



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH BEBAN MUATAN ANGKUTAN KENDARAAN
BERLEBIH KENDARAAN TRUK TERHADAP PERKIRAAN
UMUR LAYAN PERKERASAN**

SKRIPSI

ZAENAL ARIFIN

0405010752

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JANUARI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH BEBAN MUATAN ANGKUTAN KENDARAAN
BERLEBIH KENDARAAN TRUK TERHADAP PERKIRAAN
UMUR LAYAN PERKERASAN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

ZAENAL ARIFIN

0405010752

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JANUARI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
Dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
Telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Zaenal Arifin

NPM : 0405010752

Tanda Tangan :

Tanggal :



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Zaenal Arifin
NPM : 0405010752
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Beban Muatan Angkutan Berlebih
Kendaraan Truk Terhadap Perkiraan Umur
Layan Perkerasan.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Sigit Pranowo Hadiwardoyo,DEA

Penguji : Dr. Jachrizal Sumabrata

Penguji : Ir. Alan Marino, M.Sc

Ditetapkan di :

Tanggal :

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zaenal Arifin
NPM : 0405010752
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PENGARUH BEBAN MUATAN ANGKUTAN KENDARAAN
BERLEBIH KENDARAAN TRUK TERHADAP PERKIRAAN
UMUR LAYANAN PERKERASAN**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal :

Yang menyatakan

(Zaenal Arifin)

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas segala nikmat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Sigit Pranowo Hadiwardoyo, DEA selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing penulisan seminar skripsi ini.
2. Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya yang tidak ternilai.
3. Kedua orang tua yang selalu menjadi inspirasi untuk menyelesaikan skripsi ini, serta kakak-kakak saya yang selalu memberi dukungan.
4. Teman-teman satu kost dan seperjuangan seperti Hastomi, Iqbal, Gustowo, , Teguh, Ramadona, Aji, Wastoni, Imam, Mehdi Terimakasih sudah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Pihak-pihak lain yang telah membantu dalam penyelesaian tulisan ini yang tidak dapat kami sebutkan.

Akhirnya, dengan selesainya penulisan skripsi ini, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya. Semoga Allah SWT memberikan kasih dan karuniaNya kepada kita semua. Amin.

Depok, Januari 2010

Penulis

ABSTRAK

Nama : Zaenal Arifin

Program Studi : Teknik Sipil

Judul : Pengaruh Beban Muatan Angkutan Kendaraan Berlebih Truk
Terhadap Perkiraan Umur Layanan Perkerasan

Skripsi ini membahas pengaruh beban muatan angkutan kendaraan berlebih truk terhadap perkiraan umur layanan perkerasan lentur. Kekuatan perkerasan jalan direncanakan berdasarkan beban rencana dan umur rencana, akan tetapi kenyataan dilapangan banyak terjadi pelanggaran muatan kendaraan truk berupa kelebihan muatan dari batas muatan maksimum yang di tetapkan. Muatan kendaran berlebih ini kemudian menyebabkan beban sumbu meningkat dari beban sumbu yang ditetapkan oleh peraturan. Peningkatan beban sumbu akibat peningkatan beban muatan ini akan berpengaruh terhadap perubahan umur layan jalan. Penelitian ini menggambarkan seberapa besar pengaruh peningkatan beban muatan berlebih kendaraan truk terhadap perubahan umur layanan perkerasan.

Kata kunci :

Kendaraan Berat, Muatan Berlebih , Konfigurasi Sumbu Kendaraan, Distribusi Beban Muatan, Muatan Sumbu, Umur Perkerasan

ABSTRACT

Name : Zaenal Arifin

Study Program: Civil Engineering

Title : Overloaded Truck Effect on the Predicted Service Life of Pavements

The Focus of this study is the effect of overloaded truck towards estimated service life of road pavement. The strength of road pavement is designed based on load design and life time design, but facts show that many trucks on the road are overloaded. These overload trucks are then causes axle load increases from axle load that appointed by regulation. This overload enhanced consequence service life to decrease. This study describe how overloaded truck effect changes the service life of road pavement.

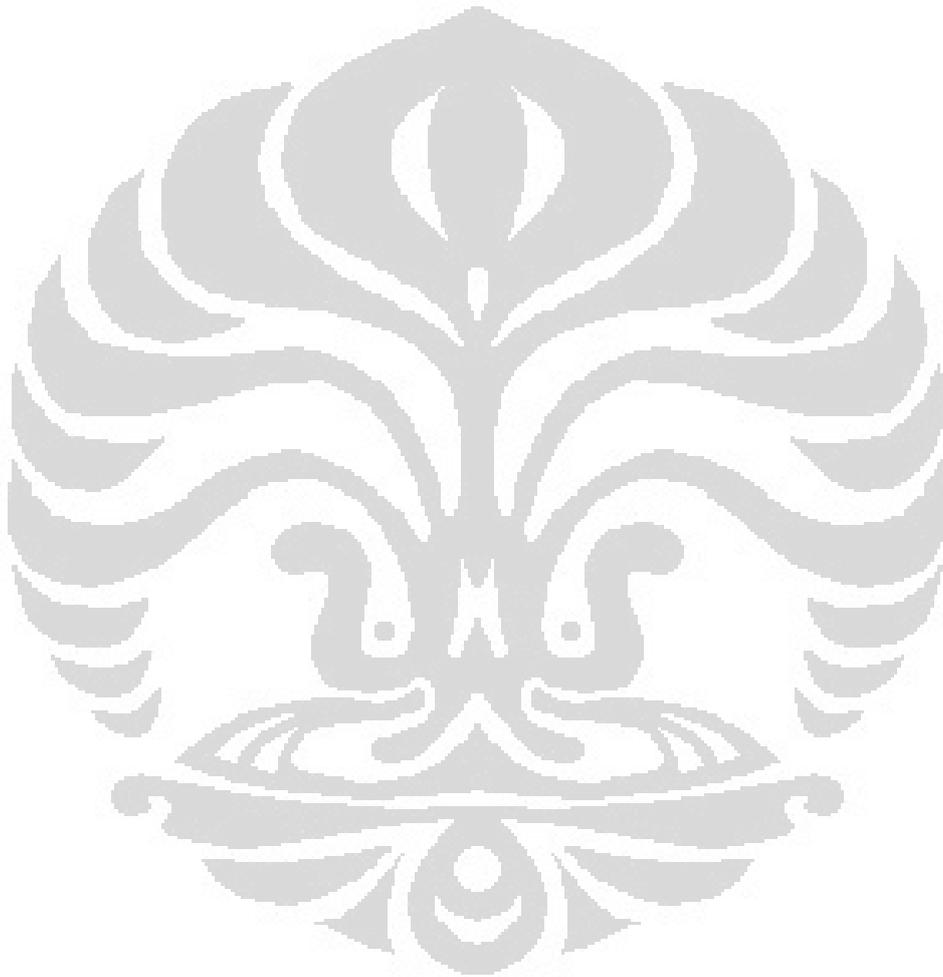
Key words:

Truck, Overloaded Truck, Axle Configuration, Distribution of Truck Load, Axle Load, Service life.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Pembatasan Masalah.....	2
1.5 Metodologi Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 STUDI PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Kualitas Pelayanan Jalan.....	5
2.3 Perkerasan Jalan	5
2.3.1. Perkerasan Jalan Lentur	7
2.3.2 Faktor-Faktor yang Menentukan Ketebalan Perkerasan Lentur	8
2.4 <i>Overloading</i>	17
2.4.1 Muatan Sumbu Terberat.....	17
2.5 Kerusakan Jalan	18
2.5.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kerusakan Jalan.....	18
2.5.1.1 Faktor Pengaruh Lalu Lintas (<i>Traffic</i>)	18
2.5.1.2. Pengaruh Kelelahan Material (<i>Fatigue Material</i>).....	18
2.5.2 Jenis-Jenis Kerusakan Jalan	19
2.5.2.1. Retak (<i>cracking</i>) dan penyebabnya.....	19
2.5.2.2 Distorsi (<i>Distortion</i>).....	20
2.5.2.3. Cacat permukaan (<i>disintegration</i>).....	20
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	22
3.1 Data	22
3.2 Konsep analisi	23
3.3 Prosedur Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur dengan Metode Analisa Komponen.....	23
BAB 4 HASIL SIMULASI PERHITUNGAN DAN ANALISIS.....	28
4.1 Pengaruh Distribusi Beban Pada Roda Kendaraan Terhadap Besaran Beban Sumbu	28
4.2 Pengaruh Peningkatan Muatan Berlebih Terhadap Total Ekvivalen Kendaraan berat.....	35
4.3 Analisis Total Ekvivalen Kendaraan berat pada perhitungan Struktur Perkerasan	37

4.3.1 Pengaruh Peningkatan Total Ekuivalen Akibat Beban Muatan Berlebih Terhadap Peningkatan Nilai ITP pada Perkerasan Lentur	37
4.3.2 Pengaruh Peningkatan Total Ekuivalen Terhadap Umur Perkerasan Lentur (ITP dibuat tetap sama).....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran.....	42
DAFTAR REFERENSI	49
LAMPIRAN.....	50



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Potongan melintang struktur jalan.....	6
Gambar 2.2 Subgrade pada galian	7
Gambar 2.3 Subgrade pada timbunan	7
Gambar 2.4 subgrade yang berkaitan dengan subbase.....	8
Gambar 2.5 Surface course	8
Gambar 2.6 contoh kasus kendaraan dengan muatan berlebih	16
Gambar 3.1 Bagan Alir Metode Penelitian	22
Gambar 3.2 Bagan alir perencanaan tebal perkerasan lentur metode analisa komponen,	23
Gambar 4.1 Distribusi Beban kendaraan, (b) Distribusi beban muatan kendaraantruk 2 as	29
Gambar 4.2 Distribusi Beban kendaraan, (b) Distribusi beban muatan Kendaraan truk 3 as	30
Gambar 4.3 Distribusi Beban kendaraan, (b) Distribusi beban muatan Kendaraan trailer 4 as	31
Gambar 4.4 Distribusi Beban kendaraan, (b) Distribusi beban muatan Kendaraan Trailer 5 as	33
Gambar 4.5 Distribusi Beban kendaraan, (b) Distribusi beban muatan Kendaraan Trailer 6 as	34
Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Peningkatan Muatan Berlebih Terhadap total ekivalen Kendaraan	36
Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Peningkatan Muatan Berlebih Terhadap Peningkatan ITP	38
Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Peningkatan Muatan Berlebih Terhadap Perkiraan Umur Perkerasan jalan	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sistem jaringan jalan dan parameter perencanaannya	10
Tabel 2.2 Tingkat fungsi pelayanan jalan	11
Tabel 2.3 Hubungan lebar perkerasan dengan jumlah lajur.....	14
Tabel 2.4 Koefisien distribusi kendaraan (C)	14
Tabel 3.1 Faktor Regional.....	24
Tabel 3.2 Indeks permukaan awal (IPo)	25
Tabel 3.3 Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IPt).....	26
Tabel 3.4 Batas-batas Minimum tebal Lapisan Permukaan.....	27
Tabel 3.5 Batas-batas Minimum tebal Lapis Pondasi.....	27
Tabel 4.1 Distribusi Beban Total Kendaraan Truk 2 As ke Beban Sumbu	29
Tabel 4.2 Distribusi Beban Total Kendaraan Truk 3 As ke Beban Sumbu	30
Tabel 4.3 Distribusi Beban Total Kendaraan Trailer 4 As ke Beban Sumbu	32
Tabel 4.4 Distribusi Beban Total Kendaraan Trailer 5 As ke Beban Sumbu	33
Tabel 4.5 Distribusi Beban Total Kendaraan Trailer 6 As ke Beban Sumbu	35
Tabel 4.6 Kenaikan Total Ekuivalen Kendaraan Akibat Peningkatan Muatan berlebih	36
Tabel 4.7 Tabulasi Perhitungan Pengaruh Peningkatan Muatan Berlebih Terhadap Peningkatan Nilai ITP	37
Tabel 4.8 Tabulasi Perhitungan Pengaruh Peningkatan Muatan Berlebih Terhadap Perkiraan Umur Perkerasan jalan	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pertumbuhan ekonomi pada suatu wilayah telah memicu pertumbuhan kawasan industri diberbagai wilayah di pulau jawa. Salah satu dampak dari pertumbuhan industri tersebut adalah meningkatnya kasus pelanggaran beban berlebih pada kendaraan khususnya truk 2 as da truk 3 as.

