

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PERBANDINGAN TEBAL BETON PADA
PERKERASAN KAKU DENGAN
METODE BINA MARGA 2017 DAN AASHTO 1993
(Studi Kasus : Ruas Jalan Pantura Semarang – Demak
STA 7+0.50 – STA 9+500)**

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



Disusun Oleh :

Faqih Hidayatulah.

NIM : 30201800068

Fathur Rohman

NIM : 30201800070

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

2022

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS PERBANDINGAN TEBAL BETON PADA PERKERASAN KAKU DENGAN
METODE BINA MARGA 2017 DAN AASHTO 1993
(Studi Kasus : Ruas Jalan Pantura Semarang – Demak
STA 7+0.50 – STA 9+500)

Diajukan oleh :

Faqih Hidayatulah
NIM : 30201800068

Fathur Rohman
NIM : 30201800066

Telah disetujui oleh :

Pembimbing Utama

Ir.H. Rachmad Mudiyono., MT.,Ph.d
NIDN: 0605016802

Tanggal :16 Agustus 2022

Pembimbing Pendamping

Ari Sentani., ST.M.Sc
NIDN: 0604028502

Tanggal :16 Agustus 2022

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN: 06250591

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERBANDINGAN TEBAL BETON PADA PERKERASAN KAKU
DENGAN METODE BINA MARGA 2017 DAN AASHTO 1993
(Studi Kasus : Ruas Jalan Pantura Semarang – Demak
STA 7+0.50 – STA 9+500)



Faqih Hidayatulah
NIM : 30201800068



Fathur Rohman
NIM : 30201800070

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 16 Agustus 2022

Tim Penguji

1. **Ir.H. Rachmad Mudyono., MT.,Ph.d**
NIDN: 0605016802
2. **Ari Sentani., ST.M.Sc**
NIDN: 0604028502
3. **Lisa Fitriyana, ST.,M.eng**
NIDN: 0631128901

Tanda Tangan

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

A/N

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

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 37 / A.2 / SA-T / VIII / 2022

Pada hari ini tanggal 4 Agustus 2022 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Ir.H. Rachmad Mudiyo., MT.,Ph.d
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2.Nama : Ari Sentani., ST.M.Sc
Jabatan Akademik : Asisten Ahli
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

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

Faqih Hidayatulah
NIM : 30201800068

Fathur Rohman
NIM : 30201800070

Judul : ANALISIS PERBANDINGAN TEBAL BETON PADA PERKERASAN KAKU DENGAN METODE BINA MARGA 2017 DAN AASHTO 1993
Dengan tahapan sebagai berikut :

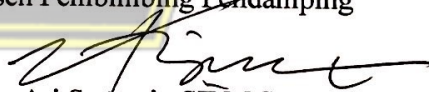
| No | Tahapan | Tanggal | Keterangan |
|----|-----------------------------|-----------------|------------|
| 1 | Penunjukan dosen pembimbing | 11 Maret 2022 | |
| 2 | Seminar Proposal | 18 April 2022 | ACC |
| 3 | Pengumpulan data | 12 April 2022 | |
| 4 | Analisis data | 17 Mei 2022 | |
| 5 | Penyusunan laporan | 15 Juni 2022 | |
| 6 | Selesai laporan | 12 Agustus 2022 | ACC |

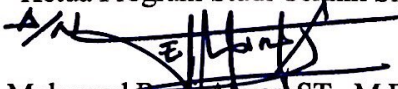
Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping


Ir.H. Rachmad Mudiyo., MT.,Ph.d


Ari Sentani., ST.M.Sc

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Faqih Hidayatulah. (30201800068)

: Fathur Rohman (30201800070)

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

ANALISIS PERBANDINGAN TEBAL BETON PADA PERKERASAN KAKU

DENGAN METODE BINA MARGA 2017 DAN AASHTO 1993 (Studi Kasus :

Ruas Jalan Pantura Semarang – Demak STA 7+0.50 – STA 9+500)

benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, ____/____/____

Yang membuat pernyataan,



Faqih Hidayatulah.

Fathur Rohman.

NIM : 30201800068

NIM : 30201800068

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Faqih Hidayatullah (302001800068)

Fathur Rohman (302001800068)

JUDUL TUGAS AKHIR :

ANALISIS PERBANDINGAN TEBAL BETON PADA PERKERASAN KAKU
DENGAN METODE BINA MARGA 2017 DAN AASHTO 1993 (Studi Kasus :
Ruas Jalan Pantura Semarang – Demak STA 7+0.50 – STA 9+500)

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

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

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, ___ / ___ / ___

Yang membuat pernyataan,



Faqih Hidayatullah

NIM : 30201800068

Fathur Rohman

NIM : 30201800070

MOTTO

Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik. (Qs. Ali Imran :110)

.Jikalau penduduk negeri-negeri beriman dan bertaqwa. Pastilah kami akan melimpahkan kepada mereka berkah dari langit dan bumi, tetapi mereka mendustakan (ayat-ayat kami)itu, maka kami siksa mereka disebabkan perbuatannya (Qs. Al A'raf : 96)

Tidak ada kesuksesan melainkan dengan pertolongan Allah” (Qs. Huud : 88)

“Barang siapa yang bertaqwa kepada Allah, maka Allah memberikan jalan keluar kepadanya dan memberi rezeki dari arah yang tidak disangka-sangka. (Qs. Ath Thalaq : 2)

Janganlah kamu bersikap lemah dan janganlah pula kamu bersedih hati, padahal kamulah orang-orang yang paling tinggi derajatnya jika kamu beriman. (Qs. Ali Imran :139)

Dan barang -siapa yang bertakwa kepada Allah, niscaya Allah menjadikan baginya kemudahan dalam urusannya.” – (Q.S At-Talaq: 4)

"Ketahuilah bahwa kemenangan bersama kesabaran, kelapangan bersama kesempitan, dan kesulitan bersama kemudahan". (HR Tirmidzi)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah yang saya rasakan hingga saat ini. Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Orang tua saya tercinta, Bapak Sugandam, SH (Alm) dan Ibu Pujiati yang selalu memberi semangat serta saran yang berguna dan selalu memberi dukungan baik berupa materiil maupun moril.
2. Kakak saya Nur Fauzi Mahardika, SH, serta adik - adik saya Intan Sobrina, Nisa Qisti Soleha, Rizal Faliqul Isbach, yang selalu memberi semangat selama mengerjakan Tugas Akhir, serta ponakan saya yang selalu menghibur saya selama saya merasa jenuh mengerjakan Tugas Akhir.
3. Ir. H. Rachmat Mudiyono, MT, Ph.D. Dekan sekaligus dosen pembimbing yang tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan arahan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ari Sentani, ST., M.Sc selaku dosen pembimbing yang tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan arahan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Lisa Fitriyana, ST.,M.eng selaku dosen pembimbing yang tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan arahan semangat dan membantu menyempurnakan Tugas Akhir ini.
6. Dosen – dosen Program Studi Teknik Sipil Unissula yang telah membagikan ilmunya.
7. Fathur Rohman (Partner TA) yang selama ini berjuang bersama menyelesaikan Tugas Akhir dan melewati suka duka selama mengerjakan Tugas Akhir.
8. Teman – teman Teknik Sipil angkatan 2018 yang tidak bisa disebutkan satu – persatu.

Faqih Hidayatullah

30201800068

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah yang saya rasakan hingga saat ini. Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Orang tua saya tercinta, Bapak Suroto dan Ibu Sulikah yang selalu memberi semangat serta saran yang berguna dan selalu memberi dukungan baik berupa materiil maupun moril.
2. Adik saya Anjib Mundofar, yang selalu memberi semangat selama mengerjakan Tugas Akhir, serta ponakan saya yang selalu menghibur saya selama saya merasa jenuh mengerjakan Tugas Akhir.
3. Ir. H. Rachmat Mudyono, MT, Ph.D. Dekan sekaligus dosen pembimbing yang tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan arahan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ari Sentani, ST., M.Sc selaku dosen pembimbing yang tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan arahan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Lisa Fitriyana, ST.,M.eng selaku dosen pembimbing yang tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan arahan semangat dan membantu menyempurnakan Tugas Akhir ini.
6. Dosen – dosen Program Studi Teknik Sipil Unissula yang telah membagikan ilmunya.
7. Faqih hidayatullah (Partner TA) yang selama ini berjuang bersama menyelesaikan Tugas Akhir dan melewati suka duka selama mengerjakan Tugas Akhir.
8. Teman – teman Teknik Sipil angkatan 2018 yang tidak bisa disebutkan satu – persatu.

Fathur Rohman
30201800070

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Dengan menyebut asma Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, segala puja dan puji syukur bagi Allah Subhanahu Wa ta'ala yang atas Rahmat, Taufiq, dan Hidayah Nya, kami telah apat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Perbandingan Perencanaan Tebal Beton Pada Perkerasan Kaku dengan Metode Bina Marga 2017 dan AASTHO 1993 (Studi Kasus : Ruas Jalan Pantura Semarang – Demak STA 7+0.50 – STA 9+500)”.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terwujud atas pertolongan Allah Tuhan Yang Maha Penolong dan atas bantuan serta dukungan beberapa pihak. Untuk itu ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyono, MT., Ph. D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyono, MT., Ph. D selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan, kesabaran dan bimbingan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir.
4. Bapak Ari Sentani, ST., M.Sc, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan, kesabaran dan bimbingan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir.
5. Semua pihak yang membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masi banyak kekurangan baik isi maupun susunan dalam penulisan. Semoga Tugas Akhir dapat bermanfaat bagi kita semua dan tidak hanya bagi penulis saja.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Semarang, juli 2022
Faqih Hidayatullah
Fathur Rohman

DAFTAR ISI

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|-------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN PERSETUJUAN..... | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR | iv |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI..... | v |
| PERNYATAAN KEASLIAN..... | vi |
| MOTTO..... | vii |
| PERSEMBAHAN..... | ix |
| KATA PENGANTAR | x |
| DAFTAR ISI..... | xi |
| DAFTAR TABEL..... | xv |
| DAFTAR GAMBAR..... | xvii |
| ABSTRAK..... | xviii |
| | |
| I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.5 Sistematika Penulisan | 2 |
| | |
| II TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Pendahuluan | 4 |
| 2.2 Pengertian dan Klasifikasi Perkerasan Jalan | 5 |
| 2.2.1 Pengertian Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>) | 5 |
| 2.2.2 Pengertian Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>) | 6 |
| 2.2.3 Pengertian Perkerasan Komposit (<i>Composit Pavement</i>) | 7 |
| 2.3 Fungsi Perkerasan Jalan | 7 |

| | | |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4 | Struktur dan Jenis Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>) | 8 |
| 2.5 | Komponen–komponen Konstruksi Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>) | 11 |
| 2.5.1 | Tanah Dasar (<i>Subgrade</i>) | 12 |
| 2.5.2 | Lapisan Pondasi (<i>Subbase</i>) | 12 |
| 2.5.3 | Telangana | 13 |
| 2.5.4 | Sambungan atau <i>Joint</i> | 14 |
| 2.5.5 | <i>Bound Breaker</i> di atas <i>Sub Base</i> | 15 |
| 2.5.6 | Alur Permukaan atau <i>Grooving/Brushing</i> | 15 |
| 2.6 | Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>) | 37 |
| 2.6.1 | Perkerasan Jalan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>) menggunakan Metode Bina Marga 2017 | 15 |
| 2.6.1.1 | Umur Rencana | 15 |
| 2.6.1.2 | Lalu Lintas | 17 |
| 2.6.1.3 | Daya Dukung Efektif Tanah Dasar | 20 |
| 2.6.1.4 | Penentuan Tebal Perkerasan | 21 |
| 2.6.2 | Perkerasan Jalan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>) menggunakan Metode AASHTO 2017 | 22 |
| 2.6.2.1 | Analisa Lalu – Lintas (<i>Traffic Design</i>) | 22 |
| 2.6.2.2 | Tanah Dasar | 24 |
| 2.6.2.3 | Material Konstruksi Perkerasan | 25 |
| 2.6.2.4 | <i>Reability</i> | 25 |
| 2.6.2.5 | <i>Serviceability</i> | 27 |
| 2.6.2.6 | Modulus Reaksi pada Tanah Dasar | 27 |
| 2.6.2.7 | Modulus Elastisitas pada Beton | 29 |
| 2.6.2.8 | <i>Flexural Strength</i> | 30 |
| 2.6.2.9 | Koefisien Drainase (<i>Drainage Coefficien</i>) | 30 |
| 2.6.2.10 | Koefisien Penyaluran Beban (<i>Load Trannsfer Coefficien</i>) | 32 |
| 2.6.2.11 | Perhitungan Tebal Perkerasan | 32 |

| | | |
|------------|-----------------------------------------------------------------|----|
| 2.6.2.12 | <i>Dowel Tie Bar</i> | 33 |
| 2.7 | Kesimpulan | 35 |
| | | |
| III | METODOLOGI | |
| 3.1 | Diagram Alur Perencanaan | 36 |
| 3.2 | Lokasi Penelitian | 37 |
| 3.3 | Rumusan Masalah | 37 |
| 3.4 | Pengumpulan Data | 37 |
| 3.5 | Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku | 38 |
| 3.5.1 | Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku dengan Metode Bina Marga 2017 | 38 |
| 3.5.2 | Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku dengan Metode AASHTO 1993 | 39 |
| 3.6 | Perbandingan Metode Perkerasan Kaku | 40 |
| 3.7 | Kesimpulan | 40 |
| | | |
| IV | ANALISA DAN PERHITUNGAN | |
| 4.1 | Data Kondisi Perkerasan Jalan | 41 |
| 4.1.1 | Tanah Dasar (<i>Subgrade</i>) | 41 |
| 4.1.2 | Lapisan Pondasi (<i>Subbase Course</i>) | 41 |
| 4.1.3 | Lapisan Permukaan (<i>Surface Course</i>) | 41 |
| 4.2 | Data Lalu – Lintas Harian | 41 |
| 4.3 | Analisis Perhitungan Bina Marga 2017 | 45 |
| 4.3.1 | Umur Rencana | 45 |
| 4.3.2 | Lalu Lintas | 45 |
| 4.3.3 | Daya Dukung Efektif Tanah Dasar | 51 |
| 4.3.4 | Penentuan Tebal Perkerasan | 51 |
| 4.4 | Analisis Perhitungan AASHTO 1993 | 55 |
| 4.4.1 | Analisis Lalu – Lintas (<i>Traffic Design</i>) | 55 |
| 4.4.2 | Tanah Dasar | 58 |

| | | |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.4.3 | Material Konstruksi Perkerasan | 58 |
| 4.4.4 | <i>Reability</i> | 58 |
| 4.4.5 | <i>Serviceability</i> | 60 |
| 4.4.6 | Modulus Reaksi Tanah Dasar | 60 |
| 4.4.7 | Modulus Elastisitas pada Beton | 61 |
| 4.4.8 | <i>Flexural Strength</i> | 61 |
| 4.4.9 | Koefisien Drainase | 62 |
| 4.4.10 | Koefisien Penyaluran Beton | 62 |
| 4.4.11 | Perhitungan Tebal Perkerasan | 62 |
| 4.5 | Hasil Perbedaan Analisis Dari Metode Bina Marga 2017 dengan AASHTO 1993 | 64 |
| V | PENUTUP | |
| 5.1 | Kesimpulan | 67 |
| 5.2 | Saran | 67 |
| DAFTAR PUSTAKA | | |
| LAMPIRAN | | |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 | Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 | 16 |
| Tabel 2.2 | Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi Kendaraan Besar pada Lajur Rencana | 18 |
| Tabel 2.3 | Faktor Laju Pertumbuhan Lalu – Lintas (MDPJ 2017) | 18 |
| Tabel 2.4 | Faktor Pertumbuhan Lalu – Lintas (R) | 19 |
| Tabel 2.5 | Faktor Keamanan Beban (F_{KB}) | 20 |
| Tabel 2.6 | Faktor Distribusi Lajur | 23 |
| Tabel 2.7 | <i>Reability</i> (R) disarankan | 26 |
| Tabel 2.8 | <i>Standart Normal Devitiation</i> (Z_R) disarankan | 26 |
| Tabel 2.9 | <i>Terminal Serviceability Index</i> (p_t) | 27 |
| Tabel 2.10 | <i>Loss of Support Factors</i> | 28 |
| Tabel 2.11 | <i>Quality of Drainage</i> | 30 |
| Tabel 2.12 | Koefisien Pangaliran | 30 |
| Tabel 2.13 | <i>Drainage Coefficien</i> (C_d) | 31 |
| Tabel 2.14 | <i>Load Transfer Coefficient</i> | 32 |
| Tabel 2.15 | Penentuan Dimensi dan Jarak Dowel | 33 |
| Tabel 2.16 | Jarak Pemasangan <i>Tie Bar</i> | 34 |
| Tabel 4.1 | Survei Kendaraan Senin, 13 Juni 2022 | 42 |
| Tabel 4.2 | Survei Kendaraan Selasa, 14 Juni 2022 | 42 |
| Tabel 4.3 | Survei Kendaraan Rabu, 15 Juni 2022 | 43 |
| Tabel 4.4 | Survei Kendaraan Kamis, 16 Juni 2022 | 43 |
| Tabel 4.5 | Survei Kendaraan Jum'at, 17 Juni 2022 | 44 |
| Tabel 4.6 | Data – data Keseluruhan Lalu Lintas Rata - rata | 44 |
| Tabel 4.7 | Golongan dan Kelompok Jenis Kendaraan | 45 |
| Tabel 4.8 | Jumlah lajur berdasarkan berdasarkan distribusi kendaraan..... | 46 |
| Tabel 4.9 | Faktor pertumbuhan Lalu Lintas | 47 |
| Tabel 4.10 | Perhitungan Jumlah Sumbu Berdasarkan Jenis dan Bebannya..... | 48 |

| | | |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 4.11 | Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) selama Umur Rencana..... | 49 |
| Tabel 4.12 | Perhitungan Repetisi Sumbu Rencana | 50 |
| Tabel 4.13 | Tegangan ekivalen dan Faktor Erosi..... | 52 |
| Tabel 4.14 | Nilai Tegangan ekivalen (TE), faktor erosi (FE) dan FRT | 53 |
| Tabel 4.15 | Analisi Fatik dan Erosi Perkerasan Kaku dengan Ketebalan 25 cm. | 54 |
| Tabel 4.16 | Nilai VDF Jenis Masing-Masing Kendaraan Niaga..... | 56 |
| Tabel 4.17 | faktor distribusi lajur (D_L)..... | 57 |
| Tabel 4.18 | hasil perhitungan w_{18} | 57 |
| Tabel 4.19 | Realibility..... | 59 |
| Tabel 4.20 | Standard Deviasi | 59 |
| Tabel 4.21 | jumlah hari hujan pertahun..... | 62 |



DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 | Lapisan Perkerasan Jalan | 5 |
| Gambar 2.2 | Lapisan Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>) | 6 |
| Gambar 2.3 | Lapisan Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>) | 6 |
| Gambar 2.4 | Lapisan Perkerasan Komposit (<i>Composit Pavement</i>) | 7 |
| Gambar 2.5 | Skema Perkerasan Kaku Bersambung Tanpa Tulangan | 8 |
| Gambar 2.6 | Skema Perkerasan Kaku Bersambung dengan Tulangan..... | 9 |
| Gambar 2.7 | Skema Perkerasan Beton Semen Menerus dengan Tulangan | 10 |
| Gambar 2.8 | Skema Perkerasan Beton Pra – Tegang | 11 |
| Gambar 2.9 | Skema Potongan Konstruksi Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>)... .. | 11 |
| Gambar 2.10 | Skema Potongan Konstruksi Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>) .. | 13 |
| Gambar 2.11 | Konfigurasi Beban Sumbu | 17 |
| Gambar 2.12 | Hubungan antara (k) dan CBR | 29 |
| Gambar 3.1 | Diagram Alur Perencanaan | 36 |
| Gambar 3.2 | Lokasi Penelitian | 37 |
| Gambar 4.1 | Golongan dan Kelompok Jenis Kendaraan | 41 |

**ANALISIS PERBANDINGAN TEBAL BETON PADA PERKERASAN KAKU
DENGAN METODE BINA MARGA 2017 DAN AASHTO 1993
(Studi Kasus : Ruas Jalan Pantura Semarang – Demak
STA 7+0.50 – STA 9+500)**

Oleh :

Faqih Hidayatullah¹⁾, Fathur Rohman¹⁾, Rachmat Mudiyo²⁾, Ari Sentani²⁾

Abstrak

Jalan pantura Semarang – Demak merupakan jalan nasional yang memiliki ruas jalan yang kuat untuk kenyamanan dan keamanan pengendara jalan tersebut. Pada perkerasan jalan terdapat dua jenis perkerasan jalan yaitu perkerasan kaku dan lentur, namun, pada perencanaan jalan Pantura Semarang – Demak ini menggunakan perkerasan kaku (*rigid pavement*) yang direncanakan secara efisien dan efektif. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil dari perhitungan tebal beton dengan metode Bina Marga 2017 dan AASTHO 1993.

Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data sekunder dengan peninjauan lapangan di ruas Jalan Pantura Semarang – Demak di STA 7+0.50 – STA 9+500 diambil pada hari dan jam kerja. Selain itu, pengumpulan data sekunder dapat berupa parameter – parameter dari masing- masing metode yang dibutuhkan. Pengumpulan data tersebut guna untuk input perhitungan perbandingan antara Metode Bina Marga 2017 dan Metode AASHTO 1993.

Hasil dari perhitungan perbandingan pada kedua metode yaitu Metode Bina Marga 2017 menghasilkan tebal perkerasan adalah 25 cm, sedangkan pada metode AASHTO 1993 menghasilkan tebal perkerasan adalah 35 cm. Hasil dari perbandingan kedua metode ini dilihat dari parameter – parameter dari kedua metode tersebut.

Kata Kunci : *Perbandingan Tebal Beton; Perkerasan Kaku; Bina Marga 2017; AASHTO 1993*

¹⁾Mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA

²⁾Dosen Fakultas Teknik Sipil UNISSULA

COMPARISONAL ANALYSIS OF CONCRETE THICKNESS ON RIGID PAVEMENT WITH BINA MARGA METHODS 2017 AND AASHTO 1993 (Case Study: Pantura Road Semarang – Demak STA 7+0.50 – STA 9+500)

By :

Faqih Hidayatullah¹⁾, Fathur Rohman¹⁾, Rachmat Mudiyo²⁾, Ari Sentani²⁾

ABSTRACT

The northern coast of Semarang – Demak is a national road that has strong roads for the comfort and safety of road users. In road pavement there are two types of pavement, namely rigid and flexible pavement, however, in planning the Semarang - Demak Pantura road using rigid pavement which is planned efficiently and effectively. This study aims to compare the results of the calculation of the thickness of the concrete with the Bina Marga 2017 and AASTHO 1993 methods.

This study began with secondary data collection with field observations on the Pantura Semarang – Demak road at STA 7+0.50 – STA 9+500 taken on working days and hours. In addition, secondary data collection can be in the form of parameters of each required method. The data collection is used to input the calculation of the comparison between the 2017 Bina Marga Method and the 1993 AASTHO Method.

The results of the comparison calculations on the two methods, namely the 2017 Highways Method, resulted in a pavement thickness of 25 cm, while the 1993 AASTHO method resulted in a pavement thickness of 35 cm. The results of the comparison of these two methods are seen from the parameters of the two methods.

Keywords: *Concrete Thickness Comparison; Rigid Pavement; Highways 2017; AASTHO 1993*

¹⁾Students of the Faculty of Engineering, Civil Engineering Study Program, UNISSULA

²⁾Lecturer of the Faculty of Civil Engineering UNISSULA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan Pantura Semarang – Demak merupakan jalan utama yang berada di wilayah pantai Utara Jawa Tengah. Jalan ini merupakan akses utama jalur darat yang menghubungkan antar provinsi pulau Jawa. Jalan adalah jalur – jalur yang di atas permukaan bumi yang dengan sengaja dibuat oleh manusia dengan berbagai bentuk, ukuran-ukuran dan konstruksinya untuk dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengangkut barang barang dari satu tempat ke tempat lain dengan cepat dan mudah (Silvia Sukirman, 1994).

Jalan Pantura Semarang – Demak merupakan jalan Nasional, maka dari itu jalan ini sering mengalami kerusakan yang disebabkan oleh beban muatan yang terlalu berlebihan (*Overloading*), selain itu disebabkan karena drainase kurang berfungsi dengan baik. Sehingga perencanaan jalan Pantura Semarang – Demak lebih baik menggunakan perencanaan perkerasan kaku. Perencanaan perkerasan kaku pada ruas jalan Pantura Semarang – Demak adalah salah satu usaha untuk meningkatkan kapasitas serta pelayanan jalan Pantura yang memiliki tujuan untuk memberi kenyamanan serta keamanan bagi pengguna jalan tersebut.

Untuk itu, perencanaan jalan Pantura Semarang – Demak ini menggunakan cara perkerasan kaku (*rigid pavement*). Perkerasan jalan beton semen atau perkerasan kaku adalah suatu konstruksi perkerasan dengan bahan baku agregat dan menggunakan semen sebagai bahan ikatnya (Suryawan, 2009).

Pada Tugas Akhir ini penulis menganalisis tentang perbandingan perencanaan tebal beton pada perkerasan kaku di ruas jalan Pantura Semarang – Demak dengan menggunakan metode Bina Marga dan AASTHO 1993.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dengan latar belakang di atas rumusan masalah yang di ambil dalam Tugas Akhir ini terkait perencanaan perkerasan kaku pada ruas jalan Pantura Semarang – Demak dengan analisis tebal *rigid pavement* menggunakan metode Bina Marga dan AASHTO 1993 adalah sebagai berikut :

1. Berapakah tebal perkerasan beton yang dibutuhkan dengan menggunakan metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 sesuai dengan parameter acuan ?
2. Bagaimana perbandingan *rigid pavement* pada metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 ?

1.3 Batasan Masalah

Pada Tugas Akhir ini terkait perencanaan *rigid pavement* pada ruas jalan Pantura Semarang – Demak dengan metode Bina Marga dan AASHTO 1993 adapun Batasan masalah dalam penulisan Tugas Akhir ini, sebagai berikut :

1. Tidak memperhitungkan perencanaan saluran untuk perkerasannya.
2. Tidak memperhitungkan waktu dan biaya pelaksanaannya.
3. Adapun data perencanaan berdasarkan data sekunder dari instansi.
4. Tidak memperhitungkan perencanaan tulangan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai terkait Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Menganalisa ketebalan yang dibutuhkan dari hasil perhitungan metode Bina Marga dan AASHTO 1993 pada ruas jalan Pantura Semarang – Demak.
2. Menganalisa hasil perbandingan *rigid pavement* pada ruas jalan Pantura Semarang – Demak.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini terdiri dari 5 bab dengan memiliki sistematika sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian dan Sistematika Penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi kajian atau teori dari berbagai sumber yang dibutuhkan untuk dijadikan sebagai acuan menganalisis struktur.

BAB III METODOLOGI

Berisi tentang metode pengumpulan data dan metode analisis.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi bagian penting atau isi dari penulisan laporan yakni berupa analisis, perhitungan tebal perkerasan dan pengecekan acuan parameter per metode.

BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan yang didapat dari proses hasil-hasil analisis dan hasil perbandingan tebal perkerasan dan berisi beberapa hal yang disarankan, khususnya untuk perhitungan perkerasan jalan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Perencanaan perkerasan jalan yang efektif juga merupakan hal penting pada pembangunan jalan raya. Jalan raya adalah jalur - jalur tanah di atas permukaan bumi yang dibuat oleh manusia dengan bentuk, ukuran - ukuran dan jenis konstruksinya sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengangkut barang dari suatu tempat ke tempat lainnyadengan mudah dan cepat (Clarkson H.Oglesby,1999).

Pada perencanaan perkerasan jalan memiliki standar yang sudah ditentukan yaitu dimana setiap lapisan memiliki syarat kekuatan, ketebalan, kestabilan dan kekakuan yang berfungsi untuk menyalurkan dari beban lalu lintas yang berada diatas lapiran perkerasan jalan sampai menuju ke tanah dasar. Dalam suatu merencanakan atau menganalisis suatu perkerasan jalan memiliki berbagi acuan yaitu acuan yang berupa data teknis ataupun non teknis. Data teknis maupun non teknis untuk mengevaluasi suatu perencanaan yang bermaksud dengan adanya suatu perencanaan tersebut.

Data yang digunakan dalam mengevaluasi suatu analisis suatu perkerasan jalan yaitu ada 2 diantaranya adalah :

a. Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan dari peninjauan langsung pada lokasi penelitian. Data tersebut berupa data volume lalu lintas yang diklasifikasikan menurut volume kendaraan saat melakukan survey di lokasi. Survey tersebut dapat dilakukan pada saat jam – jam berangkat dan pulang orang kerja karena lokasi tersebut merupakan kawasan padat industri dan jalur pantura bagi kendaraan umum yang memiliki beban yang *overloading*.

b. Data Sekunder

Data sekunder yaitu data yang bisa didapatkan dari berbagai sumber salah satunya adalah dari Dinas Bina Marga Provinsi Jawa Tengah. Data

tersebut yang dimana berisikan data peta lokasi, tingkat pertumbuhan lalu lintas, curah hujan serta data CBR tanah pada lokasi penelitian tersebut.

2.2 Pengertian Dan Klasifikasi Perkerasan Jalan

Perkerasan Jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dan roda kendaraan, yang berfungsi untuk memberikan pelayanan kepada sarana transportasi (Sukirman, 2003). Fungsi perkerasan ditujukan untuk menerima atau menahan beban kendaraan yang melintas di atasnya, serta memperkirakan umur jalan.

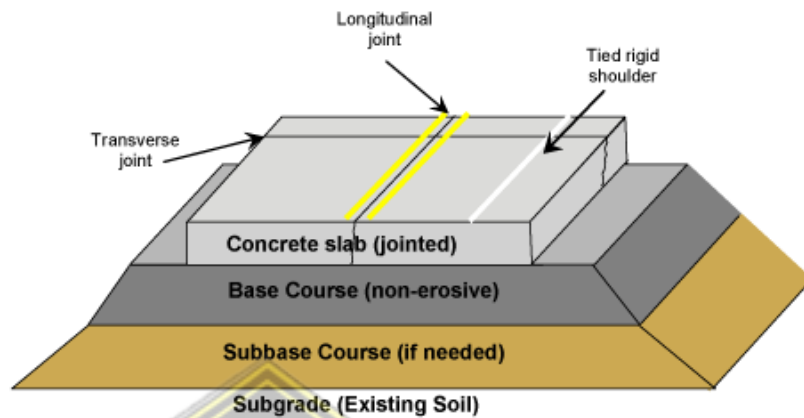


Pada umumnya perencanaan peerkerasan jalan berdasarkan bahan pengikat dapat diklasifikasikan menjadi 3 yaitu sebagai berikut :

2.2.1 Pengertian Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Struktur jalan beton atau disebut juga perkerasan beton semen merupakan perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan ikat sehingga tingkat kekakuan yang relatif cukup tinggi khususnya bila dibandingkan

dengan perkerasan aspal (Aly, 2004). Nilai modulus elastisitas dari struktur beton 10 kali lebih kuat daripada modulus elastisitas perkerasan aspal.

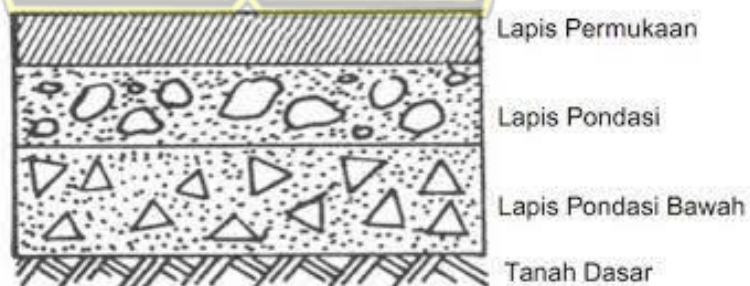


Gambar 2.2 Lapisan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

(Sumber : rezaslash.blogspot.com)

2.2.2 Pengertian Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Adapun lapisan perkerasan lentur yang berada paling atas adalah lapisan permukaan surface course yang berfungsi sebagai penahan beban roda secara langsung, dengan 10. stabilitas tinggi dan merupakan lapisan aus atau yang menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus (Sukirman, (1991).

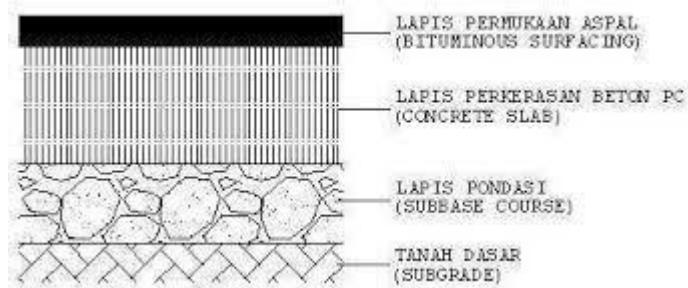


Gambar 2.3 Lapisan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

(Sumber : dpupr.grobogan.go.id)

2.2.3 Pengertian Perkerasan Komposit (*Composit Pavement*)

Kombinasi antara perkerasan kaku dengan perkerasan lentur yang terdapat perkerasan lentur diatas perkerasan kaku ataupun sebaliknya.



Gambar 2.4 Lapisan Perkerasan Komposit (*Composit Pavement*)

(Sumber : jurnal.saburai.id)

2.3 Fungsi Perkerasan Jalan

Menurut dari salah satu ahli yaitu Alamsyah, 2006 menjelaskan beberapa fungsi perkerasan jalan salah satunya adalah fungsi jalan yang menghubungkan kota atau daerah yaitu kolektor primer, yang memiliki kriteria :

- a. Terusan dari arteri dalam kota dan luar kota
- b. Menghubungkan dan melalui kawasan primer
- c. Kecepatan yang dirancang 60 km/jam
- d. Memiliki lebar badan jalan ≥ 8 meter
- e. Merupakan lalu lintas regional
- f. Bus dan angkutan barang berat dapat melewati jalan ini
- g. Jarak antara jalan masuk tidak ≤ 500 meter
- h. Memiliki kapasitas yang lebih besar dari volume lalu lintasnya
- i. Persimpangan diatur sesuai dengan volume lalu lintas harian
- j. Memiliki volume lalu lintas rata – rata yang lebih besar dibanding fungsi jalan lainnya.

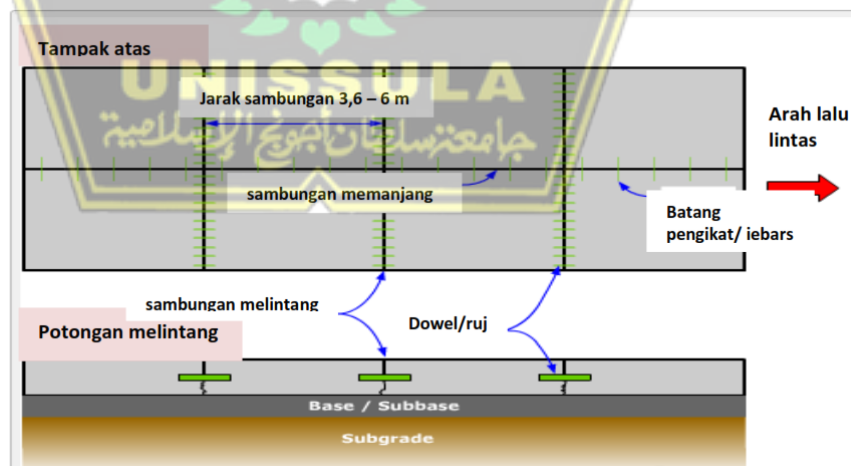
2.4 Struktur Dan Jenis Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku atau disebut juga dengan perkerasan beton terdiri dari beberapa jenis yaitu :

a. Perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan (*Jointed Unreinforced Concrete Pavement*)

Perkerasan jenis yang sering digunakan dalam perencanaan perkerasan jalan kaku karena memiliki spesifikasi dengan biaya yang murah pada pelaksanaan perkerasan tersebut dibandingkan pada jenis perkerasan yang lainnya.

Perkerasan jenis ini memiliki syarat umum pada sambungan susut dibuat dengan ketentuan antara 3,6 meter dan 6 meter, namun di Indonesia dibuat dengan syarat pada umumnya 4,5 meter dan 5 meter. Sambungan jenis ini memiliki jarak relatif yang dekat sehingga tidak akan terjadi retakan yang terbentuk pada plat hingga akhir umur pelayanan perkerasan jalan tersebut. Oleh sebab itu, perkerasan jenis ini memiliki sifat pemuaian serta penyusutan perkerasan jalan yang terletak diatas sambungan, dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut ini.



Gambar 2.5 Skema Perkerasan Kaku Bersambung Tanpa Tulangan
(Sumber : Diklat Perkerasan Kaku 2017, PUPR)

b. Perkerasan Beton Semen Bersambung dengan Tulangan (*Jointed Reinforced Concrete Pavement*)

Jenis perkerasan ini sama berarti dengan perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan namun memiliki perbedaan yaitu pada ukuran Panjang plat dan tambahan tulangan. Jarak sambungan pada jenis ini memiliki jarak sambung antara 7 meter dan 12 meter tetapi ada juga yang memiliki jarak sambung yaitu 30 meter.

Penulangan yang dimaksud dalam jenis perkerasan ini yaitu bukan berarti memikul beban secara struktural, namun untuk “memegang” retak supaya tetap rapat, yang berfungsi untuk menjaga geseran sepanjang bidang retakan sebagai penyalur beban yang tetap berfungsi.



