



TUGAS AKHIR – RC 14 -1501

**PERENCANAAN KONSTRUKSI PERKERASAN
LENTUR DAN PERKERASAN KAKU JALAN TOL
SEMARANG-BATANG DENGAN METODE AASHTO
DITINJAU DARI SEGI EKONOMI**

ZILKI ARFANSYA FEBRAMA
NRP. 3114100024

Dosen Pembimbing I :
Ir. Hera Widyastuti, MT., PhD

Dosen Pembimbing II :
Dr. Catur Arif Prastyanto, ST., M.Eng

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR – RC 14-1501

**PERENCANAAN KONSTRUKSI PERKERASAN LENTUR
DAN PERKERASAN KAKU JALAN TOL SEMARANG-
BATANG DENGAN METODE AASHTO DITINJAU DARI
SEGI EKONOMI**

**ZILKI ARFANSYA FEBRAMA
NRP. 3114100024**

**Dosen Pembimbing I :
Ir. Hera Widyastuti, MT., PhD**

**Dosen Pembimbing II :
Dr. Catur Arif Prastyanto, ST., M.Eng**

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**



FINAL PROJECT – RC 14-1501

**CONSTRUCTION DESIGN OF FLEXIBLE PAVEMENT AND
RIGID PAVEMENT OF SEMARANG-BATANG TOLL ROAD
WITH AASHTO METHOD IN TERMS OF ECONOMY**

**ZILKI ARFANSYA FEBRAMA
NRP. 3114100024**

**Dosen Pembimbing I :
Ir. Hera Widyastuti, MT., PhD**

**Dosen Pembimbing II :
Dr. Catur Arif Prastyanto, ST., M.Eng**

**CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Civil Engineering, Environment and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**

**PERENCANAAN KONSTRUKSI PERKERASAN LENTUR
DAN PERKERASAN KAKU JALAN TOL SEMARANG-
BATANG DENGAN METODE AASHTO DITINJAU DARI
SEGI EKONOMI**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Transportasi
Program Studi S-1 Reguler Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ZILKI ARFANSYA FEBRAMA

Nrp. 0311144000024

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Ir. Hera Widyastuti, MT., PhD
2. Dr. Catur Arif Prastyanto ST., M.Eng



SURABAYA, JULI 2018

PERENCANAAN KONSTRUKSI PERKERASAN LENTUR DAN PERKERASAN KAKU JALAN TOL SEMARANG- BATANG DENGAN METODE AASHTO DITINJAU DARI SEGI EKONOMI

Nama Mahasiswa : Zilki Arfansya Febrama
NRP : 3114100024
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Hera Widyastuti, MT., PhD
Dr. Catur Arif Prastyanto, ST., M.Eng

Abstrak

Tol Semarang-Batang merupakan salah satu proyek pembangunan Jalan Tol Trans Jawa yang nantinya akan menghubungkan daerah dari Batang menuju Semarang. Sebelum adanya pembangunan Tol Semarang-Batang ini, para pengguna jalan harus menempuh jarak kurang lebih 94.09 km dengan rute Semarang-Kendal-Batang melalui Jalur Pantura. Karena penggunaan jalur Pantura sebagai akses utama masyarakat saat ini dari Semarang menuju Batang maupun sebaliknya, hal ini menyebabkan volume kendaraan di jalur itu sendiri telah melebihi kapasitas. Kapasitas yang berlebih menyebabkan jalur Pantura selalu mengalami kerusakan sehingga tidak nyaman lagi untuk dilewati oleh kendaraan.

Demi upaya memecahkan masalah tersebut, maka direncanakan pembangunan Jalan Tol Semarang-Batang yang berfungsi untuk membagi volume lalu lintas dari jalan eksisting dan jalan tol serta mengurangi jarak tempuh dari Semarang menuju Batang. Pada tugas akhir ini, dilakukan perbandingan perencanaan perkerasan lentur dan perkerasan kaku jalan Tol Semarang-Batang pada seksi IV (Kendal-Kaliwungu) menggunakan metode AASHTO 1993. Setelah itu, dilakukan perhitungan biaya konstruksi dan biaya pemeliharaan masing-masing perkerasan, perhitungan user cost metode N.D Lea, dan

dilakukan perbandingan terhadap dua perkerasan secara ekonomi dengan perhitungan Benefit Cost Ratio.

Dari perhitungan diperoleh untuk perkerasan lentur, tebal Surface Course = 11 cm (terdiri dari AC-WC = 5 cm dan AC-Base = 6 cm), Base Course (Agr. kelas A) = 16 cm, dan Subbase Course (Agr. Kelas B) = 28 cm. Sedangkan perkerasan kaku, diperoleh tebal Surface (Beton K-350) = 26 cm, Subbase (Lean Concrete Beton K-175) = 10 cm, Dowel D32-300 mm, tie Bar D13-730 mm, tulangan memanjang dan melintang D12-250 mm. Dari hasil analisa ekonomi, diperoleh nilai B/C perkerasan lentur 5.02 dan nilai B/C perkerasan kaku 6.8. Berdasarkan hasil tersebut, diambil kesimpulan bahwa perencanaan jalan Tol Semarang-Batang seksi IV (Kendal-Kaliwungu) akan lebih menguntungkan apabila menggunakan perkerasan kaku dalam perencanaan.

Kata kunci: Perkerasan Lentur, Perkerasan Kaku, Tol Semarang-Batang, Metode AASHTO, Ekonomi.

CONSTRUCTION DESIGN OF FLEXIBLE PAVEMENT AND RIGID PAVEMENT OF SEMARANG-BATANG TOLL ROAD WITH AASHTO METHOD IN TERMS OF ECONOMY

Name : Zilki Arfansya Febrama
NRP : 3114100024
Department : Civil Engineering FTSLK-ITS
Supervisor : Ir. Hera Widyastuti, MT., PhD
Dr. Catur Arif Prastyanto, ST., M.Eng

Abstract

Semarang-Batang Toll Road is one of the Trans Java Toll Road's project which will connect the area from Batang to Semarang. Prior to the construction of the Semarang-Batang Toll Road, the road users had to travel approximately 94.09 km with Semarang-Kendal-Batang route through the Pantura. Because the use of the Pantura as the main access of the current road users from Semarang to Batang or vice versa, this causes the volume of vehicles in the Pantura itself has exceeded capacity. Excessive vehicles capacity causes the Pantura road to often be damaged so it is not comfortable anymore to be passed by the vehicle.

In order to solve the problem, it is planned to build Semarang-Batang Toll Road which serves to divide the traffic volume between existing road and toll road and reduce the distance from Semarang to Batang. In this final project, the comparison to the planning of flexible pavement and rigid pavement of Semarang-Batang toll road in section IV (Kendal-Kaliwungu) using AASHTO 1993's method. After that, calculation of construction cost and maintenance cost of each pavement, calculation of user cost with the ND Lea method, and the economic comparison of two pavements using the calculation of Benefit Cost Ratio.

Based on the calculations obtained for flexible pavement, Surface Course thickness = 11 cm (consisting of AC-WC = 5 cm and AC-Base = 6 cm), Base Course (Agr. class A) = 16 cm, and Subbase Course (Agr. Class B) = 28 cm. As for rigid pavement, thickness of Surface (Concrete K-350) = 26 cm, Subbase (Lean Concrete Concrete K-175) = 10 cm, Dowel D32-300 mm, tie bar D13-730 mm, longitudinal and transversal D12-250 mm. From economic analysis result, B / C value of flexible pavement 209,8 and B / C value of rigid pavement 353,3. Based on these results, it can be concluded that the planning of Semarang-Batang Toll Road section IV (Kendal-Kaliwungu) will be more advantageous if rigid pavement is used in planning.

Keywords : Flexible Pavement, Rigid Pavement, Semarang-Batang Toll Road, AASHTO method, Economy.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan judul “Perencanaan Konstruksi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku Jalan Tol Semarang-Batang dengan Metode AASHTO Ditinjau Dari Segi Ekonomi”. Dalam kesempatan ini penulis bermaksud mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang mendukung dan membantu atas terselesaikannya Laporan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Allah SWT, yang telah memudahkan hamba-Nya dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Ibu penulis, Ibu Elbeta Zulfa serta kakak-kakak penulis yang tidak ada hentinya selalu mendukung dan mendoakan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Ibu Ir. Hera Widyastuti, MT., PhD dan Bapak Dr. Catur Arif Prastyanto, ST., M.Eng selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan serta bimbingannya dalam proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini
4. Bapak Dr. Wasis Wardoyo, M.Sc selaku Dosen Wali yang dengan sabar selalu memberikan nasihat dan selalu memotivasi kepada mahasiswanya.
5. Seluruh dosen pengajar di Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan ilmu serta bimbingannya selama masa perkuliahan penulis
6. Teman-teman Jurusan Teknik Sipil khususnya angkatan S-57 yang memberikan motivasi dan bantuan selama proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

Dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir yang penulis buat masih sangat jauh dari kesempurnaan. Jadi dengan rasa hormat penulis mohon petunjuk, saran, dan kritik terhadap Laporan Tugas Akhir ini. Sehingga kedepannya, diharapkan ada perbaikan terhadap

penulisan Tugas Akhir serta dapat menambah pengetahuan bagi penulis dalam membuat suatu laporan di kemudian hari.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Maksud dan Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penulisan.....	4
1.6 Lokasi Studi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Umum	7
2.2 Karakteristik Jalan.....	8
2.2.1 Klasifikasi Fungsi Jalan	8
2.2.2 Tipe Jalan	10
2.3 Parameter Desain	11
2.3.1 Lajur Rencana.....	11
2.3.2 Faktor Lalu Lintas.....	11
2.3.3 Volume Lalu Lintas	12
2.3.4 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas.....	12
2.3.5 Umur Rencana	13
2.3.6 Sifat Tanah Dasar	14
2.3.7 Kondisi Lingkungan	14
2.4 Perkerasan Lentur	14
2.4.1 Komponen Struktur Perkerasan Lentur	15
2.4.2 Material Perkerasan Lentur	17

2.4.3	Perhitungan Perencanaan Lapisan Perkerasan Lentur	18
2.4.3.1	Perhitungan Persentase Sumbu Kendaraan untuk Perkerasan Lentur	19
2.4.3.2	Perhitungan <i>Axle Load Equivalency Factors</i> dan ESAL Sumbu Kendaraan Perkerasan Lentur.....	21
2.4.3.3	Menentukan Indeks Permukaan Perkerasan Lentur.....	23
2.4.3.4	Menentukan Faktor Distribusi Arah (D_D) dan Distribusi Lajur (D_L) Perkerasan Lentur..	23
2.4.3.5	Menentukan Nilai Faktor Keandalan / Keyakinan (<i>Reliability</i>) Perkerasan Lentur ...	24
2.4.3.6	Menentukan Modulus (M_r) Tanah Dasar Perkerasan Lentur	26
2.4.3.7	Menentukan Kualitas Drainase (m) Perkerasan Lentur	26
2.4.3.8	Menentukan Koefisien Permukaan (a) Perkerasan Lentur	27
2.4.3.9	Perencanaan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur.....	28
2.4.3.10	Koreksi Tebal Minimum Tiap Lapisan Perkerasan Lentur	30
2.5	Perkerasan Kaku	32
2.5.1	Komponen Struktur Perkerasan Kaku.....	32
2.5.2	Material Perkerasan Kaku.....	33
2.5.3	Perhitungan Perencanaan Lapisan Perkerasan Kaku	35
2.5.3.1	Perhitungan Persentase Sumbu Kendaraan untuk Perkerasan Kaku	35

2.5.3.2	Perhitungan <i>Axle Load Equivalency Factors</i> dan ESAL Sumbu Kendaraan Perkerasan Kaku.....	36
2.5.3.3	Menentukan Indeks Permukaan Perkerasan Kaku.....	36
2.5.3.4	Menentukan Faktor Distribusi Arah (D_D) dan Distribusi Lajur (D_L) Perkerasan Kaku....	36
2.5.3.5	Menentukan Faktor <i>Realibility</i> (R) Perkerasan Kaku	37
2.5.3.6	Menentukan Modulus Reaksi Tanah Dasar (k) Perkerasan Kaku.....	37
2.5.3.7	Menentukan Kualitas Drainase (Cd) Perkerasan Kaku	38
2.5.3.8	Menentukan Modulus Elastisitas Beton (E) dan <i>Flextural Strength</i> ($S'c$) Perkerasan Kaku.....	39
2.5.3.9	Menentukan <i>Load Transfer</i> (J) Perkerasan kaku	39
2.5.3.10	Perencanaan Tebal Lapisan Perkerasan Kaku.....	40
2.5.3.11	Perencanaan Sambungan Perkerasan Kaku	40
2.6	Perencanaan Lapis Tambah (<i>Overlay</i>)	44
2.7	Rencana Anggaran Biaya	47
2.8	Biaya Operasional Kendaraan N.D. Lea	47
2.9	Analisis Ekonomi.....	54
2.10	Evaluasi Ekonomi	54
BAB III	METODOLOGI	57
3.1	Survey Lokasi	57
3.2	Studi Pustaka.....	57
3.3	Pengumpulan Data	58
3.3.1	Data Sekunder.....	58

3.3.1.1	Data Teknis Proyek.....	58
3.3.1.2	Data Lalu Lintas Harian.....	58
3.3.1.3	Data CBR.....	59
3.3.1.4	Harga Satuan Pekerjaan.....	59
3.3.1.5	Indeks Harga Konsumen.....	59
3.3.2	Perhitungan Perencanaan Perkerasan.....	59
3.3.3	Perhitungan Analisa Ekonomi Perencanaan.....	60
3.4	Kesimpulan dan Saran.....	61
BAB IV	DATA PERENCANAAN	63
4.1	Umum.....	63
4.2	Kondisi Jalan Eksisting.....	63
4.3	Jalan Tol Rencana.....	65
4.4	Volume Lalu Lintas.....	65
4.5	Pertumbuhan Lalu Lintas.....	66
4.6	Indeks Harga Konsumen.....	68
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	71
5.1	Perencanaan Tebal Struktur Lapisan Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>).....	71
5.1.1	Menghitung Persentase Beban Sumbu Kendaraan.....	71
5.1.2	Perhitungan Tebal Struktur Lapisan Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>).....	75
5.1.2.1	Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>) dengan SN = 5 dan IPT = 3.....	76
5.1.2.2	Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>) dengan SN = 6 dan IPT = 3.....	92
5.1.2.3	Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>) dengan SN = 5.675 dan IPT = 3.....	109

5.2 Perencanaan Tebal Struktur Lapisan Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>)	131
5.2.1 Perhitungan Tebal Struktur Lapisan Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>)	132
5.2.1.1 Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>) dengan $D = 10.15$ dan $IPt = 3$	133
5.2.2 Penulangan Perkerasan Kaku.....	150
5.3 Perencanaan Lapis Tambah (<i>Overlay</i>).....	154
BAB VI ANALISA EKONOMI	157
6.1 Rencana Anggaran Biaya Konstruksi Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>).....	157
6.1.1 Rencana Anggaran Biaya Pemeliharaan Rutin <i>Flexible Pavement</i>	162
6.1.2 Rencana Anggaran Biaya Pemeliharaan Berkala <i>Flexible Pavement</i>	167
6.2 Rencana Anggaran Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>)	169
6.2.1 Rencana Anggaran Biaya Pemeliharaan Rutin <i>Rigid Pavement</i>	178
6.3 Rekapitulasi Biaya Tahap Konstruksi dan Biaya Pemeliharaan Perkerasan Selama Umur Rencana ..	182
6.4 Perhitungan Analisis Ekonomi	183
6.4.1 <i>User cost</i> Perkerasan Lentur dan Kaku Pada Jalan Rencana	184
6.4.2 <i>User cost</i> Pada Jalan Eksisting.....	191
6.4.3 Perhitungan Evaluasi Ekonomi	192
BAB VII	197
7.1 Kesimpulan	197
7.2 Saran	198
DAFTAR PUSTAKA	199
LAMPIRAN	201

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Rute Jalur Pantura Semarang-Batang	5
Gambar 1.2	Rute Tol Semarang-Batang	5
Gambar 1.3	Pembangunan Tol Semarang-Batang di Kecamatan Tulis	6
Gambar 1.4	Pembangunan Tol Semarang-Batang di Ngaliyan, Semarang	6
Gambar 2.1	Komponen Struktur Perkerasan Lentur	15
Gambar 2.2	Penyebaran Beban Roda Pada Lapisan Perkerasan	16
Gambar 2.3	Jenis Tipe Sumbu Gandar Kendaraan	19
Gambar 2.4	Model Interpolasi Linier.....	21
Gambar 2.5	Ilustrasi Penentuan Tebal Minimum Setiap Lapisan Perkerasan	30
Gambar 2.6	Koreksi <i>Effective Modulus of Subgrade Reaction</i>	37
Gambar 3.1	Bagan Metodologi Tugas Akhir	62
Gambar 4.1	Kondisi Arus Lalu Lintas Jalur Pantura Semarang-Batang.....	63
Gambar 4.2	Kondisi Jalan Jalur Pantura Kabupaten Kendal-Batang	64
Gambar 4.3	Pembagian Seksi Konstruksi Perencanaan Jalan Tol Semarang-Batang	64
Gambar 5.1	Struktur Lapisan Perkerasan Lentur Jalan Tol Semarang-Batang seksi IV	131
Gambar 5.2	Struktur Lapisan Perkerasan Kaku Jalan Tol Semarang-Batang seksi IV	150
Gambar 5.3	Tampak 3 lajur yang menggambarkan posisi sambungan arah memanjang yang berkaitan dengan jarak terdekat ke bagian tepi perkerasan	152
Gambar 6.1	Ilustrasi Cashflow Biaya Konstruksi Lentur dan Biaya Pemeliharaan (Rutin dan Berkala)....	151
Gambar 6.2	Ilustrasi Cashflow Biaya Konstruksi Kaku dan Biaya Pemeliharaan (Rutin)	182

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan	9
Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan	9
Tabel 2.3 Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan	11
Tabel 2.4 Faktor Pertumbuhan Lalu-Lintas (R).....	13
Tabel 2.5 Klasifikasi Tanah Metode AASHTO.....	18
Tabel 2.6 Persentase Sumbu Kendaraan	20
Tabel 2.7 Indeks Permukaan Pada Akhir Usia Rencana (IPT)..	23
Tabel 2.8 Faktor Distribusi Lajur (D_L)	24
Tabel 2.9 Nilai Reabilitas	25
Tabel 2.10 Nilai Realibility Z_R dan F_R	25
Tabel 2.11 Definisi Kualitas Drainase	26
Tabel 2.12 Rekomendasi Nilai m_1 untuk <i>Flexible Pavement</i> ...	27
Tabel 2.13 Koefisien Lapisan Perkerasan.....	28
Tabel 2.14Tebal Lapisan Minimum Permukaan dan Lapisan Pondasi.....	30
Tabel 2.15 Tebal Lapisan yang Diiijinkan.....	31
Tabel 2.16 Nilai LS	38
Tabel 2.17 Rekomendasi Nilai C_d untuk <i>Rigid pavement</i>	38
Tabel 2.18 Tabel Load Transfer	39
Tabel 2.19 Tabel Faktor Gesek.....	41
Tabel 2.20 Tabel <i>Dowel</i>	43
Tabel 2.21 Koefisen Lapis Permukan untuk Material Lapis Perkerasan <i>Asphalt Concrete</i> yang Ada berdasarkan Kondisi Permukaannya	45
Tabel 2.22 Tabel Pembagian Jenis Kendaraan	48
Tabel 2.23 Karakteristik Kelompok Kendaraan	48
Tabel 2.24 Biaya Operasional Kendaraan (kondisi : Flat- Tangent-Paved Road and Good Condition).....	49
Tabel 2.25Angka Indeks Jenis Permukaan untuk Kendaraan Auto, Interurban Road, %	49
Tabel 2.26 Angka Indeks Jenis Permukaan untuk Kendaraan Truk, Interurban Road, %.....	50

Tabel 2.27	Angka Indeks Jenis Permukaan untuk Kendaraan Bus, Interurban Road, %	51
Tabel 4.1	Volume Lalu Lintas per-Golongan Kendaraan Ruas Jalan Kendal-Kaliwungu	66
Tabel 4.2	Persentase Pertumbuhan Lalu Lintas per-Tahun.....	66
Tabel 4.3	Indeks Harga Konsumen Kota Semarang	68
Tabel 5.1	ESAL untuk SN=5 dan IPT=3	89
Tabel 5.2	ESAL untuk SN=5.675 dan IPT=3	123
Tabel 5.3	Tebal Perencanaan Perkerasan Lentur untuk Jalan Tol Semarang-Batang Seksi IV (Kendal – Kaliwungu)	129
Tabel 5.4	ESAL untuk D=10.15 dan IPT=3	146
Tabel 5.5	Perencanaan <i>Tie Bars</i> Berdasarkan Jarak Terdekat ke Bagian Tepi Perkerasan	152
Tabel 5.4	Perancangan <i>Tie Bars</i> Diameter ½ Inch Ditinjau Dari Jarak Terdekat Dari Tepi Perkerasan.....	153
Tabel 6.1	Rencana Anggaran Biaya <i>Flexible Pavement</i> Tiap Lapisan	158
Tabel 6.2	Perhitungan nilai FW Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Lentur	164
Tabel 6.3	Perhitungan nilai P Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Lentur	166
Tabel 6.4	Perhitungan nilai FW Biaya Pemeliharaan Berkala Perkerasan Lentur	168
Tabel 6.5	Perhitungan nilai P Biaya Pemeliharaan Berkala Perkerasan Lentur	168
Tabel 6.6	Rencana Anggaran Biaya Konstruksi <i>Rigid</i> <i>Pavement</i> Tiap Lapisan	172
Tabel 6.7	Perhitungan nilai FW Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Lentur	179
Tabel 6.8	Perhitungan nilai P Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Lentur	180
Tabel 6.9	Rekapitulasi Biaya Tahap Konstruksi dan Pemeliharaan Perkerasan Lentur	182

Tabel 6.10	Rekapitulasi Biaya Tahap Konstruksi dan Pemeliharaan Perkerasan Kaku	183
Tabel 6.11	Nilai Indeks Harga Konsumen Berdasarkan Tahun Terbaik.....	187
Tabel 6.12	Perhitungan P untuk <i>User cost</i> Perkerasan Lentur.....	189
Tabel 6.13	Perhitungan P untuk <i>User cost</i> Perkerasan Kaku.....	190
Tabel A.1	Axle Load Equivalency Factors for Flexible Pavements, Single Axles and Pt = 3.....	202
Tabel A.2	Axle Load Equivalency Factors for Flexible Pavements, Tandem Axles and Pt = 3.....	203
Tabel A.3	Axle Load Equivalency Factors for Flexible Pavements, Triple Axles and Pt = 3.....	204
Tabel B.1	Axle Load Equivalency Factors for Rigid Pavements, Single Axles and Pt = 3.....	205
Tabel B.2	Axle Load Equivalency Factors for Rigid Pavements, Tandem Axles and Pt = 3.....	206
Tabel B.3	Axle Load Equivalency Factors for Rigid Pavements, Triple Axles and Pt = 3.....	207
Tabel E.1	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2019 <i>High Paved (good condition)</i>	208
Tabel E.2	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2020 <i>High Paved (good condition)</i>	222
Tabel E.3	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2021 <i>High Paved (good condition)</i>	224
Tabel E.4	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2022 <i>High Paved (good condition)</i>	226
Tabel E.5a	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2023 <i>High Paved (fair condition)</i> Perkerasan Lentur.....	228
Tabel E.5b	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2023 <i>High Paved (good condition)</i> Perkerasan Kaku	230
Tabel E.6	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2024 <i>High Paved (good condition)</i>	232

Tabel E.7	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2025 <i>High Paved (good condition)</i>	234
Tabel E.8	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2026 <i>High Paved (good condition)</i>	236
Tabel E.9	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2027 <i>High Paved (good condition)</i>	238
Tabel E.10a	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2028 <i>High Paved (fair condition)</i> Perkerasan Lentur.....	240
Tabel E.10b	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2028 <i>High Paved (good condition)</i> Perkerasan Kaku	242
Tabel E.11	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2029 <i>High Paved (good condition)</i>	244
Tabel E.12	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2030 <i>High Paved (good condition)</i>	246
Tabel E.13	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2031 <i>High Paved (good condition)</i>	248
Tabel E.14	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2032 <i>High Paved (good condition)</i>	250
Tabel E.15a	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2033 <i>High Paved (fair condition)</i> Perkerasan Lentur.....	252
Tabel E.15b	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2033 <i>High Paved (good condition)</i> Perkerasan Kaku	254
Tabel E.16	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2034 <i>High Paved (good condition)</i>	256
Tabel E.17	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2035 <i>High Paved (good condition)</i>	258
Tabel E.18	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2036 <i>High Paved (good condition)</i>	260
Tabel E.19	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2037 <i>High Paved (good condition)</i>	262
Tabel E.20a	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2038 <i>High Paved (fair condition)</i> Perkerasan Lentur.....	264
Tabel E.20b	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2038 <i>High Paved (good condition)</i> Perkerasan Kaku	266

Tabel E.21	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2039 <i>High Paved (good condition)</i>	268
Tabel E.22	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2040 <i>High Paved (good condition)</i>	270
Tabel E.23	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2041 <i>High Paved (good condition)</i>	272
Tabel E.24	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2042 <i>High Paved (good condition)</i>	274
Tabel E.25a	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2043 <i>High Paved (fair condition)</i> Perkerasan Lentur.....	276
Tabel E.25b	Perhitungan BOK Dasar Tahun 2043 <i>High Paved (good condition)</i> Perkerasan Kaku	278

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan infrastruktur di Indonesia tahun demi tahun terus mengalami peningkatan, khususnya pada infrastruktur jalan Tol. Hal ini disebabkan karena, pembangunan jalan Tol memegang peran penting sebagai salah satu dari generator pertumbuhan ekonomi, industri dan perdagangan suatu wilayah. Selain itu, pembangunan ini juga didorong dengan keinginan pemerintah dalam memperlancar sistem lalu-lintas dan mempermudah lalu-lintas perjalanan dari suatu wilayah menuju ke wilayah lain, serta juga untuk meningkatkan distribusi barang dan jasa guna menunjang terciptanya pemerataan hasil pembangunan dan keadilan di setiap wilayah.

Dalam upaya meningkatkan dan juga menyiasati kendala pertumbuhan ekonomi, maka dengan ini pemerintah melakukan perencanaan pembangunan jalan Tol Trans Jawa. Tol Trans Jawa ini akan menghubungkan kota-kota di Pulau Jawa yang nantinya juga menghubungkan dua kota besar yaitu Jakarta-Surabaya. Salah satu bagian dari proyek Tol Trans Jawa adalah Tol Semarang-Batang yang terbentang sepanjang 75 kilometer dan menghubungkan daerah dari Batang menuju Semarang, Jawa Tengah. Proyek jalan Tol yang dimulai pada Juni 2016 ini terbagi menjadi 5 seksi, dimana seksi I, awal proyek - Batang Timur (3,2 km), seksi II, Batang Timur - Weleri (36,35 km), seksi III, Weleri - Kendal (11,05 km), seksi IV, Kendal - Kaliwungu (13,5 km), seksi V, Kaliwungu - Krapyak (10,9 km).

Diketahui bahwa sebelum adanya pembangunan Tol Semarang-Batang ini, para pengguna jalan harus menempuh jarak kurang lebih 94,09 km dengan rute Semarang-Kendal-Batang melalui jalur Pantura. Tingginya volume lalu lintas dari Batang yang merupakan jalur ekonomi Pulau Jawa sebelah utara dari segi

sektor agroindustri, agrowisata dan agribisnis menuju ke kota Semarang yang merupakan Ibukota Jawa Tengah dan juga kota metropolitan kelima di Indonesia dimana perekonomiannya di dominasi oleh sektor industri dan perdagangan mempengaruhi kinerja jalur Pantura. Berdasarkan penuturan dari Humas Jasa Marga Cabang Tol Batang-Semarang yang dimuat pada harian Kompas, 26 Juni 2017, karena penggunaan jalur Pantura sebagai akses utama masyarakat saat ini dari Semarang menuju Batang , hal ini menyebabkan volume kendaraan di jalur itu sendiri telah melebihi kapasitas dimana kepadatan mencapai 250 kendaraan per 15 menit atau 1000 kendaraan dalam 1 jam. Akibat dari kapasitas yang berlebih dan juga jalur Pantura yang tidak memadai, hal itu menyebabkan jalur Pantura selalu mengalami kerusakan setiap tahunnya dan sudah tidak nyaman untuk dilewati oleh kendaraan.

Oleh karena beberapa faktor tersebut, agar mempermudah dan memperlancar mobilisasi masyarakat untuk menunjang upaya-upaya pemerintah dalam perihal pemerataan suatu daerah dalam berbagai bidang, menyebabkan perlunya perencanaan jalan alternative lain yaitu jalan Tol . Salah satu indikator dalam melakukan perencanaan jalan terutama untuk jalan Tol adalah kenyamanan khususnya pada sisi perencanaan perkerasan jalan. Apalagi apabila tol telah berfungsi, hal ini memungkinkan terjadinya perpindahan volume kendaraan dari Jalur Pantura ke Tol Semarang-Batang, yang apabila tidak disiasati dapat berdampak kedepan terhadap kinerja perkerasan jalan Tol Semarang-Batang itu sendiri. Perkerasan yang akan dilakukan perencanaan pada penulisan Tugas Akhir ini ada dua jenis yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*) dengan metode AASHTO. Pada perkerasan lentur akan dihitung ketebalan dari tiap lapisan perkerasan yaitu *surface*, *base* dan *subbase*. Sedangkan pada perkerasan kaku, dihitung ketebalan pelat beton yang akan direncanakan. Kemudian, pada perencanaan selanjutnya direncanakan perbaikan terhadap perkerasan lentur dengan lapis

tambah (*overlay*). Setelah diperoleh ketebalan tiap lapisan dari masing-masing jenis perkerasan dan juga ketebalan lapis tambah (*overlay*), maka dilakukan perhitungan terhadap biaya konstruksi, biaya pemeliharaan (rutin dan berkala), beserta biaya *user cost* setiap jenis perkerasan. Dari perhitungan biaya-biaya tersebut maka selanjutnya dilakukan analisis ekonomi untuk menentukan jenis perkerasan mana yang lebih ekonomis untuk perencanaan.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang mengenai pembangunan Tol Semarang- Batang diatas , terdapat beberapa permasalahan yang timbul antara lain :

1. Berapa tebal lapisan konstruksi perkerasan jalan dengan menggunakan perencanaan perkerasan lentur dan perkerasan kaku beserta penulangan perkerasan kaku ?
2. Berapa tebal lapisan *overlay* yang dibutuhkan untuk perbaikan jalan perkerasan lentur ?
3. Berapa total biaya konstruksi serta biaya pemeliharaan untuk perkerasan lentur dan perkerasan kaku ?
4. Dari setiap perencanaan perkerasan lentur dan perkerasan kaku tersebut, jenis struktur perkerasan apa yang lebih ekonomis ?

1.3 Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini secara rinci adalah :

1. Merencanakan tebal lapisan konstruksi perkerasan jalan dengan menggunakan perencanaan perkerasan lentur dan perkerasan kaku beserta penulangan perkerasan kaku.
2. Merencanakan tebal lapisan *overlay* yang dibutuhkan untuk perbaikan jalan perkerasan lentur.
3. Menghitung total biaya konstruksi serta biaya pemeliharaan untuk perkerasan lentur dan perkerasan kaku .
4. Menentukan jenis struktur perkerasan mana yang lebih ekonomis.

1.4 Batasan Masalah

Pada Tugas Akhir ini, adapun Batasan masalah yang akan dibahas adalah :

1. Perhitungan tebal perencanaan lapis perkerasan berada di seksi IV (Kendal-Kaliwungu, 13.5 km) ,menggunakan perkerasan lentur dan perkerasan kaku metode AASHTTO yang didasarkan oleh data lalu lintas harian .
2. Tidak dilakukan pengujian kuat lapis perkerasan.
3. Permasalahan Drainase dan alinement tidak dibahas dan diperhitungkan.
4. Menghitung biaya konstruksi dan biaya pemeliharaan bagi setiap perkerasan selama umur rencana 25 tahun.
5. Menganalisa tebal perkerasan yang lebih ekonomis dari setiap jenis perencanaan perkerasan.
6. Tidak membahas dari segi finansial.

1.5 Manfaat Penulisan

Adapun manfaat dari Tugas Akhir ini, penulis berharap agar perhitungan perencanaan konstruksi perkerasan jalan Tol Semarang-Batang pada seksi IV (Kendal-Kaliwungu, 13.5 km) ini, baik perkerasan lentur maupun perkerasan kaku serta analisa ekonomi dapat dilakukan dengan lebih baik sesuai acuan metode AASHTO dan bermanfaat untuk pihak yang bersangkutan dan juga pembaca dalam melakukan perencanaan perkerasan konstruksi.

1.6 Lokasi Studi

Dalam perencanaan perkerasan jalan Tol Semarang-Batang menggunakan perkerasan lentur dan perkerasan kaku metode AASHTO, lokasi yang dijadikan studi berada pada Tol Semarang-Batang seperti yang tertera pada peta lokasi dibawah:



Gambar 1.1 Rute Jalur Pantura Semarang-Batang

(Sumber : <http://bpjt.pu.go.id/gis/>, diakses 25 Januari 2018)



Gambar 1.2 Rute Tol Semarang-Batang

(Sumber : <http://bpjt.pu.go.id/gis/>, diakses 25 Januari 2018)



Gambar 1.3 Pembangunan Tol Semarang-Batang di Kecamatan Tulis

(Sumber : <http://jateng.tribunnews.com/>, diakses 25 Januari 2018)



Gambar 1.4 Pembangunan Tol Semarang-Batang di Ngaliyan, Semarang

(Sumber : <http://bpjt.pu.go.id/gis/>, diakses 25 Januari 2018)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tujuan utama pembuatan struktur jalan adalah untuk mengurangi tegangan atau tekanan akibat beban roda sehingga mencapai tingkat nilai yang dapat diterima oleh tanah yang menyokong struktur tersebut. Oleh karena itu, perencanaan terhadap pembuatan struktur jalan yaitu perkerasan jalan lentur maupun perkerasan jalan kaku perlu dilakukan dengan baik.

Desain perkerasan bertujuan untuk memilih kombinasi material dan tebal lapisan yang memenuhi syarat pelayanan dengan biaya termurah dan dalam jangka waktu panjang. Pada dasarnya, desain perkerasan meliputi kegiatan pengukuran kekuatan dan sifat penting lainnya dari lapisan permukaan perkerasan dan masing-masing lapisan dibawahnya dan menetapkan ketebalan permukaan perkerasan, lapisan pondasi dan pondasi bawah. Selain itu, beberapa variable seperti iklim dan kelembapan tanah mengharuskan perlakuan yang lebih konservatif dari biasanya (Oglesby dan Hicks, 1996).

Dilihat dari fungsinya, pemilihan lapisan perkerasan pada suatu konstruksi jalan raya antara lain sebagai lapisan aus atau lapisan pelindung, serta sebagai lapisan penahan beban roda dan juga penyebar tegangan. Kendaraan pada posisi diam di atas struktur yang diperkeras menimbulkan beban langsung (tegangan statis) pada perkerasan yang terkonsentrasi pada bidang kontak yang kecil antara roda dan perkerasan (Wignal dkk., 2000).

Oleh sebab itu, pemilihan bahan dalam perencanaan perkerasan baik itu lentur maupun kaku perlu dipertimbangkan kegunaannya, umur rencana serta tahap konstruksinya agar dicapai lapisan perkerasan yang memenuhi syarat dengan biaya termurah.

2.2 Karakteristik Jalan

Adapun karakteristik atau klasifikasi jalan berdasarkan peraturan yang ada, antara lain:

2.2.1 Klasifikasi Fungsi Jalan

Berdasarkan Peraturan Pedoman Bina Marga Nomor 038 Tahun 1997 mengenai Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota menyatakan bahwa klasifikasi jalan terdiri atas :

1. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan
 - a. Jalan Arteri: Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
 - b. Jalan Kolektor: Jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
 - c. Jalan Lokal: Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
 - d. Jalan Tol: Jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol.
2. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan
 - a. Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.
 - b. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan kasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri	I	>10`
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	8

(Sumber : *Bina Marga, 1997*)

3. Klasifikasi Menurut Medan Jalan
 - a. Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.
 - b. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan 9eometric dapat dilihat dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	<3
2	Perbukitan	B	3-25
3	Pegunungan	G	>25

(Sumber : *Bina Marga, 1997*)

- c. Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.
4. Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan
 - a. Jalan Nasional
 - Jalan yang mempunyai nilai strategin terhadap kepentingan nasional.
 - Jalan umum yang pembinaannya oleh Menteri.

- Jalan arteri primer.
 - Jalan kolektor primer menghubungkan antar ibukota propinsi.
- b. Jalan Provinsi
- Jalan umum yang pembinaannya dilakukan oleh Pemerintah Daerah.
 - Jalan kolektor primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan Ibukota Kabupaten.
 - Jalan kolektor primer.
 - Jalan yang mempunyai sifat strategis terhadap kepentingan provinsi.
- c. Jalan Kabupaten
- Jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan provinsi.
 - Jalan lokal primer.
 - Jalan sekunder lain selain jalan nasional dan provinsi.
- d. Jalan Kotamadya
- Jaringan jalan sekunder di dalam kotamadya.
- e. Jalan Desa
- Jaringan jalan sekunder di dalam desa.
- f. Jalan Khusus
- Jalan yang pembinaannya tidak dilakukan oleh Menteri maupun Pemerintah Daerah, tetapi dapat oleh instansi, badan hokum, atau perorangan yang bersangkutan.

2.2.2 Tipe Jalan

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997, jalan dibagi menjadi 4 tipe berdasarkan jumlah lajur dan arahnya antara lain:

- a. Jalan dua lajur dua arah tak terbagi (2/2 UD)
- b. Jalan empat lajur dua arah tak terbagi (4/2 UD)
- c. Jalan empat lajur dua arah terbagi (4/2 D)
- d. Jalan enam lajur dua arah terbagi (6/2 D)

2.3 Parameter Desain

Pada perencanaan perkerasan, terdapat beberapa parameter desain yang harus diketahui, antara lain :

2.3.1 Lajur Rencana

Berdasarkan Pedoman Department Pekerjaan Umum mengenai Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen tahun 1987 menyatakan bahwa jalur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya dimana menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalur ditentukan dari lebar perkerasan menurut Tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3 Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (n)	Kendaraan Niaga	
		1 Arah	2 Arah
$L < 5.50$ m	1 jalur	1	1
$5.50 \text{ m} \leq L < 8.25$	2 jalur	0.7	0.500
$8.25 \text{ m} \leq L < 11.25$	3 jalur	0.5	0.475
$11.25 \text{ m} \leq L < 15.00$	4 jalur		0.450
$15.00 \text{ m} \leq L < 18.75$	5 jalur		0.425
$18.75 \text{ m} \leq L < 22.00$	6 jalur		0.400

(Sumber : *Departemen Pekerjaan Umum, 1997*)

2.3.2 Faktor Lalu Lintas

Dalam perencanaan, besar dari beban yang diterima oleh lapisan perkerasan diperoleh dari berat kendaraan yang lewat, konfigurasi sumbu, bidang kontak antar roda beserta kecepatan kendaraan yang lewat pada jalan tersebut. Untuk berat kendaraan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti fungsi jalan, keadaan medan, aktivitas ekonomi dan perkembangan daerah.

Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut :

- a. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT).
- b. Sumbu tunggal roda ganda (STRG).
- c. Sumbu tandem roda ganda (STdRG).
- d. Sumbu tridem roda ganda (STrRG).

Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2005 mengenai Jalan Tol disebutkan bahwa jalan tol di desain untuk mampu menahan muatan sumbu terberat paling rendah 8 ton.

2.3.3 Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas diperoleh dari pos-pos rutin yang ada disekitar lokasi, jika tidak ada dapat dilakukan perhitungan volume lalu lintas manual ditempat-tempat yang dianggap perlu. Perhitungan dapat dilakukan 3 x 24 jam atau 3 x 16 jam terus menerus dengan memperhatikan faktor har, bulan, musim dimana perhitungan dilakukan sehingga diperoleh data lalu lintas harian rata-rata (LHRT) (Sukirman, 1999).

2.3.4 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Penggunaan kendaraan dari tahun ke tahun akan mengalami peningkatan, hal ini menyebabkan akan terjadinya pertumbuhan lalu lintas yang dapat disebabkan beberapa faktor seperti perkembangan daerah, kesejahteraan penduduk, kemampuan membeli kendaraan dan faktor lainnya. Pertumbuhan lalu lintas dapat dinyatakan dalam persen/tahun dimana faktor ini bisa didapat dari melakukan survei lokasi di titik-titik yang telah ditentukan.

Faktor pertumbuhan dapat ditentukan berdasarkan rumusan sebagai berikut :

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

dimana ;

R = Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

i = Laju pertumbuhan lalu lintas pertahun dalam %

UR = Umur Rencana

Faktor pertumbuhan lalu-lintas (R) juga dapat dilihat berdasarkan Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Faktor Pertumbuhan Lalu-Lintas (R)

UR	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 : Suryaman., 2016)

2.3.5 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ialah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu-lintas kendaraan sampai diperlukan suatu perbaikan yang bersifat *structural* (sampai diperlukan *overlay* lapisan perkerasan). Umur rencana untuk perkerasan lentur baru biasanya diambil 20 tahun dan untuk peningkatan jalan 10 tahun. Umur rencana yang lebih besar dari 20 tahun tidak lagi ekonomis karena perkembangan lalu lintas yang besar dan sukar mendapatkan ketelitian yang memadai (tambahan tebal lapisan perkerasan menyebabkan biaya awal yang cukup tinggi) (Sukirman, 1999).

2.3.6 Sifat Tanah Dasar

Struktur perkerasan di desain untuk dapat menahan dan menyalurkan beban roda kendaraan sedemikian rupa sehingga tegangan yang disalurkan pada lapisan-lapisan perkerasan dan tanah dasar yang ada dibawahnya masih mampu dipikul oleh masing-masing lapisan tersebut sesuai dengan kapasitasnya. Untuk kondisi desain tertentu, makin tinggi stabilitas tanah dasar akan makin tipis struktur perkerasan yang diperlukan. Stabilitas Tanah dasar diperoleh dari berbagai percobaan, seperti misalnya pengujian CBR (*California Bearing Ratio*), DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*), k (Modulus reaksi tanah dasar).

2.3.7 Kondisi Lingkungan

Kondisi lingkungan dimana lokasi jalan tersebut berada mempengaruhi lapisan perkerasan jalan dan tanah dasar antara lain :

- a. Berpengaruh terhadap sifat teknis konstruksi perkerasan dan sifat komponen material lapisan perkerasan.
- b. Pelapukan bahan material.
- c. Mempengaruhi penurunan tingkat kenyamanan dari perkerasan jalan.

Faktor utama yang mempengaruhi konstruksi perkerasan jalan ialah air yang berasal dari hujan dan pengaruh perubahan temperature akibat cuaca (Sukirman, 1999).

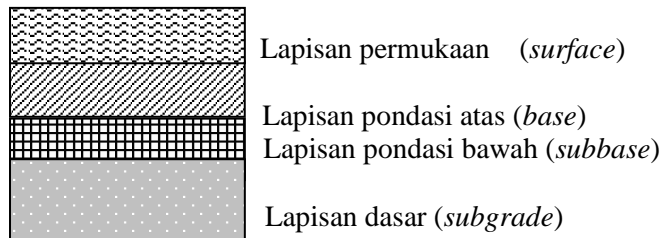
2.4 Perkerasan Lentur

Pada umumnya perkerasan lentur baik digunakan untuk jalan yang melayani beban lalu lintas ringan sampai sedang, seperti jalan perkotaan, jalan dengan sistem utilitas terletak dibawah perkerasan jalan, perkerasan bahu jalan atau perkerasan dengan konstruksi bertahap. Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) ialah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan di bawahnya

2.4.1 Komponen Struktur Perkerasan Lentur

Adapun komponen-komponen struktur dari perkerasan lentur antara lain:

- Lapisan permukaan (*surface course*)
- Lapisan pondasi atas (*base course*)
- Lapisan pondasi bawah (*sub base course*)
- Lapisan tanah dasar (*subgrade*)



Gambar 2.1 Komponen Struktur Pekarasan Lentur

(Sumber : Sukirman, 1999)

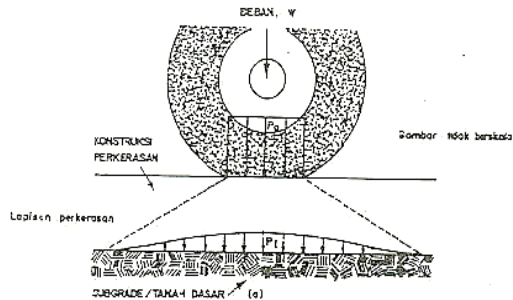
a. *Subgrade* (Lapisan Pondasi Tanah Dasar)

Subgrade berfungsi sebagai pondasi struktur perkerasan. Lapisan tanah dasar juga dapat terdiri dari lapisan bahan yang dipilih, dipadatkan dengan baik sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Mungkin perlu untuk merawat material tanah dasar untuk mencapai sifat kekuatan tertentu yang diperlukan untuk jenis perkerasan yang sedang dibangun. Tanah dasar berfungsi sebagai penyebaran beban, drainase bawah permukaan tanah dan permukaan jalan selama konstruksi.

b. *Subbase Course* (Lapisan pondasi bawah)

Subbase terletak tepat diatas tanah dasar, dimana komponen *subbase* terdiri dari material dengan kualitas unggul umumnya digunakan untuk konstruksi tanah dasar. Adapun fungsi dari *subbase* adalah sebagai bagian dari konstruksi perkerasan yang mendukung dan menyebarkan beban lalu

lintas, mencegah tanah dasar masuk ke dalam pondasi dan sebagai lapis pertama supaya pekerjaan perkerasan berjalan lancar.



Gambar 2.2 Penyebaran Beban Roda Pada Lapisan Perkerasan
(Sumber : Sukirman, 1999)

Keterangan : Pada Gambar 2.2 terlihat bahwa beban kendaraan dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui bidang kontak roda berupa beban terbagi rata P_0 . Beban tersebut diterima oleh lapisan permukaan dan disebarkan ke tanah dasar menjadi P_1 yang lebih kecil dari daya dukung tanah dasar.

c. *Base Course* (Lapisan pondasi atas)

Base terletak tepat diatas *subbase*, dan tepat diletakkan di atas *subgrade* apabila *subbase* dirasa tidak perlu digunakan. *Base* biasanya terdiri dari material granular seperti batu hancur, kerikil dan pasir. Spesifikasi untuk material *base* mencakup persyaratan yang lebih ketat terutama berkenaan dengan plastisitas, gradasi dan kekuatannya. Fungsi dari lapisan ini antara lain sebagai lapisan perkerasan yang menahan beban lalu lintas dan sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.

d. *Surface* (Lapisan Permukaan)

Surface adalah jalan atas dari perkerasan jalan dan dibangun dengan segera diatas *base*. *Surface* biasanya terdiri dari campuran agregat mineral dan bahan aspal. Lapisan ini

harus mampu menahan tekanan langsung yang diakibatkan oleh beban lalu lintas yang tinggi, menahan kekuatan abrasif beban lalu lintas, memberikan ketahanan selip permukaan antara roda dan permukaan jalan, dan mencegah masuknya air permukaan akibat hujan kedalam lapisan dibawahnya. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas.

2.4.2 Material Perkerasan Lentur

Adapun material yang digunakan dalam perkerasan lentur, antara lain :

a. Aspal

Aspal adalah jenis mineral yang banyak digunakan untuk konstruksi jalan, khusus perkerasan lentur. Biasanya aspal bersifat lengket, bersifat viscoelastis pada suhu kamar, dan berwarna coklat gelap sampai hitam. Aspal adalah material memiliki sifat kedap air, merekatkan, dan mengisi rongga. Berdasarkan cara memperolehnya aspal dibagi atas aspal alam dan aspal buatan atau aspal minyak. Adapun aspal yang biasa digunakan dalam konstruksi perkerasan yaitu Lapis Aspal Beton (LASTON) merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler* dan aspal keras, yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

b. Agregat

Kadar agregat dalam campuran bahan perkerasan konstruksi jalan pada umumnya berkisar antara 90-95% dari berat total, atau berkisar antara 75-95% dari volume total (Sulaksono, 2001). Agregat merupakan bahan utama yang turut menahan beban yang diterima oleh bagian perkerasan jalan, begitu pula dalam pelaksanaan perkerasan, dimana digunakan bahan pengikat pengikat aspal, sangat dipengaruhi

oleh mutu agregat. Adapun diantara lain yaitu pasir, kerikil, agregat pecah, terak dapur tinggi, abu agregat.

c. Tanah Dasar

Guna mempermudah sifat-sifat tanah dasar yang dipergunakan sebagai bahan tanah dasar jalan, tanah dikelompokkan berdasarkan sifat plastisitas dan ukuran butriannya. Sistem klasifikasi tanah yang umumnya digunakan dalam Teknik jalan raya adalah sistem AASHTO.

Tabel 2.5 Klasifikasi Tanah Metode AASHTO

Pernhatikan bahwa A-8, gambut dan rawang ditentukan dengan klasifikasi visual dan tidak diperlihatkan dalam tabel.

Klasifikasi umum	Bahan-bahan (35% atau kurang melalui No. 200)						Bahan-bahan lanau-lempong (Lebih dari 35% melalui No. 200)				
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7	
Klasifikasi kelompok	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7			A-7-5; A-7-8;	
Analisis saringan; Persen melalui: No. 10 No. 40 No. 200	50 maks. 30 maks. 15 maks.	50 maks. 25 maks.	51 maks. 10 maks.	35 maks.	35 maks.	35 maks.	35 maks.	36 min.	36 min.	36 min.	
Karakteristik fraksi melalui No. 40 Batas cair; Indeks plastisitas	6 maks.		N.P.	40 maks. 10 maks.	41 min. 10 maks.	40 maks. 11 min.	41 maks. 10 maks.	40 maks. 10 maks.	41 min. 10 maks.	40 maks. 10 min.	41 maks. 11 min.
Indeks kelompok	0		0	0			4 maks.	8 maks.	12 maks.	16 maks.	20 maks.
Jenis-jenis bahan pendukung utama	Fragmen batuan, kerikil, dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir berlanau atau berlempong				Tanah berlanau		Tanah berlempong	
Tingkatan umum sebagian tanah dasar	Sangat baik baik sampai baik						sedang sampai buruk				

Untuk : A-7-5 : PI LL - 30 NP = Non plastis
Untuk : A-7-6 : PI LL - 30

(Sumber : Sukirman, 1999)

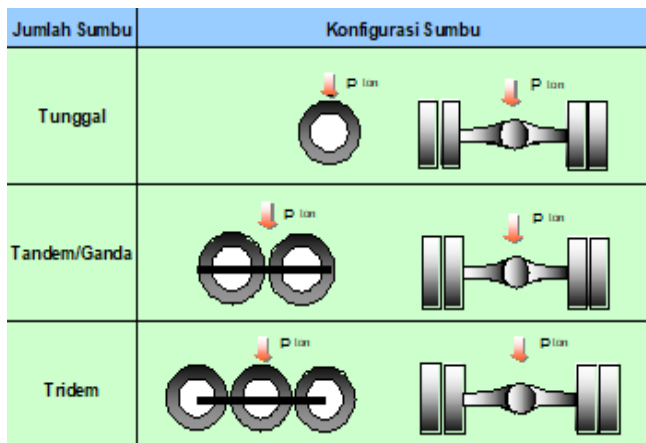
2.4.3 Perhitungan Perencanaan Lapisan Perkerasan Lentur

Pada perencanaan perkerasan lentur, digunakan metode AASHTO 1993 (*American Association of State Highway and Transportation Official*). Metode AASHTO 1993 *road test* adalah

salah satu metode perubahan terhadap metode AASHTO 1986 dimana metode ini menggunakan grafik-grafik atau metode empiris berdasarkan analisa lalu-lintas selama umur rencana. Adapun tata-cara perhitungan perkerasan lentur menggunakan metode AASHTO antara lain :

2.4.3.1 Perhitungan Persentase Sumbu Kendaraan untuk Perkerasan Lentur

Dalam perencanaan perkerasan lentur, untuk menghitung persentase sumbu kendaraan untuk masing-masing sumbu as, maka ditentukan terlebih dahulu tipe dari masing-masing sumbu yaitu tipe *single axles*, *tandem axles* dan *triple axles*, seperti yang terlihat pada Gambar 2.3.



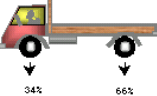

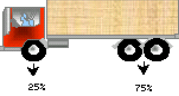
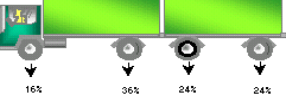




Gambar 2.3 Jenis Tipe Sumbu Gandar Kendaraan

(Sumber :Sukirman, 1999)

Setelah ditentukan masing-masing tipe sumbu kendaraan tersebut, maka dilanjutkan dengan menentukan persentase masing-masing sumbu as kendaraan berdasarkan peraturan Bina Marga tahun 1983 seperti yang terlihat pada Tabel 2.6.