Kelebihan beban (*overloading*) dilakukan karena perilaku ini bisa memberikan keuntungan seperti mengurangi biaya transportasi, penghematan waktu perjalanan, memotong biaya beban, menghemat biaya operasional kendaraan, dan mengurangi biaya *overhead* seperti biaya administrasi, biaya izin, dan biaya retribusi, padahal di balik semua itu pelanggaran beban berlebih ini memberi dampak negatif terhadap jalan raya yaitu berkurangnya umur perkerasan jalan.

Suatu konstruksi jalan didesain untuk bisa memberikan pelayanan sesuai dengan umur yang telah direncanakan, akan tetapi pada kenyataanya banyak ruas yang mengalami pengurangan umur layannya karena terjadi kerusakan pada perkerasaanya. Faktor paling dominan yang menyebabkan cepatnya kerusakan jalan adalah karena beban yang diterima oleh suatu konstruksi jalan melebihi dari beban rencana sehingga mempercepat proses kerusakan konstruksi tersebut. Secara mekanika *overloading* akan menyebabkan tegangan yang dialami suatu konstruksi itu melebihi tegangan (*over stress*) yang direncanakan terhadap suatu konstruksi, tegangan berlebih ini kemudian akan memberikan deformasi permanen terhadap konstruksi perkerasan jalan, sehingga material tersebut akan mengalami *crack* lebih cepat dari semestinya.

Pada penelitian ini akan dikaji bagaimana dampak kelebihan beban (*overloading*) terhadap struktur perkerasan lentur secara lebih detail sehingga bisa diketahui berapa besar pengaruhnya terhadap umur layan jalan akibat beban berlebih pada kendaraan.

1.2. Perumusan masalah

Semakin meningkatnya pertumbuhan pergerakan angkutan barang serta lemahnya penerapan aturan batas penetapan beban menyebabkan kecenderungan masyarakat melakukan pelanggaran atas muatan kendaraan angkutan barang. Beban berlebih muatan (*overloading*) kendaraan akan berbahaya terhadap struktur perkerasan bilamana beban yang bertumpu as roda kendaraan melebihi batas ketentuan Muatan Sumbu Terberat (MST) yang ditetapkan untuk suatu klas jalan.

Kondisi seperti ini akan memberikan tegangan berlebih (*over stress*) pada struktur perkerasan jalan, baik perkerasan lentur maupun perkerasan kaku, sehingga dapat mempercepat keruntuhan struktur tersebut.

Keruntuhan struktur yang lebih cepat dari semestinya ini yang menyebabkan berkurangnya umur perkerasan jalan baik perkerasan lentur tidak hanya terjadi akibat dari muatan berlebih saja tetapi juga disebabkan oleh pertumbuhan lalu lintas yang lebih cepat dari yang direncanakan.

Permasalahan utama yang akan dikaji dalam studi ini adalah bagaimana dampak dari beban berlebih terhadap umur perkerasan pada struktur perkerasan lentur.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui besarnya pengaruh beban muatan kendaraan berlebih terhadap perubahan umur perkerasan lentur dengan melakukan simulasi pada suatu ruas jalan. Kondisi lalu lintas yang disimulasikan diharapkan dapat memberikan gambaran kondisi jalan akibat beban lalu lintas dengan prosentase muatan berlebih yang disimulasikan dan dapat diketahui dampaknya terhadap struktur perkerasannya.

1.4. Pembatasan masalah

Pada penelitian ini dibatasi pada beberapa permasalahan, dikarenakan keterbatasan waktu agar terarah pada tujuan penelitian ini. Pembatasan masalah tersebut antara lain sebagai berikut :

1. Kerusakan jalan pada perkerasan lentur jalan yang dikaji hanya diakibatkan oleh muatan berlebih (*overloading*),
2. Kendaraan yang ditinjau adalah kendaraan jenis truk dengan muatan berlebih

1.5. Metodologi Penelitian

Beberapa langkah yang dilakukan dalam pemecahan masalah ini yaitu dengan melakukan tahapan sebagai berikut:

1. Studi literatur

Suatu kegiatan pengumpulan data-data berdasarkan referensi yang dapat berupa buku, jurnal, skripsi serta tesis yang terkait dengan perencanaan konstruksi jalan khususnya perkerasan lentur.

2. Penentuan asumsi kondisi lalu lintas pada suatu ruas jalan untuk memperkirakan permasalahan yang terjadi pada perencanaan jalan dengan melakukan survey lalu lintas sederhana pada suatu ruas jalan.

Data-data tersebut digunakan dalam simulasi ini dengan berbagai scenario untuk memberikan gambaran permasalahan yang akan mungkin terjadi.

3. Membuat perhitungan pengaruh beban berlebih terhadap kerusakan konstruksi jalan dengan perkerasan lentur

4. Membuat analisa dan pembahasan.

1.6. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Berisi penjelasan mengenai Latar Belakang Masalah, Pokok Permasalahan, Rumusan Masalah, Tujuan Penulisan, Ruang Lingkup Masalah, Manfaat Penelitian, Metode Pemecahan Masalah dan Sistematika Penulisan.

BAB II STUDI PUSTAKA

Berisi landasan teori yang digunakan untuk dasar teori merumuskan perhitungan kerusakan perkerasan jalan akibat beban

berlebih , penjelasan berbagai definisi yang berkaitan dengan struktur jalan.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisi penjelasan umum mengenai kerangka berpikir, perumusan perhitungan kerusakan jalan karena beban berlebih pada ,

BAB IV PENELITIAN

Berisi tentang pembuatan model empiris untuk menentukan tingkat kerusakan jalan akibat overloading pada perkerasan lentur

BAB V HASIL PENELITIAN

Berisi tentang analisa data berdasarkan hasil perhitungan dari pemodelan yang dibuat serta pembahasannya berdasar teori yang ada.

BAB VI KESIMPULAN

Berisi kesimpulan yang dapat diambil dari skripsi ini dan saran mengenai topik skripsi ini.

Juga dilampirkan Daftar Pustaka yang digunakan sebagai bahan referensi dan kajian untuk mendukung penulisan skripsi ini.

BAB 2

STUDI PUSTAKA

2.1. Jalan

Yang dimaksud dengan Jalan adalah : "Sebidang tanah, yang diratakan dengan kelandaian tertentu, kemiringan tertentu dan diperkeras permukaannya, untuk dapat melayani kendaraan yang lewat di atasnya dengan aman" (Asiyanto, 1999). Kualitas pelayanan jalan diukur dari kemampuan jalan dalam memberikan pelayanan bagi pemakai jalan raya dengan tetap mengantisipasi kecepatan kendaraan yang tinggi, beragam jenis kendaraan yang menimbulkan peningkatan beban berulang pada kondisi yang ada sesuai dengan umur rencananya.

2.2. Kualitas Pelayanan Jalan

Pelayanan jalan merupakan kemampuan dan suatu segmen jalan untuk tetap memberikan pelayanan bagi pemakai jalan dengan mengantisipasi kecepatan kendaraan yang tinggi, beragam jenis kendaraan yang menimbulkan peningkatan beban berulang pada kondisi yang ada sesuai dengan umur rencana dari konstruksi jalan tersebut. Kinerja atau performance dan perkerasan jalan meliputi tiga hal yaitu :

1. Keamanan(*safety*) yang dipengaruhi oleh besarnya gesekan akibat kontak ban rods kendaraan dan permukaan jalan. Besarnya gasy gesek dipengaruhi oleh bentuk ban, tekstur permukaan jalan, cuaca dan sebagainya
2. Struktur perkerasan yang berhubungan dengan kondisi fisik dari jalan tersebut seperti adanya retak, alur, gelombang dan sebagainya
3. Fungsi pelayanan, sehubungan dengan bagaimana perkerasan itu memberikan kenyamanan mengemudi.

2.3. Perkerasan Jalan

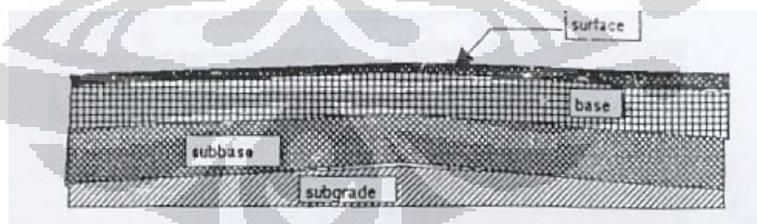
Pada saat tanah dibebani, beban akan menyebar ke dalam tanah dalam bentuk gaya-gaya. Gaya ini menyebar sedemikian rupa sehingga dapat menyebabkan lendutan dan akhirnya keruntuhan. Maka diperlukan suatu lapisan tambahan di atas tanah dasar untuk menahan gaya tersebut (Untung, S 1993)

Salah satu kegunaan perkerasan jalan adalah untuk memikul beban lalu lintas pada lapisan permukaan dan menyebarkan ke lapisan tanah dasar, tanpa menimbulkan perbedaan penurunan yang dapat merusak struktur tanah dasar. Menurut Sukirman, (1992) perkerasan jalan berdasarkan material bahan pengikat dan pendistribusiannya dapat dibagi menjadi 3 jenis yaitu:

- a) Perkerasan Lentur (*Flexible Pavenment*), yaitu suatu jenis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan mempunyai sifat lentur dimana setelah pembebanan berlangsung perkerasan akan seperti semula. Pada struktur perkerasan lentur, beban lalu lintas didistribusikan ke tanah dasar secara berjenjang dan berlapis (*Layer System*). Dengan sistem ini beban lalu lintas didistribusikan dari lapisan atas ke lapisan bawahnya.
- b) Perkerasan Kaku (*Rigid Pavenment*), yaitu suatu jenis perkerasan jalan menggunakan portland cement sebagai bahan pengikat dan mempunyai sifat kaku dimana setelah pembebanan berlangsung perkerasan tidak mengalami perubahan bentuk sehingga tegangan yang terjadi pada dasar perkerasan sudah kecil sekali.
- c) Perkerasan komposit (*Composite Pavenment*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur.

2.3.1. Perkerasan Lentur

Struktur jalan untuk jenis flexible pavement dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1 Potongan Melintang Struktur Jalan

Sumber : Metode Pelaksanaan Pekerjaan Jalan Aspal (*flexible pavement*) Asiyanto, 1999

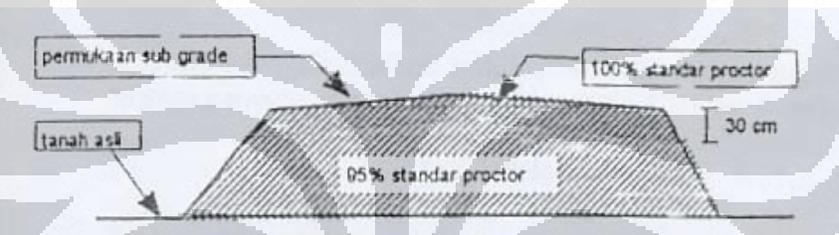
❖ Subgrade

Subgrade adalah tanah asli. Untuk badan jalan yang terletak pada daerah galian, maka subgradenya adalah dasar galian tersebut. Sedangkan badan jalan yang terletak pada daerah timbunan, maka permukaan timbunan tersebut

berfungsi sebagai subgrade. Subgrade, disyaratkan mempunyai CBR > 5 %, dan bila, CBR subgrade yang ada (> 30 %, maka subgrade mampu berfungsi sebagai subbase. Untuk badan jalan, yang terletak pada daerah timbunan, memiliki dipersyaratkan standar proctor sebesar 95 % dan pada permukaan setebal 30 cm dipersyaratkan kepadatan 100 % standar proctor. (lihat gambar dibawah ini).



