :

WAKTU (menit)	PENURUNAN (Inchi)	Pembacaan Arloji	Beban (lb)
0.00	0	0.0	0
0.25	0.0125	2.2	40.82
0.50	0.0250	3.2	75.82
1.00	0.0500	3.4	82.82
1.50	0.0750	3.6	89.82
2.00	0.1000	3.8	96.82
3.00	0.1500	4.0	103.82
4.00	0.2000	4.5	121.32
6.00	0.3000	5.0	138.82
8.00	0.4000	5.3	149.32
10.00	0.5000	5.4	152.82

CBR %	CBR %
0,1"	0,2"
{85/(3 x 1000)} x 100%	{135/(3 x 1500)} x 100%
2.83%	3.00%



Kalibrasi Ring = ((15.873 X) - 16.408) x 2.205 Lbs



FORMULIR HIMPUNAN PERHITUNGAN LALU LINTAS
 SELAMA 24 JAM (FORMULIR LAPORAN)

Nomor Propinsi:

Nama Propinsi: **S U L A W E S I S E L A T A N**

Kelas/Nomor Pos: **3**

Lokasi Pos: **K M 0 0 4 + 4 2 5**

Tanggal: **2 9 - 0 1 - 1 5** Hari ke: **1**
 (Hari) (Bulan) (Tahun)

Kelompok Hitungan:

Periode:

Dari: **B A N D A R A**

Ke: **P E L A B U H A N**

Golongan	1	2	3	4	5a	5b	6.1	6.2	7.1	7.2	8.1	8.2	9.1	9.2	9.3	10	11	12	13	14	15
Pukul	Sepeda Motor, Sekuter Sepeda Kumbang dan Kendaraan Roda Tiga	Sedan, Jeep dan Station Wagon	Opelet, Pick-up-opelet Suburban, Combi dan Mini Bus	Pick-up, Micro Truk dan Mobil Hantaran	Bus Kecil	Bus Besar	Truk 2 Sumbu Cargo Ringan	Truk 2 Sumbu Ringan	Truk 2 Sumbu Cargo Sedang	Truk 2 Sumbu Sedang	Truk 2 Sumbu Cargo Berat	Truk 2 Sumbu Berat	Truk 3 Sumbu Ringan	Truk 3 Sumbu Sedang	Truk 3 Sumbu Berat	Truk 2 Sumbu & Gandengan	Truk 4 Sumbu Trailer	Truk 5 Sumbu Trailer	Truk 5 Sumbu Trailer	Truk 6 Sumbu Trailer	Kendaraan Tidak Bermotor
6 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰	402	181	-	11	4	1	8	4	4	-	-	-	2	-	-	-	16	-	1	-	-
7 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰	1800	785	1	32	2	1	34	5	6	2	-	1	6	4	6	-	2	-	1	-	-
8 ⁰⁰ - 9 ⁰⁰	1355	525	2	52	2	1	78	11	30	6	11	4	7	2	20	3	5	-	-	-	-