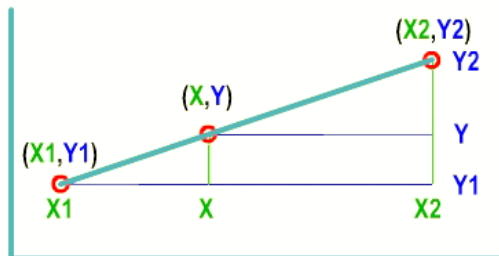
Tabel 2.6 Persentase Sumbu Kendaraan

Konfigurasi Sumbu dan Type	Berat Kosong (Ton)	Berat Muatan Maksimum (Ton)	Berat Total Maksimum (Ton)	UE 18 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL MAKSIMUM	
1.1 MP	1.5	0.5	2	0.0001	0.0004	
1.2 BUS	3	6	9	0.0037	0.3006	
1.2L Truck	2.3	6	8.3	0.0013	0.2174	
1.2H Truck	4.2	14	18.2	0.0143	5.0264	
1.22 Truck	5	20	25	0.0044	2.7416	
1.2+2.2 Trailer	6.4	25	31.4	0.0085	4.9283	
1.2-2 Trailer	6.2	20	26.2	0.0192	6.1179	
1.2-22 Trailer	10	32	42	0.0327	10.183	

(Sumber : Bina Marga, 1983)

2.4.3.2 Perhitungan *Axle Load Equivalency Factors* dan ESAL Sumbu Kendaraan Perkerasan Lentur

Pada perkerasan lentur, perhitungan nilai *Axle Load Equivalency Factors* didasarkan pada AASHTO 1993, dimana pada perhitungan ini parameter yang dibutuhkan antara lain nilai SN yang direncanakan dan juga IPT (Indeks Permukaan Akhir). Untuk penentuannya, digunakan tabel perhitungan yang telah AASHTO 1993 berikan seperti yang terlampir pada Lampiran A1 s.d A3 untuk perkerasan lentur. Perhitungan dilakukan dengan cara menentukan beban masing-masing sumbu dari kendaraan (roda depan, roda tengah dan roda belakang) yang lalu dari beban-beban tersebut dilihat nilai faktor beban sumbunya pada Lampiran A1 s.d A3, untuk memperoleh beban yang tidak sesuai pada tabel tersebut, dapat dilakukan interpolasi dengan cara linier. Adapun metode interpolasi linier tersebut antara lain :



Gambar 2.4 Model Interpolasi Linier

Rumus interpolasi linier :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1 \dots \dots \dots \text{Pers. 2.2}$$

dimana:

x = nilai *Axle Load* (kips) yang diperoleh

x_1 = nilai *Axle Load* (kips) bawah

x_2 = nilai *Axle Load* (kips) atas

y = nilai *Axle Load Factors* (kips) yang akan dicari

y_1 = nilai *Axle Load Factors* (kips) bawah

y_2 = nilai *Axle Load Factors* (kips) atas

Dengan sumbu tunggal mempunyai berat 2 sampai 40 kips dan sumbu ganda mempunyai 10 sampai 48 kips maka harus diekivalenkan dengan sumbu beban standar sumbu tunggal yaitu 18 kips. Faktor ekivalen untuk struktur number dari 1 sampai 6 serta $I_{Pt} = 2-3$ dapat dilihat pada Lampiran.

Dari faktor ESAL yang telah diperoleh, kemudian dijumlah sehingga diperoleh nilai faktor ESAL total dari setiap kendaraan :

Total EALF = EALF depan + EALF belakang.....Pers. 2.3

W_{18} ESAL adalah jumlah kendaran yang lewat pada jalan tersebut selama masa pelayanan (umur rencana).

Rumus :

W_{18} ESAL/tahun = $EALF \times 365 \times LHR \times N$Pers. 2.4

dimana :

AE 18 KSAL = Lintas Ekivalen Selama Umur Rencana

365 = Jumlah hari dalam setahun

LEP = Lintas Ekivalen Awal Umur Rencana untuk setiap kendaraan kecuali kendaraan ringan

$N (=R)$ = Faktor Umur Rencana yang disesuaikan dengan perkembangan lalu lintas

$W_{t18} = D_D \cdot D_L \cdot W_{18}$Pers. 2.5

$W_{t18} = W_{18} \cdot R$Pers. 2.6

dimana :

W_{18} = Kumulatif 18 Kips ESAL

- D_D = Faktor Distribusi Arah
 D_L = Faktor Distribusi Lajur
 W_{18} = Lintas Ekuivalen 18 Kips ESAL
 R = Pertumbuhan Lalu Lintas
 W_{t18} = Kumulatif pengulangan 18 Kips ESAL

2.4.3.3 Menentukan Indeks Permukaan Perkerasan Lentur

Indeks permukaan terdiri dari indeks permukaan awal (IPo) dan indeks permukaan akhir (IPt). Indeks permukaan awal Adalah nilai kerataan / kehalusan serta kekokohan permukaan jalan pada awal usia rencana. Nilai IPo dinyatakan pada AASHTO 1993 bahwa pemilihan Po melalui beberapa pertimbangan dan AASHTO telah memberikan untuk perkerasan lentur $P_o = 4.2$. Sedangkan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, ditentukan berdasarkan pertimbangan pada indeks terendah yang akan ditoleransi pengguna jalan sebelum rehabilitasi Nilai Pt = 2.5 atau lebih tinggi disarankan untuk desain jalan utama dan Pt = 2.0 untuk jalan raya dengan volume lalu lintas yang lebih rendah.

Tabel 2.7 Indeks Permukaan Pada Akhir Usia Rencana (IPt)

<i>Percent of people stating unacceptable</i>	Pt
<i>12</i>	3.0
<i>55</i>	2.5
<i>85</i>	2.0

(Sumber : AASHTO, 1993)

2.4.3.4 Menentukan Faktor Distribusi Arah (D_D) dan Distribusi Lajur (D_L) Perkerasan Lentur

Faktor distribusi arah digunakan untuk menunjukan distribusi kendaraan ke masing-masing arah. Jika data lalu lintas yang digunakan adalah data untuk satu arah, maka $D_D=1$. Jika data lalu lintas yang digunakan adalah data untuk dua arah

$D_D=0,3 - 07$. Untuk perencanaan umumnya diambil $D_D= 0,5$ kecuali pada kasus khusus dimana kendaraan berat cenderung menuju satu arah tertentu atau pada kasus dimana diperoleh data volume lalu lintas untuk masing-masing arah. Sedangkan, D_L digunakan untuk menunjukkan distribusi dari tiap kendaraan ke lajur rencana. Adapun untuk nilai DL dapat dilihat pada Tabel 2.8 dengan mengetahui terlebih dahulu jumlah lajur per-arah.

Tabel 2.8 Faktor Distribusi Lajur (D_L)

Jumlah lajur per arah	Persen sumbu standar dalam lajur rencana
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 – 75

(Sumber : AASHTO, 1993)

2.4.3.5 Menentukan Nilai Faktor Keandalan / Keyakinan (*Reliability*) Perkerasan Lentur

Faktor keandalan (R) desain struktur perkerasan digunakan untuk memperhitungkan variasi yang mungkin terjadi pada data beban lalu lintas (nilai N) dan data kondisi perkerasan (nilai PSI). Variasi data tersebut dianggap mengikuti distribusi normal, sehingga faktor keandalan desain kemudian hanya ditentukan oleh deviasi standar nilai S_o akibat kesalahan perkiraan lalu lintas dan kinerja dan nilai deviasi standar normal (Z_R) untuk nilai *reliability* tertentu.

Secara garis besar pengaplikasian konsep *reliability* adalah sebagai berikut :

1. Menentukan klasifikasi ruas jalan rencana.
2. Menentukan tingkat *reliability*.
3. Memilih standar deviasi (S_o). Berdasarkan percobaan AASHTO ditentukan nilai 0,35 untuk *Flexible Pavement*.

Tabel 2.9 Nilai Reabilitas

Klasifikasi Jalan	Reability , 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)

Tabel 2.10 Nilai Realibility Z_R dan F_R

Reabilitas, R, %	<i>Standard Normal Deviat</i>	F_R untuk S_0 = 0,4	F_R untuk S_0 = 0,45	F_R untuk S_0 = 0,5
	(Z_R)			
50	0,000	1,00	1,00	1,00
60	-0,253	1,26	1,30	1,34
70	-0,524	1,62	1,72	1,83
75	-0,674	1,86	2,01	2,17
80	-0,841	2,17	2,39	2,63
85	-1,037	2,60	2,93	3,30
90	-1,282	3,26	3,77	4,38
91	-1,340	3,44	4,01	4,68
92	-1,405	3,65	4,29	5,04
93	-1,476	3,89	4,62	5,47
94	-1,555	4,19	5,01	5,99
95	-1,645	4,55	5,50	6,65
96	-1,751	5,02	6,14	7,51
97	-1,881	5,65	7,02	8,72
98	-2,054	6,63	8,40	10,64
99	-2,327	8,53	11,15	14,57
99,9	-3,090	17,22	24,58	35,08
99,99	-3,750	31,62	48,70	74,99

(Sumber : AASHTO, 1993)

2.4.3.6 Menentukan Modulus (M_R) Tanah Dasar Perkerasan Lentur

M_R digunakan sebagai pengganti nilai CBR untuk menyatakan karakteristik tanah dasar, lapisan pondasi bawah, dan lapisan pondasi (khususnya untuk M_R tidak besar dari 300 MPa). Perhitungan Modulus Resilien tergantung kepada jenisnya. Untuk pengukuran elastisitas tanah dasar dinyatakan dengan Modulus Resilien (M_R) yang dapat diperoleh dari korelasi dengan nilai CBR dengan persamaan berikut ini:

$$M_R = 1500 \times \text{CBR (Psi)} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.7}$$

2.4.3.7 Menentukan Kualitas Drainase (m) Perkerasan Lentur

Selain terhadap daya dukung tanah dasar dan penurunan nilai PSI seperti yang telah diuraikan, pengaruh air khususnya terhadap lapisan agregat (yaitu : lapisan pondasi dan lapisan pondasi bawah) mulai diperhitungkan pada metode AASHTO 1993 melalui konstanta, m_i . Berbagai jenis kerusakan struktur perkerasan yang dapat terjadi akibat pengaruh air yang terperangkap dalam lapisan agregat antara lain adalah:

- a. Penurunan kekuatan lapisan agregat
- b. Penurunan kekuatan tanah dasar
- c. Pemompaan material halus keluar dari lapisan agregat yang dapat menurunkan daya dukung dan kemudian dapat berlanjut dengan terjadinya retak dan lubang.

Tabel 2.11 Definisi Kualitas Drainase

Kualitas Drainase	Pergerakan Air
Baik Sekali	2 Jam
Baik	1 Hari
Sedang	1 Minggu
Kurang Baik	1 Bulan
Tidak Baik	Air tidak mengalir

(Sumber : AASHTO, 1993)

Kualitas drainase pada perkerasan lentur diperhitungkan dalam perencanaan dengan menggunakan koefisien kekuatan relatif yang dimodifikasi. Pada Tabel 2.12, memberikan nilai m_i untuk berbagai kualitas drainase dan lama struktur perkerasan dalam kondisi jenuh.

Tabel 2.12 Rekomendasi Nilai m_1 untuk *Flexible Pavement*

Kualitas Drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	$\leq 1\%$	1- 5 %	5 – 25 %	$\geq 25\%$
Baik Sekali	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Baik	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Sedang	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Kurang Baik	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Tidak Baik	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

(Sumber : AASHTO, 1993)

Nilai $m = 1.00$ ditetapkan untuk kondisi drainase pada jalan uji AASHTO yang dianggap memiliki kualitas drainase sedang (perlu waktu seminggu untuk mengalirkan air) dengan lama waktu lapisan agregat mendekati jenuh dalam setahun sekitar 5% (Kosasih, 2000).

2.4.3.8 Menentukan Koefisien Permukaan (a) Perkerasan Lentur

Material untuk lapisan perkerasan mempunyai kekuatan yang berbeda sesuai dengan fungsi dari masing-masing lapisan. Karena pada lingkungan yang bermacam-macam lalu lintas dan pelaksanaan konstruksi, disarankan didalam perencanaan menggunakan koefisien lapisan berdasarkan percobaan sendiri.

Tabel 2.13 Koefisien Lapisan Perkerasan

Material	Koefisien Lapisan Perkerasan (a)
Surface Course Asphalt concrete	0,44
Base Course Crushed Stone Stabilized Base Material	0,14 0,30 – 0,40
Sub Base Course Crushed Stone	0,11

(Sumber : AASHTO, 1993)

2.4.3.9 Perencanaan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur

Pada perkerasan lentur, untuk menentukan tebal masing-masing lapisan dengan menggunakan metode AASHTO 1993, dirumuskan :

Perkerasan Lentur Metode AASHTO 1993 :

$$\log W_{18} = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \left[\frac{1094}{(SN+1)^{5.19}} \right]} + 2.32 \log_{10} M_r - 8.07 \dots \dots \dots \text{Pers. 2.8}$$

$$\Delta PSI = IP_o - IP_t$$

dimana :

W18 = Lintas ekivalen selama umur rencana (18 Kips ESAL)

SN = Structure Number/ Indeks tebal perkerasan (ITP)

ΔPSI = Present Serviceability Indeks/ Nilai Indeks Permukaan

Zr = Standar Normal Deviasi

So = Standar Deviasi Keseluruhan

Mr = Resilient Modulus (psi)

IPo = Indeks permukaan pada awal umur rencana

IPt = Indeks permukaan pada akhir umur rencana

Setelah dilakukan perhitungan untuk nilai SN yang di asumsikan dengan cara coba-coba hingga diperoleh nilai Log W₁₈

ESAL/tahun sama dengan $\text{Log } W_{18}$ perhitungan perencanaan tebal perkerasan lentur dengan parameter-parameter yang telah ditentukan. Setelah diperoleh nilai SN yang sesuai, dilanjutkan dengan menentukan tebal lapis perkerasan dengan menggunakan nilai SN (*Structural Number*). SN Merupakan harga yang berhubungan dengan penentuan tebal perkerasan, yang besarnya tergantung kepada analisa lalu – lintas yang diekivalenkan terhadap beban gandar tunggal 18 kips dan kondisi jalan.

Hubungan ini dinyatakan dalam rumus :

$$SN = a_1.D_1 + a_2.D_2.m_2 + a_3.D_3.m_3 \dots \dots \dots \text{Pers. 2.9}$$

dimana :

$a_1.a_2.a_3$ = merupakan koefisien kekuatan relative bahan untuk masing–masing lapisan.

$D_1.D_2.D_3$ = merupakan tebal untuk masing-masing lapisan.

$m_2.m_3$ = koefisien Drainase masing-masing lapisan

Tebal lapisan perkerasan yang diperoleh dari persamaan bertingkat tersebut biasanya dibulatkan ke atas sebagai bilangan bulat. Khusus untuk lapisan perkerasan dengan bahan pengikat, seperti : aspal, semen atau kapur, tebal lapisan perkerasan dapat dibulatkan ke atas dengan kelipatan $\frac{1}{2}$ cm.

$$D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1} \dots \dots \dots \text{Pers. 2.10}$$

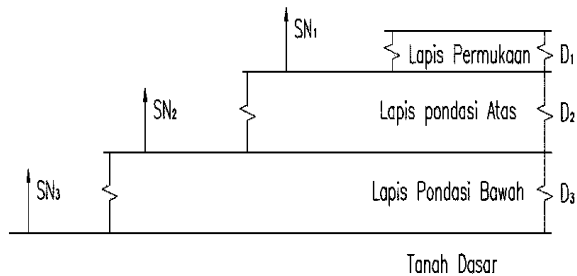
$$SN_1^* = a_1 . D_1^* \geq SN_1 \dots \dots \dots \text{Pers. 2.10a}$$

$$D_2^* \geq \frac{SN_2 - SN_1}{a_2.m_2} \dots \dots \dots \text{Pers. 2.10b}$$

$$SN_2^* = a_2 . m_2 D_2^* \dots \dots \dots \text{Pers. 2.10c}$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2 \dots \dots \dots \text{Pers.2.10d}$$

$$D_3^* \geq \frac{SN_3 - SN_1 + SN_2}{a_3.m_3} \dots \dots \dots \text{Pers. 2.10e}$$



Gambar 2.5 Ilustrasi Penentuan Tebal Minimum Setiap Lapisan Perkerasan

2.4.3.10 Koreksi Tebal Minimum Tiap Lapisan Perkerasan Lentur

Tebal minimum setiap lapis perkerasan ditentukan berdasarkan mutu daya dukung lapis dibawahnya yang diperoleh dari nilai SN menurut persamaan bertingkat berikut.

Tebal minimum lapis permukaan dari beton aspal dan lapis pondasi batu pecah dapat juga ditentukan dengan Tabel 2.14.

Tabel 2.14 Tebal Lapisan Minimum Permukaan dan Lapisan Pondasi

ESAL	Tebal minimum lapisan			
	Beton Aspal		Pondasi Batu Pecah	
	inci	cm	inci	cm
< 50.000	1	2,54	4	10,16
50.001 – 150.000	2	5,08	4	10,16
150.001 – 500.000	2,5	6,35	4	10,16
500.001 – 2.000.000	3	7,62	6	15,24
2.000.001 – 7.000.000	3,5	8,89	6	15,24
> 7.000.000	4	10,16	6	15,24

(Sumber : Washington State Department of Transportation (WSDOT), 2005)

Sedangkan untuk tebal minimum masing-masing tipe lapis perkerasan yang digunakan apabila direncanakan menggunakan AC-WC, AC-BC, AC-Base dan lain lain, maka tebal minimum yang ditentukan antara lain :

Tabel 2.15 Tebal Lapisan yang Diijinkan

B a h a n	Tebal Yang Diperlukan (mm)	Diijinkan penghamparan dalam beberapa lapis
HRS WC	Min. 30	tidak
HRS Base	Min. 35	ya
AC WC	Min. 40	tidak
AC BC	60 -80	ya
AC - Base	75 – 120	ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 40 (gradasi ukuran maks. 40 mm)	150 -200	ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 30 (gradasi dng ukuran maks 30 mm) (disarankan)	120 - 150	ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 25 (gradasi dng ukuran maks 25 mm) (disarankan)	100 - 125	ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas B (gradasi dng ukuran maks 50 mm)	200	ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas B (gradasi dng ukuran maks 40 mm) (disarankan)	150 – 200	ya

Tabel 2.15 Tebal Lapisan yang Diijinkan.....(Lanjutan)

CTB (gradasi dng ukuran maks30 mm) atau LMC	150 – 200	tidak
Stabilisasi tanah atau kerikil alam	150 – 200	tidak
Kerikil alam	100 – 200	ya

(Sumber : *Departemen Pekerjaan Umum ,2013*)

2.5 Perkerasan Kaku

Jenis perkerasan kaku adalah perkerasan dengan struktur yang terbuat dari pelat beton. Struktur ini dapat dibangun menerus atau tidak menerus dengan atau tanpa tulangan Lapisan beton memiliki kekakuan sangat tinggi dimana mampu menyebarkan beban pada bidang luas sehingga dihasilkan tegangan yang sangat rendah pada lapisan dibawahnya.

Berdasarkan penggunaan bahan, maka perkerasan kaku dapat dibagi atas :

- a. Perkerasan kaku dengan lapisan beton sebagai lapisan aus, yang terdiri atas lapisan beton bersambung tanpa tulangan, lapisan beton bersambung dengan tulangan, lapisan beton menerus dengan tulangan, dan lapisan beton pra tekan.
- b. Perkerasan komposit, yaitu perkerasan kaku dengan lapisan beton sebagai lapis pondasi dan campuran aspal-agregat sebagai lapis permukaan. Biasanya campuran aspal-agregat ini berfungsi sebagai lapis aus atau *levelling* serta tidak dirancang memiliki nilai *structural*.

2.5.1 Komponen Struktur Perkerasan Kaku

Adapun komponen-komponen struktur dari perkerasan kaku adalah:

a. Tanah Dasar

Sifat, daya dukung, dan keseragaman tanah dasar mempengaruhi keawetan dan kekuatan pelat beton. Daya dukung tanah dalam perkerasan kaku dinyatakan dalam Modulus Reaksi Tanah (k).

b. Lapis Pondasi Bawah

Lapisan ini berfungsi sebagai pengendali kembang susut tanah dasar, mencecah intrusi dan pemompaan pada sambungan, retakan dan tepi plat, memberi dukungan yang mantap dan seragam pada pelat, serta sebagai perkerasan jalan selama masa konstruksi. Tebal minimum lapis pondasi bawah adalah 10 cm sangat disarankan dibangun pada bagian jalan.

c. Lapisan Beton

Karena keruntuhan perkerasan akibat repetisi beban, maka parameter kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik uji lentur (flexural, strength) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3-5 Mpa ($30-50 \text{ kg/cm}^2$).

2.5.2 Material Perkerasan Kaku

Dalam perkerasan kaku, beberapa material yang biasa digunakan dalam perencanaan perkerasan yaitu :

1. Semen Portland

Semen Portland mempunyai banyak jenis, yaitu *Portland Composite Cement (PCC)*, *PPC (Portland Pozzolan Cement)*, dan *OPC (Ordinary Portland Cemen)*. Terdapat 5 jenis tipe semen Portland yaitu:

a. Jenis Semen Portland Type I

Jenis ini biasa digunakan untuk konstruksi bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan

khusus untuk hidrasi panas dan kekuatan tekan awal. Kegunaan Semen Portland Type I diantaranya konstruksi bangunan untuk rumah permukiman, gedung bertingkat, dan jalan raya.

b. Jenis Semen Portland Type II

Semen Portland Type II digunakan pada material bangunan dipinggir laut, tanah rawa, dermaga, saluran irigasi, dan bendungan.

c. Jenis Semen Portland Type III

Karakteristik Semen Portland Type III diantaranya adalah memiliki daya tekan awal yang tinggi pada permulaan setelah proses pengikatan terjadi, lalu kemudian segera dilakukan penyelesaian secepatnya. Jenis semen Portland type III digunakan untuk pembuatan bangunan tingkat tinggi, jalan beton atau jalan raya bebas hambatan, hingga bandar udara dan bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan asam sulfat

d. Jenis Semen Portland Type IV

Jenis semen portland type IV diminimalkan pada fase pengerasan sehingga tidak terjadi keretakan. Kegunaan Portland Type IV digunakan untuk dam hingga lapangan udara.

e. Jenis Semen Portland Type V

Semen Portland Type V dirancang untuk memenuhi kebutuhan di wilayah dengan kadar asam sulfat tinggi seperti misalnya rawa-rawa, air laut atau pantai, serta kawasan tambang. Jenis bangunan yang membutuhkan jenis ini diantaranya bendungan, pelabuhan, konstruksi dalam air, hingga pembangkit tenaga nuklir.

2. Agregat

Agregat yang digunakan antara lain adalah agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar yang digunakan dalam beton semen adalah bahan inert yang tidak bereaksi dengan semen dan biasanya terdiri dari batu kerikil, batu pecah, atau terapung terak hancur. Sedangkan untuk agregat halus yang digunakan berupa campuran semen dan pasir serta *filler*.

3. Tulangan

Tulangan Baja digunakan pada perkerasan beton untuk mengurangi jumlah retak yang terjadi akibat beban lalu lintas, sebagai mekanisme transfer beban pada persendian, atau sebagai alat untuk mengikat dua pelat bersama-sama. Tulangan baja digunakan untuk mengendalikan retak yang biasanya disebut *temperature steel*, sedangkan batang baja digunakan sebagai mekanisme pemindah muatan dikenal sebagai *bar dowel*, dan yang digunakan untuk menghubungkan dua pelat secara Bersama-sama dikenal sebagai *tie bars*.

2.5.3 Perhitungan Perencanaan Lapisan Perkerasan Kaku

Pada perencanaan perkerasan lentur, digunakan metode AASHTO 1993 (*American Association of State Highway and Transportation Official*). Metode AASHTO 1993 *road test* adalah salah satu metode perubahan terhadap metode AASHTO 1986 dimana metode ini menggunakan grafik-grafik atau metode empiris berdasarkan analisa lalu-lintas selama umur rencana. Adapun tata-cara perhitungan perkerasan lentur menggunakan metode AASHTO antara lain :

2.5.3.1 Perhitungan Persentase Sumbu Kendaraan untuk Perkerasan Kaku

Dalam menentukan persentase sumbu kendaraan pada perkerasan kaku, perhitungan sumbu sama dengan pada

perhitungan persentase sumbu kendaraan pada perkerasan lentur pada Subbab 2.4.3.1 dengan menggunakan peraturan yang pada Bina Marga 1983 untuk setiap persentase sumbu as kendaraan.

2.5.3.2 Perhitungan *Axle Load Equivalency Factors* dan ESAL Sumbu Kendaraan Perkerasan Kaku

Pada perkerasan kaku, perhitungan *Axle Load Equivalency Factors* tidak jauh berbeda seperti perkerasan lentur pada subbab 2.4.3.2 . Hal yang membedakan hanya pada saat mengitung faktor beban sumbu ini, terlebih dahulu dengan cara coba-coba diasumsikan nilai D yang menggambarkan tebal yang direncanakan. Dari penentuan nilai D itu dilihat nilai *Axle Load Equivalency Factors* pada Lampiran B1 s.d B3 untuk perkerasan kaku. Untuk tata cara perhitungan selanjutnya, mengikuti tata cara perhitungan sebelumnya seperti pada perkerasan lentur dengan menggunakan metode interpolasi linier. Sehingga apabila diperoleh hasil EALF untuk masing-masing kendaraan, maka setelah itu dilakukan perhitungan untuk ESAL/tahun kendaraan dengan mengalikan faktor beban sumbu dengan faktor distribusi, faktor pertumbuhan lalu lintas, hari dalam setahun dan jumlah LHR kendaraan yang melewati jalur tersebut.

2.5.3.3 Menentukan Indeks Permukaan Perkerasan Kaku

Indeks permukaan awal untuk perkerasan kaku dinyatakan pada AASHTO 1993 bahwa pemilihan P_o melalui beberapa pertimbangan dan AASHTO telah memberikan untuk perkerasan kaku $P_o = 4.5$. Sedangkan untuk nilai I_{Pt} , Nilai $P_t = 2.5$ atau lebih tinggi disarankan untuk desain jalan utama dan $P_t = 2.0$ untuk jalan raya dengan volume lalu lintas yang lebih rendah.

2.5.3.4 Menentukan Faktor Distribusi Arah (D_D) dan Distribusi Lajur (D_L) Perkerasan Kaku

$D_D=1$. Jika data lalu lintas yang digunakan adalah data untuk dua arah $D_D=0,3 - 07$. Untuk perencanaan umumnya

diambil $D_D = 0,5$. Untuk nilai DL sama pada perkerasan lentur, ditentukan berdasarkan jumlah lajur seperti pada Tabel 2.8.

2.5.3.5 Menentukan Faktor *Reliability* (R) Perkerasan Kaku

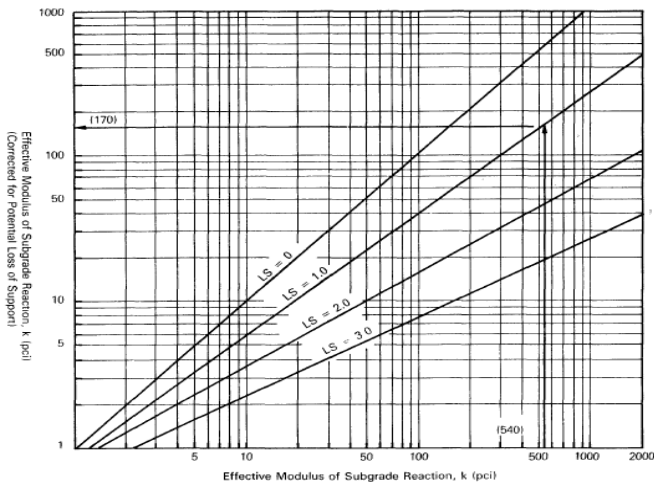
Berdasarkan percobaan AASHTO ditentukan nilai S_0 sebesar 0,25 untuk perkerasan kaku. Dan untuk nilai Z_R ditentukan sesuai dengan klafifikasi jalan yang direncanakan.

2.5.3.6 Menentukan Modulus Reaksi Tanah Dasar (k) Perkerasan Kaku

Adapun untuk perhitungan dari nilai sifat bahan (k) lapis perkerasan kaku apabila tidak menggunakan *subbase*, yaitu :

$$k = \frac{M_R}{19.4} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.11}$$

Pada perkerasan kaku, apabila dalam perencanaan menggunakan lapisan pondasi bawah (*subbase*) adalah dengan menentukan effective modulus of subgrade reaction dengan menggunakan grafik yang terdapat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Koreksi *Effective Modulus of Subgrade Reaction*

(Sumber : AASHTO, 1993)

Tabel 2.16 Nilai LS

Jenis Bahan	LS
Cement Treated Granular Base (E=1000.000-2.000.000 psi)	0.0-1.0
Cement Agregate Mixtures (CTB, CTSB, RCC, LC) (E=500.000-1000.000 psi)	0.0-1.0
Asphalt Treated Base (ATB) (E=350.000-1000.000 psi)	0.0-1.0
Bitumenious Stabilized Mixture (E=40.000-300.000 psi)	0.0-1.0
Stabilisasi dengan kapur (E=20.000-70.000 psi)	1.0-3.0
Unbonded Granular Material (E=15.000-45.000 psi)	1.0-3.0
Material Tanah Dasar Alami atau Bergradasi Halus (E=3000-40.000 psi)	2.0-3.0

(Sumber : AASHTO, 1993)

2.5.3.7 Menentukan Kualitas Drainase (Cd) Perkerasan Kaku

Pada perkerasan kaku, nilai koefisien untuk kualitas drainase (Cd) ditentukan berdasarkan Tabel 2.17 :

Tabel 2.17 Rekomendasi Nilai Cd untuk *Rigid Pavement*

Kualitas Drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	≤ 1 %	1- 5 %	5 – 25 %	≥ 25 %
Baik Sekali	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
Baik	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00

Tabel 2.17 Rekomendasi Nilai Cd untuk *Rigid Pavement*.....(Lanjutan)

Sedang	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Kurang Baik	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Tidak Baik	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

(Sumber : AASHTO, 1993)

2.5.3.8 Menentukan Modulus Elastisitas Beton (E) dan *Flextural Strength* (S'c) Perkerasan Kaku

Adapun untuk modulus elastisitas beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$E_c = 57.000\sqrt{f'c} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.12}$$

dengan :

E_c = Modulus Elastisitas Beton (psi)

$f'c$ = Kuat Tekan Beton (psi) , di Indonesia pada saat ini umumnya digunakan $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$

Untuk *flextural strength* beton normal pada umumnya digunakan $S'c = 45 \text{ kg/cm}^2 = 650 \text{ psi}$.

2.5.3.9 Menentukan *Load Transfer* (J) Perkerasan kaku

Adapun koefisien penyalur beban pada perkerasan kaku, dapat dilihat pada Tabel 2.18.

Tabel 2.18 *Load Transfer*

Alat Transfer Beban	Batu		Aspal		Beton Semen	
	Ada	Tidak Ada	Ada	Tidak Ada	Ada	Tidak Ada
Tipe Perkerasan						
1. Bersambung tanpa tulangan dan bersambung dengan tulangan	3.2	3.8-4.4	2.5-3.1	3.6-4.2		

Tabel 2.18 *Load Transfer*.....(Lanjutan)

2. Menerus dengan tulangan	2.9-3.2	N/A	2.3-2.9	N/A
----------------------------	---------	-----	---------	-----

(Sumber : *AASHTO, 1993*)

2.5.3.10 Perencanaan Tebal Lapisan Perkerasan Kaku

Pada perkerasan kaku, untuk menentukan tebal masing-masing lapisan dengan menggunakan metode AASHTO 1993, dirumuskan :

$$\log W_{18} = Z_R S_O + 7.35 \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \left[\frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}} \right]} + (4.22 - 0.32 P_t) \times \log_{10} \frac{S'_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J (D^{0.75} - \frac{18.42}{(\frac{E_c}{K})^{0.25}})} \dots \dots \dots \text{Pers.2.13}$$

dengan :

W18 = Lintas ekuivalen selama umur rencana (18 Kips ESAL)

 ΔPSI = *Present Serviceability Indeks*/ Nilai Indeks Permukaan

Zr = Standar Normal Deviasi

So = Standar Deviasi Keseluruhan (0.30-0.40)

S_c' = Modulus Keruntuhan beton (psi)C_d = Koefisien Drainase

J = Koefisien Transfer Beban (3.2 diasumsikan bila sudut pandang dilindungi)

E_c = Modulus Elastisitas (psi)

K = Modulus Reaksi tanah dasar (psi)

D = Tebal Pelat Beton (inches)

IPo = Indeks permukaan pada awal umur rencana

IPT = Indeks permukaan pada akhir umur rencana

2.5.3.11 Perencanaan Sambungan Perkerasan Kaku

Perencanaan penulangan pada perkerasan kaku didasari agar beton dapat lebih kokoh, awet dan kuat dalam menerima tekanan yang disebabkan oleh beban lalu lintas. Adapun untuk

perencanaan sambungan dan penulangan pada perkerasan kaku antara lain :

1. Perkerasan Beton Bertulang Bersambung (Tanpa Tulangan dan Dengan Tulangan)

Untuk perkerasan yang menggunakan sistem sambungan tanpa tulangan, direncanakan untuk tidak terjadi retak diantara sambungan akibat perubahan suhu dan kadar air. Dengan beberapa faktor yang harus diperhatikan seperti lokasi, mutu, tebal *subbase*, kondisi agregat dan lain-lain. Perkerasan beton dengan tulangan digunakan untuk mengantisipasi retak selama umur pelayanan akibat dari faktor pergerakan vertical butiran halus tanah dasar.

Perumusan sambungan perkerasan beton bertulang bersambung dengan tulangan:

$$P_s = \frac{11.76.h.L'.fa}{f_s} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.14}$$

dimana ;

As = luas tulangan yang dibutuhkan (mm²/m)

F = koef. Gesekan pelat beton dan lap. Bawah

L = jarak antar sambungan (m)

H = tebal pelat (mm)

f_s = tegangan tarik baja ijin, (MPa) ± 230 MPa

catatan : As minimum menurut SNI91 untuk segala keadaan 0.14% dari luas penampang beton.

Tabel 2.19 Faktor Gesek

Friction Factor	
Burtu, lapen atau konstruksi sejenisnya	2.2
Aspal beton, lataston	1.8
Stabilisasi kapur	1.8
Stabilisasi aspal	1.8
Stabilisasi semen	1.8
Koral sungai	1.5
Batu Pecah	1.5

Tabel 2.19 Faktor Gesek.....(Lanjutan)

Sirtu	1.2
Tanah	0.9

(Sumber : AASHTO,1993)

2. Perkerasan Beton Bertulang Menerus

Berfungsi untuk mengendalikan retak beton yang terjadi pada perkerasan, sebagai akibat dari perubahan volume dengan memasang tulangan memanjang dan menerus sepanjang perkerasan. Penulangan bisa menggunakan besi fabrikasi yang di las (*wiremesh*).

a. Penulangan memanjang :

$$P_s = \frac{100ft}{(f_y - nxft)} \cdot (1,3 - 0,2F) \dots \dots \dots \text{Pers. 2.15}$$

dengan :

P_s = Persentase tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap beton (%)

F_t = kuat tarik lentur beton yang digunakan = 0.4-0.5 f_r (MPa)

F_y = tegangan leleh rencana baja (berdasarkan SNI'91 $f_y < 400$ Mpa – BJTD 40)

N = angka ekivalen antara baja dan beton = E_s/E_c

F = koef. Gesek antara pelat beton dan lap. pondasi dibawahnya

E_s = Modulus elastisitas baja (200.000 MPa)

E_c = Modulus elastisitas beton (4700 (fc)^{1/2} MPa)

Catatan : As minimum = 0.6% dari luas penampang beton.

Jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan ;

$$L_{cr} = \frac{ft^2}{n.p^2.u.fb.(SEc-ft)} \dots \dots \dots \text{Pers. 2.16}$$

Dengan;

L_{cr} = jarak teoritis antara retakan, (m) jarak optimum antara 1 – 2 m

P = luas tulangan memanjang per satuan luas beban

f_b = tegangan lekat antara tulangan dengan beton yang dikenal sebagai “lekat beton”, dalam MPa. Tegangan lekat dasar = $(0,79/d)\sqrt{f_c}$ d = diameter tulangan

S = koefisien susut beton, umumnya dipakai anatar $(0,0005 - 0,0006)$ untuk pelat perkerasan jalan

f_t = Kuat tarik lentur beton yang digunakan $0,4 - 0,5 f_r$ (MPa) n = Angka ekivalen antara baja dan beton

u = keliling penampang tulangan per satuan luas tulangan = $(4/u) (m^{-1})$ E_c = modulus elastisitas beton

E_c = modulus elastisitas beton

b. Penulangan melintang :

Luas tulangan melintang pada perkerasan beton menerus sama seperti perhitungan perkerasan beton bersambung dengan tulangan.

3. *Dowel*

Dowel berupa batang bata tulangan polos maupun profil yang digunakan sebagai sarana penyambung/pengikat pada beberapa jenis sambungan pelat beton perkerasan jalan. *Dowel* berfungsi sebagai penyalur beban pada sambungan yang dipasang. Adapun ukuran dan jarak batang *Dowel* yang disarankan untuk digunakan pada perkerasan kaku antara lain :

Tabel 2.20 *Dowel*

Tebal Pelat Perkerasan		<i>Dowel</i>					
		Diameter Panjang		Panjang		Jarak	
inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	Mm
6	150	¼	19	18	450	12	300

Tabel 2.20 *Dowel*.....(Lanjutan)

7	175	1	25	18	450	12	300
8	200	1	25	18	450	12	300
9	225	1 ¼	32	18	450	12	300
10	250	1 ¼	32	18	450	12	300
11	275	1 ¼	32	18	450	12	300
12	300	1 ½	38	18	450	12	300
13	325	1 ½	38	18	450	12	300
14	350	1 ½	38	18	450	12	300

(Sumber : *Aisyah, 2015*)

4. Tie Bars

Tie bar merupakan potongan baja yang diprofilkan dan dipasang pada sambungan lidah-alur dengan maksud untuk mengikat pelat agar tidak bergerak horizontal. Untuk sambungan memanjang harus dilengkapi dengan mutu minimum BJTU-24 dan berdiameter 16 mm, yang panjang batang pengikat dihitung dengan menggunakan grafik AASHTO 1993.

2.6 Perencanaan Lapis Tambah (*Overlay*)

Selama masa pelayanan (umur rencana), peningkatan volume lalu lintas yang tidak sesuai dengan rencana dapat mengakibatkan kerusakan terhadap perkerasan terutama untuk perkerasan lentur yang tidak terlalu kuat dalam menahan beban lalu lintas yang berat. Agar perkerasan dapat menampung jumlah sisa dari lalu lintas rencana maka perlu dilakukan perencanaan perbaikan dengan memberi lapis tambah (*Overlay*). Adapun perencanaan ini didasarkan oleh AASHTO 1993 untuk lapis tambah, ketebalan lapis tambah untuk *Asphalt Concrete* (AC) yaitu :

$$D_{OL} = \frac{SN_{OL}}{a_{OL}} = \frac{SN_F - SN_{EFF}}{a_{OL}} \dots \dots \dots \text{Pers 2.17}$$

dimana;

SN_{OL} = *structural number* lapis tambah (*overlay*) yang dibutuhkan

a_{OL} = koefisien lapis material permukaan untuk lapis tambah Asphalt Concrete (AC)

D_{OL} = ketebalan lapis tambah (*overlay*) yang dibutuhkan

SN_F = *structural number* untuk perkerasan baru

Untuk nilai SN_{EFF} , perhitungan didasarkan pada :

$$SN_{EFF} = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \dots \dots \dots \text{Pers 2.18}$$

dimana;

D_1, D_2, D_3 = ketebalan *surface*, *base* dan *subbase* dari perkerasan yang sudah ada

a_1, a_2, a_3 = koefisien struktur permukaan dilihat dari kondisi permukaan

m_2, m_3 = koefisien kualitas drainase

Sedangkan untuk nilai dari koefisien struktur permukaan dilihat dari kondisi permukaan tersebut, dapat dilihat pada Tabel 2.21.

Tabel 2.21 Koefisien Lapis Permukan untuk Material Lapis Perkerasan *Asphalt Concrete* yang Ada berdasarkan Kondisi Permukaannya

Material	Surface Condition	Coefficient
AC Surface	Little or no alligator cracking and/or only low severity transverse cracking	0.35-0.40
	< 10% low-severity alligator cracking	0.25-0.35
	<5% medium and high severity transverse cracking	
	>10% low-severity alligator cracking	0.20-0.30
<10% medium-severity alligator cracking		

Tabel 2.21 Koefisien Lapis Permukaan untuk Material Lapis Perkerasan *Asphalt Concrete* yang Ada berdasarkan Kondisi Permukaannya.....(Lanjutan)

	>5-10% medium and high-severity transverse cracking	
	>10% medium-severity alligator cracking	0.14-0.20
	<10% high-severity alligator cracking	
	>10% medium and high-severity transverse cracking	
	>10% high-severity alligator cracking	0.08-0.15
	>10% high-severity transverse cracking	
Stabilized <i>Base</i>	Little or no alligator cracking and/or only low severity transverse cracking	0.20-0.35
	< 10% low-severity alligator cracking	0.15-0.25
	<5% medium and high severity transverse cracking	
	>10% low-severity alligator cracking	0.15-0.20
	<10% medium-severity alligator cracking	
	>5-10% medium and high-severity transverse cracking	
	>10% medium-severity alligator cracking	0.10-0.20
	<10% high-severity alligator cracking	
	>10% medium and high-severity transverse cracking	
	>10% high-severity alligator cracking	0.15-0.25
	>10% high-severity transverse cracking	
Granular <i>Base</i>	No evidence of pumping degradation, or contamination by fines	0.10-0.14
	Some evidence of pumping, degradation, or contamination by fines	0.00-0.10

(Sumber : AASHTO, 1993)

2.7 Rencana Anggaran Biaya

RAB adalah nilai estimasi biaya atau anggaran yang diperlukan untuk pelaksanaan sebuah kegiatan proyek. Untuk mendapatkan nilai berapa banyak jumlah biaya yang harus disiapkan dapat digunakan metode yaitu :

1. Rencana Anggaran Biaya Kasar/ Penafsiran

Merupakan rencana anggaran biaya sementara dimana pekerjaan dihitung berdasarkan ukuran atau luasan yang akan dikerjakan.

2. Rencana Anggaran Biaya Terperinci

Dilaksanakan dengan menghitung volume dan harga dari seluruh pekerjaan yang dilaksanakan agar pekerjaan dapat diselesaikan secara memuaskan.

Untuk menghitung besar dari biaya konstruksi, Tugas Akhir ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) yang memuat cara perhitungan harga satuan pekerjaan jalan untuk konstruksi jalan raya sebagai acuan dasar untuk menentukan estimasi biaya yang dikeluarkan dari suatu pekerjaan konstruksi jalan. Dalam perhitungannya, adapun anggaran biaya yang direncanakan meliputi biaya konstruksi, biaya pemeliharaan rutin dan biaya pemeliharaan berkala. Dalam melakukan perhitungan, dihitung terlebih dahulu volume masing-masing pekerjaan. Berdasarkan volume yang diperoleh, maka dihitung anggaran biaya yang dikeluarkan dengan mengalikannya terhadap nilai Harga Satuan Pekerjaan Konstruksi (HSPK) untuk perencanaan jalan.

2.8 Biaya Operasional Kendaraan N.D. Lea

Metode N.D. Lea Consultant membagi kelas kendaraan menjadi beberapa jenis yang dapat ditunjukkan seperti Tabel 2.22.

Tabel 2.22 Tabel Pembagian Jenis Kendaraan

No	Kendaraan		Kelompok Yang Mewakili
	Major Class	Minor Class	
1	Sepeda Motor	Sepeda Motor	
2	Vespa	Vespa	
3	Mobil Penumpang	Mobil Penumpang, oplets, sedan, suburab, landover, jeep	Auto
4	Pick-up, microbus, kendaraan pengirim	Pick-up, Microbus, Truck 2 axle 4 tyres	
5	Truk 2 as	2 as, 6 ban	Truk
6	Truk 3 as	3 as, 10 ban	
7	Truk Trailer dan semitrailer	Truck-trailer, semitrailer	
8.	Bus	Large bus 2 axle 6 tyres	Bus

(Sumber : *N.D. Lea, 1975*)

Tabel 2.23 Karakteristik Kelompok Kendaraan

KARAKTERISTIK	AUTO	TRUK	BUS
Berat kendaraan (ton)	1.2	4	2.9
Berat kotor normal	1.7	7.5	5.5
Jml As	2	2-3	2
Jml silinder	2-4	6	6
Jml ban	4	7	6
Daya (HP)	80	170	165
Rata-rata jarak Km tahunan	20000	42000	90000
Umur rata-rata (thn)	10	7	9

Oleh karena itu, besarnya biaya operasional kendaraan dasar antara lain sebagai berikut :

Tabel 2.24 Biaya Operasional Kendaraan (kondisi : Flat-Tangent-Paved Road and Good Condition)

Komponen Biaya	PC Biaya Th. 1975	Truk Biaya Th. 1975
Fuel	3.944	5.481
Oil	350	1.080
Tyre	738	2.193
Maint.	3.714	8.331
Deprec.	4.995	8.324
Interest	3.746	4.371
Fixed Cost	9.654	10.542
Ops. Time	1.411	5.000

(Sumber : *N.D. Lea, 1975*)

Setiap tipe dari lapis permukaan maupun kondisi jalan juga memberikan pengaruh terhadap nilai BOK. Untuk masing-masing permukaan jalan dibagi dalam beberapa jenis kondisi lapangan antara lain ; baik (good), sedang (fair), jelek (poor) dan parah (bad).

Tabel 2.25 Angka Indeks Jenis Permukaan untuk Kendaraan Auto, Interurban Road, %

Type Permukaan dan Kondisi Jalan	Bahan Bakar	Oli	Ban	Pemeliharaan	Depresiasi Interaset Fixed Upah Kru	Total
Paved High						
Good	90	100	100	100	105	102
Fair	84	100	300	230	110	127
Poor	76	192	575	404	122	165
Bad	73	192	575	404	137	175

Tabel 2.25 Angka Indeks Jenis Permukaan untuk kendaraan Auto,
Interurban road (%).…………….(Lanjutan)

Paved Int.						
Good	77	100	128	119	117	112
Fair	77	100	556	392	117	158
Poor	74	192	575	404	124	166
Bad	74	192	575	404	138	176
Paved Low						
Good	79	100	167	144	117	116
Fair	79	100	575	404	117	161
Poor	86	192	575	404	126	167
Bad	91	192	575	404	139	177
Gravel						
Good	91	192	311	163	117	125
Fair	91	192	575	404	118	164
Poor	86	192	575	404	128	170
Bad	91	192	575	404	141	180
Earth						
Good	87	192	433	311	127	154
Fair	87	192	433	404	127	170
Poor	85	192	433	404	130	172
Bad	93	192	433	404	141	180

(Sumber : *N.D. Lea, 1975*)

Tabel 2.26 Angka Indeks Jenis Permukaan untuk Kendaraan
Truk, Interurban Road, %

Type Permukaan dan Kondisi Jalan	Bahan Bakar	Oli	Ban	Pemeliharaan	Depresiasi Intersept Fixed Upah Kru	Total
Paved High						
Good	100	100	100	100	100	100
Fair	94	100	121	156	119	122
Poor	94	200	151	234	146	157

Tabel 2.26 Angka Indeks Jenis Permukaan untuk Kendaraan
Truk, Interurban Road, %..... (Lanjutan)

Bad	102	200	151	234	189	185
Paved Int.						
Good	97	100	103	108	100	106
Fair	95	100	149	229	121	139
Poor	94	200	151	234	148	159
Bad	102	200	151	234	189	185
Paved Low						
Good	95	100	107	119	108	108
Fair	97	100	149	234	123	141
Poor	94	200	151	234	150	160
Bad	103	200	151	234	193	188
Gravel						
Good	115	200	110	127	108	114
Fair	124	200	151	234	126	149
Poor	122	200	151	234	152	165
Bad	132	200	151	234	193	191
Earth						
Good	125	200	136	193	135	145
Fair	125	200	151	234	135	154
Poor	122	200	151	234	161	170
Bad	136	200	151	234	200	196

(Sumber : *N.D. Lea, 1975*)

Tabel 2.27 Angka Indeks Jenis Permukaan untuk Kendaraan
Bus, Interurban Road, %

Type Permukaan dan Kondisi Jalan	Bahan Bakar	Oli	Ban	Pemeliharaan	Depresiasi Interaset Fixed Upah Kru	Total
Paved High						
Good	100	100	100	100	100	100
Fair	92	100	121	273	119	131
Poor	90	200	151	511	147	178

Tabel 2.27 Angka Indeks Jenis Permukaan untuk Kendaraan Bus, Interurban Road, %.....(Lanjutan)

Bad	95	200	151	511	193	210
Paved Int.						
Good	95	100	103	125	112	110
Fair	93	100	149	494	122	157
Poor	89	200	151	511	149	179
Bad	85	200	151	511	193	210
Paved Low						
Good	94	100	107	158	112	110
Fair	95	100	151	511	122	157
Poor	89	200	151	511	149	179
Bad	97	200	151	511	193	210
Gravel						
Good	119	200	110	183	112	123
Fair	125	200	151	511	124	160
Poor	119	200	151	511	153	187
Bad	128	200	151	511	196	217
Earth						
Good	123	200	136	387	140	165
Fair	123	200	151	511	140	179
Poor	119	200	151	511	158	190
Bad	130	200	151	511	200	220

(Sumber : N.D. Lea, 1975)

Adapun kondisi-kondisi lain yang dapat mempengaruhi nilai BOK dari N.D Lea sendiri, selain dari jenis dan kondisi permukaan yaitu:

- a. *Gradient*
- b. *Sharp Curves*
- c. *Narrow bridges*
- d. *Brisges that have restricted Axle Load*
- e. *Roadway Capacity*

Tabel 2.28 Besarnya Nilai Pengaruh Faktor Lain Terhadap Nilai BOK Pada Kondisi Jalan Flat Tangent And Good Condition. (% Thd Nilai Dasar)

Jenis Kendaraan	Auto	Truck	Bus
Gradient			
-0.03	1	6	3
-3.05	2	10	10
-5.07	4	17	17
- >7%	6	25	23
Sharp curves (no. of curve Per km)	5	8	10
Narrow Bridges	5	8	10
Bridges that have restricted axle load			
- <4ton	0	39	12
- 4-6ton	0	12	0
- 6-7ton	0	7	0
V/C			
- V/C=0	0	0	0
- V/C=1	17	8	12

(Sumber : N.D. Lea, 1975)

2.9 Analisis Ekonomi

Merupakan perbandingan dari 2 jenis penggunaan konstruksi perencanaan lapisan perkerasan pada proyek jalan dengan terlebih dahulu mengetahui harga satuan bahan seperti harga untuk tiap material yang digunakan dalam perencanaan perkerasan. Maka selanjutnya akan diketahui biaya keseluruhan konstruksi.

Perhitungan biaya perencanaan konstruksi pada perkerasan terdiri atas biaya awal pembuatan, biaya perawatan berkala dan juga biaya perawatan rutin. Untuk perhitungan biaya perawatan selama usia rencana harus dibawa pada tahun awal pembuatan, maka dipergunakan rumus :

$$F = P(1 + I)^n \dots\dots\dots \text{Pers. 2.19}$$

$$P = F \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \dots\dots\dots \text{Pers. 2.20}$$

dimana :

- i = menyatakan tingkat suku bunga perperiode bunga
- n = menyatakan jumlah periode bunga P = menyatakan jumlah uang sekarang
- F = menyatakan jumlah uang pada akhir periode dari saat sekarang dengan bunga i
- P = menyatakan jumlah uang saat sekarang dengan bunga i

2.10 Evaluasi Ekonomi

Untuk melakukan evaluasi terhadap suatu proyek dihitung dengan menggunakan Perbandingan Manfaat Biaya (BCR) :

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Benefit-Disbenefit}}{\text{Cost}} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.21}$$

atau,

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Benefit-Disbenefit-(O+M)}}{\text{Cost}} \dots\dots\dots \text{Pers 2.22}$$

$$B - C = \text{Net Benefit} - \text{Cost}$$

Untuk melakukan evaluasi terhadap proyek tersebut dilakukan dengan melihat hasil perbandingan manfaat biaya atau dari hasil selisih manfaat biaya :1

1. $\frac{B}{C} > 1$ maka proyek tersebut ekonomis
2. $B - C \geq 0$ maka proyek tersebut ekonomis.