Gambar 2.2 Subgrade pada Galian



Gambar 2.3 Subgrade pada Timbunan

Sumber :Metode Pelaksanaan Pekerjaan Jalan Aspal (flexible pavement) Asiyanto, 1999

❖ Base course

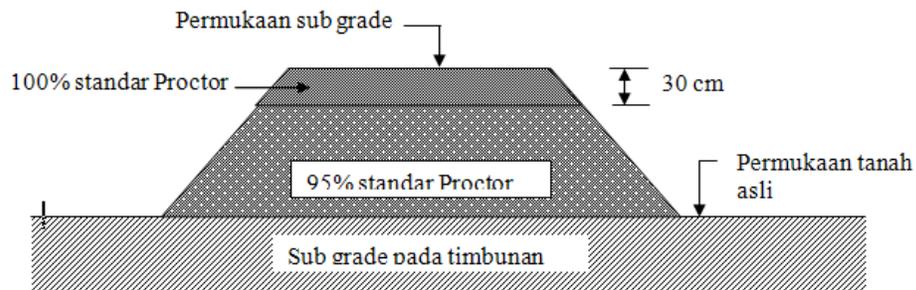
Base course adalah fondasi jalan. Adakalanya base course dibagi menjadi 2 (dua) lapis, yaitu

- Subbase (fondasi bawah), biasanya material granular
- Base (fondasi atas) biasanya beton atau aspal beton

Material untuk base, ada beberapa macam, yaitu

- Korral alam/sirtu yang stabil (mengandung butir halus yang cukup)
- Batu pecah, hasil crushing plant
- Stabilisasi tanah dengan semen/kapur.
- Cement treated base (CTB)
- Aspal beton (asphalt treated base)

Dua kondisi subgrade yang berkaitan dengan subbase dapat ditunjukkan dengan gambar dibawah ini.



Gambar 2.4 Subgrade yang Berkaitan dengan Subbase

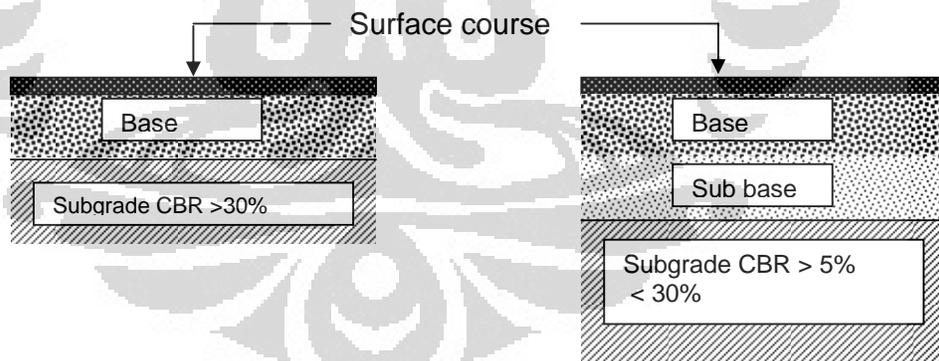
Sumber : Metode Pelaksanaan Pekerjaan Jalan Aspal (*flexible pavement*) Asiyanto, 1999

❖ Surface course

Surface course adalah lapisan permukaan jalan yang langsung menerima beban kendaraan. Disamping itu juga memiliki fungsi sebagai lapisan lapisan bawahnya terhadap air hujan. Material untuk surface course, ada beberapa macam, yaitu :

- Aspal macadam (aspal penetrasi)
- Aspal emulsi (aspal cold mix)
- Aspal beton (aspal hotmix)

Kedua jenis yang terakhir dapat mempunyai kekuatan struktur.



Gambar 2.5 Surface Course

Sumber : Metode Pelaksanaan Pekerjaan Jalan Aspal (*flexible pavement*) Asiyanto, 1999.

2.3.2 Faktor-Faktor yang menentukan tebal perkerasa lentur

1. Kekuatan relative material

Ketebalan tiap lapisan perkerasan sangat ditentukan oleh material perkerasan yang dipilih. Setiap material memiliki Koefisien Kekuatan Relatif. Koefisien kekuatan relatif (a) masing masing bahan dan

kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, dan pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai nilai Marshall Test (untuk bahan dengan aspal), Kuat Tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur), atau CBR (untuk bahan lapis pondasi atau pondasi bawah). Nilai kekuatan relatif untuk beberapa jenis bahan dapat dilihat tabel koefisien kekuatan relatif bahan (terlampir)

2. Fungsi dan tingkat pelayanan jalan

Dalam desain perkerasan lentur diperlukan beberapa parameter yang berhubungan dengan fungsi dan tingkat pelayanan jalan, beberapa hal tersebut diantaranya :

- a) Fungsi jalan
- b) Kinerja perkerasan
- c) Umur rencana
- d) Lalu lintas yang merupakan beban dari perkerasan jalan
- e) Sifat dasar tanah
- f) Kondisi lingkungan

a) Fungsi jalan

Fungsi jalan dalam proses penentuan tebal perkerasan digunakan untuk menentukan nilai indeks permukaan jalan untuk setiap fungsi jalan.

Berdasarkan fungsinya jalan terbagi atas :

- Jalan arteri
adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- Jalan kolektor,
adalah jalan yang melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- Jalan lokal,
adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan

masuk tidak dibatasi.

Sedangkan berdasarkan sistem jaringan jalan, jalan terdiri atas:

- jaringan jalan primer
- jaringan jalan sekunder.

Tabel berikut menjelaskan hubungan jaringan jalan dan fungsi jalan serta beberapa parameternya.

Tabel 2.1 Sistem Jaringan Jalan dan Parameter Perencanaannya

	Jaringan Jalan					
	Primer			Sekunder		
	arteri	kolektor	Lokal	arteri	kolektor	Lokal
lebar jalan	> 8 m	> 7 m	> 6 m	> 8 m	> 7 m	> 5 m
Indeks Permukaan (Ip)	≥ 2	≥ 2	≥ 1.5	≥ 1.5	≥ 1.5	≥ 1

Sumber: Perkerasan lentur Jalan Raya, Sukirman, 1999

b). Kinerja Perkerasan

Kinerja perkerasan meliputi 3 hal yaitu :

- keamanan yang ditentukan oleh besarnya gesekan akibat kontak antara ban dan permukaan jalan. Besarnya sek yang terjadi dipengaruhi oleh bentuk dan an, tekstur permukaan jalan, kondisi cuaca dll.
- Wujud perkerasan (structural perkerasan), sehubungan dengan kondisi fisik dari jalan tersebut seperti adanya retak-retak , amblas, alur, gelombang dan lain sebagainya.
- Fungsi pelayanan (functional performance), sehubungan bagaimana perkerasan tersebut memberikan pela kepada pemakai jalan. Wujud perkerasan dan fungsi umumnya merupakan satu kesatuan yang dapat kan dengan "kenyamanan mengemudi (*riding quality*)"

Kinerja perkerasan lentur dapat dapat dinyatakan dalam

- a) Indeks Permukaan / Serviceability Index
- b) Indeks kondisi jalan / Road Condition Index

Dalam penelitian ini parameter yang digunakan hanya indeks permukaan.

Indeks Permukaan (*Serviceability index*) diperkenalkan oleh AASHTO yang diperoleh dari pengamatan kondisi jalan, meliputi kerusakan-kerusakan seperti retak retak, alur-alur, lubang-lubang, lendutan pada lajur roda, kekasaran permukaan dan lain sebagainya yang terjadi selama umur jalan tersebut. Indeks Permukaan bervariasi dari angka 0-5, masing-masing angka menunjukkan fungsi pelayanan sebagai berikut :

Tabel.2.2 Tingkat Fungsi Pelayanan Jalan

Indeks Permukaan(IP)	Fungsi pelayanan
4-5	sangat baik
3-4	baik
2 - 1	cukup
1 - 0	kurang
0 - 1	sangat kurang

Sumber : perkerasan lentur jalan raya : Sukirman 1992

c) Umur Rencana

Artinya adalah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk melayani lalu lintas kendaraan (akhir pelaksanaan) sampai diperlukan suatu perbaikan atau peningkatan yang bersifat struktural. Selama umur rencana tersebut pemeliharaan perkerasan jalan tetap harus dilakukan.

Umur Rencana juga bisa diartikan sebagai jumlah repetisi beban lalu lintas (dalam satuan Equivalent Standard Load, ESAL) yang diperkirakan akan melintas dalam kurun waktu tertentu.

d) Lalu lintas yang merupakan beban dari perkerasan jalan

Tebal lapisan perkerasan jalan ditentukan dari beban yang akan dipikul, berarti dari arus lalu lintas yang hendak memakai jalan tersebut. Besarnya arus lalu lintas dapat diperoleh dari :

- Analisa lalu-lintas saat ini , sehingga diperoleh data mengenai :
 - jumlah kendaraan yang hendak memakai jalan
 - jenis kendaraan beserta jumlah tiap jenisnya
 - konfigurasi sumbu dari setiap jenis kendaraan
 - beban masing-masing sumbu kendaraan

Pada perencanaan jalan baru perkiraan volume lalu lintas ditentukan dengan menggunakan hasil survey volume lalu lintas di dekat jalan tersebut dan analisa lalu lintas di sekitar lokasi jalan.

- Perkiraan
 an faktor pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana, antara lain berdasarkan atas analisa ekonomi dan sosial daerah tersebut.

Untuk dapat menghitung beban yang akan diterima dari perkerasan beberapa hal yang berkaitan dengan lalu lintas yang harus di cari adalah:

❖ Volume lalu lintas

Jumlah kendaraan yang hendak memakai jalan dinyatakan dalam volume lalu lintas. Volume lalu lintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan selama satu Bahian waktu. Untuk perencanaan tebal lapisan perkerasan, volume lalu lintas dinyatakan dalam kendaraan/hari/2 arah untuk jalan. Untuk kebutuhan perencanaan tebal lapisan perkerasan dibutuhkan data-data sebagai berikut :

- LHR rata-rata
- Komposisi arus lalu lintas terhadap berbagai kelompok jenis kendaraan

❖ Angka Ekuivalen Beban Sumbu

adalah angka yang menunjukkan jumlah lintasan beban sumbu standar yang akan menyebabkan kerusakan pada lapisan perkerasan apabila kendaraan itu lewat satu kali. Angka ekuivalen kendaraan tergantung pada ekuivalen sumbu depan ditambah ekuivalen sumbu belakang sehingga makin berat suatu kendaraan yang lewat semakin berat pula kerusakan yang diakibatkannya terhadap konstruksi jalan. Menurut Petunjuk PerencanaanTebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen Bina Marga pada buku Angka ekuivalen kendaraan dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

Angaka Ekvivalen untuk sumbu tunggal

$$= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam ton}}{8,16} \right)^4 \dots\dots\dots (2.1)$$

Angaka Ekvivalen untuk sumbu ganda

$$= 0,086 \cdot \left(\frac{\text{Beban satu sumbu ganda dalam ton}}{8,16} \right)^4 \dots\dots\dots (2.2)$$

Sedangkan untuk kendaraan yang memiliki konfigurasi sumbu triple rumus untuk menentukan Angaka Ekvivalen untuk sumbu triple menurut Bina Marga adalah :

$$= 0,053 \cdot \left(\frac{\text{Beban satu sumbu triple dalam ton}}{8,16} \right)^4 \dots\dots\dots (2.3)$$

❖ Faktor pertumbuhan lalu lintas

Jumlah kendaraan yang memakai jalan bertambah dari tahun ke tahun. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan lalu lintas adalah perkembangan daerah, bertambahnya kesejahteraan masyarakat, naiknya kemampuan membeli kendaraan. Faktor pertumbuhan dinyatakan dalam persen.