9 ⁰⁰ - 10 ⁰⁰	525	220	-	59	1	-	93	20	22	15	9	4	14	14	25	7	4	1	1	-	-
10 ⁰⁰ - 11 ⁰⁰	320	235	3	42	2	-	46	18	23	18	1	4	28	28	3	5	7	1	-	-	3
11 ⁰⁰ - 12 ⁰⁰	332	273	-	74	3	1	49	30	24	17	5	-	9	46	14	1	12	1	-	-	-
12 ⁰⁰ - 13 ⁰⁰	443	290	-	90	1	-	60	18	38	16	18	5	22	28	8	5	16	-	-	-	-
13 ⁰⁰ - 14 ⁰⁰	410	197	-	71	1	2	82	26	32	18	11	6	14	15	2	-	6	-	-	-	-
14 ⁰⁰ - 15 ⁰⁰	390	195	3	72	-	-	87	18	34	25	4	5	1	80	-	-	16	-	-	-	-
15 ⁰⁰ - 16 ⁰⁰	380	237	-	97	-	-	96	25	23	17	14	1	-	27	1	-	19	1	-	2	-
16 ⁰⁰ - 17 ⁰⁰	605	270	5	88	-	-	51	17	20	13	7	2	1	31	-	3	13	1	-	1	-
17 ⁰⁰ - 18 ⁰⁰	340	155	3	38	8	-	46	5	9	6	7	-	-	22	-	7	5	1	-	1	-
18 ⁰⁰ - 19 ⁰⁰	342	166	14	30	1	10	13	10	8	8	3	8	6	7	10	-	-	-	-	-	-
19 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰	595	157	9	12	-	7	8	10	11	6	4	4	3	3	5	-	-	-	2	-	-
20 ⁰⁰ - 21 ⁰⁰	180	107	13	13	-	4	8	12	2	-	2	4	5	3	-	-	1	3	1	1	-
21 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰	158	98	12	13	-	-	4	8	-	4	1	3	2	2	6	-	-	-	-	2	-
22 ⁰⁰ - 23 ⁰⁰	121	50	-	6	1	-	2	1	2	2	3	3	1	17	-	-	1	-	-	2	-
23 ⁰⁰ - 24 ⁰⁰	66	13	3	5	-	-	-	-	6	2	7	1	-	22	1	-	1	-	3	-	-
24 ⁰⁰ - 01 ⁰⁰	18	12	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-
01 ⁰⁰ - 02 ⁰⁰	6	6	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	4	-	1	-	-	3	1	-
02 ⁰⁰ - 03 ⁰⁰	7	2	-	3	-	-	1	2	-	1	1	8	-	1	-	-	3	-	1	-	-
03 ⁰⁰ - 04 ⁰⁰	7	5	1	1	-	-	-	8	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04 ⁰⁰ - 05 ⁰⁰	17	8	-	3	-	-	-	6	-	-	1	4	-	-	-	-	-	2	-	-	-
05 ⁰⁰ - 06 ⁰⁰	92	22	8	1	-	-	-	7	-	1	-	6	-	-	1	1	-	-	-	-	1
Jumlah	8,911	4,209	77	813	26	27	766	261	296	178	109	84	121	364	102	33	127	11	13	10	4
Catatan	Lalu lintas 1 arah		16,542 Buah		3,422										Pengawas (_____)						