Untuk melakukan perbandingan terhadap dua atau lebih alternatif pada suatu proyek dengan menghitung perbandingan manfaat biaya dengan cara :

- Membuat tabel, lalu alternatif yang ada diurut mulai dari alternatif yang memiliki *initial cost* yang terkecil.
- Alternatif awal akan digunakan sebagai pembanding alternatif setiap.
- Tulis cash flow dari masing-masing alternatif, kemudian menghitung selisihnya (net cashflow).
- Hitung $\frac{B}{C}$ atau $B - C$ selisih cash flow.

Jika $\frac{B}{C} > 1$ atau $B - C > 0$ maka pilih alternatif yang disebelah kanan.

Jika $\frac{B}{C} < 1$ atau $B - C < 0$ maka dipilih alternatif yang disebelah kiri.

- Alternatif terpilih dipergunakan sebagai pembanding alternatif berikutnya.
- Demikian seterusnya sampai diperoleh alternatif terpilih dari semua alternatif atau bisa saja dengan membandingkan masing-masing nilai B/C rasionya. Kemudian pilih yang terbesar nilai B/C rasionya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

Metodologi merupakan suatu cara yang digunakan untuk memperoleh kebenaran teori yang objektif dan valid dalam suatu studi dan perencanaan. Metode yang digunakan dalam melakukan studi dan perencanaan kali ini mengacu pada pokok pikiran, teori, dan rumusan-rumusan empiris yang ada pada beberapa literatur agar dapat memperoleh cara untuk dapat melakukan perencanaan konstruksi perkerasan lentur dan kaku pada Tol Semarang-Batang. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan dalam perencanaan perkerasan tersebut antara lain :

3.1 Survey Lokasi

Dalam melakukan perencanaan konstruksi perkerasan lentur dan kaku pada Tol Semarang-Batang, survey lokasi merupakan salah satu tahapan awal yang harus dilakukan. Survey lokasi sangat penting untuk mengetahui letak dan kondisi lapangan faktual yang direncanakan sehingga perencana dapat maksimal dalam melakukan perencanaan. Selain itu, dengan adanya survey lokasi dapat berguna dalam menentukan data-data yang berhubungan dengan perencanaan yang dilakukan.

3.2 Studi Pustaka

Studi pustaka adalah kerangka atau landasan teori yang digunakan untuk melakukan analisis data perhitungan dalam suatu perencanaan yang nanti akan menjadi referensi dalam mengerjakan tugas akhir. Studi pustaka ini bertujuan mengumpulkan data dan informasi ilmiah yang berupa teori-teori, metode dan pendekatan yang didapat dari buku, jurnal, catatan, literature dan lain-lain. Pada perencanaan perkerasan lentur dan kaku pada Tol Semarang-Batang ini, studi pustaka yang dilakukan yaitu mempelajari dan memahami mengenai teori

perhitungan dan desain perencanaan perkerasan lentur dan perencanaan perkerasan kaku, serta analisa perencanaan konstruksi dari segi ekonomi

3.3 Pengumpulan Data

Dalam melakukan analisa perhitungan untuk konstruksi perencanaan perkerasan lentur dan kaku pada proyek Tol Semarang-Batang, maka dibutuhkan data-data penunjang. Adapun data-data yang dibutuhkan dalam merencanakan perkerasan tersebut antara lain :

3.3.1 Data Sekunder

Data sekunder adalah Sumber data penelitian yang diperoleh melalui media perantara atau secara tidak langsung yang berupa buku, catatan, jurnal dan juga termasuk data yang diperoleh dari instansi pemerintahan diluar proyek yang ada. Contoh dari data sekunder yang dibutuhkan dalam perencanaan perkerasan pada Tol Semarang-Batang antara lain:

3.3.1.1 Data Teknis Proyek

Data teknis proyek yang dibutuhkan dalam Tugas Akhir mengenai perencanaan perkerasan lentur dan kaku pada Tol Semarang-Batang ini meliputi dari data umum dari proyek tersebut, gambar atau peta lokasi dari proyek mengenai pembagian seksi-seksi perencanaan dan juga gambar-gambar teknik proyek.

3.3.1.2 Data Lalu Lintas Harian

Data lalu lintas harian (LHR) adalah data yang menunjukkan jumlah kendaraan yang melewati satu jalur yang dihitung selama 24 jam menurut jenis kendaraanya. Dalam perencanaan ini digunakan data LHR dari Jalur Pantura yang diperoleh dari pihak kontraktor pelaksana yaitu PT. Jasa Marga

Tol Semarang-Batang . Data LHR ini nantinya akan digunakan sebagai dasar peramalan jumlah lalu lintas harian sampai dengan umur rencana yang berguna untuk merencanakan tebal perkerasan yang sesuai dengan yang dibutuhkan.

3.3.1.3 Data CBR

Data CBR adalah data yang menunjukkan kondisi tanah berkaitan dengan kekuatan tanah dalam menerima beban yang diakibatkan oleh kendaraan yang lewat di atasnya. Pada perencanaan ini, dikarenakan tidak diperolehnya data tanah dari pihak penyelenggara proyek maka diasumsikan CBR subgrade 6 % , untuk *base* yang menggunakan agregat kelas A dan *subbase* menggunakan agregat kelas B digunakan CBR 100% dan 70% berdasarkan Peraturan Pekerjaan Lapis Pondasi Jalan oleh Dinas Pekerjaan Umum tahun 2006.

3.3.1.4 Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan Pekerjaan ini berfungsi untuk melakukan perhitungan terhadap keseluruhan rencana anggaran biaya konstruksi pembangunan proyek Tol Semarang-Batang.

3.3.1.5 Indeks Harga Konsumen

Adapun data-data ini berfungsi untuk melakukan peramalan harga dari Biaya Operasional Kendaraan selama umur rencana. Tabel IHK BPS Kota Semarang dapat dilihat pada Tabel 6.11.

3.3.2 Perhitungan Perencanaan Perkerasan

- Perhitungan tebal lapisan perkerasan jalan dengan metode AASHTO untuk konstruksi perkerasan lentur (*Flexible Pavement*). Adapun parameter-parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan perkerasan lentur berdasarkan buku

“*Traffic and Highway Engineering*” karya Nicholas J. Garber, Lester A. Hoel, tahun 2002 antara lain :

1. *Structural Number* (SN)
 2. Koefisien Kekuatan Lapisan (ai)
 3. Lalu Lintas
 4. Tingkat Kepercayaan (R)
 5. Koefisien Drainase (m)
 6. Tingkat Pelayanan (*Serviceability*)
- Perhitungan tebal lapisan perkerasan jalan dengan metode AASHTO untuk konstruksi konstruksi perkerasan kaku (*Rigid pavement*). Adapun parameter-parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan perkerasan kaku berdasarkan buku “*Traffic and Highway Engineering*” karya Nicholas J. Garber, Lester A. Hoel, tahun 2002 antara lain :
 1. Kinerja Perkerasan (*Serviceability* (Pi))
 2. *Subgrade Strength*
 3. *Subbase Strength*
 4. Lalu lintas
 5. Sifat Beton
 6. Koefisien Drainase
 7. Reabilitas
 - Perhitungan biaya perencanaan konstruksi (investasi) dan biaya pemeliharaan (biaya pemeliharaan rutin setiap tahun dengan asumsi kerusakan jalan sebesar 5 % setiap tahunnya) untuk masing-masing perkerasan.

3.3.3 Perhitungan Analisa Ekonomi Perencanaan

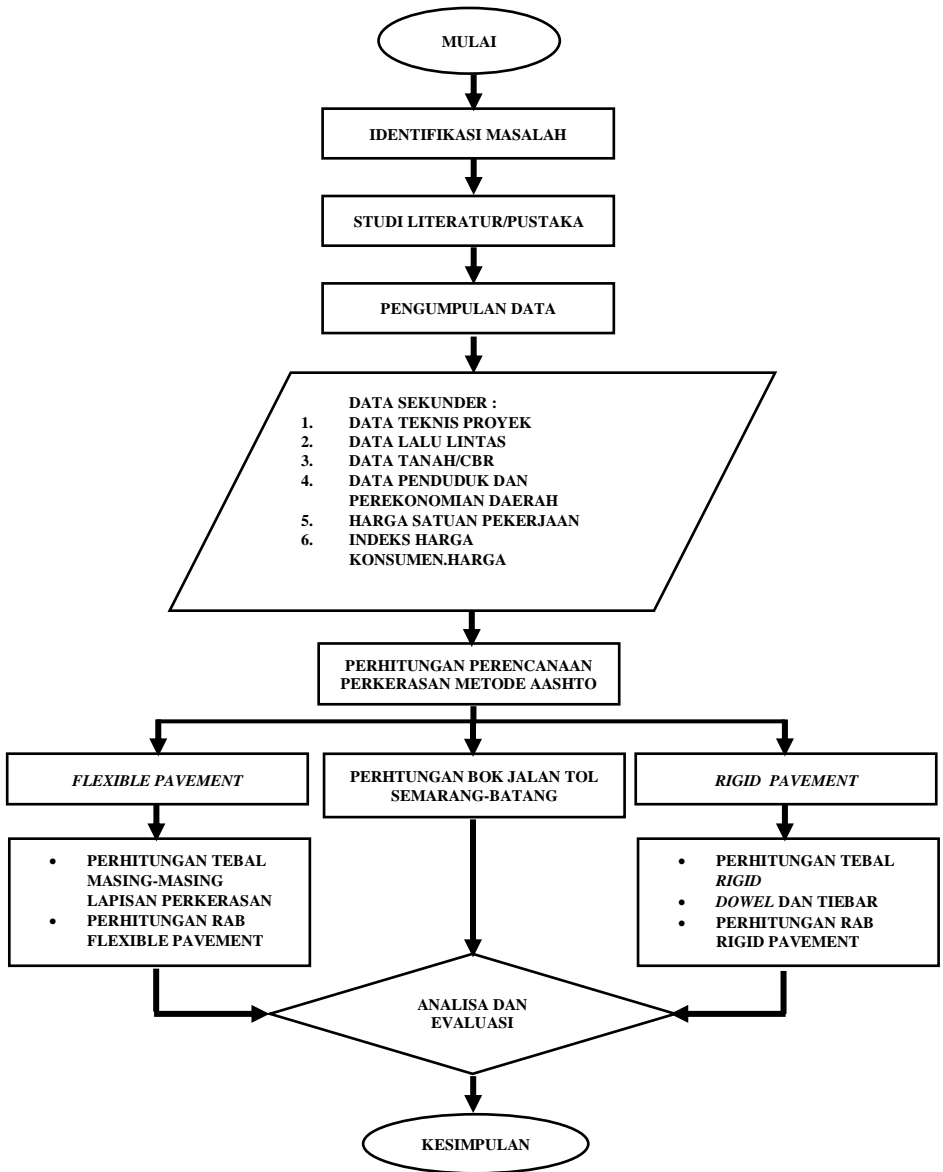
- Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) menggunakan metode N.D Lea .
- Perhitungan *Benefit Cost Ratio* (BCR) dan *Net Present Value* (NPV) untuk konstruksi perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) dan perkerasan kaku (*Rigid pavement*).

- Evaluasi nilai ekonomis dari masing-masing jenis alternatif perkerasan yang direncanakan.

3.4 Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan dilakukan setelah mendapatkan hasil dari perencanaan konstruksi perkerasan lentur dan perkerasan kaku pada proyek Tol Semarang-Batang Seksi IV , Kendal-Kaliwungu dengan panjang 13.50 km. Hasil dari perencanaan harus menunjukkan angka-angka perencanaan yang detail, sehingga bisa digunakan sebagai referensi dari pembaca atau pihak yang terkait.

3.5 Flowchart Pekerjaan Tugas Akhir



Gambar 3.1 Bagan Metodologi Tugas Akhir

BAB IV DATA PERENCANAAN

4.1 Umum

Semarang merupakan salah satu kota metropolis terbesar kelima di Indonesia dengan jumlah penduduk mencapai 2.5 juta jiwa, serta ekonominya bersektor pada bidang industri dan perdagangan. Untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi Semarang maupun daerah di sekitarnya maka salah satu kendala yang harus diatasi yaitu mengenai kenyamanan dalam lalu-lintas perjalanan antar wilayah. Pada saat ini, jalur utama lalu-lintas yang digunakan oleh masyarakat untuk bepergian dari Semarang menuju Batang yaitu jalur Pantura. Jalur Pantura sebagai jalan utama ini menyebabkan jalur tersebut sudah tidak layak dari segi kenyamanan sehingga membutuhkan perencanaan jalan baru.

4.2 Kondisi Jalan Eksisting

Adapun kondisi jalan eksisting pada jalur Pantura yang biasa digunakan pengguna jalan untuk bepergian dari Semarang menuju Batang adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1 Kondisi Lalu Lintas Jalur Pantura Semarang-Batang
(Sumber : <https://regional.kompas.com/> diakses 18 April 2018)



Gambar 4.2 Kondisi Jalan Jalur Pantura Kabupaten Kendal-Batang

(Sumber : <https://semarangpedia.com/>, 18 April 2018)



Gambar 4.3 Pembagian Seksi Konstruksi Perencanaan Jalan Tol Semarang-Batang

(Sumber: *Jasa Marga Semarang Batang*, 2018)

4.3 Jalan Tol Rencana

Data teknis perencanaan konstruksi perkerasan lentur dan perkerasan kaku Jalan Tol Semarang-Batang dengan metode AASHTO meliputi :

1. Nama ruas jalan : Jalan Tol Semarang-Batang
2. Seksi konstruksi :
 - Seksi I : Batang - Batang Timur (3,2 km)
 - Seksi II : Batang Timur - Weleri (36,35 km)
 - Seksi III : Weleri - Kendal (11,05 km)
 - Seksi IV : Kendal - Kaliwungu (13,5 km)
 - Seksi V : Kaliwungu - Semarang (10,9 km)
3. Ruas jalan perencanaan : Seksi IV Kendal-Kaliwungu
4. Panjang jalan keseluruhan : 75 km (Seksi I-Seksi V)
5. Panjang jalan perencanaan : Seksi IV (13.5 km)
6. Lebar lajur : 3.6 m
7. Lebar bahu dalam : 1.5 m
8. Lebar bahu luar : 3.0 m
9. Lebar median : 3.8 m
10. Jumlah Lajur Awal : 2 x 2 lajur
11. Jumlah Lajur Akhir : 2 x 3 lajur
12. Kecepatan rencana : 80-100 km/jam
13. Usia rencana : 25 tahun

4.4 Volume Lalu Lintas

Dalam perencanaan perkerasan, volume lalu lintas sangat dibutuhkan sebagai parameter dalam perhitungan yang nanti dapat digunakan dalam menentukan beban sumbu tiap kendaraan yang ada. Pada perencanaan ini, volume lalu lintas diperoleh dari data yang dimiliki oleh Jasa Marga selaku kontraktor yang mengerjakan proyek Tol Semarang Batang. Adapun data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Volume Lalu Lintas per-Golongan Kendaraan Ruas
Jalan Kendal-Kaliwungu

Jenis Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Kapasitas (Ton)	Jumlah	
Bus	1.2	8	800	kendaraan/hari
Truk dengan 2 (dua) gandar	1.2 L dan 1.2 H	13	3647	kendaraan/hari
Truk dengan 3 (tiga) gandar	1.22	20	630	kendaraan/hari
Truk dengan 3 (tiga) gandar	1.2-2	26	515	kendaraan/hari
Truk dengan 4 (empat) gandar	1.2+2.2	35	167	kendaraan/hari
Truk dengan 4 (empat) gandar	1.2+22	42	136	kendaraan/hari
Truk dengan 5 (lima) gandar	1.2+222	50	180	kendaraan/hari

(Sumber : *Jasa Marga Semarang Batang,2017*)

4.5 Pertumbuhan Lalu Lintas

Data pertumbuhan lalu lintas berfungsi sebagai faktor pengali dalam perhitungan perencanaan selama umur rencana. Pada perencanaan ini, pertumbuhan lalu lintas diperoleh dari data yang dimiliki oleh Jasa Marga selaku kontraktor. Adapun detail pertumbuhan lalu lintas per-tahun selama umur rencana dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Persentase Pertumbuhan Lalu Lintas per-Tahun

No.	TAHUN	% Pertumbuhan Lalulintas				
		BTG-TLS	TLS-WLR	WLR-KDL	KDL-KLW	KLW-KRP
		S1	S2	S3	S4	S5
1	2014					
2	2015	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%

Tabel 4.2 Pertumbuhan Lalu Lintas per-Tahun.....(Lanjutan)

3	2016	12.0%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%
4	2017	10.0%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
5	2018	9.00%	9.00%	9.00%	9.00%	9.00%
6	2019	9.00%	9.00%	9.00%	9.00%	9.00%
7	2020	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%
8	2021	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%
9	2022	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%
10	2023	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%
11	2024	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%
12	2025	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%
13	2026	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
14	2027	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
15	2028	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
16	2029	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
17	2030	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
18	2031	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
19	2032	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
20	2033	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
21	2034	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
22	2035	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
23	2036	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
24	2037	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
25	2038	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
26	2039	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
27	2040	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
28	2041	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
29	2042	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
30	2043	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%

Tabel 4.2 Pertumbuhan Lalu Lintas per-Tahun.....(Lanjutan)

31	2044	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
32	2045	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
33	2046	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
34	2047	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
35	2048	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
36	2049	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
37	2050	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%

(Sumber : *Jasa Marga Tol Semarang Batang, 2017*)

4.6 Indeks Harga Konsumen

Data Indeks Harga Konsumen diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kota Semarang. Penggunaan data ini berfungsi untuk menghitung biaya operasional kendaraan yang ada selama masa operasional. Adapun untuk IHK tiap tahun dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Indeks Harga Konsumen Kota Semarang

Tahun	IHK	Tahun	IHK	Tahun	IHK
1975	1.492	1987	2.643	1999	1.875
1976	1.788	1988	2.838	2000	2.039
1977	1.985	1989	3.010	2001	2.168
1978	2.146	1990	1.237	2002	2.479
1979	1.298	1991	1.237	2003	2.705
1980	1.498	1992	1.323	2004	1.153
1981	1.626	1993	1.447	2005	1.273
1982	1.772	1994	1.574	2006	1.433
1983	1.962	1995	1.712	2007	1.476
1984	2.192	1996	1.788	2008	1.588
1985	2.299	1997	1.992	2009	1.126
1986	2.425	1998	1.847	2010	1.171

Tabel 4.3 Indeks Harga Konsumen Kota Semarang.....(Lanjutan)

2011	1.253	2022	1.445	2033	1.825
2012	1.286	2023	1.480	2034	1.859
2013	1.356	2024	1.514	2035	1.894
2014	1.104	2025	1.549	2036	1.928
2015	1.182	2026	1.583	2037	1.963
2016	1.223	2027	1.618	2038	1.997
2017	1.291	2028	1.652	2039	2.032
2018	1.307	2029	1.687	2040	2.066
2019	1.342	2030	1.721	2041	2.101
2020	1.376	2031	1.756	2042	2.135
2021	1.411	2032	1.790	2043	2.170

(Sumber : *BPS Kota Semarang ,2018*)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Perencanaan Tebal Struktur Lapisan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perencanaan perkerasan tipe *flexible pavement* memerlukan data lalu lintas dan pertumbuhan lalu lintas untuk menghitung beban perkerasan. Perhitungan tersebut meliputi :

- 1) Pertumbuhan lalu lintas = 7 % (Tabel 4.2)
- 2) Umur Rencana = 25 tahun
- 3) Faktor Pertumbuhan Lalu lintas =

$$R = \frac{(1 + i)^{UR} - 1}{i} = \frac{(1 + 7\%)^{25} - 1}{7\%} = 63.25$$

- 4) Volume Kendaraan =

Pada perencanaan perkerasan metode AASHTO 1993, dijelaskan bahwa untuk kendaraan dengan beban muatan 2 s.d 5 ton seperti sedan, jip, dan pick up maka tidak diperhitungkan dalam perencanaan. Hal ini dikarenakan nilai faktor beban sumbu yang dihasilkan terlalu kecil sehingga tidak berpengaruh besar dalam perencanaan tebal perkerasan. Adapun kendaraan yang diperhitungkan antara lain :

- a. Bus (8 ton) = 800 kendaraan/hari
- b. Truk 2 gandar (13 ton) = 3.647 kendaraan/hari
- c. Truk 3 gandar (20 ton) = 630 kendaraan/hari
- d. Truk 3 gandar (26 ton) = 515 kendaraan/hari
- e. Truk 4 gandar (35 ton) = 167 kendaraan/hari
- f. Truk 4 gandar (42 ton) = 136 kendaraan/hari
- g. Truk 5 gandar (50 ton) = 180 kendaraan/hari

5.1.1 Menghitung Persentase Beban Sumbu Kendaraan

Dalam melakukan perencanaan perkerasan metode AASHTO 1993, terlebih dahulu dilakukan perhitungan persentase

sumbu masing-masing kendaraan. Adapun cara perhitungan tersebut antara lain :

1. Bus (Kapasitas 8 ton)

Persentase kendaraan bus dengan kapasitas 8 ton dimana berdasarkan Tabel 2.6 untuk persentase sumbu kendaraan bus adalah 34 % untuk roda depan dan 66 % untuk roda belakang, dimana masing – masing persentase dari sumbu kendaraan dikalikan dengan kapasitas kendaraan, sehingga :

- a. Roda Depan (STRT) = 34 % x kapasitas kendaraan
 = 34% x 8 ton
 = 3 ton
- b. Roda Belakang (STRG) = 66 % x kapasitas kendaraan
 = 66% x 8 ton
 = 5 ton

2. Truk dengan 2 gandar (Kapasitas 13 ton)

Persentase kendaraan Truk 2 gandar dengan kapasitas 13 ton dimana berdasarkan Tabel 2.6 untuk persentase sumbu kendaraan bus adalah 34 % untuk roda depan dan 66 % untuk roda belakang, dimana masing – masing persentase dari sumbu kendaraan dikalikan dengan kapasitas kendaraan, sehingga :

- a. Roda Depan (STRT) = 34 % x kapasitas kendaraan
 = 34% x 13 ton
 = 5 ton
- b. Roda Belakang (STRG) = 66 % x kapasitas kendaraan
 = 66% x 13 ton
 = 8 ton

3. Truk dengan 3 gandar (Kapasitas 20 ton)

Persentase kendaraan Truk 3 gandar dengan kapasitas 20 ton dimana berdasarkan Tabel 2.6 untuk

persentase sumbu kendaraan bus adalah 25 % untuk roda depan dan 75 % untuk roda belakang, dimana masing – masing persentase dari sumbu kendaraan dikalikan dengan kapasitas kendaraan, sehingga :

- a. Roda Depan (STRT) = 25 % x kapasitas kendaraan
 = 25% x 20 ton
 = 5 ton
- b. Roda Belakang (SGRG)= 75 % x kapasitas kendaraan
 = 75% x 20 ton
 = 15 ton

4. Truk dengan 3 gandar (Kapasitas 26 ton)

Persentase kendaraan Truk 3 gandar dengan kapasitas 26 ton dimana berdasarkan Tabel 2.6 untuk persentase sumbu kendaraan bus adalah 18 % untuk roda depan, 41 % untuk roda tengah dan 41 % untuk roda belakang, dimana masing – masing persentase dari sumbu kendaraan dikalikan dengan kapasitas kendaraan, sehingga :

- a. Roda Depan (STRT) = 18 % x kapasitas kendaraan
 = 18% x 26 ton
 = 6 ton
- b. Roda Tengah(STRG) = 41 % x kapasitas kendaraan
 = 41% x 26 ton
 = 10 ton
- c. Roda Belakang (STRG)= 75 % x kapasitas kendaraan
 = 41% x 26 ton
 = 10 ton

5. Truk dengan 4 gandar (Kapasitas 35 ton)

Persentase kendaraan Truk 4 gandar dengan kapasitas 35 ton dimana berdasarkan Tabel 2.6 untuk persentase sumbu kendaraan bus adalah 16 % untuk roda depan, 36 % untuk roda tengah sisi depan, 24 % untuk roda

tengah sisi belakang, dan 24 % untuk roda belakang, dimana masing – masing persentase dari sumbu kendaraan dikali dengan kapasitas kendaraan, sehingga :

- a. Roda Depan (STRT) = 16 % x kapasitas kendaraan
 = 16% x 35 ton
 = 6 ton
- b. Roda Tengah (STRG) = 36 % x kapasitas kendaraan
 sisi depan = 36% x 35 ton
 = 13 ton
- c. Roda Tengah (STRG) = 24 % x kapasitas kendaraan
 sisi belakang = 24% x 35 ton
 = 8 ton
- d. Roda Belakang (STRG)= 24 % x kapasitas kendaraan
 = 24 % x 35 ton
 = 8 ton

6. Truk dengan 4 gandar (Kapasitas 42 ton)

Persentase kendaraan Truk 4 gandar dengan kapasitas 42 ton dimana berdasarkan Tabel 2.6 untuk persentase sumbu kendaraan bus adalah 18 % untuk roda depan, 28 % untuk roda tengah, dan 54 % untuk roda belakang, dimana masing – masing persentase dari sumbu kendaraan dikalikan dengan kapasitas kendaraan, sehingga :

- a. Roda Depan (STRT) = 18 % x kapasitas kendaraan
 = 18% x 42ton
 = 8 ton
- b. Roda Tengah (STRG) = 28 % x kapasitas kendaraan
 = 28% x 42 ton
 = 12 ton
- c. Roda Belakang (SGRG)= 54 % x kapasitas kendaraan
 = 54 % x 42 ton
 = 22 ton

7. Truk dengan 5 gandar (Kapasitas 50 ton)

Persentase kendaraan Truk 5 gandar dengan kapasitas 50 ton dimana berdasarkan Tabel 2.6 untuk persentase sumbu kendaraan bus adalah 18 % untuk roda depan, 28 % untuk roda tengah, dan 54 % untuk roda belakang, dimana masing – masing persentase dari sumbu kendaraan dikali dengan kapasitas kendaraan, sehingga :

- a. Roda Depan (STRT) = 18 % x kapasitas kendaraan
 = 18% x 50 ton
 = 9 ton
- b. Roda Tengah (STRG) = 28 % x kapasitas kendaraan
 = 28% x 50 ton
 = 14 ton
- c. Roda Belakang (SGRG) = 54 % x kapasitas kendaraan
 = 54 % x 50 ton
 = 27 ton

5.1.2 Perhitungan Tebal Struktur Lapisan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Dalam menghitung tebal struktur lapisan perkerasan lentur, adapun hal yang harus dilakukan terlebih dahulu adalah menghitung nilai *Axle Load* menggunakan metode AASHTO'93. Perhitungan ini menggunakan Lampiran A1 s.d A3 dari AASHTO'93 untuk masing-masing jenis tipe gandar yaitu *single axles*, *tandem axles* dan *triple axles* seperti yang terlihat pada Gambar 2.3. Setelah dilakukan klasifikasi berdasarkan tipe gandar, maka dilanjutkan dengan perhitungan nilai *Axle Load Equivalency Factors*, dimana dalam perhitungan ini, parameter yang digunakan adalah SN (*Structural Number*) dan IPT (Indeks Permukaan Akhir). Dalam perhitungannya, nilai SN diperoleh berdasarkan nilai asumsi. Nilai asumsi SN ini dicoba dengan batas SN = 1 – 6 seperti terlihat pada Lampiran A1 s.d A3. Penentuan nilai SN ini dilakukan dengan cara coba-coba hingga

pada perencanaan tebal lapisan perkerasan diperoleh nilai $\text{Log } W_{18}$ dari perhitungan ESAL/tahun sama dengan nilai $\text{Log } W_{18}$ menggunakan rumusan AASHTO 1993 pada subbab 2.4.3.9. Pada perhitungan ini, asumsi awal dicoba dengan menggunakan nilai $\text{SN} = 5$ dan $\text{IPt} = 3$.

5.1.2.1 Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) dengan $\text{SN} = 5$ dan $\text{IPt} = 3$

Pada perencanaan ini, adapun parameter yang digunakan dalam menghitung nilai *Axle Load* antara lain:

- $\text{IPt} = 3$, untuk persentasi orang tidak menerima kondisi jalan 12 %, jalan bebas hambatan. (Subbab 2.4.3.3)
- $\text{SN} = 5$, asumsi awal.
- $\text{DD} = 0.5$, untuk kondisi jalur dua arah : 0.3-0.7. (Subbab 2.4.3.4)
- $\text{DL} = 80\% = 0.8$, untuk jumlah lajur per-arah yaitu 3. (Subbab 2.4.3.4)

Dalam perhitungan ini, nilai $\text{SN} = 5$ digunakan sebagai asumsi awal (cara coba-coba) untuk menghitung $\text{Log } W_{18}$ (ESAL 18 kips per tahun) yang nantinya pada saat perhitungan tebal perkerasan akan dilihat apakah nilai SN yang dihitung menggunakan rumus AASHTO 1993 menghasilkan nilai $\text{Log } W_{18}$ yang sesuai atau mendekati nilai dari $\text{Log } W_{18}$ (ESAL 18 kips per tahun) untuk SN asumsi awal. Apabila nilai SN tidak sesuai, maka dilakukan perhitungan ulang dengan asumsi nilai SN berbeda hingga diperoleh nilai $\text{Log } W_{18}$ perhitungan yang sesuai atau mendekati nilai $\text{Log } W_{18}$ (ESAL 18 kips per tahun). Adapun perhitungan untuk *Axle Load Equivalency Factors* adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan *Axle Load Equivalency Factors* dan ESAL dengan SN = 5 dan IPt = 3

a. Kendaraan Bus (1.2)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 3 ton dan roda belakang 5 ton serta jenis sumbu yaitu *single axles*, SN asumsi = 5 dan IPt = 3, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 3 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

Roda depan = 3 ton x 2.2046 kips = 6.6138

maka dilakukan interpolasi linier untuk *Axle Load* 6.6138 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factors* SN = 5 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.0400 - 0.0120)}{(8 - 6)}(6.6138 - 6) + 0.0120$$

$$y = 0.0206$$

- Roda belakang kapasitas 5 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

Roda belakang = 5 ton x 2.2046 kips = 11.023

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 11.023 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load*

Equivalency Factors dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.2120 - 0.1010)}{(12 - 10)}(11.023 - 10) + 0.1010$$

$$y = 0.1578$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load Factors* setiap sumbu kendaraan = $0.0206 + 0.1578 = 0.1784$.

b. Kendaraan Truk 2 Gandar (1.2L dan 1.2H)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 5 ton dan roda belakang 8 ton serta jenis sumbu yaitu *single axles*, SN asumsi = 5 dan IPt = 3, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 5 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda depan} = 5 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 11.023$$

maka dilakukan interpolasi *Axle Load* 11.023 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.2120 - 0.1010)}{(12 - 10)}(11.023 - 10) + 0.1010$$

$$y = 0.1578$$

- Roda belakang kapasitas 8 ton, sumbu tunggal

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda belakang} = 8 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 17.637$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 17.637 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.000 - 0.6510)}{(18 - 16)}(17.6368 - 16) + 0.6510$$

$$y = 0.9366$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load Factos* setiap sumbu kendaraan = $0.1578 + 0.9366 = 1.0944$.

c. Kendaraan Truk 3 Gandar (1.22)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 5 ton jenis sumbu yaitu *single axles* dan roda belakang 15 ton jenis sumbu *tandem axles*, SN asumsi = 5 dan IPt = 3, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 5 ton, sumbu tunggal

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda depan} = 5 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 11.023$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 11.023 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.2120 - 0.1010)}{(12 - 10)}(11.023 - 10) + 0.1010$$

$$y = 0.1578$$

- Roda belakang kapasitas 15 ton, sumbu ganda

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda belakang} = 15 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 33.069$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 33.069 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.1200 - 0.8960)}{(34 - 32)}(33.0690 - 32) + 0.8960$$

$$y = 1.0157$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load Factors* setiap sumbu kendaraan = 0.1578 + 1,0157 = 1.1735.

d. Kendaraan Truk 3 Gandar (1.2-2)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 6 ton, roda tengah 10 ton dan roda belakang 10 ton jenis sumbu *single axles*, SN asumsi = 5 dan IPT = 3, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 6 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda depan} = 6 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 13.228$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 13.228 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5 dan IPT = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.3910 - 0.2120)}{(14 - 12)}(13.2276 - 12) + 0.2120$$

$$y = 0.3219$$

- Roda tengah dan belakang kapasitas 10 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda tengah dan belakang} = 10 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 22.046$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 22.046 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5 dan IPT = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load*

Equivalency Factors dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(2.6000 - 1.4400)}{(24 - 20)}(22.0460 - 20) + 1.4400$$

$$y = 2.0333$$

Dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load* setiap sumbu kendaraan = $0.3219 + 2.0333 + 2.0333 = 4.3890$.

e. Kendaraan Truk 4 Gandar (1.2+2.2)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 6 ton, roda tengah depan 13 ton, roda tengah belakang 8 ton dan roda belakang 8 ton dengan jenis sumbu *single axles*, SN asumsi = 5 dan IPt = 3, diperoleh:

- Roda depan kapasitas 6 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda depan} = 6 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 13.228$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 13.228 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.3910 - 0.2120)}{(14 - 12)}(13.2276 - 12) + 0.2120$$

$$y = 0.3219$$

- Roda tengah depan kapasitas 13 ton, sumbu tunggal

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda tengah depan} = 13 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 28.6598$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 28.6598 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(5.1000 - 4.1700)}{(30 - 28)}(28.6598 - 28) + 4.1700$$

$$y = 4.4768$$

- Roda tengah sisi belakang kapasitas 8 ton, sumbu tunggal

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda tengah belakang} = 8 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 17.6368$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 17.6368 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.000 - 0.6510)}{(18 - 16)}(17.6368 - 16) + 0.6510$$

$$y = 0.9366$$

- Roda belakang kapasitas 8 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda belakang} = 8 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 17.6368$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 17.6368 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5 dan IPt = 3 . Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.000 - 0.6510)}{(18 - 16)}(17.6368 - 16) + 0.6510$$

$$y = 0.9366$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load* setiap sumbu kendaraan = 0.3219 + 4.4678 + 0.9366 + 0.9366 = 6.672.

- f. Kendaraan Truk 4 Gandar (1.2+22)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 8 ton, roda tengah 12 ton dengan jenis sumbu *single axles* serta roda belakang 22 ton dengan jenis sumbu *tandem axles*, SN asumsi = 5 dan IPt = 3, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 8 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda depan} = 8 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 17.6368$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 17.6368 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.000 - 0.6510)}{(18 - 16)}(17.6368 - 16) + 0.6510$$

$$y = 0.9366$$

- Roda tengah kapasitas 12 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda tengah} = 12 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 26.4552$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 26.4552 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(4.1700 - 3.3300)}{(28 - 26)}(26.4552 - 26) + 3.3300$$

$$y = 3.5212$$

- Roda belakang kapasitas 22 ton, sumbu ganda

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda belakang} = 22 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 48.5012$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 48.5012 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(4.0500 - 3.5700)}{(50 - 48)}(48.5012 - 48) + 3.5700$$

$$y = 3.6903$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load Factor* setiap sumbu kendaraan = $0.9366 + 3.5212 + 3.6903 = 8.148$.

- g. Kendaraan Truk 5 Gandar (1.2+222)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 9 ton, roda tengah 14 ton dengan jenis sumbu *single axles* serta roda belakang 27 ton dengan jenis sumbu *triple axles*, SN asumsi = 5 dan IPt = 3, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 9 ton, sumbu tunggal

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda depan} = 9 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 19.8414$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 19.8414 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5 dan IPT = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.4400 - 1.0000)}{(20 - 18)}(19.8418 - 18) + 1.000$$

$$y = 1.4051$$

- Roda tengah kapasitas 14 ton, sumbu tunggal

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda tengah} = 14 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 30.8644$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 30.8644 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5 dan IPT = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(6.3000 - 5.1000)}{(32 - 30)}(30.8644 - 30) + 5.100$$

$$y = 5.6186$$

- Roda belakang kapasitas 27 ton, sumbu ganda

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda belakang} = 27 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 59.5242$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 59.5242 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(2.3900 - 2.1300)}{(60 - 58)}(59.5242 - 58) + 2.1300$$

$$y = 2.3281$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load* setiap sumbu kendaraan = 1.4051 + 5.6186 + 2.3281 = 9.3519.

Berdasarkan perhitungan nilai *Axle Load Equivalency Factor* yang telah dilakukan diatas, maka dapat diperoleh total ESAL/ hari. Adapun perhitungan total ESAL/hari dapat terlihat pada Tabel 5.1, yaitu :

Tabel 5.1 ESAL untuk SN=5 dan IPT=3

Kendaraan	LHR	Muatan Kendar aan	Konfigur asi Sumbu	Berat Beban/Sumbu (ton)			EALF			EALF	ESAL /hari (11 x 2)
				Sb-1	Sb-2	Sb-3	Sb-1	Sb-2	Sb-3		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Bus	800	8	1.2	3+5	0	0	0.1784	0	0	0.1784	142.70
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,647	13	1.2 L dan 1.2 H	5+8	0	0	1.0944	0	0	1.0944	3991.27
Truk dengan 3 (tiga) gandar	630	20	1.22	5	15	0	0.1578	1.015 7	0	1.1735	739.01
Truk dengan 3 (tiga) gandar	515	26	1.2-2	6+10	10	0	2.3552	2.033 3	0	4.3886	2261.20
Truk dengan 4 (empat) gandar	167	35	1.2+2.2	6+13+ 8+8	0	0	6.6719	0	0	6.6719	1111.88
Truk dengan 4 (empat) gandar	136	42	1.2+22	8+12	22	0	4.4578	3.690 3	0	8.1481	1110.99
Truk dengan 5 (lima) gandar	180	50	1.2+222	9+14	0	27	7.0237	0	2.328 1	9.3519	1683.34
Total ESAL per-hari											10614.05

Keterangan :

- Sb-1, Sb-2 dan Sb-3 menandakan type sumbu kendaraan yaitu sumbu tunggal, sumbu tandem dan sumbu triple.
- EALF atau disebut juga *Axle Load Equivalency Factors*

Tabel 5.1 ESAL untuk SN = 5 dan IPt = 3.....(Lanjutan)

Kendaraan	Konfigurasi Sumbu Kendaraan	EALF	LHR	FAKTOR UR	ESAL per tahun (W18) (3X4X5X365XDDXDL)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Bus	1.2	0.1784	800	63.25	1647129.935
Truk dengan 2 (dua) gandar	1.2 L dan 1.2 H	1.0944	3647	63.25	46071026.09
Truk dengan 3 (tiga) gandar	1.22	1.1735	630	63.25	8530406.492
Truk dengan 3 (tiga) gandar	1.2-2	4.3886	515	63.25	26100922.81
Truk dengan 4 (empat) gandar	1.2+2.2	6.6719	167	63.25	12834323.02
Truk dengan 4 (empat) gandar	1.2+22	8.1481	136	63.25	12824130.91
Truk dengan 5 (lima) gandar	1.2+222	9.3519	180	63.25	19430719.03
Total ESAL per-tahun untuk 30 % yang masuk ke Tol = Total x 30 % (W18)					122,438,658.30
log W₁₈ (Log (Total ESAL per-tahun))					7.56

Keterangan :

Faktor UR (Umur Rencana) dengan pertumbuhan lalu lintas 7% dan umur rencana = 25 tahun , sehingga =

$$Faktor UR = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} = \frac{(1+7\%)^{25}-1}{7\%} = 63.25$$

2. Perhitungan Tebal Struktur Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) dengan SN = 5 dan IPT = 3

Dari perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, dengan menggunakan asumsi awal SN = 5 dan nilai IPT = 3 diperoleh nilai ESAL per-tahun (W_{18}) dari Tabel 5.1 yaitu 122,438,658.30 dengan $\log(W_{18}) = 7.56$. Berdasarkan hasil yang diperoleh tersebut maka dilakukan perencanaan untuk tebal masing-masing lapis perkerasan dengan metode AASHTO 1993. Adapun parameter-parameter dalam perhitungannya, antara lain:

- a. SN = 5 (diatas subgrade)
- b. IPT = 3 , untuk persentase orang tidak menerima 12%, jalan bebas hambatan.(Subbab 2.4.3.3)
- c. IPO = 4.2, untuk perkerasan lentur.(Subbab 2.4.3.3)
- d. Zr = -0.8410, untuk nilai R dari jalan Tol Rural 80%. (Tabel 2.10)
- e. So = 0.35, untuk *Flexible Pavement* (Subbab 2.4.3.5)
- f. CBR = 6% , untuk subgrade (Subbab 3.3.1.3)
- g. CBR = 70% , *subbase* (Subbab 3.3.1.3)
- h. CBR = 100% , *base* (Subbab 3.3.1.3)
- i. Mr = 1500 x CBR = 1500 x 6 = 9000 psi
- j. Mr = 1500 x CBR = 1500 x 70 = 105000 psi
- k. Mr = 1500 x CBR = 1500 x 100 = 150000 psi
- l. $\log(W_{18}) = 7.56$ (Tabel 5.1)

a. Perkerasan diatas subgrade

$$\log(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \left[\frac{1094}{(SN+1)^{5.19}} \right]} + 2.32 \log_{10} M_r - 8.07$$

$$\begin{aligned}
 7.56 &= (-0.8410) \cdot (0.35) + 9.36 \log_{10}(5 + 1) - \\
 &0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{4.2-3}{4.2-1.5} \right]}{0.40 + \left[\frac{1094}{(5+1)^{5.19}} \right]} + 2.32 \log_{10}(9000) - 8.07 \\
 7.56 &= 7.20 \text{ (Not OK)}
 \end{aligned}$$

Dikarenakan perhitungan $\log(W_{18})$ tidak sama, perhitungan diulang dengan mengubah asumsi nilai SN yang ditentukan di awal dengan cara coba-coba dan interpolasi.

Pada perhitungan ketebalan perkerasan lentur selanjutnya, dilakukan percobaan untuk asumsi menggunakan nilai SN = 6 dan IPT = 3.

5.1.2.2 Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) dengan SN = 6 dan IPT = 3

Pada perencanaan ini, adapun parameter yang digunakan dalam menghitung nilai *Axle Load* antara lain:

- IPT = 3, untuk persentasi orang tidak menerima kondisi jalan 12 %, jalan bebas hambatan. (Subbab 2.4.3.3)
- SN = 6, asumsi kedua.
- DD = 0.5, untuk kondisi jalur dua arah : 0.3-0.7. (Subbab 2.4.3.4)
- DL = 80% = 0.8 ,untuk jumlah lajur per-arah yaitu 3. (Subbab 2.4.3.4)

Dalam perhitungan ini, nilai SN = 6 digunakan sebagai asumsi kedua (cara coba-coba) untuk menghitung Log W_{18} (ESAL 18 kips per tahun) yang nantinya pada saat perhitungan tebal perkerasan akan dilihat apakah nilai SN yang dihitung menggunakan rumus AASHTO 1993 menghasilkan nilai Log W_{18} yang sesuai atau mendekati nilai dari Log W_{18} (ESAL 18 kips per tahun) untuk SN asumsi awal. Adapun perhitungannya adalah :

1. Perhitungan *Axle Load Equivalency Factors* dan ESAL dengan SN = 6 dan IPt = 3

a. Kendaraan Bus (1.2)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 3 ton dan roda belakang 5 ton serta jenis sumbu yaitu *single axles*, SN asumsi = 6 dan IPt = 3, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 3 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

Roda depan = 3 ton x 2.2046 kips = 6.6138

maka dilakukan interpolasi linier untuk *Axle Loads* 6.6138 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factors* SN = 6 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.0320 - 0.0100)}{(8 - 6)}(6.6138 - 6) + 0.0100$$

$$y = 0.0154$$

- Roda belakang kapasitas 5 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

Roda belakang = 5 ton x 2.2046 kips = 11.023

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 11.023 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 6 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load*

Equivalency Factors dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.1870 - 0.0860)}{(12 - 10)}(11.023 - 10) + 0.0860$$

$$y = 0.1377$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load Factors* setiap sumbu kendaraan = $0.0154 + 0.1377 = 0.1530$.

b. Kendaraan Truk 2 Gandar (1.2L dan 1.2H)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 5 ton dan roda belakang 8 ton serta jenis sumbu yaitu *single axles*, SN asumsi = 6 dan IPt = 3, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 5 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda depan} = 5 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 11.023$$

maka dilakukan interpolasi *Axle Load* 11.023 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 6 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.1870 - 0.0860)}{(12 - 10)}(11.023 - 10) + 0.0860$$

$$y = 0.1377$$

- Roda belakang kapasitas 8 ton, sumbu tunggal

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda belakang} = 8 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 17.637$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 17.637 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 6 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.000 - 0.6240)}{(18 - 16)}(17.6368 - 16) + 0.6240$$

$$y = 0.9334$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load Factos* setiap sumbu kendaraan = 0.1377 + 0.9334= 1.0710.

c. Kendaraan Truk 3 Gandar (1.22)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 5 ton jenis sumbu yaitu *single axles* dan roda belakang 15 ton jenis sumbu *tandem axles*, SN asumsi = 6 dan IPt = 3, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 5 ton, sumbu tunggal

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda depan} = 5 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 11.023$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 11.023 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 6 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.1870 - 0.0860)}{(12 - 10)}(11.023 - 10) + 0.0860$$

$$y = 0.1377$$

- Roda belakang kapasitas 15 ton, sumbu ganda

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda belakang} = 15 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 33.069$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 33.069 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 6 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.0800 - 0.8450)}{(34 - 32)}(33.0690 - 32) + 0.8550$$

$$y = 0.9756$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load Factors* setiap sumbu kendaraan = 0.1377 + 0.9756 = 1.1093.

d. Kendaraan Truk 3 Gandar (1.2-2)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 6 ton, roda tengah 10 ton jenis sumbu *single axles* dan roda belakang 10 ton jenis sumbu *tandem axles*, SN asumsi = 6 dan IPt = 3, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 6 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda depan} = 6 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 13.228$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 13.228 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 6 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.3680 - 0.1870)}{(14 - 12)}(13.2276 - 12) + 0.1870$$

$$y = 0.3020$$

- Roda tengah kapasitas 10 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda tengah dan belakang} = 10 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 22.046$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 22.046 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 6 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load*

Equivalency Factors dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(2.9600 - 1.5100)}{(24 - 20)}(22.0460 - 20) + 1.5100$$

$$y = 2.2517$$

- Roda belakang kapasitas 10 ton, sumbu ganda

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\begin{aligned} \text{Roda tengah dan belakang} &= 10 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} \\ &= 22.046 \end{aligned}$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 22.046 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 6 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.2580 - 0.1200)}{(24 - 20)}(22.0460 - 20) + 0.1190$$

$$y = 0.2106$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load* setiap sumbu kendaraan = 0.3020 + 2.2517 + 0.1206 = 2.7643.

e. Kendaraan Truk 4 Gandar (1.2+2.2)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 6 ton, roda tengah depan 13 ton, roda tengah belakang 8 ton dan roda belakang 8 ton dengan jenis sumbu *single axles*, SN asumsi = 6 dan IPt = 3, diperoleh:

- Roda depan kapasitas 6 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda depan} = 6 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 13.228$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 13.228 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 6 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.3590 - 0.1880)}{(14 - 12)}(13.2276 - 12) + 0.1870$$

$$y = 0.2940$$

- Roda tengah depan kapasitas 13 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda tengah depan} = 13 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 28.6598$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 28.6598 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 6 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load*

Equivalency Factors dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(6.3010 - 5.0000)}{(30 - 28)}(28.6598 - 28) + 5.0000$$

$$y = 5.4299$$

- Roda tengah sisi belakang kapasitas 8 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda tengah belakang} = 8 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 17.6368$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 17.6368 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 6 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.000 - 0.6240)}{(18 - 16)}(17.6368 - 16) + 0.6240$$

$$y = 0.9334$$

- Roda belakang kapasitas 8 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda belakang} = 8 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 17.6368$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 17.6368 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 6 dan IPT = 3 . Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.000 - 0.6220)}{(18 - 16)}(17.6368 - 16) + 0.6220$$

$$y = 0.9314$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load* setiap sumbu kendaraan = 0.2940 + 5.4299 + 0.9334 + 0.9314 = 7.5885.

f. Kendaraan Truk 4 Gandar (1.2+22)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 8 ton, roda tengah 12 ton dengan jenis sumbu *single axles* serta roda belakang 22 ton dengan jenis sumbu *tandem axles*, SN asumsi = 6 dan IPT = 3, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 8 ton, sumbu tunggal

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda depan} = 8 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 17.6368$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 17.6368 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 6 dan IPT = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.000 - 0.6220)}{(18 - 16)}(17.6368 - 16) + 0.6220$$

$$y = 0.9334$$

- Roda tengah kapasitas 12 ton, sumbu tunggal

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda tengah} = 12 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 26.4552$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 26.4552 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 6 dan IPT = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(5.0000 - 3.9100)}{(28 - 26)}(26.4552 - 26) + 3.9100$$

$$y = 4.1591$$

- Roda belakang kapasitas 22 ton, sumbu ganda

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda belakang} = 22 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 48.5012$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 48.5012 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 6 dan IPT = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load*

Equivalency Factors dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(4.700 - 4.0700)}{(50 - 48)}(48.5012 - 48) + 4.0700$$

$$y = 4.2279$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load Factor* setiap sumbu kendaraan = $0.9334 + 4.1591 + 4.2279 = 9.3203$.

g. *Axle Load* Kendaraan Truk 5 Gandar (1.2+222)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 9 ton, roda tengah 14 ton dengan jenis sumbu *single axles* serta roda belakang 27 ton dengan jenis sumbu *triple axles*, SN asumsi = 6 dan IPt = 3, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 9 ton, sumbu tunggal

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda depan} = 9 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 19.8414$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 19.8414 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 6 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.5100 - 1.0000)}{(20 - 18)} (19.8418 - 18) + 1.000$$

$$y = 1.4696$$

- Roda tengah kapasitas 14 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda tengah} = 14 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 30.8644$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 30.8644 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 6 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} (x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(7.7020 - 6.31000)}{(32 - 30)} (30.8644 - 30) + 6.3000$$

$$y = 6.9081$$

- Roda belakang kapasitas 27 ton, sumbu triple

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda belakang} = 27 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 59.5242$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 59.5242 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 6 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(2.5300 - 2.2000)}{(60 - 58)}(59.5242 - 58) + 2.2000$$

$$y = 2.4586$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load* setiap sumbu kendaraan = $1.4696 + 6.9081 + 2.4586 = 10.8553$.