Gambar 2.6 Skema Perkerasan Kaku Bersambung dengan Tulangan

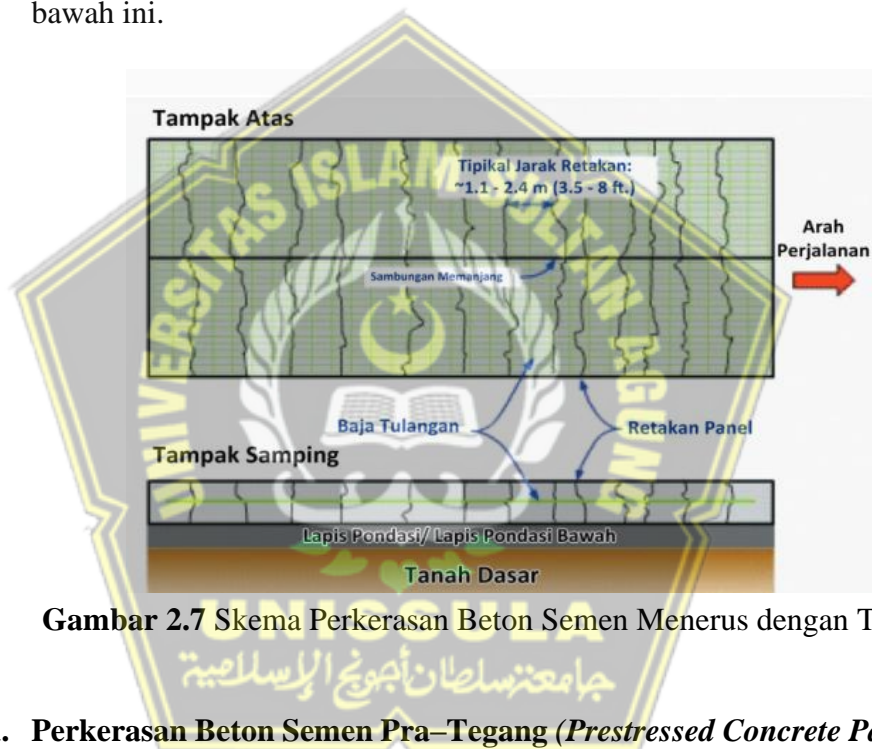
(Sumber : Diklat Perkerasan Kaku 2017, PUPR)

c. Perkerasan Beton Semen Menerus Dengan Tulangan (*Continuously Reinforced Concrete Pavement*)

Perkerasan jenis ini merupakan jenis perkerasan beton semen yang dimana dibuat dengan tulangan plat panjang menerus yang ada batasannya oleh sambungan - sambungan muai melintang. Perkerasan ini

merupakan tipe perkerasan yang tidak memerlukan adanya sambungan muai.

Adapun Jenis faktor yang menjadikan respon struktural perkerasan beton, seperti jarak sambungan, ketebalan slab beton, adapun Panjang pelat dari jenis perkerasan ini lebih besar dari 75 meter. Retak melintang dibolehkan terjadi akan tetapi harus ada ikatan kuat oleh baja tulangan menerus, Perkerasan Beton Semen Menerus dengan Tulangan (continuously reinforced Concrete Pavement) dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

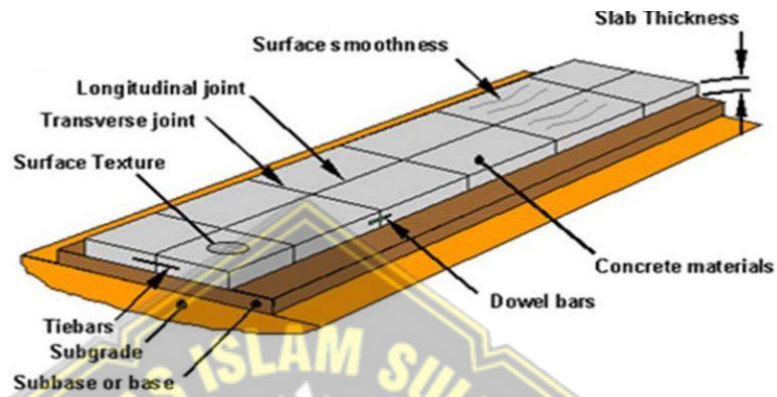


Gambar 2.7 Skema Perkerasan Beton Semen Menerus dengan Tulangan

d. Perkerasan Beton Semen Pra-Tegang (*Prestressed Concrete Pavement*)

Perkerasan beton prategang merupakan beton dengan tegangan tariknya pada suatu kondisi pembebanan tertentu bisa di hilangkan ataupun dikurangi sehingga mencapai batas aman dengan pemberian gaya tekan permanen, dan baja prategang (strand) dilakukan pra-tarik (*pre-tension*) sebelum beton mengeras ataupun dilakukan pasca-tarik setelah beton mengeras. Beton semen prategang merupakan salah satu konstruksi diantara beberapa banyak jenis konstruksi perkerasan.

Pada beton semen konvensional pelaksanaan perkerasan beton dibuat dengan precast yang ukuran beton sudah ditentukan dan direncanakan yang hasilnya bisa lebih tipis. Ukuran beton precast ini lebih panjang sehingga bisa mengurangi sambungan pembukaann pada lalu lintas.

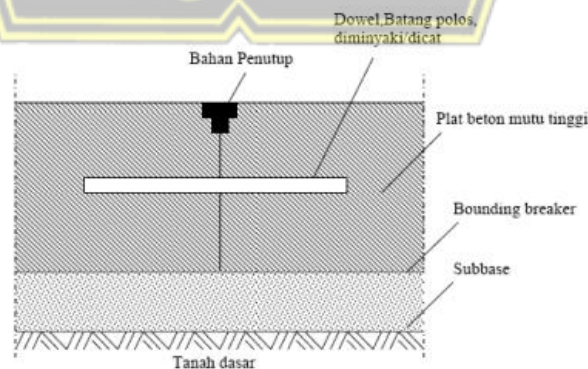


Gambar 2.8 Skema Perkerasan Beton Semen Pra-Tegang

(Sumber : Diklat Perkerasan Kaku 2017, PUPR)

2.5 Komponen – komponen Kontruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Pada jenis konstruksi perkerasan kaku, konstruksi utama merupakan perkerasan beton satu lapis dengan mutu tinggi yang menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya. Sedangkan lapis pondasi atau subbase berfungsi untuk konstruksi pelengkap atau pendukung yang juga bisa di sebut lantai kerja perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)



Gambar 2.9 Sekema potongan konstruksi perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)

(Sumber : bestanada.blogspot.com)

Ada beberapa susunan komponen konstruksi perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) yang diketahui sebagai berikut :

2.5.1 Tanah dasar (*Subgrade*)

Dalam suatu konstruksi jalan tanah dasar adalah bagian dari badan jalan yang berguna untuk menerima beban konstruksi jalan di atasnya. Tanah dasar berfungsi untuk menerima beban yang di salurkan oleh lalulintas di atasnya ataupun oleh konstruksi perkerasan. Ada beberapa persyaratan yang harus di penuhi antara lain tanah harus lebar, kerataan dan kemiringan harus mendapat daya dukung kepatadan tanah.

Ditinjau dari penyiapan tanah dasar, maka lapisan tanah dasar dapat dibuat sebagai berikut :

- ♦ Lapisan tanah dasar, yang berasal dari tanah galian.
- ♦ Lapisan tanah dasar, tanah urugan.
- ♦ Lapisan tanah dasar, tanah asli.

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar.

2.5.2 Lapisan pondasi (*Subbase*)

Pada dasarnya lapisan pondasi itu terletak pada bagian dasar diantara tanah dan plat beton yang menggunakan bahan beton semen mutu tinggi. Bahan *subbase* ini menggunakan pasir batu (*sirtu*) atau bound granural .

Adapun Fungsi dari lapisan pondasi (*subbase*) ini sebagai lantai kerja yang rata. apabila *subbase* tidak rata maka akan membuat atau mempengaruhi plat beton juga tidak rata, *subbase course* juga berfungsi untuk menambah kekuatan tanah dasar, pada dasarnya lapis pondasi (*subbase*) tidak di perhitungkan untuk memikul beban yang melintas di atasnya ataupun bersifat non-struktural.

2.5.3 Tulangan

Pada konstruksi pekerjaan perkerasan beton semen ada beberapa jenis yaitu tulangan pada plat beton tulangan yang berfungsi untuk memperkuat konstruksi plat beton tersebut dan tulangan sambungan yang gunanya untuk menyambung bagian - bagian plat yang di putus atau terputus, adapun penjeasan tulangan tersebut antara lain,

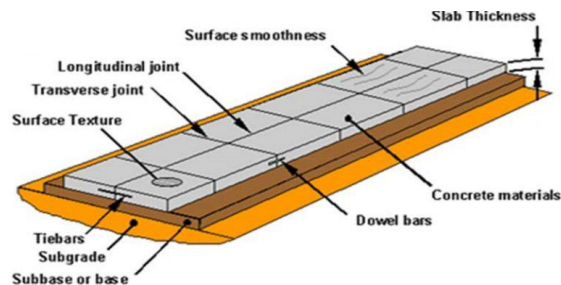
a. Tulangan Plat

Bentuk dari tulangan yang terdapat pada perkerasan beton ini yaitu seperti berikut:

- Bentuk tulangan pada umumnya berupa lembaran atau gulungan. Pada teknis dilapangan sebuah tulangan yang berbentuk gulungan ini kurang baik karna pada umumnya tulangan yang bentuknya lembaran ini lebih baik. Kedua tulangan ini di buat oleh pabrik.
- Tulangan plat berlokasi di antara tengah pada plat beton.
- Fungsi dari tulangan beton ini yaitu untuk memberikan kekuatan tarik pada suatu konstruksi beton yang mampu memberikan ketuatan tarik pada suatu konstruksi beton.

b. Tulangan Sambungan

Tulangan sambungan terbagi menjadi dua macam yaitu tulangan sambungan arah melintang yang arahnya memanjang pada plat beton, dan tulangan memanjang merupakan sambungan untuk gerakan lenting plat beton



Gambar 2.10 Skema potongan konstruksi perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)

(Sumber : Diklat Perkerasan Kaku 2017, PUPR)

Pekerjaan jenis ini memiliki ciri dan fungsi masing - masing sambungan tulangan seperti berikut,

- a. Tulangan Sambungan Melintang
 - Tulangan sambungan melintang disebut juga dowel.
 - Berfungsi sebagai sliding *device* dan *load transfer device*.
 - Berbentuk polos, bekas potongan rapi dan berukuran besar.
 - Satu sisi tulangan ikut melekat kepada plat beton, sedangkan satu sisi tidak lekat dengan plat beton
 - Terletak di tengah badan jalan yang sejajar.
- b. Tulangan Sambungan Memanjang
 - Tulangan sambungan memanjang disebut juga Tie Bar.
 - Berfungsi sebagai unsliding devices dan *rotation devices*.
 - Berbentuk deformed / ulir dan berbentuk kecil.
 - Lekat di kedua sisi pelat beton.

2.5.4 Sambungan atau *joint*

Sambungan atau *joint* ini berfungsi sebagai pengendalian ataupun terarahnya retak pada suatu konstruksi plat beton akibat terjadinya susut ataupun *wrapping* (lenting) agar bentuk maupun desain sesuai yang di harapkan. dengan terkontrolnya retak pada tulangan - tulangan sambungan itu membuat konstruksi lebih tahan lama dan retakan tidak mudah menyebar ke permukaan lain.

Untuk setiap celah sambungan susut maupun lenting yang akan diisi dengan *joint sealent* yang berbahan aspal khusus, celah sambungan harus di bersihkan dari kotoran yang berpengaruh menutupi sambungan *sealent*. Sambungan melintang terdiri dua jenis yaitu sambungan lenting dan susut, sambungan susut merupakan sambungan yang melintang diantara sambungan pengecoran sebelumnya dengan pengecoran berikutnya. Sedangkan sambungan lenting merupakan sambungan yang berada pada setiap segmen yang ada tulangan dowelnya.

2.5.5 Bound breaker di atas sub base

Bound breaker di atas subbase yaitu sebuah plastik tipis di atas subbase yang berfungsi agar tidak terjadi gabungan dan ada batasan antara subbase dengan plat permukaan beton di atasnya.

2.5.6 Alur permukaan atau Grooving/Brushing

Supaya permukaan beton tidak licin oleh karena itu permukaan beton di buat tekstur atau alur - alur dan proses pembuatan tekstur atau alur - alur dilakukan sebelum beton disemprot curing compound, arah alur bisa melintang maupun memanjang.

2.6 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)

2.6.1 Perkerasan Jalan Kaku (Rigid Pavement) Menggunakan Metode Bina Marga 2017

Metode Bina Marga adalah penyempurnaan dari metode Bina Marga 2013 yang digunakan dalam beberapa tahun selama masa transisi dari metode Bina Marga 2013 menuju Bina Marga 2017. Metode Bina Marga 2017 dalam perencanaan perkerasan kaku memiliki beberapa parameter diantaranya adalah sebagai berikut :

2.6.1.1 Umur Rencana

Umur rencana jalan merupakan estimasi waktu dalam satu tahun yang diperhitungkan sejak jalan itu dibuka sampai memerlukan perbaikan berat ataupun rekonstruksi. Dalam menganalisis lalu lintas dibutuhkan beberapa parameter meliputi faktor pertumbuhan lalu lintas, sebaran kelompok sumbu kendaraan niaga, beban sumbu standar kumulatif, volume lalu lintas, lalu lintas pada lajur rencana, dan faktor beban ekuivalen. Beban didapatkan dari perhitungan volume lalu lintas pada tahun survei berikutnya yang diproyeksikan selama umur rencana dengan menggunakan faktor pertumbuhan lalu lintas.

Umur rencana pada perkerasan jalan didapatkan melalui fungsional pada jalan yang diklasifikasikan dari pola lalu lintas dan nilai ekonomi jalan yang berkaitan. Klasifikasi umur rencana dapat diklasifikasikan dengan beberapa metode diantaranya, metode *Internal Rate of Return*, metode *Benefit Cost Ratio*, gabungan dari dua metode atau cara lain yang mengembangkan perkembangan pola wilayah. Umur rencana pada perkerasan kaku (*Rigit Pavement*) direncanakan pada umur rencana di 20 tahun sampai dengan 40 tahun. Umur rencana perkerasan kaku (*Rigit Pavement*) pada Metode Bina Marga 2017 dapat ditentukan pada **tabel 2.1** berikut.

Tabel 2.1 Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

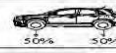




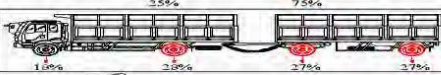

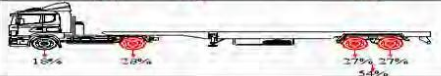
| Jenis Perkerasan | Elemen Perkerasan | Umur Rencana (Tahun) |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Perkerasan Lentur | Lapisan aspal dan lapisan berbutir | 20 |
| | Fondasi jalan Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti : jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan | 40 |
| | <i>Cement Treated Based (CTB)</i> | |
| Perkerasan Kaku | Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan | |
| Jalan tanpa penutup | Semua elemen (termasuk fondasi jalan) | Min. 10 |

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 (MDPJ 2017))

2.6.1.2 Lalu Lintas

Pada pembebanan lalu lintas untuk perencanaan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) dapat dinyatakan dari sumbu kendaraan niaga (*Commercial Vehicle*). Lalu lintas dapat dianalisis dari perhitungan jumlah volume kendaraan dan konfigurasi beban sumbu pada kendaraan. Sumbu kendaraan niaga (*Commercial Vehicle*) memiliki syarat berat minimal 5 ton. Konfigurasi beban sumbu kendaraan pada lalu lintas memiliki fungsi untuk merencanakan perencanaan kaku merencana kaku (*Rigid Pavement*) ada 4 jenis bagian dimana sebagai berikut pada **Gambar 2.11**

- Sumbu Tunggal Roda Tunggal (STRT)
- Sumbu Tunggal Roda Ganda (STRG)
- Sumbu Tandem Roda Ganda (STdRG)
- Sumbu Tridem Roda Ganda (STRRG)

| KONFIGURASI BEBAN SUMBU | | | | | | |
|--------------------------|------------------|-------------------------|------------------------|------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| KONFIGURASISUMBU DAN TPE | BEBAKASING (TON) | BEBAKADAMAYAKSINI (TON) | BEBAKOTALMAKSINI (TON) | TEKAKASING | TEKAKADAMAYAKSINI | |
| 1.1 RP | 1,5 | 0,5 | 2,0 | 0,0001 | 0,0005 |  |
| 1.2 BUS | 3 | 6 | 9 | 0,0037 | 0,3006 |  |
| 1.2L TRUK | 2,3 | 6 | 8,3 | 0,0013 | 0,2174 |  |
| 1.2H TRUK | 4,2 | 14 | 18,2 | 0,0143 | 5,0264 |  |
| 1.2S TRUK | 5 | 20 | 25 | 0,0044 | 2,7416 |  |
| 1.2 + 3.2 TRAILER | 8,4 | 25 | 31,4 | 0,0085 | 3,9093 |  |
| 1.2-2 TRAILER | 8,2 | 20 | 26,2 | 0,0192 | 6,1179 |  |
| 1.2-2.2 TRAILER | 10 | 32 | 42 | 0,0327 | 10,1830 |  |

Gambar 2.11 Konfigurasi Beban Sumbu

(Sumber : Manual Perkerasan Jalan *Benkelman Beam* No.01/MN/BM/83)

a. Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan besar. Jika tidak ada tanda batas lajur pada jalan, maka perhitungan lajur rencana dan koefisien distribusi (c) didapatkan melalui lebar perkerasan sesuai **Tabel 2.2**

Tabel 2.2 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi kendaraan besar pada lajur rencana

| Lebar perkerasan (L _p) | Jumlah lajur (n _i) | Koefisien distribusi | |
|------------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------|
| | | 1 Arah | 2 Arah |
| L _p < 5,50 m | 1 lajur | 1 | 1 |
| 5,50 m ≤ L _p < 8,25 m | 2 lajur | 0,70 | 0,50 |
| 8,25 m ≤ L _p < 11,25 m | 3 lajur | 0,50 | 0,475 |
| 11,25 m ≤ L _p < 15,00 m | 4 lajur | - | 0,45 |
| 15,00 m ≤ L _p < 18,75 m | 5 lajur | - | 0,425 |
| 18,75 m ≤ L _p < 22,00 m | 6 lajur | - | 0,40 |

(Sumber : Pd T-14-2003)

b. Pertumbuhan Lalu Lintas

Pertumbuhan lalu lintas adalah bertambah nya volume lalu lintas sesuai dengan umur rencana jalan atau kapasitas dapat dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu lintas. Faktor laju pertumbuhan lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Faktor laju pertumbuhan lalu lintas (MDPJ 2017)

| | Jawa | Sumatera | Kallimantan | Rata-rata Indonesia |
|----------------------|------|----------|-------------|---------------------|
| Arteri dan perkotaan | 4,80 | 4,83 | 5,14 | 4,75 |
| Kolektor rural | 3,50 | 3,50 | 3,50 | 3,50 |
| Jalan desa | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Sumber manual desain perkerasan jalan 2017

Pertumbuhan lalu lintas dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$R = (1 + i)^{UR} - \frac{1}{i} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

i = Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %

UR = Umur Rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan lalu-lintas (R) dapat juga ditentukan berdasarkan **Tabel 2.4**

Tabel 2.4 Faktor Pertumbuhan lalu-lintas (R)

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

(Sumber: Pd T-14-2003)

c. Lalu Lintas Rencana

Lalu lintas rencana merupakan jumlah kumulatif sumbu kendaraan besar selama umur rencana pada lajur rencana, dengan setiap jenis sumbu kendaraan meliputi distribusi beban dan proporsi sumbu. Diambil dari survei beban, beban secara tipikal pada sumbu dikelompokkan dengan interval 10 kN (1 ton). Adapun perhitungan tentang jumlah sumbu kendaraan besar umur rencana sebagai berikut :

$$JSKN = JSKN \times 365 \times R \times C \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

JSKN = Jumlah total sumbu kendaraan besar selama umur rencana.