FORMULIR HIMPUNAN PERHITUNGAN LALU LINTAS
SELAMA 24 JAM (FORMULIR LAPORAN)

Nomor Propinsi:

Nama Propinsi: **S U L A W E S I S E L A T A N**

Kelas/Nomor Pos: **3**

Lokasi Pos: **K M 0 0 4 + 4 2 5**

Tanggal: **3 0 - 0 1 - 1 5** Hari ke: **2**
(Hari) (Bulan) (Tahun) Arah Lalu Lintas

Kelompok Hitungan: Dari **B A N D A R A**

Periode: Ke **P E L A B U H A N**

Golongan	1	2	3	4	5a	5b	6.1	6.2	7.1	7.2	8.1	8.2	9.1	9.2	9.3	10	11	12	13	14	15
Pukul	Sepeda Motor, Sekuter Sepeda Kumbang dan Kendaraan Roda Tiga	Sedan, Jeep dan Station Wagon	Opelet, Pick-up-opelet Suburban, Combi dan Mini Bus	Pick-up, Micro Truk dan Mobil Hantaran	Bus Kecil	Bus Besar	Truk 2 Sumbu Cargo Ringan	Truk 2 Sumbu Ringan	Truk 2 Sumbu Cargo Sedang	Truk 2 Sumbu Sedang	Truk 2 Sumbu Cargo Berat	Truk 2 Sumbu Berat	Truk 3 Sumbu Ringan	Truk 3 Sumbu Sedang	Truk 3 Sumbu Berat	Truk 2 Sumbu & Gandengan	Truk 4 Sumbu Trailer	Truk 5 Sumbu Trailer	Truk 5 Sumbu Trailer	Truk 6 Sumbu Trailer	Kendaraan Tidak Bermotor
6 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰	590	145	-	10	5	2	7	8	-	-	2	-	4	4	2	1	4	-	-	-	2
7 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰	1720	518	-	24	6	3	20	8	7	1	5	-	1	22	-	-	2	-	1	-	3
8 ⁰⁰ - 9 ⁰⁰	1020	340	-	51	3	1	73	17	18	10	12	2	6	41	2	2	16	5	-	3	5
9 ⁰⁰ - 10 ⁰⁰	345	160	-	55	5	-	87	20	-	17	13	9	-	57	-	2	17	-	-	2	2
10 ⁰⁰ - 11 ⁰⁰	560	225	-	60	-	2	72	2	66	24	5	-	15	15	13	3	5	-	1	3	1
11 ⁰⁰ - 12 ⁰⁰	460	247	-	53	1	-	47	2	83	38	2	1	47	20	2	-	10	1	-	-	-
12 ⁰⁰ - 13 ⁰⁰	400	188	-	54	-	-	56	5	46	20	2	-	38	5	-	-	5	1	-	3	-
13 ⁰⁰ - 14 ⁰⁰	590	318	-	66	-	-	71	6	54	34	-	-	20	8	-	-	3	-	-	1	-
14 ⁰⁰ - 15 ⁰⁰	700	297	-	100	1	1	87	10	99	36	3	3	67	16	-	-	11	-	-	-	-
15 ⁰⁰ - 16 ⁰⁰	490	230	-	108	1	2	91	23	40	23	13	8	16	23	-	-	12	1	-	-	2
16 ⁰⁰ - 17 ⁰⁰	430	170	-	70	1	5	66	19	11	32	16	12	-	42	-	2	5	-	-	-	-
17 ⁰⁰ - 18 ⁰⁰	690	345	-	65	2	2	57	5	17	18	10	12	-	41	-	1	6	1	2	-	-
18 ⁰⁰ - 19 ⁰⁰	410	232	35	55	1	11	21	14	11	6	5	12	2	3	3	3	2	-	-	-	-
19 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰	415	206	20	27	1	7	16	4	6	6	11	14	4	9	6	4	-	-	-	-	-
20 ⁰⁰ - 21 ⁰⁰	294	132	5	23	1	5	8	7	3	2	-	8	2	5	-	6	1	-	-	-	-
21 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰	216	110	1	12	-	1	5	2	5	3	2	3	2	8	-	1	-	2	-	-	-
22 ⁰⁰ - 23 ⁰⁰	118	35	2	9	1	-	4	-	1	-	1	-	-	10	-	9	-	1	1	-	-
23 ⁰⁰ - 24 ⁰⁰	77	27	-	3	-	-	1	2	-	-	-	-	2	7	3	3	-	-	-	-	-
24 ⁰⁰ - 01 ⁰⁰	37	28	-	4	-	-	3	4	1	2	-	3	-	3	-	2	-	2	-	-	-
01 ⁰⁰ - 02 ⁰⁰	34	18	-	3	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	-	1	-	-	-
02 ⁰⁰ - 03 ⁰⁰	21	18	-	2	-	-	6	4	3	-	-	4	-	-	2	1	-	4	-	-	-
03 ⁰⁰ - 04 ⁰⁰	3	4	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
04 ⁰⁰ - 05 ⁰⁰	18	4	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-
05 ⁰⁰ - 06 ⁰⁰	69	14	6	3	-	1	-	1	-	1	1	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Jumlah	9,707	4,011	69	858	29	43	799	165	471	273	103	96	226	339	34	44	99	19	5	12	15
Catatan	Lalu lintas 1 arah		17,417	Buah	3,699										Pengawas (_____)						



FORMULIR HIMPUNAN PERHITUNGAN LALU LINTAS
SELAMA 24 JAM (FORMULIR LAPORAN)

Nomor Propinsi:

Nama Propinsi: **S U L A W E S I S E L A T A N**

Kelas/Nomor Pos: **3**

Lokasi Pos: **K M 0 0 4 + 4 2 5**

Tanggal: **0 1 - 0 2 - 1 5** Hari ke **4**
(Hari) (Bulan) (Tahun) Arah Lalu Lintas

Kelompok Hitungan:

Periode: Dari **B A N D A R A** Ke **P E L A B U H A N**

Golongan	1	2	3	4	5a	5b	6.1	6.2	7.1	7.2	8.1	8.2	9.1	9.2	9.3	10	11	12	13	14	15	
Pukul	Sepeda Motor, Sekuter Sepeda Kumbang dan Kendaraan Roda Tiga	Sedan, Jeep dan Station Wagon	Opelet, Pick-up-opelet Suburban, Combi dan Mini Bus	Pick-up, Micro Truk dan Mobil Hantaran	Bus Kecil	Bus Besar	Truk 2 Sumbu Cargo Ringan	Truk 2 Sumbu Ringan	Truk 2 Sumbu Cargo Sedang	Truk 2 Sumbu Sedang	Truk 2 Sumbu Cargo Berat	Truk 2 Sumbu Berat	Truk 3 Sumbu Ringan	Truk 3 Sumbu Sedang	Truk 3 Sumbu Berat	Truk 2 Sumbu & Gandengan	Truk 4 Sumbu Trailer	Truk 5 Sumbu Trailer	Truk 5 Sumbu Trailer	Truk 6 Sumbu Trailer	Kendaraan Tidak Bermotor	
6 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰	260	60	-	6	-	1	1	-	-	-	-	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	5
7 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰	310	55	-	13	-	-	6	-	2	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
8 ⁰⁰ - 9 ⁰⁰	420	95	-	25	1	1	3	-	-	4	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	2
9 ⁰⁰ - 10 ⁰⁰	340	93	-	19	-	1	8	1	6	2	1	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-
10 ⁰⁰ - 11 ⁰⁰	453	187	-	18	2	1	8	-	2	1	1	-	-	3	-	-	1	-	-	-	-	1
11 ⁰⁰ - 12 ⁰⁰	450	209	-	23	2	-	7	-	-	1	1	-	1	13	-	-	-	-	-	-	-	1
12 ⁰⁰ - 13 ⁰⁰	290	135	-	24	-	-	5	-	2	4	-	-	1	12	-	-	1	-	-	-	-	1
13 ⁰⁰ - 14 ⁰⁰	295	130	-	16	1	1	6	1	3	5	1	-	1	21	-	-	2	-	-	-	-	-
14 ⁰⁰ - 15 ⁰⁰	470	195	-	25	1	1	5	1	4	2	1	5	1	6	-	-	2	-	-	-	-	-
15 ⁰⁰ - 16 ⁰⁰	472	150	-	20	7	-	7	1	8	2	1	7	1	11	-	-	4	-	-	-	-	2
16 ⁰⁰ - 17 ⁰⁰	320	115	-	23	1	-	8	1	6	1	2	2	1	8	-	-	1	-	-	-	-	-
17 ⁰⁰ - 18 ⁰⁰	550	165	-	21	1	5	8	-	3	1	-	-	-	13	-	-	1	-	-	-	-	-
18 ⁰⁰ - 19 ⁰⁰	393	221	29	18	1	8	17	13	10	4	3	10	1	1	2	2	1	-	-	-	-	-
19 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰	389	203	18	21	-	5	13	2	4	5	9	11	2	7	5	3	-	-	-	-	-	-
20 ⁰⁰ - 21 ⁰⁰	247	113	3	20	1	3	6	5	1	1	-	6	1	5	-	4	1	-	-	-	-	-
21 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰	196	103	1	10	-	1	4	1	3	2	1	3	1	7	-	1	-	1	-	-	-	-
22 ⁰⁰ - 23 ⁰⁰	97	32	1	7	1	-	3	-	1	-	1	-	-	8	-	6	-	1	1	-	-	-
23 ⁰⁰ - 24 ⁰⁰	68	21	-	2	-	-	1	1	-	-	-	-	1	6	1	2	-	-	-	-	-	-
24 ⁰⁰ - 01 ⁰⁰	32	25	-	3	-	-	1	3	1	1	-	2	-	1	-	1	-	2	-	-	-	-
01 ⁰⁰ - 02 ⁰⁰	28	17	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-
02 ⁰⁰ - 03 ⁰⁰	17	14	-	1	-	-	5	3	1	-	-	3	-	-	1	-	-	3	-	-	-	-
03 ⁰⁰ - 04 ⁰⁰	4	3	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
04 ⁰⁰ - 05 ⁰⁰	17	2	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
05 ⁰⁰ - 06 ⁰⁰	64	13	4	2	-	1	-	1	-	1	1	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah	6,182	2,356	56	319	19	29	122	36	57	39	23	55	13	135	10	22	16	8	1	0	13	
Catatan	Lalu lintas 1 arah		9,511	Buah	973										Pengawas (_____)							



FORMULIR HIMPUNAN PERHITUNGAN LALU LINTAS
SELAMA 24 JAM (FORMULIR LAPORAN)

Nomor Propinsi:

Nama Propinsi: **S U L A W E S I S E L A T A N**

Kelas/Nomor Pos:

Lokasi Pos: **K M 0 0 4 + 4 2 5**

Tanggal: **0 3 - 0 2 - 1 5** Hari ke: **6**
(Hari) (Bulan) (Tahun) Arah Lalu Lintas

Kelompok Hitungan:

Periode: Dari: **B A N D A R A**
 Ke: **P E L A B U H A N**

Golongan	1	2	3	4	5a	5b	6.1	6.2	7.1	7.2	8.1	8.2	9.1	9.2	9.3	10	11	12	13	14	15
Pukul	Sepeda Motor, Sekuter Sepeda Kumbang dan Kendaraan Roda Tiga	Sedan, Jeep dan Station Wagon	Opelet, Pick-up-opelet Suburban, Combi dan Mini Bus	Pick-up, Micro Truk dan Mobil Hantaran	Bus Kecil	Bus Besar	Truk 2 Sumbu Cargo Ringan	Truk 2 Sumbu Ringan	Truk 2 Sumbu Cargo Sedang	Truk 2 Sumbu Sedang	Truk 2 Sumbu Cargo Berat	Truk 2 Sumbu Berat	Truk 3 Sumbu Ringan	Truk 3 Sumbu Sedang	Truk 3 Sumbu Berat	Truk 2 Sumbu & Gandengan	Truk 4 Sumbu Trailer	Truk 5 Sumbu Trailer	Truk 5 Sumbu Trailer	Truk 6 Sumbu Trailer	Kendaraan Tidak Bermotor
6 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰	515	155	-	5	1	-	-	-	10	1	-	1	2	6	-	3	1	-	-	-	1
7 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰	2140	593	-	26	4	2	23	-	23	6	3	1	3	9	-	6	1	-	-	-	1
8 ⁰⁰ - 9 ⁰⁰	1100	450	-	66	1	-	89	-	45	9	8	5	1	34	-	5	-	-	-	-	5
9 ⁰⁰ - 10 ⁰⁰	430	170	-	74	1	-	87	15	19	21	6	6	4	49	1	4	2	-	1	1	3
10 ⁰⁰ - 11 ⁰⁰	400	150	-	48	2	1	90	7	53	21	6	2	10	57	1	10	6	-	-	-	1
11 ⁰⁰ - 12 ⁰⁰	270	142	-	88	1	-	70	8	37	37	13	3	8	49	1	7	5	2	-	-	-
12 ⁰⁰ - 13 ⁰⁰	270	177	-	60	1	-	103	-	31	22	5	2	2	56	1	10	2	-	-	-	-
13 ⁰⁰ - 14 ⁰⁰	350	130	-	51	2	1	89	6	30	25	4	3	4	27	2	4	1	-	-	-	-
14 ⁰⁰ - 15 ⁰⁰	380	110	-	81	2	2	75	12	24	22	5	3	8	41	-	4	2	-	1	-	-
15 ⁰⁰ - 16 ⁰⁰	540	170	-	47	2	1	94	15	17	24	7	4	7	36	-	8	6	1	-	-	1
16 ⁰⁰ - 17 ⁰⁰	570	245	-	86	5	-	102	5	25	32	8	6	4	25	1	4	1	-	1	-	-
17 ⁰⁰ - 18 ⁰⁰	711	240	-	44	2	2	53	4	17	15	8	5	6	24	-	1	3	-	-	-	1
18 ⁰⁰ - 19 ⁰⁰	692	217	10	63	1	1	47	4	20	27	4	4	10	30	1	5	1	-	-	-	-
19 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰	415	246	5	47	-	-	35	5	15	12	2	2	7	25	-	2	3	-	-	-	-
20 ⁰⁰ - 21 ⁰⁰	236	127	7	22	1	4	48	-	12	5	1	1	14	20	-	-	1	-	-	-	-
21 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰	205	105	2	10	-	2	25	3	10	2	1	-	10	15	-	-	1	-	-	-	-
22 ⁰⁰ - 23 ⁰⁰	167	52	1	12	1	7	10	2	7	1	-	3	4	5	-	-	-	-	-	-	-
23 ⁰⁰ - 24 ⁰⁰	43	21	-	6	-	1	3	2	-	-	-	-	3	4	-	2	-	-	-	-	-
24 ⁰⁰ - 01 ⁰⁰	15	10	-	3	-	-	1	1	3	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-
01 ⁰⁰ - 02 ⁰⁰	5	5	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02 ⁰⁰ - 03 ⁰⁰	6	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03 ⁰⁰ - 04 ⁰⁰	2	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-
04 ⁰⁰ - 05 ⁰⁰	17	6	2	2	-	-	2	1	1	-	-	2	2	1	-	2	-	-	-	-	-
05 ⁰⁰ - 06 ⁰⁰	82	12	6	4	-	-	1	1	2	-	-	1	3	2	-	1	-	-	-	-	-
Jumlah	9,561	3,538	33	849	27	24	1,047	91	401	282	81	56	113	516	8	78	38	3	3	1	13
Catatan	Lalu lintas 1 arah		16,763	Buah	3,664										Pengawas (_____)						