Berdasarkan perhitungan terhadap nilai *Axle Load Equivalency Factor* yang telah dilakukan diatas, maka dapat diperoleh total ESAL/ hari dan Esal/tahun . Adapun perhitungan total ESAL/hari dan Esal/tahun dapat terlihat pada Tabel 5.2, yaitu :

Tabel 5.2 ESAL untuk SN = 6 dan IPT=3

Kendaraan	LHR	Muatan Kendar aan	Konfigur asi Sumbu	Berat Beban/Sumbu (ton)			EALF			EALF/ ESAL	ESAL /hari (11 x 2)
				Sb-1	Sb-2	Sb-3	Sb-1	Sb-2	Sb-3		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Bus	800	8	1.2	3+5	0	0	0.1530	0	0	0.1530	124.02
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,647	13	1.2 L dan 1.2 H	5+8	0	0	1.0710	0	0	1.0710	3898.70
Truk dengan 3 (tiga) gandar	630	20	1.22	5	15	0	0.1377	0.9576	0	1.1093	704.23
Truk dengan 3 (tiga) gandar	515	26	1.2-2	6+10	10	0	2.5437	0.1206	0	2.7643	1408.29
Truk dengan 4 (empat) gandar	167	35	1.2+2.2	6+13+ 8+8	0	0	7.5885	0	0	7.5885	1263.80
Truk dengan 4 (empat) gandar	136	42	1.2+22	8+12	22	0	5.0925	4.2279	0	9.3203	1270.42
Truk dengan 5 (lima) gandar	180	50	1.2+222	9+14	0	27	8.3777	0	2.429	10.8533	1944.59
Total ESAL/hari setiap arah =											10614.04

Keterangan :

- Sb-1, Sb-2 dan Sb-3 menandakan type sumbu kendaraan yaitu sumbu tunggal, sumbu tandem dan sumbu triple.
- EALF atau disebut juga *Axle Load Equivalency Factors*

Tabel 5.2 ESAL untuk SN = 6 dan IPt = 3.....(Lanjutan)

Kendaraan	Konfigurasi Sumbu Kendaraan	EALF	LHR AWAL	FAKTOR UR	ESAL per tahun (W18) (3X4X5X365XDDXDL)
1	2	3	4	5	6
Bus	1.2	0.1530	800	63.25	2825757.000
Truk dengan 2 (dua) gandar	1.2 L dan 1.2 H	1.0710	3647	63.25	90173438.070
Truk dengan 3 (tiga) gandar	1.22	1.1183	630	63.25	8128890.122
Truk dengan 3 (tiga) gandar	1.2-2	2.7643	515	63.25	16264932.630
Truk dengan 4 (empat) gandar	1.2+2.2	7.5885	167	63.25	29256731.360
Truk dengan 4 (empat) gandar	1.2+22	9.3173	136	63.25	29253806.330
Truk dengan 5 (lima) gandar	1.2+222	10.8533	180	63.25	45101159.480
Total ESAL per-tahun untuk 30 % yang masuk ke Tol = Total x 30 % (W18)					221.004.715.00
log W₁₈ (Log (Total ESAL per-tahun))					7.82

- Keterangan : Faktor UR (Umur Rencana) dengan pertumbuhan lalu lintas 7% dan umur rencana = 25 tahun , sehingga = $Faktor\ UR = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} = \frac{(1+7\%)^{25}-1}{7\%} = 63.25$

2. Perhitungan Tebal Struktur Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) dengan SN = 6 dan IPt = 3

Dari perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, dengan menggunakan asumsi awal SN = 6 dan nilai IPt = 3 diperoleh nilai ESAL per-tahun (W_{18}) dari Tabel 5.2 yaitu 221,004,715.00 dengan $\text{Log}(W_{18}) = 7.82$. Berdasarkan hasil yang diperoleh tersebut maka dilakukan perencanaan untuk tebal masing-masing lapis perkerasan dengan metode AASHTO 1993. Adapun parameter-parameter dalam perhitungannya, antara lain:

- a. SN = 5 (diatas subgrade)
- b. IPt = 3, untuk persentase orang tidak menerima 12%, jalan bebas hambatan.(Subbab 2.4.3.3)
- c. IPO = 4.2, untuk perkerasan lentur.(Subbab 2.4.3.3)
- d. Zr = -0.8410, untuk nilai R dari jalan Tol Rural 80%. (Tabel 2.10)
- e. So = 0.35, untuk Flexible Pavement (Subbab 2.4.3.5)
- f. CBR = 6% , untuk subgrade (Subbab 3.3.1.3)
- g. CBR = 70% , subbase (Subbab 3.3.1.3)
- h. CBR = 100% , base (Subbab 3.3.1.3)
- i. Mr = 1500 x CBR = 1500 x 6 = 9000 psi
- j. Mr = 1500 x CBR = 1500 x 70 = 105000 psi
- k. Mr = 1500 x CBR = 1500 x 100 = 150000 psi
- l. $\log(W_{18}) = 7.82$ (Tabel 5.2)

a. Perkerasan diatas subgrade

$$\log(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \left[\frac{1094}{(SN+1)^{5.19}} \right]} + 2.32 \log_{10} M_r - 8.07$$

$$\begin{aligned}
 7.82 &= (-0.8410) \cdot (0.35) + 9.36 \log_{10}(5 + 1) - \\
 &0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{4.2-3}{4.2-1.5} \right]}{0.40 + \left[\frac{1094}{(5+1)^{5.19}} \right]} + 2.32 \log_{10}(9000) - 8.07 \\
 7.82 &= 7.74 \text{ (Not OK)}
 \end{aligned}$$

Dikarenakan perhitungan $\log(W_{18})$ tidak sama, perhitungan diulang dengan mengubah asumsi nilai SN yang ditentukan di awal dengan cara coba-coba dan interpolasi.

Pada perhitungan selanjutnya ini, karena berdasarkan perhitungan sebelumnya dengan asumsi SN awal = 5 menghasilkan nilai Log W_{18} yang terlalu kecil, sedangkan untuk asumsi SN kedua = 6 diperoleh nilai Log W_{18} yang terlalu tinggi, maka perencanaan selanjutnya akan dilakukan percobaan dengan asumsi menggunakan nilai SN dalam rentang = 5 s. d 6 dan $I_{Pt} = 3$. Adapun nilai selanjutnya yang akan dicoba yaitu SN = 5.250 , SN = 5.560, dan SN = 5.675. Pada perhitungan selanjutnya akan dicoba menggunakan SN = 5.675 dan $I_{Pt} = 3$ terlebih dahulu, sedangkan untuk perhitungan SN = 5.250 dan SN = 5.560 dapat dilihat pada Lampiran C1 s.d C2.

5.1.2.3 Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) dengan SN = 5.675 dan $I_{Pt} = 3$

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, diperoleh nilai $\log(W_{18})$ yang berbeda, sehingga dilakukan perhitungan ulang agar diperoleh nilai SN yang sesuai dengan asumsi awal. Dalam perhitungan ini, proses-proses perhitungan sama dengan perhitungan sebelumnya. Adapun parameter-parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan ini, antara lain :

- $I_{Pt} = 3$, untuk orang tidak menerima jalan 12 % , jalan bebas hambatan. (Subbab 2.4.3.3)
- SN = 5.675 (asumsi kedua)

- $DD = 0.5$, untuk kondisi jalur dua arah : 0.3-0.7.
(Subbab 2.4.3.4)
- $DL = 80\% = 0.8$, untuk jumlah lajur per-arah
yaitu 3. (Subbab 2.4.3.4)

1. Perhitungan *Axle Load Equivalency Factors* dan ESAL dengan $SN = 5.675$ dan $I_{Pt} = 3$

a. Kendaraan Bus (1.2)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 3 ton dan roda belakang 5 ton serta jenis sumbu yaitu *single axles*, SN asumsi = 5.675 dan $I_{Pt} = 3$, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 3 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

Roda depan = 3 ton x 2.2046 kips = 6.6138

maka dilakukan interpolasi linier untuk *Axle Loads* 6.6138 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factors* $SN = 5.675$ dan $I_{Pt} = 3$. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.0340 - 0.0110)}{(8 - 6)}(6.6138 - 6) + 0.0110$$

$$y = 0.0174$$

- Roda belakang kapasitas 5 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

Roda belakang = 5 ton x 2.2046 kips = 11.023

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 11.023 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5.675 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.1870 - 0.0860)}{(12 - 10)}(11.023 - 10) + 0.0860$$

$$y = 0.1377$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load Factors* setiap sumbu kendaraan = 0.0174 + 0.1377 = 0.1550.

b. Kendaraan Truk 2 Gandar (1.2L dan 1.2H)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 5 ton dan roda belakang 8 ton serta jenis sumbu yaitu *single axles*, SN asumsi = 5.675 dan IPt = 3, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 5 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

Roda depan = 5 ton x 2.2046 kips = 11.023

maka dilakukan interpolasi *Axle Load* 11.023 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load*

Equivalency Factor SN = 5.675 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.1870 - 0.0860)}{(12 - 10)}(11.023 - 10) + 0.0860$$

$$y = 0.1377$$

- Roda belakang kapasitas 8 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda belakang} = 8 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 17.637$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 17.637 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5.675 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.000 - 0.6220)}{(18 - 16)}(17.6368 - 16) + 0.6220$$

$$y = 0.9314$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load Factos* setiap sumbu kendaraan = 0.1377 + 0.9314= 1.0690.

c. Kendaraan Truk 3 Gandar (1.22)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 5 ton jenis sumbu yaitu *single axles* dan roda belakang 15 ton jenis sumbu *tandem axles*, SN asumsi = 5.675 dan IPt = 3, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 5 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda depan} = 5 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 11.023$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 11.023 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5.675 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.1870 - 0.0860)}{(12 - 10)}(11.023 - 10) + 0.0860$$

$$y = 0.1377$$

- Roda belakang kapasitas 15 ton, sumbu ganda

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda belakang} = 15 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 33.069$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 33.069 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5.675 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.0900 - 0.8550)}{(34 - 32)}(33.0690 - 32) + 0.8550$$

$$y = 0.9806$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load Factors* setiap sumbu kendaraan = $0.1377 + 0.9806 = 1.1183$.

d. Kendaraan Truk 3 Gandar (1.2-2)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 6 ton, roda tengah 10 ton jenis sumbu *single axles* dan roda belakang 10 ton jenis sumbu *tandem axles*, SN asumsi = 5.675 dan IPt = 3, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 6 ton, sumbu tunggal

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda depan} = 6 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 13.228$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 13.228 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5.675 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.3580 - 0.1870)}{(14 - 12)}(13.2276 - 12) + 0.1870$$

$$y = 0.2920$$

- Roda tengah kapasitas 10 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda tengah dan belakang} = 10 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} \\ = 22.046$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 22.046 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5.675 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(2.9600 - 1.5100)}{(24 - 20)}(22.0460 - 20) + 1.5100$$

$$y = 2.2517$$

- Roda belakang kapasitas 10 ton, sumbu ganda

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda tengah dan belakang} = 10 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} \\ = 22.046$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 22.046 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5.675 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.2570 - 0.1190)}{(24 - 20)} (22.0460 - 20) + 0.1190$$

$$y = 0.1896$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load* setiap sumbu kendaraan = $0.2920 + 2.2517 + 0.1896 = 2.7332$.

e. Kendaraan Truk 4 Gandar (1.2+2.2)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 6 ton, roda tengah depan 13 ton, roda tengah belakang 8 ton dan roda belakang 8 ton dengan jenis sumbu *single axles*, SN asumsi = 5.675 dan IPt = 3, diperoleh:

- Roda depan kapasitas 6 ton, sumbu tunggal

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda depan} = 6 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 13.228$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 13.228 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5.675 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} (x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.3580 - 0.1870)}{(14 - 12)} (13.2276 - 12) + 0.1870$$

$$y = 0.2920$$

- Roda tengah depan kapasitas 13 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda tengah depan} = 13 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 28.6598$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 28.6598 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5.675 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(6.3000 - 5.0000)}{(30 - 28)}(28.6598 - 28) + 5.0000$$

$$y = 5.4289$$

- Roda tengah sisi belakang kapasitas 8 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda tengah belakang} = 8 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 17.6368$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 17.6368 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5.675 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.000 - 0.6220)}{(18 - 16)} (17.6368 - 16) + 0.6220$$

$$y = 0.9314$$

- Roda belakang kapasitas 8 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda belakang} = 8 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 17.6368$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 17.6368 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5.675 dan IPt = 3 . Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} (x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.000 - 0.6220)}{(18 - 16)} (17.6368 - 16) + 0.6220$$

$$y = 0.9314$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load* setiap sumbu kendaraan = 0.2920 + 5.4289 + 0.9314 + 0.9314 = 7.5835.

f. Kendaraan Truk 4 Gandar (1.2+22)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 8 ton, roda tengah 12 ton dengan jenis sumbu *single axles* serta roda belakang 22 ton dengan jenis sumbu *tandem axles*, SN asumsi = 5.675 dan IPt = 3, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 8 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda depan} = 8 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 17.6368$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 17.6368 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5.675 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.000 - 0.6220)}{(18 - 16)}(17.6368 - 16) + 0.6220$$

$$y = 0.9314$$

- Roda tengah kapasitas 12 ton, sumbu tunggal

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda tengah} = 12 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 26.4552$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 26.4552 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5.675 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(5.0000 - 3.9100)}{(28 - 26)}(26.4552 - 26) + 3.9100$$

$$y = 4.1581$$

- Roda belakang kapasitas 22 ton, sumbu ganda

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda belakang} = 22 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 48.5012$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 48.5012 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5.675 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(4.700 - 4.0700)}{(50 - 48)}(48.5012 - 48) + 4.0700$$

$$y = 4.2279$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load Factor* setiap sumbu kendaraan = 0.9314 + 4.1581 + 4.2279 = 9.3173.

g. Kendaraan Truk 5 Gandar (1.2+222)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 9 ton, roda tengah 14 ton dengan jenis sumbu *single axles* serta roda belakang 27 ton dengan jenis sumbu *triple axles*, SN asumsi = 5.675 dan IPt = 3, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 9 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda depan} = 9 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 19.8414$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 19.8414 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5.675 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load*

Equivalency Factors dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.5100 - 1.0000)}{(20 - 18)}(19.8418 - 18) + 1.000$$

$$y = 1.4696$$

- Roda tengah kapasitas 14 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda tengah} = 14 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 30.8644$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 30.8644 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* SN = 5.675 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(7.7000 - 6.31000)}{(32 - 30)}(30.8644 - 30) + 6.3000$$

$$y = 6.9051$$

- Roda belakang kapasitas 27 ton, sumbu triple

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda belakang} = 27 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 59.5242$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 59.5242 kips berdasarkan Lampiran A1 s.d A3 untuk *Axle Load*

Equivalency Factor SN = 5.675 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(2.5000 - 2.2000)}{(60 - 58)}(59.5242 - 58) + 2.2000$$

$$y = 2.4286$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load* setiap sumbu kendaraan = 1.4696 + 6.9051 + 2.4286 = 10.8033.

Berdasarkan perhitungan terhadap nilai *Axle Load Equivalency Factor* yang telah dilakukan diatas, maka dapat diperoleh total ESAL/ hari dan Esal/tahun . Adapun perhitungan total ESAL/hari dan Esal/tahun dapat terlihat pada Tabel 5.3, yaitu :

Tabel 5.3 ESAL untuk SN=5.675 dan IPT=3

Kendaraan	LHR	Muatan Kendar aan	Konfigur asi Sumbu	Berat Beban/Sumbu (ton)			EALF			EALF/ ESAL	ESAL /hari (11 x 2)
				Sb-1	Sb-2	Sb-3	Sb-1	Sb-2	Sb-3		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Bus	800	8	1.2	3+5	0	0	0.1550	0	0	0.1550	124.02
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,647	13	1.2 L dan 1.2 H	5+8	0	0	1.0690	0	0	1.0690	3898.70
Truk dengan 3 (tiga) gandar	630	20	1.22	5	15	0	0.1377	0.980 6	0	1.1183	704.23
Truk dengan 3 (tiga) gandar	515	26	1.2-2	6+10	10	0	2.5436	0.189 6	0	2.7332	1408.29
Truk dengan 4 (empat) gandar	167	35	1.2+2.2	6+13+ 8+8	0	0	7.5835	0	0	7.5835	1263.80
Truk dengan 4 (empat) gandar	136	42	1.2+22	8+12	22	0	5.0894	4.227 9	0	9.3173	1270.42
Truk dengan 5 (lima) gandar	180	50	1.2+222	9+14	0	27	8.3756	0	2.428 6	10.8033	1944.59
Total ESAL/hari setiap arah =											10614.04

Keterangan :

- Sb-1, Sb-2 dan Sb-3 menandakan type sumbu kendaraan yaitu sumbu tunggal, sumbu tandem dan sumbu triple.
- EALF atau disebut juga *Axle Load Equivalency Factors*

Tabel 5.3 ESAL untuk SN = 5.675 dan IPt = 3.....(Lanjutan)

Kendaraan	Konfigurasi Sumbu Kendaraan	EALF	LHR AWAL	FAKTOR UR	ESAL per tahun (W18) (3X4X5X365XDDXDL)
1	2	3	4	5	6
Bus	1.2	0.1550	800	63.25	1431575.975
Truk dengan 2 (dua) gandar	1.2 L dan 1.2 H	1.0690	3647	63.25	45002541.83
Truk dengan 3 (tiga) gandar	1.22	1.1183	630	63.25	8128890.122
Truk dengan 3 (tiga) gandar	1.2-2	2.7332	515	63.25	16255849.42
Truk dengan 4 (empat) gandar	1.2+2.2	7.5835	167	63.25	14587944.51
Truk dengan 4 (empat) gandar	1.2+22	9.3173	136	63.25	14664349.89
Truk dengan 5 (lima) gandar	1.2+222	10.803	180	63.25	22446281.55
Total ESAL per-tahun untuk 30 % yang masuk ke Tol = Total x 30 % (W18)					122,517,433.30
log W₁₈ (Log (Total ESAL per-tahun))					7.57

- Keterangan : Faktor UR (Umur Rencana) dengan pertumbuhan lalu lintas 7% dan umur rencana = 25 tahun ,
sehingga = $Faktor\ UR = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} = \frac{(1+7\%)^{25}-1}{7\%} = 63.25$

2. Perhitungan Tebal Struktur Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) dengan SN = 5.675 dan IPT = 3

Dari perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, dengan menggunakan asumsi setiap SN = 5.675 dan nilai IPT = 3 diperoleh nilai ESAL per-tahun (W_{18}) berdasarkan Tabel 5.3 yaitu 122,517,433.30 dengan $\log(W_{18}) = 7.57$. Berdasarkan hasil yang diperoleh tersebut maka dilakukan perencanaan untuk tebal masing-masing lapis perkerasan dengan metode AASHTO 1993. Adapun parameter-parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan, antara lain :

- a. SN = 5.675 (diatas subgrade)
- b. IPT = 3 , untuk persentase orang tidak menerima 12%, jalan bebas hambatan. (Subbab 2.4.3.3)
- c. IPO = 4.2, untuk perkerasan lentur. (Subbab 2.4.3.3)
- d. Zr = -0.8410, untuk nilai R dari jalan Tol Rural 80%. (Tabel 2.10)
- e. So = 0.35 , untuk *Flexible Pavement* (Subbab 2.4.3.5)
- f. CBR = 6% , untuk subgrade (Subbab 3.3.1.3)
- g. CBR = 70% , *subbase* (Subbab 3.3.1.3)
- h. CBR = 100% , *base* (Subbab 3.3.1.3)
- i. Mr = 1500 x CBR = 1500 x 6 = 9000 psi
- j. Mr = 1500 x CBR = 1500 x 70 = 105000 psi
- k. Mr = 1500 x CBR = 1500 x 100 = 150000 psi
- l. $\log(W_{18}) = 7.57$ (Tabel 5.3)

Sehingga, berdasarkan parameter-parameter diatas, dapat dihitung :

- a. Lapis perkerasan diatas *subgrade*

$$\log(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_r - 8.07$$

$$\begin{aligned}
7.57 &= (-0.8410) \cdot (0.35) + 9.36 \log_{10} (5.675 + 1) - \\
&\quad 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{4.2-3}{4.2-1.5} \right]}{0.40 + \left[\frac{1094}{(5.675+1)^{5.19}} \right]} + 2.32 \log_{10} (9000) - \\
&\quad 8.07 \\
7.57 &= 7.57 \text{ (OK)}
\end{aligned}$$

Untuk perhitungan lapis perkerasan diatas *subbase* dan *base*, pengambilan nilai SN ini didasarkan pada perhitungan dengan cara coba-coba yang telah dilakukan terhadap berbagai nilai. Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai SN untuk lapis perkerasan diatas *subbase* = 2.635 dan SN lapis perkerasan untuk diatas *base* = 1.800, dimana nilai tersebut menghasilkan log (W_{18}) yang sama atau mendekati dengan nilai log (W_{18}) akibat pengaruh ESAL per-tahun. Sehingga dari SN tersebut diperoleh hasil :

b. Lapis perkerasan diatas *subbase*

$$\begin{aligned}
\log(W_{18}) &= Z_R S_O + 9.36 \log_{10} (SN + 1) - 0.20 + \\
&\quad \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5} \right]}{0.40 + \left[\frac{1094}{(SN+1)^{5.19}} \right]} + 2.32 \log_{10} M_r - 8.07 \\
7.57 &= (-0.8410) \cdot (0.35) + 9.36 \log_{10} (2.635 + 1) - \\
&\quad 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{4.2-3}{4.2-1.5} \right]}{0.40 + \left[\frac{1094}{(2.635+1)^{5.19}} \right]} + \\
&\quad 2.32 \log_{10} (105000) - 8.07 \\
7.57 &= 7.57 \text{ (OK)}
\end{aligned}$$

c. Lapis perkerasan diatas *base*

$$\begin{aligned}
\log(W_{18}) &= Z_R S_O + 9.36 \log_{10} (SN + 1) - 0.20 + \\
&\quad \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5} \right]}{0.40 + \left[\frac{1094}{(SN+1)^{5.19}} \right]} + 2.32 \log_{10} M_r - 8.07
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 7.57 &= (-0.8410) \cdot (0.35) + 9.36 \log_{10}(1.800 + 1) - \\
 &\quad 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{4.2-3}{4.2-1.5} \right]}{0.40 + \left[\frac{1094}{(1.800+1)^{5.19}} \right]} + \\
 &\quad 2.32 \log_{10}(150000) - 8.07 \\
 7.57 &= 7.57 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai SN dari masing-masing lapis perkerasan, selanjutnya dilakukan perhitungan tebal tiap lapis perkerasan sesuai dengan rumus yang ada pada Subbab 2.4.3.9. Sebelum dilakukan perhitungan tebal tiap lapisan, terlebih dahulu menentukan koefisien lapis perkerasan (Subbab 2.4.3.8) dan juga koefisien kualitas drainase (Subbab 2.4.3.7).

Ditentukan koefisien lapis perkerasan berdasarkan Tabel 2.13 :

- $a_1 = \text{asphalt concrete} = 0.44$
- $a_2 = \text{crushed stone} = 0.14 \text{ (CBR 100 \%)}$
- $a_3 = \text{crushed stone} = 0.11 \text{ (CBR 70 \%)}$

Ditentukan kualitas drainase berdasarkan Tabel 2.12 :

- $m_2 = \text{kualitas drainase baik (5-25\%)} = 1.00$
- $m_3 = \text{kualitas drainase baik (5-25\%)} = 1.00$

1. Lapis perkerasan diatas *subgrade*

$$\begin{aligned}
 \text{SN} &= a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3 \\
 5.675 &= 0.44 \cdot D_1 + 0.14 \cdot D_2 \cdot 1 + 0.11 \cdot D_3 \cdot 1
 \end{aligned}$$

2. Lapis perkerasan diatas *subbase*

$$\begin{aligned}
 \text{SN} &= a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3 \\
 2.635 &= 0.44 \cdot D_1 + 0.14 \cdot D_2 \cdot 1
 \end{aligned}$$

3. Lapis perkerasan diatas *base*

$$\begin{aligned}
 \text{SN} &= a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3 \\
 1.800 &= 0.44 \cdot D_1
 \end{aligned}$$

Sehingga, untuk tebal masing-masing lapisan perkerasan adalah :

$$D_1 = \frac{1.800}{0.44} = 4.10 \text{ inch}$$

$$D_2 = \frac{2.635-1.800}{0.14} = 5.96 \text{ inch}$$

$$D_3 = \frac{5.675-1.800-2.635}{0.11} = 11.27 \text{ inch}$$

Dari perhitungan diatas, dengan cara metode AASHTO 1993 diperoleh tebal masing-masing lapis perkerasan untuk *surface*, *base* dan *subbase*. Akan tetapi, tebal yang diperoleh tersebut tidak dapat langsung digunakan dalam perencanaan di lapangan. Ketebalan masing-masing lapisan ini terlebih dahulu harus dilakukan koreksi terhadap tebal minimum yang telah ditentukan untuk lapisan permukaan dan lapisan pondasi. Dalam melakukan koreksi untuk tebal minimum digunakan ketentuan dari *Washington State Department of Transport* (WSDOT) tahun 2005 mengenai *Pavement Guide Interactive* seperti yang terlihat pada Tabel 2.14.

Dari Tabel 5.2 diperoleh perhitungan ESAL per-tahun 122,517,433.30. Dari ESAL per-tahun tersebut, maka dilakukan koreksi terhadap tebal minimum tiap lapisan perkerasan, dimana berdasarkan Tabel 2.14 diketahui bahwa nilai ESAL per tahun lebih besar dari 7.000.000. Untuk ESAL per-tahun lebih besar 7.000.000 ditentukan tebal minimum lapisan aspal yaitu 4 inchi (10.16 cm) dan batu pecah yaitu 6 inchi (15,25 cm).

Sehingga, adapun koreksi terhadap tebal per-lapisan perkerasan lentur, yaitu :

$D_1 = surface$	Aspal	\geq	4 inchi	
	4.10 inchi	\geq	4 inchi	OK

$D_2 = base$	Batu Pecah	\geq	6 inchi	
	5.96 inchi	\leq	6 inchi	NOT OK
$D_3 = subbase$	Batu Pecah	\geq	6 inchi	
	11 inchi	\geq	6 inchi	OK

Dari koreksi tiap lapisan perkerasan berdasarkan Tabel 2.14, diperoleh lapisan *base* batu pecah (D_2) dengan ketebalan 5.96 inchi, dimana untuk tebal minimum batu pecah adalah 6 inchi. Sehingga ketebalan lapisan *base* digunakan nilai minimum yaitu 6 inchi.

Tabel 5.4 Tebal Perencanaan Perkerasan Lentur untuk Jalan Tol Semarang-Batang Seksi IV (Kendal – Kaliwungu)

	Tebal Awal				Tebal Akhir Koreksi			
	$D_1=$	4.10	inch	10.4	cm	4.10	inch	11.00
$D_2=$	5.96	inch	15.1	cm	6.00	inch	16.00	cm
$D_3=$	11.27	inch	28.6	cm	11.30	inch	28.00	cm

Sehingga, berdasarkan dari Tabel 5.3 , maka dalam perencanaan jalan Tol Semarang-Batang, digunakan tebal perkerasan akhir dengan tebal *surface* = 11 cm, *base* = 16 cm, dan *subbase* 28 cm.

Setelah diperoleh tebal tiap lapisan perkerasan koreksi, maka dilakukan pemilihan bahan untuk masing-masing lapisan. Pada perencanaan ini, adapun bahan-bahan yang digunakan adalah :

1. Surface (Lapis Permukaan) tebal 11 cm, dibagi dalam 2 lapisan yaitu AC-WC tebal 5 cm dan AC-BC tebal 6 cm. Dimana perencanaan ini didasarkan pada :
 - a. AC-WC (digunakan $t = 5$ cm)

Merupakan lapisan yang kedap akan air, tahan cuaca, dan memiliki kekesatan yang diisyaratkan

dengan tebal minimum 4 cm (Tabel 2.15) . Lapisan ini memiliki tekstur yang halus dan sedikit rongga, sehingga AC-WC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran. Pada perencanaan ini digunakan AC-WC tebal 5 cm.

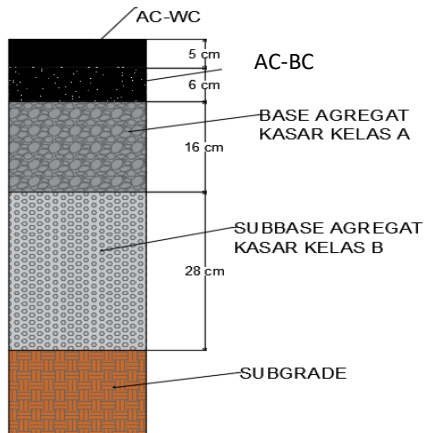
b. AC-BC (digunakan $t = 6$ cm)

Memiliki stabilitas tinggi dalam memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan dengan tebal minimum 6 cm (Tabel 2.15) . Tekstur lapisan ini memiliki rongga yang sedikit renggang dan kasar.

2. *Base* dan *Subbase* (Agregat Kelas A dan Kelas B) tebal *base* 16 cm dan *subbase* 28 cm.

Agregat Kasar Kelas A sebagai base dan Agregat Kasar kelas B sebagai subbase dipilih dalam perencanaan ini karena memiliki tekstur kasar dengan material batu pecah perbandingan lolos ayakan 200 dan 40 yaitu maksimal $\frac{2}{3}$ dan abrasi maksimal 40%. Bahan ini sangat cocok digunakan karena dapat berfungsi sebagai lapisan pelindung agar tanah tidak masuk ke pondasi, penyebaran beban dan bantalan untuk lapisan permukaan.

Dari perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa untuk perencanaan perkerasan lentur (*flexible pavement*) jalan tol Semarang-Batang seksi IV digunakan tebal perkerasan *surface* 11 cm (AC-WC = 5 cm dan AC-BC = 6 cm), *base* 16 cm, dan *subbase* 28 cm seperti yang terlihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Struktur Lapisan Perkerasan Lentur Jalan Tol Semarang-Batang seksi IV

5.2 Perencanaan Tebal Struktur Lapisan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Dalam perencanaan *rigid pavement*, data lalu lintas dan pertumbuhan lalu lintas diperlukan dalam menentukan beban kendaraan. Adapun data-data yang diperlukan dalam perhitungan tersebut antara lain :

- Pertumbuhan lalu lintas = 7 % (Tabel 4.2)
 - Umur Rencana = 25 tahun
 - Faktor Pertumbuhan Lalu lintas =
- $$R = \frac{(1 + i)^{UR} - 1}{i} = \frac{(1 + 7\%)^{25} - 1}{7\%} = 63.25$$
- Volume Kendaraan =

Pada perencanaan perkerasan metode AASHTO 1993, dijelaskan bahwa untuk kendaraan dengan beban muatan 2 s.d 5 ton seperti sedan, jip, dan pick up maka tidak diperhitungkan dalam perencanaan. Hal ini dikarenakan nilai faktor beban

sumbu yang dihasilkan terlalu kecil sehingga tidak berpengaruh besar dalam perencanaan tebal perkerasan. Adapun kendaraan yang diperhitungkan antara lain :

- a. Bus (8 ton) = 800 kendaraan/hari
- b. Truk 2 gandar (13 ton) = 3.647 kendaraan/hari
- c. Truk 3 gandar (20 ton) = 630 kendaraan/hari
- d. Truk 3 gandar (26 ton) = 515 kendaraan/hari
- e. Truk 4 gandar (35 ton) = 167 kendaraan/hari
- f. Truk 4 gandar (42 ton) = 136 kendaraan/hari
- g. Truk 5 gandar (50 ton) = 180 kendaraan/hari

Untuk perhitungan dari persentase masing-masing sumbu kendaraan dalam perencanaan perkerasan *rigid pavement*, sama dengan persentase sumbu kendaraan pada perencanaan perkerasan *flexible pavement*. Sehingga pada subbab ini, perhitungan persentase sumbu kendaraan dapat dilihat pada Subbab 5.1.1.

5.2.1 Perhitungan Tebal Struktur Lapisan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Dalam perencanaan kaku, perhitungan yang dilakukan tidak berbeda dari perencanaan perkerasan lentur. Tetapi, pada perkerasan kaku ini yang membedakannya dari perkerasan lentur yaitu tidak terdapat nilai *structural number* (SN) , dimana nilai SN pada perkerasan lentur diganti dengan ketentuan ketebalan (D). Pada perencanaan ini, terlebih dahulu diasumsikan nilai ketebalan (D) dari pelat beton. Perhitungan dilanjutkan dengan menentukan nilai *Axle Load Equivalency Factors* dan $\text{Log } W_{18}$ ESAL per-tahun akibat beban lalu lintas. Setelah itu, hasil $\text{Log } W_{18}$ ESAL per-tahun akibat beban lalu lintas tersebut dibandingkan dengan nilai $\text{Log } W_{18}$ dengan menggunakan perumusan AASHTO 1993. Apabila hasil $\text{Log } W_{18}$ ESAL per tahun sama dengan $\text{Log } W_{18}$ AASHTO 1993, maka asumsi ketebalan (D) dapat digunakan. Akan tetapi, jika tidak sesuai maka dilakukan percobaan kembali dengan asumsi ketebalan (D)

yang berbeda. Pada perhitungan ini, digunakan asumsi ketebalan (D) = 9, 10 dan 10.15 dan $IPt = 3$. Untuk $D = 9$ dan 10 dapat dilihat pada Lampiran D1 s.d D2. Sedangkan, pada perhitungan dibawah ini langsung menggunakan $D = 10.15$.

5.2.1.1 Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) dengan $D = 10.15$ dan $IPt = 3$

Pada perhitungan *Axle Load Equivalency Factors* perkerasan kaku ini, prinsip tata cara perhitungan hampir sama dengan perkerasan lentur. Hal yang membedakan dari perkerasan lentur adalah pada perkerasan kaku tidak terdapat *structural number*, dimana untuk perkerasan kaku parameter utama yang harus ditentukan yaitu memperkirakan tebal yang ingin direncanakan. Adapun untuk perhitungan direncanakan dengan nilai :

- $IPt = 3$, untuk orang tidak menerima jalan 12 %, jalan bebas hambatan. (Subbab 2.4.3.3)
- $D = 10.15$ (asumsi awal)
- $DD = 0.5$, untuk kondisi jalur dua arah : 0.3-0.7. (Subbab 2.4.3.4)
- $DL = 80\% = 0.8$, untuk jumlah lajur per-arah yaitu 3. (Subbab 2.4.3.4)

1. Perhitungan *Axle Load Equivalency Factors* dan ESAL dengan $D = 10.15$ dan $IPt = 3$

a. Kendaraan Bus (1.2)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 3 ton dan roda belakang 5 ton serta jenis sumbu yaitu *single axles*, D asumsi = 10.15 dan $IPt = 3$, diperoleh:

- Roda depan kapasitas 3 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda depan} = 3 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 6.6138$$

maka dilakukan interpolasi linier untuk *Axle Loads* 6.6138 kips berdasarkan Lampiran B1 s.d B3 untuk *Axle Load Equivalency Factors* $D = 10.15$ dan $IPt = 3$. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.0320 - 0.0100)}{(8 - 6)}(6.6138 - 6) + 0.0100$$

$$y = 0.0168$$

- Roda belakang kapasitas 5 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda belakang} = 5 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 11.023$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 11.023 kips berdasarkan Lampiran B1 s.d B3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* $D = 10.15$ dan $IPt = 3$. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.1760 - 0.0810)}{(12 - 10)}(11.023 - 10) + 0.0810$$

$$y = 0.1296$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load Factors* setiap sumbu kendaraan = $0.0168 + 0.1296 = 0.1463$.

b. Kendaraan Truk 2 Gandar (1.2L dan 1.2H)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 5 ton dan roda belakang 8 ton serta jenis sumbu yaitu single axles, D asumsi = 10.15 dan IPt = 3, diperoleh:

- Roda depan kapasitas 5 ton, sumbu tunggal

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda depan} = 5 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 11.023$$

maka dilakukan interpolasi Axle Load 11.023 kips berdasarkan Lampiran B1 s.d B3 untuk Axle Load Equivalency Factor D = 10.15 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai Axle Load Equivalency Factors dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.1760 - 0.0810)}{(12 - 10)}(11.023 - 10) + 0.0810$$

$$y = 0.1296$$

- Roda belakang kapasitas 8 ton, sumbu tunggal

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda belakang} = 8 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 17.637$$

maka dilakukan interpolasi untuk Axle Load 17.637 kips berdasarkan Lampiran B1 s.d B3 untuk Axle Load Equivalency Factor $D = 10.15$ dan $IPt = 3$. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.000 - 0.6030)}{(18 - 16)}(17.6368 - 16) + 0.6030$$

$$y = 0.9279$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load Factos* setiap sumbu kendaraan = $0.1296 + 0.9279 = 1.0575$.

c. Kendaraan Truk 3 Gandar (1.22)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 5 ton jenis sumbu yaitu single axles dan roda belakang 15 ton jenis sumbu tandem axles, D asumsi = 10.15 dan $IPt = 3$, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 5 ton, sumbu tunggal

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda depan} = 5 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 11.023$$

maka dilakukan interpolasi untuk Axle Load 11.023 kips berdasarkan Lampiran B1 s.d B3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* $D = 10.15$ dan $IPt = 3$. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.1760 - 0.0810)}{(12 - 10)}(11.023 - 10) + 0.0810$$

$$y = 0.1296$$

- Roda belakang kapasitas 15 ton, sumbu ganda

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda belakang} = 15 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 33.069$$

maka dilakukan interpolasi untuk Axle Load 33.069 kips berdasarkan Lampiran B1 s.d B3 untuk Axle Load Equivalency Factor SN = 10.15 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai Axle Load Equivalency Factors dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.9300 - 1.4900)}{(34 - 32)}(33.0690 - 32) + 1.4900$$

$$y = 1.7252$$

cari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load Factors* setiap sumbu kendaraan = 0.1296 + 1.7252 = 1.8548.

d. Kendaraan Truk 3 Gandar (1.2-2)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 6 ton, roda tengah 10 ton jenis sumbu single axles dan roda belakang 10 ton jenis sumbu tandem axles, D asumsi = 10.15 dan IPt = 3, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 6 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda depan} = 6 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 13.228$$

maka dilakukan interpolasi untuk Axle Load 13.228 kips berdasarkan Lampiran B1 s.d B3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* $D = 10.15$ dan $IPt = 3$. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.3400 - 0.1760)}{(14 - 12)}(13.2276 - 12) + 0.1760$$

$$y = 0.2767$$

- Roda tengah kapasitas 10 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda tengah dan belakang} = 10 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 22.046$$

maka dilakukan interpolasi untuk Axle Load 22.046 kips berdasarkan Lampiran B1 s.d B3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* $D = 10.15$ dan $IPt = 3$. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(2.3800 - 2.3500)}{(24 - 20)}(22.0460 - 20) + 2.3500$$

$$y = 2.3737$$

- Roda belakang kapasitas 10 ton, sumbu ganda

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda tengah dan belakang} = 10 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} \\ = 22.046$$

maka dilakukan interpolasi untuk Axle Load 22.046 kips berdasarkan Lampiran B1 s.d B3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* $D = 10.15$ dan $IPt = 3$. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.4430 - 0.3070)}{(24 - 20)}(22.0460 - 20) + 0.3070$$

$$y = 0.3101$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai Axle Load Factos setiap sumbu kendaraan = $0.2767 + 2.3737 + 0.3101 = 2.9605$.

- e. Kendaraan Truk 4 Gandar (1.2+2.2)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 6 ton, roda tengah depan 13 ton, roda tengah belakang 8 ton dan roda belakang 8 ton dengan jenis sumbu *single axles*, D asumsi = 10.15 dan $IPt = 3$, diperoleh:

- Roda depan kapasitas 6 ton, sumbu tunggal

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda depan} = 6 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 13.228$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 13.228 kips berdasarkan Lampiran B1 s.d B3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* $D = 10.15$ dan $IPt = 3$. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(0.3400 - 0.1760)}{(14 - 12)}(13.2276 - 12) + 0.1760$$

$$y = 0.2767$$

- Roda tengah depan kapasitas 13 ton, sumbu tunggal
1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda tengah depan} = 13 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 28.6598$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 28.6598 kips berdasarkan Lampiran B1 s.d B3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* $D = 10.15$ dan $IPt = 3$. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(8.2500 - 6.3100)}{(30 - 28)}(28.6598 - 28) + 6.3100$$

$$y = 6.9500$$

- Roda tengah sisi belakang kapasitas 8 ton, sumbu tunggal
1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda tengah belakang} = 8 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 17.6368$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 17.6368 kips berdasarkan Lampiran B1 s.d B3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* $D = 10.15$ dan $\text{IPt} = 3$. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.000 - 0.6030)}{(18 - 16)}(17.6368 - 16) + 0.6030$$

$$y = 0.9279$$

- Roda belakang kapasitas 8 ton, sumbu tunggal

$$1 \text{ ton} = 2.2046 \text{ kips, sehingga}$$

$$\text{Roda belakang} = 8 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 17.6368$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 17.6368 kips berdasarkan Lampiran B1 s.d N3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* $D = 10.15$ dan $\text{IPt} = 3$. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.000 - 0.6030)}{(18 - 16)}(17.6368 - 16) + 0.6030$$

$$y = 0.9279$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load* setiap sumbu kendaraan = $0.2767 + 6.9500 + 0.9279 + 0.9279 = 9.0825$.

f. Kendaraan Truk 4 Gandar (1.2+22)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 8 ton, roda tengah 12 ton dengan jenis sumbu *single axles* serta roda belakang 22 ton dengan jenis sumbu *tandem axles*, D asumsi = 10.15 dan IPt = 3, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 8 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda depan} = 8 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 17.6368$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 17.6368 kips berdasarkan Lampiran B1 s.d B3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* D = 10.15 dan IPt = 3. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.000 - 0.6030)}{(18 - 16)}(17.6368 - 16) + 0.6030$$

$$y = 0.9279$$

- Roda tengah kapasitas 12 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda tengah} = 12 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 26.4552$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 26.4552 kips berdasarkan Lampiran B1 s.d B3 untuk *Axle Load*

Equivalency Factor $D = 10.15$ dan $I_{Pt} = 3$. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(6.3100 - 4.7000)}{(28 - 26)}(26.4552 - 26) + 4.7000$$

$$y = 5.0664$$

- Roda belakang kapasitas 22 ton, sumbu ganda

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda belakang} = 22 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 48.5012$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 48.5012 kips berdasarkan Lampiran B1 s.d B3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* $D = 10.15$ dan $I_{Pt} = 3$. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(8.9600 - 7.6900)}{(50 - 48)}(48.5012 - 48) + 7.6900$$

$$y = 8.0083$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load Factor* setiap sumbu kendaraan = $0.9279 + 5.0664 + 8.0083 = 14,0026$.

g. *Axle Load* Kendaraan Truk 5 Gandar (1.2+222)

Dengan kapasitas per-masing sumbu yaitu roda depan 9 ton, roda tengah 14 ton dengan jenis sumbu *single axles* serta roda belakang 27 ton dengan jenis sumbu *triple axles*, D asumsi = 10.15 dan $IPt = 3$, diperoleh :

- Roda depan kapasitas 9 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda depan} = 9 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 19.8414$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 19.8414 kips berdasarkan Lampiran B1 s.d B3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* $D = 10.15$ dan $IPt = 3$. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(1.5700 - 1.0000)}{(20 - 18)}(19.8418 - 18) + 1.000$$

$$y = 1.5248$$

- Roda tengah kapasitas 14 ton, sumbu tunggal

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda tengah} = 14 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 30.8644$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 30.8644 kips berdasarkan Lampiran B1 s.d B3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* $D = 10.15$ dan $IPt = 3$. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(10.5400 - 8.2500)}{(32 - 30)}(30.8644 - 30) + 8.2500$$

$$y = 9.2379$$

- Roda belakang kapasitas 27 ton, sumbu triple

1 ton = 2.2046 kips, sehingga

$$\text{Roda belakang} = 27 \text{ ton} \times 2.2046 \text{ kips} = 59.5242$$

maka dilakukan interpolasi untuk *Axle Load* 59.5242 kips berdasarkan Lampiran B1 s.d B3 untuk *Axle Load Equivalency Factor* $D = 10.15$ dan $\text{IPt} = 3$. Sehingga, dari interpolasi linier tersebut diperoleh nilai *Axle Load Equivalency Factors* dengan cara interpolasi linier seperti pada Subbab 2.4.3.2 yaitu :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{(6.0800 - 5.3400)}{(60 - 58)}(59.5242 - 58) + 5.3400$$

$$y = 5.9040$$

dari hasil tersebut, maka dijumlahkan nilai *Axle Load* setiap sumbu kendaraan = $1.5428 + 9.2379 + 5.9040 = 16.6685$.

Berdasarkan perhitungan terhadap nilai *Axle Load Equivalency Factor* yang telah dilakukan diatas, maka dapat diperoleh total ESAL/ hari dan Esal/tahun. Adapun perhitungan total ESAL/hari dan Esal/tahun dapat terlihat pada Tabel 5.5, yaitu :

Tabel 5.5 ESAL untuk D=10.15 dan IPT=3

Kendaraan	LHR	Muatan Kendar aan	Konfigur asi Sumbu	Berat Beban/Sumbu (ton)			EALF			EALF	ESAL /Hari (11 x 2)
				Sb-1	Sb-2	Sb-3	Sb-1	Sb-2	Sb-3		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Bus	800	8	1.2	3+5	0	0	0.1463	0	0	0.1463	117.08
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,647	13	1.2 L dan 1.2 H	5+8	0	0	1.0575	0	0	1.0575	3856.69
Truk dengan 3 (tiga) gandar	630	20	1.22	5	15	0	0.1296	1.725 2	0	1.8548	1168.04
Truk dengan 3 (tiga) gandar	515	26	1.2-2	6+10	10	0	2.6504	0.310 1	0	2.9605	1525.39
Truk dengan 4 (empat) gandar	167	35	1.2+2.2	6+13+ 8+8	0	0	9.0825	0	0	9.0825	1513.60
Truk dengan 4 (empat) gandar	136	42	1.2+22	8+12	22	0	5.9943	8.008 3	0	14.0026	1909.25
Truk dengan 5 (lima) gandar	180	50	1.2+222	9+14	0	27	10.764 5	0	2.428 6	16.6685	3000.33
Total ESAL/hari setiap arah =											13090.38

Keterangan :

- Sb-1, Sb-2 dan Sb-3 menandakan type sumbu kendaraan yaitu sumbu tunggal, sumbu tandem dan sumbu triple.
- EALF atau disebut juga Axle Load Equivalency Factors

Tabel 5.5 ESAL untuk D=10.15 dan IPt = 3.....(Lanjutan)

Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	EALF	LHR AWAL	FAKTOR UR	ESAL per tahun (W18) (3X4X5X365XDDXDL)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Bus	1.2	0.1463	800	63.25	1351395.878
Truk dengan 2 (dua) gandar	1.2 L dan 1.2 H	1.0575	3647	63.25	44517608.08
Truk dengan 3 (tiga) gandar	1.22	1.8548	630	63.25	13482661.02
Truk dengan 3 (tiga) gandar	1.2-2	2.9605	515	63.25	17607457.76
Truk dengan 4 (empat) gandar	1.2+2.2	9.0825	167	63.25	17471351.53
Truk dengan 4 (empat) gandar	1.2+22	14.002 6	136	63.25	22038432.58
Truk dengan 5 (lima) gandar	1.2+222	16.668 5	180	63.25	34632638.62
Total (diverted = 30 % yang masuk ke Tol)					151,101.563.47
log W18					7.66

Keterangan :

Faktor UR (Umur Rencana) dengan pertumbuhan lalu lintas 7% dan umur rencana = 25 tahun , sehingga = *Faktor UR* =

$$\frac{(1+i)^{UR}-1}{i} = \frac{(1+7\%)^{25}-1}{7\%} = 63.25$$

2. Perhitungan Tebal Struktur Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) dengan $D = 10.15$ dan $I_{Pt} = 3$

Dari perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, dengan menggunakan asumsi nilai $D = 10.15$ dan nilai $I_{Pt} = 3$ diperoleh nilai ESAL per-tahun (W_{18}) yaitu 151,101,563.47 dengan $\log(W_{18}) = 7.66$. Berdasarkan hasil yang diperoleh tersebut maka dilakukan perencanaan perkerasan kaku untuk metode AASHTO 1993. Adapun parameter-parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan, antara lain :

- a. $D = 10.15$
- b. $I_{Pt} = 3$, untuk persentase orang tidak menerima 12%, jalan bebas hambatan. (Subbab 2.5.3.3)
- c. $I_{Po} = 4.5$, untuk perkerasan kaku. (Subbab 2.5.3.3)
- d. $Z_r = -0.8410$ (untuk nilai R dari jalan Tol Rural 80%) (Tabel 2.10)
- e. $S_o = 0.25$, untuk *Rigid Pavement*. (Subbab 2.5.3.5)
- f. $S'_c = 650$ psi, untuk beton normal. (Subbab 2.5.3.8)
- g. $C_d = 1.2$ (Tabel 2.17)
- h. $J = 3.1$, untuk beton bersambung tanpa/dengan tulangan. (Tabel 2.18)
- i. $f'_c = 300$ kg/cm³ untuk K-350
- j. $E_c = 987268,9603$ psi. (Subbab 2.5.3.8)
- k. $CBR = 6\%$ untuk *subgrade* (Subbab 3.3.1.3)
- l. $M_r = 1500 \times CBR = 1500 \times 6 = 9000$ psi
- m. $\log(W_{18}) = 7.66$ (Tabel 5.4)
- n. $k = M_r / 19.4 = 9000 / 19.4 = 463.918$ pci (Subbab 2.5.3.6)
- o. $LS = 1$ untuk *Lean Concrete* dan *Cement Agregate Mixtures*. (Tabel 2.16)
- p. $k' = 160$ pci (*corrected for potential loss of support*). (Subbab 2.5.3.6, Gambar 2.6)

Untuk perhitungan terhadap nilai k' (modulus reaksi tanah dasar), ditentukan berdasarkan penggunaan subbase pada lapisan pondas, jenis subbase, dan kehilangan daya dukung ($LS = Loss\ of\ Support$). Apabila tidak menggunakan subbase dalam perencanaan, maka modulus reaksi tanah dasar efektif dapat diabaikan. Jika menggunakan subbase, maka k' dapat dicari menggunakan Gambar 2.6 dengan menentukan nilai LS dari jenis bahan yang digunakan sebagai subbase. Dan lalu ditarik garis terhadap grafik pada Gambar 2.6 hingga diperoleh nilai k' .

Adapun, untuk tata cara perhitungan perkerasan kaku dengan metode AASHTO 1993 adalah :

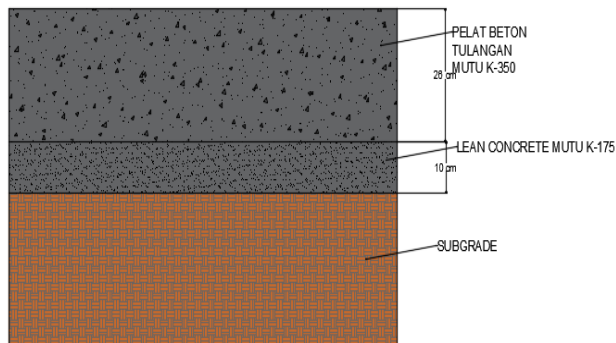
1. Tebal Perkerasan Kaku

$$\begin{aligned} \log(W_{18}) &= Z_R S_O + 7.35 \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \\ &\frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5} \right]}{1 + \left[\frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}} \right]} + (4.22 - 0.32 P_t) \times \\ &\log_{10} \frac{S'_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J (D^{0.75} - \frac{18.42}{(\frac{E_c}{K})^{0.25}})} \\ 7.66 &= (-0.841) \cdot (0.25) + 7.35 \log_{10}(10.15 + 1) - \\ &0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{4.5-3}{4.5-1.5} \right]}{1 + \left[\frac{1.624 \times 10^7}{(10.15+1)^{8.46}} \right]} + (4.22 - \\ &0.32 \cdot (3)) \times \\ &\log_{10} \frac{650 \cdot 1.2 \cdot (10.15^{0.75} - 1.132)}{215.63 \cdot (3.1) \cdot \left((10.15)^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{1066372}{160} \right)^{0.25}} \right)} \\ 7.66 &= 7.66 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Dikarenakan perhitungan $\log(W_{18})$ sama, berarti nilai $D = 10.15$ inch, sudah sesuai dan tidak dilakukan perhitungan kembali dengan asumsi lainnya.

Sehingga, dalam perencanaan *rigid pavement* digunakan beton dengan mutu K-350 dengan tebal slab

sebesar 10.15 inch = 26.00 cm. Pada perkerasan *rigid pavement* ini menggunakan *subbase Lean Concrete* tanpa tulangan mutu K-175 dengan tebal 10 cm, yang nanti juga berfungsi sebagai lantai kerja dalam perencanaan perkerasan Tol Semarang-Batang seksi IV. Struktur dari lapis perkerasan kaku, dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Struktur Lapisan Perkerasan Kaku Jalan Tol Semarang-Batang seksi IV

5.2.2 Penulangan Perkerasan Kaku

Pada perencanaan perkerasan kaku jalan Tol Semarang-Batang, direncanakan menggunakan jenis beton bersambung dengan tulangan. Pemilihan jenis ini dikarenakan struktur ini cukup kokoh apabila digunakan untuk lalu lintas kendaraan yang berat dan juga lebih mudah dalam pemasangan karena terbagi kedalam segmen-segmen yang disatukan menggunakan sambungan. Adapun parameter-parameter perhitungan penulangan beton bersambung dengan tulangan, antara lain :

- Tebal pelat = 26 cm
- Lebar pelat = 3.6 m
- Panjang pelat = 5.2 m (18 s.d 20 x tebal pelat)
- Asmin = 0.14% dari luas penampang beton
= 0.14% x 26 cm x 1 m = 364 mm²/m

1. Arah Memanjang (Subbab 2.5.3.11)

- $f_s = 240$ psi
- $L = 5.2$ m
- $h = 260$ mm
- $f_a = 1.8$ (stabilisasi semen)
- $As = \frac{11.76 \cdot h \cdot L' \cdot f_a}{f_s} = 119.25 \text{ mm}^2/\text{m}$
- Syarat ; $As \leq As_{\min}$, digunakan As_{\min}
- Direncanakan menggunakan tulangan ulir diameter D12-250 mm/m (Astul = 452.39 mm²/m).

2. Arah Melintang (Subbab 2.5.3.11)

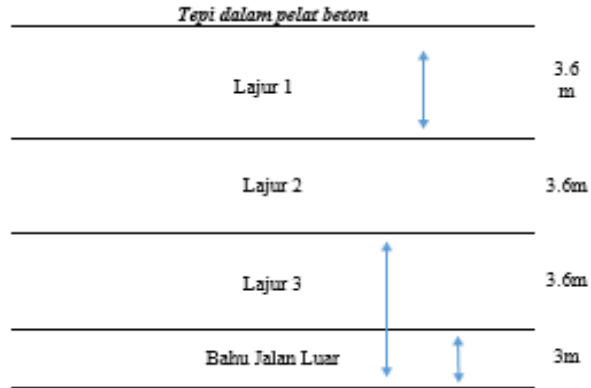
- $f_s = 240$ psi
- $L = 10.8$ m
- $h = 260$ mm
- $f_a = 1.8$ (stabilisasi semen)
- $As = \frac{11.76 \cdot h \cdot L' \cdot f_a}{f_s} = 247.67 \text{ mm}^2/\text{m}$
- Syarat ; $As \leq As_{\min}$, digunakan As_{\min}
- Direncanakan menggunakan tulangan ulir diameter D12-250 mm/m (Astul = 452.39 mm²/m).