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

- R = Faktor pertumbuhan kumulatif yang besarnya tergantung dari pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana.
- C = Koefisien distribusi kendaraan

d. Faktor Keamanan Beban

Dalam menentukan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (F_{KB}). Keamanan beban ini berfungsi dengan adanya berbagai tingkat reabilitas dalam perencanaan seperti **Tabel 2.5**

Tabel 2.5 Faktor keamanan beban (F_{KB})

| 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 faktor 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: Pd T-14-2003)

2.6.1.3 Daya Dukung Efektif Tanah Dasar

Dalam menentukan parameter modulus reaksi daya dukung efektif tanah dasar (k) untuk perencanaan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) menggunakan CBR (*California Bearing Ratio*).

Secara umum di Indonesia penentuan daya dukung tanah dasar ditentukan menggunakan uji CBR insitu sesuai dengan SNI 03-1731-1989 atau menggunakan CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989, masing – masing digunakan untuk merencanakan tebal perkerasan baru ataupun perkerasan lama. Apabila didapatkan nilai CBR tanah dasar lebih kecil dari 2 %, maka pondasi bawah harus dipasang beton kurus (*Lean-Mix*

Concrete) dengan tebal 15 cm dan mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5 %.

Dalam perencanaan perkerasan ada beberapa persyaratan umum untuk persiapan tanah dasar sebagai berikut:

1. Mempunyai perhitungan minimum nilai CBR rendaman.
2. Sesuai dengan bentuk geometrik jalan.
3. Tidak berreaksi terhadap perubahan kadar air.
4. Nilai ketebelan harus sesuai persyaratan.
5. Menerima beban lalu lintas pelaksanaan konstruksi.

2.6.1.4 Penentuan Tebal Perkerasan

Pada penentuan perkerasan tebal kaku memiliki beberapa daya pendukung dalam menghubungkan hasil dari perencanaan perkerasan kaku yaitu:

1. Memiliki umur rencana yang sudah ditentukan dalam perencanaan perkerasan kaku adalah 20 tahun
2. Memiliki fungsi jalan yaitu jalan arteri atau jalan bebas dari hambatan yang menghubungkan antara kota dan daerah dengan waktu tempuh dan jarak yang efektif
3. Panjang jalan perencanaan perkerasan jalan sekitar 1 km – 2 km
4. Perencanaan jalan terdiri atas 6 lajur dan 2 jalur dengan menggunakan bahu jalan antar jalur, dan
5. Material yang digunakan pada perencanaan perkerasan jalan kaku diantaranya :
 - a. *Rigid Pavement* menggunakan jenis beton Bersambung dengan Tulangan dengan mutu beton K-400

- b. Subbase dengan lean-mixconcrete dengan mutu beton K-200

2.6.2 Perkerasan Jalan Kaku (*Rigid Pavement*) Menggunakan Metode *American Association of State Highway Transportation Officials (AASHTO 1993)*

AASHTO (American Association of State Highway Transportation Officials) 1993, yaitu merupakan sebuah metode dari perencanaan perkerasan kaku yang sering di gunakan dalam sebuah perencanaan jalan. Pada metode ASSHTO 1993 ada beberapa paramer diantara lain yaitu:

2.6.2.1 Analisa Lalu – Lintas (*Traffic Design*)

a. Umur Rencana

Umur rencana merupakan jumlah tahun dari suatu bangunan jalan ketika dibuka. Selama dalam umur rencana pemeliharaan perkerasan jalan harus tetap dilakukan pada umumnya perkerasan beton semen harus direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun (Pd T-14-2003)

b. *Vehicle Damage Factor*

Vehicle Damage Factor atau disebut factor kerusakan kendaraan merupakan perbandingan antara daya rusak pada muatan sumbu terhadap kendaraan yang mempengaruhi daya rusak yang disebabkan oleh sumbu setandart. Besar dari nilai VDF itu sendiri dapat di tentukan dengan rumus di bawah ini:

$$VDF = \left(\frac{\text{Beban Sumbu Kendaraan,kg}}{\text{Beban Sumbu Standart}} \right)^4 \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana beban standart sumbu kendaraan di tentukan menurut konfigurasi dan jenis sumbu yang sudah ditentukan sesuai setandart sebagai berikut:

- Sumbu Tunggal Roda Tunggal (STRT)= 5.400 kg
- Sumbu Tunggal Roda Ganda (STRG) = 8.200 kg

- Sumbu Dual Roda ganda (SDRG) = 13.600 kg
- Sumbu Triple Roda Ganda (STRG) = 18.100 kg

Menurut AASHTO 1993, Pengarus Distribusi Arah, $D_A=0,3-0,7$ yang pada umumnya diambil dari nilai 0, 5, Sedangkan dari faktor distribusi lajur (D_L), Mengacu terhadap **Tabel 2.6 berikut:**

Tabel 2.6 Faktor Distribusi Lajur

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

(Sumber :AASHTO1993)

Rumus Perhitungan ($ESAL = Equivalent Single Axle Load$) pada perhitungan lalu – lintas selama umur rencana secara umum berikut :

$$W_{18} = \sum_{N_1}^{N_n} LHR_1 \times VDF_j \times D_D \times D_L \times 365 \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

W_{18} = traffic design pada lajur lalu-lintas.

N_n = Lalu-lintas pada akhir umur rencana.

N_1 = Lalu-lintas pada tahun pertama jalan dibuka.

LHR_j = Jumlah lalu-lintas harian rata-rata dua arah untuk jenis kendaraan j.

VDF_j = Vehicle Damage Factor untuk jenis kendaraan j.

D_D = Faktor distribusi arah.

D_L = Faktor distribusi lajur.

Data yang digunakan untuk lalu lintas dalam perencanaan konstruksi tebal perkerasan ini jenis kumulatif yang dimana besaran yang didapat dengan cara mengalihkan beban standart gandar kumulatif untuk jalur perencanaan selama umur satu tahun dengan perbandingan besaran kenaikan lalu lintas (traffic growth). Yang secara rumusan lalu lintas sebagai berikut :

$$W_1 = W_{18} \times \frac{(1+g)^n - 1}{g} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

W_t = Jumlah beban gandar tunggal standar kumulatif

W_{18} = Beban gandar standar kumulatif selama 1 tahun.

n = Umur pelayanan, atau umur rencana UR (tahun).

g = perkembangan lalu-lintas (%)

2.6.2.2 Tanah Dasar

Dalam perencanaan perkerasan kaku ini *modulus of subgrade reaction* (k) mengacu pada gabungan formula dan grafik untuk penentuan modulus reaksi pada tanah dasar, CBR pada umumnya yang di gunakan di Indonesia mengacu pada berasan 6% untuk lapisan tanah dasar, yang sesuai ketentuan CBR tanah dasar.

Dalam penentuan tanah dasar dengan nilai 5% atau 4% pada CBR dapat digunakan dengan persyaratan tanah sudah melalui geoteknik, dengan demikian nilai CBR kurang dari 6% juga bisa digunakan sebagai perencanaan tebal perkerasan.

2.6.2.3 Material Konstruksi Perkerasan

Material perkerasan digunakan untuk perencanaan pada konstruksi perkerasan yang terkait dalam perencanaan tebal beton seperti berikut :

1. Pelat beton

Flexural strength (Sc') = 45 kg/cm² dan Kuat tekan (benda uji silinder 15 x 30 cm) : $Fc' = 350$ kg/cm² (disarankan)

2. *Wet lean concrete*

Kuat tekan (benda uji silinder 15 x 30 cm) : $Fc' = 105$ kg/cm² Sc' digunakan untuk penentuan *Flexural strength*, Fc digunakan untuk penentuan parameter modulus elastisitas beton (Ec)

2.6.2.4 *Reliability*

Reliability merupakan probabilitas yang direncanakan bahwa perkerasan akan memuaskan dalam masa layaknya. Angka *reliability* ditetapkan dari 50% dengan batas maksimal mencapai 99.99% menurut AASTHO dalam kehandalan dalam tingkat menghadapi kendala design untuk mengatasi, kemungkinan mlesetnya besaran dalam design yang dipakai. Untuk *reliability* yang dipakai merupakan tingkat tertinggi jadi semakin tinggi besaran *reability*, akan dipakai karna mampu mengatasi atau meminimalisir terjadinya selisih design.

Besaran design terkait yang digunakan antara lain sebagai berikut :

- Peramalan lalu-lintas
- Peramalan kinerja perkerasan
- Pelaksanaan konstruksi
- Perkiraan tekanan gandar

Dalam memperhitungkan keempat faktor tersebut, untuk *design* dalam besaran yang telah menekan penyimpangan sekecil mungkin yang akan terjadi. Karena tidak ada jaminan apapun dari keempat faktor di atas yang menyimpang. Penetapan konsep *reliability* di tentukan dengan berdasarkan, klasifikasi fungsi jalan, status lokasi jalan urban, tingkat *reliability*, penetapan *standart normal devitation* (Z_R),

penetapan standart deviasi (S_o), Penetapan juga mengacu pada **Tabel 2.7**,

Tabel 2.7 Reliability (R) disarankan

| Klasifikasi jalan | Reliability : R (%) | |
|----------------------|---------------------|-----------|
| | 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 |

(Sumber : AASHTO 1993)

Untuk menggunakan besaran AASHTO dibutuhkan sebuah keaslian data untuk biaya konstruksi dan perawatan dalam standart waktu yang ada. Maka dari itu besarnya parameter yang dipakai tidak harus menggunakan angka tengah dengan kompromi yang dilakukan.

Tabel 2.8 Standart Normal Devitation (Z_R) Disarankan

| R (%) | Z_R | R (%) | Z_R |
|-------|---------|-------|---------|
| 50 | - 0,000 | 93 | - 1,476 |
| 60 | - 0,253 | 94 | - 1,555 |
| 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 |

(Sumber : AASHTO 1993)

2.6.2.5 Serviceability

Terminal *serviceability index* (pt) mengacu pada Tabel 3.17. (diambil dari AASHTO 1993 hal II-10). Initial *serviceability* untuk *rigid pavement* : $p_o = 4,5$ (diambil dari AASHTO 1993 hal. II-10). Total *loss of serviceability* :

Tabel 2.9 Terminal *Serviceability Index* (p_t).

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

(Sumber : AASHTO 1993)

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 : $\Delta PSI = p_o - p_t$

2.6.2.6 Modulus Reaksi Pada Tanah Dasar

Modulus reaksi tanah merupakan perpaduan formula dan grafik yang ditentukan modulus reaksi oleh tanah dasar dengan CBR berdasarkan metode yang telah ditentukan.

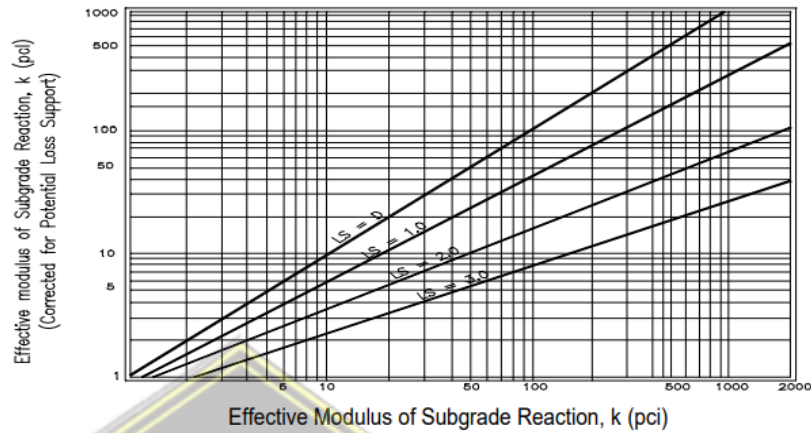
$$M_R = 1.500 \times \text{CBR}$$

$$k = \frac{M_R}{19,4} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana : $\text{جامعنا سلطان أبوبوع الإسلامية}$

M_R = Resilient modulus

Faktor *loss of Support (LS)* mengacu pada **Tabel 2.10** (AASHTO 1993)



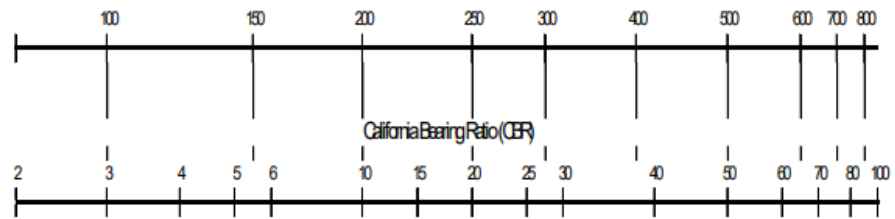
(Sumber: AASHTO, 1993)

Tabel 2.10 *Loss of Support Factors*

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

(Sumber : Desain Tebal Perkerasan Jalan Kaku, 2017)

Pada pendekatan nilai modulus pendekatan tanah dasar (k) bisa menghubungkan antara nilai CBR dengan k dengan ditujukannya pada **gambar 2.12**. Diambil dari literatur *Highway Engineering* (Teknik Jalan Raya), Clarkson H Oglesby, R Gary Hicks, Stanford University & Oregon State University, 1996.



Gambar 2.12 Hubungan antara (k) dan CBR

(Sumber : Highway Engineering, 1996)

2.6.2.7 Modulus Elastisitas Pada Beton

Modulus elastitas beton merupakan perbedaan yang di bandingkan dari suatu renggangan dan tegangan pada beton. Jenis beton tidak memiliki sebuah modulus elastitas yang tetap. Dengan nilai yang bervariasi dan semua berdasarkan kekuatan pada beton. Pada suatu perkerasan kaku ada standart rumus yang digunakan untuk mendapatkan hasil dari modulus elastisitas beton sebagai berikut :

$$E_C = 57.000 \sqrt{f_c'}$$

Dimana:

EC = Modulus elastisitas beton (psi)

fc' = Kuat tekan beton, silinder (psi)

Pada umumnya di Indonesia menggunakan $f_c' = 350 \text{ kg/cm}^2$ untuk kuat tekan beton ini di tetapkan jika memenuhi standart spesifikasi.

2.6.2.8 Flexural Strength

Flexural Strength (modulus of rupture) ditetapkan sesuai spesifikasi pekerjaan. *Flexural Strength* di Indonesia saat ini umumnya digunakan $Sc' = 45 \text{ kg/cm}^2$ atau sama dengan 640 psi.

2.6.2.9 Koefisien Drainase (*Drainage Coefficient*)

Dalam metode AASTHO ada 2 jenis variabel dalam menentukan nilai koefisien drainase :

- Variabel pertama merupakan mutu drainase yang variasinya *excellent, good, fair, poor, very poor*. Dengan demikian mutu ini di tentukan dengan cara berapa lama air dapat bebas dari perkerasan pondasi. Penetapan jenis ini mengacu pada tabel seperti berikut: **Tabel 2.11**

Tabel 2.11 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 |

(Sumber : petunjuk design drainase permukaan jalan, 1990)

Tabel 2.12 Koefisien pengaliran

| Nb. | Kondisi permukaan tanah | Koefisien pengaliran (C) |
|-----|-----------------------------|--------------------------|
| 1. | Jalan beton dan jalan aspal | 0,70 – 0,95 |
| 2. | Bahu jalan : | |
| | - Tanah berbutir halus | 0,40 – 0,65 |
| | - Tanah berbutir kasar | 0,10 – 0,20 |
| | - Batuan masif keras | 0,70 – 0,85 |
| | - Batuan masif lunak | 0,60 – 0,75 |

(Sumber : petunjuk design drainase permukaan jalan, 1990)

Variabel kedua merupakan variabel dengan presentasi yang dimana struktur dalam perkerasannya terkena air dalam jangka satu tahun maka akan membuat tingkat jenuh air mendekati, dengan variasi $< 1\%$,

1 – 5 %, 5 – 25 %, > 25 %. Dalam memperoleh nilai dari variabel ini bisa dihitung dengan rumus berikut :

$$P_{\text{heff}} = \frac{T_{\text{jam}}}{24} \times \frac{T_{\text{hari}}}{365} \times W_L \times 100 \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

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

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

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

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

Selanjutnya dengan *Drainage Coefficient* (C_d) yang mengacu pada AASHTO pada **Tabel 2.13** berikut.

Tabel 2.13 *Drainage Coefficient* (C_d).

| Quality of drainage | Percent of time pavement structure is exposed to moisture levels approaching saturation | | | |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|--------|
| | < 1 % | 1 – 5 % | 5 – 25 % | > 25 % |
| <i>Excellent</i> | 1.25 – 1.20 | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 |
| <i>Good</i> | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 |
| <i>Fair</i> | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 |
| <i>Poor</i> | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 |
| <i>Very poor</i> | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 – 0.70 | 0.70 |

(Sumber : AASHTO, 1993)

Penetapan drainase ini berdasarkan, kualitas drainase dengan aspek dan spesifikasi sesuai setandard, kondisi pada *time pavement tructure is exposed to moisture levels approaching saturation* dalam setahun.

2.6.2.10 Koefisien Penyaluran Beban (*Load Transfer Coefficient*)

Penentuan Koefisien Penyaluran Beban (*Load Transfer Coefficient*) berdasarkan metode AASHTO 1993. Pada **tabel 2.7** berikut:

Tabel 2.14 *Load Transfer Coefficient*

| Shoulder | Asphalt | | Tied PCC | |
|---------------------------------------|---------|---------|----------|---------|
| | Yes | No | Yes | No |
| Pavement type | | | | |
| 1. Plain jointed & jointed reinforced | 3.2 | 3.8–4.4 | 2.5–3.1 | 3.6–4.2 |
| 2 CRCP | 2.9–3.2 | N/A | 2.3–2.9 | N/A |

(Sumber : AASHTO 1993)

Parameter di tetapkan berdasarkan pendekatan load transfer :

- Joint dengan dowel : $J = 2,5 - 3,1$
- Untuk Overlay design : $J = 2,2 - 2,6$

2.6.2.11 Perhitungan Tebal Perkerasan

Penentuan tebal perkerasan beton dapat di tentukan dengan rumus berikut:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_o + 7,35 \log_{10}(D+1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 p_1) \times \log_{10} \frac{S'_c C_d \times \left[D^{0,75} - 1,132 \right]}{215,63 \times J \times \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{(E_c / k)^{0,25}} \right]} \quad (2.8)$$

Dimana :

W_{18} = *Traffic design, Equivalent Single Axle Load (ESAL).*

Z_R = Standar normal deviasi.

S_o = Standar deviasi.

D = Tebal pelat beton (inches).

ΔPSI = *Serviceability loss* = $p_o - p_t$

p_o = *Initial serviceability.*

p_t = *Terminal serviceability index.*

S'_c = *Modulus of rupture* sesuai spesifikasi pekerjaan (psi).

C_d = Drainage coefficient.

J = Load transfer coefficient.

E_c = Modulus elastisitas (psi).

k = Modulus reaksi tanah dasar (pci).