FORMULIR HIMPUNAN PERHITUNGAN LALU LINTAS
SELAMA 24 JAM (FORMULIR LAPORAN)

Nomor Propinsi:

Nama Propinsi: **S U L A W E S I S E L A T A N**

Kelas/Nomor Pos:

Lokasi Pos: **K M 0 0 4 + 4 2 5**

Tanggal: **0 4 - 0 2 - 1 5** Hari ke **7**
(Hari) (Bulan) (Tahun) Arah Lalu Lintas

Kelompok Hitungan:

Periode:

Dari: **B A N D A R A**

Ke: **P E L A B U H A N**

Golongan	1	2	3	4	5a	5b	6.1	6.2	7.1	7.2	8.1	8.2	9.1	9.2	9.3	10	11	12	13	14	15	
Pukul	Sepeda Motor, Sepeda Kumbang dan Kendaraan Roda Tiga	Sedan, Jeep dan Station Wagon	Opelet, Pick-up-opelet Suburban, Combi dan Mini Bus	Pick-up, Micro Truk dan Mobil Hantaran	Bus Kecil	Bus Besar	Truk 2 Sumbu Cargo Ringan	Truk 2 Sumbu Ringan	Truk 2 Sumbu Cargo Sedang	Truk 2 Sumbu Sedang	Truk 2 Sumbu Cargo Berat	Truk 2 Sumbu Berat	Truk 3 Sumbu Ringan	Truk 3 Sumbu Sedang	Truk 3 Sumbu Berat	Truk 2 Sumbu & Gandengan	Truk 4 Sumbu Trailer	Truk 5 Sumbu Trailer	Truk 5 Sumbu Trailer	Truk 6 Sumbu Trailer	Kendaraan Tidak Bermotor	
6 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰	750	160	-	18	2		4	5	11	2	4	2	2	11	5	2	3	-	-	-	2	
7 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰	1800	525	-	28	8	2	22	3		6		1	6	6	3	1	-	-	-	-	2	
8 ⁰⁰ - 9 ⁰⁰	1030	460	-	57	4	2	88	15	12	9	20	5	-	26	-	7	7	1	-	-	3	
9 ⁰⁰ - 10 ⁰⁰	430	284	-	81	1	1	101	8	16	20	15	26	1	20	5	13	4	-	-	-		
10 ⁰⁰ - 11 ⁰⁰	615	278	-	82	-	2	85	12	38	52	10	7	3	60	1	15	7	-	4	-	1	
11 ⁰⁰ - 12 ⁰⁰	400	234	-	70	2	1	62	12	29	35	9	19	-	40	-	11	8	1	-	1	1	
12 ⁰⁰ - 13 ⁰⁰	350	170	-	92	1	-	85	32	4	2	14	3	-	8	-	-	-	-	-	-	-	
13 ⁰⁰ - 14 ⁰⁰	420	255	-	125	1	1	130	5	35	24	2	7	7	31	-	5	-	-	-	-	-	
14 ⁰⁰ - 15 ⁰⁰	400	175	-	87	-	-	82	6	41	39	6	3	7	55	1	9	6	-	-	-	-	
15 ⁰⁰ - 16 ⁰⁰	360	152	-	77	-	4	83	14	25	76	6	2	2	33	3	8	6	2	-	-	1	
16 ⁰⁰ - 17 ⁰⁰	812	275	-	76	2	2	71	3	21	44	1	2	2	24	2	9	4	-	-	-	1	
17 ⁰⁰ - 18 ⁰⁰	810	348	-	64	2	4	56	2	14	28	6	1	7	21	-	1	1	-	-	-	1	
18 ⁰⁰ - 19 ⁰⁰	703	272	23	48	1	10	46	7	17	7	3	11	19	16	-	2	1	-	-	-	-	
19 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰	605	197	11	21	2	13	26	9	5	3	1	-	3	3	-	1	-	-	-	-	-	
20 ⁰⁰ - 21 ⁰⁰	367	143	5	11	-	4	3	1	3	1	-	-	4	9	2	1	-	-	-	-	-	
21 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰	216	117	2	13	-	-	1	2	3	1	-	1	1	2	2	-	1	-	-	-	-	
22 ⁰⁰ - 23 ⁰⁰	196	96	-	6	1	-	1	-	2	-	2	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	
23 ⁰⁰ - 24 ⁰⁰	114	68	1	4	-	-	-	-	1	-	-	4	2	6	3	-	1	-	-	-	-	
24 ⁰⁰ - 01 ⁰⁰	52	27	-	2	-	-	-	1	2	-	-	1	-	4	2	1	-	-	-	-	-	
01 ⁰⁰ - 02 ⁰⁰	24	12	-	1	-	-	2	1	-	-	-	2	1	-	2	2	1	1	-	-	-	
02 ⁰⁰ - 03 ⁰⁰	15	4	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	1	-	-	-	-	-	-	
03 ⁰⁰ - 04 ⁰⁰	14	6	-	1	-	-	3	-	-	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	
04 ⁰⁰ - 05 ⁰⁰	32	10	1	3	-	-	1	4	1	-	-	1	1	1	2	-	-	-	-	-	1	
05 ⁰⁰ - 06 ⁰⁰	127	28	8	1	-	-	-	-	2	-	-	-	3	-	1	-	-	-	-	-	-	
Jumlah	10,642	4,296	51	970	27	46	952	142	282	349	99	103	76	377	35	88	50	5	4	1	13	
Catatan	Lalu lintas 1 arah		18,608	Buah	3,670										Pengawas							
	(_____)																					