3. *Dowel*

Berdasarkan Tabel 2.20, digunakan *Dowel* dengan tebal pelat perkerasan 26 cm dimana diameter *Dowel* 32 mm, panjang 450 mm dan jarak 300 mm.

4. *Tie Bar*

Pada penentuan *tie bars*, digunakan grafik yang diberikan oleh AASHTO 1993 seperti yang ada pada Gambar 5.4.



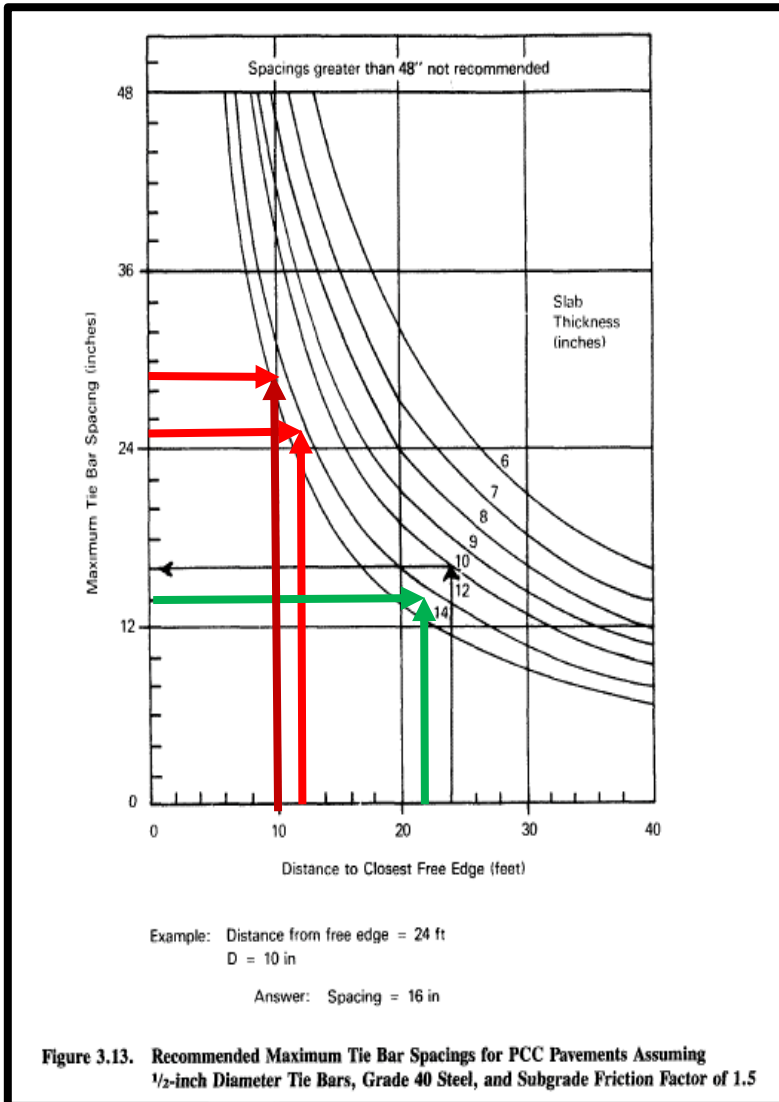
Gambar 5.3 Tampak 3 lajur yang menggambarkan posisi sambungan arah memanjang yang berkaitan dengan jarak terdekat ke bagian tepi perkerasan

Berdasarkan Gambar 5.4, maka diperoleh *tie bars* untuk perencanaan perkerasan kaku antara lain:

Tabel 5.5 Perencanaan *Tie Bars* Berdasarkan Jarak Terdekat ke Bagian Tepi Perkerasan

Nomor Sambungan	Jarak terdekat dari tepi perkerasan x (m)	Jarak terdekat dari tepi perkerasan x (feet)	Jarak maksimum (inch) baja dia 1/2 inch	Jarak maksimum (cm) baja dia 1/2 inch	Panjang Tie Bar min (inch)	Panjang Tie Bar min (mm)
1	3.6	12.00	25	64	30	765
2	6.6	22.00	14	36	30	765
3	3	10.00	28.5	73	30	765

Dalam mempermudah perencanaan, maka *tie bars* yang digunakan adalah jarak terdekat terhadap tepi perkerasan yaitu 3 m dengan diameter $\frac{1}{2}$ inch (2.54 cm) jarak 730 mm dan panjang 765 mm.



Tabel 5.4 Perancangan *Tie Bars* Diameter 1/2 Inch Ditinjau Dari Jarak Terdekat Dari Tepi Perkerasan

5.3 Perencanaan Lapis Tambah (*Overlay*)

Dalam perencanaan awal, direncanakan untuk umur rencana perkerasan lentur yaitu 25 tahun. Akan tetapi pada kenyataannya, dalam kurun waktu tersebut terjadi kerusakan pada perkerasan jalan yang dapat berupa retak rambut, retak buaya akibat pengaruh lalu-lintas rencana. Sehingga, untuk memenuhi sampai akhir periode rancangan dan menampung jumlah sisa lalu-lintas rencana, maka direncanakan tebal lapis tambahan (*overlay*).

Pada perencanaan ini, direncanakan *overlay* (lapis tambah) dilakukan setiap 5 tahun dengan ketentuan koefisien kondisi permukaan aspal dari perencanaan yang telah ada seperti pada Tabel 2.21:

$$D_{OL} = \frac{SN_{OL}}{a_{OL}} = \frac{SN_F - SN_{EFF}}{a_{OL}}, \text{dimana}$$

$a_1 = 0.35$ dimana permukaan *asphalt concrete* sedikit atau tidak ada retak buaya dan retak melintang dengan tingkat rendah.

$a_2 = 0.30$ dimana permukaan *asphalt concrete* sedikit atau tidak ada retak buaya dan retak melintang dengan tingkat rendah.

$a_3 = 0.14$ dimana tidak menunjukkan adanya penurunan degradasi atau kontaminasi oleh benda-benda.

Sehingga, perencanaan lapis tambah dengan menggunakan metode AASHTO 1993 dapat dihitung berdasarkan Subbab 2.6 :

$$SN_F = 5.675 \text{ ,structural number perkerasan baru}$$

$$SN_{EFF} = a_1.D_1 + a_2.D_2.m_2 + a_3.D_3.m_3$$

$$SN_{EFF} = 0.35 \times (4.1) + 0.30 \times (6) \times 1 + 0.14 \times (11.3) \times 1 \\ = 4.8170$$

$$\Delta SN = SN_F - SN_{EFF} \\ = 5.675 - 4.8170 \\ = 0.858$$

Adapun tebal lapis tambah (*overlay*) yang direncanakan untuk koefisien material lapis tambah $a_{OL} = 0.40$ berdasarkan subbab 2.6, adalah :

$$D_{OL} = \frac{SN_{OL}}{a_{OL}} = \frac{SN_F - SN_{EFF}}{a_{OL}} = = \frac{0.858}{0.4} = 2.145 \text{ inch} = 5.5 \text{ cm}$$

Maka untuk setiap 5 tahun, perkerasan lentur dilakukan pemeliharaan berkala dengan perbaikan terhadap surface *asphalt concrete* dengan memberikan tebal lapis tambah (*overlay*) = 5.5 cm.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI ANALISA EKONOMI

6.1 Rencana Anggaran Biaya Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Dalam melakukan analisa ekonomi, maka diperlukan untuk melakukan perhitungan rencana anggaran biaya konstruksi dari tiap lapis perencanaan perkerasan lentur. Adapun perhitungan rencana anggaran biaya konstruksi perkerasan lentur adalah sebagai berikut:

- Panjang jalan = 13.5 km
- Lebar = 10.8 m
- Tebal =
 - *Surface* = 11.00 cm, asphalt concrete (Subbab 5.1.2.3)
 - *Base* = 16.00 cm, agregat kelas A (Subbab 5.1.2.3)
 - *Subbase* = 28.00 cm, agregat kelas B (Subbab 5.1.2.3)

- Volume *surface* (11 cm) terdiri dari :
 - ACWC 5 cm = $p \times l \times t$
 = $(13.5 \times 1000) \times 10.8 \times (5/100)$
 = 7,290 m³

 - AC-BC 6 cm = $p \times l \times t$
 = $(13.5 \times 1000) \times 10.8 \times (6/100)$
 = 8,748 m³

- Volume *base* = $p \times l \times t$
 = $(13.5 \times 1000) \times 10.8 \times (16/100)$
 = 23.328 m³

- Volume *subbase* = $p \times l \times t$
 = $(13.5 \times 1000) \times 10.8 \times (28/100)$
 = 40.824 m³

Tabel 6.1 Rencana Anggaran Biaya *Flexible Pavement* Tiap Lapisan

No.	Uraian Kegiatan	Koef.	Sat	Vol.	Harga Satuan (Rp.)	Harga (Rp.)
<i>Pekerjaan Perkerasan Lentur</i>						
1	Kebutuhan Lapisan AC-WC tebal 5 cm	-	m ³	7,290	-	
	<i>A. Upah Tenaga Kerja</i>					
	1. Mandor	0.0119	O/H	-	Rp 60,000	Rp 714
	2. Pekerja	0.0040	O/H	-	Rp 85,000	Rp 340
	<i>Jumlah Upah Tenaga Kerja</i>					Rp 1,054
	<i>B. Bahan</i>					
	1. Produksi batu pecah 05-15mm	0.3305	m ³	-	Rp 230,516	Rp 76,186
	2. Produksi batu pecah 00-05mm	0.3210	m ³	-	Rp 230,516	Rp 73,996
	3. Portland cement	19.950	kg	-	Rp 1,687	Rp 33,656
	4. Aspal curah	63.860	kg	-	Rp 10,510	Rp 671,169
	<i>Jumlah Harga Bahan</i>					Rp 855,006
	<i>C. Peralatan</i>					
	1. Wheel Loader 1,0-1,6 m ³	0.0154	jam	-	Rp 505,291	Rp 7,781
	2. Asphalt Mixing Plant	0.0278	jam	-	Rp 8,841,383	Rp 245,790
	3. Generator set 1.35 KVA	0.0278	jam	-	Rp 481,214	Rp 13,378
	4. Dump Truck 3,5 ton	0.4979	jam	-	Rp 339,482	Rp 169,028
	5. Asphalt Finisher	0.0013	jam	-	Rp 624,676	Rp 812
	6. Tandem roller 6-8 ton	0.0033	jam	-	Rp 496,082	Rp 1,637
	7. Pneumatic tire roller 8-10 ton	0.001	jam	-	Rp 525,955	Rp 526
	8. Alat Bantu	0.0045	set	-	Rp 50,000	Rp 225

Tabel 6.1 Rencana Anggaran Biaya *Flexible Pavement* Tiap Lapisan.....(Lanjutan)

	<i>Jumlah Harga Peralatan</i>					Rp 439,178
D	Jumlah (A+B+C)					Rp 1,295,238
E	Overhead dan Profit (10%*D)					Rp 129,524
F	HSPK					Rp 1,424,761
G	Total Biaya Pekerjaan Lapis Permukaan AC-WC (F x Vol.)					Rp10,386,509,586
2	Kebutuhan Lapisan AC-BC tebal 6 cm	-	m ³	8,748	-	
	A. Upah Tenaga Kerja					
	1. Mandor	0.0119	O/H	-	Rp 60,000	Rp 714
	2. Pekerja	0.0040	O/H	-	Rp 85,000	Rp 340
	<i>Jumlah Upah Tenaga Kerja</i>					Rp 1,054
	B. Bahan					
	1. Produksi batu pecah 20-30mm	0.1331	m ³	-	Rp 230,516	Rp 30,682
	2. Produksi batu pecah 05-20mm	0.3719	m ³	-	Rp 230,516	Rp 85,729
	3. Produksi batu pecah 00-05mm	0.1759	m ⁴	-	Rp 230,516	Rp 40,548
	4. Portland cement	9.4500	kg	-	Rp 1,687	Rp 15,942
	5. Aspal curah	52.5300	kg	-	Rp 10,510	Rp 552,090
	<i>Jumlah Harga Bahan</i>					Rp 724,991
	C. Peralatan					
	1. Wheel Loader 1,0-1,6 m ³	0.0154	jam	-	Rp 505,291	Rp 7,781
	2. Asphalt Mixing Plant	0.0278	jam	-	Rp 8,841,383	Rp 245,790
	3. Generator set 1.35 KVA	0.0278	jam	-	Rp 481,214	Rp 13,378
	4. Dump Truck 3,5 ton	0.4979	jam	-	Rp 339,482	Rp 169,028

Tabel 6.1 Rencana Anggaran Biaya *Flexible Pavement* Tiap Lapisan.....(Lanjutan)

	5. Asphalt Finisher	0.0212	jam	-	Rp 624,676	Rp 13,243
	6. Tandem roller 6-8 ton	0.0543	jam	-	Rp 496,082	Rp 26,937
	7. Pneumatic tire roller 8-10 ton	0.0161	jam	-	Rp 525,955	Rp 8,468
	8. Alat Bantu	0.0045	set	-	Rp 50,000	Rp 225
	<i>Jumlah Harga Peralatan</i>					Rp 484,851
	D	Jumlah (A+B+C)			Rp 1,210,896	
	E	Overhead dan Profit (10%*D)			Rp 121,090	
	F	HSPK			Rp 1,331,986	
	G	Total Biaya Pekerjaan Lapis Permukaan AC-BC (F x Vol.)			Rp11,652,210,454	
3	Kebutuhan Lapis Agregat Base Course kelas A	-	m ³	23,328	-	
	A. Upah Tenaga Kerja					
	1. Mandor	0.0040	O/H	-	Rp 60,000	Rp 240
	2. Pekerja	0.0013	O/H	-	Rp 85,000	Rp 111
	<i>Jumlah Upah Tenaga Kerja</i>					Rp 351
	B. Bahan					
	1. Produksi lapis pondasi agregat kelas B (batu pecah 20-30 mm, batu pecah 05-20 mm, pasir urug dan peralatan (wheel loader dan blending equipment)	1.2586	m ³	-	Rp 256,053	Rp 322,268
	<i>Jumlah Harga Bahan</i>					Rp 322,268
	C. Peralatan					
	1. Wheel Loader 1,0-1,6 m ³	0.0094	jam	-	Rp 505,291	Rp 4,750

Tabel 6.1 Rencana Anggaran Biaya *Flexible Pavement* Tiap Lapisan.....(Lanjutan)

	2. Dump Truck 20 ton	0.1266	jam	-	Rp 645,235	Rp 81,687	
	3. Motor grader > 100 HP	0.0075	jam	-	Rp 599,196	Rp 4,494	
	4. Water tanker truck 3000-4000 ltr	0.0141	jam	-	Rp 289,927	Rp 4,088	
	5. Tandem roller 6-8 ton	0.0217	jam	-	Rp 496,082	Rp 10,765	
	6. Alat Bantu	0.1000	set	-	Rp 50,000	Rp 5,000	
	<i>Jumlah Harga Peralatan</i>					Rp	110,783
	D	Jumlah (A+B+C)				Rp	433,402
	E	Overhead dan Profit (10%*D)				Rp	43,340
	F	HSPK				Rp	476,742
	G	Total Biaya Pekerjaan Lapis Base Agregat Kelas A (F x Vol.)				Rp	11,121,442,968
4	Kebutuhan Lapis Agregat SubBase Course kelas B	-	m ³	40,824	-		
	<i>A. Upah Tenaga Kerja</i>						
	1. Mandor	0.0040	O/H	-	Rp 60,000	Rp 240.00	
	2. Pekerja	0.0013	O/H	-	Rp 85,000	Rp 110.50	
	<i>Jumlah Upah Tenaga Kerja</i>					Rp	350.50
	<i>B. Bahan</i>						
	1. Produksi lapis pondasi agregat kelas B (batu pecah 20-30 mm, batu pecah 05-20 mm, sirtu dan peralatan (wheel loader dan blending equipment)	1.2586	m ³	-	Rp 223,979	Rp 281,900	
	<i>Jumlah Harga Bahan</i>					Rp	281,900
	<i>C. Peralatan</i>						

Tabel 6.1 Rencana Anggaran Biaya *Flexible Pavement* Tiap Lapisan.....(Lanjutan)

1. Wheel Loader 1,0-1,6 m ³	0.0094	jam	-	Rp 505,291	Rp 4,750
2. Dump Truck 20 ton	0.1266	jam	-	Rp 645,235	Rp 81,687
3. Motor grader > 100 HP	0.0075	jam	-	Rp 599,196	Rp 4,494
4. Water tanker truck 3000-4000 ltr	0.0141	jam	-	Rp 289,927	Rp 4,088
5. Tandem roller 6-8 ton	0.0217	jam	-	Rp 496,082	Rp 10,765
6. Alat Bantu	0.1000	set	-	Rp 50,000	Rp 5,000
<i>Jumlah Harga Peralatan</i>					Rp 110,783
D	Jumlah (A+B+C)				Rp 393,034
E	Overhead dan Profit (10%*D)				Rp 39,303
F	HSPK				Rp 432,338
G	Total Biaya Pekerjaan Lapis Subbase Agregat Kelas B (F x Vol.)				Rp17,649,755,096

Dari perhitungan rencana anggaran biaya konstruksi diatas, diperoleh total biaya konstruksi untuk perkerasan lentur untuk tiap lapisan yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{Total} &= \text{AC-WC} + \text{AC-BC} + \text{Agregat Kelas A} + \text{Agregat Kelas B} \\
 &= \text{Rp. } 10,386,509,586 + \text{Rp. } 11,652,210,454 + \text{Rp. } 11,121, \\
 &\quad 442,968 + \text{Rp. } 17,649,755,096 \\
 &= \text{Rp. } 50,809,918,105
 \end{aligned}$$

6.1.1 Rencana Anggaran Biaya Pemeliharaan Rutin *Flexible Pavement*

Dalam perhitungan biaya pemeliharaan rutin untuk perkerasan lentur Jalan Tol-Semarang Batang, diasumsikan bahwa Jalan Tol Semarang-Batang mengalami kerusakan sebesar 5 % tiap tahunnya. Sehingga, biaya pemelihara rutin yang dikeluarkan dapat dihitung :

- Panjang = 13.5 km
- Lebar = 10.8 m
- Luas Perkerasan = $p \times l$
= 13.5 km x (1000 m) x 10.8 m
= 145,800 m²
- Bagian jalan mengalami kerusakan sebesar 5% per-tahun yang berupa retak tingkat rendah/ retak rambut.
 - Luas kerusakan= 5% x luas perkerasan
= 5% x 145,800 m²
= 7,290 m²
- Volume pekerjaan lapisan yang rusak ;
 1. Volume *surface course*
 - Lapisan AC-WC 5 cm
Vol. = Luas kerusakan x tebal
= 7,290 m² x (5 cm /100) m
= 364,50 m³
 - Lapisan AC-BC 6 cm
Vol. = Luas kerusakan x tebal
= 7,290 m² x (6 cm /100) m
= 437,40 m³
 2. Volume *base course* 6 cm
Vol. = Luas kerusakan x tebal
= 7,290 m² x (16 cm /100) m
= 1,166.40 m³
 3. Volume *subbase course*
Vol. = Luas kerusakan x tebal
= 7,290 m² x (28 cm /100) m
= 2,041.20 m³
- Biaya pekerjaan lapisan yang rusak ;
 1. Biaya pekerjaan *surface course*
 - Lapisan AC-WC 5 cm
Biaya = vol. x biaya pekerjaan *surface*
= 364,50 m³ x Rp.1,424,761.26
= Rp. 519,325,479

- Lapisan AC-BC 6 cm
 - Biaya = vol. x biaya pekerjaan *surface*
 = $437,40 \text{ m}^3 \times \text{Rp.}1,331,985.65$
 = Rp. 582,610,523
- 2. Biaya pekerjaan *base course*
 - Biaya = vol. x biaya pekerja an *base*
 = $1,166.40 \text{ m}^3 \times \text{Rp.} 476,742.24$
 = Rp. 556,072,148
- 3. Biaya pekerjaan *subbase course*
 - Biaya = vol. x biaya pekerjaan *subbase*
 = $2,041.20 \text{ m}^3 \times \text{Rp.} 432,337.72$
 = Rp. 882,487,755
- Total biaya pemeliharaan rutin perkerasan lentur ;
 - Total biaya = *Surface* (ACWC + AC-BC) + *Base* + *Subbase*
 = $(519,325,479 + 582,610,523) + 556,072,148 + 882,487,755$
 = Rp. 2,540,495,905
- Inflasi kota Semarang (Bulan Maret) yaitu 3,45% diperoleh dari *website* www.hargajateng.org .
- Total biaya pemeliharaan perkerasan lentur yang diperoleh ditetapkan sebagai nilai P. Sehingga, perhitungan biaya pemeliharaan rutin selama umur rencana (FW) adalah :

Tabel 6.2 Perhitungan nilai FW Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Lentur

Tahun Ke-	P	(1+i) ⁿ	FW=P(1+i) ⁿ
1	Rp 2,540,495,905	1.035	Rp 2,628,143,014
2	Rp 2,540,495,905	1.070	Rp 2,718,813,948
3	Rp 2,540,495,905	1.107	Rp 2,812,613,029
4	Rp 2,540,495,905	1.145	Rp 2,909,648,179
5	Rp 2,540,495,905	1.185	Rp 3,010,031,041

Tabel 6.2 Perhitungan nilai FW Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Lentur.....(Lanjutan)

6	Rp 2,540,495,905	1.226	Rp 3,113,877,112
7	Rp 2,540,495,905	1.268	Rp 3,221,305,872
8	Rp 2,540,495,905	1.312	Rp 3,332,440,925
9	Rp 2,540,495,905	1.357	Rp 3,447,410,137
10	Rp 2,540,495,905	1.404	Rp 3,566,345,786
11	Rp 2,540,495,905	1.452	Rp 3,689,384,716
12	Rp 2,540,495,905	1.502	Rp 3,816,668,489
13	Rp 2,540,495,905	1.554	Rp 3,948,343,551
14	Rp 2,540,495,905	1.608	Rp 4,084,561,404
15	Rp 2,540,495,905	1.663	Rp 4,225,478,772
16	Rp 2,540,495,905	1.721	Rp 4,371,257,790
17	Rp 2,540,495,905	1.780	Rp 4,522,066,184
18	Rp 2,540,495,905	1.841	Rp 4,678,077,467
19	Rp 2,540,495,905	1.905	Rp 4,839,471,140
20	Rp 2,540,495,905	1.971	Rp 5,006,432,894
21	Rp 2,540,495,905	2.039	Rp 5,179,154,829
22	Rp 2,540,495,905	2.109	Rp 5,357,835,671
23	Rp 2,540,495,905	2.182	Rp 5,542,681,001
24	Rp 2,540,495,905	2.257	Rp 5,733,903,496
25	Rp 2,540,495,905	2.335	Rp 5,931,723,166

- Nilai FW tersebut kemudian di konversikan ker nilai *Present* kembali sehingga nilainya sesuai dengan kondisi saat ini. Nilai *i* yang digunakan adalah suku bunga bank Indonesia tahun 2018 yaitu 4,25% yang dikeluarkan oleh Bank Indonesia (www.bi.go.id).

- Pada tahun ke-5, 10, 15 dan 20 tidak dilakukan pemeliharaan rutin hal ini disebabkan pada tahun tersebut sudah dilakukan pemeliharaan berkala, sehingga kondisi jalan dianggap telah baik.

Tabel 6.3 Perhitungan nilai P Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Lentur

Tahun ke-	$FW=P(1+i)^n$	$1/(1+i)^n$	$P=FW(1/(1+i)^n)$
1	Rp 2,628,143,014	0.9592	Rp 2,521,000,493
2	Rp 2,718,813,948	0.9201	Rp 2,501,654,686
3	Rp 2,812,613,029	0.8826	Rp 2,482,457,336
4	Rp 2,909,648,179	0.8466	Rp 2,463,407,303
6	Rp 3,113,877,112	0.7790	Rp 2,425,744,679
7	Rp 3,221,305,872	0.7473	Rp 2,407,129,852
8	Rp 3,332,440,925	0.7168	Rp 2,388,657,872
9	Rp 3,447,410,137	0.6876	Rp 2,370,327,644
11	Rp 3,689,384,716	0.6326	Rp 2,334,088,099
12	Rp 3,816,668,489	0.6069	Rp 2,316,176,631
13	Rp 3,948,343,551	0.5821	Rp 2,298,402,614
14	Rp 4,084,561,404	0.5584	Rp 2,280,764,992
16	Rp 4,371,257,790	0.5138	Rp 2,245,894,755
17	Rp 4,522,066,184	0.4928	Rp 2,228,660,071
18	Rp 4,678,077,467	0.4727	Rp 2,211,557,644
19	Rp 4,839,471,140	0.4535	Rp 2,194,586,458
21	Rp 5,179,154,829	0.4173	Rp 2,161,033,791
22	Rp 5,357,835,671	0.4002	Rp 2,144,450,318
23	Rp 5,542,681,001	0.3839	Rp 2,127,994,105
24	Rp 5,733,903,496	0.3683	Rp 2,111,664,174
25	Rp 5,931,723,166	0.3533	Rp 2,095,459,557
Total Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Lentur Selama Umur Rencana			Rp 48,311,113,071

6.1.2 Rencana Anggaran Biaya Pemeliharaan Berkala *Flexible Pavement*

Agar suatu perencanaan konstruksi perkerasan lentur dapat bertahan selama umur rencana, maka harus dilakukan pemeliharaan secara berkala setiap 5 tahun dengan lapis tambah (overlay),dimana :

- Panjang = 13.5 km
- Lebar = 10.8 m
- Tebal *Surface* = 5,50 cm (Subbab 5.3)
- *Surface*
 - Luas = 13.5 km x (1000) x 10.8 m
= 145,800 m²
 - Harga = Luas x Tebal x Biaya *Surface*
= 145,800 m² x 0.055 m x Rp.
1,424,761.00
= Rp. 11,425,160,544.86
- Lapis *Track Coat*/Perekat (0.3 liter/m²)
 - Harga = 145,800 m² x 0.3 liter/ m² x Rp.
14,464.00
= Rp. 632,655,360.00
- Total Biaya = *Surface* + *Track Coat*
= Rp. 11,425,160,544.86 + Rp.
632,655,360.00
= Rp. 12,057,815,904.86
- Untuk nilai P = Rp. 12,057,815,904.86, dan inflasi kota Semarang (bulan Maret) = 3,45% (www.hargajateng.org). Maka, dari dari biaya pekerjaan dan inflasi tersebut, akan dicari nilai FW (*future*) pada tahun ke 5, 10, 15 dan 20. Sehingga nilai F diperoleh:

Tabel 6.4 Perhitungan nilai FW Biaya Pemeliharaan Berkala Perkerasan Lentur

Tahun Ke-	P	$(1+i)^n$	$FW=P(1+i)^n$
5	Rp 12,057,815,904.86	1.1848	Rp 14,286,344,679.14
10	Rp 12,057,815,904.86	1.4038	Rp 16,926,750,740.07
15	Rp 12,057,815,904.86	1.6632	Rp 20,055,157,358.39
20	Rp 12,057,815,904.86	1.9707	Rp 23,761,756,928.21

- Berdasarkan hasil perhitungan dari nilai FW tersebut, kemudian di *present*-kan kembali sesuai dengan nilai saat ini. Untuk nilai i yang digunakan adalah Suku Bunga Bank Indonesia yaitu 4.25 % (www.bi.go.id).

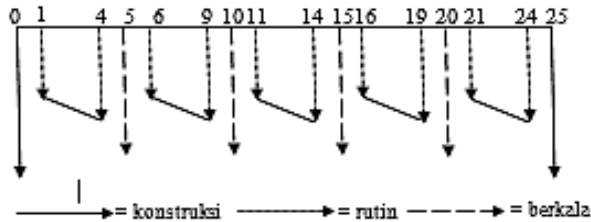
Tabel 6.5 Perhitungan nilai P Biaya Pemeliharaan Berkala Perkerasan Lentur

Tahun ke-	$FW=P(1+i)^n$	$\frac{1}{(1+i)^n}$	$P=FW(1/(1+i)^n)$
5	Rp 14,286,344,679.14	0.8121	Rp 11,602,212,237.34
10	Rp 16,926,750,740.07	0.6595	Rp 11,163,823,520.15
15	Rp 20,055,157,358.39	0.5356	Rp 10,741,999,287.68
20	Rp 23,761,756,928.21	0.4350	Rp 10,336,113,652.12
Total Biaya Pemeliharaan Berkala Perkerasan Lentur per 5 Tahun			Rp 43,844,148,697.28

- Adapun total biaya pemeliharaan perkerasan lentur yaitu penjumlahan dari biaya pemeliharaan rutin dan biaya pemeliharaan berkala, sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Total} &= \text{Rp } 48,311,113,071 + \text{Rp } 43,844,148,697.28 \\ &= \text{Rp } 92,155,261,768.48 \end{aligned}$$

Sehingga, dari perhitungan diatas didapatkan ilustrasi dari *cashflow* biaya konstruksi, biaya pemeliharaan rutin dan berkala yaitu :



Gambar 6.1 Ilustrasi Cashflow Biaya Konstruksi Lentur dan Biaya Pemeliharaan (Rutin dan Berkala)

6.2 Rencana Anggaran Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Dalam perencanaan rigid pavement, adapun total biaya konstruksi untuk seluruh item pekerjaan yang ada, antara lain :

Diketahui :

- Panjang jalan = 13.5 km
- Lebar = 10.8 m
- Tebal =
 - Beton K-350 = 26.00 cm
 - Subbase LC K-175 = 10.00 cm

➤ Perhitungan volume pekerjaan

1) Cor beton K-350

$$\begin{aligned}
 &\text{Panjang pelat beton per-segmen,} \\
 &= (18 \text{ s.d } 20) \times \text{tebal pelat} \\
 &= 20 \times 26 \text{ cm} \\
 &= 520 \text{ cm} = 5.2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= p \times l \times t \\
 &= (13.5 \text{ km} \times 1000) \times 10.8 \text{ m} \times (26 \text{ cm} / 100) \\
 &= 37,908 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

2) Cor subbase beton K-175

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= p \times l \times t \\
 &= (13.5 \text{ km} \times 1000) \times 10.8 \text{ m} \times (10 \text{ cm} / 100)
 \end{aligned}$$

$$= 14,580 \text{ m}^3$$

3) Pekerjaan bekisting kayu K-175 (t=10 cm)

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= p \times t \times 4 \text{ sisi} \\ &= (13.5 \text{ km} \times 1000) \times (10 \text{ cm} / 100) \times 4 \\ &= 5,400 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

4) Pembesian (Beton Bersambung dengan Tulangan)

a. Dowel

Digunakan dowel D32, p=450mm, j=300mm

- A = Jumlah dowel dalam 1 transversal joint = lebar jalan/jarak antar dowel = $10.8 \text{ m} / (300 \text{ mm}/1000) = 36$ batang
- B = Jumlah transversal joint = panjang jalan / panjang pelat beton per-segmen = $(13.5 \text{ km} \times 1000) / 5.2 \text{ m} = 2597$ sambungan melintang
- C = Total dowel = $A \times B = 93,492$ batang
- D = Total panjang dowel yang dibutuhkan = C x Panjang 1 Dowel = $C \times (450 \text{ mm} / 1000) = 42,071 \text{ m}$
- $B_{J_{\text{steel}}} = 7850 \text{ kg/m}^3$
- E = Berat dowel per- 1 m panjang tulangan
 $= \left(\frac{1}{4} \pi d^2 \right) \times 1 \text{ m} \times B_{J_{\text{Tul}}}$
 $= \left(\frac{1}{4} \pi \left(\frac{32 \text{ mm}}{1000} \right)^2 \right) \times 1 \text{ m} \times 7850 \text{ kg/m}^3$
 $= 6.31 \text{ kg/m}$
- F = Volume Dowel
 $= D \times E = 265,611 \text{ kg}$

b. Tie Bar

Digunakan tie bar D13 (1/2 inch), p=765 mm, j=730 mm) :

- A = Total tie bar = panjang jalan / jarak antar tie bar
 $= (13.5 \text{ km} * 1000) / (730 \text{ mm}/1000) = 18,493$ batang

- $B = \text{total panjang tie bar yang dibutuhkan} = A \times (765 \text{ mm}/1000) = 14,147 \text{ m}$
- $B_{J_{\text{steel}}} = 7850 \text{ kg/m}^3$
- $C = \text{Berat tie bar per- 1 m panjang tulangan}$
 $= \left(\frac{1}{4} \pi d^2\right) \times 1 \text{ m} \times \text{BJ. Tul}$
 $= \left(\frac{1}{4} \pi \left(\frac{13 \text{ mm}}{1000}\right)^2\right) \times 1 \text{ m} \times 7850 \text{ kg/m}^3$
 $= 1.04 \text{ kg/m}$
- $F = \text{Volume Tie Bar}$
 $= B \times C = 14,741 \text{ kg}$

c. Tulangan Memanjang

Digunakan tulangan D12, $j = 250 \text{ mm}$:

- $A = \text{Jumlah tulangan dalam 1 transversal joint} = \text{lebar jalan/jarak antar tulangan} = 10.8 \text{ m} / (250 \text{ mm}/1000) = 44 \text{ batang}$
- $\text{Panjang besi tulangan} = 5.2 \text{ m}$
- $B = \text{Jumlah transversal joint} = \text{panjang jalan} / \text{panjang pelat beton per-segmen} = (13.5 \text{ km} \times 1000) / 5.2 \text{ m} = 2597 \text{ sambungan melintang}$
- $C = \text{Total dowel} = A \times B = 114,750 \text{ batang}$
- $D = \text{Total panjang tulangan yang dibutuhkan} = C \times \text{Panjang 1 Dowel} = C \times (5.2 \text{ m}) = 596,700 \text{ m}$
- $B_{J_{\text{steel}}} = 7850 \text{ kg/m}^3$
- $E = \text{Berat dowel per- 1 m panjang tulangan}$
 $= \left(\frac{1}{4} \pi d^2\right) \times 1 \text{ m} \times \text{BJ. Tul}$
 $= \left(\frac{1}{4} \pi \left(\frac{12 \text{ mm}}{1000}\right)^2\right) \times 1 \text{ m} \times 7850 \text{ kg/m}^3$
 $= 0.89 \text{ kg/m}$
- $F = \text{Volume Dowel}$
 $= D \times E = 529,759 \text{ kg}$

d. Tulangan Melintang

Digunakan tulangan D12, $j = 250$ mm

- A = Total tulangan = panjang jalan / jarak antar tulangan = $(13.5 \text{ km} * 1000) / (250 \text{ mm}/1000)$
= 54,000 batang
- B = total panjang tulangan yang dibutuhkan = A x (10.8 m) = 583,200 m
- $B_{\text{steel}} = 7850 \text{ kg/m}^3$
- C = Berat tie bar per- 1 m panjang tulangan
= $\left(\frac{1}{4} \pi d^2\right) \times 1 \text{ m} \times B_{\text{Tul}}$
= $\left(\frac{1}{4} \pi \left(\frac{12 \text{ mm}}{1000}\right)^2\right) \times 1 \text{ m} \times 7850 \text{ kg/m}^3$
= 0,89 kg/m'
- F = Volume Tie Bar
= B x C = 517,773 kg

Tabel 6.6 Rencana Anggaran Biaya Konstruksi *Rigid Pavement* Tiap Lapisan

No	Uraian Kegiatan	Koef.	Sat	Vol.	Harga Satuan (Rp.)	Harga (Rp.)
Pekerjaan Perkerasan Lentur						
1	Perkerasan jalan beton K-350 untuk beban berat , termasuk bekisting	-	m ³	37,908	-	
	A. Upah Tenaga Kerja					
	1. Pekerja	1.3387	O/H	-	Rp 60,000	Rp 80,322
	2. Tukang Batu	0.6693	O/H	-	Rp 75,000	Rp 50,198
	3. Mandor	0.1434	O/H	-	Rp 85,000	Rp 12,189
	<i>Jumlah Upah Tenaga Kerja</i>					Rp
B. Bahan						

Tabel 6.6 Rencana Anggaran Biaya Konstruksi *Rigid Pavement* Tiap Lapisan.....(Lanjutan)

	1. Adukan beton K-350 Readymix	1.0600	m ³	-	Rp 977,500	Rp 1,036,150
	2. Joint sealent	0.2813	kg	-	Rp 42,000	Rp 11,814
	3. Plastik cor/Polytene 125 mikron	0.1138	kg	-	Rp 57,500	Rp 6,543
	4. Curing compound	0.8700	liter	-	Rp 41,500	Rp 36,105
	5. Plywood 12 mm (120 x 240)	0.0846	lbr	-	Rp 162,500	Rp 13,747
	6. Kayu Bekisting	0.0231	m ³	-	Rp 1,962,500	Rp 45,333
	7. Paku	0.2857	kg	-	Rp 15,750	Rp 4,499
	8. Additive	0.2000	liter	-	Rp 60,000	Rp 12,000
	<i>Jumlah Harga Bahan</i>					Rp 1,166,194
	<i>C. Peralatan</i>					
	1. Concrete Vibrator	0.3347	jam	-	Rp 53,554	Rp 17,925
	2. Water tanker truck 3000-4000 ltr	0.0211	jam	-	Rp 289,927	Rp 6,117
	3. Concrete slip form paver	0.0074	jam	-	Rp 10,766	Rp 4,520
	4. Alat bantu	0.1000	set	-	Rp 50,000	Rp 5,000
	<i>Jumlah Harga Peralatan</i>					Rp 33,562
	D	Jumlah (A+B+C)				Rp 1,342,464
	E	Overhead dan Profit (10%*D)				Rp 134,246
	F	HSPK				Rp 1,476,711
	G	Total Biaya Pekerjaan Beton K-350 Readymix (F x Vol.)				Rp 55,979,149,390
2	Beton K-175 Readymix	-	m ³	14,580	-	
	<i>A. Upah Tenaga Kerja</i>					
	1. Pekerja	0.0569	O/H	-	Rp 60,000	Rp 3,414

Tabel 6.6 Rencana Anggaran Biaya Konstruksi *Rigid Pavement* Tiap Lapisan.....(Lanjutan)

	2. Tukang Batu	0.2276	O/H	-	Rp 75,000	Rp 17,070
	3. Mandor	0.4552	O/H	-	Rp 85,000	Rp 38,692
	<i>Jumlah Upah Tenaga Kerja</i>					Rp 59,176
	B. Bahan					
	1. Adukan beton K-175 Readymix	1.0600	m ³	-	Rp 786,000	Rp 833,160
	<i>Jumlah Harga Bahan</i>					Rp 833,160
	C. Peralatan					
	1. Concrete Vibrator	0.0569	jam	-	Rp 53,554	Rp 3,047
	2. Alat Bantu	0.1000	set	-	Rp 50,000	Rp 5,000
	<i>Jumlah Harga Peralatan</i>					Rp 8,047
	D	Jumlah (A+B+C)				Rp 900,383
	E	Overhead dan Profit (10% *D)				Rp 90,038
	F	HSPK				Rp 990,422
	G	Total Biaya Pekerjaan Beton K-175 Readymix (F x Vol.)				Rp 14,440,346,124
3	Bekisting untuk beton K-175	-	m ²	5,400	-	
	A. Upah Tenaga Kerja					
	1. Pekerja	0.3200	O/H	-	Rp 60,000	Rp 19,200
	2. Tukang Batu	0.3300	O/H	-	Rp 75,000	Rp 24,750
	3. Kepala Tukang	0.0330	O/H	-	Rp 85,000	Rp 2,805
	4. Mandor	0.0060	O/H	-	Rp 85,000	Rp 510
	<i>Jumlah Upah Tenaga Kerja</i>					Rp 47,265
	B. Bahan					
	1. Kayu Bekisting	0.0400	m ³	-	Rp 1,962,500	Rp 78,500

Tabel 6.6 Rencana Anggaran Biaya Konstruksi *Rigid Pavement* Tiap Lapisan.....(Lanjutan)

	2. Paku	0.4000	kg	-	Rp 15,750	Rp 6,300
	3. Minyak bekisting	0.2000	liter	-	Rp 16,000	Rp 3,200
	4. Kayu kelapa	0.0150	m ³	-	Rp 3,575,000	Rp 53,625
	5. Plywood 9 mm (120 x 240)	0.3500	lbr	-	Rp 122,000	Rp 42,700
	<i>Jumlah Harga Bahan</i>					Rp 184,325
	D	Jumlah (A+B)				Rp 231,590
	E	Overhead dan Profit (10%*D)				Rp 23,159
	F	HSPK				Rp 254,749
	G	Total Biaya Pekerjaan Bekisting Beton K-175 Readymix (F x Vol.)				Rp 1,375,644,600
4	Baja Tulangan Dowel	-	kg	265,61	-	
	A. Upah Tenaga Kerja					
	1. Pekerja	0.0300	O/H	-	Rp 60,000	Rp 1,800
	2. Tukang Besi	0.0200	O/H	-	Rp 75,000	Rp 1,500
	3. Mandor	0.0100	O/H	-	Rp 85,000	Rp 850
	<i>Jumlah Upah Tenaga Kerja</i>					Rp 4,150.00
	B. Bahan					
	1. Baja tulangan polos U-24	1.0500	kg	-	Rp 10,350	Rp 10,867.50
	2. Kawat beton	0.0025	kg	-	Rp 14,500	Rp 36.25
	3. Cat besi	0.0002	kg	-	Rp 46,655	Rp 9.33
	4. Pipa PVC tipe AW Ø 1" panjang 4 m	0.0114	batang	-	Rp 34,350	Rp 391.59
	<i>Jumlah Harga Bahan</i>					Rp 11,304.67
	C. Peralatan					

Tabel 6.6 Rencana Anggaran Biaya Konstruksi *Rigid Pavement* Tiap Lapisan.....(Lanjutan)

	1. Alat Bantu	0.1000	set	-	Rp 50,000	Rp 5,000
	<i>Jumlah Harga Peralatan</i>					Rp 5,000
	D	Jumlah (A+B+C)			Rp 20,455	
	E	Overhead dan Profit (10% *D)			Rp 2,045	
	F	HSPK			Rp 22,500	
	G	Total Biaya Dowel (F x Vol.)			Rp 5,976,289,713	
5	Baja Tulangan Tie Bar	-	kg	14,741	-	
	A. Upah Tenaga Kerja					
	1. Pekerja	0.0300	O/H	-	Rp 60,000	Rp 1,800
	2. Tukang Besi	0.0200	O/H	-	Rp 75,000	Rp 1,500
	3. Mandor	0.0100	O/H	-	Rp 85,000	Rp 850
	<i>Jumlah Upah Tenaga Kerja</i>					Rp 4,150
	B. Bahan					
	1. Baja tulangan polos U-24	1.0500	kg	-	Rp 10,350	Rp 10,867.50
	2. Kawat beton	0.0025	kg	-	Rp 14,500	Rp 36.25
	3. Cat besi	0.0001	kg	-	Rp 46,655	Rp 4.67
	<i>Jumlah Harga Bahan</i>					Rp 10,908.42
	C. Peralatan					
	1. Alat Bantu	0.1000	set	-	Rp 50,000	Rp 5,000
	<i>Jumlah Harga Peralatan</i>					Rp 5,000
	D	Jumlah (A+B+C)			Rp 20,058	
E	Overhead dan Profit (10% *D)			Rp 2,006		
F	HSPK			Rp 22,064		

Tabel 6.6 Rencana Anggaran Biaya Konstruksi *Rigid Pavement* Tiap Lapisan.....(Lanjutan)

	G	Total Biaya Tie Bar (F x Vol.)				Rp 25,242,952
	Tulangan Memanjang	-	kg	529,76	-	
	A. Upah Tenaga Kerja					
	1. Pekerja	0.0070	O/H	-	Rp 60,000	Rp 420.00
	2. Tukang Besi	0.0070	O/H	-	Rp 75,000	Rp 525.00
	3. Kepala Tukang	0.0007	O/H	-	Rp 85,000	Rp 59.50
	4. Mandor	0.0007	O/H	-	Rp 85,000	Rp 59.50
	<i>Jumlah Upah Tenaga Kerja</i>					Rp 1,064.00
	B. Bahan					
	1. Baja tulangan polos U-24 atau ulir U-32	1.0500	kg	-	Rp 10,350	Rp 10,868
	2. Kawat beton	0.0150	kg	-	Rp 14,500	Rp 218
	<i>Jumlah Harga Bahan</i>					Rp 11,085
6	D	Jumlah (A+B)				Rp 12,149
	E	Overhead dan Profit (10% *D)				Rp 1,215
	F	HSPK				Rp 13,364
	G	Total Biaya Tulangan Memanjang (F x Vol.)				Rp 7,079,641,808
	Tulangan Melintang	-	kg	517,77	-	
	A. Upah Tenaga Kerja					
	1. Pekerja	0.0070	O/H	-	Rp 60,000	Rp 420.00
	2. Tukang Besi	0.0070	O/H	-	Rp 75,000	Rp 525.00
	3. Kepala Tukang	0.0007	O/H	-	Rp 85,000	Rp 59.50
	4. Mandor	0.0007	O/H	-	Rp 85,000	Rp 59.50
	<i>Jumlah Upah Tenaga Kerja</i>					Rp 1,064.00
	B. Bahan					
7						

Tabel 6.6 Rencana Anggaran Biaya Konstruksi *Rigid Pavement* Tiap Lapisan.....(Lanjutan)

1. Baja tulangan polos U-24 atau ulir U-32	1.0500	kg	-	Rp 10,350	Rp 10,868
2. Kawat beton	0.0150	kg	-	Rp 14,500	Rp 218
<i>Jumlah Harga Bahan</i>					Rp 11,085
D	Jumlah (A+B)				Rp 12,149
E	Overhead dan Profit (10% *D)				Rp 1,215
F	HSPK				Rp 13,364
G	Total Biaya Tulangan Melintang (F x Vol.)				Rp 6,919,468,916

Dari perhitungan diatas, diperoleh total keseluruhan biaya konstruksi perkerasan kaku adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Total} &= \text{Beton K-350} + \text{Beton K-175} + \text{Bekisting} + \text{Dowel} + \\
 &\quad \text{Tie Bar} + \text{Tul. Memanjang} + \text{Tul. Melintang} \\
 &= \text{Rp. } 55,979,149,390 + \text{Rp. } 14,440,346,124 + \text{Rp. } 1,375, \\
 &\quad 644,600 + \text{Rp. } 5,976,289,713 + \text{Rp. } 325,242,952 + \text{Rp. } \\
 &\quad 7,079,641,808 + \text{Rp. } 6,919,468,916 + \text{Rp} \\
 &= \text{Rp. } 92,095,783,503
 \end{aligned}$$

6.2.1 Rencana Anggaran Biaya Pemeliharaan Rutin *Rigid Pavement*

Dalam perhitungan biaya pemeliharaan rutin untuk perkerasan kaku Jalan Tol-Semarang Batang, diasumsikan bahwa Jalan Tol Semarang-Batang mengalami kerusakan sebesar 0.5 % tiap tahunnya. Sehingga, biaya pemelihara rutin yang dikeluarkan dapat dihitung :

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Panjang} &= 13.5 \text{ km} \\
 \text{➤ Lebar} &= 10.8 \text{ m} \\
 \text{➤ Luas perkerasan} &= p \times l \\
 &= (13.5 \text{ km} \times 1000) \times 10.8 \text{ m} \\
 &= 145,800 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

- Bagian jalan rusak = $0.5\% \times \text{luas perkerasan}$
 = $0.5\% \times 145,800 \text{ m}^2$
 = 729 m^2
- Pekerjaan Beton K-350
 Volume pekerjaan = bagian jalan rusak x tebal
 = $729 \text{ m}^2 \times (26 \text{ cm}/100)$
 = 189.54 m^2
 Biaya Pekerjaan = volume x biaya pekerjaan beton
 K-350
 = $189.54 \text{ m}^2 \times \text{Rp. } 1,476,711$
 = $\text{Rp. } 279, 895, 747$

Total biaya pemeliharaan rutin perkerasan kaku = Rp. 279, 895, 747, dimana biaya tersebut ditetapkan sebagai nilai P. Sedangkan, tingkat inflasi Kota Semarang atau untuk nilai i, berdasarkan website www.hargajateng.org yaitu 3.45%. Untuk perhitungan FW biaya pemeliharaan rutin perkerasan kaku tiap tahun adalah sebagai berikut :

Tabel 6.7 Perhitungan nilai FW Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Lentur

Tahun ke-	P	(1+i) ⁿ	FW=P(1+i) ⁿ
1	Rp 279,895,747	1.035	Rp 289,552,150.22
2	Rp 279,895,747	1.070	Rp 299,541,699.40
3	Rp 279,895,747	1.107	Rp 309,875,888.03
4	Rp 279,895,747	1.145	Rp 320,566,606.17
5	Rp 279,895,747	1.185	Rp 331,626,154.08
6	Rp 279,895,747	1.226	Rp 343,067,256.40
7	Rp 279,895,747	1.268	Rp 354,903,076.74
8	Rp 279,895,747	1.312	Rp 367,147,232.89
9	Rp 279,895,747	1.357	Rp 379,813,812.42
10	Rp 279,895,747	1.404	Rp 392,917,388.95
11	Rp 279,895,747	1.452	Rp 406,473,038.87

Tabel 6.7 Perhitungan nilai FW Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Lentur.....(Lanjutan)

12	Rp 279,895,747	1.502	Rp 420,496,358.71
13	Rp 279,895,747	1.554	Rp 435,003,483.09
14	Rp 279,895,747	1.608	Rp 450,011,103.25
15	Rp 279,895,747	1.663	Rp 465,536,486.32
16	Rp 279,895,747	1.721	Rp 481,597,495.09
17	Rp 279,895,747	1.780	Rp 498,212,608.67
18	Rp 279,895,747	1.841	Rp 515,400,943.67
19	Rp 279,895,747	1.905	Rp 533,182,276.23
20	Rp 279,895,747	1.971	Rp 551,577,064.76
21	Rp 279,895,747	2.039	Rp 570,606,473.49
22	Rp 279,895,747	2.109	Rp 590,292,396.83
23	Rp 279,895,747	2.182	Rp 610,657,484.52
24	Rp 279,895,747	2.257	Rp 631,725,167.74
25	Rp 279,895,747	2.335	Rp 653,519,686.02

Setelah mendapatkan nilai FW akibat pengaruh dari inflasi, maka nilai FW dikonversikan menjadi nilai P. Adapun untuk nilai i , digunakan suku bunga bank Indonesia berdasarkan website www.bi.go.id yaitu sebesar 4.25%.

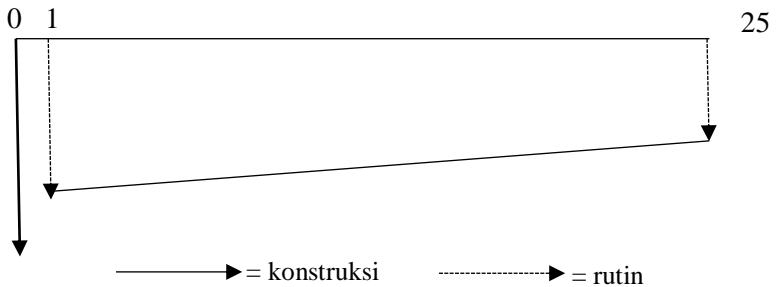
Tabel 6.8 Perhitungan nilai P Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Lentur

Tahun ke-	$FW=P(1+i)^n$	$1/(1+i)^n$	$P=FW(1/(1+i)^n)$
1	Rp 289,552,150.22	0.9592	Rp 277,747,865.92
2	Rp 299,541,699.40	0.9201	Rp 275,616,467.42
3	Rp 309,875,888.03	0.8826	Rp 273,501,424.99
4	Rp 320,566,606.17	0.8466	Rp 271,402,613.09
5	Rp 331,626,154.08	0.8121	Rp 269,319,907.19
6	Rp 343,067,256.40	0.7790	Rp 267,253,183.68

Tabel 6.8 Perhitungan nilai P Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Lentur.....(Lanjutan)

7	Rp 354,903,076.74	0.7473	Rp 265,202,319.92
8	Rp 367,147,232.89	0.7168	Rp 263,167,194.21
9	Rp 379,813,812.42	0.6876	Rp 261,147,685.76
10	Rp 392,917,388.95	0.6595	Rp 259,143,674.74
11	Rp 406,473,038.87	0.6326	Rp 257,155,042.23
12	Rp 420,496,358.71	0.6069	Rp 255,181,670.20
13	Rp 435,003,483.09	0.5821	Rp 253,223,441.56
14	Rp 450,011,103.25	0.5584	Rp 251,280,240.09
15	Rp 465,536,486.32	0.5356	Rp 249,351,950.47
16	Rp 481,597,495.09	0.5138	Rp 247,438,458.29
17	Rp 498,212,608.67	0.4928	Rp 245,539,649.98
18	Rp 515,400,943.67	0.4727	Rp 243,655,412.85
19	Rp 533,182,276.23	0.4535	Rp 241,785,635.10
20	Rp 551,577,064.76	0.4350	Rp 239,930,205.77
21	Rp 570,606,473.49	0.4173	Rp 238,089,014.74
22	Rp 590,292,396.83	0.4002	Rp 236,261,952.76
23	Rp 610,657,484.52	0.3839	Rp 234,448,911.40
24	Rp 631,725,167.74	0.3683	Rp 232,649,783.06
25	Rp 653,519,686.02	0.3533	Rp 230,864,460.98
Total Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Kaku Selama Umur Rencana			Rp 6,340,358,166.41

Sehingga, berdasarkan perhitungan diatas diperoleh total biaya pemeliharaan perkerasan kaku yang dilakukan secara rutin per tahun adalah : Rp. 6,340,358,166.41. Adapun cashflow dari biaya konstruksi kaku dan biaya pemeliharaan rutin seperti pada Gambar 6.2.