2.6.2.12 Dowel Tie Bar

1. Dowel

Dowel yaitu besi tulangan besar yang biasanya menggunakan besi polos ini di gunakan untuk penyambungan konstruksi plat beton pada setiap segmen pada pekerjaan jalan. Menggunakan rumus dan acuan berikut:

$$d = \frac{D}{8} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana : d = diameter dowel

D = tebal plat

Tabel 2.15 Penentuan Dimensi dan Jarak 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 : AASHTO1993.)

2. Tie Bar

Suatu rancangan pengikat yang dirancang dari besi untuk menahan gaya maksimum pada konstruksi perkerjaan jalan. Dipasang memanjang pada pekerjaan konstruksi jalan.

Tabel 2.16 Jarak Pemasangan *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: literature UI Adopsi dari AASHTO, 1993)



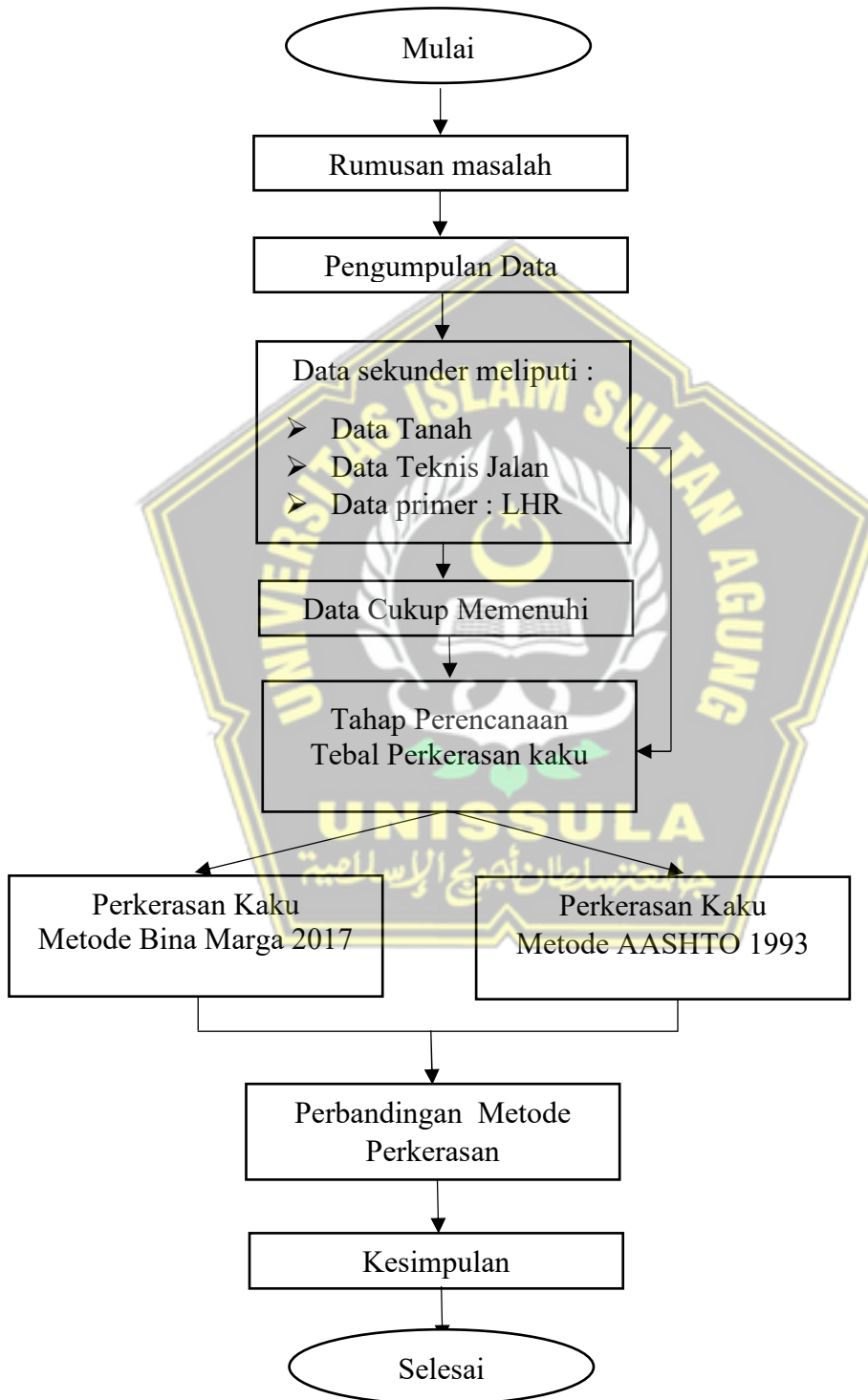
2.7 Kesimpulan

Dari penjelasan beberapa sub metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 diatas maka bisa dilihat sesuai parameter per metode seperti bagan alur di bawah ini.



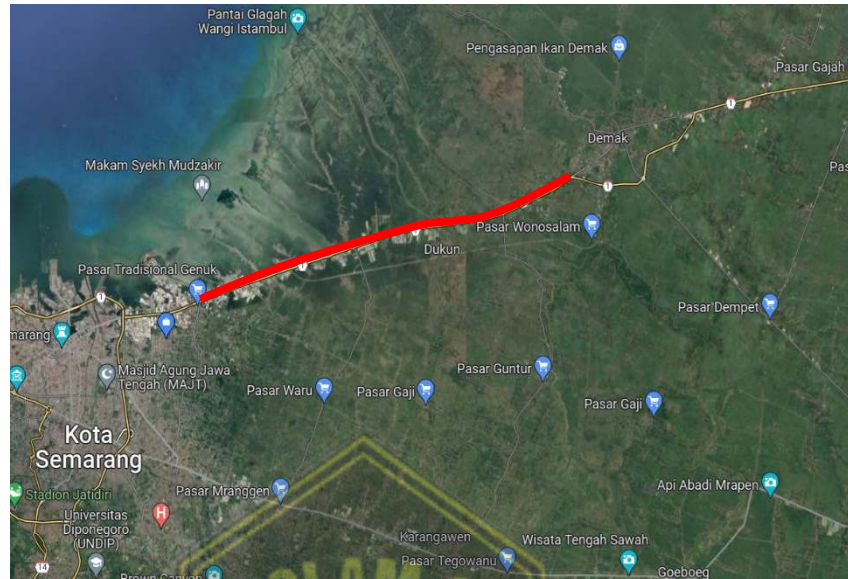
BAB III
METODEOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alur Perencanaan



Gambar 3.1 Diagram Alur Perencanaan

3.2 Lokasi Penelitian



Gambar 3.2 Ruas Jalan Pantura Semarang – Demak STA 7+0.50 + STA 9+500

3.3 Rumusan Masalah

Dalam sebuah penyusunan laporan harus mempunyai Uraian masalah merupakan titik awal yang penting untuk penelitian. Isu-isu yang dibahas dalam survei dirumuskan terlebih dahulu sehingga tujuan dan manfaat survei dapat ditentukan. Definisi masalah juga dapat digunakan untuk menentukan studi kasus yang tepat dan dapat digunakan untuk menyelidiki. Hal ini menjadi dasar untuk menentukan literatur yang dibutuhkan serta analisis dan pembahasan yang digunakan.

3.4 Pengumpulan Data

Dalam penyusunan tugas akhir ini prosuder pengumpulan data yang disiapkan harus data yang dapat mendukung yang didapatkan dari dinas terkait berdasarkan lokasi yang telah ditentukan. Data sekunder juga di perlukan meliputi :

- Data lalu-lintas : Lalulintas Harian Rata-Rata
- Data tanah : CBR rencana

- Data teknis jalan : Lebar lajur, lebar bahu jalan, peta lokasi (pada ruas jalan pantura semarang – demak STA 7+0.50 - STA 9+500

Data skunder di atas ialah kumpulan bahan yang akan di olah oleh peneliti untuk menemukan hasil dari suatu permasalahan. Data terkait yang digunakan untuk perencanaan ini didapat dari, Kementerian Pekerja Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Bina Marga Balai Besar Pelaksana Jalan Nasional, Dinas perhubungan provinsi jawa tengah, adapun data lainya yang diperoleh dari jurnal,literatury,dll.

3.5 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku

Untuk merencanakan konstriuksi jalan, diperlukan metode yang digunakan dalam perencanaan agar dapat digunakan untuk merencanakan tebal perkerasan jalan. Dalam menentukan perkerasan ini ada 2 metode yang dipakai yaitu Metode Bina Marga 2017 dan metode AASHTO 1993.

3.5.1 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku dengan Metode Bina Marga 2017

Parameter yang digunakan dalam perhitungan perencanaan tebal perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) pada Metode Bina Marga 2017 yaitu :

1. Umur rencana
2. Lalu Lintas
 - Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi
 - Pertumbuhan Lalu Lintas

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

Dimana :

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

i = Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %

UR = Umur Rencana (tahun)

- Lalu Lintas Rencana

$$JSKN = JSKN \times 365 \times R \times C$$

Dimana :

JSKN = Jumlah total sumbu kendaraan besar selama umur rencana.

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

R = Faktor pertumbuhan kumulatif yang besarnya tergantung dari pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana.

C = Koefisien distribusi kendaraan

– Faktor Keamanan Beton

3. Daya Dukung Efektif Tanah Dasar
4. Penentuan Tebal Perkerasan

3.5.2 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku dengan Metode AASHTO 1993

Urutan dalam menentukan tebal perkerasan dengan metode AASHTO 1993 (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) sebagai berikut:

1. Analisa lalu – lintas (*Trafific design*)
 - Umur rencana merupakan suatu acuan dalam menentukan rencana yang diambil dari sebuah konstruksi jalan yang umumnya konstruksi baru bisa bertahan dalam 20-49 tahun umur rencana.
 - Menetapkan dan menghitung lalu-lintas harian rata-rata (LHR).
 - Menetapkna distribusi lajur dan distribusi arah Menentukan VDFj (*Vehicle Damage Factor* untuk jenis kendaraan j).
 - Menentukan Perhitungan (ESAL = *Equivalent Single Axle Load*) selama umur rencana.

2. Tanah dasar material konstruksi perkerasan
3. Menetapkan *reliability*
4. Menetapkan nilai *serviceability* (p_i)
5. Modulus reaksi pada tanah dasar
6. Modulus elastisitas pada beton
7. Menetapkan flexural strength
8. Menetapkan koefisien drainase (*drainage coefficient*)
9. Menetapkan nilai koefisien penyaluran beban (*load transfer coefficient*)
10. Memperhitungkan tebal perkerasan kaku
11. Menetapkan dowel dan tie bar

3.6 Perbandingan Metode Perkerasan Kaku

Dalam perencanaan jalan perkerasan jalur merupakan konstruksi yang dibentuk dan dibangun di atas tanah dasar. Sesudah melalui tahap perhitungan perencanaan metode AASHTO 1993 dan metode Bina Marga 2017 penyusunan laporan dapat membandingkan kedua metode tersebut dengan analisis yang sudah direncanakan dengan metode masing-masing yang lebih efisien dimana dilihat dari segi ketebalan dan kekuatan konstruksi jangka Panjang pada jalan.

3.7 Kesimpulan

Setelah melalui proses-proses yang ada langkah terakhir merupakan kesimpulan dari kedua metode perencanaan dengan metode AASHTO 1993 dan metode Bina Marga 2017. Dengan adanya kesimpulan merupakan sebuah inti dasar dari perencanaan yang akan di ketahui hasil yang lebih efektif dari perbandingan kedua metode, yang dilihat dari segi perkerasan tebal beton. Serta dalam tahapan perencanaan ini dapat digunakan dan dirujukan untuk perkerasan kaku apabila didalam waktu yang belum diketahui metode ini dapat di pakai dalam pembangunan jalan pantura semarang – demak pada STA 7+0.50 – STA 9+500.

BAB IV

ANALISA DAN PERHITUNGAN

Perencanaan perkerasan jalan pada ruas jalan pantura semarang - Demak adalah suatu upaya untuk meningkatkan sarana insfrastuktur jalan untuk menunjang mobilisasi pengguna jalan tersebut yang merupakan akses jalan pantura yang menghubungkan antara provinsi di jawa yang dimana jalan ini sering dilewat kendaraan besar dengan muatan berat dan juga berlebih serta kendaraan normal pada umumnya, jalan ini memiliki dua lajur dengan lebar masing - masing lajur 8 meter. Dalam perencanaan jalan Pantura semarang - Demak ini menggunakan cara perkerasan kaku (*rigid pavement*) dengan perkiraan umur rencana minimal bertahan 10 tahun. Pada data jalan semarang – Demak ini diambil dari inatansi terkait pada Bina marga provinsi jawa tengah dengan data LHR tahunan terbaru.

4.1 Data Kondisi Perkerasan Jalan

4.1.1 Tanah Dasar (*Subgrade*)

jalan semarang demak merupakan jalan pantura utara laut jawa yang merupakan jalan utama di jalur pantura utara jawa, dalam pelaksanaan terdapat timbunan tanah dengan tinggi 0.5 m - 1 m. dengan nilai CBR 6 %.

4.1.2 Lapisan Pondasi (*Subbase course*)

Lapisan pondasi bawah yang terdapat di Jalan semarang demak menggunakan komponen berupa sirtu yang mempunyai CBR lebih dari 50%.

4.1.3 Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan ini merupakan lapisan yang bersentuhan langsung dengan beban roda kendaraan yang berfungsi menahan beban akibat roda kendaraan. Material yang dipakai merupakan beton Fc 30 Mpa(K-350) Dengan di lapisi lean concread K- 100 dengan tebal 10 cm.

4.2 Data Lalu – Lintas Harian

Data lalu lintas didapat dengan melakukan survey lapangan sesuai pada tanggal 13-17 Juni 2022 pada pagi 08.00-10.00 dan sore 15.00-17.00 di Ruas Jalan Semarang-Demak (STA 7+0.50 – STA 9+500) dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1 Survei Kendaraan Senin, 13 Juni 2022

| Jenis Kendaraan | Senin | | Total |
|---------------------|---------------|---------------|-------------|
| | 08.00 - 10.00 | 15.00 - 17.00 | |
| Mobil penumpang | 741 | 642 | 1423 |
| Pick up | 218 | 191 | 409 |
| Small bus | 58 | 46 | 104 |
| Big Bus | 9 | 13 | 22 |
| Truk ringan 2 sumbu | 285 | 206 | 491 |
| Truk besar 2 sumbu | 185 | 175 | 360 |
| Truck 3 sumbu | 123 | 210 | 333 |
| Truck gandeng | 86 | 41 | 127 |
| Truck Semi Trailer | 28 | 42 | 70 |

(sumber : penulis,2022)

Tabel 4.2 Survei Kendaraan Selasa, 14 Juni 2022

| Jenis Kendaraan | Selasa | | Total |
|---------------------|---------------|---------------|-------------|
| | 08.00 - 10.00 | 15.00 - 17.00 | |
| Mobil penumpang | 653 | 739 | 1392 |
| Pick up | 165 | 192 | 357 |
| Small bus | 34 | 98 | 132 |
| Big Bus | 12 | 20 | 32 |
| Truk ringan 2 sumbu | 243 | 190 | 433 |
| Truk besar 2 sumbu | 148 | 234 | 382 |
| Truck 3 sumbu | 193 | 82 | 275 |
| Truck gandeng | 63 | 83 | 146 |
| Truck Semi Trailer | 31 | 25 | 56 |

(sumber : penulis,2022)

Tabel 4.3 Survei Kendaraan Rabu, 15 Juni 2022

| Jenis Kendaraan | Rabu | | Total |
|---------------------|---------------|---------------|-------------|
| | 08.00 - 10.00 | 15.00 - 17.00 | |
| Mobil penumpang | 732 | 801 | 1533 |
| Pick up | 241 | 180 | 421 |
| Small bus | 21 | 73 | 94 |
| Big Bus | 9 | 5 | 14 |
| Truk ringan 2 sumbu | 243 | 212 | 455 |
| Truk besar 2 sumbu | 213 | 108 | 321 |
| Truck 3 sumbu | 142 | 169 | 311 |
| Truck gandeng | 82 | 52 | 134 |
| Truck Semi Trailer | 29 | 33 | 62 |

(sumber : penulis,2022)

Tabel 4.4 Survei Kendaraan Kamis, 16 Juni 2022

| Jenis Kendaraan | Kamis | | Total |
|---------------------|---------------|---------------|-------------|
| | 08.00 - 10.00 | 15.00 - 17.00 | |
| Mobil penumpang | 653 | 760 | 1413 |
| Pick up | 212 | 134 | 346 |
| Small bus | 13 | 100 | 113 |
| Big Bus | 8 | 15 | 23 |
| Truk ringan 2 sumbu | 132 | 291 | 423 |
| Truk besar 2 sumbu | 219 | 184 | 403 |
| Truck 3 sumbu | 126 | 161 | 287 |
| Truck gandeng | 19 | 165 | 184 |
| Truck Semi Trailer | 13 | 35 | 48 |

(sumber : penulis,2022)

Tabel 4.5 Survei Kendaraan Jum'at, 17 Juni 2022

| Jenis Kendaraan | Jumat | | Total |
|---------------------|---------------|---------------|-------------|
| | 08.00 - 10.00 | 15.00 - 17.00 | |
| Mobil penumpang | 822 | 673 | 1495 |
| Pick up | 189 | 217 | 406 |
| Small bus | 19 | 78 | 97 |
| Big Bus | 16 | 18 | 34 |
| Truk ringan 2 sumbu | 231 | 255 | 486 |
| Truk besar 2 sumbu | 167 | 209 | 376 |
| Truck 3 sumbu | 142 | 212 | 354 |
| Truck gandeng | 28 | 104 | 132 |
| Truck Semi Trailer | 13 | 44 | 57 |

(sumber : penulis,2022)

Tabel 4.6 Data Keseluruhan Lalu Lintas Rata - Rata

| Jenis Kendaraan | Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jumat | Total Kendaraan |
|---------------------|-------|--------|------|-------|-------|-----------------|
| Mobil penumpang | 1423 | 1392 | 1533 | 1413 | 1495 | 7256 |
| Pick up | 409 | 357 | 421 | 346 | 406 | 1939 |
| Small bus | 104 | 132 | 94 | 113 | 97 | 540 |
| Big Bus | 22 | 32 | 14 | 23 | 34 | 125 |
| Truk ringan 2 sumbu | 491 | 433 | 455 | 423 | 486 | 2288 |
| Truk besar 2 sumbu | 360 | 382 | 321 | 403 | 376 | 1842 |
| Truck 3 sumbu | 333 | 275 | 311 | 287 | 354 | 1560 |
| Truck gandeng | 127 | 146 | 134 | 184 | 132 | 723 |
| Truck Semi Trailer | 70 | 56 | 62 | 48 | 57 | 293 |

Perhitungan lalu lintas harian rata-rata pada Ruas Jalan Semarang-Demak sebagai berikut:

$$LHR = \frac{\text{Jumlah Lalu - lintas Selama Pengamatan}}{\text{Lamanya Pengamatan}}$$

$$LHR = \frac{(7256+1939 + 540 +125 +2288 +1842 + 1560 +723 + 293)}{20 \text{ jam}}$$

$$= \frac{(16.566) \text{ kendaraan}}{20 \text{ jam}}$$

$$= 828,3 \text{ dibulatkan menjadi } 828 \text{ kendaraan perjam.}$$

Jadi didapatkan jumlah LHR yang melalui ruas jalan Semarang-Demak adalah 828 kendaraan perjam.