PERHITUNGAN ANGKA EKIVALEN BEBAN SUMBU KENDARAAN (VEHICLE DAMAGE FACTOR)
BINA MARGA NO. 01/MN/BM/83 : MST-10

No.	Type kendaraan & konfigurasi sumbu			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (ton)					Vehicle Damage Factor	
					Depen ST,RT	Belakang					
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4		ke-5
1	Sedan, jeep, st. wagon	2	1.1	2.00	1.00	1.00					0.0005
2	Pick-up, combi	3	1.2	8.30	2.82	5.48					0.2174
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	8.30	2.82	5.48					0.2174
4	Bus kecil	5a	1.2	8.30	2.82	5.48					0.2174
5	Bus besar	5b	1.2	9.00	3.06	5.94					0.3006
6	Truck 2 as (H)	6	1.2H	15.15	5.15	10.00					2.4159
7	Truck 3 as	7a	1.2.2	25.00	6.25	9.38	9.38				2.7416
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	31.40	5.65	8.79	8.48	8.48			3.9083
9	Truck S. Trailer	7c	1.2.2+2.2	40.13	5.88	10.00	10.00	7.00	7.25		4.1718

Keterangan :

- ST,RT : Sumbu Tunggal, Roda Tunggal
- ST,RG : Sumbu Tunggal, Roda Ganda
- SG,RG : Sumbu Ganda, Roda Ganda



DATA IKLIM BULANAN
STASIUN METEOROLOGI MARITIM PAOTERE

KOORDINAT 05° 06' 49.5" LS 119° 25' 11.4" BT **Tinggi : 1.75 m**

DATA HARI HUJAN BULANAN (HARI)

Tahun	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
2011	26	21	28	24	9	3	2	-	1	14	23	30
2012	24	23	24	19	13	9	9	1	2	6	16	24
2013	30	22	16	15	22	14	20	6	2	11	15	26
2014	30	22	20	19	15	15	7	4	-	-	13	25
2015	29	24	20	20	7	9	-	-	-	-	11	26

Keterangan :
"-" Tidak ada hujan

Makassar, 29 Juli 2016
Kepala Sub Bidang Manajemen Data



Dra. Hj. Sri Murniati
NIP 19620201 198203 2 001

Identifikasi Kerusakan Pada Ruas Jalan Frontage JTSE

Arah : Pelabuhan - Bandara

(Kiri = Utara)