Gambar 6.2 Ilustrasi Cashflow Biaya Konstruksi Kaku dan Biaya Pemeliharaan (Rutin)

6.3 Rekapitulasi Biaya Tahap Konstruksi dan Biaya Pemeliharaan Perkerasan Selama Umur Rencana

Dari hasil perhitungan rencana anggaran biaya konstruksi, biaya pemeliharaan rutin, dan biaya pemeliharaan berkala, maka dapat dihitung keseluruhan total biaya yang dikeluarkan dari masa konstruksi hingga masa operasional. Adapun rekapitulasi total biaya keseluruhan pekerjaan lapis perkerasan lentur dan lapis perkerasan kaku pada proyek jalan Tol Semarang-Batang Seksi IV (Kendal-Kaliwungu), adalah :

Tabel 6.9 Rekapitulasi Biaya Tahap Konstruksi dan Pemeliharaan Perkerasan Lentur

No	Lapis Perkerasan	Total Biaya
1	Kebutuhan Lapisan Permukaan Aspal Concrete (AC-WC) tebal 5 cm	Rp 10,386,509,586
2	Kebutuhan Lapisan Permukaan Aspal Concrete Binder Course (AC-BC) tebal 6 cm	Rp 11,652,210,454
3	Kebutuhan Lapis Pondasi Agregat Base Course kelas A	Rp 11,121,442,968
4	Kebutuhan Lapis Pondasi Agregat SubBase Course kelas B	Rp 17,649,755,096

Tabel 6.9 Rekapitulasi Biaya Tahap Konstruksi dan Pemeliharaan Perkerasan Lentur(Lanjutan)

5	Total Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Lentur Selama Umur Rencana	Rp 48,311,113,071
6	Total Biaya Pemeliharaan Berkala Perkerasan Lentur per 5 Tahun	Rp 43,844,148,697
	Total Rencana Anggaran Biaya Perkerasan Lentur	Rp 142,965,179,873

Tabel 6.10 Rekapitulasi Biaya Tahap Konstruksi dan Pemeliharaan Perkerasan Kaku

No	Lapis Perkerasan	Total Biaya
1	Perkerasan jalan beton K-350 untuk beban berat , termasuk bekisting	Rp 55,979,149,390
2	Beton K-175 Readymix	Rp 14,440,346,124
3	Bekisting untuk beton K-175	Rp 1,375,644,600
4	Baja Tulangan Dowel	Rp 5,976,289,713
5	Baja Tulangan Tie Bar	Rp 325,242,952
6	Tulangan Memanjang	Rp 7,079,641,808
7	Tulangan Melintang	Rp 6,919,468,916
8	Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Kaku Selama Umur Rencana	Rp 6,340,358,166
	Total Rencana Anggaran Biaya Perkerasan Kaku	Rp 98,436,141,670

6.4 Perhitungan Analisis Ekonomi

Dalam melakukan analisis ekonomi, adapun parameter yang harus dilakukan yaitu menentukan biaya *user cost* dari tiap konstruksi perkerasan lentur maupun kaku, terlebih dahulu untuk mencari Biaya Operasional Kendaraan (BOK) dengan menggunakan metode *N.D. Lea*. Metode ini dipilih disebabkan perencanaan konstruksi jalan tol yang direncanakan masih

terbilang baru dan juga metode ini menitikberatkan terhadap pengaruh tipe lapisan permukaan dan kondisi jalan terhadap BOK.

6.4.1 *User cost* Perkerasan Lentur dan Kaku Pada Jalan Rencana

Pada perhitungan BOK perkerasan lentur dan kaku digunakan komponen berupa Indeks Harga Konsumen (IHK) yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS). Setelah itu, IHK tersebut dikonversikan sesuai dengan IHK yang berlaku terhadap tahun 1975 dan dikalikan dengan indeks dari masing-masing jenis dan kondisi permukaan perkerasan tiap kendaraan (Tabel 2.22 s.d 2.25).

Dalam perhitungan perencanaan konstruksi perkerasan lentur sebelumnya, akan dilakukan perawatan secara berkala setiap 5 tahun sekali. Hal ini menyebabkan diasumsikan bahwa kondisi jalan pada saat tersebut dalam keadaan sedang (*fair*) sedangkan tahun lainnya dalam kondisi baik (*good*).

Adapun perhitungan untuk total Biaya BOK perkerasan lentur selama umur rencana dapat dilihat pada Lampiran E1 s.d E25 serta untuk contoh perhitungan sebagai berikut:

- Nilai IHK yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kota Semarang antara lain IHK dari tahun 1975-2017. Sedangkan, untuk nilai IHK dari tahun 2019-2018, diperoleh dengan cara menjumlahkan nilai IHK pada tahun sebelumnya dengan nilai inflasi kota Semarang pada tahun tersebut, sebagai contoh :

$$\begin{aligned} \text{IHK tahun 2019} &= \text{IHK Tahun 2018} + \text{Inflasi Tahun 2018} \\ &= 1.307 + 0.0345 \\ &= 1.342 \end{aligned}$$

Setelah nilai IHK tahun 2019 diperoleh, ditentukan tahun dasar/tahun terbaik yang menjadi acuan penentuan nilai IHK pada tahun 2019. Dikarenakan pada tahun 2019 nilai IHK diperoleh berdasarkan perhitungan pribadi bukan berdasarkan data langsung dari BPS, maka di asumsikan bahwa tahun

dasar/tahun terbaik untuk 2019 sama dengan tahun dasar/tahun terbaik pada IHK tahun sebelumnya.

- Dalam penentuan nilai IHK mengacu pada tahun terbaik tahun 2019 dimana tahun terbaik/tahun dasarnya mengacu pada nilai IHK terbaik tahun 2012, maka perhitungan dilakukan dengan cara :

$$\begin{aligned} \text{IHK terbaik 2019} &= \text{IHK pada tahun terbaik 2012} \times \text{IHK} \\ &\quad 2019 \\ &= 66.063 \times 1.342 \\ &= 88.630 \end{aligned}$$

- Pada perhitungan IHK terbaik 2019 dengan tahun dasar 2012, diperoleh hasil 88.630, maka nilai itu tidak dapat digunakan langsung. Karena pada perhitungan BOK dilakukan dengan metode N.D Lea 1975 sehingga nilai IHK tersebut dikonversikan terhadap nilai IHK tahun 1975, sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{IHK 2019 Terhadap} &= \text{IHK Terbaik 2019/IHK 1975} \\ \text{Tahun 1975} & \\ &= 88.630/1.492 \\ &= 59.40 \end{aligned}$$

Maka pada perhitungan *user cost* digunakan IHK 2019 yang telah dikonversi sesuai tahun 1975 sebesar 59.40

- Biaya dasar tahun 2019 untuk tipe *High Paved (good condition)* jenis kendaraan PC :

$$\begin{aligned} \text{Biaya Dasar}_{2019} &= \text{Biaya Fuel Th. 1975} \times \text{IHK 2019} \\ &= \text{Rp. } 3944 \times 59.40 \\ &= \text{Rp. } 234,286.93 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BOK}_{2019} &= \text{Biaya Dasar}_{2019} \times \text{Indeks Kondisi} \\ &\quad \text{Permukaan Perkerasan} \\ &= \text{Rp. } 234,286.93 \times 90\% \text{ (good)} \\ &= \text{Rp. } 210,858.24 \end{aligned}$$

- Adapun faktor tambahan yang digunakan dalam menghitung nilai dari *user cost* adalah untuk nilai kemiringan jalan 0-3 %, dimana PC = 1%, Truk = 6% dan Bus = 3% berdasarkan Tabel 2.28.

$$\begin{aligned}
 \text{Total BOK}_{2019} &= \Sigma \text{BOK}_{2019} + \text{Faktor Tambahan} \\
 &= \text{Rp. } 1,731,483.81 + (1\% \times \text{Rp. } \\
 &\quad 1,731,483.81) \\
 &= \text{Rp. } 1,748,798.65 / 1000 \text{ km} \\
 \text{User cost PC} &= \text{Total BOK}_{2019} \times \text{LHR} \times \text{panjang jalan} \times \\
 &\quad 365 \text{ hari (1 tahun)} \\
 &= \text{Rp. } 1,748,798.65 \times 10620 \times 13.5 \text{ km} \times \\
 &\quad 365 \\
 &= \text{Rp. } 91,514,720,702,995.90
 \end{aligned}$$

- Dikarenakan bahwa jumlah kendaraan yang masuk ke Tol Semarang-Batang direncanakan sebanyak 30% kendaraan per-hari, maka = Total *User cost* x 30%.

Tabel 6.11 Nilai Indeks Harga Konsumen Berdasarkan Tahun Terbaik

Tahun	IHK	IHK Mengacu Tahun Terbaik	IHK Terhadap Tahun 1975	Tahun Terbaik
1975	1.492	1.492	1.000	1966
1976	1.788	1.788	1.198	1966
1977	1.985	1.985	1.330	1966
1978	2.146	2.146	1.438	1966
1979	1.298	2.785	1.866	1978
1980	1.498	3.214	2.154	1978
1981	1.626	3.489	2.338	1978
1982	1.772	3.802	2.548	1978
1983	1.962	4.210	2.822	1978
1984	2.192	4.705	3.153	1978
1985	2.299	4.934	3.307	1978
1986	2.425	5.203	3.487	1978
1987	2.643	5.673	3.802	1978
1988	2.838	6.091	4.083	1978
1989	3.010	6.460	4.330	1978
1990	1.237	7.990	5.355	1989
1991	1.237	7.990	5.355	1989
1992	1.323	8.546	5.728	1989
1993	1.447	9.347	6.265	1989
1994	1.574	10.167	6.814	1989
1995	1.712	11.060	7.413	1989
1996	1.788	11.552	7.742	1989
1997	1.992	12.869	8.626	1989
1998	1.847	23.768	15.931	1997
1999	1.875	24.128	16.171	1997
2000	2.039	26.234	17.583	1997
2001	2.168	27.902	18.701	1997
2002	2.479	31.898	21.379	1997
2003	2.705	34.810	23.331	1997
2004	1.153	40.140	26.903	2003
2005	1.273	44.303	29.694	2003
2006	1.433	49.894	33.441	2003
2007	1.476	51.363	34.425	2003

Tabel 6.11 Nilai Indeks Harga Konsumen Berdasarkan Tahun Terbaik.....(Lanjutan)

2008	1.588	55.293	37.060	2003
2009	1.126	57.814	38.749	2007
2010	1.171	60.156	40.319	2007
2011	1.253	64.337	43.121	2007
2012	1.286	66.063	44.278	2007
2013	1.356	69.658	46.688	2007
2014	1.104	72.927	48.878	2012
2015	1.182	78.060	52.319	2012
2016	1.223	80.762	54.130	2012
2017	1.291	85.307	57.176	2012
2018	1.307	86.351	57.876	2012
2019	1.342	88.630	59.403	2012
2020	1.376	90.909	60.931	2012
2021	1.411	93.188	62.459	2012
2022	1.445	95.467	63.986	2012
2023	1.480	97.747	65.514	2012
2024	1.514	100.026	67.041	2012
2025	1.549	102.305	68.569	2012
2026	1.583	104.584	70.097	2012
2027	1.618	106.863	71.624	2012
2028	1.652	109.142	73.152	2012
2029	1.687	111.422	74.679	2012
2030	1.721	113.701	76.207	2012
2031	1.756	115.980	77.734	2012
2032	1.790	118.259	79.262	2012
2033	1.825	120.538	80.790	2012
2034	1.859	122.817	82.317	2012
2035	1.894	125.097	83.845	2012
2036	1.928	127.376	85.372	2012
2037	1.963	129.655	86.900	2012
2038	1.997	131.934	88.428	2012
2039	2.032	134.213	89.955	2012
2040	2.066	136.492	91.483	2012
2041	2.101	138.772	93.010	2012
2042	2.135	141.051	94.538	2012
2043	2.170	143.330	96.066	2012

(Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Semarang, 2018)

- Contoh perhitungan *user cost* untuk perkerasan lentur dimana:
FW = Rp. 35,324,818,030,449.30

$$P_1 = FW_1 \left(\frac{1}{(1+i)^n} \right)$$

Adapun untuk nilai i , merupakan suku bunga bank Indonesia (April 2018) = 4,25%

$$\begin{aligned} P_1 &= FW_1 \left(\frac{1}{(1+i)^n} \right) \\ &= \text{Rp. } 35,324,818,030,449.30 \left(\frac{1}{(1+4.25\%)^1} \right) \\ &= \text{Rp. } 33,884,717,535,203.10 \end{aligned}$$

Selanjutnya, untuk perhitungan nilai P *user cost* perkerasan lentur selama umur rencana dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 6.12 Perhitungan P untuk *User cost* Perkerasan Lentur

No	Tahun	<i>User cost</i> (Rp/km)	P(P/F,i,n)
1	2019	Rp 35,324,818,030,449.30	Rp 33,884,717,535,203.10
2	2020	Rp 36,233,215,631,858.40	Rp 33,339,167,521,219.50
3	2021	Rp 37,141,613,233,267.50	Rp 32,781,783,088,328.40
4	2022	Rp 38,050,010,834,676.70	Rp 32,214,435,846,265.30
5	2023	Rp 48,568,092,913,308.50	Rp 39,443,072,010,280.50
6	2024	Rp 39,866,806,037,495.00	Rp 31,056,682,438,083.20
7	2025	Rp 40,775,203,638,904.10	Rp 30,469,385,330,960.50
8	2026	Rp 41,683,601,240,313.20	Rp 29,878,357,781,775.30
9	2027	Rp 42,591,998,841,722.40	Rp 29,284,880,027,181.40
10	2028	Rp 54,230,431,401,782.20	Rp 35,766,992,430,374.60
11	2029	Rp 44,408,794,044,540.60	Rp 28,095,209,806,633.50
12	2030	Rp 45,317,191,645,949.80	Rp 27,501,110,089,201.90
13	2031	Rp 46,225,589,247,358.90	Rp 26,908,756,486,588.50
14	2032	Rp 47,133,986,848,768.10	Rp 26,318,994,011,430.40
15	2033	Rp 59,892,769,890,255.90	Rp 32,079,932,358,585.10
16	2034	Rp 48,950,782,051,586.30	Rp 25,150,267,944,222.80
17	2035	Rp 49,859,179,652,995.50	Rp 24,572,652,933,547.40
18	2036	Rp 50,767,577,254,404.60	Rp 24,000,334,394,675.80

Tabel 6.12 Perhitungan P untuk *User Cost* Perkerasan Lentur.....(Lanjutan)

19	2037	Rp 51,675,974,855,813.70	Rp 23,433,840,465,447.80
20	2038	Rp 65,555,108,378,729.60	Rp 28,515,780,744,943.20
21	2039	Rp 53,492,770,058,632.00	Rp 22,320,183,017,129.00
22	2040	Rp 54,401,167,660,041.20	Rp 21,773,829,669,490.70
23	2041	Rp 55,309,565,261,450.30	Rp 21,234,927,424,975.00
24	2042	Rp 56,217,962,862,859.40	Rp 20,703,776,787,796.40
25	2043	Rp 71,217,446,867,203.30	Rp 25,158,503,768,408.30
Total Cost User Perkerasan Lentur			Rp 1,011,831,360,869,120

Sedangkan, untuk perhitungan *user cost* perkerasan kaku tidak berbeda dibandingkan *user cost* perkerasan lentur. Untuk *user cost* perkerasan kaku selama umur rencana, maka kondisi jalan dianggap dalam kondisi baik (*good*).

Tabel 6.13 Perhitungan P untuk *User Cost* Perkerasan Kaku

No	Tahun	<i>User cost</i> (Rp/km)	P(P/F,i,n)
1	2019	Rp 35,324,818,030,449.30	Rp 33,884,717,535,203.10
2	2020	Rp 36,233,215,631,858.40	Rp 33,339,167,521,219.50
3	2021	Rp 37,141,613,233,267.50	Rp 32,781,783,088,328.40
4	2022	Rp 38,050,010,834,676.70	Rp 32,214,435,846,265.30
5	2023	Rp 38,958,408,436,085.80	Rp 31,638,864,472,057.30
6	2024	Rp 39,866,806,037,495.00	Rp 31,056,682,438,083.20
7	2025	Rp 40,775,203,638,904.10	Rp 30,469,385,330,960.50
8	2026	Rp 41,683,601,240,313.20	Rp 29,878,357,781,775.30
9	2027	Rp 42,591,998,841,722.40	Rp 29,284,880,027,181.40
10	2028	Rp 43,500,396,443,131.50	Rp 28,690,134,119,948.20
11	2029	Rp 44,408,794,044,540.60	Rp 28,095,209,806,633.50
12	2030	Rp 45,317,191,645,949.80	Rp 27,501,110,089,201.90
13	2031	Rp 46,225,589,247,358.90	Rp 26,908,756,486,588.50
14	2032	Rp 47,133,986,848,768.10	Rp 26,318,994,011,430.40
15	2033	Rp 48,042,384,450,177.20	Rp 25,732,595,876,444.30
16	2034	Rp 48,950,782,051,586.30	Rp 25,150,267,944,222.80
17	2035	Rp 49,859,179,652,995.50	Rp 24,572,652,933,547.40
18	2036	Rp 50,767,577,254,404.60	Rp 24,000,334,394,675.80
19	2037	Rp 51,675,974,855,813.70	Rp 23,433,840,465,447.80

Tabel 6.13 Perhitungan P untuk *User Cost* Perkerasan Kaku.....(Lanjutan)

20	2038	Rp 52,584,372,457,222.90	Rp 22,873,647,419,476.00
21	2039	Rp 53,492,770,058,632.00	Rp 22,320,183,017,129.00
22	2040	Rp 54,401,167,660,041.20	Rp 21,773,829,669,490.70
23	2041	Rp 55,309,565,261,450.30	Rp 21,234,927,424,975.00
24	2042	Rp 56,217,962,862,859.40	Rp 20,703,776,787,796.40
25	2043	Rp 57,126,360,464,268.60	Rp 20,180,641,377,044.50
Total Cost User Perkerasan Kaku			Rp 1,058,058,763,797,690.00

Berdasarkan perhitungan diatas, diperoleh total *user cost* untuk perkerasan lentur Rp. 1,011,831,360,869,120 dan total *user cost* perkerasan kaku Rp. 1,058,058,763,797,690.00. Karena pada BOK N.D Lea diketahui bahwa nilai BOK tersebut untuk per-1000 km, maka masing-masing BOK dibagi 1000 sehingga diperoleh *user cost* lentur Rp. 1,011,831,360,869.120 dan *user cost* kaku Rp. 1,058,058,763,797.690.

6.4.2 *User cost* Pada Jalan Eksisting

Pada perhitungan *user cost* untuk jalan eksisting pada jalur Pantura, perhitungan dilakukan sama seperti pada perhitungan Subbab 6.4.1 untuk *user cost* pada jalan rencana yaitu Tol Semarang-Batang. Adapun dalam perhitungan *user cost* menggunakan metode N.D Lea ini diasumsikan bahwa kondisi jalan eksisting dalam keadaan *fair* (masih wajar untuk dilalui) dan karakteristik perkerasan yaitu *paved intermediate*. Sehingga diperoleh hasil untuk *user cost* pada jalan eksisting adalah :

Tabel 6.14 Perhitungan P untuk *User cost* Jalan Eksisting

No	Tahun	<i>User cost</i> (Rp/km)	P(P/F,i,n)
1	2019	Rp 37,507,901,964,513.40	Rp 35,978,802,843,658.00
2	2020	Rp 44,149,875,389,636.20	Rp 40,623,501,557,555.60
3	2021	Rp 45,256,750,399,404.70	Rp 39,944,333,208,097.00
4	2022	Rp 46,363,625,409,173.20	Rp 39,253,025,257,562.40
5	2023	Rp 47,470,500,418,941.70	Rp 38,551,696,269,616.20
6	2024	Rp 48,577,375,428,710.20	Rp 37,842,312,247,088.60

Tabel 6.14 Perhitungan P untuk *User Cost* Jalan Eksisting.....(Lanjutan)

7	2025	Rp 49,684,250,438,478.70	Rp 37,126,695,549,978.10
8	2026	Rp 50,791,125,448,247.20	Rp 36,406,533,339,880.80
9	2027	Rp 51,898,000,458,015.80	Rp 35,683,385,574,635.20
10	2028	Rp 53,004,875,467,784.30	Rp 34,958,692,575,823.50
11	2029	Rp 47,153,270,314,064.00	Rp 29,831,501,869,062.60
12	2030	Rp 48,117,807,149,019.10	Rp 29,200,686,617,888.20
13	2031	Rp 49,082,343,983,974.20	Rp 28,571,725,391,930.90
14	2032	Rp 50,046,880,818,929.20	Rp 27,945,515,425,852.30
15	2033	Rp 51,011,417,653,884.30	Rp 27,322,877,717,137.90
16	2034	Rp 51,975,954,488,839.40	Rp 26,704,561,750,891.90
17	2035	Rp 52,940,491,323,794.40	Rp 26,091,249,966,101.70
18	2036	Rp 53,905,028,158,749.50	Rp 25,483,561,976,599.10
19	2037	Rp 54,869,564,993,704.60	Rp 24,882,058,559,294.60
20	2038	Rp 55,834,101,828,659.60	Rp 24,287,245,421,647.20
21	2039	Rp 56,798,638,663,614.70	Rp 23,699,576,759,739.80
22	2040	Rp 57,763,175,498,569.70	Rp 23,119,458,617,771.30
23	2041	Rp 58,727,712,333,524.80	Rp 22,547,252,059,245.50
24	2042	Rp 59,692,249,168,479.90	Rp 21,983,276,159,624.10
25	2043	Rp 60,656,786,003,434.90	Rp 21,427,810,829,732.40
Total Cost User Perkerasan Lentur			Rp 1.729,467,337,546,415

Berdasarkan perhitungan diatas, diperoleh total *user cost* untuk jalan eksisting Rp 1.729,467,337,546,415.00. Karena pada BOK N.D Lea diketahui bahwa nilai BOK tersebut untuk per-1000 km, maka masing-masing BOK dibagi 1000 sehingga diperoleh *user cost* lentur Rp 1.729,467,337,546.415.

6.4.3 Perhitungan Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi ini, dimaksudkan untuk memperoleh perbandingan dari dua pekerjaan konstruksi perkerasan yaitu lentur maupun kaku. Adapun perbandingan yang dilakukan adalah dari segi perbandingan biaya konstruksi pekerjaan dan pemeliharaan sebagai nilai *cost* terhadap *user cost* sebagai nilai benefit. Dari evaluasi ekonomi ini, nanti akan diperoleh hasil

yang menentukan pekerjaan konstruksi perkerasan lentur atau perkerasan kaku yang lebih layak apabila direncanakan. Selain nilai *user cost*, dalam penentuan *benefit* untuk melakukan evaluasi ekonomi harus ditambah terhadap *time value* dengan cara :

- Travel time jalan eksisting : $22 \text{ km} / 60 \text{ km/jam} = 0.4 \text{ jam} = 22 \text{ menit}$
- Travel time jalan rencana : $13.5 \text{ km} / 80 \text{ km/jam} = 0.17 \text{ jam} = 11 \text{ menit}$

Selanjutnya dari *travel time* tersebut dihitung nilai *time value* masing-masing, dengan parameter dimana upah kerja Rp. 13,000.00/jam (Kementerian Tenaga Kerja Kota Semarang) dengan ketentuan faktor $k = 0.11$ (PKJI, 2014) :

a. Jalan Eksisting

$$\text{Time Value} = \text{Upah} \times \text{LHR (kendaraan/ hari)} \\ \times \text{faktor } k \times \text{persentase} \\ \text{kendaraan yang lewat} \times \text{jam) :}$$

- Time Value

$$\begin{aligned} \text{MP} &= 13000 \times 16,695 \times 0.11 \times 70\% \times 0.4 \times 22 \\ &= \text{Rp. } 6,684,678 / \text{km} \\ &= \text{Rp. } 6,684,678 / \text{km} \times 22 \text{ km} \\ &= \text{Rp } 147,062,916 \end{aligned}$$

b. Jalan Rencana

$$\text{(Time Value} = \text{Upah} \times \text{LHR (kendaraan/ hari)} \\ \times \text{faktor } k \times \text{persentase} \\ \text{kendaraan yang lewat} \times \text{jam) :}$$

- Time Value

$$\begin{aligned} \text{MP} &= 13000 \times 16,695 \times 0.11 \times 30\% \times 0.4 \\ &= \text{Rp. } 2,864,862 / \text{km} \\ &= \text{Rp. } 2,864,862 / \text{km} \times 13.5 \text{ km} \\ &= \text{Rp } 38,675,637 \end{aligned}$$

Selanjutnya setelah diperoleh parameter perhitungan tersebut dilakukan perhitungan BCR. Adapun perhitungan BCR tersebut antara lain :

1. Jalan Eksisting

c. User Cost (Biaya Operasional Kendaraan)

User cost = Rp 1,729,467,337,546.415.

2. Perkerasan Lentur

a. *Initial Cost* (Biaya Konstruksi)

AC-WC 5 cm = Rp. 10,386,509,586

AC-BC 6 cm = Rp. 11,652,210,454

Agregat Kls A = Rp. 11,121,442,968

Agregat Kls B = Rp. 17,649,755,097

Total = Rp. 50,809,918,105

b. *Operational cost* (Biaya Pemeliharaan)

Biaya Rutin = Rp. 48,311,113,071

Biaya Berkala = Rp. 43,844,148,697

Total = Rp. 92,155,261,768

c. *User Cost* (Biaya Operasional Kendaraan)

User cost = Rp. 1,011,831,360,869.120

3. Perkerasan Kaku

a. *Initial cost* (Biaya Konstruksi)

Beton K-350 = Rp. 55,979,149,390

Beton K-175 = Rp. 14,440,346,124

Bekisting K-175 = Rp. 1,375,644,600

Dowel = Rp. 5,976,289,713

Tie Bar = Rp. 325,242,952

Tul. Memanjang = Rp. 7.079,641,808

Tul. Melintang = Rp. 6,919,468,916

Total = Rp. 92,095,783,503

b. *Operational cost* (Biaya Pemeliharaan)

Biaya Rutin = Rp. 6,340,358,166

Total = Rp. 6,340,358,186

c. *User Cost* (Biaya Operasional Kendaraan)

$$\text{User cost} = \text{Rp. } 1,058,058,763,797.690$$

Adapun perhitungan saving cost antara jalan eksisting dan jalan tol rencana adalah :

- Selisih *user cost* jalan eksisting terhadap jalan tol rencana dengan perkerasan lentur = Rp. 717,635,976,667.290
- Selisih *user cost* jalan eksisting terhadap jalan tol rencana dengan perkerasan kaku = Rp. 670,635,976,667.290
- Selisih *time value* jalan eksisting terhadap jalan tol rencana = Rp. 108,387,279

i. Alternatif A (Perkerasan Lentur)

• *Benefit Cost Ratio*

$$\frac{\text{Benefit}}{\text{Cost}} = \frac{\text{User Cost} + \text{Time Value}}{\text{Initial Cost} + \text{Operational Cost}} > 1$$

$$\frac{\text{Benefit}}{\text{Cost}} = \frac{717,635,976,667.290 + 108,387,279}{\text{Rp. } 50,809,918,105 + 92,155,261,768} > 1$$

$$\frac{\text{Benefit}}{\text{Cost}} = 5.02 > 1$$

• *Net Present Value* (NPV)

$$\text{NPV} = \text{Benefit} - \text{Cost} > 0$$

$$\text{NPV} = \text{Rp. } 717,636,976,667.290 - \text{Rp. } 142,965,179,873$$

$$\text{NPV} = \text{Rp. } 574,670,796,804.29 > 0$$

ii. Alternatif B (Perkerasan Kaku)

• *Benefit Cost Ratio*

$$\frac{\text{Benefit}}{\text{Cost}} = \frac{\text{User Cost} + \text{Time Value}}{\text{Initial Cost} + \text{Operational Cost}} > 1$$

$$\frac{\text{Benefit}}{\text{Cost}} = \frac{670,635,976,667.290 + 108,387,279}{-92,095,783,503 + 6,340,358,186} > 1$$

$$\frac{\text{Benefit}}{\text{Cost}} = 6.8 > 1$$

- *Net Present Value (NPV)*

$$\text{NPV} = \text{Benefit} - \text{Cost} > 0$$

$$\text{NPV} = \text{Rp. } 670,636,976,677.29 - \text{Rp. } 96,436,141,689.$$

$$\text{NPV} = \text{Rp. } 575,199,834,988.290 > 0$$

Dari perhitungan analisis dan evaluasi ekonomi diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa dalam perencanaan konstruksi perkerasan jalan Tol Semarang-Batang dapat dikatakan layak apabila menggunakan perkerasan kaku. Hal ini dikarenakan berdasarkan perhitungan *Benefit Cost Ratio* dan *Net Present Value (NPV)* dari dua tipe perkerasan, diperoleh BCR perkerasan kaku 5.02 dengan NPV Rp. 574,670,796,804.29 dibanding perkerasan lentur dengan BCR 6.8 dan NPV Rp 575,199,834,988.290.

BAB VII KESIMPULAN

7.1 Kesimpulan

Dari perencanaan perkerasan lentur dan perkerasan kaku jalan Tol Semarang-Batang seksi IV (Kendal-Kaliwungu) panjang 13,5 km menggunakan metode AASHTO, didapatkan hasil dan kesimpulan :

1. Tebal perkerasan lentur :
 - a. Surface Course : 11 cm
 - i. AC-WC : 5 cm
 - ii. AC-BC : 6 cm
 - b. Base Course : 16 cm (Agregat kelas A)
 - c. Subbase Course : 28 cm (Agregat kelas B)

Tebal perkerasan kaku (Beton Bersambung dengan Tulangan)

- a. Surface : 26 cm (Beton K-350)
- b. Subbase : 10 cm (Beton K-175)
- c. Dowel :
 - i. Diameter : 32 mm
 - ii. Panjang: 450 mm
 - iii. Jarak : 300 mm
- d. Tie Bar
 - i. Diameter : 13 mm (1/2 inch)
 - ii. Panjang : 765 mm
 - iii. Jarak : 730 mm
- e. Tulangan memanjang
 - i. Diameter : 12 mm
 - ii. Jarak : 250 mm
- f. Tulangan melintang
 - i. Diameter : 12 mm
 - ii. Jarak : 250 mm

2. Ketebalan lapis tambah (*overlay*) yang dilakukan setiap 5 tahun berfungsi sebagai perbaikan akibat lalu lintas selama umur rencana sebesar 5.5 cm.
3. Total keseluruhan biaya konstruksi dan biaya pemeliharaan masing-masing perkerasan selama umur rencana :
 - a. Perkerasan Lentur: Rp. 142,965,179,873
 - b. Perkerasan Kaku : Rp. 98,436,141,670
4. Dari hasil analisa dan evaluasi ekonomi terhadap perbandingan dan evaluasi ekonomi diperoleh hasil :
 - a. BCR Perkerasan Lentur : 5.02
 - b. NPV Perkerasan Lentur: Rp. 574,670,796,804.290
 - c. BCR Perkerasan Kaku : 6.8
 - d. NPV Perkerasan Kaku : Rp. 575,199,834,988.290dari hasil perhitungan dan melakukan perbandingan evaluasi ekonomi tersebut maka dengan demikian dipilih perkerasan kaku untuk perencanaan konstruksi perkerasan jalan Tol Semarang-Batang seksi IV (Kendal-Kaliwungu) sepanjang 13,5 km karena lebih menguntungkan dan layak dari segi ekonomi jalan raya.

7.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan, antara lain :

1. Jika perencanaan yang digunakan adalah *rigid pavement*, maka pemeliharaan harus dilakukan dengan inspeksi yang ketat. Karena, apabila perkerasan ini mengalami kerusakan yang fatal, biaya perbaikan yang dikeluarkan akan lebih besar dibanding oleh perbaikan terhadap perkerasan lentur dengan kondisi kerusakan sama.

DAFTAR PUSTAKA

AASHTO. 1993. American Association of State Highway and Transportation. **Officials Guide for Design of Pavement Structure**. AASHTO.

Aisyah, Linda. 2015. *Perencanaan Peningkatan Ruas Jalan Mahar Martanegara (Leuwigajah) Kecamatan Cimahi Selatan, Kota Cimahi*. Bandung : Politeknik Negeri Bandung.

Badan Pusat Statistik (BPS). 2018. **Semarang Dalam Angka 2017**. Semarang : Badan Pusat Statistik.

Departemen Pekerjaan Umum. 1987. **Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen Nomor 378/KPTS/1987**. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU.

Departemen Pekerjaan Umum. 1997. **Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)**. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.

Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. **Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota**. Jakarta : Direktorat Jenderal Bina Marga.

Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga. 2006. **Pekerjaan Lapisan Pondasi Jalan**. Jakarta : Direktorat Jenderal Bina Marga.

Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga. 2013. **Manual Desain Perkerasan Jalan**. Jakarta : Direktorat Jenderal Bina Marga.

Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2002. **Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur, Pt T-01-2002-B**. Jakarta : Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.

Kosasih, Djunaedi.2000. **Perancangan Perkerasan dan Bahan**. Bandung: Penerbit Institut Teknologi Bandung

Oglesby H. Clarkson dan R. Gary Hicks.1996. **Teknik Jalan Raya**. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Republik Indonesia. 2011. **Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.19/PRT/M/ 2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan**. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.

Republik Indonesia. 2015. **Peraturan Pemerintah Tentang Jalan Tol. PP No. 15 Tahun 2015**.

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

Suryaman, Dedi. 2016. **Perbandingan Perencanaan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur Menurut Metode AASHTO Pada Jalan Teuku Iskandar Daod Area Kampus UTU Kabupaten Aceh Barat**. Aceh Barat: Universitas Teuku Umar.

Washington State Department of Transportation (WSDOT). 2005. **Pavement Guide Interactive**. Washington, US: Washington State Department of Transportation.

Wignal, Arthur., Peter S. Kendrick, Roy Ancil dan Malcolm Copson.2003. **Proyek Jalan Teori dan Praktek**. Jakarta: Penerbit Erlangga.

LAMPIRAN

Tabel A.1 Axle Load Equivalency Factors for Flexible Pavements, Single Axles and $Pt = 3$

Axle Load (kips)	Pavement Structural Number (SN)					
	1	2	3	4	5	6
2	0008	0009	0006	0003	0002	0002
4	004	008	006	004	002	002
6	014	030	028	018	012	010
8	035	070	080	055	040	034
10	082	132	168	132	101	086
12	173	231	296	260	212	187
14	332	388	468	447	391	358
16	594	633	695	693	651	622
18	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00
20	1 60	1 53	1 41	1 38	1 44	1 51
22	2 47	2 29	1 96	1 83	1 97	2 16
24	3 67	3 33	2 69	2 39	2 60	2 96
26	5 29	4 72	3 65	3 08	3 33	3 91
28	7 43	6 56	4 88	3 93	4 17	5 00
30	10 2	8 9	6 5	5 0	5 1	6 3
32	13 8	12 0	8 4	6 2	6 3	7 7
34	18 2	15 7	10 9	7 8	7 6	9 3
36	23 8	20 4	14 0	9 7	9 1	11 0
38	30 6	26 2	17 7	11 9	11 0	13 0
40	38 8	33 2	22 2	14 6	13 1	15 3
42	48 8	41 6	27 6	17 8	15 5	17 8
44	60 6	51 6	34 0	21 6	18 4	20 6
46	74 7	63 4	41 5	26 1	21 6	23 8
48	91 2	77 3	50 3	31 3	25 4	27 4
50	110	94	61	37	30	32

(AASHTO, 1993)

Tabel A.2 Axle Load Equivalency Factors for Flexible Pavements, Tandem Axles and Pt = 3

Axle Load (kips)	Pavement Structural Number (SN)					
	1	2	3	4	5	6
2	0002	0002	0001	0001	0000	0000
4	001	001	001	000	000	000
6	003	004	003	002	001	001
8	006	011	009	005	003	003
10	011	024	020	012	008	007
12	019	042	039	024	017	014
14	031	066	068	045	032	026
16	049	096	109	076	055	046
18	075	134	164	121	090	076
20	113	181	232	182	139	119
22	166	241	313	260	205	178
24	238	317	407	358	292	257
26	333	413	517	476	402	360
28	457	534	643	614	538	492
30	616	684	788	773	702	656
32	817	870	956	953	896	855
34	1 07	1 10	1 15	1 15	1 12	1 09
36	1 38	1 38	1 38	1 38	1 38	1 38
38	1 75	1 71	1 64	1 62	1 66	1 70
40	2 21	2 11	1 94	1 89	1 98	2 08
42	2 75	2 59	2 29	2 19	2 33	2 50
44	3 39	3 15	2 70	2 52	2 71	2 97
46	4 15	3 81	3 16	2 89	3 13	3 50
48	5 04	4 58	3 70	3 29	3 57	4 07
50	6 08	5 47	4 31	3 74	4 05	4 70
52	7 27	6 49	5 01	4 24	4 57	5 37
54	8 65	7 67	5 81	4 79	5 13	6 10
56	10 2	9 0	6 7	5 4	5 7	6 9
58	12 0	10 6	7 7	5 1	6 4	7 7
60	14 1	12 3	8 9	5 8	7 1	8 6
62	16 3	14 2	10 2	7 7	7 8	9 5
64	18 9	16 4	11 6	8 6	8 6	10 5
66	21 8	18 9	13 2	9 6	9 5	11 6
68	25 1	21 7	15 0	10 7	10 5	12 7
70	28 7	24 7	17 0	12 0	11 5	13 9
72	32 7	28 1	19 2	13 3	12 6	15 2
74	37 2	31 9	21 6	14 8	13 8	16 5
76	42 1	36 0	24 3	15 4	15 1	17 9
78	47 5	40 6	27 3	18 2	16 5	19 4
80	53 4	45 7	30 5	20 1	18 0	21 0
82	60 0	51 2	34 0	22 2	19 6	22 7
84	67 1	57 2	37 9	24 6	21 3	24 5
86	74 9	63 8	42 1	27 1	23 2	26 4
88	83 4	71 0	46 7	29 8	25 2	28 4
90	92 7	78 8	51 7	32 7	27 4	30 5

(AASHTO,1993)

Tabel A.3 Axle Load Equivalency Factors for Flexible Pavements, Triple Axles and Pt = 3

Axle Load (kips)	Pavement Structural Number (SN)					
	1	2	3	4	5	6
2	0001	0001	0001	0000	0000	0000
4	0005	0004	0003	0002	0001	0001
6	001	001	001	001	000	000
8	003	004	002	001	001	001
10	005	008	005	003	002	002
12	007	014	010	006	004	003
14	011	023	018	011	007	006
16	016	035	030	018	013	010
18	022	050	047	029	020	017
20	031	069	069	044	031	026
22	043	090	097	065	046	039
24	059	116	132	092	066	056
26	079	145	174	126	092	078
28	104	179	223	168	126	107
30	136	218	279	219	167	143
32	176	265	342	279	218	188
34	226	319	413	350	279	243
36	286	382	491	432	352	310
38	359	456	577	524	437	389
40	447	543	671	626	536	483
42	550	643	775	740	649	593
44	673	760	889	865	777	720
46	817	894	1 014	1 001	920	865
48	984	1 048	1 152	1 148	1 080	1 030
50	1 18	1 23	1 30	1 31	1 26	1 22
52	1 40	1 43	1 47	1 48	1 45	1 43
54	1 66	1 66	1 66	1 66	1 66	1 66
56	1 95	1 92	1 86	1 85	1 88	1 91
58	2 28	2 21	2 09	2 06	2 13	2 20
60	2 66	2 54	2 34	2 28	2 39	2 50
62	3 08	2 92	2 61	2 52	2 66	2 84
64	3 56	3 33	2 92	2 77	2 96	3 19
66	4 09	3 79	3 25	3 04	3 27	3 58
68	4 68	4 31	3 62	3 33	3 60	4 00
70	5 34	4 88	4 02	3 64	3 94	4 44
72	6 08	5 51	4 46	3 97	4 31	4 91
74	6 89	6 21	4 94	4 32	4 69	5 40
76	7 78	6 98	5 47	4 70	5 09	5 93
78	8 76	7 83	6 04	5 11	5 51	6 48
80	9 84	8 75	6 67	5 54	5 96	7 06
82	11 0	9 8	7 4	6 0	6 4	7 7
84	12 3	10 9	8 1	6 5	6 9	8 3
86	13 7	12 1	8 9	7 0	7 4	9 0
88	15 3	13 4	9 8	7 6	8 0	9 6
90	16 9	14 8	10 7	8 2	8 5	10 4

(AASHTO,1993)

Tabel B.1 Axle Load Equivalency Factors for Rigid Pavements,
Single Axles and $Pt = 3$

Axle Load (klps)	Slab Thickness, D (inches)								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0003	0002	0002	0002	0002	0002	0002	0002	0002
4	003	003	002	002	002	002	002	002	002
6	014	012	011	010	010	010	010	010	010
8	045	038	034	033	032	032	032	032	032
10	111	095	087	083	081	081	080	080	080
12	228	202	186	179	176	174	174	174	173
14	408	378	355	344	340	337	337	336	336
16	660	640	619	608	603	600	599	599	599
18	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00
20	1 46	1 47	1 52	1 55	1 57	1 58	1 58	1 59	1 59
22	2 07	2 06	2 18	2 29	2 35	2 38	2 40	2 41	2 41
24	2 90	2 81	3 00	3 23	3 38	3 47	3 51	3 53	3 54
26	4 00	3 77	4 01	4 40	4 70	4 87	4 96	5 01	5 04
28	5 43	4 99	5 23	5 80	6 31	6 65	6 83	6 93	6 98
30	7 27	6 53	6 72	7 46	8 25	8 83	9 17	9 36	9 46
32	9 59	8 47	8 53	9 42	10 54	11 44	12 03	12 37	12 56
34	12 5	10 9	10 7	11 7	13 2	14 5	15 5	16 0	16 4
36	16 0	13 8	13 4	14 4	16 2	18 1	19 5	20 4	21 0
38	20 4	17 4	16 7	17 7	19 8	22 2	24 2	25 6	26 4
40	25 6	21 8	20 6	21 5	23 8	26 8	29 5	31 5	32 9
42	31 8	26 9	25 3	26 0	28 5	32 0	35 5	38 4	40 3
44	39 2	33 1	30 8	31 3	33 9	37 9	42 3	46 1	48 8
46	47 8	40 3	37 2	37 5	40 1	44 5	49 8	54 7	58 5
48	57 9	48 6	44 8	44 7	47 3	52 1	58 2	64 3	69 4
50	69 6	58 4	53 6	53 1	55 6	60 6	67 6	75 0	81 4

(AASHTO,1993)

Tabel B.2 Axle Load Equivalency Factors for Rigid Pavements,
Tandem Axles and Pt = 3

Axle Load (kips)	Slab Thickness, D (inches)								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001
4	0007	0006	0005	0005	0005	0005	0005	0005	0005
6	003	002	002	002	002	002	002	002	002
8	008	006	006	006	005	005	005	005	005
10	018	015	013	013	013	012	012	012	012
12	036	030	027	026	026	025	025	025	025
14	066	056	050	048	047	047	047	047	047
16	111	095	087	083	081	081	081	080	080
18	174	153	140	135	132	131	131	131	131
20	260	234	217	209	205	204	203	203	203
22	368	341	321	311	307	305	304	303	303
24	502	479	458	447	443	440	440	439	439
26	664	651	634	625	621	619	618	618	618
28	859	857	853	851	850	850	850	849	849
30	1 09	1 10	1 12	1 13	1 14	1 14	1 14	1 14	1 14
32	1 38	1 38	1 44	1 47	1 49	1 50	1 51	1 51	1 51
34	1 72	1 71	1 80	1 88	1 93	1 95	1 96	1 97	1 97
36	2 13	2 10	2 23	2 36	2 45	2 49	2 51	2 52	2 52
38	2 62	2 54	2 71	2 92	3 06	3 13	3 17	3 19	3 20
40	3 21	3 05	3 26	3 55	3 76	3 89	3 95	3 98	4 00
42	3 90	3 65	3 87	4 26	4 58	4 77	4 87	4 92	4 95
44	4 72	4 35	4 57	5 06	5 50	5 78	5 94	6 02	6 06
46	5 68	5 16	5 36	5 95	6 54	6 94	7 17	7 29	7 36
48	6 80	6 10	6 25	6 93	7 69	8 24	8 57	8 76	8 86
50	8 09	7 17	7 26	8 03	8 96	9 70	10 17	10 43	10 58
52	9 57	8 41	8 40	9 24	10 36	11 52	11 96	12 33	12 54
54	11 3	9 8	9 7	10 6	11 9	13 1	14 0	14 5	14 8
56	13 2	11 4	11 2	12 1	13 6	15 1	16 2	16 9	17 3
58	15 4	13 2	12 8	13 7	15 4	17 2	18 6	19 5	20 1
60	17 9	15 3	14 7	15 6	17 4	19 5	21 3	22 5	23 2
62	20 6	17 6	16 8	17 6	19 6	22 0	24 1	25 7	26 6
64	23 7	20 2	19 1	19 9	22 0	24 7	27 3	29 2	30 4
66	27 2	23 1	21 7	22 4	24 6	27 5	30 6	33 0	34 6
68	31 1	26 3	24 6	25 2	27 4	30 3	34 3	37 1	39 2
70	35 4	29 8	27 8	28 2	30 6	34 2	38 2	41 6	44 1
72	40 1	33 8	31 3	31 6	34 0	37 3	42 3	46 4	49 4
74	45 3	38 1	35 2	35 4	37 7	41 3	46 8	51 5	55 2
76	51 1	42 9	39 5	39 5	41 8	46 1	51 5	56 9	61 3
78	57 4	48 2	44 3	44 0	46 3	50 7	56 6	62 7	67 9
80	64 3	53 9	49 4	48 9	51 1	55 3	62 1	68 9	74 9
82	71 8	60 2	55 1	54 3	56 5	61 2	67 9	75 5	82 4
84	80 0	67 0	61 2	60 2	62 2	67 0	74 2	82 4	90 3
86	89 0	74 5	67 9	66 5	68 5	73 4	80 8	89 8	98 7
88	98 7	82 5	75 2	73 5	75 3	80 2	88 0	97 7	107 5
90	109	91	83	81	83	88	96	106	117

(AASHTO, 1993)

Tabel B.3 Axle Load Equivalency Factors for Rigid Pavements,
Triple Axles and $Pt = 3$

Axle Load (kips)	Slab Thickness, D (inches)								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001
4	0004	0003	0003	0003	0003	0003	0003	0003	0003
6	001	001	001	001	001	001	001	001	001
8	003	003	002	002	002	002	002	002	002
10	007	006	005	005	005	005	005	005	005
12	013	011	010	009	009	009	009	009	009
14	023	020	018	017	017	016	016	016	016
16	039	033	030	028	028	027	027	027	027
18	061	052	047	045	044	044	043	043	043
20	091	078	071	068	067	066	066	066	066
22	132	114	104	100	098	097	097	097	097
24	183	161	148	143	140	139	139	138	138
26	246	221	205	198	195	193	193	192	192
28	322	296	277	268	265	263	262	262	262
30	411	387	367	357	353	351	350	349	349
32	515	495	476	466	462	460	459	458	458
34	634	622	607	599	595	594	593	592	592
36	772	768	762	758	756	756	755	755	755
38	930	934	942	947	949	950	951	951	951
40	1 11	1 12	1 15	1 17	1 18	1 18	1 18	1 18	1 18
42	1 32	1 33	1 38	1 42	1 44	1 45	1 46	1 46	1 46
44	1 56	1 56	1 64	1 71	1 75	1 77	1 78	1 78	1 78
46	1 84	1 83	1 94	2 04	2 10	2 14	2 15	2 16	2 16
48	2 16	2 12	2 26	2 41	2 51	2 56	2 58	2 59	2 60
50	2 53	2 45	2 61	2 82	2 96	3 03	3 07	3 09	3 10
52	2 95	2 82	3 01	3 27	3 47	3 58	3 63	3 66	3 68
54	3 43	3 23	3 43	3 77	4 03	4 18	4 27	4 31	4 33
56	3 98	3 70	3 90	4 31	4 65	4 86	4 98	5 04	5 07
58	4 59	4 22	4 42	4 90	5 34	5 62	5 78	5 86	5 90
60	5 28	4 80	4 99	5 54	6 08	6 45	6 66	6 78	6 84
62	6 06	5 45	5 61	6 23	6 89	7 36	7 64	7 80	7 88
64	6 92	6 18	6 29	6 98	7 76	8 36	8 72	8 93	9 04
66	7 89	6 98	7 05	7 78	8 70	9 44	9 91	10 18	10 33
68	8 96	7 88	7 87	8 66	9 71	10 61	11 20	11 55	11 75
70	10 2	8 9	8 8	9 6	10 8	11 9	12 6	13 1	13 3
72	11 5	10 0	9 8	10 6	12 0	13 2	14 1	14 7	15 0
74	12 9	11 2	10 9	11 7	13 2	14 7	15 8	16 5	16 9
76	14 5	12 5	12 1	12 9	14 5	16 2	17 5	18 4	18 9
78	16 2	13 9	13 4	14 2	15 9	17 8	19 4	20 5	21 1
80	18 2	15 5	14 8	15 6	17 4	19 6	21 4	22 7	23 5
82	20 2	17 2	16 4	17 2	19 1	21 4	23 5	25 1	26 1
84	22 5	19 1	18 1	18 8	20 8	23 4	25 8	27 6	28 8
86	25 0	21 2	19 9	20 6	22 6	25 5	28 2	30 4	31 8
88	27 6	23 4	21 9	22 5	24 6	27 7	30 7	33 2	35 0
90	30 5	25 8	24 1	24 6	26 8	30 0	33 4	36 3	38 3

(AASHTO, 1993)

Tabel C.1 ESAL untuk SN=5.250 dan IPt=3

Kendaraan	LHR	Muatan Kendar aan	Konfigur asi Sumbu	Berat Beban/Sumbu (ton)			EALF			EALF	ESAL /hari (11 x 2)
				Sb-1	Sb-2	Sb-3	Sb-1	Sb-2	Sb-3		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Bus	800	8	1.2	3+5	0	0	0.1780	0	0	0.1780	142.70
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,647	13	1.2 L dan 1.2 H	5+8	0	0	1.0944	0	0	1.0944	3991.27
Truk dengan 3 (tiga) gandar	630	20	1.22	5	15	0	0.1578	1.015 7	0	1.1735	739.02
Truk dengan 3 (tiga) gandar	515	26	1.2-2	6+10	10	0	2.3552	2.033 4	0	4.3886	2261.20
Truk dengan 4 (empat) gandar	167	35	1.2+2.2	6+13+ 8+8	0	0	6.6719	0	0	6.6719	1111.85
Truk dengan 4 (empat) gandar	136	42	1.2+22	8+12	22	0	4.4578	3.690 3	0	8.1483	1110.99
Truk dengan 5 (lima) gandar	180	50	1.2+222	9+14	0	27	7.0237	0	2.328 1	9.3520	1683.34
Total ESAL per-hari											10618.06

Keterangan :

- Sb-1, Sb-2 dan Sb-3 menandakan type sumbu kendaraan yaitu sumbu tunggal, sumbu tandem dan sumbu triple.
- EALF atau disebut juga *Axle Load Equivalency Factors*

Tabel C.1 ESAL untuk SN=5.250 dan IPT=3.....(Lanjutan)