4.3 Analisis Perhitungan Bina Marga 2017

4.3.1 Umur Rencana

Umur rencana merupakan rancangan yang dibutuhkan Dalam ketebalan lapisan perkerasan. Dengan maksud yang Diharapkan jalan tersebut dapat dipertahankan sebelum pelaksanaan. Pekerjaan rehabilitasi atau perbaikan dalam jangka umur rencana.

Dalam perencanaan beberapa tahun Dihitung dari saat lalu lintas dibuka hingga saat lalu lintas dibuka Kerusakan parah perlu diperbaiki dianggap perlu Antar muka baru dilakukan pelapisan. Secara umum, perencanaan perkerasan beton semen dapat dirancang dengan Usia yang direncanakan 20-40 tahun umur rencana perkerasan kaku (*Rigid Pavemen*) Metode Bina Marga 2017 berdasarkan **Tabel 2.1**.

4.3.2 Lalu Lintas

Lalu lintas merupakan perhitungan dari suatu jumlah faktor volume kendaraan dan konfigurasi sumbu pada kendaraan. Konfigurasi beban sumbu lalu lintas yang berfungsi untuk perencanaan perkerasan kaku (rigid pavemen) untuk jenis sumbu kendaraan dapat dilihat pada gambar di bawah.

| Golongan | Kelompok jenis kendaraan | Jenis kendaraan | Konfigurasi sumbu | Kode |
|----------|----------------------------------------|-----------------|-------------------|-------------|
| 1 | Sepeda motor, kendaraan roda-3 | | | |
| 2 | Sedan, jeep, station wagon | | | 1.1 |
| 3 | Angkutan penumpang sedang | | | 1.1 |
| 4 | Pick up, micro truk dan mobil hantaran | | | 1.1 |
| 5a | Bus kecil | | | 1.1 |
| 5b | Bus besar | | | 1.2 |
| 6a | Truk ringan 2 sumbu | | | 1.1 |
| 6b | Truk sedang 2 sumbu | | | 1.2 |
| 7a | Truk 3 sumbu | | | 1.2.2 |
| 7b | Truk gandengan | | | 1.2.2 - 2.2 |
| 7c | Truk semitrailer | | | 1.2.2.2 |
| 8 | Kendaraan tidak bermotor | | | |

Gambar 4.7 Golongan dan Kelompok Jenis Kendaraan

(Sumber : Pd. T-19-2004-B)

a. Lajur Rencana dan Kofisien Distribusi

Lajur rencana merupakan suatu lajur kendaraan yang menampung lalu lintas kendaraan besar. Dalam studi kasus jalan pantura Semarang – Demak perhitungan lajur rencana dan koefisien distribusi (c) adalah (4 lajur dan (2 arah) sehingga didapatkan nilai koefisien distribusi 0,45 sesuai tabel di bawah.

Tabel 4.8 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi kendaraan besar pada lajur rencana

| Lebar perkerasan (L _p) | Jumlah lajur (n _j) | Koefisien distribusi | |
|------------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------|
| | | 1 Arah | 2 Arah |
| L _p < 5,50 m | 1 lajur | 1 | 1 |
| 5,50 m ≤ L _p < 8,25 m | 2 lajur | 0,70 | 0,50 |
| 8,25 m ≤ L _p < 11,25 m | 3 lajur | 0,50 | 0,475 |
| 11,23 m ≤ L _p < 15,00 m | 4 lajur | - | 0,45 |
| 15,00 m ≤ L _p < 18,75 m | 5 lajur | - | 0,425 |
| 18,75 m ≤ L _p < 22,00 m | 6 lajur | - | 0,40 |

(Sumber : Pd T-14-2003)

b. Pertumbuhan Lalu Lintas

Pertumbuhan lalu lintas adalah bertambah nya volume lalu lintas sesuai dengan umur rencana jalan atau kapasitas dapat dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu lintas. Faktor laju pertumbuhan lalu lintas dapat dilihat pada **Tabel 2.3**

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

Dimana :

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

I = Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %

UR = Umur Rencana (tahun)

$$R = (1 + 7\%)^{20} - \frac{1}{7\%} = 40,8$$

Tabel 4.9 Faktor Pertumbuhan lalu-lintas (R)

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

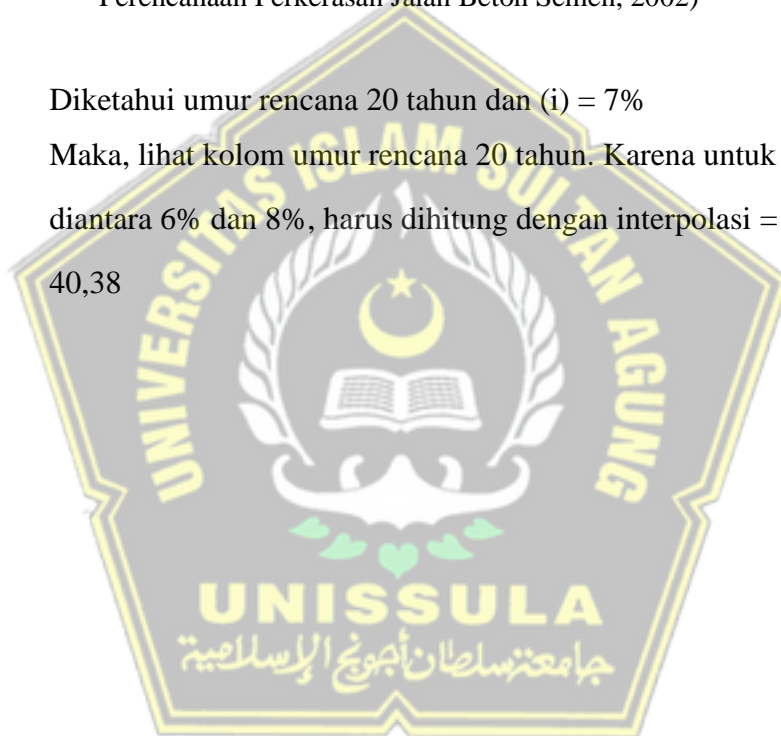
Sumber :Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah,
Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2002)

Diketahui umur rencana 20 tahun dan (i) = 7%

Maka, lihat kolom umur rencana 20 tahun. Karena untuk (i) = 7%

diantara 6% dan 8%, harus dihitung dengan interpolasi = $\frac{36,8+45,8}{2}$

40,38



c. Lalu Lintas Rencana

Dalam menentukan Lalu lintas rencana harus diketahui jumlah sumbu berdasarkan jenis dan bebannya seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.10 Perhitungan Jumlah Sumbu Berdasarkan Jenis dan Bebannya

| Gol kendaraan | Jenis kendaraan | Berat Total (ton) | Konfigurasi Beban Sumbu (ton) | | | | Jml Kend (bh) | Jml Sumbu Per kend (bh) | Jml Sumbu (bh) | STRT | | STRG | | STdRG | |
|---------------|---------------------|-------------------|-------------------------------|-------|------|------|---------------|-------------------------|----------------|----------|--------------|----------|--------------|-----------|--------------|
| | | | RD | RB | RGD | RGB | | | | BS (ton) | JS (bh) | BS (ton) | JS (bh) | BS (ton) | JS (bh) |
| | 1 | | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 2 | Mobil penumpang | 2,00 | 1,00 | 1,00 | | | 7.256 | 2 | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | Pick up | 8,30 | 2,82 | 5,48 | | | 1.939 | 2 | 3.878 | 2,82 | 1.939 | 5,48 | 1.939 | | |
| 5A | Small bus | 8,30 | 2,82 | 5,48 | | | 540 | 2 | 1.080 | 2,82 | 540 | 5,48 | 540 | | |
| 5B | Big Bus | 9,00 | 3,06 | 5,94 | | | 125 | 2 | 250 | 3,06 | 125 | 5,94 | 125 | | |
| 6A | Truk ringan 2 sumbu | 8,30 | 2,82 | 5,48 | | | 2.288 | 2 | 4.576 | 2,82 | 2.288 | 5,48 | 2.288 | | |
| 6B | Truk besar 2 sumbu | 15,15 | 5,15 | 10,00 | | | 1.842 | 2 | 3.684 | 5,15 | 1.842 | 10,00 | 1.842 | | |
| 7A | Truck 3 sumbu | 25,00 | 6,25 | 18,75 | | | 1.560 | 2 | 3.120 | 6,25 | 1.560 | | | 18,75 | 1.560 |
| 7B | Truck gandeng | 31,40 | 5,65 | 8,79 | 8,48 | 8,48 | 723 | 4 | 2.892 | 5,65 | 723 | 8,79 | 723 | | |
| | | | | | | | | | | | | 8,48 | 723 | | |
| | | | | | | | | | | | | 8,48 | 723 | | |
| 7C | Truck Semi Trailer | 40,13 | 5,88 | 20,00 | 7,00 | 7,25 | 293 | 3 | 879 | 5,88 | 293 | 20,00 | 293 | 20,00 | 293 |
| | | | | | | | | | | | | | | 14,25 | 293 |
| Total | | | | | | | 16.566 | | 20.359 | | 9.310 | | 9.196 | | 1.853 |

Penjelasan tabel :

- Kolom (1) : jenis kendaraan
- Kolom (2) : konfigurasi beban sumbu (ton)
- Kolom (3) : jumlah kendaraan (buah)
- Kolom (4) : jumlah sumbu per kendaraan (buah)
- Kolom (5) : jumlah sumbu (buah) = kolom (3) x kolom (4)
- Kolom (6) : beban sumbu (ton) – STRT
- Kolom (7) : jumlah sumbu (buah) – STRT
- Kolom (8) : beban sumbu (ton) – STRG
- Kolom (9) : jumlah sumbu (buah) – STRG
- Kolom (10) : beban sumbu (ton) – STdRG
- Kolom (11) : jumlah sumbu (buah) – STdRG

Tabel 4.11 Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) selama Umur Rencana

| Jenis Kendaraan | Jumlah Sumbu kendaraan | pertumbuhan lalu lintas | faktor pertumbuhan lalu lintas ® | Nilai koefisien | Hari dalam Tahun | JSKN |
|---------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----------------|------------------|--------------------|
| | | | | Distribusi | | |
| Mobil penumpang | - | - | - | - | - | - |
| Small bus | 1.080 | 7 | 40,38 | 0,45 | 365 | 7.163.008 |
| Big Bus | 250 | 7 | 40,38 | 0,45 | 365 | 1.658.104 |
| Pick up | 3.878 | 7 | 40,38 | 0,45 | 365 | 25.720.505 |
| Truk ringan 2 sumbu | 4.576 | 7 | 40,38 | 0,45 | 365 | 30.349.931 |
| Truk besar 2 sumbu | 3.684 | 7 | 40,38 | 0,45 | 365 | 24.433.817 |
| Truck 3 sumbu | 3.120 | 7 | 40,38 | 0,45 | 365 | 20.693.135 |
| Truck gandeng | 2.892 | 7 | 40,38 | 0,45 | 365 | 19.180.944 |
| Truck Semi Trailer | 879 | 7 | 40,38 | 0,45 | 365 | 5.829.893 |
| Total | 20.359 | | | | | 135.029.337 |

(Sumber :penulis, 2022)

Adapun perhitungan tentang jumlah sumbu kendaraan besar umur rencana sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{JSKN} &= \text{JSKN} \times 365 \times R \times C \\
 &= 34871 \times 365 \times 40,38 \times 0,45 \\
 &= 135.029.336,1 = 1,35 \times 10^8 \text{ Sumbu Kendaraan Niaga}
 \end{aligned}$$

Tahap Selanjutnya adalah perhitungan repetisi beban sumbu tiap jenis sumbu kendaraan selama umur rencana untuk diketahui analisis mengenai kegagalan fatik atau kegagalan erosi dalam melayani JSKN selama umur rencana. Repetisi diambil dari perkalian antara proporsi beban, proporsi sumbu, dan JSKN rencana. Hasil Perhitungan repetisi beban sumbu kendaraan adalah sebesar 135.029.336 yang di perlihatkan dalam tabel berikut ini.

Tabel 4.12 Perhitungan Repetisi Sumbu Rencana

| Jenis Sumbu | Beban Sumbu | Jumlah Sumbu | Beban Porsi | Proporsi Sumbu | Lalu Lintas Rencana | Repetisi yang Terjadi |
|--------------|-------------|--------------|-------------|----------------|---------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7=4x5x6 |
| STRT | 6,25 | 1.560 | 0,1731 | 0,44300 | 135.029.336 | 10.356.944,9 |
| | 5,88 | 293 | 0,0325 | 0,44300 | 135.029.336 | 1.945.246,703 |
| | 5,65 | 723 | 0,0802 | 0,44300 | 135.029.336 | 4.800.045,619 |
| | 5,15 | 1.842 | 0,2044 | 0,44300 | 135.029.336 | 12.229.161,87 |
| | 3,06 | 125 | 0,0139 | 0,44300 | 135.029.336 | 829.883,4058 |
| | 2,82 | 1.939 | 0,2152 | 0,44300 | 135.029.336 | 12.873.151,39 |
| | 2,82 | 240 | 0,0266 | 0,44300 | 135.029.336 | 1.593.376,39 |
| | 2,82 | 2.288 | 0,2539 | 0,44300 | 135.029.336 | 15.190.185,86 |
| Total | | 9.010 | 1 | | | |
| STRG | 20 | 293 | 0,0319 | 0,452000 | 135.029.336 | 1.944.622,135 |
| | 10 | 1.842 | 0,2003 | 0,452000 | 135.029.336 | 12.225.235,4 |
| | 8,79 | 723 | 0,0786 | 0,452000 | 135.029.336 | 4.798.504,45 |
| | 8,48 | 723 | 0,0786 | 0,452000 | 135.029.336 | 4.798.504,45 |
| | 8,48 | 723 | 0,0786 | 0,452000 | 135.029.336 | 4.798.504,45 |
| | 5,94 | 125 | 0,0136 | 0,452000 | 135.029.336 | 829.616,9519 |
| | 5,48 | 1.939 | 0,2109 | 0,452000 | 135.029.336 | 12.869.018,16 |
| | 5,48 | 540 | 0,0587 | 0,452000 | 135.029.336 | 3.583.945,232 |
| | 5,48 | 2.288 | 0,2488 | 0,452000 | 135.029.336 | 15.185.308,69 |
| Total | | 9.196 | 1 | | | |
| STdRG | 20 | 293 | 0,1365 | 0,1050000 | 135.029.336 | 1.935.777,039 |
| | 18,75 | 1560 | 0,7269 | 0,1050000 | 135.029.336 | 10.306.526,21 |
| | 14,25 | 293 | 0,1365 | 0,1050000 | 135.029.336 | 1.935.777,039 |
| Total | | 2.146 | 1 | | | 135.029.336 |

(Sumber :penulis, 2022)

Penjelasan tabel :

Kolom (1) : Jenis sumbu (STRT, Total; STRG, Total; STdRG, Total, Total Kumulatif)

Kolom (2) : Beban Sumbu (ton); berdasarkan tabel 4.3

Kolom (3) : Jumlah sumbu, berdasarkan tabel 4.3

Kolom (4) : Proporsi beban = $\frac{\text{jumlah sumbu}}{\text{total jumlah sumbu}}$

Kolom (5) : Proporsi Sumbu = $\frac{\text{total jumlah sumbu}}{\text{JSKN rencana}}$

Kolom (6) : Lalu – lintas Rencana : JSKN umur rencana

Kolom (7) : Repetisi yang terjadi = lalu lintas harian x proporsi sumbu x proporsi beban

d. Faktor Keamanan Beban

Dalam studi kasus jalan Semarang – Demak nilai F_{kb} adalah 1, 1 karna merupakan jalan bebas hambatan (*freeway*) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah sesuai dengan **Tabel 2.5**.

4.3.3 Daya Dukung Efektif Tanah Dasar

Dalam modulus reaksi daya dukung efektif tanah dasar (k) nilai CBR harus lebih dari 3% karna kalau nilai cbr kurang dari nilai tersebut bisa dikatakan jenis tanah untuk pembangunan jalan kategori buruk, pada ruas jalan Semarang – demak ini berdasarkan hasil survey diketahui nilai CBR sebesar 6% dan untuk efektif tanah dasar sebesar 40% dengan jenis tanah yang cukup mumpuni untuk pembangunan jalan dengan menggunakan perkerasan kaku.

4.3.4 Penentuan Tebal Perkerasan

Tahapan penentuan struktur perkerasan kaku dengan acuan nilai jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) yang telah di dapatkan dan juga beberapa data yang di dapat melalui observasi dilapangan sebagai berikut :

1. Sumber data = Data sekunder
2. Jenis pekerjaan = Beton bersambung tanpa tulangan
3. JSKN = $1,35 \times 10^8$
4. CBR tanah dasar = 6 %
5. CBR efektif = 40%
6. Faktor keaamanan beban = 1,1
7. Kuat Tarik lentur beton (F_s) = $45 \text{ kg/cm}^2 = 4,5 \text{ Mpa}$
8. Jenis dan tebal lapis pondasi = beton kurus (lean concrete)
9. Kuat tekan = $f_c' 290,5 \text{ kg} = 29,05 \text{ Mpa}$

10. Umur rencana = 20 tahun

11. Direncanakan tebal beton = 25 cm

Perhitungan awal dalam menentukan tebal perkerasan dengan percobaan 25 cm adalah dengan menentukan Kembali nilai analisis fatik dan analisis erosi sebagai salah satu langkah awal yang terdapat dalam Departemen Pemukiman dan Perencanaan Wilayah. Analisis fatik dan erosi untuk mendapatkan nilai tebal pelat beton secara optimum. Dalam menentukan nilai repetisi ijin harus memperhitungkan nilai tegangan ekuivalen (TE) dan faktor erosi (FE) terlebih dahulu. Perhitungan TE (tegangan ekuivalen) berfungsi menentukan faktor rasio tegangan pelat beton. Nilai TE dan FE dalam ketebalan 25 cm dapat dilihat dalam tabel di bawah ini.