❖ Lintas Ekvivalen

Kerusakan perkerasan jalan raya pada umumnya disebabkan oleh terkumpulnya air dibagian perkerasan jalan, dan karena repetisi dari lintasan kendaraan. Oleh karena itu perlulah ditentukan berapa jumlah repetisi beban yang akan memakai jalan tersebut. Repetisi beban dinyatakan dalam lintasan sumbu standard, dikenal dengan name lintas ekivalen.

Lintas Ekvivalen dapat dibedakan atas :

- a) Lintas ekivalen pada saat jalan tersebut dibuka (Lintas ekivalen awal umur rencana = LEP
- b) Lintas ekivalen pada akhir umur rencana adalah besarnya lintas ekivalen pada saat jalan tersebut membutuhkan perbaikan secara struktural (Lintas Ekvivalen akhir umur rencana = LEA).

Universitas Indonesia

- c) Lintas ekuivalen selama umur rencana (AE18KSAL), jumlah lintas ekuivalen yang akan melintasi jalan tersebut selama masa pelayanan, dari saat dibuka sampai akhir umur rencana.

Tabel 2.3 Hubungan Lebar Perkerasan dengan Jumlah Lajur

Lebar Perkerasan	Jumlah Lajur
$L > 5,5 \text{ m}$	1
$5,5 \text{ m} \leq L < 8,25 \text{ m}$	2
$8,25 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	3
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,00 \text{ m}$	6

Sumber: Petunjuk Perkerasan Lentur jalan raya metode analisa komponen, Departemen pekerjaan umum 1987

Persentase kendaraan pada lajur rencana dapat ditentukan dengan menggunakan koefisien distribusi kendaraan (C) yang diberikan oleh Bina Marga seperti terlihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.4 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah jalur	Kendaraan Ringan*		Kendaraan berat**	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 Jalur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 Jalur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 Jalur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 Jalur		0,30		0,45
5 Jalur		0,25		0,425
6 Jalur		0,20		0,40

Sumber: Petunjuk Perkerasan Lentur jalan raya metode analisa komponen, Departemen pekerjaan umum 1987

* berat total < 5 ton, misalnya, sedan dan pick up

** berat total > 5 ton misalnya bus, truk,

- a) Faktor pertumbuhan lalu lintas yang diperoleh dari hasil analisa data lalu lintas perkembangan penduduk, pendapatan perkapita, rancangan induk daerah dan lain-lain.

b) Lintas Ekivalen Permulaan diperoleh dari rumus :

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times Q_j \times E_j \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Catatan j= jenis kendaraan

g) Ekivalen Akhir (LEA) dengan rumus sebagai berikut

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1+i)^{iR} \times Q_j \times E_j \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

Catatan i = perkembangan lalu lintas

j = jenis kendaraan

h) Lintas Ekivalen Tengah (LET) dengan rumus sebagai berikut

$$LET = \frac{LEP+LEA}{2} \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

i) Lintas Ekivalen Rencana (LER) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$LER = LET \times FP \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

j) Faktor penyesuaian (FP) tersebut diatas ditentukan dengan rumus:

$$FP = UR/10 \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

e) Sifat dasar tanah

Subgrade atau lapisan tanah dasar merupakan lapisan tanah yang paling atas, diatas dimana diletakan lapisan dengan material yang lebih baik . sifat tanah dasar mempengaruhi ketahanan lapisan diatasnya dan mutu jalan secara keseluruhan. Dalam penelitian ini Daya Dukung Tanah (DDT) ditentukan dengan mempergunakan nilai CBR yang telah diketahui atau telah ditentukan. Nilai DDT didapat dari Grafik korelasi DDT dan CBR (grafik terlampir) Bina Marga menganjurkan untuk mendasarkan DDT pengukuran nilai CBR. Bila diketahui sejumlah nilai CBR, maka digunakan nilai rata-rata CBR yang didapat dengan cara:

1. Tentukan nilai CBR terendah;
2. Tentukan berapa banyak harga CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR;
3. Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100%. Jumlah lainnya merupakan persentase dari 100%;

4. Dibuat grafik hubungan antara nilai CBR dengan persentase jumlah tali;
5. Nilai CBR rata-rata adalah yang didapat dari angka persentase 90%.

2.4. *Overloading*

Ada beberapa definisi mengenai *overloading* yaitu:

1. Berat as kendaraan yang melampaui batas maksimum yang diizinkan (MST = muatan sumbu terberat) yang dalam hal ini, MST ditetapkan berdasarkan Peraturan Pemerintah yang berlaku:

Kolokium Puslitbang Jalan dan Jembatan TA. 2008

- a. Pasal 11 PP No.43/1993: MST berdasarkan berat As Kendaraan:

- Jalan kelas I: $MST > 10$ (kecuali diatur lebih lanjut), berarti tidak ada pembatasan beban as kendaraan, kecuali untuk angkutan peti kemas yang diatur lebih lanjut oleh PP No.74-1990, pasal 9.yaitu :

no	Konfigurasi As dan roda Truk	MST (ton)	
1	Sumbu Tunggal	Roda tunggal	6,0
		Roda ganda	10,0
2	Sumbu ganda (tandem)	Roda ganda	18,0
3	Sumbu tiga (tripel)	Roda ganda	20,0

- Jalan Kelas II: $MST \leq 10\text{ton}$
- Jalan Kelas III (A, B, C): $MST \leq 8\text{ton}$



Gambar 2.8 Contoh Kasus Kendaraan dengan Muatan Berlebih

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum

2.4.1. Muatan Sumbu Terberat (MST)

Muatan sumbu terberat adalah jumlah tekanan maksimum roda terhadap jalan, penetapan muatan sumbu terberat ditujukan untuk mengoptimalkan antara biaya konstruksi dengan efisiensi angkutan. Muatan sumbu terberat untuk masing-masing kelas jalan ditunjukkan dalam daftar berikut

2.5. Kerusakan Perkerasan Lentur

2.5.1. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kerusakan Jalan

Banyak faktor yang mempengaruhi kerusakan perkerasan jalan akan tetapi faktor-faktor yang paling dominan yang berpengaruh, yaitu :

1. Lalu Lintas (*Traffic*)

Lalu lintas merupakan faktor terpenting dalam perencanaan perkerasan jalan yang memberikan pertumbuhan beban dan beban berulang (*repetitive load*).

2. Kelelahan material (*Fatigue material*)

Kelelahan material dapat terjadi akibat beban berulang, kondisi lingkungan dan perubahan temperatur, serta faktor material konstruksi jalan itu sendiri,

2.5.1.1 Faktor Pengaruh Lalu Lintas (*Traffic*)

Lalu lintas (*traffic*) merupakan faktor yang terpenting dalam perencanaan dan pengevaluasian suatu perkerasan jalan. Lalu lintas akan memberikan kontak dan pengulangan beban (*repetitive load*) terhadap perkerasan. Dalam perencanaan lalu lintas, terdapat berbagai jenis kendaraan, yang berbeda dari segi dimensi, berat, konfigurasi sumbu dan sebagainya. Oleh karena itu dalam menghitung volume lalu lintas umumnya dikelompokkan atas beberapa kelompok yang masing-masing mewakili satu jenis kendaraan, misalnya; kelompok mobil penumpang (dengan berat total < 2 ton), Bus, truk 2 as, truk 3 as, truk 5 as, trailer dan sebagainya.

2.5.1.2. Pengaruh Kelelahan Material (*Fatigue Material*)

Dalam memperkirakan kerusakan jalan, faktor dominan yang harus diperhitungkan adalah lalu lintas (*traffic*) sebagai beban utama yang menyebabkan fatigue atau kelelahan material yang secara integrasi juga akan menyebabkan meningkatnya kerusakan (pada perkerasan). Beban berulang akan

menyebabkan terjadinya fatigue pada material perkerasan disamping faktor – faktor pengaruh lain (suhu, lingkungan, iklim). Repetisi beban ini dapat dikatakan sebagai faktor dominan yang memacu fatigue.

2.5.2. Jenis-Jenis Kerusakan Jalan Lentur

Kerusakan jalan jika dilihat dari bentuk kerusakannya dibedakan menjadi :

1. Retak (*cracking*)
2. Distorsi (*distortion*)
3. Cacat permukaan (*disintegration*)
4. Pengausan (*polished aggregate*)
5. Kegemukan (*bleeding or flushing*)
6. Penurunan pada bekas penanaman utilitas (*utility cut depression*)

Sumber : Manual Pemeliharaan Jalan No : 03/MN/B/1983 yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga,

Dari beberapa jenis kerusakan jalan tersebut yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah kerusakan yang lebih disebabkan oleh kendaraan dengan muatan berlebih (*overloading*) yang menyebabkan berkurangnya umur layan perkerasan jalan, diantara kerusakan tersebut diantaranya adalah

2.5.2.1. Retak (*cracking*) dan penyebabnya

Retak yang terjadi pada lapisan permukaan jalan dapat dibedakan atas

1. Retak halus (*hair cracking*), lebar celah lebih kecil atau sama dengan 3 mm, penyebab adalah bahan perkerasan yang kurang baik, tanah dasar atau bagian perkerasan di bawah lapis permukaan kurang stabil. Retak halus ini dapat meresapkan air ke dalam lapis permukaan. Retak rambut dapat berkembang menjadi retak kulit buaya
2. Retak kulit buaya (*alligator cracks*), lebar celah lebih besar atau sama dengan 3 mm. Saling merangkai membentuk serangkaian kotak-kotak kecil yang menyerupai kulit buaya. Retak ini disebabkan oleh bahan perkerasan yang kurang baik, pelapukan permukaan, tanah dasar atau bagian perkerasan bawah lapis permukaan kurang stabil, atau bahan lapis pondasi dalam keadaan air (air tanah baik). umumnya daerah dimana terjadi retak kulit buaya tidak luas. Jika daerah dimana terjadi retak kulit

Universitas Indonesia

buaya luas, mungkin hal ini disebabkan oleh repetisi beban lalu lintas yang melampaui beban yang dapat dipikul oleh lapisan permukaan tersebut.

3. Retak sambungan bahu dan perkerasan (*edge joint cracks*), retak memanjang yang umumnya terjadi pada sambungan bahu dengan perkerasan. Retak dapat disebabkan dengan drainase di bawah bahu jalan lebih buruk dari pada di bawah perkerasan, terjadinya *settlement* di bahu jalan penyusutan material bahu atau perkerasan jalan, atau akibat lintasan truck/kendaraan berat di bahu jalan. Perbaikan dapat dilakukan seperti perbaikan retak refleksi.
4. Retak sambungan jalan (*lane joint cracks*), retak memanjang yang terjadi pada sambungan 2 lajur lalu lintas. Hal ini disebabkan tidak baiknya ikatan sambungan kedua lajur.

2.5.2.2 Distorsi (*Distortion*)

Distorsi/perubahan bentuk dapat terjadi akibat lemahnya tanah dasar, pemadatan yang kurang pada lapis pondasi, sehingga terjadi tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas. Sebelum perbaikan dilakukan sewajarnya ditentukan terlebih dahulu jenis dan penyebab distorsi yang terjadi. Dengan demikian dapat ditentukan jenis penanganan yang cepat. Distorsi (*distortion*) dapat dibedakan atas

1. Alur (*ruts*), yang terjadi pada lintasan roda sejajar dengan as jalan. Alur dapat merupakan tempat menggenangnya air hujan yang jatuh di atas permukaan jalan, mengurangi tingkat kenyamanan dan akhirnya dapat timbul retak-retak. Terjadinya alur disebabkan oleh lapis perkerasan yang kurang padat, dengan demikian terjadi tambahan pemadatan akibat repetisi beban lalu lintas pada lintasan roda. Campuran aspal dengan stabilitas rendah dapat pula menimbulkan deformasi plastis. Perbaikan dapat dilakukan dengan memberi lapisan tambahan dan lapis permukaan yang sesuai.
2. Keriting (*corrugation*), alur yang terjadi melintang jalan. Dengan timbulnya lapisan permukaan yang keriting ini pengemudi akan merasakan ketidaknyamanan mengemudi. Penyebab kerusakan ini adalah rendahnya stabilitas campuran yang berasal dari terlalu

tingginya kadar aspal, tertau banyak mempergunakan agregat halus agregat berbentuk bulat dan berpermukaan penetrasi yang tinggi. Keriting dapat juga terjadi jika lalulintas, dibuka sebelum perkerasan mantap (untuk perkerasan yang mempergunakan aspal cair). Sungkur (*shoving*), deformasi plastis yang terjadi di tempat kendaraan sering berhenti, kelandaian curam, dan tikungan tajam. Kerusakan dapat terjadi dengan/tanpa retak. Penyebab kerusakan sama dengan kerusakan keriting.