STA		LEBAR EKSISTING (m)	KODE KONDISI	KONDISI KERUSAKAN	PANJANG (m)
2+110	2+125	4.5	4	Rekonstruksi	15.00
2+155	2+190	4.5	4	Rekonstruksi	35.00
2+400	2+410	4.5	4	Rekonstruksi	10.00
2+805	2+810	4.5	4	Rekonstruksi	5.00
2+900	2+915	4.5	4	Rekonstruksi	15.00
2+995	3+005	4.5	4	Rekonstruksi	10.00
3+050	3+060	4.5	4	Rekonstruksi	10.00
3+145	3+155	4.5	4	Rekonstruksi	10.00
3+450	3+460	4.5	4	Rekonstruksi	10.00
3+470	3+510	4.5	4	Rekonstruksi	40.00
3+540	3+575	4.5	4	Rekonstruksi	35.00
3+920	3+930	4.5	4	Rekonstruksi	10.00
3+950	3+975	4.5	4	Rekonstruksi	25.00
4+000	4+030	4.5	4	Rekonstruksi	30.00
4+075	4+085	4.5	4	Rekonstruksi	10.00
4+150	4+160	4.5	4	Rekonstruksi	10.00
4+180	4+200	4.5	4	Rekonstruksi	20.00
4+275	4+300	4.5	4	Rekonstruksi	25.00
5+205	5+300	4.5	4	Rekonstruksi	95.00
5+400	5+450	4.5	4	Rekonstruksi	50.00
5+600	5+605	4.5	4	Rekonstruksi	5.00
5+775	5+885	4.5	4	Rekonstruksi	110.00
6+450	6+475	4.5	4	Rekonstruksi	25.00
6+500	6+535	4.5	4	Rekonstruksi	35.00
6+550	6+560	4.5	4	Rekonstruksi	10.00
6+650	6+660	4.5	4	Rekonstruksi	10.00
6+670	6+675	4.5	4	Rekonstruksi	5.00
10+030	10+035	4.5	4	Rekonstruksi	5.00
					-
					-
JUMLAH					675.00

Identifikasi Segmen Pada Ruas Jalan Frontage JTSE

Arah : Bandara - Pelabuhan

(Kanan = Selatan)

STA	LEBAR EKSISTING (m)	KODE KONDISI	KONDISI KERUSAKAN	PANJANG (m)
1+635 - 1+640	6	4	Rekonstruksi	5.00
2+525 - 2+550	4.5	4	Rekonstruksi	25.00
2+575 - 2+580	4.5	4	Rekonstruksi	5.00
2+620 - 2+650	4.5	4	Rekonstruksi	30.00
2+780 - 2+910	4.5	4	Rekonstruksi	130.00
3+075 - 3+085	4.5	4	Rekonstruksi	10.00
3+110 - 3+145	4.5	4	Rekonstruksi	35.00
3+260 - 3+270	4.5	4	Rekonstruksi	10.00
3+420 - 3+425	4.5	4	Rekonstruksi	5.00
3+465 - 3+475	4.5	4	Rekonstruksi	10.00
3+495 - 3+500	4.5	4	Rekonstruksi	5.00
3+525 - 3+560	4.5	4	Rekonstruksi	35.00
5+110 - 5+115	4.5	4	Rekonstruksi	5.00
5+140 - 5+150	4.5	4	Rekonstruksi	10.00
5+150 - 5+175	6	4	Rekonstruksi	25.00
5+275 - 5+285	6	4	Rekonstruksi	10.00
5+300 - 5+325	6	4	Rekonstruksi	25.00
5+400 - 5+410	6	4	Rekonstruksi	10.00
7+325 - 7+350	4.5	4	Rekonstruksi	25.00
7+365 - 7+380	4.5	4	Rekonstruksi	15.00
9+245 - 9+260	4.5	4	Rekonstruksi	15.00
9+560 - 9+590	4.5	4	Rekonstruksi	30.00
10+240 - 10+255	4.5	4	Rekonstruksi	15.00
10+360 - 10+375	4.5	4	Rekonstruksi	15.00
10+745 - 10+750	4.5	4	Rekonstruksi	5.00
JUMLAH				510.00

DOKUMENTASI





DAFTAR PUSTAKA

AASHTO, 1993. *Guide for Design of Pavement Structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.

Departemen KIMPRASWIL. 2003. *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*, Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah.

Fitriana, Ratna. 2014. *Studi Komparasi Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Jalan Tol Menggunakan Metode Bina Marga Dan AASHTO 1993*, UMS.

<http://www.pavementinteractive.org/>

<https://id.wikipedia.org/>

<http://kampustekniksipil.blogspot.co.id/>

<https://www.scribd.com/>

Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Manual Desain Perkerasan Jalan*, 2013.

Putranto P, Yonandika & Ridwansyah M, Achmad. 2016. *Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Pada Ruas Jalan Tol Karanganyar-Solo*, UBM.

Saodang, Hamirhan, 2005, *Konstruksi Jalan Raya Buku 2 Perancangan Perkerasan Jalan Raya*, Nova, Bandung.

Sukirman, Silvia. 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.

Suryawan, Ari. 2005, *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement)*, Beta Offset, Yogyakarta.

Wahid, Ahmad, 2009. *Perencanaan Pelapisan Tambah Pada Perkerasan Kaku Berdasarkan Metode Bina Marga Dan AASHTO (Studi Literatur)*, USU.