Tabel 4.13 Tegangan ekuivalen dan Faktor Erosi

| Tebal Pelat (mm) | CBR Eff (%) | Tegangan Ekuivalen | | | | Faktor Erosi | | | | | | | |
|------------------|-------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|
| | | | | | | Tanpa Ruji | | | | Dengan Ruji | | | |
| | | STRT | STRG | STdRG | STrRG | STRT | STRG | STdRG | STrRG | STRT | STRG | STdRG | STrRG |
| 240 | 5 | 0,82 | 1,4 | 1,29 | 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 | 2,66 | 2,74 |
| 240 | 75 | 0,67 | 1,05 | 0,86 | 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 | 2,71 | 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 | 2,66 | 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 | 2,69 | 2,69 | 2,89 | 2,93 | 1,87 | 2,47 | 2,64 | 2,76 |
| 260 | 25 | 0,66 | 1,1 | 0,97 | 0,73 | 2,69 | 2,69 | 2,87 | 2,91 | 1,87 | 2,47 | 2,62 | 2,74 |
| 260 | 35 | 0,64 | 1,05 | 0,91 | 0,68 | 2,68 | 2,68 | 2,83 | 2,87 | 1,86 | 2,46 | 2,59 | 2,7 |
| 260 | 50 | 0,61 | 1 | 0,85 | 0,64 | 2,65 | 2,65 | 2,8 | 2,84 | 1,85 | 2,45 | 2,56 | 2,67 |
| 260 | 75 | 0,59 | 0,95 | 0,78 | 0,58 | 2,64 | 2,64 | 2,75 | 2,78 | 1,84 | 2,44 | 2,54 | 2,61 |

(Sumber : Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah,2018)

Menghitung tegangan ekuivalen berdasarkan tabel taksiran tebal 25 cm.

| Tegangan ekivalend | Faktor Erosi |
|--------------------|--------------|
| STRT = 0,65 | 1,91 |
| STRG = 1,1 | 2,5 |
| STrRG = 0,71 | 2,61 |

Sesudah diketahui nilai dari tegangan ekuivalen dan faktor erosi berdasarkan acuan tabel Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi Langkah selanjutnya menganalisa nilai faktor rasio tegangan (FRT). Kalkulasi dalam nilai tegangan ekuivalen (TE), faktor erosi (FE) dan faktor rasio tegangan (FRT) dalam pelat beton 25 cm dengan beberapa sumbu kendaraan dapat dilihat dalam tabel berikut ini.

Tabel 4.14 Nilai Tegangan ekuivalen (TE), faktor erosi (FE) dan faktor rasio tegangan (FRT)

| Jenis Sumbu | TE | FRT | FE |
|--------------------------------------------------------------|------|------------------|------|
| 1 | 2 | $3 = 2 / F_{cf}$ | 4 |
| STRT | 0,65 | 0,14 | 1,91 |
| STRG | 1,06 | 0,23 | 2,5 |
| STdRG | 0,71 | 0,16 | 2,61 |
| Tebal pelat 25 cm, CBR subgrade efektif 40% dan F_{cf} 4,5 | | | |

(sumber: penulis 2022)

Tahapan selanjutnya yaitu memeperhitungkan repetisi ijin untuk masing-masing beban per roda pada satuan sumbu. Kalkulasi ini menggunakan nomogram yang sesuai dengan Pd T-14-2003 mengenai perkerasan jalan beton semen. Kalkulasi ini tercantum pada lampiran 2. Selanjutnya memperhitungkan analisis fatik dan erosi, repetisis ijin fatik dan erosi dengan persen rusak fatik dan erosi. Nilai persen rusak fatik dan erosi didapat dari hasil pembagian repetisis yang terjadi dengan mengkalikan 100%. Setelah ditemukan nilai persen rusak fatik dan erosi pada masing-masing sumbu diakumulasikan. Jika nilai akumulasi persen rusak fatik dan erosi didapat lebih kecil dari 100% (<100%) maka dapat digunakan sebagai pelat beton perkerasan, sedangkan apabila nilai akumulasi persen rusak fatik dan erosi lebih besar dari 100% (>100%) maka dilakukan perhitungan ulang dengan mempertebal pelat beton perkerasan. Table Analisa fatik dan erosi dengan perkerasan kaku dengan tebal 25 cm dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4.15 Analisi Fatik dan Erosi Perkerasan Kaku dengan Ketebalan 25 cm

| Jenis Sumbu | Beban Sumbu ton (kN) | Beban Rencana per Roda (kN) | Repetisi yang terjadi | Faktor Tegangan dan Erosi | Analisis Fastik | | Analisis Erosi | |
|--------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------|--------------------|----------------|---------------------|
| | | | | | Repetisi Ijin | Persen Rusak (%) | Repetisi Ijin | Persen Rusak (%) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| STRT | 6,25 | 34,3 | 10356944,9 | | TT | 0 | TT | 0 |
| | 5,88 | 32,34 | 1.945.247 | | TT | 0 | TT | 0 |
| | 5,65 | 31,1 | 4.800.046 | TE = 0,65 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 5,15 | 28,32 | 12.229.161,87 | FRT = 0,14 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 3,06 | 16,83 | 829.883 | FE = 1,91 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 2,82 | 15,51 | 12.873.151,39 | | TT | 0 | TT | 0 |
| | 2,82 | 15,51 | 1.593.376 | | TT | 0 | TT | 0 |
| | 2,82 | 15,51 | 15.190.185,86 | | TT | 0 | TT | 0 |
| STRG | 20 | 50 | 1.944.622 | | TT | 0 | 9.000.000 | 22 |
| | 10 | 27,5 | 12.225.235,4 | | TT | 0 | 60.000.000 | 20 |
| | 8,79 | 24,17 | 4.798.504,45 | TE = 1,06 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 8,48 | 23,32 | 4.798504,45 | FRT = 0,23 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 8,48 | 23,32 | 4.798.504,45 | FE = 2,5 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 5,94 | 16,34 | 829.617 | | TT | 0 | TT | 0 |
| | 5,48 | 15,1 | 12.869.018,16 | | TT | 0 | TT | 0 |
| | 5,48 | 15,1 | 3.583.945 | | TT | 0 | TT | 0 |
| 5,48 | 15,1 | 15.185.308,69 | | TT | 0 | TT | 0 | |
| STdRG | 20 | 27,5 | 1.935.777 | TE = 0,71 | TT | 0 | 20.000.000 | 10 |
| | 18,75 | 25,78 | 10.306.526,21 | FRT = 0,16 | TT | 0 | 40.000.000 | 26 |
| | 14,25 | 19,59 | 1.935.777 | FE = 2,61 | TT | 0 | TT | 0 |
| TOTAL | | | | | | 0 < 100% | | 78 < 100% |

Dari Kalkulasi analisis fatik dan erosi pada Tabel 4.8 dengan ketebalan 25 cm, didapatkan hasil dari nilai rusak fatik sebesar 0% sedangkan rusak akibat erosi sebesar 78 %. Sehingga nilai tersebut masih aman untuk persyaratan, karena kerusakan fatik dan kerusakan karena erosi tidak diatas 100%. Dengan demikian pelat beton tidak perlu dinaikan karena sudah memenuhi standard persyaratan. Oleh karena itu, dengan tebal pelat beton 25 cm ruas jalan Pantura Semarang – Demak sudah memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai perkerasan kaku.

Dengan demikian hasil dari analisis tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) berdasarkan parameter Bina Marga 2017, diperoleh hasil tebal perkerasan kaku sebesar 25 cm.



(Sumber : penulis, 2022)

4.4 Analisis Perhitungan AASHTO 1993

4.4.1 Analisa Lalu – Lintas (*Traffic Design*)

a. Umur Rencana

Umur rencana merupakan jumlah tahun dari suatu bangunan jalan ketika dibuka. Selama dalam umur rencana pemeliharaan perkerasan jalan harus tetap dilakukan pada umumnya perkerasan beton semen harudirencanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun (Pd T-14-2003)

b. *Vehicle Damage Factor* (VDF)

Faktor kerusakan kendaraan atau disebut dengan istilah *Vehicle Damage Factor* merupakan suatu perbandingan antara daya rusak pada muatan sumbu kendaraan dalam menentukan nilai VDF (*Vehicle Damage Factor*) dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.16 Nilai VDF Jenis Masing-Masing Kendaraan Niaga

| Jenis kendaraan | Sumatera | | | | Jawa | | | | Kalimantan | | | | Sulawesi | | | | Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua | | | | |
|-----------------|--------------|-------|--------|-------|--------------|-------|--------|-------|--------------|-------|--------|-------|--------------|-------|--------|-------|---------------------------------------|-------|--------|-------|------|
| | Beban aktual | | Normal | | Beban aktual | | Normal | | Beban aktual | | Normal | | Beban aktual | | Normal | | Beban aktual | | Normal | | |
| | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | |
| 5B | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 6A | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,5 | 0,55 |
| 6B | 4,5 | 7,4 | 3,4 | 4,6 | 5,3 | 9,2 | 4,0 | 5,1 | 4,8 | 8,5 | 3,4 | 4,7 | 4,9 | 9,0 | 2,9 | 4,0 | 3,0 | 4,0 | 2,5 | 3,0 | 3,0 |
| 7A1 | 10,1 | 18,4 | 5,4 | 7,4 | 8,2 | 14,4 | 4,7 | 6,4 | 9,9 | 18,3 | 4,1 | 5,3 | 7,2 | 11,4 | 4,9 | 6,7 | - | - | - | - | - |
| 7A2 | 10,5 | 20,0 | 4,3 | 5,6 | 10,2 | 19,0 | 4,3 | 5,6 | 9,6 | 17,7 | 4,2 | 5,4 | 9,4 | 19,1 | 3,8 | 4,8 | 4,9 | 9,7 | 3,9 | 6,0 | 6,0 |
| 7B1 | - | - | - | - | 11,8 | 18,2 | 9,4 | 13,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 7B2 | - | - | - | - | 13,7 | 21,8 | 12,6 | 17,8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 7C1 | 15,9 | 29,5 | 7,0 | 9,6 | 11,0 | 19,8 | 7,4 | 9,7 | 11,7 | 20,4 | 7,0 | 10,2 | 13,2 | 25,5 | 6,5 | 8,8 | 14,0 | 11,9 | 10,2 | 8,0 | 8,0 |
| 7C2A | 19,8 | 39,0 | 6,1 | 8,1 | 17,7 | 33,0 | 7,6 | 10,2 | 8,2 | 14,7 | 4,0 | 5,2 | 20,2 | 42,0 | 6,6 | 8,5 | - | - | - | - | - |
| 7C2B | 20,7 | 42,8 | 6,1 | 8,0 | 13,4 | 24,2 | 6,5 | 8,5 | - | - | - | - | 17,0 | 28,8 | 9,3 | 13,5 | - | - | - | - | - |
| 7C3 | 24,5 | 51,7 | 6,4 | 8,0 | 18,1 | 34,4 | 6,1 | 7,7 | 13,5 | 22,9 | 9,8 | 15,0 | 28,7 | 59,6 | 6,9 | 8,8 | - | - | - | - | - |

(Sumber : dinas PUPR kota semarang,2019)

Dalam menentukan nilai (ESAL = Equivalent Single Axle Load) pada perhitungan lalu – lintas selama umur rencana secara umum berikut :

$$W_{18} = \sum_{N_1}^{N_n} LHR_1 N_n N_1 \times VDF_j \times DD \times DL \times 365$$

Dimana :

W₁₈ = traffic design pada lajur lalu-lintas.

N_n = Lalu-lintas pada akhir umur rencana.

N₁ = Lalu-lintas pada tahun pertama jalan dibuka.

LHR_j = Jumlah lalu-lintas harian rata-rata dua arah untuk jenis kendaraan j.

VDF_j = Vehicle Damage Factor untuk jenis kendaraan j.

DD = Faktor distribusi arah.

DL = Faktor distribusi lajur.

Untuk menentukan distribusi lajur dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.17 faktor distribusi lajur (D_L)

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

(Sumber :AASHTO1993)

DL : Distribusi lajur untuk 2 arah antara 80% - 100% diambil 90%

DD : Distribusi arah untuk perkerasan kaku antara 0,3 – 0,7 diambil 0,5

Tabel 4.18 hasil perhitungan w_{18}

| Jenis Kendaraan | Lintas harian Rata-Rata | VDF | DD | DL(%) | Hari Dalam setahun | W_{18} |
|---------------------|-------------------------|-----|-----|-------|--------------------|-------------------|
| Mobil penumpang | 7256 | 1 | 0,5 | 0,9 | 365 | 1191798 |
| Small bus | 1939 | 1 | 0,5 | 0,9 | 365 | 318481 |
| Big Bus | 540 | 1 | 0,5 | 0,9 | 365 | 88695 |
| Pick up | 125 | 0,5 | 0,5 | 0,9 | 365 | 10266 |
| Truk ringan 2 sumbu | 2288 | 0,5 | 0,5 | 0,9 | 365 | 187902 |
| Truk besar 2 sumbu | 1842 | 5,1 | 0,5 | 0,9 | 365 | 1542997 |
| Truck 3 sumbu | 1560 | 6,4 | 0,5 | 0,9 | 365 | 1639872 |
| Truck gandeng | 723 | 13 | 0,5 | 0,9 | 365 | 1543786 |
| Truck Semi Trailer | 293 | 7,4 | 0,5 | 0,9 | 365 | 356127 |
| Total | | | | | | 68,799,233 |

(Sumber : penulis, 2022)

Berdasarkan perhitungan dengan acuan rumus perhitungan ESAL mendapatkan hasil nilai W_{18} dalam satu tahun 6879923,3 ESAL. untuk lalulintas dalam perencanaan konstruksi tebal perkerasan ini jenis kumulatif yang dimana besaran yang didapat dengan cara mengalihkan beban standart gandar kumulatif untuk jalur perencanaan selama umur satu tahun dengan perbandingan besaran kenaikan lalu lintas (traffic growth). Yang secara rumusan lalu lintas sebagai berikut :

$$W_1 = W_{18} \times \frac{(1+g)^n - 1}{g}$$

W_t = Jumlah beban gandar tunggal standar kumulatif

W_{18} = Beban gandar standar kumulatif selama 1 tahun.

n = Umur pelayanan, atau umur rencana UR (tahun).

g = Perkembangan lalu-lintas (%)

$$W1 = 6879923,3 \times \frac{(1+0,7)^{20} - 1}{0,7}$$

$$W1 = 3,10 \times 10^{11}$$

Jadi dari hasil rumus di atas di perhitungkan mendapatkan nilai lalu lintas secara kumulatif selama umur rencana dengan hasil $3,10 \times 10^{11}$

4.4.2 Tanah Dasar

Dalam modulus reaksi daya dukung efektif tanah dasar (k) nilai CBR harus lebih dari 3% karna kalua nilai cbr kurang dari nilai tersebut bisa dikatakan jenis tanah untuk pembangunan jalan kategori buruk, pada ruas jalan semarang – demak ini berdasarkan hasil survey diketahui nilai CBR sebesar 6% dan untuk efektif tanah dasar sebesar 40% dengan jenis tanah yang cukup mumpuni untuk pembangunan jalan dengan menggunakan perkerasan kaku.

4.4.3 Material Kontruksi Perkerasan

Pada perencanaan konstruksi ini menggunakan perkerasan kaku yang menggunakan kuat tekan n (benda uji silinder 15 x 30 cm), digunakan untuk penentuan Flexural strength, F_c digunakan untuk penentuan parameter modulus elastisitas beton (E_c), untuk mengetahui elasitas pada konstruksi perkerasan beton.

4.4.4 Reliability

Reliability merupakan probalitas untuk merencanakan suatu perkerasan yang akan digunakan dalam masa layaknya perkerasan tersebut. Angka reability di tetapkan besarnya dari 50% dengan batas maksimal 99.99% menurut ASSHTO.

Adapun untuk *reliability* yang digunakan menggunakan nilai *reliability* yang tertinggi karna dapat mengatasi ataupun meminimalisir sebuah design. Pada studi kasus ini merupakan jalan arteri yang menggunakan *reliability* sebesar 85% yang nilainya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.19 Realibility (R)

| 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 |

(Sumber : AASHTO 1993 halaman II-9)

Sedangkan untuk menggunakan besaran pada AASHTO dibutuhkan suatu keaslian data untuk menentukan biaya konstruksi dan perawatan pada jangka waktu yang ada. Maka harus menggunakan setandard tabel deviasi yang dapat dilihat di bawah ini :

Tabel 4.20 Standard Deviasi

| Persen Keandalan (Reliability) | Standard Deviasi Normal (Zr) |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| 50 | -0,000 |
| 60 | -0,253 |
| 70 | -0,524 |
| 75 | -0,674 |
| 80 | -0,841 |
| 85 | -1,037 |
| 90 | -1,282 |
| 91 | -1,340 |
| 92 | -1,405 |
| 93 | -1,476 |
| 94 | -1,555 |
| 95 | -1,647 |
| 96 | -1,751 |
| 97 | -1,881 |
| 98 | -2,054 |
| 99 | -2,327 |
| 99,9 | -3,090 |
| 99,99 | -3,750 |

(Sumber : AASHTO, 1993)

Pada standart deviasi yang sudah di tentukan berdasarkan jenis jalan dapat dilihat pada nilai *reliability* sebesar 85% adalah -1,037.

Dengan perhitungan seperti berikut:

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

$$P_{heff} = \frac{2,5}{24} \times \frac{121}{365} \times 0,125 \times 100$$

$$P_{heff} = 0,43\% < 1\%$$

Dari perhitungan diatas, maka dapat digunakan angka persentase struktur perkerasan dalam satu tahun terkena air sampai tingkat *saturated* sebesar 1 %. Berdasarkan **tabel 2.13** koefisien drainase 1,15 – 1,20, maka diambil nilai koefisien drainase 1,15 – 1,20, maka diambil nilai tengahnya yaitu 1,175.

Pendekatan penetapan parameter load transfer dapat dilihat pada tabel 2.14:

- *Joint* dengan dowel : J = 2,5 – 3,1
- Untuk *overlay design* : J = 2,2 – 2,6

4.4.5 *Serviceability*

Terminal *serviceability* index (p_t) mengacu pada Tabel 3.17. (diambil dari AASHTO 1993 hal II-10). *Initial serviceability* untuk *rigid pavement* : $p_o = 4,5$ (diambil dari AASHTO 1993 hal. II-10). Penetapan *serviceability* : Terminal *serviceability* (p_o) = 2,5

Initial *serviceability* (p_t) = 4,5

Total *Seviceability* loss = $\Delta PSI = p_o - p_t = 2$

Jadi total *Serviceability* loss yang didapat dengan acuan yang ada sebesar 2.

4.4.6 **Modulus Reaksi Pada Tanah Dasar**

Modulus reaksi tanah dasar merupakan suatu metode dengan formula dan grafik yang di tentukan berdasarkan reaksi tanah dasar dan CBR yang sudah diketahui nilainya.

$$M_R = 1500 \times 6$$

$$= 9000$$

$$K = \frac{M_R}{19,4} = \frac{9000}{19,4} = 463,91 \text{ pci}$$

MR = Modulus reaksi tanah dasar

CBR = Nilai *California Bearing Ratio* (CBR)

Jadi dari hasil perhitungan menggunakan acuan perhitungan rumus tersebut didapat nilai modulus reaksi tanah dasar sebesar 463,91 pci

4.4.7 Modulus Elastisitas Pada Beton

Perhitungan modulus elastisitas pada beton merupakan upaya untuk mengetahui nilai yang bervariasi pada kekuatan beton, pada perkerasan kaku standart rumus yang di pakai untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas beton sebagai berikut :

Modulus elastisitas beton dapat diketahui dengan rumus :

$$E_c = 57000\sqrt{f'_c} \dots\dots\dots \text{(Rumus 4.5)}$$

Dengan :

E_c = modulus elastisitas beton (psi)

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

$$= 290,5 \text{ kg/cm}^2 = 4132 \text{ psi}$$

S_c = 45 kg/cm^2 = 4,5 Mpa (yang umum digunakan di Indonesia)

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

$$= 57000 \sqrt{4132} = 366.399,62 \text{ psi}$$

Jadi hasil dari perhitungan elastisitas pada beton diketahui dengan nilai sebesar 366.399,62 psi

4.4.8 Flexural Strength

Flexural Strength merupakan istilah dalam menentukan kuat lentur pada suatu beton dan kondisi ini ditetapkan sesuai spesifikasi pekerjaan. *Flexural Strength* di Indonesia saat ini umumnya digunakan $S_c' = 45 \text{ kg/cm}^2$ atau sama dengan 640 psi. Kekuatan beton bergantung pada kuat lenturnya (*flexural strength*), karena aksi utama dari pelat beton adalah lentur. Parameter perancangan beton yang dibutuhkan termasuk kuat tekan 28 hari, modulus elastisitas dan kuat lentur.