Kendaraan	Konfigurasi Sumbu Kendaraan	EALF	LHR	FAKTOR UR	ESAL per tahun (W18) (3X4X5X365XDDXDL)
1	2	3	4	5	6
Bus	1.2	0.1780	800	63.25	1647129.935
Truk dengan 2 (dua) gandar	1.2 L dan 1.2 H	1.0944	3647	63.25	46071036.09
Truk dengan 3 (tiga) gandar	1.22	1.1735	630	63.25	8530406.492
Truk dengan 3 (tiga) gandar	1.2-2	4.3886	515	63.25	27100922.81
Truk dengan 4 (empat) gandar	1.2+2.2	6.6719	167	63.25	12834323.02
Truk dengan 4 (empat) gandar	1.2+22	8.1483	136	63.25	12834130.91
Truk dengan 5 (lima) gandar	1.2+222	9.3520	180	63.25	19430719.03
Total ESAL per-tahun untuk 30 % yang masuk ke Tol = Total x 30 % (W18)					122,448,678.30
log W₁₈ (Log (Total ESAL per-tahun))					7.563

Keterangan :

Faktor UR (Umur Rencana) dengan pertumbuhan lalu lintas 7% dan umur rencana = 25 tahun , sehingga =

$$\text{Faktor UR} = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} = \frac{(1+7\%)^{25}-1}{7\%} = 63.25$$

- a. SN = 5.250 (diatas subgrade)
- b. IPT = 3, untuk persentase orang tidak menerima 12%, jalan bebas hambatan.(Subbab 2.4.3.3)
- c. IPo = 4.2, untuk perkerasan lentur.(Subbab 2.4.3.3)
- d. Zr = -0.8410, untuk nilai R dari jalan Tol Rural 80%. (Tabel 2.10)
- e. So = 0.35, untuk Flexible Pavement (Subbab 2.4.3.5)
- f. CBR = 6% , untuk subsgrade (Subbab 3.3.1.3)
- g. CBR = 70% ,subbase (Subbab 3.3.1.3)
- h. CBR = 100% , base (Subbab 3.3.1.3)
- i. Mr = 1500 x CBR = 1500 x 6 = 9000 psi
- j. Mr = 1500 x CBR = 1500 x 70 = 105000 psi
- k. Mr = 1500 x CBR = 1500 x 100= 150000 psi
- l. $\log(W18)$ = 7.563 (Tabel C.1)

$$\log(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \left[\frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}} \right]} + 2.32 \log_{10} M_r - 8.07$$

$$7.563 = (-0.8410) \cdot (0.35) + 9.36 \log_{10}(5.250 + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{4.2 - 3}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \left[\frac{1094}{(5.25 + 1)^{5.19}} \right]} + 2.32 \log_{10}(9000) - 8.07$$

$$7.563 = 7.34 \text{ (Not OK)}$$

Tabel C.2 ESAL untuk SN=5.250 dan IPT=3

Kendaraan	LHR	Muatan Kendar aan	Konfigur asi Sumbu	Berat Beban/Sumbu (ton)			EALF			EALF	ESAL /hari (11 x 2)
				Sb-1	Sb-2	Sb-3	Sb-1	Sb-2	Sb-3		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Bus	800	8	1.2	3+5	0	0	0.1784	0	0	0.1780	142.70
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,647	13	1.2 L dan 1.2 H	5+8	0	0	1.0944	0	0	1.0944	3991.27
Truk dengan 3 (tiga) gandar	630	20	1.22	5	15	0	0.1578	1.015 7	0	1.1735	739.02
Truk dengan 3 (tiga) gandar	515	26	1.2-2	6+10	10	0	2.3552	2.033 3	0	4.3886	2261.20
Truk dengan 4 (empat) gandar	167	35	1.2+2.2	6+13+ 8+8	0	0	6.6719	0	0	6.6719	1111.85
Truk dengan 4 (empat) gandar	136	42	1.2+22	8+12	22	0	4.4578	3.690 3	0	8.1483	1110.99
Truk dengan 5 (lima) gandar	180	50	1.2+222	9+14	0	27	7.0237	0	2.328 1	9.3520	1683.34
Total ESAL per-hari											10618.06

Keterangan :

- Sb-1, Sb-2 dan Sb-3 menandakan type sumbu kendaraan yaitu sumbu tunggal, sumbu tandem dan sumbu triple.
- EALF atau disebut juga *Axle Load Equivalency Factors*

Tabel C.2 ESAL untuk SN=5.250 dan IPt=3.....(Lanjutan)

Kendaraan	Konfigurasi Sumbu Kendaraan	EALF	LHR	FAKTOR UR	ESAL per tahun (W18) (3X4X5X365XDDXDL)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Bus	1.2	0.1786	800	63.25	1648129.935
Truk dengan 2 (dua) gandar	1.2 L dan 1.2 H	1.0945	3647	63.25	46171036.09
Truk dengan 3 (tiga) gandar	1.22	1.1745	630	63.25	8630406.492
Truk dengan 3 (tiga) gandar	1.2-2	4.3886	515	63.25	27100922.81
Truk dengan 4 (empat) gandar	1.2+2.2	6.6819	167	63.25	12934323.02
Truk dengan 4 (empat) gandar	1.2+22	8.1483	136	63.25	12834130.91
Truk dengan 5 (lima) gandar	1.2+222	9.3520	180	63.25	19430719.03
Total ESAL per-tahun untuk 30 % yang masuk ke Tol = Total x 30 % (W18)					122,528,668.30
log W₁₈ (Log (Total ESAL per-tahun))					7.566

Keterangan :

Faktor UR (Umur Rencana) dengan pertumbuhan lalu lintas 7% dan umur rencana = 25 tahun , sehingga =

$$Faktor UR = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} = \frac{(1+7\%)^{25}-1}{7\%} = 63.25$$

- a. SN = 5.560 (diatas subgrade)
- b. IPT = 3, untuk persentase orang tidak menerima 12%, jalan bebas hambatan.(Subbab 2.4.3.3)
- c. Ipo = 4.2, untuk perkerasan lentur.(Subbab 2.4.3.3)
- d. Zr = -0.8410, untuk nilai R dari jalan Tol Rural 80%. (Tabel 2.10)
- e. So = 0.35, untuk Flexible Pavement (Subbab 2.4.3.5)
- f. CBR = 6% , untuk subsgrade (Subbab 3.3.1.3)
- g. CBR = 70% ,subbase (Subbab 3.3.1.3)
- h. CBR = 100% , base (Subbab 3.3.1.3)
- i. Mr = 1500 x CBR = 1500 x 6 = 9000 psi
- j. Mr = 1500 x CBR = 1500 x 70 = 105000 psi
- k. Mr = 1500 x CBR = 1500 x 100= 150000 psi
- l. log(W18) = 7.566 (Tabel C.2)

$$\log(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5} \right]}{0.40 + \left[\frac{1094}{(SN+1)^{5.19}} \right]} + 2.32 \log_{10} M_r - 8.07$$

$$7.566 = (-0.8410) \cdot (0.35) + 9.36 \log_{10}(5.250 + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{4.2-3}{4.2-1.5} \right]}{0.40 + \left[\frac{1094}{(5.25+1)^{5.19}} \right]} + 2.32 \log_{10}(9000) - 8.07$$

$$7.566 = 7.51 \text{ (Not OK)}$$

Tabel D.1 ESAL untuk D=9 dan IPT=3

Kendaraan	LHR	Muatan Kendar aan	Konfigur asi Sumbu	Berat Beban/Sumbu (ton)			EALF			EALF	ESAL /Hari (11 x 2)
				Sb-1	Sb-2	Sb-3	Sb-1	Sb-2	Sb-3		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Bus	800	8	1.2	3+5	0	0	0.1363	0	0	0.1363	117.08
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,647	13	1.2 L dan 1.2 H	5+8	0	0	1.0075	0	0	1.0575	3856.69
Truk dengan 3 (tiga) gandar	630	20	1.22	5	15	0	0.1280	1.725 2	0	1.8530	1168.04
Truk dengan 3 (tiga) gandar	515	26	1.2-2	6+10	10	0	2.6504	0.310 1	0	2.9605	1525.39
Truk dengan 4 (empat) gandar	167	35	1.2+2.2	6+13+ 8+8	0	0	9.0825	0	0	9.0825	1513.60
Truk dengan 4 (empat) gandar	136	42	1.2+22	8+12	22	0	5.9943	8.008 3	0	14.0026	1909.25
Truk dengan 5 (lima) gandar	180	50	1.2+222	9+14	0	27	10.764 5	0	2.428 6	16.6685	3000.33
Total ESAL/hari setiap arah =											13090.38

Keterangan :

- Sb-1, Sb-2 dan Sb-3 menandakan type sumbu kendaraan yaitu sumbu tunggal, sumbu tandem dan sumbu triple.
- EALF atau disebut juga Axle Load Equivalency Factors

Tabel D.1 ESAL untuk D=9 dan IPT = 3.....(Lanjutan)

Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	EALF	LHR AWAL	FAKTOR UR	ESAL per tahun (W18) (3X4X5X365XDDXDL)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Bus	1.2	0.1363	800	63.25	1351395.878
Truk dengan 2 (dua) gandar	1.2 L dan 1.2 H	1.0075	3647	63.25	44517608.08
Truk dengan 3 (tiga) gandar	1.22	1.8530	630	63.25	13482661.02
Truk dengan 3 (tiga) gandar	1.2-2	2.9605	515	63.25	17607457.76
Truk dengan 4 (empat) gandar	1.2+2.2	9.0825	167	63.25	17471351.53
Truk dengan 4 (empat) gandar	1.2+22	14.002 6	136	63.25	22038432.58
Truk dengan 5 (lima) gandar	1.2+222	16.668 5	180	63.25	34632638.62
Total (diverted = 30 % yang masuk ke Tol)					111,101.563.47
log W18					7.56

Keterangan :

Faktor UR (Umur Rencana) dengan pertumbuhan lalu lintas 7% dan umur rencana = 25 tahun , sehingga = *Faktor UR* =

$$\frac{(1+i)^{UR}-1}{i} = \frac{(1+7\%)^{25}-1}{7\%} = 63.25$$

- a. $D = 9$
- b. $IPt = 3$, untuk persentase orang tidak menerima 12%, jalan bebas hambatan. (Subbab 2.5.3.3)
- c. $IPO = 4.5$, untuk perkerasan kaku. (Subbab 2.5.3.3)
- d. $Z_r = -0.8410$ (untuk nilai R dari jalan Tol Rural 80%) (Tabel 2.10)
- e. $S_o = 0.25$, untuk *Rigid Pavement*. (Subbab 2.5.3.5)
- f. $S'_c = 650$ psi, untuk beton normal. (Subbab 2.5.3.8)
- g. $C_d = 1.2$ (Tabel 2.17)
- h. $J = 3.1$, untuk beton bersambung tanpa/dengan tulangan. (Tabel 2.18)
- i. $f'_c = 300$ kg/cm³ untuk K-350
- j. $E_c = 987268,9603$ psi. (Subbab 2.5.3.8)
- k. $CBR = 6\%$ untuk *subgrade* (Subbab 3.3.1.3)
- l. $M_r = 1500 \times CBR = 1500 \times 6 = 9000$ psi
- m. $k = M_r/19.4 = 9000/19.4 = 463.918$ pci (Subbab 2.5.3.6)
- n. $LS = 1$ untuk *Lean Concrete dan Cement Agregate Mixtures*. (Tabel 2.16)
- o. $k' = 160$ pci (*corrected for potential loss of support*). (Subbab 2.5.3.6, Gambar 2.6)

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

$$7.56 = (-0.841) \cdot (0.25) + 7.35 \log_{10}(10.15 + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{4.5-3}{4.5-1.5} \right]}{1 + \left[\frac{1.624 \times 10^7}{(10.15+1)^{8.46}} \right]} + (4.22 - 0.32 \cdot (3)) \times$$

$$\log_{10} \frac{650 \cdot 1.2 \cdot (10.15^{0.75} - 1.132)}{215.63 \cdot (3.1) \cdot ((10.15)^{0.75} - \frac{18.42}{(\frac{1066372}{160})^{0.25}})}$$

$$7.56 = 7.36 \text{ (NOT OK)}$$

Tabel D.2 ESAL untuk D=10 dan IPt=3

Kendaraan	LHR	Muatan Kendar aan	Konfigur asi Sumbu	Berat Beban/Sumbu (ton)			EALF			EALF	ESAL /Hari (11 x 2)
				Sb-1	Sb-2	Sb-3	Sb-1	Sb-2	Sb-3		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bus	800	8	1.2	3+5	0	0	0.1463	0	0	0.1463	117.08
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,647	13	1.2 L dan 1.2 H	5+8	0	0	1.0575	0	0	1.0575	3856.69
Truk dengan 3 (tiga) gandar	630	20	1.22	5	15	0	0.1296	1.725 2	0	1.8548	1168.04
Truk dengan 3 (tiga) gandar	515	26	1.2-2	6+10	10	0	2.6504	0.310 1	0	2.9605	1525.39
Truk dengan 4 (empat) gandar	167	35	1.2+2.2	6+13+ 8+8	0	0	9.0825	0	0	9.0825	1513.60
Truk dengan 4 (empat) gandar	136	42	1.2+22	8+12	22	0	5.9943	8.008 3	0	14.0026	1909.25
Truk dengan 5 (lima) gandar	180	50	1.2+222	9+14	0	27	10.764 5	0	2.428 6	16.6685	3000.33
Total ESAL/hari setiap arah =											13090.38

Keterangan :

- Sb-1, Sb-2 dan Sb-3 menandakan type sumbu kendaraan yaitu sumbu tunggal, sumbu tandem dan sumbu triple.
- EALF atau disebut juga Axle Load Equivalency Factors

Tabel D.2 ESAL untuk D=10 dan Ipt = 3.....(Lanjutan)

Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	EALF	LHR AWAL	FAKTOR UR	ESAL per tahun (W18) (3X4X5X365XDDXDL)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Bus	1.2	0.1463	800	63.25	1351395.878
Truk dengan 2 (dua) gandar	1.2 L dan 1.2 H	1.0575	3647	63.25	44517608.08
Truk dengan 3 (tiga) gandar	1.22	1.8548	630	63.25	13482661.02
Truk dengan 3 (tiga) gandar	1.2-2	2.9605	515	63.25	17607457.76
Truk dengan 4 (empat) gandar	1.2+2.2	9.0825	167	63.25	17471351.53
Truk dengan 4 (empat) gandar	1.2+22	14.002 6	136	63.25	22038432.58
Truk dengan 5 (lima) gandar	1.2+222	16.668 5	180	63.25	34632638.62
Total (diverted = 30 % yang masuk ke Tol)					151,101.563.47
log W18					7.65

Keterangan :

Faktor UR (Umur Rencana) dengan pertumbuhan lalu lintas 7% dan umur rencana = 25 tahun , sehingga = *Faktor UR* =

$$\frac{(1+i)^{UR}-1}{i} = \frac{(1+7\%)^{25}-1}{7\%} = 63.25$$

- p. D = 9
- q. IPt = 3, untuk persentase orang tidak menerima 12%, jalan bebas hambatan. (Subbab 2.5.3.3)
- r. IPO = 4.5, untuk perkerasan kaku. (Subbab 2.5.3.3)
- s. Zr = -0.8410 (untuk nilai R dari jalan Tol Rural 80%) (Tabel 2.10)
- t. So = 0.25, untuk *Rigid Pavement*. (Subbab 2.5.3.5)
- u. S'c = 650 psi, untuk beton normal. (Subbab 2.5.3.8)
- v. Cd = 1.2 (Tabel 2.17)
- w. J = 3.1, untuk beton bersambung tanpa/dengan tulangan. (Tabel 2.18)
- x. Ec = 987268,9603 psi. (Subbab 2.5.3.8)
- y. CBR = 6% untuk *subgrade* (Subbab 3.3.1.3)
- z. Mr = 1500 x CBR = 1500 x 6 = 9000 psi
- aa. k = Mr/19.4 = 9000/19.4 = 463.918 pci (Subbab 2.5.3.6)
- bb. LS = 1 untuk *Lean Concrete* dan *Cement Aggregate Mixtures*. (Tabel 2.16)
- cc. k' = 160 pci (*corrected for potential loss of support*). (Subbab 2.5.3.6, Gambar 2.6)

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

$$7.65 = (-0.841) \cdot (0.25) + 7.35 \log_{10}(10.15 + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{4.5 - 3}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \left[\frac{1.624 \times 10^7}{(10.15 + 1)^{8.46}} \right]} + (4.22 - 0.32 \cdot (3)) \times$$

$$\log_{10} \frac{650 \cdot 1.2 \cdot (10.15^{0.75} - 1.132)}{215.63 \cdot (3.1) \cdot \left((10.15)^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{1066372}{160} \right)^{0.25}} \right)}$$

$$7.65 = 7.62 \text{ (NOT OK)}$$

Tabel E.1 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2019 *High Paved (good condition)*

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th.1975	IHK 2019	Biaya Th. 2019	Biaya Th. 1975	IHK 2019	Biaya Th. 2019
Fuel	3944	59.40	234,286.93	5481	59.40	325,589.93
Oil	350	59.40	20,791.18	1080	59.40	64,155.65
Tyre	738	59.40	43,839.70	2193	59.40	130,271.61
Maint	3714	59.40	220,624.16	8331	59.40	494,889.57
Deprec.	4995	59.40	296,719.89	8324	59.40	494,473.74
Interest	3746	59.40	222,525.07	4371	59.40	259,652.18
Fixed Cost	9654	59.40	573,480.24	10542	59.40	626,230.44
Ops. Time	1411	59.40	83,818.17	5000	59.40	297,016.91
Total (Rp/1000km)			1,696,085.34	Total (Rp/1000km)		2,692,280.04
	PC		Truk		Truk	
	<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>	
Fuel	90%	210,858.24	100%	325,589.93	100%	325,589.93
Oil	100%	20,791.18	100%	64,155.65	100%	64,155.65
Tyre	100%	43,839.70	100%	130,271.61	100%	130,271.61
Maint	100%	220,624.16	100%	494,889.57	100%	494,889.57
Deprec.	105%	311,555.88	100%	494,473.74	100%	494,473.74
Interest	105%	233,651.32	100%	259,652.18	100%	259,652.18
Fixed Cost	105%	602,154.25	100%	626,230.44	100%	626,230.44
Ops. Time	105%	88,009.08	100%	297,016.91	100%	297,016.91
Total (Rp/1000km)		1,731,483.81	Total (Rp/1000km)	2,692,280.04	Total (Rp/1000km)	2,692,280.04
Gradient	1%	17,314.84	6%	161,536.80	3%	80,768.40
Total (Rp/1000km)		1,748,798.65	Total (Rp/1000km)	2,853,816.84	Total (Rp/1000km)	2,773,048.44

Tabel E.1 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2019 *High Paved (good condition)*.....(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2019	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	1,748,798.65	10620	13.5	365	91,514,720,702,995.90
Bus	2,773,048.44	800	13.5	365	10,931,356,936,510.40
Truk dengan 2 (dua) gandar	2,853,816.84	3647	13.5	365	51,284,779,456,675.50
Truk dengan 3 (tiga) gandar	2,853,816.84	630	13.5	365	8,855,659,408,511.48
Truk dengan 3 (tiga) gandar	2,853,816.84	515	13.5	365	7,245,539,516,054.85
Truk dengan 4 (empat) gandar	2,853,816.84	167	13.5	365	2,343,462,708,103.91
Truk dengan 4 (empat) gandar	2,853,816.84	136	13.5	365	1,917,378,579,357.75
Truk dengan 5 (lima) gandar	2,853,816.84	180	13.5	365	2,531,192,844,036.63
Total (Rp/1000km)					176,624,090,152,246.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					35,324,818,030,449.30

Tabel E.2 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2020 *High Paved (good condition)*

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th.1975	IHK 2020	Biaya Th. 2020	Biaya Th. 1975	IHK 2020	Biaya Th. 2020
Fuel	3944	60.93	240,311.76	5481	60.93	333,962.66
Oil	350	60.93	21,325.84	1080	60.93	65,805.45
Tyre	738	60.93	44,967.06	2193	60.93	133,621.62
Maint	3714	60.93	226,297.63	8331	60.93	507,615.93
Deprec.	4995	60.93	304,350.21	8324	60.93	507,189.41
Interest	3746	60.93	228,247.42	4371	60.93	266,329.28
Fixed Cost	9654	60.93	588,227.61	10542	60.93	642,334.31
Ops. Time	1411	60.93	85,973.60	5000	60.93	304,654.86
Total (Rp/1000km)			1,739,701.13	Total (Rp/1000km)		2,761,513.53
	PC		Truk		Truk	
	<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>	
Fuel	90%	216,280.58	100%	333,962.66	100%	333,962.66
Oil	100%	21,325.84	100%	65,805.45	100%	65,805.45
Tyre	100%	44,967.06	100%	133,621.62	100%	133,621.62
Maint	100%	226,297.63	100%	507,615.93	100%	507,615.93
Deprec.	105%	319,567.72	100%	507,189.41	100%	507,189.41
Interest	105%	239,659.79	100%	266,329.28	100%	266,329.28
Fixed Cost	105%	617,638.99	100%	642,334.31	100%	642,334.31
Ops. Time	105%	90,272.28	100%	304,654.86	100%	304,654.86
Total (Rp/1000km)		1,776,009.89	Total (Rp/1000km)	2,761,513.53	Total (Rp/1000km)	2,761,513.53
Gradient	1%	17,760.10	6%	165,690.81	3%	82,845.41
Total (Rp/1000km)		1,793,769.99	Total (Rp/1000km)	2,927,204.35	Total (Rp/1000km)	2,844,358.94

Tabel E.2 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2020 *High Paved (good condition)*.....(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2020	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	1,793,769.99	10620	13.5	365	93,868,073,314,991.50
Bus	2,844,358.94	800	13.5	365	11,212,462,940,020.80
Truk dengan 2 (dua) gandar	2,927,204.35	3647	13.5	365	52,603,596,459,698.20
Truk dengan 3 (tiga) gandar	2,927,204.35	630	13.5	365	9,083,387,680,420.88
Truk dengan 3 (tiga) gandar	2,927,204.35	515	13.5	365	7,431,862,647,617.08
Truk dengan 4 (empat) gandar	2,927,204.35	167	13.5	365	2,403,726,172,198.71
Truk dengan 4 (empat) gandar	2,927,204.35	136	13.5	365	1,966,685,049,980.76
Truk dengan 5 (lima) gandar	2,927,204.35	180	13.5	365	2,596,283,894,364.05
Total (Rp/1000km)					181,166,078,159,292.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					36,233,215,631,858.40

Tabel E.3 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2021 *High Paved (good condition)*

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th.1975	IHK 2021	Biaya Th. 2021	Biaya Th. 1975	IHK 2021	Biaya Th. 2021
Fuel	3944	62.46	246,336.58	5481	62.46	342,335.39
Oil	350	62.46	21,860.50	1080	62.46	67,455.25
Tyre	738	62.46	46,094.42	2193	62.46	136,971.63
Maint	3714	62.46	231,971.11	8331	62.46	520,342.30
Deprec.	4995	62.46	311,980.53	8324	62.46	519,905.09
Interest	3746	62.46	233,969.78	4371	62.46	273,006.38
Fixed Cost	9654	62.46	602,974.98	10542	62.46	658,438.18
Ops. Time	1411	62.46	88,129.03	5000	62.46	312,292.82
Total (Rp/1000km)			1,783,316.92	Total (Rp/1000km)		2,830,747.03
	PC		Truk		Truk	
	<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>	
Fuel	90%	221,702.92	100%	342,335.39	100%	342,335.39
Oil	100%	21,860.50	100%	67,455.25	100%	67,455.25
Tyre	100%	46,094.42	100%	136,971.63	100%	136,971.63
Maint	100%	231,971.11	100%	520,342.30	100%	520,342.30
Deprec.	105%	327,579.55	100%	519,905.09	100%	519,905.09
Interest	105%	245,668.27	100%	273,006.38	100%	273,006.38
Fixed Cost	105%	633,123.72	100%	658,438.18	100%	658,438.18
Ops. Time	105%	92,535.49	100%	312,292.82	100%	312,292.82
Total (Rp/1000km)		1,820,535.97	Total (Rp/1000km)	2,830,747.03	Total (Rp/1000km)	2,830,747.03
Gradient	1%	18,205.36	6%	169,844.82	3%	84,922.41
Total (Rp/1000km)		1,838,741.33	Total (Rp/1000km)	3,000,591.85	Total (Rp/1000km)	2,915,669.44

Tabel E.3 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2021 *High Paved (good condition)*.....(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2021	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rpp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	1,838,741.33	10620	13.5	365	96,221,425,926,987.20
Bus	2,915,669.44	800	13.5	365	11,493,568,943,531.30
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,000,591.85	3647	13.5	365	53,922,413,462,720.90
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,000,591.85	630	13.5	365	9,311,115,952,330.28
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,000,591.85	515	13.5	365	7,618,185,779,179.32
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,000,591.85	167	13.5	365	2,463,989,636,293.51
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,000,591.85	136	13.5	365	2,015,991,520,603.78
Truk dengan 5 (lima) gandar	3,000,591.85	180	13.5	365	2,661,374,944,691.46
Total (Rp/1000km)					185,708,066,166,338.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					37,141,613,233,367.50

Tabel E.4 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2022 *High Paved (good condition)*

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th.1975	IHK 2022	Biaya Th. 2022	Biaya Th. 1975	IHK 2022	Biaya Th. 2022
Fuel	3944	63.99	252,361.40	5481	63.99	350,708.12
Oil	350	63.99	22,395.15	1080	63.99	69,105.05
Tyre	738	63.99	47,221.78	2193	63.99	140,321.64
Maint	3714	63.99	237,644.58	8331	63.99	533,068.66
Deprec.	4995	63.99	319,610.85	8324	63.99	532,620.76
Interest	3746	63.99	239,692.14	4371	63.99	279,683.48
Fixed Cost	9654	63.99	617,722.34	10542	63.99	674,542.05
Ops. Time	1411	63.99	90,284.47	5000	63.99	319,930.78
Total (Rp/1000km)			1,826,932.71	Total (Rp/1000km)		2,899,980.53
	PC		Truk		Bus	
	<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>	
Fuel	90%	227,125.26	100%	350,708.12	100%	350,708.12
Oil	100%	22,395.15	100%	69,105.05	100%	69,105.05
Tyre	100%	47,221.78	100%	140,321.64	100%	140,321.64
Maint	100%	237,644.58	100%	533,068.66	100%	533,068.66
Deprec.	105%	335,591.39	100%	532,620.76	100%	532,620.76
Interest	105%	251,676.74	100%	279,683.48	100%	279,683.48
Fixed Cost	105%	648,608.46	100%	674,542.05	100%	674,542.05
Ops. Time	105%	94,798.69	100%	319,930.78	100%	319,930.78
Total (Rp/1000km)		1,865,062.06	Total (Rp/1000km)	2,899,980.53	Total (Rp/1000km)	2,899,980.53
Gradient	1%	18,650.62	6%	173,998.83	3%	86,999.42
Total (Rp/1000km)		1,883,712.68	Total (Rp/1000km)	3,073,979.36	Total (Rp/1000km)	2,986,979.95

Tabel E.4 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2022 *High Paved (good condition)*.....(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2022	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	1,883,712.68	10620	13.5	365	98,574,778,538,982.80
Bus	2,986,979.95	800	13.5	365	11,774,674,947,041.70
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,073,979.36	3647	13.5	365	55,241,230,465,743.70
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,073,979.36	630	13.5	365	9,538,844,224,239.67
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,073,979.36	515	13.5	365	7,804,508,910,741.55
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,073,979.36	167	13.5	365	2,524,253,100,388.31
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,073,979.36	136	13.5	365	2,065,297,991,226.80
Truk dengan 5 (lima) gandar	3,073,979.36	180	13.5	365	2,726,465,995,018.88
Total (Rp/1000km)					190,250,054,173,383.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					38,050,010,834,676.70

Tabel E.5a Perhitungan BOK Dasar Tahun 2023 *High Paved (fair condition)* Perkerasan Lentur

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th.1975	IHK 2023	Biaya Th. 2023	Biaya Th. 1975	IHK 2023	Biaya Th. 2023
Fuel	3944	65.51	258,386.22	5481	65.51	359,080.85
Oil	350	65.51	22,929.81	1080	65.51	70,754.85
Tyre	738	65.51	48,349.15	2193	65.51	143,671.65
Maint	3714	65.51	243,318.06	8331	65.51	545,795.02
Deprec.	4995	65.51	327,241.16	8324	65.51	545,336.43
Interest	3746	65.51	245,414.50	4371	65.51	286,360.59
Fixed Cost	9654	65.51	632,469.71	10542	65.51	690,645.92
Ops. Time	1411	65.51	92,439.90	5000	65.51	327,568.73
Total (Rp/1000km)			1,870,548.50	Total (Rp/1000km)		2,969,214.03
	PC		Truk		Bus	
	<i>Fair</i>		<i>Fair</i>		<i>Fair</i>	
Fuel	84%	217,044.42	94%	337,535.99	92%	330,354.38
Oil	100%	22,929.81	100%	70,754.85	100%	70,754.85
Tyre	300%	145,047.44	121%	173,842.69	121%	173,842.69
Maint	230%	559,631.53	156%	851,440.24	273%	1,490,020.42
Deprec.	110%	359,965.28	119%	648,950.35	119%	648,950.35
Interest	110%	269,955.94	119%	340,769.10	119%	340,769.10
Fixed Cost	110%	695,716.68	119%	821,868.64	119%	821,868.64
Ops. Time	110%	101,683.89	119%	389,806.79	119%	389,806.79
Total (Rp/1000km)		2,371,974.99	Total (Rp/1000km)	3,634,968.65	Total (Rp/1000km)	4,266,367.21
Gradient	1%	23,719.75	6%	218,098.12	3%	127,991.02
Total (Rp/1000km)		2,395,694.74	Total (Rp/1000km)	3,853,066.77	Total (Rp/1000km)	4,394,358.23

Tabel E.5a Perhitungan BOK Dasar Tahun 2023 *High Paved (fair condition)* Perkerasan Lentur... (Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2023	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,395,694.74	10620	13.5	365	125,366,825,524,338.00
Bus	4,394,358.23	800	13.5	365	17,322,560,144,860.80
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,853,066.77	3647	13.5	365	69,241,892,841,443.10
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,853,066.77	630	13.5	365	11,956,425,011,488.60
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,853,066.77	515	13.5	365	9,782,529,554,854.28
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,853,066.77	167	13.5	365	3,164,014,653,695.23
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,853,066.77	136	13.5	365	2,588,739,262,114.28
Truk dengan 5 (lima) gandar	3,853,066.77	180	13.5	365	3,417,477,573,748.22
Total (Rp/1000km)					242,840,464,566,542.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					48,568,092,913,308.50

Tabel E.5b Perhitungan BOK Dasar Tahun 2023 *High Paved (good condition)* Perkerasan Kaku

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th.1975	IHK 2023	Biaya Th. 2023	Biaya Th. 1975	IHK 2023	Biaya Th. 2023
Fuel	3944	65.51	258,386.22	5481	65.51	359,080.85
Oil	350	65.51	22,929.81	1080	65.51	70,754.85
Tyre	738	65.51	48,349.15	2193	65.51	143,671.65
Maint	3714	65.51	243,318.06	8331	65.51	545,795.02
Deprec.	4995	65.51	327,241.16	8324	65.51	545,336.43
Interest	3746	65.51	245,414.50	4371	65.51	286,360.59
Fixed Cost	9654	65.51	632,469.71	10542	65.51	690,645.92
Ops. Time	1411	65.51	92,439.90	5000	65.51	327,568.73
Total (Rp/1000km)			1,870,548.50	Total (Rp/1000km)		2,969,214.03
	PC		Truk		Bus	
	<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>	
Fuel	90%	232,547.60	100%	359,080.85	100%	359,080.85
Oil	100%	22,929.81	100%	70,754.85	100%	70,754.85
Tyre	100%	48,349.15	100%	143,671.65	100%	143,671.65
Maint	100%	243,318.06	100%	545,795.02	100%	545,795.02
Deprec.	105%	343,603.22	100%	545,336.43	100%	545,336.43
Interest	105%	257,685.22	100%	286,360.59	100%	286,360.59
Fixed Cost	105%	664,093.20	100%	690,645.92	100%	690,645.92
Ops. Time	105%	97,061.89	100%	327,568.73	100%	327,568.73
Total (Rp/1000km)		1,909,588.14	Total (Rp/1000km)	2,969,214.03	Total (Rp/1000km)	2,969,214.03
Gradient	1%	19,095.88	6%	178,152.84	3%	89,076.42
Total (Rp/1000km)		1,928,684.02	Total (Rp/1000km)	3,147,366.87	Total (Rp/1000km)	3,058,290.45

Tabel E.5b Perhitungan BOK Dasar Tahun 2023 *High Paved (good condition)* Perkerasan Kaku... (Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2023	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	1,928,684.02	10620	13.5	365	100,928,131,150,978.00
Bus	3,058,290.45	800	13.5	365	12,055,780,950,552.20
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,147,366.87	3647	13.5	365	56,560,047,468,766.40
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,147,366.87	630	13.5	365	9,766,572,496,149.07
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,147,366.87	515	13.5	365	7,990,832,042,303.78
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,147,366.87	167	13.5	365	2,584,516,564,483.12
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,147,366.87	136	13.5	365	2,114,604,461,849.82
Truk dengan 5 (lima) gandar	3,147,366.87	180	13.5	365	2,791,557,045,346.30
Total (Rp/1000km)					194,792,042,180,429.00
<i>Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%</i>					58,437,612,654,128.70

Tabel E.6 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2024 *High Paved (good condition)*

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th.1975	IHK 2024	Biaya Th. 2024	Biaya Th. 1975	IHK 2024	Biaya Th. 2024
Fuel	3944	67.04	264,411.04	5481	67.04	367,453.57
Oil	350	67.04	23,464.47	1080	67.04	72,404.65
Tyre	738	67.04	49,476.51	2193	67.04	147,021.65
Maint	3714	67.04	248,991.53	8331	67.04	558,521.39
Deprec.	4995	67.04	334,871.48	8324	67.04	558,052.10
Interest	3746	67.04	251,136.85	4371	67.04	293,037.69
Fixed Cost	9654	67.04	647,217.08	10542	67.04	706,749.79
Ops. Time	1411	67.04	94,595.33	5000	67.04	335,206.69
Total (Rp/1000km)			1,914,164.29	Total (Rp/1000km)		3,038,447.53
	PC		Truk		Truk	
	<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>	
Fuel	90%	237,969.93	100%	367,453.57	100%	367,453.57
Oil	100%	23,464.47	100%	72,404.65	100%	72,404.65
Tyre	100%	49,476.51	100%	147,021.65	100%	147,021.65
Maint	100%	248,991.53	100%	558,521.39	100%	558,521.39
Deprec.	105%	351,615.06	100%	558,052.10	100%	558,052.10
Interest	105%	263,693.70	100%	293,037.69	100%	293,037.69
Fixed Cost	105%	679,577.93	100%	706,749.79	100%	706,749.79
Ops. Time	105%	99,325.09	100%	335,206.69	100%	335,206.69
Total (Rp/1000km)		1,954,114.22	Total (Rp/1000km)	3,038,447.53	Total (Rp/1000km)	3,038,447.53
Gradient	1%	19,541.14	6%	182,306.85	3%	91,153.43
Total (Rp/1000km)		1,973,655.36	Total (Rp/1000km)	3,220,754.38	Total (Rp/1000km)	3,129,600.95

Tabel E.6 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2024 *High Paved (good condition)*(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2024	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	1,973,655.36	10620	13.5	365	103,281,483,762,974.00
Bus	3,129,600.95	800	13.5	365	12,336,886,954,062.60
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,220,754.38	3647	13.5	365	57,878,864,471,789.20
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,220,754.38	630	13.5	365	9,994,300,768,058.46
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,220,754.38	515	13.5	365	8,177,155,173,866.02
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,220,754.38	167	13.5	365	2,644,780,028,577.92
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,220,754.38	136	13.5	365	2,163,910,932,472.84
Truk dengan 5 (lima) gandar	3,220,754.38	180	13.5	365	2,856,648,095,673.72
Total (Rp/1000km)					199,334,030,187,475.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					39,866,806037,495.00

Tabel E.7 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2025 *High Paved (good condition)*

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2025	Biaya Th. 2025	Biaya Th. 1975	IHK 2025	Biaya Th. 2025
Fuel	3944	68.57	270,435.86	5481	68.57	375,826.30
Oil	350	68.57	23,999.13	1080	68.57	74,054.44
Tyre	738	68.57	50,603.87	2193	68.57	150,371.66
Maint	3714	68.57	254,665.00	8331	68.57	571,247.75
Deprec.	4995	68.57	342,501.80	8324	68.57	570,767.77
Interest	3746	68.57	256,859.21	4371	68.57	299,714.79
Fixed Cost	9654	68.57	661,964.45	10542	68.57	722,853.66
Ops. Time	1411	68.57	96,750.76	5000	68.57	342,844.65
Total (Rp/1000km)			1,957,780.08	Total (Rp/1000km)		3,107,681.02
	PC		Truk		Truk	
	<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>	
Fuel	90%	243,392.27	100%	375,826.30	100%	375,826.30
Oil	100%	23,999.13	100%	74,054.44	100%	74,054.44
Tyre	100%	50,603.87	100%	150,371.66	100%	150,371.66
Maint	100%	254,665.00	100%	571,247.75	100%	571,247.75
Deprec.	105%	359,626.89	100%	570,767.77	100%	570,767.77
Interest	105%	269,702.17	100%	299,714.79	100%	299,714.79
Fixed Cost	105%	695,062.67	100%	722,853.66	100%	722,853.66
Ops. Time	105%	101,588.30	100%	342,844.65	100%	342,844.65
Total (Rp/1000km)		1,998,640.30	Total (Rp/1000km)	3,107,681.02	Total (Rp/1000km)	3,107,681.02
Gradient	1%	19,986.40	6%	186,460.86	3%	93,230.43
Total (Rp/1000km)		2,018,626.70	Total (Rp/1000km)	3,294,141.89	Total (Rp/1000km)	3,200,911.46

Tabel E.7 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2025 *High Paved (good condition)*.....(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2025	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,018,626.70	10620	13.5	365	105,634,836,374,970.00
Bus	3,200,911.46	800	13.5	365	12,617,992,957,573.00
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,294,141.89	3647	13.5	365	59,197,681,474,811.90
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,294,141.89	630	13.5	365	10,222,029,039,967.90
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,294,141.89	515	13.5	365	8,363,478,305,428.25
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,294,141.89	167	13.5	365	2,705,043,492,672.72
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,294,141.89	136	13.5	365	2,213,217,403,095.86
Truk dengan 5 (lima) gandar	3,294,141.89	180	13.5	365	2,921,739,146,001.14
Total (Rp/1000km)					203,876,018,194,521.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					40,775,203,638,904.10

Tabel E.8 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2026 *High Paved (good condition)*

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2026	Biaya Th. 2026	Biaya Th. 1975	IHK 2026	Biaya Th. 2026
Fuel	3944	70.10	276,460.68	5481	70.10	384,199.03
Oil	350	70.10	24,533.78	1080	70.10	75,704.24
Tyre	738	70.10	51,731.23	2193	70.10	153,721.67
Maint	3714	70.10	260,338.48	8331	70.10	583,974.12
Deprec.	4995	70.10	350,132.12	8324	70.10	583,483.44
Interest	3746	70.10	262,581.57	4371	70.10	306,391.89
Fixed Cost	9654	70.10	676,711.81	10542	70.10	738,957.52
Ops. Time	1411	70.10	98,906.19	5000	70.10	350,482.60
Total (Rp/1000km)			2,001,395.87	Total (Rp/1000km)		3,176,914.52
	PC		Truk		Truk	
		<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>
Fuel	90%	248,814.61	100%	384,199.03	100%	384,199.03
Oil	100%	24,533.78	100%	75,704.24	100%	75,704.24
Tyre	100%	51,731.23	100%	153,721.67	100%	153,721.67
Maint	100%	260,338.48	100%	583,974.12	100%	583,974.12
Deprec.	105%	367,638.73	100%	583,483.44	100%	583,483.44
Interest	105%	275,710.65	100%	306,391.89	100%	306,391.89
Fixed Cost	105%	710,547.40	100%	738,957.52	100%	738,957.52
Ops. Time	105%	103,851.50	100%	350,482.60	100%	350,482.60
Total (Rp/1000km)		2,043,166.38	Total (Rp/1000km)	3,176,914.52	Total (Rp/1000km)	3,176,914.52
Gradient	1%	20,431.66	6%	190,614.87	3%	95,307.44
Total (Rp/1000km)		2,063,598.05	Total (Rp/1000km)	3,367,529.39	Total (Rp/1000km)	3,272,221.96

Tabel E.8 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2026 *High Paved (good condition)*.....(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2026	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,063,598.05	10620	13.5	365	107,988,188,986,965.00
Bus	3,272,221.96	800	13.5	365	12,899,098,961,083.50
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,367,529.39	3647	13.5	365	60,516,498,477,834.60
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,367,529.39	630	13.5	365	10,449,757,311,877.30
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,367,529.39	515	13.5	365	8,549,801,436,990.48
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,367,529.39	167	13.5	365	2,765,306,956,767.52
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,367,529.39	136	13.5	365	2,262,523,873,718.88
Truk dengan 5 (lima) gandar	3,367,529.39	180	13.5	365	2,986,830,196,328.55
Total (Rp/1000km)					208,418,006,201,566.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					41,683,601,240,313.20

Tabel E.9 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2027 *High Paved (good condition)*

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2027	Biaya Th. 2027	Biaya Th. 1975	IHK 2027	Biaya Th. 2027
Fuel	3944	71.62	282,485.50	5481	71.62	392,571.76
Oil	350	71.62	25,068.44	1080	71.62	77,354.04
Tyre	738	71.62	52,858.59	2193	71.62	157,071.68
Maint	3714	71.62	266,011.95	8331	71.62	596,700.48
Deprec.	4995	71.62	357,762.44	8324	71.62	596,199.11
Interest	3746	71.62	268,303.92	4371	71.62	313,069.00
Fixed Cost	9654	71.62	691,459.18	10542	71.62	755,061.39
Ops. Time	1411	71.62	101,061.62	5000	71.62	358,120.56
Total (Rp/1000km)			2,045,011.66	Total (Rp/1000km)		3,246,148.02
	PC		Truk		Bus	
	<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>	
Fuel	90%	254,236.95	100%	392,571.76	100%	392,571.76
Oil	100%	25,068.44	100%	77,354.04	100%	77,354.04
Tyre	100%	52,858.59	100%	157,071.68	100%	157,071.68
Maint	100%	266,011.95	100%	596,700.48	100%	596,700.48
Deprec.	105%	375,650.56	100%	596,199.11	100%	596,199.11
Interest	105%	281,719.12	100%	313,069.00	100%	313,069.00
Fixed Cost	105%	726,032.14	100%	755,061.39	100%	755,061.39
Ops. Time	105%	106,114.70	100%	358,120.56	100%	358,120.56
Total (Rp/1000km)		2,087,692.47	Total (Rp/1000km)	3,246,148.02	Total (Rp/1000km)	3,246,148.02
Gradient	1%	20,876.92	6%	194,768.88	3%	97,384.44
Total (Rp/1000km)		2,108,569.39	Total (Rp/1000km)	3,440,916.90	Total (Rp/1000km)	3,343,532.46

Tabel E.9 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2027 *High Paved (good condition)*.....(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2027	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,108,569.39	10620	13.5	365	110,341,541,598,961.00
Bus	3,343,532.46	800	13.5	365	13,180,204,964,593.90
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,440,916.90	3647	13.5	365	61,835,315,480,857.40
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,440,916.90	630	13.5	365	10,677,485,583,786.70
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,440,916.90	515	13.5	365	8,736,124,568,552.71
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,440,916.90	167	13.5	365	2,825,570,420,862.32
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,440,916.90	136	13.5	365	2,311,830,344,341.90
Truk dengan 5 (lima) gandar	3,440,916.90	180	13.5	365	3,051,921,246,655.97
Total (Rp/1000km)					212,959,994,208,612.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					42,591,998,841,722.40

Tabel E.10a Perhitungan BOK Dasar Tahun 2028 *High Paved (fair condition)* Perkerasan Lentur

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2028	Biaya Th. 2028	Biaya Th. 1975	IHK 2028	Biaya Th. 2028
Fuel	3944	73.15	288,510.32	5481	73.15	400,944.49
Oil	350	73.15	25,603.10	1080	73.15	79,003.84
Tyre	738	73.15	53,985.96	2193	73.15	160,421.69
Maint	3714	73.15	271,685.43	8331	73.15	609,426.84
Deprec.	4995	73.15	365,392.76	8324	73.15	608,914.78
Interest	3746	73.15	274,026.28	4371	73.15	319,746.10
Fixed Cost	9654	73.15	706,206.55	10542	73.15	771,165.26
Ops. Time	1411	73.15	103,217.05	5000	73.15	365,758.52
Total (Rp/1000km)			2,088,627.45	Total (Rp/1000km)		3,315,381.52
	PC		Truk		Bus	
	<i>Fair</i>		<i>Fair</i>		<i>Fair</i>	
Fuel	84%	242,348.67	94%	376,887.82	92%	368,868.93
Oil	100%	25,603.10	100%	79,003.84	100%	79,003.84
Tyre	300%	161,957.87	121%	194,110.24	121%	194,110.24
Maint	230%	624,876.48	156%	950,705.88	273%	1,663,735.29
Deprec.	110%	401,932.04	119%	724,608.59	119%	724,608.59
Interest	110%	301,428.91	119%	380,497.86	119%	380,497.86
Fixed Cost	110%	776,827.20	119%	917,686.66	119%	917,686.66
Ops. Time	110%	113,538.76	119%	435,252.64	119%	435,252.64
Total (Rp/1000km)		2,648,513.03	Total (Rp/1000km)	4,058,753.52	Total (Rp/1000km)	4,763,764.04
Gradient	1%	26,485.13	6%	243,525.21	3%	142,912.92
Total (Rp/1000km)		2,674,998.16	Total (Rp/1000km)	4,302,278.73	Total (Rp/1000km)	4,906,676.96

Tabel E.10a Perhitungan BOK Dasar Tahun 2028 *High Paved (fair condition)* Perkerasan Lentur(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2028	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,674,998.16	10620	13.5	365	139,982,787,543,092.00
Bus	4,906,676.96	800	13.5	365	19,342,120,583,485.10
Truk dengan 2 (dua) gandar	4,302,278.73	3647	13.5	365	77,314,497,947,653.50
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,302,278.73	630	13.5	365	13,350,371,560,881.50
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,302,278.73	515	13.5	365	10,923,031,277,084.90
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,302,278.73	167	13.5	365	3,532,893,085,543.31
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,302,278.73	136	13.5	365	2,890,548,888,171.80
Truk dengan 5 (lima) gandar	4,302,278.73	180	13.5	365	3,815,906,122,999.08
Total (Rp/1000km)					271,152,157,008,911.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					54,230,431,401,782.20

Tabel E.10b Perhitungan BOK Dasar Tahun 2028 *High Paved (good condition)* Perkerasan Kaku

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2028	Biaya Th. 2028	Biaya Th. 1975	IHK 2028	Biaya Th. 2028
Fuel	3944	73.15	288,510.32	5481	73.15	400,944.49
Oil	350	73.15	25,603.10	1080	73.15	79,003.84
Tyre	738	73.15	53,985.96	2193	73.15	160,421.69
Maint	3714	73.15	271,685.43	8331	73.15	609,426.84
Deprec.	4995	73.15	365,392.76	8324	73.15	608,914.78
Interest	3746	73.15	274,026.28	4371	73.15	319,746.10
Fixed Cost	9654	73.15	706,206.55	10542	73.15	771,165.26
Ops. Time	1411	73.15	103,217.05	5000	73.15	365,758.52
Total (Rp/1000km)			2,088,627.45	Total (Rp/1000km)		3,315,381.52
	PC		Truk		Bus	
	<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>	
Fuel	90%	259,659.29	100%	400,944.49	100%	400,944.49
Oil	100%	25,603.10	100%	79,003.84	100%	79,003.84
Tyre	100%	53,985.96	100%	160,421.69	100%	160,421.69
Maint	100%	271,685.43	100%	609,426.84	100%	609,426.84
Deprec.	105%	383,662.40	100%	608,914.78	100%	608,914.78
Interest	105%	287,727.60	100%	319,746.10	100%	319,746.10
Fixed Cost	105%	741,516.88	100%	771,165.26	100%	771,165.26
Ops. Time	105%	108,377.91	100%	365,758.52	100%	365,758.52
Total (Rp/1000km)		2,132,218.55	Total (Rp/1000km)	3,315,381.52	Total (Rp/1000km)	3,315,381.52
Gradient	1%	21,322.19	6%	198,922.89	3%	99,461.45
Total (Rp/1000km)		2,153,540.73	Total (Rp/1000km)	3,514,304.41	Total (Rp/1000km)	3,414,842.97

Tabel E.10b Perhitungan BOK Dasar Tahun 2028 *High Paved (good condition)* Perkerasan Kaku..(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2028	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,153,540.73	10620	13.5	365	112,694,894,210,957.00
Bus	3,414,842.97	800	13.5	365	13,461,310,968,104.40
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,514,304.41	3647	13.5	365	63,154,132,483,880.10
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,514,304.41	630	13.5	365	10,905,213,855,696.00
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,514,304.41	515	13.5	365	8,922,447,700,114.95
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,514,304.41	167	13.5	365	2,885,833,884,957.12
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,514,304.41	136	13.5	365	2,361,136,814,964.92
Truk dengan 5 (lima) gandar	3,514,304.41	180	13.5	365	3,117,012,296,983.39
Total (Rp/1000km)					217,501,982,215,658.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					65,250,594,664,697.30

Tabel E.11 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2029 *High Paved (good condition)*

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2029	Biaya Th. 2029	Biaya Th. 1975	IHK 2029	Biaya Th. 2029
Fuel	3944	74.68	294,535.14	5481	74.68	409,317.22
Oil	350	74.68	26,137.75	1080	74.68	80,653.64
Tyre	738	74.68	55,113.32	2193	74.68	163,771.69
Maint	3714	74.68	277,358.90	8331	74.68	622,153.21
Deprec.	4995	74.68	373,023.08	8324	74.68	621,630.45
Interest	3746	74.68	279,748.64	4371	74.68	326,423.20
Fixed Cost	9654	74.68	720,953.92	10542	74.68	787,269.13
Ops. Time	1411	74.68	105,372.49	5000	74.68	373,396.48
Total (Rp/1000km)			2,132,243.24	Total (Rp/1000km)		3,384,615.02
	PC		Truk		Truk	
	<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>	
Fuel	90%	265,081.63	100%	409,317.22	100%	409,317.22
Oil	100%	26,137.75	100%	80,653.64	100%	80,653.64
Tyre	100%	55,113.32	100%	163,771.69	100%	163,771.69
Maint	100%	277,358.90	100%	622,153.21	100%	622,153.21
Deprec.	105%	391,674.23	100%	621,630.45	100%	621,630.45
Interest	105%	293,736.07	100%	326,423.20	100%	326,423.20
Fixed Cost	105%	757,001.61	100%	787,269.13	100%	787,269.13
Ops. Time	105%	110,641.11	100%	373,396.48	100%	373,396.48
Total (Rp/1000km)		2,176,744.63	Total (Rp/1000km)	3,384,615.02	Total (Rp/1000km)	3,384,615.02
Gradient	1%	21,767.45	6%	203,076.90	3%	101,538.45
Total (Rp/1000km)		2,198,512.08	Total (Rp/1000km)	3,587,691.92	Total (Rp/1000km)	3,486,153.47

Tabel E.11 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2029 *High Paved (good condition)*..... (Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2029	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,198,512.08	10620	13.5	365	115,048,246,822,952.00
Bus	3,486,153.47	800	13.5	365	13,742,416,971,614.80
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,587,691.92	3647	13.5	365	64,472,949,486,902.80
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,587,691.92	630	13.5	365	11,132,942,127,605.40
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,587,691.92	515	13.5	365	9,108,770,831,677.18
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,587,691.92	167	13.5	365	2,946,097,349,051.92
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,587,691.92	136	13.5	365	2,410,443,285,587.94
Truk dengan 5 (lima) gandar	3,587,691.92	180	13.5	365	3,182,103,347,310.81
Total (Rp/1000km)					222,043,970,222,703.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					44,408,794,044,540.60

Tabel E.12 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2030 *High Paved (good condition)*