3. Amblas (*grade depressions*), terjadi setempat, dengan atau tanpa retak. Amblas dapat terdeteksi dengan adanya air yang tergenang. Air tergenang ini dapat meresap ke dalam lapisan perkerasan yang akhirnya menimbulkan lubang. Penyebab amblas adalah beban kendaraan yang melebihi apa yang direncanakan, pelaksanaan yang kurang, baik atau penurunan bagian perkerasan dikarenakan tanah dasar mengalami settlemen.

2.5.2.3. Cacat permukaan (*disintegration*),

Cacat permukaan yang mengarah kepada kerusakan secara kimiawi dan mekanis dari lapisan perkerasan. Yang termasuk dalam cacat permukaan ini adalah :

1. Lubang (*potholes*), berupa mangkuk, ukuran bervariasi dari kecil sampai besar. Lubang-lubang ini menampung dan meresapkan air ke dalam lapis permukaan yang menyebabkan semakin parahnya kerusakan jalan.

Lubang dapat terjadi akibat :

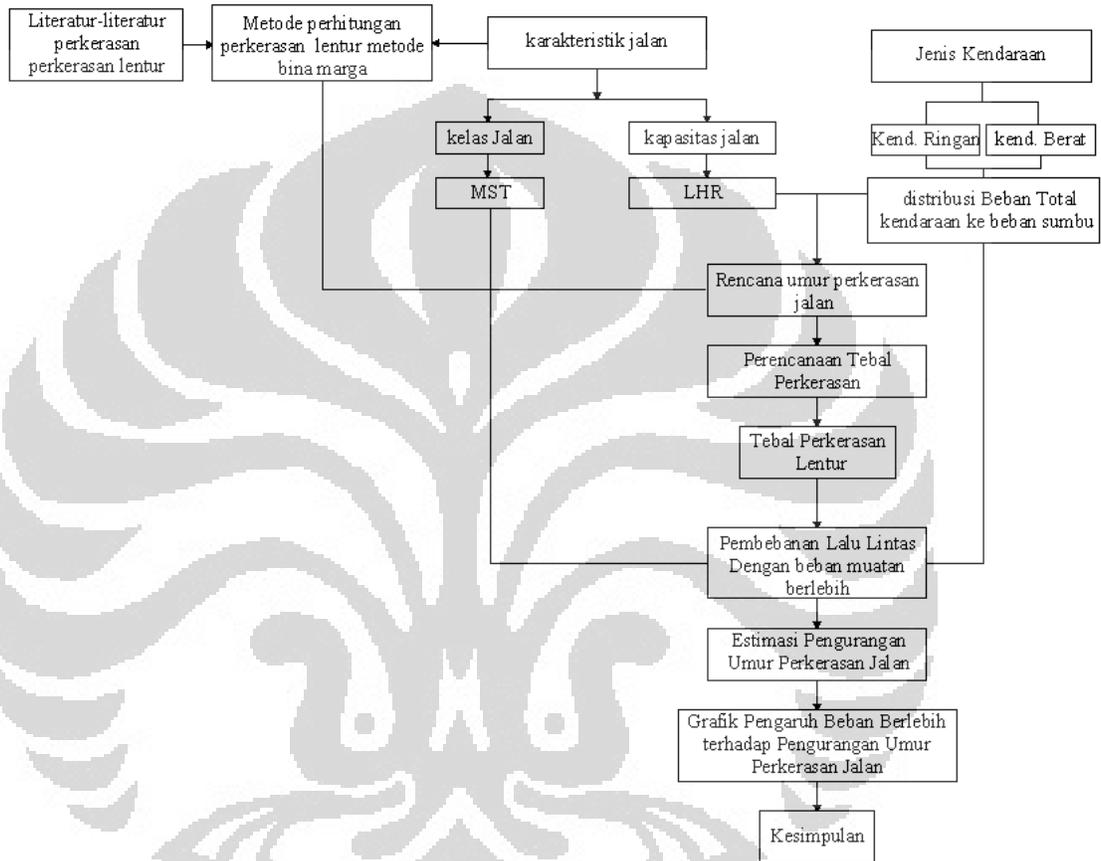
- a) campuran material lapis permukaan jelek, seperti
 - kadar aspal rendah, sehingga film aspal tipis dan mudah lepas
 - Agregat kotor sehingga ikatan antara aspal dan agregat tidak baik.
 - Temperatur campuran tidak memenuhi persyaratan.
- b) Lapis permukaan tipis sehingga ikatan aspal dan agregat mudah lepas akibat pengaruh cuaca.

- c) Sistem drainase jelek, sehingga air hanya yang meresap dan mengumpul dalam lapis perkerasan.
 - d) Retak-retak yang terjadi tidak segera ditangani sehingga air meresap dan mengakibatkan terjadinya lubang-lubang kecil.
2. Pelepasan butir (*ravelling*), dapat terjadi secara meluas dan mempunyai efek serta disebabkan oleh hal yang sama dengan lubang.
 3. Pengelupasan lapisan permukaan (*stripping*), dapat disebabkan oleh kurangnya ikatan antara lapis permukaan dan lapis di bawahnya, atau terlalu tipisnya lapis permukaan.



BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Berikut ini adalah langkah-langkah penulisan atau metode penulisan dalam penelitian ini:



Gambar 3.1 Bagan Alir Metode Penelitian

3.1. Data

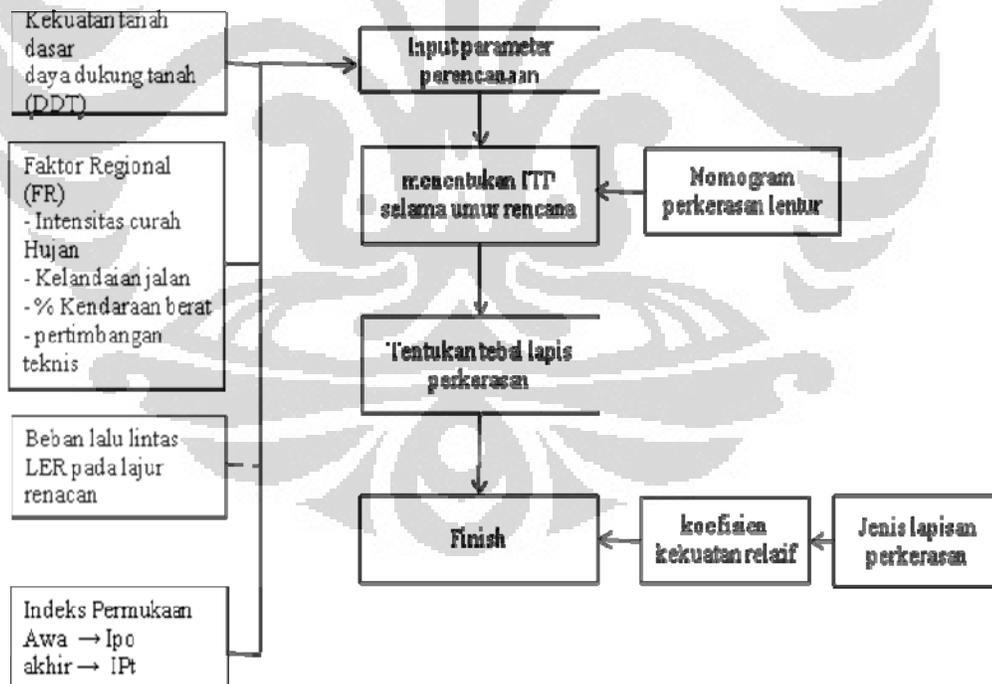
Data yang diperlukan untuk menganalisa pengaruh beban berlebih (*overload*) terhadap umur perkerasan jalan aspal dan jalan beton adalah data-data sekunder berupa data geometrik jalan, Volume lalu lintas, fungsi dan karakteristik jalan serta, data-data teknis perencanaan struktur jalan seperti umur perkerasan, data kondisi wilayah tingkat pertumbuhan lalu lintas. Semua data-data diatas diambil berdasarkan asumsi dengan tetap mengacu pada pedoman perencanaan perkerasan baik pedoman perkerasan lentur.

3.2. Konsep analisis

Dalam menganalisa dampak atau pengaruh beban berlebih terhadap umur perkerasan jalan pada perkerasan lentur dilakukan perhitungan untuk mendapatkan tebal perkerasan lentur dari data-data sekunder jalan yang dikaji dengan umur rencana dan beban lalu lintas rencana (MST ijin) kemudian tebal perkerasan yang diperoleh dievaluasi kinerjanya dengan kondisi muatan kendaraan melebihi batas MST yang diijinkan dengan persentase kelebihan beban bervariasi sehingga didapatkan jumlah pengurangan umur layan jalan tersebut akibat beban berlebih sesuai dengan variasi persentase kelebihan bebannya .

3.3. Prosedur Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur dengan Metode Analisa Komponen

Berikut adalah bagan alir dari metode perencanaan tebal perkerasan Lentur Bina Marga dengan metode analisa komponen untuk konstruksi tidak bertahap :



Gambar 3.2 Bagan Alir Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen,

Sumber: Bina marga 1987

Langkah-langkah perencanaan tebal lapisan perkerasan dengan menggunakan

1. Menentukan nilai daya dukung tanah (DDT) dengan menggunakan nilai CBR yang telah ditentukan. Nilai DDT ini diperoleh dari hasil pembacaan nomogram hubungan DDT dengan CBR
2. Menentukan umur rencana jalan yang hendak direncanakan, umumnya digunakan 20 tahun untuk konstruksi tidak bertahap. Umur rencana ini digunakan untuk menghitung jumlah beban rencana yang akan melewati jalan tersebut.
3. Menentukan factor pertumbuhan lalu lintas (i %)
 Faktor pertumbuhan ini digunakan untuk menghitung atau memperkirakan jumlah lalu lintas kendaraan yang akan melewati jalan yang akan didesain pada akhir umur rencana. Sehingga dari perkiraan jumlah kendaraan tersebut bisa dihitung jumlah selama umur rencana untuk kemudian menentukan tebal perkerasan jalannya.
4. Menentukan Faktor Regional

Faktor regional digunakan untuk memperhatikan kondisi jalan yang berbeda antara jalan yang satu dengan jalan yang lain. Hal-hal yang digunakan sebagai acuan penentuan factor regional menurut binba magra adalah sebagai berikut:

- Kondisi persimpangan yang ramai
- Keadaan medan
- Kondisi drainase yang ada
- Pertimbangan teknis dari perencanaan

Berikut ini tabel Faktor regional untuk berbagai kondisi

Tabel 3.1. Faktor Regional

	Kelandaian I		Kelandaian I		Kelandaian I	
	% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat	
	≤ 30 %	>30 %	≤ 30 %	>30 %	≤ 30 %	>30 %
Iklm I < 900 mm/th	0,5	1,0 - 1,5	1,0	1,5-2,0	1,5	2,0-2,5
Iklm I >900 mm/th	1,5	2,0-2,5	2,0	2,5-3,0	2,5	3,0-3,5

Sumber: Petunjuk Perkerasan Lentur jalan raya metode analisa komponen, Departemen pekerjaan umum 1987

5. Menentukan Lintas Ekuivalen (LER)

Lintas ekuivalen merupakan repitisi beban yang akan diterima oleh suatu jalan. Nilai LER ini yang kemudian digunakan untuk mencari tebal perkerasan dengan menggunakan nomogram perkerasan lentur. Rumus – rumus perhitungan LER telah diberikan pada bab 2.