4.4.9 Koefisien Drainase

Sebelum ketahap perhitungan koefisien drainase harus memiliki data curah hujan dalam per tahun yang digunakan untuk acuan perhitungan koefisien drainase.

Tabel 4.21 jumlah hari hujan pertahun

| No | Tahun | Hari hujan |
|----|-------|------------|
| 1 | 2010 | 113 |
| 2 | 2012 | 116 |
| 3 | 2013 | 122 |
| 4 | 2014 | 120 |
| 5 | 2015 | 119 |
| 6 | 2016 | 123 |
| 7 | 2017 | 121 |
| 8 | 2018 | 126 |
| 9 | 2019 | 125 |
| 10 | 2021 | 121 |

(Sumber : Dinas PUPR Kota Semarang)

Berdasarkan tabel di atas diketahui data curah hujan rata – rata dalam satu tahun adalah 121 hari.

4.4.10 Koefisien Penyaluran Beban

Koefisien transfer beban (J) adalah faktor yang membuat Anda terbiasa. Pertimbangkan kemampuan struktur jalan yang kaku untuk menyalurkan beban Mengatasi persendian dan retak. Secara umum, nilainya tergantung pada J Membangun koneksi. Nilai J jika sambungan tidak dilengkapi dengan alat pemindah beban Ini akan menjadi lebih besar.

4.4.11 Perhitungan Tebal Perkerasan

Berdasarkan dari hasil perhitungan di atas bisa disimpulkan parameter bahwa susunanya dalam perencanaan rigid pavement sebagai berikut.

- Umur rencana = 20 tahun
- Lalu lintas, ESAL = $3,10 \times 10^{10}$
- *Terminal serviceability* (p_t) = 2,5

- *Initial serviceability* (p_o) = 4,5
- *Serviceability loss* = $\Delta PSI = p_o - p_t = 2$
- *Reliability* (R) = 85
- *Standard normal deviation* = -1,037
- *Standard deviation* = 0,35
- *Modulus reaksi tanah dasar* (k) = 463,91 pci
- *Kuat tekan* (f_c') = 290,5 kg = 29,05 Mpa
- *Modulus elastisitas beton* (k) = 366399,618 psi
- *Flexural strength* (S_c') = 640 psi
- *Drainage coefficient* (C_d) = 1,0
- *Load transfer coefficient* (J) = 2,8

Dari hasil perhitungan diatas dapat dimasukkan kedalam rumus untuk perhitungan.

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_o + 7,35 \log_{10}(D + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 p_t) \times \log_{10} \left\{ \frac{S_c D_d [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times J \times \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{\left(\frac{E_c}{K} \right)} \right]} \right\}$$

Dengan :

W_{18} = *Traffic design, Equivalent Single Axle Load* (ESAL)

Z_R = *Standar normal deviasi*

S_o = *Standar deviasi* جامعنا سلطان أبو نوح الإسماعيلي

D = *Tebal pelat beton*

ΔPSI = *Serviceability loss* = $p_o - p_t$

p_o = *Initial serviceability*

p_t = *Terminal serviceability*

S_c' = *Flexural strength* (psi)

C_d = *Drainage coefficient*

J = *Load transfer coefficient*

E_c = *Modulus elastisitas* (psi)

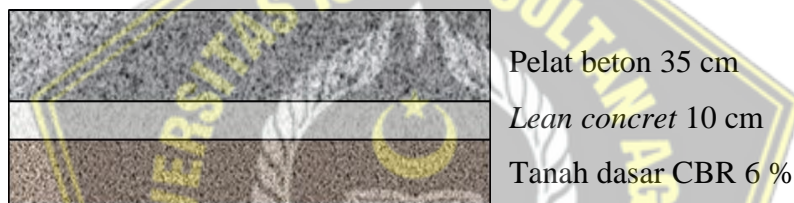
K = *Modulus reaksi tanah dasar* (psi)

$$\log_{10} W_{18} = -1,037 \times 0,35 + 7,35 \times \log_{10}(25 + 1) - 0,06$$

$$+ \frac{\log_{10} \left[\frac{2}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(25 + 1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 \times 2,5)$$

$$\times \log_{10} \left\{ \frac{640 \times 1 [25^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times 2,8 \times \left[25^{0,75} - \frac{18,42}{\left(\frac{366399,618}{600} \right)} \right]} \right\}$$

Dari hasil persamaan yang di perhitungkan di atas dapat di gunakan untuk mencari sebuah tebal perkerasan dengan mengacu pada nomogram rigid pavement dengan hasil yang di dapat 14 inch = 35 cm



(sumber : penulis, 2022)

4.5 Hasil Perbedaan Analisis Dari Metode Bina Marga 2017 Dengan AASHTO 1993

Adapun perbandingan yang perlu di ketahui dan di perhatikan pada perencanaan dan pelapisan pada konstruksi perkerasan beton dengan menggunakan acuan dari metode Bina Marga 2017 dengan metode AASHTO 1993. Dengan demikian dari Metode Bina Marga 2017 berpedoman dengan peraturan *AUTOROADS Pavement Design "A Guide to Structural Design of Pavement 1992"* aturan ini menggunakan konsep Batasan tegangan normal di lapisan tanah bawah, yaitu metode Konstruksi lantai beton semen didasarkan pada dua model: Kerusakan, yaitu: retak fatik atau lelah pada pelat dan erosi konstruksi bawah Atau lapisan tanah yang disebabkan oleh defleksi berulang Sambungan dan tempat retakan yang sudah direncanakan. Hal yang sama digunakan dalam metode AASHTO 1993 dengan menggunakan konsep "*The Corp of Engineer's Concept*" dimana menggunakan *konsmechanistic empirical* dengan

menggunakan tegangan, regangan, dan deformasi pada pelat beton secara empirik berdasarkan statistik.

Dari hasil perbandingan metode Bina Marga 2017 Dan AASHTO 1993 didapat beberapa perbedaan, sebagai berikut :

1. Lalu Lintas Rencana

Untuk menentukan rencana beban lalulintas dalam perencanaan perkerasan kaku berdasarkan metode Bina Marga 2017, menggunakan jumlah sumbu kendaraan niaga *commercial vehicle*, sesuai dengan konfigurasi sumbu yang terdapat pada lajur selama umur rencana. Maka lalu lintas harus di analisis berdasarkan data dari hasil perhitungan volume lalu lintas yang telah terkonfigurasi sumbu data terakhir atau yang terbaru, kendaraan niaga yang ditinjau untuk suatu perencanaan perkerasan kaku merupakan kendaraan yang mempunyai berat minimum 5 ton. Sedangkan untuk metode ASSHTO 1993 lalu lintas rencana di tentukan berdasarkan angka kumulatif ekuivalen 80 kN pada beban As tunggal yang terdapat pada lajur lalu lintas selama umur rencana.

2. Penentuan Beban Rencana

Pada penentuan beban rencana untuk Metode Bina Marga 2017, beban sumbu untuk memperoleh jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana hanya dikalikan faktor keamanan beban (FKb) sedangkan pada AASHTO 1993 untuk perhitungan lalulintas rencana jumlah kumulatif ekuivalen 80 kN (18 kip) beban As tunggal pada jalur lalulintas rencana selama umur rencana dimasukkan juga faktor keandalan (R), standar deviasi keseluruhan (So), dan kehilangan daya layan rencana (Δ PSI)

3. Struktur Bawah

Pada sreruktur bawah konstruksi perkerasan kaku berdasarkan Metode Bina Marga 2017 dengan memperhitungkan nilai CBR tanah kemudian modulus efektif reaksi struktur bawah (k). sedangkan pada AASHTO 1993 koefisien drainase (Cd), modulus resilien dari lapisan struktur bawah untuk variasi musim sebagai contoh akibat salju dan kehilangan potensial tumpuan dari pelat beton turut diperhitungkan.

4. Pelat beton

Pada pelat beton untuk perkerasan kaku berdasarkan peraturan Bina Marga 2017 ditentukan oleh mutu dari pelat beton dengan ujung ruji ataupun tanpa ruji, jenis penulangan, tebal pelat, kuat tarik beton yang ditentukan setelah 28 hari dengan tes lentur, sedangkan pada AASHTO 1993 ditentukan oleh mutu beton atau modulus elastisitas beton (E_c), tegangan tarik rata – rata beton yang ditentukan setelah 28 hari dengan tes lentur ($S'c$), koefisien transfer beban titik J, jenis perkerasan kaku yang digunakan, jenis sambungan konstruksi apakah dengan ruji atau tidak, jenis penulangan, tebal pelat, serta modulus reaksi struktur bawah (*substructure*).

5. Tebal Efektif

Pada penentuan tebal efektif pelat lama berdasarkan Metode Bina Marga 2017 hanya dikalikan dengan suatu koefisien yang menyatakan kondisi pelat lama yang nilainya C_s , dimana nilai C_s dapat diambil, sebagai berikut :

- a. $C_s = 1$, kondisi struktur perkerasan lama masih baik
 - b. $C_s = 0,75$, kondisi perkerasan lama, baru mengalami retak awal pada sudut – sudut sambungan
 - c. $C_s = 0,35$, kondisi perkerasan lama secara struktur telah rusak
- Sedangkan pada AASHTO 1993 turut diperhitungkan juga pengaruh banyaknya titik retak (F_{je}), pengaruh durabilitas (F_{dur}), dan pengaruh fatik (f_{fa}).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini kami dapat memberi kesimpulan berdasarkan tujuan penelitian yang kami tulis maka diperoleh kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan Penelitian perbandingan perkerasan kaku didapat parameter input untuk metode bina marga 2017, umur rencana, lalu-lintas, lajur rencana dan koefisien distribusi, pertumbuhan lalu-lintas, lalu-lintas rencana, faktor keamanan beban, daya dukung efektif tanah dasar, penentuan tebal perkerasan. Sedangkan untuk parameter berdasarkan metode ASSHTO 1993 merupakan Analisa lalu-lintas, umur rencana, *vehicle damage factor*, tanah dasar, material konstruksi perkerasan, *reliability*, *serviceability*, modulus reaksi pada tanah dasar, modulus elastisitas pada beton, flexural strength, koefisien drainase, koefisien penyaluran beban, perhitungan tebal perkerasan.
2. Berdasarkan hasil perhitungan analisis yang di dapat dari masing – masing metode dengan parameter yang ada didapat bahwa
 - Perhitungan berdasarkan parameter metode Bina Marga 2017 didapat bahwa tebal plat beton 25 cm
 - Sedangkan untuk perhitungan AASHTO 1993 berdasarkan parameter yang ada di dapat tebal perkerasan 35 cmSelisih perbandingan tebal perkerasan didapat karena adanya perbandingan parameter dari kedua metode yang di gunakan.

5.2 Saran

Pada penelitian ini kami dapat memberikan saran berdasarkan tujuan penelitian yang kami tulis maka dari itu dapat kami simpulkan sebagai berikut:

1. Dalam perencanaan tebal perkerasan kaku dibutuhkan nilai faktor keamanan dari data yang dimasukkan. Semakin besar nilai faktor

keamanan tersebut maka tebal pelat yang dibutuhkan akan semakin besar. Agar tebal pelat yang diperoleh tidak berlebihan, maka data – data yang diperlukan harus sesuai.

2. Hasil yang diperoleh dari metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 tidak jauh berbeda, maka dari itu pada studi kasus jalan ini metode Bina Marga lebih layak digunakan di Indonesia dikarenakan parameter yang digunakan dalam perhitungan telah disesuaikan dengan kondisi regional di Indonesia.
3. Untuk penelitian selanjutnya studi kasus dilakukan pada jalan yang sudah jadi atau sudah dilewati, hal itu akan mempermudah kita dalam mencari data – data yang diperlukan. Untuk jalan yang belum jadi sebelumnya harus sudah tahu data – data apa saja yang diperlukan untuk penelitian.



DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, Nuriandi. (2021). *Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku pada Ruas Jalan Tol Binjai-Langsa (Sta 0+ 500–Sta 1+ 000) dengan Metode Manual Desain Perkerasan 2017*. Diss.
- AASHTO, 1993,(1993) *Guide for Design of Pavement Structures, American Assosiation of State Highway and Transportation Officials, Washington, USA*
- Bahari, Irza Ilham. (2021). *Analisis Perbandingan Ketebalan Perkerasan Kaku dengan Metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 pada Ruas Jalan Senganten–Klino (Sta 0+ 000–Sta 8+ 000) Kabupaten Bojonegoro*. Diss. Upn" Veteran'jawa Timur,
- Duani, Akhmad Fadil, Sutarto Yosomulyono, and Heri Azwansyah.(2015) "Perbandingan Biaya Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku pada Jalan Karya Bakti di Kecamatan Meliau Kabupaten Sanggau." *Jelast: Jurnal Pwk, Laut, Sipil, Tambang* 5.2
- Darmawan, Rahmatullah, and Lizar Lizar. (2020). *Jurnal Tekla*, 2.2 : 97-103. (Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) menggunakan Metode Bm-2017.
- Fitriana, Ratna. (2014) *Studi Komparasi Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Jalan Tol menggunakan Metode Bina Marga 2002 dan AASHTO 1993 (Studi Kasus: Ruas Jalan Tol Solo–Kertosono)*. Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Herliana, Rika, Heri Azwansyah, and Said Said. (2022, 09 Februari) "Analisis Perencanaan Perkerasan Kaku Jalan Khatulistiwa Kota Pontianak dengan menggunakan Metode Bina Marga 2017 dan Metode AASHTO 1993." *Jelast: Jurnal Pwk, Laut, Sipil, Tambang* 9.1.

- Hariyanto, Hariyanto, Setyaningsih Setyaningsih, and Bambang Bambang. (2021) "Analisis Perbandingan Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku dengan Metode Bina Marga 2003 dan Metode AASHTO 1993 (Studi Kasus: Jalan Raya Blora Cepu, Km 21+ 000 – KM 22+400 Kabupaten Blora Jawa Tengah). *Jurnal Ilmiah Teknosains 1-12*.
- Ikhwan, Moh. (2020). *Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku dengan Metode Bina Marga 2003 dan Metode AASHTO 1993 pada Proyek Jalan Tol Balikpapan-Samarinda Sta. 22+ 025-Sta. 28+ 000*. Diss. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Kaku, Desain Tebal Perkerasan Jalan. "Perencanaan Rigid Pavement dengan Metode AASHTO 1993."
- Kurniawan, Muhammad Syahrial. (2020). *Perencanaan Perkerasan Kaku pada Ruas Jalan Gedangan-Betro-Kalangnyar (Sidoarjo) dengan menggunakan Metode Bina Marga 2003 dan AASHTO 1993*. Diss. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Mitroatmodjo, Sabdo Adiguno. (2017). *Analisis Perbandingan Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku dengan Metode Bina Marga 2013 dan AASHTO 1993 (Studi Kasus Jalan Tol Solo–Ngawi Sta 0+ 900–2+ 375)*. Diss. UAJY.
- Nasution, Muhammad Azizi, Nanda Fajarriani, and Muhammad Idham. (2019) *Jurnal Teknik Sipil*, 8.2 : 43-49. Perbandingan Tebal Perkerasan Jalan Kaku dengan Metode Pd-T-14-2003 dan Mdpj 2017 (Studi Kasus Jl. Yos Sudarso, Kota Dumai).
- Pasaribu, Russel Savarino, Komala Erwan, and Said Said. (2021) "Analisis Perbandingan Tebal Perkerasan Kaku Metode Bina Marga 2017 dan Metode AASHTO 1993 pada Jalan Husein Hamzah Pal 5." *Jelast: Jurnal Pwk, Laut, Sipil, Tambang* 8.3.

- Putranto, Leksmono Suryo, and Ni Luh Putu Shinta Eka Setyarini. (2010). Koefisien Distribusi Kendaraan untuk Perancangan Tebal Perkerasan Lentur di Mataram, Bandung, dan Surabaya. *Jurnal Transportasi* 10.2.
- Rizki, Muhammad Ansyari.(2021). *Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku dengan Metode Manual Desain Perkerasan Bina Marga 2017 dan Metode AASHTO 1993 pada Jalur Lingkar Kuningan–Ciamis Jawa Barat*. Phd Thesis. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Ramadhani, Elok Ciptia, Udi Subagyo, and Moch Fajar Subkhan. (2020) "Perbandingan Tebal Lapis Perkerasan Kaku Metode Bina Marga 2003 dan Metode Manual Desain Perkerasan 2017 (Bina Marga) pada Tol Pandaan–Malang Sta. 30+ 625 S/D 38+ 488." *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi Politeknik Negeri Malang* 1.3
- Sulaiman, Kristedy Permana. (2019). *Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) dengan menggunakan Wiremesh pada Ruas Jalan Hos. Cokroaminoto dan Jalan Moch. Yamin (Tuban)*. Diss. Universitas Narotama Surabaya.
- Syahrudi, Efan, Hendra Saputra, and Alamsyah Alamsyah. (2018). "Perbandingan Tebal Perkerasan Kaku dengan Metode Bina Marga 2003 dan 2017 (Studi Kasus: Jalan Kelemantan-Sekodi)." *Seminar Nasional Industri dan Teknologi*.
- Sudarno, Sudarno, Akhmad Nurul Falakh, and Nazila Dewi Navitasari. (2018). "Evaluasi Tebal Perkerasan Jalan Raya Secang-Magelang menggunakan Metode Analisa Komponen." *Jurnal Disprotek* 9.2
- Stiyoningsih, Dini. (2018). *Desain Tebal Perkerasan Kaku Jalan Raya menggunakan Microsoft Excel Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan 02/M/Bm/2013 dan Naasra*. Diss. Universitas Narotama Surabaya.

Sulistyo, Dwi, and Jenni Kusumaningrum. (2013). "Analisis Perbandingan Perencanaan Perkerasan Kaku dengan Menggunakan Metode Bina Marga dan Metode AASHTO Serta Merencanakan Saluran Permukaan pada Ruas Jalan Abdul Wahab, Sawangan." *Prosiding Pesat 5*.

Yusuf, Saiful Mardi. (2020). "Analisa Perbandingan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) dengan Metode Bina Marga 2017 dan Metode AASHTO 1993 pada Ruas Jalan Negara Kabupaten Panajam Paser Utara." *Kurva S: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik Sipil* 11.2

Zohri, Saipudin, Widarto Sutrisno, and Agus Priyanto. (2019). "Analisis Tebal Perkerasan Kaku pada Jalan Tol Pasuruan – Probolinggo Berdasarkan Metode Bina Marga (Manual Desain Perkerasan 2017) dan AASHTO (1993)." *Renovasi : Rekayasa dan Inovasi Teknik Sipil* 4.1