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2030	Biaya Th. 2030	Biaya Th. 1975	IHK 2030	Biaya Th. 2030
Fuel	3944	76.21	300,559.96	5481	76.21	417,689.95
Oil	350	76.21	26,672.41	1080	76.21	82,303.44
Tyre	738	76.21	56,240.68	2193	76.21	167,121.70
Maint	3714	76.21	283,032.38	8331	76.21	634,879.57
Deprec.	4995	76.21	380,653.40	8324	76.21	634,346.12
Interest	3746	76.21	285,471.00	4371	76.21	333,100.30
Fixed Cost	9654	76.21	735,701.28	10542	76.21	803,373.00
Ops. Time	1411	76.21	107,527.92	5000	76.21	381,034.43
Total (Rp/1000km)			2,175,859.03	Total (Rp/1000km)		3,453,848.52
	PC		Truk		Truk	
	<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>	
Fuel	90%	270,503.96	100%	417,689.95	100%	417,689.95
Oil	100%	26,672.41	100%	82,303.44	100%	82,303.44
Tyre	100%	56,240.68	100%	167,121.70	100%	167,121.70
Maint	100%	283,032.38	100%	634,879.57	100%	634,879.57
Deprec.	105%	399,686.07	100%	634,346.12	100%	634,346.12
Interest	105%	299,744.55	100%	333,100.30	100%	333,100.30
Fixed Cost	105%	772,486.35	100%	803,373.00	100%	803,373.00
Ops. Time	105%	112,904.31	100%	381,034.43	100%	381,034.43
Total (Rp/1000km)		2,221,270.71	Total (Rp/1000km)	3,453,848.52	Total (Rp/1000km)	3,453,848.52
Gradient		1%	6%	207,230.91	3%	103,615.46
Total (Rp/1000km)		2,243,483.42	Total (Rp/1000km)	3,661,079.43	Total (Rp/1000km)	3,557,463.97

Tabel E.12 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2030 *High Paved (good condition)*.....(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2030	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,243,483.42	10620	13.5	365	117,401,599,434,948.00
Bus	3,557,463.97	800	13.5	365	14,023,522,975,125.20
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,661,079.43	3647	13.5	365	65,791,766,489,925.60
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,661,079.43	630	13.5	365	11,360,670,399,514.80
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,661,079.43	515	13.5	365	9,295,093,963,239.42
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,661,079.43	167	13.5	365	3,006,360,813,146.72
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,661,079.43	136	13.5	365	2,459,749,756,210.95
Truk dengan 5 (lima) gandar	3,661,079.43	180	13.5	365	3,247,194,397,638.22
Total (Rp/1000km)					226,585,958,229,749.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					45,317,191,645,949.80

Tabel E.13 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2031 *High Paved (good condition)*

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2031	Biaya Th. 2031	Biaya Th. 1975	IHK 2031	Biaya Th. 2031
Fuel	3944	77.73	306,584.78	5481	77.73	426,062.67
Oil	350	77.73	27,207.07	1080	77.73	83,953.24
Tyre	738	77.73	57,368.04	2193	77.73	170,471.71
Maint	3714	77.73	288,705.85	8331	77.73	647,605.94
Deprec.	4995	77.73	388,283.72	8324	77.73	647,061.80
Interest	3746	77.73	291,193.35	4371	77.73	339,777.40
Fixed Cost	9654	77.73	750,448.65	10542	77.73	819,476.87
Ops. Time	1411	77.73	109,683.35	5000	77.73	388,672.39
Total (Rp/1000km)			2,219,474.82	Total (Rp/1000km)		3,523,082.01
	PC		Truk		Truk	
	<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>	
Fuel	90%	275,926.30	100%	426,062.67	100%	426,062.67
Oil	100%	27,207.07	100%	83,953.24	100%	83,953.24
Tyre	100%	57,368.04	100%	170,471.71	100%	170,471.71
Maint	100%	288,705.85	100%	647,605.94	100%	647,605.94
Deprec.	105%	407,697.90	100%	647,061.80	100%	647,061.80
Interest	105%	305,753.02	100%	339,777.40	100%	339,777.40
Fixed Cost	105%	787,971.08	100%	819,476.87	100%	819,476.87
Ops. Time	105%	115,167.52	100%	388,672.39	100%	388,672.39
Total (Rp/1000km)		2,265,796.79	Total (Rp/1000km)	3,523,082.01	Total (Rp/1000km)	3,523,082.01
Gradient	1%	22,657.97	6%	211,384.92	3%	105,692.46
Total (Rp/1000km)		2,288,454.76	Total (Rp/1000km)	3,734,466.93	Total (Rp/1000km)	3,628,774.47

Tabel E.13 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2031 *High Paved (good condition)*.....(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2031	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,288,454.76	10620	13.5	365	119,754,952,046,944.00
Bus	3,628,774.47	800	13.5	365	14,304,628,978,635.70
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,734,466.93	3647	13.5	365	67,110,583,492,948.30
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,734,466.93	630	13.5	365	11,588,398,671,424.20
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,734,466.93	515	13.5	365	9,481,417,094,801.64
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,734,466.93	167	13.5	365	3,066,624,277,241.52
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,734,466.93	136	13.5	365	2,509,056,226,833.97
Truk dengan 5 (lima) gandar	3,734,466.93	180	13.5	365	3,312,285,447,965.64
Total (Rp/1000km)					231,127,946,236,795.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					46,225,589,247,358.90

Tabel E.14 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2032 *High Paved (good condition)*

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2032	Biaya Th. 2032	Biaya Th. 1975	IHK 2032	Biaya Th. 2032
Fuel	3944	79.26	312,609.60	5481	79.26	434,435.40
Oil	350	79.26	27,741.72	1080	79.26	85,603.04
Tyre	738	79.26	58,495.41	2193	79.26	173,821.72
Maint	3714	79.26	294,379.33	8331	79.26	660,332.30
Deprec.	4995	79.26	395,914.04	8324	79.26	659,777.47
Interest	3746	79.26	296,915.71	4371	79.26	346,454.51
Fixed Cost	9654	79.26	765,196.02	10542	79.26	835,580.74
Ops. Time	1411	79.26	111,838.78	5000	79.26	396,310.35
Total (Rp/1000km)			2,263,090.61	Total (Rp/1000km)		3,592,315.51
	PC		Truk		Bus	
	<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>	
Fuel	90%	281,348.64	100%	434,435.40	100%	434,435.40
Oil	100%	27,741.72	100%	85,603.04	100%	85,603.04
Tyre	100%	58,495.41	100%	173,821.72	100%	173,821.72
Maint	100%	294,379.33	100%	660,332.30	100%	660,332.30
Deprec.	105%	415,709.74	100%	659,777.47	100%	659,777.47
Interest	105%	311,761.50	100%	346,454.51	100%	346,454.51
Fixed Cost	105%	803,455.82	100%	835,580.74	100%	835,580.74
Ops. Time	105%	117,430.72	100%	396,310.35	100%	396,310.35
Total (Rp/1000km)		2,310,322.87	Total (Rp/1000km)	3,592,315.51	Total (Rp/1000km)	3,592,315.51
Gradient	1%	23,103.23	6%	215,538.93	3%	107,769.47
Total (Rp/1000km)		2,333,426.10	Total (Rp/1000km)	3,807,854.44	Total (Rp/1000km)	3,700,084.98

Tabel E.14 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2032 *High Paved (good condition)*.....(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2032	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,333,426.10	10620	13.5	365	122,108,304,658,939.00
Bus	3,700,084.98	800	13.5	365	14,585,734,982,146.10
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,807,854.44	3647	13.5	365	68,429,400,495,971.00
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,807,854.44	630	13.5	365	11,816,126,943,333.60
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,807,854.44	515	13.5	365	9,667,740,226,363.88
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,807,854.44	167	13.5	365	3,126,887,741,336.32
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,807,854.44	136	13.5	365	2,558,362,697,456.99
Truk dengan 5 (lima) gandar	3,807,854.44	180	13.5	365	3,377,376,498,293.06
Total (Rp/1000km)					235,669,934,243,840.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					47,133,986,848,768

Tabel E.15a Perhitungan BOK Dasar Tahun 2033 *High Paved (fair condition)* Perkerasan Lentur

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2033	Biaya Th. 2033	Biaya Th. 1975	IHK 2033	Biaya Th. 2033
Fuel	3944	80.79	318,634.42	5481	80.79	442,808.13
Oil	350	80.79	28,276.38	1080	80.79	87,252.83
Tyre	738	80.79	59,622.77	2193	80.79	177,171.73
Maint	3714	80.79	300,052.80	8331	80.79	673,058.66
Deprec.	4995	80.79	403,544.36	8324	80.79	672,493.14
Interest	3746	80.79	302,638.07	4371	80.79	353,131.61
Fixed Cost	9654	80.79	779,943.39	10542	80.79	851,684.61
Ops. Time	1411	80.79	113,994.21	5000	80.79	403,948.30
Total (Rp/1000km)			2,306,706.40	Total (Rp/1000km)		3,661,549.01
	PC		Truk		Bus	
		<i>Fair</i>		<i>Fair</i>		<i>Fair</i>
Fuel	84%	267,652.91	94%	416,239.64	92%	407,383.48
Oil	100%	28,276.38	100%	87,252.83	100%	87,252.83
Tyre	300%	178,868.31	121%	214,377.79	121%	214,377.79
Maint	230%	690,121.44	156%	1,049,971.52	273%	1,837,450.15
Deprec.	110%	443,898.79	119%	800,266.83	119%	800,266.83
Interest	110%	332,901.88	119%	420,226.61	119%	420,226.61
Fixed Cost	110%	857,937.72	119%	1,013,504.68	119%	1,013,504.68
Ops. Time	110%	125,393.63	119%	480,698.48	119%	480,698.48
Total (Rp/1000km)		2,925,051.07	Total (Rp/1000km)	4,482,538.39	Total (Rp/1000km)	5,261,160.87
Gradient	1%	29,250.51	6%	268,952.30	3%	157,834.83
Total (Rp/1000km)		2,954,301.58	Total (Rp/1000km)	4,751,490.70	Total (Rp/1000km)	5,418,995.69

Tabel E.15a Perhitungan BOK Dasar Tahun 2033 *High Paved (fair condition)* Perkerasan Lentur.(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2033	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,954,301.58	10620	13.5	365	154,598,749,561,846.00
Bus	5,418,995.69	800	13.5	365	21,361,681,022,109.40
Truk dengan 2 (dua) gandar	4,751,490.70	3647	13.5	365	85,387,103,053,863.90
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,751,490.70	630	13.5	365	14,744,318,110,274.40
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,751,490.70	515	13.5	365	12,063,532,999,315.40
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,751,490.70	167	13.5	365	3,901,771,517,391.40
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,751,490.70	136	13.5	365	3,192,358,514,229.32
Truk dengan 5 (lima) gandar	4,751,490.70	180	13.5	365	4,214,334,672,249.93
Total (Rp/1000km)					299,463,849,451,279.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					59,892,769,890,255.90

Tabel E.15b Perhitungan BOK Dasar Tahun 2033 *High Paved (good condition)* Perkerasan Kaku

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2033	Biaya Th. 2033	Biaya Th. 1975	IHK 2033	Biaya Th. 2033
Fuel	3944	80.79	318,634.42	5481	80.79	442,808.13
Oil	350	80.79	28,276.38	1080	80.79	87,252.83
Tyre	738	80.79	59,622.77	2193	80.79	177,171.73
Maint	3714	80.79	300,052.80	8331	80.79	673,058.66
Deprec.	4995	80.79	403,544.36	8324	80.79	672,493.14
Interest	3746	80.79	302,638.07	4371	80.79	353,131.61
Fixed Cost	9654	80.79	779,943.39	10542	80.79	851,684.61
Ops. Time	1411	80.79	113,994.21	5000	80.79	403,948.30
Total (Rp/1000km)			2,306,706.40	Total (Rp/1000km)		3,661,549.01
	PC		Truk		Bus	
	<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>	
Fuel	90%	286,770.98	100%	442,808.13	100%	442,808.13
Oil	100%	28,276.38	100%	87,252.83	100%	87,252.83
Tyre	100%	59,622.77	100%	177,171.73	100%	177,171.73
Maint	100%	300,052.80	100%	673,058.66	100%	673,058.66
Deprec.	105%	423,721.57	100%	672,493.14	100%	672,493.14
Interest	105%	317,769.97	100%	353,131.61	100%	353,131.61
Fixed Cost	105%	818,940.56	100%	851,684.61	100%	851,684.61
Ops. Time	105%	119,693.92	100%	403,948.30	100%	403,948.30
Total (Rp/1000km)		2,354,848.96	Total (Rp/1000km)	3,661,549.01	Total (Rp/1000km)	3,661,549.01
Gradient	1%	23,548.49	6%	219,692.94	3%	109,846.47
Total (Rp/1000km)		2,378,397.45	Total (Rp/1000km)	3,881,241.95	Total (Rp/1000km)	3,771,395.48

Tabel E.15b Perhitungan BOK Dasar Tahun 2033 *High Paved (good condition)* Perkerasan Kaku..(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2033	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,378,397.45	10620	13.5	365	124,461,657,270,935.00
Bus	3,771,395.48	800	13.5	365	14,866,840,985,656.60
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,881,241.95	3647	13.5	365	69,748,217,498,993.80
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,881,241.95	630	13.5	365	12,043,855,215,243.00
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,881,241.95	515	13.5	365	9,854,063,357,926.11
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,881,241.95	167	13.5	365	3,187,151,205,431.12
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,881,241.95	136	13.5	365	2,607,669,168,080.01
Truk dengan 5 (lima) gandar	3,881,241.95	180	13.5	365	3,442,467,548,620.48
Total (Rp/1000km)					240,211,922,250,886.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					72,063,576,675,265.80

Tabel E.16 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2034 *High Paved (good condition)*

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2034	Biaya Th. 2034	Biaya Th. 1975	IHK 2034	Biaya Th. 2034
Fuel	3944	82.32	324,659.24	5481	82.32	451,180.86
Oil	350	82.32	28,811.04	1080	82.32	88,902.63
Tyre	738	82.32	60,750.13	2193	82.32	180,521.73
Maint	3714	82.32	305,726.28	8331	82.32	685,785.03
Deprec.	4995	82.32	411,174.68	8324	82.32	685,208.81
Interest	3746	82.32	308,360.43	4371	82.32	359,808.71
Fixed Cost	9654	82.32	794,690.75	10542	82.32	867,788.47
Ops. Time	1411	82.32	116,149.64	5000	82.32	411,586.26
Total (Rp/1000km)			2,350,322.19	Total (Rp/1000km)		3,730,782.51
	PC		Truk		Truk	
	<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>	
Fuel	90%	292,193.32	100%	451,180.86	100%	451,180.86
Oil	100%	28,811.04	100%	88,902.63	100%	88,902.63
Tyre	100%	60,750.13	100%	180,521.73	100%	180,521.73
Maint	100%	305,726.28	100%	685,785.03	100%	685,785.03
Deprec.	105%	431,733.41	100%	685,208.81	100%	685,208.81
Interest	105%	323,778.45	100%	359,808.71	100%	359,808.71
Fixed Cost	105%	834,425.29	100%	867,788.47	100%	867,788.47
Ops. Time	105%	121,957.13	100%	411,586.26	100%	411,586.26
Total (Rp/1000km)		2,399,375.04	Total (Rp/1000km)	3,730,782.51	Total (Rp/1000km)	3,730,782.51
Gradient	1%	23,993.75	6%	223,846.95	3%	111,923.48
Total (Rp/1000km)		2,423,368.79	Total (Rp/1000km)	3,954,629.46	Total (Rp/1000km)	3,842,705.98

Tabel E.16 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2034 *High Paved (good condition)*.....(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2034	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rpp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,423,368.79	10620	13.5	365	126,815,009,882,931.00
Bus	3,842,705.98	800	13.5	365	15,147,946,989,167.00
Truk dengan 2 (dua) gandar	3,954,629.46	3647	13.5	365	71,067,034,502,016.50
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,954,629.46	630	13.5	365	12,271,583,487,152.40
Truk dengan 3 (tiga) gandar	3,954,629.46	515	13.5	365	10,040,386,489,488.30
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,954,629.46	167	13.5	365	3,247,414,669,525.93
Truk dengan 4 (empat) gandar	3,954,629.46	136	13.5	365	2,656,975,638,703.03
Truk dengan 5 (lima) gandar	3,954,629.46	180	13.5	365	3,507,558,598,947.90
Total (Rp/1000km)					244,753,910,257,932.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					48,950,782,051,586.30

Tabel E.17 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2035 *High Paved (good condition)*

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2035	Biaya Th. 2035	Biaya Th. 1975	IHK 2035	Biaya Th. 2035
Fuel	3944	83.84	330,684.06	5481	83.84	459,553.59
Oil	350	83.84	29,345.70	1080	83.84	90,552.43
Tyre	738	83.84	61,877.49	2193	83.84	183,871.74
Maint	3714	83.84	311,399.75	8331	83.84	698,511.39
Deprec.	4995	83.84	418,804.99	8324	83.84	697,924.48
Interest	3746	83.84	314,082.78	4371	83.84	366,485.81
Fixed Cost	9654	83.84	809,438.12	10542	83.84	883,892.34
Ops. Time	1411	83.84	118,305.07	5000	83.84	419,224.22
Total (Rp/1000km)			2,393,937.98	Total (Rp/1000km)		3,800,016.01
	PC		Truk		Truk	
	<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>	
Fuel	90%	297,615.66	100%	459,553.59	100%	459,553.59
Oil	100%	29,345.70	100%	90,552.43	100%	90,552.43
Tyre	100%	61,877.49	100%	183,871.74	100%	183,871.74
Maint	100%	311,399.75	100%	698,511.39	100%	698,511.39
Deprec.	105%	439,745.24	100%	697,924.48	100%	697,924.48
Interest	105%	329,786.92	100%	366,485.81	100%	366,485.81
Fixed Cost	105%	849,910.03	100%	883,892.34	100%	883,892.34
Ops. Time	105%	124,220.33	100%	419,224.22	100%	419,224.22
Total (Rp/1000km)		2,443,901.12	Total (Rp/1000km)	3,800,016.01	Total (Rp/1000km)	3,800,016.01
Gradient	1%	24,439.01	6%	228,000.96	3%	114,000.48
Total (Rp/1000km)		2,468,340.13	Total (Rp/1000km)	4,028,016.97	Total (Rp/1000km)	3,914,016.49

Tabel E.17 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2035 *High Paved (good condition)*(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2035	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,468,340.13	10620	13.5	365	129,168,362,494,926.00
Bus	3,914,016.49	800	13.5	365	15,429,052,992,677.40
Truk dengan 2 (dua) gandar	4,028,016.97	3647	13.5	365	72,385,851,505,039.20
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,028,016.97	630	13.5	365	12,499,311,759,061.80
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,028,016.97	515	13.5	365	10,226,709,621,050.60
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,028,016.97	167	13.5	365	3,307,678,133,620.73
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,028,016.97	136	13.5	365	2,706,282,109,326.05
Truk dengan 5 (lima) gandar	4,028,016.97	180	13.5	365	3,572,649,649,275.31
Total (Rp/1000km)					249,295,898,264,977.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					49,859,179,652,995.50

Tabel E.18 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2036 *High Paved (good condition)*

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2036	Biaya Th. 2036	Biaya Th. 1975	IHK 2036	Biaya Th. 2036
Fuel	3944	85.37	336,708.88	5481	85.37	467,926.32
Oil	350	85.37	29,880.35	1080	85.37	92,202.23
Tyre	738	85.37	63,004.86	2193	85.37	187,221.75
Maint	3714	85.37	317,073.22	8331	85.37	711,237.76
Deprec.	4995	85.37	426,435.31	8324	85.37	710,640.15
Interest	3746	85.37	319,805.14	4371	85.37	373,162.91
Fixed Cost	9654	85.37	824,185.49	10542	85.37	899,996.21
Ops. Time	1411	85.37	120,460.51	5000	85.37	426,862.18
Total (Rp/1000km)			2,437,553.77	Total (Rp/1000km)		3,869,249.51
	PC		Truk		Truk	
		<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>
Fuel	90%	303,038.00	100%	467,926.32	100%	467,926.32
Oil	100%	29,880.35	100%	92,202.23	100%	92,202.23
Tyre	100%	63,004.86	100%	187,221.75	100%	187,221.75
Maint	100%	317,073.22	100%	711,237.76	100%	711,237.76
Deprec.	105%	447,757.08	100%	710,640.15	100%	710,640.15
Interest	105%	335,795.40	100%	373,162.91	100%	373,162.91
Fixed Cost	105%	865,394.76	100%	899,996.21	100%	899,996.21
Ops. Time	105%	126,483.53	100%	426,862.18	100%	426,862.18
Total (Rp/1000km)		2,488,427.20	Total (Rp/1000km)	3,869,249.51	Total (Rp/1000km)	3,869,249.51
Gradient	1%	24,884.27	6%	232,154.97	3%	116,077.49
Total (Rp/1000km)		2,513,311.47	Total (Rp/1000km)	4,101,404.48	Total (Rp/1000km)	3,985,326.99

Tabel E.18 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2036 *High Paved (good condition)*(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2036	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,513,311.47	10620	13.5	365	131,521,715,106,922.00
Bus	3,985,326.99	800	13.5	365	15,710,158,996,187.90
Truk dengan 2 (dua) gandar	4,101,404.48	3647	13.5	365	73,704,668,508,062.00
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,101,404.48	630	13.5	365	12,727,040,030,971.20
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,101,404.48	515	13.5	365	10,413,032,752,612.80
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,101,404.48	167	13.5	365	3,367,941,597,715.53
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,101,404.48	136	13.5	365	2,755,588,579,949.07
Truk dengan 5 (lima) gandar	4,101,404.48	180	13.5	365	3,637,740,699,602.73
Total (Rp/1000km)					253,837,886,272,023.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					50,767,577,254,404.60

Tabel E.19 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2037 *High Paved (good condition)*

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2037	Biaya Th. 2037	Biaya Th. 1975	IHK 2037	Biaya Th. 2037
Fuel	3944	86.90	342,733.70	5481	86.90	476,299.05
Oil	350	86.90	30,415.01	1080	86.90	93,852.03
Tyre	738	86.90	64,132.22	2193	86.90	190,571.76
Maint	3714	86.90	322,746.70	8331	86.90	723,964.12
Deprec.	4995	86.90	434,065.63	8324	86.90	723,355.82
Interest	3746	86.90	325,527.50	4371	86.90	379,840.02
Fixed Cost	9654	86.90	838,932.86	10542	86.90	916,100.08
Ops. Time	1411	86.90	122,615.94	5000	86.90	434,500.13
Total (Rp/1000km)			2,481,169.56	Total (Rp/1000km)		3,938,483.00
	PC		Truk		Bus	
		<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>
Fuel	90%	308,460.33	100%	476,299.05	100%	476,299.05
Oil	100%	30,415.01	100%	93,852.03	100%	93,852.03
Tyre	100%	64,132.22	100%	190,571.76	100%	190,571.76
Maint	100%	322,746.70	100%	723,964.12	100%	723,964.12
Deprec.	105%	455,768.91	100%	723,355.82	100%	723,355.82
Interest	105%	341,803.87	100%	379,840.02	100%	379,840.02
Fixed Cost	105%	880,879.50	100%	916,100.08	100%	916,100.08
Ops. Time	105%	128,746.73	100%	434,500.13	100%	434,500.13
Total (Rp/1000km)		2,532,953.28	Total (Rp/1000km)	3,938,483.00	Total (Rp/1000km)	3,938,483.00
Gradient	1%	25,329.53	6%	236,308.98	3%	118,154.49
Total (Rp/1000km)		2,558,282.82	Total (Rp/1000km)	4,174,791.98	Total (Rp/1000km)	4,056,637.49

Tabel E.19 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2037 *High Paved (good condition)*(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2037	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,558,282.82	10620	13.5	365	133,875,067,718,917.00
Bus	4,056,637.49	800	13.5	365	15,991,264,999,698.30
Truk dengan 2 (dua) gandar	4,174,791.98	3647	13.5	365	75,023,485,511,084.70
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,174,791.98	630	13.5	365	12,954,768,302,880.60
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,174,791.98	515	13.5	365	10,599,355,884,175.00
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,174,791.98	167	13.5	365	3,428,205,061,810.33
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,174,791.98	136	13.5	365	2,804,895,050,572.09
Truk dengan 5 (lima) gandar	4,174,791.98	180	13.5	365	3,702,831,749,930.15
Total (Rp/1000km)					258,379,874,279,069.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					51,675,974,855,813.70

Tabel E.20a Perhitungan BOK Dasar Tahun 2038 *High Paved (fair condition)* Perkerasan Lentur

	PC			Truk dan Bus			
	Biaya Th. 1975	IHK 2038	Biaya Th. 2038	Biaya Th. 1975	IHK 2038	Biaya Th. 2038	
Fuel	3944	88.43	348,758.53	5481	88.43	484,671.77	
Oil	350	88.43	30,949.67	1080	88.43	95,501.83	
Tyre	738	88.43	65,259.58	2193	88.43	193,921.77	
Maint	3714	88.43	328,420.17	8331	88.43	736,690.49	
Deprec.	4995	88.43	441,695.95	8324	88.43	736,071.49	
Interest	3746	88.43	331,249.86	4371	88.43	386,517.12	
Fixed Cost	9654	88.43	853,680.22	10542	88.43	932,203.95	
Ops. Time	1411	88.43	124,771.37	5000	88.43	442,138.09	
Total (Rp/1000km)			2,524,785.35	Total (Rp/1000km)		4,007,716.50	
	PC		Truk		Bus		
	<i>Fair</i>		<i>Fair</i>		<i>Fair</i>		
Fuel	84%	292,957.16	94%	455,591.47	92%	445,898.03	
Oil	100%	30,949.67	100%	95,501.83	100%	95,501.83	
Tyre	300%	195,778.75	121%	234,645.34	121%	234,645.34	
Maint	230%	755,366.40	156%	1,149,237.16	273%	2,011,165.02	
Deprec.	110%	485,865.55	119%	875,925.08	119%	875,925.08	
Interest	110%	364,374.84	119%	459,955.37	119%	459,955.37	
Fixed Cost	110%	939,048.25	119%	1,109,322.70	119%	1,109,322.70	
Ops. Time	110%	137,248.51	119%	526,144.33	119%	526,144.33	
Total (Rp/1000km)		3,201,589.11	Total (Rp/1000km)		4,906,323.26	Total (Rp/1000km)	
Gradient	1%	32,015.89	6%	294,379.40	3%	172,756.73	
Total (Rp/1000km)		3,233,605.00	Total (Rp/1000km)		5,200,702.66	Total (Rp/1000km)	

Tabel E.20a Perhitungan BOK Dasar Tahun 2038 *High Paved (fair condition)* Perkerasan Lentur..(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2038	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	3,233,605.00	10620	13.5	365	169,214,711,580,600.00
Bus	5,931,314.42	800	13.5	365	23,381,241,460,733.70
Truk dengan 2 (dua) gandar	5,200,702.66	3647	13.5	365	93,459,708,160,074.30
Truk dengan 3 (tiga) gandar	5,200,702.66	630	13.5	365	16,138,264,659,667.30
Truk dengan 3 (tiga) gandar	5,200,702.66	515	13.5	365	13,204,034,721,546.00
Truk dengan 4 (empat) gandar	5,200,702.66	167	13.5	365	4,270,649,949,239.48
Truk dengan 4 (empat) gandar	5,200,702.66	136	13.5	365	3,494,168,140,286.85
Truk dengan 5 (lima) gandar	5,200,702.66	180	13.5	365	4,612,763,221,500.79
Total (Rp/1000km)					327,775,541,893,648.00
<i>Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%</i>					65,555,108,378,729.60

Tabel E.20b Perhitungan BOK Dasar Tahun 2038 *High Paved (good condition)* Perkerasan Kaku

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2038	Biaya Th. 2038	Biaya Th. 1975	IHK 2038	Biaya Th. 2038
Fuel	3944	88.43	348,758.53	5481	88.43	484,671.77
Oil	350	88.43	30,949.67	1080	88.43	95,501.83
Tyre	738	88.43	65,259.58	2193	88.43	193,921.77
Maint	3714	88.43	328,420.17	8331	88.43	736,690.49
Deprec.	4995	88.43	441,695.95	8324	88.43	736,071.49
Interest	3746	88.43	331,249.86	4371	88.43	386,517.12
Fixed Cost	9654	88.43	853,680.22	10542	88.43	932,203.95
Ops. Time	1411	88.43	124,771.37	5000	88.43	442,138.09
Total (Rp/1000km)			2,524,785.35	Total (Rp/1000km)		4,007,716.50
	PC		Truk		Bus	
	<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>	
Fuel	90%	313,882.67	100%	484,671.77	100%	484,671.77
Oil	100%	30,949.67	100%	95,501.83	100%	95,501.83
Tyre	100%	65,259.58	100%	193,921.77	100%	193,921.77
Maint	100%	328,420.17	100%	736,690.49	100%	736,690.49
Deprec.	105%	463,780.75	100%	736,071.49	100%	736,071.49
Interest	105%	347,812.35	100%	386,517.12	100%	386,517.12
Fixed Cost	105%	896,364.24	100%	932,203.95	100%	932,203.95
Ops. Time	105%	131,009.94	100%	442,138.09	100%	442,138.09
Total (Rp/1000km)		2,577,479.37	Total (Rp/1000km)	4,007,716.50	Total (Rp/1000km)	4,007,716.50
Gradient	1%	25,774.79	6%	240,462.99	3%	120,231.50
Total (Rp/1000km)		2,603,254.16	Total (Rp/1000km)	4,248,179.49	Total (Rp/1000km)	4,127,948.00

Tabel E.20b Perhitungan BOK Dasar Tahun 2038 *High Paved (good condition)* Perkerasan Kaku..(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2038	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rpp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,603,254.16	10620	13.5	365	136,228,420,330,913.00
Bus	4,127,948.00	800	13.5	365	16,272,371,003,208.80
Truk dengan 2 (dua) gandar	4,248,179.49	3647	13.5	365	76,342,302,514,107.40
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,248,179.49	630	13.5	365	13,182,496,574,790.00
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,248,179.49	515	13.5	365	10,785,679,015,737.30
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,248,179.49	167	13.5	365	3,488,468,525,905.13
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,248,179.49	136	13.5	365	2,854,201,521,195.11
Truk dengan 5 (lima) gandar	4,248,179.49	180	13.5	365	3,767,922,800,257.57
Total (Rp/1000km)					262,921,862,286,114.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					78,876,558,685,834.30

Tabel E.21 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2039 *High Paved (good condition)*

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2039	Biaya Th. 2039	Biaya Th. 1975	IHK 2039	Biaya Th. 2039
Fuel	3944	89.96	354,783.35	5481	89.96	493,044.50
Oil	350	89.96	31,484.32	1080	89.96	97,151.63
Tyre	738	89.96	66,386.94	2193	89.96	197,271.77
Maint	3714	89.96	334,093.65	8331	89.96	749,416.85
Deprec.	4995	89.96	449,326.27	8324	89.96	748,787.16
Interest	3746	89.96	336,972.21	4371	89.96	393,194.22
Fixed Cost	9654	89.96	868,427.59	10542	89.96	948,307.82
Ops. Time	1411	89.96	126,926.80	5000	89.96	449,776.05
Total (Rp/1000km)			2,568,401.14	Total (Rp/1000km)		4,076,950.00
	PC		Truk		Truk	
	<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>	
Fuel	90%	319,305.01	100%	493,044.50	100%	493,044.50
Oil	100%	31,484.32	100%	97,151.63	100%	97,151.63
Tyre	100%	66,386.94	100%	197,271.77	100%	197,271.77
Maint	100%	334,093.65	100%	749,416.85	100%	749,416.85
Deprec.	105%	471,792.58	100%	748,787.16	100%	748,787.16
Interest	105%	353,820.83	100%	393,194.22	100%	393,194.22
Fixed Cost	105%	911,848.97	100%	948,307.82	100%	948,307.82
Ops. Time	105%	133,273.14	100%	449,776.05	100%	449,776.05
Total (Rp/1000km)		2,622,005.45	Total (Rp/1000km)	4,076,950.00	Total (Rp/1000km)	4,076,950.00
Gradient	1%	26,220.05	6%	244,617.00	3%	122,308.50
Total (Rp/1000km)		2,648,225.50	Total (Rp/1000km)	4,321,567.00	Total (Rp/1000km)	4,199,258.50

Tabel E.21 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2039 *High Paved (good condition)*.....(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2039	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,648,225.50	10620	13.5	365	138,581,772,942,909.00
Bus	4,199,258.50	800	13.5	365	16,553,477,006,719.20
Truk dengan 2 (dua) gandar	4,321,567.00	3647	13.5	365	77,661,119,517,130.20
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,321,567.00	630	13.5	365	13,410,224,846,699.40
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,321,567.00	515	13.5	365	10,972,002,147,299.50
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,321,567.00	167	13.5	365	3,548,731,989,999.93
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,321,567.00	136	13.5	365	2,903,507,991,818.12
Truk dengan 5 (lima) gandar	4,321,567.00	180	13.5	365	3,833,013,850,584.98
Total (Rp/1000km)					267,463,850,293,160.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					53,492,770,058,632.00

Tabel E.22 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2040 *High Paved (good condition)*

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2040	Biaya Th. 2040	Biaya Th. 1975	IHK 2040	Biaya Th. 2040
Fuel	3944	91.48	360,808.17	5481	91.48	501,417.23
Oil	350	91.48	32,018.98	1080	91.48	98,801.42
Tyre	738	91.48	67,514.31	2193	91.48	200,621.78
Maint	3714	91.48	339,767.12	8331	91.48	762,143.21
Deprec.	4995	91.48	456,956.59	8324	91.48	761,502.83
Interest	3746	91.48	342,694.57	4371	91.48	399,871.32
Fixed Cost	9654	91.48	883,174.96	10542	91.48	964,411.69
Ops. Time	1411	91.48	129,082.23	5000	91.48	457,414.00
Total (Rp/1000km)			2,612,016.93	Total (Rp/1000km)		4,146,183.50
	PC		Truk		Truk	
	<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>	
Fuel	90%	324,727.35	100%	501,417.23	100%	501,417.23
Oil	100%	32,018.98	100%	98,801.42	100%	98,801.42
Tyre	100%	67,514.31	100%	200,621.78	100%	200,621.78
Maint	100%	339,767.12	100%	762,143.21	100%	762,143.21
Deprec.	105%	479,804.42	100%	761,502.83	100%	761,502.83
Interest	105%	359,829.30	100%	399,871.32	100%	399,871.32
Fixed Cost	105%	927,333.71	100%	964,411.69	100%	964,411.69
Ops. Time	105%	135,536.34	100%	457,414.00	100%	457,414.00
Total (Rp/1000km)		2,666,531.53	Total (Rp/1000km)	4,146,183.50	Total (Rp/1000km)	4,146,183.50
Gradient	1%	26,665.32	6%	248,771.01	3%	124,385.50
Total (Rp/1000km)		2,693,196.84	Total (Rp/1000km)	4,394,954.51	Total (Rp/1000km)	4,270,569.00

Tabel E.22 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2040 *High Paved (good condition)*.....(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2040	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,693,196.84	10620	13.5	365	140,935,125,554,904.00
Bus	4,270,569.00	800	13.5	365	16,834,583,010,229.70
Truk dengan 2 (dua) gandar	4,394,954.51	3647	13.5	365	78,979,936,520,152.90
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,394,954.51	630	13.5	365	13,637,953,118,608.80
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,394,954.51	515	13.5	365	11,158,325,278,861.70
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,394,954.51	167	13.5	365	3,608,995,454,094.73
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,394,954.51	136	13.5	365	2,952,814,462,441.14
Truk dengan 5 (lima) gandar	4,394,954.51	180	13.5	365	3,898,104,900,912.40
Total (Rp/1000km)					272,005,838,300,206.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					54,401,167,660,041.20

Tabel E.23 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2041 *High Paved (good condition)*

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2041	Biaya Th. 2041	Biaya Th. 1975	IHK 2041	Biaya Th. 2041
Fuel	3944	93.01	366,832.99	5481	93.01	509,789.96
Oil	350	93.01	32,553.64	1080	93.01	100,451.22
Tyre	738	93.01	68,641.67	2193	93.01	203,971.79
Maint	3714	93.01	345,440.60	8331	93.01	774,869.58
Deprec.	4995	93.01	464,586.91	8324	93.01	774,218.50
Interest	3746	93.01	348,416.93	4371	93.01	406,548.42
Fixed Cost	9654	93.01	897,922.33	10542	93.01	980,515.55
Ops. Time	1411	93.01	131,237.66	5000	93.01	465,051.96
Total (Rp/1000km)			2,655,632.72	Total (Rp/1000km)		4,215,417.00
	PC		Truk		Truk	
		<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>
Fuel	90%	330,149.69	100%	509,789.96	100%	509,789.96
Oil	100%	32,553.64	100%	100,451.22	100%	100,451.22
Tyre	100%	68,641.67	100%	203,971.79	100%	203,971.79
Maint	100%	345,440.60	100%	774,869.58	100%	774,869.58
Deprec.	105%	487,816.25	100%	774,218.50	100%	774,218.50
Interest	105%	365,837.78	100%	406,548.42	100%	406,548.42
Fixed Cost	105%	942,818.44	100%	980,515.55	100%	980,515.55
Ops. Time	105%	137,799.55	100%	465,051.96	100%	465,051.96
Total (Rp/1000km)		2,711,057.61	Total (Rp/1000km)	4,215,417.00	Total (Rp/1000km)	4,215,417.00
Gradient	1%	27,110.58	6%	252,925.02	3%	126,462.51
Total (Rp/1000km)		2,738,168.19	Total (Rp/1000km)	4,468,342.02	Total (Rp/1000km)	4,341,879.51

Tabel E.23 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2041 *High Paved (good condition)*.....(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2041	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,738,168.19	10620	13.5	365	143,288,478,166,900.00
Bus	4,341,879.51	800	13.5	365	17,115,689,013,740.10
Truk dengan 2 (dua) gandar	4,468,342.02	3647	13.5	365	80,298,753,523,175.70
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,468,342.02	630	13.5	365	13,865,681,390,518.20
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,468,342.02	515	13.5	365	11,344,648,410,424.00
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,468,342.02	167	13.5	365	3,669,258,918,189.53
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,468,342.02	136	13.5	365	3,002,120,933,064.16
Truk dengan 5 (lima) gandar	4,468,342.02	180	13.5	365	3,963,195,951,239.82
Total (Rp/1000km)					276,547,826,307,251.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					55,309,565,261,450.30

Tabel E.24 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2042 *High Paved (good condition)*

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2042	Biaya Th. 2042	Biaya Th. 1975	IHK 2042	Biaya Th. 2042
Fuel	3944	94.54	372,857.81	5481	94.54	518,162.69
Oil	350	94.54	33,088.29	1080	94.54	102,101.02
Tyre	738	94.54	69,769.03	2193	94.54	207,321.80
Maint	3714	94.54	351,114.07	8331	94.54	787,595.94
Deprec.	4995	94.54	472,217.23	8324	94.54	786,934.18
Interest	3746	94.54	354,139.29	4371	94.54	413,225.53
Fixed Cost	9654	94.54	912,669.69	10542	94.54	996,619.42
Ops. Time	1411	94.54	133,393.09	5000	94.54	472,689.92
Total (Rp/1000km)			2,699,248.51	Total (Rp/1000km)		4,284,650.49
	PC		Truk		Bus	
	<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>	
Fuel	90%	335,572.03	100%	518,162.69	100%	518,162.69
Oil	100%	33,088.29	100%	102,101.02	100%	102,101.02
Tyre	100%	69,769.03	100%	207,321.80	100%	207,321.80
Maint	100%	351,114.07	100%	787,595.94	100%	787,595.94
Deprec.	105%	495,828.09	100%	786,934.18	100%	786,934.18
Interest	105%	371,846.25	100%	413,225.53	100%	413,225.53
Fixed Cost	105%	958,303.18	100%	996,619.42	100%	996,619.42
Ops. Time	105%	140,062.75	100%	472,689.92	100%	472,689.92
Total (Rp/1000km)		2,755,583.69	Total (Rp/1000km)	4,284,650.49	Total (Rp/1000km)	4,284,650.49
Gradient	1%	27,555.84	6%	257,079.03	3%	128,539.51
Total (Rp/1000km)		2,783,139.53	Total (Rp/1000km)	4,541,729.52	Total (Rp/1000km)	4,413,190.01

Tabel E.24 Perhitungan BOK Dasar Tahun 2042 *High Paved (good condition)*.....(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2042	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,783,139.53	10620	13.5	365	145,641,830,778,896.00
Bus	4,413,190.01	800	13.5	365	17,396,795,017,250.50
Truk dengan 2 (dua) gandar	4,541,729.52	3647	13.5	365	81,617,570,526,198.40
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,541,729.52	630	13.5	365	14,093,409,662,427.60
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,541,729.52	515	13.5	365	11,530,971,541,986.20
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,541,729.52	167	13.5	365	3,729,522,382,284.33
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,541,729.52	136	13.5	365	3,051,427,403,687.18
Truk dengan 5 (lima) gandar	4,541,729.52	180	13.5	365	4,028,287,001,567.24
Total (Rp/1000km)					281,089,814,314,297.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					56,217,962,862,859.40

Tabel E.25a Perhitungan BOK Dasar Tahun 2043 *High Paved (fair condition)* Perkerasan Lentur

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2043	Biaya Th. 2043	Biaya Th. 1975	IHK 2043	Biaya Th. 2043
Fuel	3944	96.07	378,882.63	5481	96.07	526,535.42
Oil	350	96.07	33,622.95	1080	96.07	103,750.82
Tyre	738	96.07	70,896.39	2193	96.07	210,671.81
Maint	3714	96.07	356,787.55	8331	96.07	800,322.31
Deprec.	4995	96.07	479,847.55	8324	96.07	799,649.85
Interest	3746	96.07	359,861.64	4371	96.07	419,902.63
Fixed Cost	9654	96.07	927,417.06	10542	96.07	1,012,723.29
Ops. Time	1411	96.07	135,548.53	5000	96.07	480,327.88
Total (Rp/1000km)			2,742,864.30	Total (Rp/1000km)		4,353,883.99
	PC		Truk		Bus	
	<i>Fair</i>		<i>Fair</i>		<i>Fair</i>	
Fuel	84%	318,261.41	94%	494,943.29	92%	484,412.58
Oil	100%	33,622.95	100%	103,750.82	100%	103,750.82
Tyre	300%	212,689.18	121%	254,912.89	121%	254,912.89
Maint	230%	820,611.36	156%	1,248,502.80	273%	2,184,879.89
Deprec.	110%	527,832.30	119%	951,583.32	119%	951,583.32
Interest	110%	395,847.81	119%	499,684.13	119%	499,684.13
Fixed Cost	110%	1,020,158.77	119%	1,205,140.72	119%	1,205,140.72
Ops. Time	110%	149,103.38	119%	571,590.17	119%	571,590.17
Total (Rp/1000km)		3,478,127.15	Total (Rp/1000km)	5,330,108.13	Total (Rp/1000km)	6,255,954.52
Gradient	1%	34,781.27	6%	319,806.49	3%	187,678.64
Total (Rp/1000km)		3,512,908.43	Total (Rp/1000km)	5,649,914.62	Total (Rp/1000km)	6,443,633.16

Tabel E.25a Perhitungan BOK Dasar Tahun 2043 *High Paved (fair condition)* Perkerasan Lentur..(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2043	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	3,512,908.43	10620	13.5	365	183,830,673,599,354.00
Bus	6,443,633.16	800	13.5	365	25,400,801,899,357.90
Truk dengan 2 (dua) gandar	5,649,914.62	3647	13.5	365	101,532,313,266,285.00
Truk dengan 3 (tiga) gandar	5,649,914.62	630	13.5	365	17,532,211,209,060.30
Truk dengan 3 (tiga) gandar	5,649,914.62	515	13.5	365	14,344,536,443,776.60
Truk dengan 4 (empat) gandar	5,649,914.62	167	13.5	365	4,639,528,381,087.57
Truk dengan 4 (empat) gandar	5,649,914.62	136	13.5	365	3,795,977,766,344.37
Truk dengan 5 (lima) gandar	5,649,914.62	180	13.5	365	5,011,191,770,751.65
Total (Rp/1000km)					356,087,234,336,017.00
Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%					71,217,446,867,203.30

Tabel E.25b Perhitungan BOK Dasar Tahun 2043 *High Paved (good condition)* Perkerasan Kaku

	PC			Truk dan Bus		
	Biaya Th. 1975	IHK 2043	Biaya Th. 2043	Biaya Th. 1975	IHK 2043	Biaya Th. 2043
Fuel	3944	96.07	378,882.63	5481	96.07	526,535.42
Oil	350	96.07	33,622.95	1080	96.07	103,750.82
Tyre	738	96.07	70,896.39	2193	96.07	210,671.81
Maint	3714	96.07	356,787.55	8331	96.07	800,322.31
Deprec.	4995	96.07	479,847.55	8324	96.07	799,649.85
Interest	3746	96.07	359,861.64	4371	96.07	419,902.63
Fixed Cost	9654	96.07	927,417.06	10542	96.07	1,012,723.29
Ops. Time	1411	96.07	135,548.53	5000	96.07	480,327.88
Total (Rp/1000km)			2,742,864.30	Total (Rp/1000km)		4,353,883.99
	PC		Truk		Bus	
	<i>Good</i>		<i>Good</i>		<i>Good</i>	
Fuel	90%	340,994.37	100%	526,535.42	100%	526,535.42
Oil	100%	33,622.95	100%	103,750.82	100%	103,750.82
Tyre	100%	70,896.39	100%	210,671.81	100%	210,671.81
Maint	100%	356,787.55	100%	800,322.31	100%	800,322.31
Deprec.	105%	503,839.92	100%	799,649.85	100%	799,649.85
Interest	105%	377,854.73	100%	419,902.63	100%	419,902.63
Fixed Cost	105%	973,787.91	100%	1,012,723.29	100%	1,012,723.29
Ops. Time	105%	142,325.95	100%	480,327.88	100%	480,327.88
Total (Rp/1000km)		2,800,109.78	Total (Rp/1000km)	4,353,883.99	Total (Rp/1000km)	4,353,883.99
Gradient	1%	28,001.10	6%	261,233.04	3%	130,616.52
Total (Rp/1000km)		2,828,110.87	Total (Rp/1000km)	4,615,117.03	Total (Rp/1000km)	4,484,500.51

Tabel E.25b Perhitungan BOK Dasar Tahun 2043 *High Paved (good condition)* Perkerasan Kaku..(Lanjutan)

Jenis Kendaraan	BOK th 2043	LHR (kend/hari)	Panjang Jalan (km)	Jumlah Hari Dalam 1 Thn.	User cost (Rp/km)
Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil	2,828,110.87	10620	13.5	365	147,995,183,390,891.00
Bus	4,484,500.51	800	13.5	365	17,677,901,020,761.00
Truk dengan 2 (dua) gandar	4,615,117.03	3647	13.5	365	82,936,387,529,221.10
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,615,117.03	630	13.5	365	14,321,137,934,337.00
Truk dengan 3 (tiga) gandar	4,615,117.03	515	13.5	365	11,717,294,673,548.40
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,615,117.03	167	13.5	365	3,789,785,846,379.13
Truk dengan 4 (empat) gandar	4,615,117.03	136	13.5	365	3,100,733,874,310.20
Truk dengan 5 (lima) gandar	4,615,117.03	180	13.5	365	4,093,378,051,894.65
Total (Rp/1000km)					285,631,802,321,343.00
<i>Dikarenakan hanya direncanakan 30% kendaraan yang memasuki jalan Tol maka = Total x 30%</i>					85,689,540,696,402.80



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Ir. Hera Widhuastuti, MT. PhD Catur Arif Prastyanto, ST. M. Eng
NAMA MAHASISWA	: ZILKI ARFANSYA FEBRAMA
NRP	: 3114100024
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN KONSTRUKSI PERKERASAN LENTUR & PERKERASAN KAKU JALAN TOL SEMARANG - BATANG DENGAN METODE AASHTO DITINJAU DARI SEGI EKONOMI
TANGGAL PROPOSAL	: 25 JANUARI 2018
NO. SP-MMTA	: 020539

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1)	2/4/2018	<ol style="list-style-type: none"> 1) Konfirmasi data kendaraan 2) Bandingkan ESAL AASHTO & Bina Marga (Desain Perkerasan 2005 & 2013) 3) Survey untuk 5 gandar di lapangan 4) Survey La-Lin detail ikut juml. kendaraan lapangan. 	<p>hitung hasil perhitungan EAL BM & AASHTO.</p>	A
2)	16/4/18	<ol style="list-style-type: none"> 1) Rumus AASHTO dilihat / digunakan yg terhadap ITP 2) ITP masing 2" beda tiap lapisan krn CBR berbeda 3) Untuk perhitungan tebal dibandingkan dgn grafik yg ada di peraturan 1993 	<p>hitung ulang tebal kag. rigid per.</p>	A
3)	19/4/18	<ol style="list-style-type: none"> 1) Penulangan tie bar dicek mau diletakkan dimana 2) Pake wiremesh 3) Tie bar jaraknya disamakan 	<p>hitung RAB</p>	A



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukotilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284

Form AK/TA-04

rev01



NAMA PEMBIMBING	: Ir. HERA WIDYASTUTI, MT. Ph.D CATUR ARIF PRASYANTO, ST. M. Eng.
NAMA MAHASISWA	: ZILKI ARFANSYA F.
NRP	: 03114100024
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN KONSTRUKSI PERKERASAN LENTUR & KAKU JALAN TOL SEMARANG - BATANG METODE AASHTO DITINJAU DARI SEGI EKONOMI
TANGGAL PROPOSAL	: 25 JANUARI 2018
NO. SP-MMTA	: 020530

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
4)	24/5/18	- RAB coba pake point ^m yg tdpt pd konstruksi HSPK jalan raya Surabaya ttp kaej & harga mengi-kutp Semarang	- Revisi RAB - Lanjutkan perhit. BOK	
5)	7/5/18	- untute perhitungan BOK n.d. Lea coba terlebih dulu pake IHK asli (tidak thdp tahun 1975)		
6)	28/5/18	- BOK dicari ^p tahun terbaik untuk masing ^m IHK - Dicari nilai IHK tahun terbaik dgn mengalikan nilai IHK pd tahun terbaik terhadap IHK yg berlaku skrg	- Lanjutkan membuat laporem TA.	
7)	29/5/18	- Hit. IHK thdp tahun 1975 - yang digunakan IHK yg berlaku tahun 1975	- lanjutkan BOK	
8)	30/5/18	- BOK dihitng s.d. umur rencana - gambarkan cashflow masing ^m user cost ul perkerasan lentur & kaku.	- Revisi laporan	

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
PROGRAM SARJANA (S1)
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK – ITS

BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
SEMINAR DAN LISAN
TUGAS AKHIR

Pada hari ini **Selasa** tanggal **17 Juli 2018** jam **09.00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

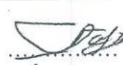

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
0311144000024	Zilki Arfansya Febrama	Perencanaan Konstruksi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku Jalan Tol Semarang-Batang dengan Metode AASHTO Ditinjau dari Segi Ekonomi

Dengan Hasil :

<input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

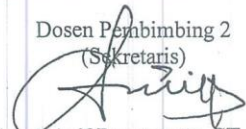
- cek tujuan, permasalahan & kembangkan
- Penulisan → cek ; penulisan abstrak & V.
- cek analisis asfho & kerebutan → kira > 1 ton.
- masalah awal → betul masalah keamban
- asumsi 66 → dijelaskan dahulu → 4 CBR.
- simulasi asumsi dijelaskan → tampilkan di Bab III
- BOK pakai apa? → asumsi di simpakan

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Ir. Wahyu Herijanto, MT	
Ir. Ervina Ahyudanari, ME, PhD	

Surabaya, 17 Juli 2018
 Dosen Pembimbing I
 (Ketua)


Ir. Hera Widvastuti, MT, PhD

Dosen Pembimbing 2
 (Sekretaris)


Dr. Catur Arif Prastyanto, ST, M.Eng

BIODATA PENULIS



Zilki Arfansya Febrama,
Penulis dilahirkan di Pekanbaru 02
Februari 1996, merupakan anak
ketiga dari 3 bersaudara. Penulis telah
menempuh pendidikan formal di TK
Pertiwi (Pekanbaru), SDN 001 Rintis
(Pekanbaru), SMP Negeri 4
(Pekanbaru), SMA Negeri 8
(Pekanbaru). Setelah lulus dari SMA
Negeri 8 Pekanbaru pada tahun 2014,
penulis melanjutkan pendidikan pada
program S1 Reguler Jurusan Teknik
Sipil, Fakultas Teknik Sipil,

Lingkungan dan Kebumihan (FTSLK) ITS di tahun 2014, terdaftar
dengan NRP 03111440000024. Pada Jurusan Teknik Sipil ITS,
penulis mengambil bidang studi Transportasi. Selama berkuliah,
penulis juga aktif dalam berbagai kepanitiaan acara, beberapa
yang pernah diikuti antara lain kepanitiaan Entrepreneur Day oleh
BEM FTSLK 2014-2015 dan Civil Expo 2017. Bagi penulis
merupakan suatu kebanggaan dapat menyelesaikan Pendidikan S1
Teknik Sipil di ITS. Untuk pembaca yang ingin berdiskusi,
memberikan saran atau masukan dapat berkorespondensi melalui
email *a.zilki@gmail.com*.