6. Menentukan Nilai Indeks Permukaan awal (IPo)

IPo ini menyatakan nilai dari kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan lalu lintas pada awal umur rencana .

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan/kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana, menurut tabel 10 berikut:

Tabel 3.2 Indeks Permukaan Awal (IPo)

Jenis Lapisan Perkerasan	IPo	Roughness *(mm/km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9 - 3,5	>1000
LASBUTAG	3,9 - 3,5	≤ 2000
	3,4 - 3,0	>2000
HRA	3,9 - 3,5	≤ 2000
	3,4 - 3,0	>2000
BURDA	3,9 - 3,5	<2000
BURTU	3,4 - 3,0	<2000
LAPEN	3,4 - 3,0	≤ 3000
	2,9 - 2,5	>3000
LATASBUM	2,9 - 2,5	
BURAS	2,9 - 2,5	
LATASIR	2,9 - 2,5	
JALAN TANAH	$\leq 2,4$	
JALAN KERIKIL	$\leq 2,4$	

Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode analisa Komponen Dep. Pekerjaan Umum 1987

Berdasarkan tabel diatas penentuan IPo didasarkan pada jenis lapis permukaan yang akan digunakan dalam sebagai perkeasan jalan, Jika

suatu jalan direncanakan dengan tingkat kerataan yang tinggi maka jenis lapis permukaan yang digunakan harus lapis permukaan dengan nilai kerataan permukaan yang tinggi pula, sehingga penentuan nilai Ipo sangat menentukan jenis lapis permukaan yang akan digunakan.

7. Menentukan indeks Permukaan akhir (IPt)

Nilai IPt merupakan nilai yang menunjukkan kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan pada akhir umur rencana yang nilainya ditentukan berdasarkan klasifikasi jalan.

Tab3.3 Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IPt)

LER= Lintas Ekivalen Rencana *	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 - 1,5	1,5	1,5 - 2,0	-
10 - 100	1,5	1,5 - 2,0	2,0	-
100 - 1000	1,5 - 2,0	2,0	2,0- 2,5	-
> 1000	-	2,0 - 2,5	2,5	2,5

Sumber: Petunjuk Perkerasan Lentur jalan raya metode analisa komponen, Departemen pekerjaan umum 1987

Nilai IPt atau indeks permukaan akhir untuk berbagai klasifikasi jalan ditentukan berdasarkan jumlah lintas ekivalen rencana dari jenis jalan tersebut, dimana semakin tinggi tingkat aktifitas atau lalu lintas jalan akan menjadikan IPt dari jalan tersebut menjadi tinggi pula. Nilai IPod an IPt ini yang digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan lentur dalam pembacaan nomogram untuk mendapatkan nilai ITP.

8. Penentuan tebal perkerasan

a. Indeks Tebal Perkerasan (ITP) Dinyatakan dalam rumus:

$$ITP = a_1D_1. a_2D_2.a_3D_3$$

Dimana $a_1 a_2 a_3 =$ Koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan

$D_1D_2D_3 =$ tebal masing-masing lapis perkerasan (cm)

b. Batas minimal tebal perkerasan

Setiap lapisan diberikan batas-batas minimum tebal lapisan perkerasan seperti pada tabel berikut ini

Tabel 3.4 Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Permukaan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
<3,00	5	Lapis Pelindung : (Buras/Burtu/Burda)
3,00-6,70	5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
6,71 – 7,49	7,5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
≥ 10,00	10	Laston

Sumber: Petunjuk Perkerasan Lentur jalan raya metode analisa komponen, Departemen pekerjaan umum 1987

Tabel 3.5 Batas-batas Minimum Tebal Lapis Pondasi

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
<3,00	15	Batu Pecah, Stabilitasi tanah dengan semen stabilitasi tanah dengan kapur
3,00 - 7,49	20	Batu Pecah, Stabilitasi tanah dengan semen stabilitasi tanah dengan kapur
	10	Laston Atas
7,50 - 9,99	20	Batu Pecah, Stabilitasi tanah dengan semen stabilitasi tanah dengan kapur, Pondasi
	15	Macadam Laston Atas
10 - 12,14	20	Batu Pecah, Stabilitasi tanah dengan semen stabilitasi tanah dengan kapur, Pondasi
≥ 12,25	25	Macadam, Lapen, Laston Atas Batu Pecah, Stabilitasi tanah dengan semen stabilitasi tanah dengan kapur, Pondasi Macadam, Lapen, Laston Atas

Sumber: Petunjuk Perkerasan Lentur jalan raya metode analisa komponen, Departemen pekerjaan umum 1987

Untuk lapis pondasi bawah setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm

BAB 4

HASIL SIMULASI PERHITUNGAN DAN ANALISIS

4.1. Pengaruh Distribusi Beban Pada Roda kendaraan Terhadap Besaran Beban Sumbu

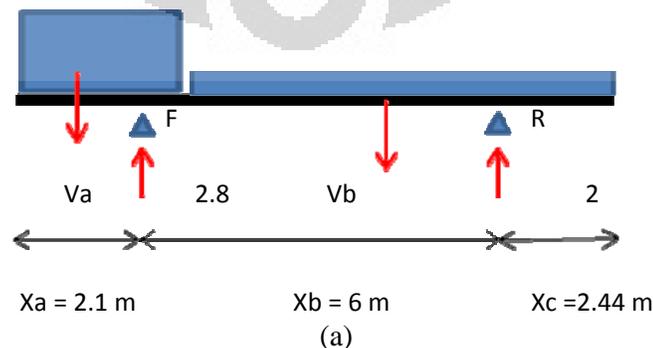
Setiap beban baik itu beban kendaraan maupun beban muatan akan didistribusikan ke tiap sumbu kendaraan, dimana besarnya beban sumbu kendaraan tersebut tergantung pada berat kosong kendaraan, berat muatan kendaraan, dimensi dari kendaraan, serta konfigurasi sumbu kendaraan.

Sebelumnya perlu dibedakan dahulu pengertian dari beban kendaraan dan beban muatan karena kedua jenis beban ini akan berbeda pengaruhnya terhadap besarnya beban sumbu. Yang dimaksud berat kendaraan adalah berat kosong kendaraan dan tidak termasuk berat muatan yang diangkut kendaraan sedangkan beban muatan adalah berat bersih muatan yang dapat diangkut. Jumlah dari beban kendaraan dan beban muatan disebut GVWR (gross vehicle weight ratio).

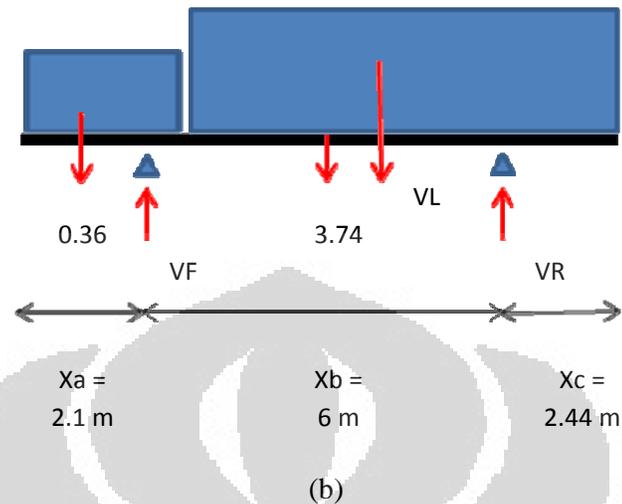
Dalam simulasi distribusi beban total kendaraan akan dihitung berapa besarnya beban yang dipikul oleh setiap sumbu kendaraan akibat dari distribusi berat kendaraan (berat kosong) dan besarnya beban sumbu akibat dari distribusi berat muatan kendaraan sehingga bisa ditentukan pada muatan berapa ton untuk tiap jenis kendaraan *overloading* terjadi berdasarkan besarnya MST yang telah ditentukan berdasarkan kelas jalan. Berikut ini adalah hasil simulasi distribusi beban total kendaraan ke beban sumbu dan penentuan batas maksimum muatan untuk MST 10 ton (kelas jalan II) pada beberapa jenis kendaraan truk:

1. Distribusi beban total kendaraan jenis Truk 2 as

- distribusi beban kendaraan (muatan kosong)



- Distribusi beban ketika kendaraan bermuatan



Gambar 4.1 (a) Distribusi Beban Kendaraan kendaraan (b) Distribusi beban muatan truk 2 As

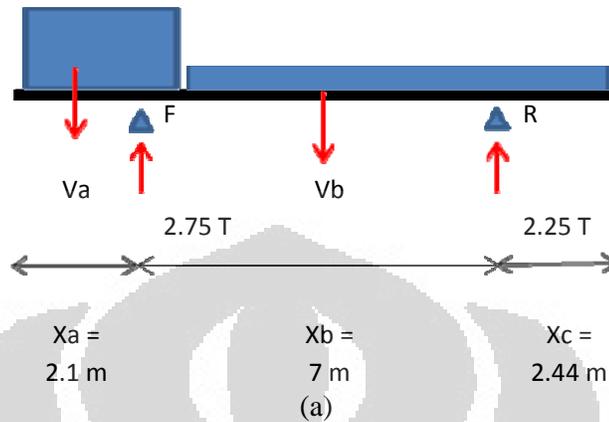
Dari ilustrasi gambar diatas dan dengan menggunakan prinsip mekanika teknik dapat dicari besarnya reaksi tiap sumbu akibat beban kendaraan dan beban muatan. Berikut adalah hasil simulasi distribusi beban total kendaraan ke beban tiap sumbu.

Tabel 4.1 Distribusi Beban Total Kendaraan ke Beban Sumbu dan penentuan muatan maksimum Truk 2 As untuk MST 10 Ton

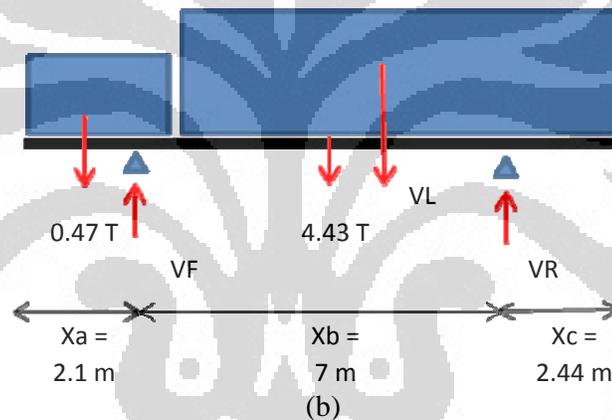
Berat kendaraan (ton)	Berat muatan (ton)	jarak gandar (m)	tonjolan belakang (m)	tonjolan depan (m)	berat sumbu		No
					Depan (ton)	Belakang (ton)	
4.8	5.00	6	2.44	2.1	3.78	5.22	1
4.8	9.00	6	2.44	2.1	4.97	8.03	2
4.8	11.8	6	2.44	2.1	5.8	10	3
4.8	20.00	6	2.44	2.1	8.23	15.77	4
4.8	25.00	6	2.44	2.1	9.72	19.28	5
4.8	30.00	6	2.44	2.1	11.20	22.80	6

Dari hasil simulasi diatas bisa diketahui bahwa untuk truk 2 As dengan dimensi dan berat kosong kendaraan yang tertera diatas memiliki batas muatan maksimum sebesar 11.8 ton karena jika muatan tersebut dinaikan maka akan memberikan MST melebihi dari MST ijin untuk kelas jalan II yaitu 10 ton.

2. Distribusi beban total kendaraan jenis Truk 3 as (1.2)
 - distribusi beban kendaraan (muatan kosong)



- Distribusi beban ketika kendaraan bermuatan



Gambar 4.2 (a) Distribusi Beban kendaraan, (b) Distribusi beban muatan kendaraan truk 3 as

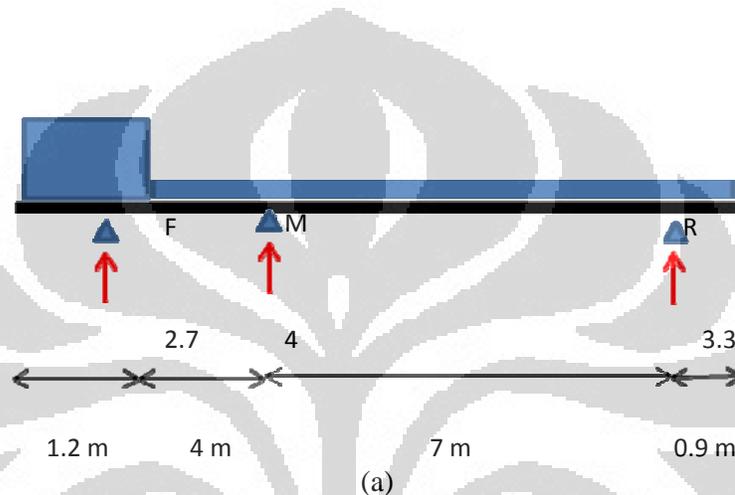
Tabel 4.2 Distribusi Beban Total Kendaraan ke Beban Sumbu dan penentuan besarnya muatan maksimum Truk 3 As untuk MST 10 Ton

Berat kendaraan	Berat muatan (ton)	jarak gandar (m)	tonjolan belakang (m)	tonjolan depan (m)	berat sumbu	
					depan (ton)	Belakang (ton)
5	10.00	7	2.44	2.1	6.01	8.99
5	15.00	7	2.44	2.1	7.64	12.36
5	20.00	7	2.44	2.1	9.26	15.74
5	23.40	7	2.44	2.1	10.37	18.03
5	30.00	7	2.44	2.1	12.52	22.48
5	35.00	7	2.44	2.1	14.15	25.85

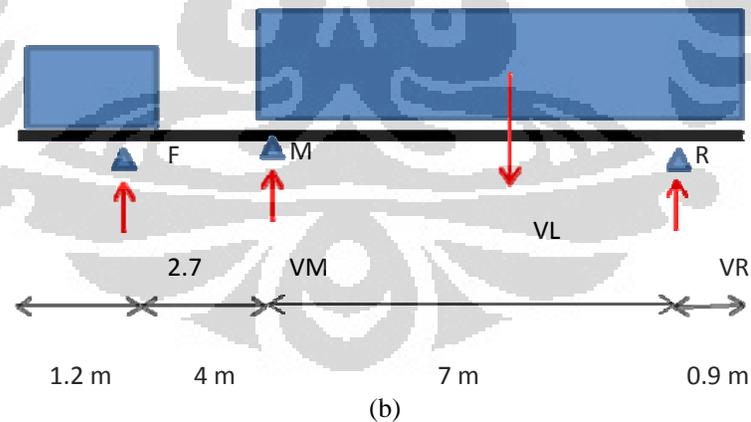
Dari hasil simulasi diatas bisa diketahui bahwa untuk truk 3 As dengan dimensi dan berat kosong kendaraan yang tertera diatas memiliki batas muatan maksimum sebesar 23.4 ton karena jika muatan tersebut dinaikan maka akan memberikan MST melebihi dari MST ijin untuk kelas jalan II yaitu 10 ton

3. Distribusi beban total kendaraan jenis Triler 4 as (1.1.2)

- Distribusi beban kendaraan (muatan kosong)



- Distribusi beban ketika kendaraan bermuatan



Gambar 4.3 (a) Distribusi Beban kendaraan, (b) Distribusi beban muatan kendaraan Trailer 4 as

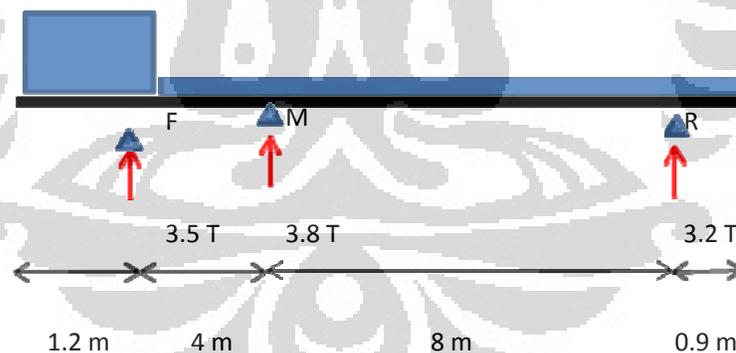
Tabel 4.3 Distribusi Beban Total Kendaraan ke Beban Sumbu dan penentuan besarnya muatan maksimum Trailer 4 As untuk MST 10 Ton

Berat kendaraan (ton)	Berat muatan (ton)	jarak gandar (m)	tonjolan belakang (m)	tonjolan depan (m)	berat sumbu		
					Depan (ton)	Tengah (ton)	Belakang (ton)
10	10.00	7	2.44	2.1	2.7	8.36	8.94
10	20.00	7	2.44	2.1	2.7	12.71	14.59
10	26.00	7	2.44	2.1	2.7	15.33	17.97
10	30.00	7	2.44	2.1	2.7	17.07	20.23
10	35.00	7	2.44	2.1	2.7	19.25	23.05

Dari hasil simulasi diatas bisa diketahui bahwa untuk trailer 4 As dengan dimensi dan berat kosong kendaraan yang tertera diatas memiliki batas muatan maksimum sebesar 26 ton karena jika muatan tersebut dinaikan maka akan memberikan MST melebihi dari MST ijin untuk kelas jalan II yaitu 10 ton.

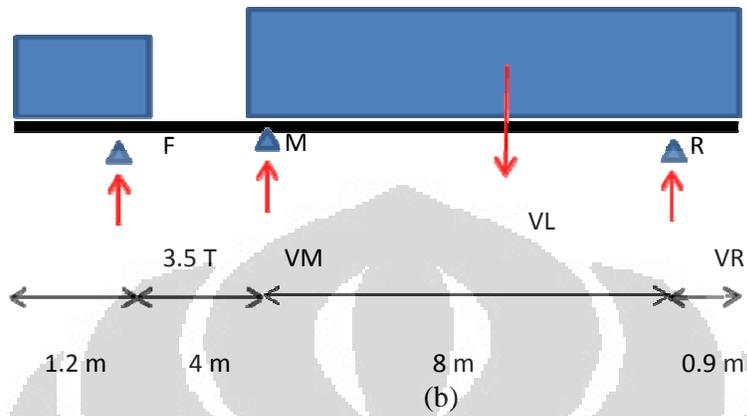
4. Trailer 5 as (1.2.2)

- Distribusi beban kendaraan (muatan kosong)



(a)

- Distribusi beban ketika kendaraan bermuatan



Gambar 4.4 (a) Distribusi Beban kendaraan, (b) Distribusi beban muatan kendaraan Trailer 5 as

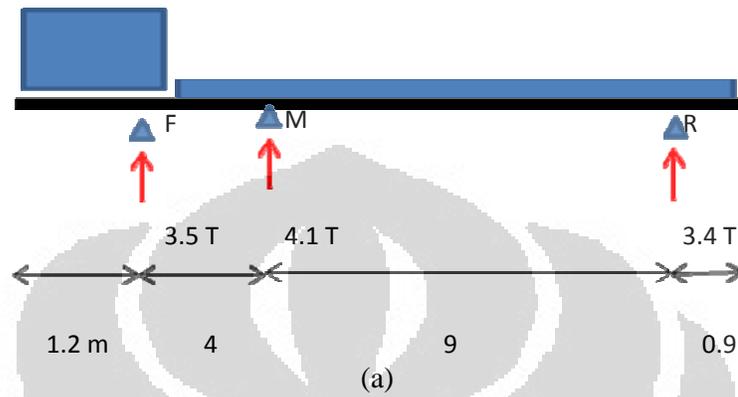
Tabel 4.4 Distribusi Beban Total Kendaraan ke Beban Sumbu dan penentuan besarnya muatan maksimum Trailer 5 As untuk MST 10 Ton

Berat kendaraan (ton)	Berat muatan (ton)	jarak gandar (m)	tonjolan belakang (m)	tonjolan depan (m)	berat sumbu		
					Depan (ton)	Tengah (ton)	Belakang (ton)
10.5	10.00	8	2.44	2.1	3.5	8.24	8.76
10.5	20.00	8	2.44	2.1	3.5	12.68	14.33
10.5	25.00	8	2.44	2.1	3.5	14.89	17.11
10.5	30.00	8	2.44	2.1	3.5	17.11	19.89
10.5	35.00	8	2.44	2.1	3.5	19.33	22.67
10.5	40.00	8	2.44	2.1	3.5	21.55	25.45

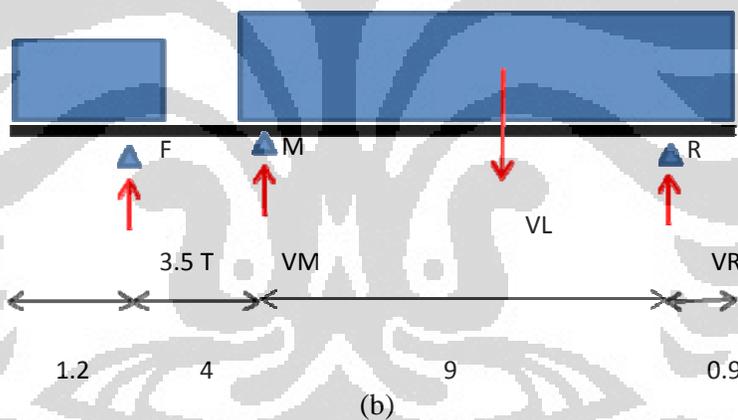
Dari hasil simulasi diatas bisa diketahui bahwa untuk trailer 5 As dengan dimensi dan berat kosong kendaraan yang tertera diatas memiliki batas muatan maksimum sebesar 30 ton karena jika muatan tersebut dinaikan maka akan memberikan MST melebihi dari MST ijin untuk kelas jalan II yaitu 10 ton.

5. Trailer 6 as (1.2.3)

- Distribusi beban kendaraan (muatan kosong)



- Distribusi beban ketika kendaraan bermuatan



Gambar 4.5 (a) Distribusi Beban kendaraan, (b) Distribusi beban muatan kendaraan Trailer 6 as

Tabel 4.5 Distribusi Beban Total Kendaraan ke Beban Sumbu dan penentuan besarnya muatan maksimum Trailer 6 As untuk MST 10 Ton

Berat kendaraan (ton)	Berat muatan (ton)	jarak gandar (m)	tonjolan belakang (m)	tonjolan depan (m)	berat sumbu		
					Depan (ton)	Tengah (ton)	Belakang (ton)
11	25.00	9	2.44	2.1	3.5	15.35	17.15
11	26.5	9	2.44	2.1	3.5	15.56	17.94
11	27.5	9	2.44	2.1	3.5	16.00	18.50
11	31.00	9	2.44	2.1	3.5	18.05	20.45
11	32.00	9	2.44	2.1	3.5	18.50	21.00

Dari hasil simulasi diatas bisa diketahui bahwa untuk trailer 6 As dengan dimensi dan berat kosong kendaraan yang tertera diatas memiliki batas muatan maksimum sebesar 26.5 ton karena jika muatan tersebut dinaikan maka akan memberikan MST melebihi dari MST ijin untuk kelas jalan II yaitu 10 ton.

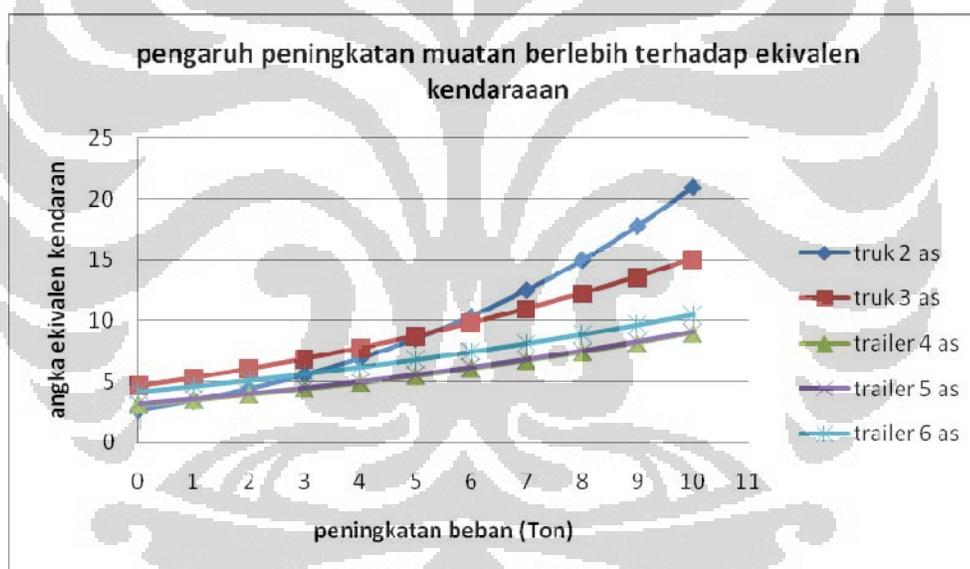
4.2. Pengaruh Peningkatan Muatan Berlebih Terhadap Total Ekuivalen Kendaraan Berat

Dalam bab 3 telah di jaskan bahwa kendaraan merupakan penjumlahan dari angka ekuivalen masing-masing angka ekuivalen sumbu kendaraan. Angka ekuivalen sumbu itu dapat dihitung dengan menggunakan rumus 2.1, 2.2 dan 2.3.

Dari rumus 2.1, 2.2 dan 2.3. menunjukkan bahwa angka ekuivalen merupakan fungsi eksponensial derajat 4 dari beban sumbu sehingga jika beban sumbu kendaraan mengalami kenaikan maka angka ekuivalenya akan mengalami peningkatan yang cukup besar karena merupakan fungsi eksponensial. Berikut ini disajikan hasil simulasi pengaruh persentase kenaikan muatan berlebih terhadap persentase total ekuivalen kendaraan berat.

Tabel 4.6 Total Ekivalen Kendaraan Akibat Peningkatan Muatan Berlebih

Kondisi muatan beban	ekivalen kendaraan				
	Truck 2 as	Truck 3 as	Trailer 4 as	Trailer 5 As	Trailer 6 As
maksimum	2.6504	4.6590	3.1062	3.1802	4.1834
Overloading 1 ton	3.4421	5.3268	3.4996	3.5766	4.6307
Overloading 2 ton	4.4004	6.0645	3.9294	4.0093	5.1133
Overloading 3 ton	5.5472	6.8769	4.3979	4.4807	5.6329
Overloading 4 ton	6.9060	7.7688	4.9073	4.9928	6.1915
Overloading 5 ton	8.5013	8.7453	5.4599	5.5479	6.7909
Overloading 6 ton	10.3592	9.8116	6.0581	6.1485	7.4331
Overloading 7 ton	12.5073	10.9731	6.7043	6.7969	8.1201
Overloading 8 ton	14.9743	12.2354	7.4011	7.4957	8.8539
Overloading 9 ton	17.7904	13.6041	8.1510	8.2473	9.6365
Overloading 10 ton	20.9872	15.0850	8.9566	9.0543	10.4702

**Gambar 4.6** Pengaruh Peningkatan Beban Muatan Berlebih Terhadap Peningkatan Angka Ekivalen Kendaraan

Berdasarkan hasil simulasi yang disajikan dalam tabel dan grafik diatas dapat diketahui bahwa peningkatan persentase muatan berlebih berdampak pada peningkatan persentase kenaikan total ekivalen kendaraan yang sangat signifikan. Peningkatan terbesar terjadi pada kendaraan jenis truk 2 as karena konfigurasi sumbu kendaran jenis ini sumbu depan merupakan sumbu tunggal roda tunggal dan sumbu belakang juga merupakan sumbu tunggal roda tunggal sehingga peningkatan total ekivalen kendaraan yang paling tinggi dari pada truk yang lain.

Universitas Indonesia

4.3 Analisis Total Ekivalen Kendaraan Berat pada Perhitungan Struktur Perkerasan

4.3.1. Pengaruh Peningkatan Total Ekivalen Akibat Beban Muatan Berlebih Terhadap Peningkatan Nilai ITP

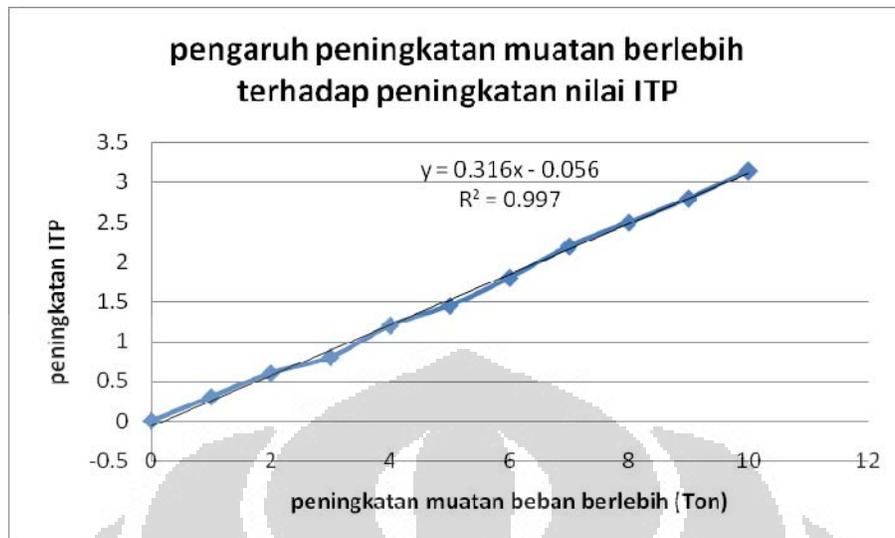
Dari perhitungan pada bab 3 diperoleh ITP sebesar 11 dengan LER sebesar 1504.674 untuk parameter perencanaan jalan yang telah diasumsikan sebelumnya. Pada bab ini akan ditunjukkan hasil simulasi pengaruh peningkatan total ekivalen kendaraan terhadap peningkatan ITP.

Sebagai contoh kasus over load 10 ton menghasilkan total angka ekivalen sebesar 64.5536 atau mengalami kenaikan sebesar 72.46 % dari total ekivalen kendaraan pada kondisi normal yaitu sebesar 17.7794 (lihat tabel 4.8). Dengan asumsi yang sama untuk bahan lapisan perkerasan, tanah dasar dan faktor regional, total angka ekivalen ini menyebabkan nilai ITP menjadi 14.15

Secara lengkap pengaruh peningkatan nilai total ekivalen terhadap peningkatan nilai ITP disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.7 Tabulasi Perhitungan Pengaruh Peningkatan Muatan Berlebih Terhadap Peningkatan Nilai ITP

Kondisi muatan beban	Total ekivalen kendaraan	Lintas ekivalen rencana	ITP	Peningkatan ITP
maksimum	17.77941	1504.674	11	0
Overloading 1 ton	20.47602	1827.273	11.3	0.3
Overloading 2 ton	23.51721	2207.491	11.6	0.6
Overloading 3 ton	26.93584	2652.318	11.8	0.8
Overloading 4 ton	30.76651	3169.162	12.2	1.2
Overloading 5 ton	35.04549	3765.849	12.45	1.45
Overloading 6 ton	39.81076	4450.621	12.8	1.8
Overloading 7 ton	45.10199	5232.135	13.2	2.2
Overloading 8 ton	50.96055	6119.468	13.5	2.5
Overloading 9 ton	57.42949	7122.112	13.8	2.8
Overloading 10 ton	64.55358	8249.977	14.15	3.15



Gambar 4.7 Pengaruh Peningkatan Muatan berlebih terhadap Peningkatan Nilai ITP

Dari Gambar dan tabel diatas dapat dilihat bahwa peningkatan total ekivalen kendaraan sebagai akibat dari peningkatan muatan berlebih menyebabkan nilai ITP dari struktur jalan meningkat. Peningkatan nilai ITP ini mengindikasikan bahwa struktur jalan tersebut harus dilakukan pelapisan ulang agar jalan tersebut tetap bisa memberikan pelayanannya pada kondisi lalu lintas muatan berlebih.

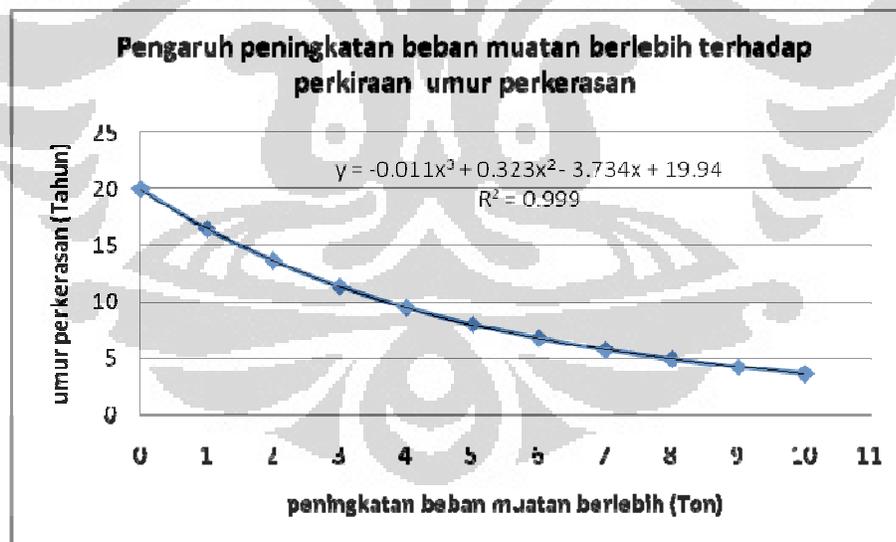
4.3.2 Pengaruh Peningkatan Beban Muatan Berlebih Terhadap Perkiraan Umur Perkerasan (ITP dibuat tetap sama)

Suatu struktur perkerasan jalan dengan nilai ITP dan ketebalan tertentu dirancang untuk mampu menahan sejumlah lintas ekivalen sumbu tunggal seberat 8,16 ton yang direncanakan (LER), dimana nilai LER merupakan fungsi dari total ekivalen kendaraan dan fungsi dari waktu, sehingga terjadinya peningkatan total ekivalen menjadikan nilai dari LER yang telah ditetapkan sebagai besaran yang dipakai untuk menentukan tebal perkerasan akan tercapai dalam waktu yang lebih cepat dari waktu yang telah direncanakan. Berikut ini disajikan tabel dan Gambar hasil simulasi besarnya pengaruh peningkatan total ekivalen terhadap umur perkerasan.

Tabel 4.8 Tabulasi Perhitungan Pengaruh Peningkatan Beban Muatan terhadap Perkiraan Umur Perkerasan Lentur

Kondisi muatan	Total ekivalen kendaraan	Lintas ekivalen rencana akibat peningkatan overload	Umur Rencana (tahun) *
Muatan max	17.7794	1504.674	20
Overloading 1 ton	20.4760	1827.273	16.4691
Overloading 2 ton	23.5172	2207.491	13.6324
Overloading 3 ton	26.9358	2652.318	11.3461
Overloading 4 ton	30.7665	3169.162	9.4957
Overloading 5 ton	35.0454	3765.849	7.9912
Overloading 6 ton	39.8107	4450.621	6.7616
Overloading 7 ton	45.1019	5232.135	5.7517
Overloading 8 ton	50.9605	6119.468	4.9177
Overloading 9 ton	57.4294	7122.112	4.2254
Overloading 10 ton	64.5535	8249.977	3.6477

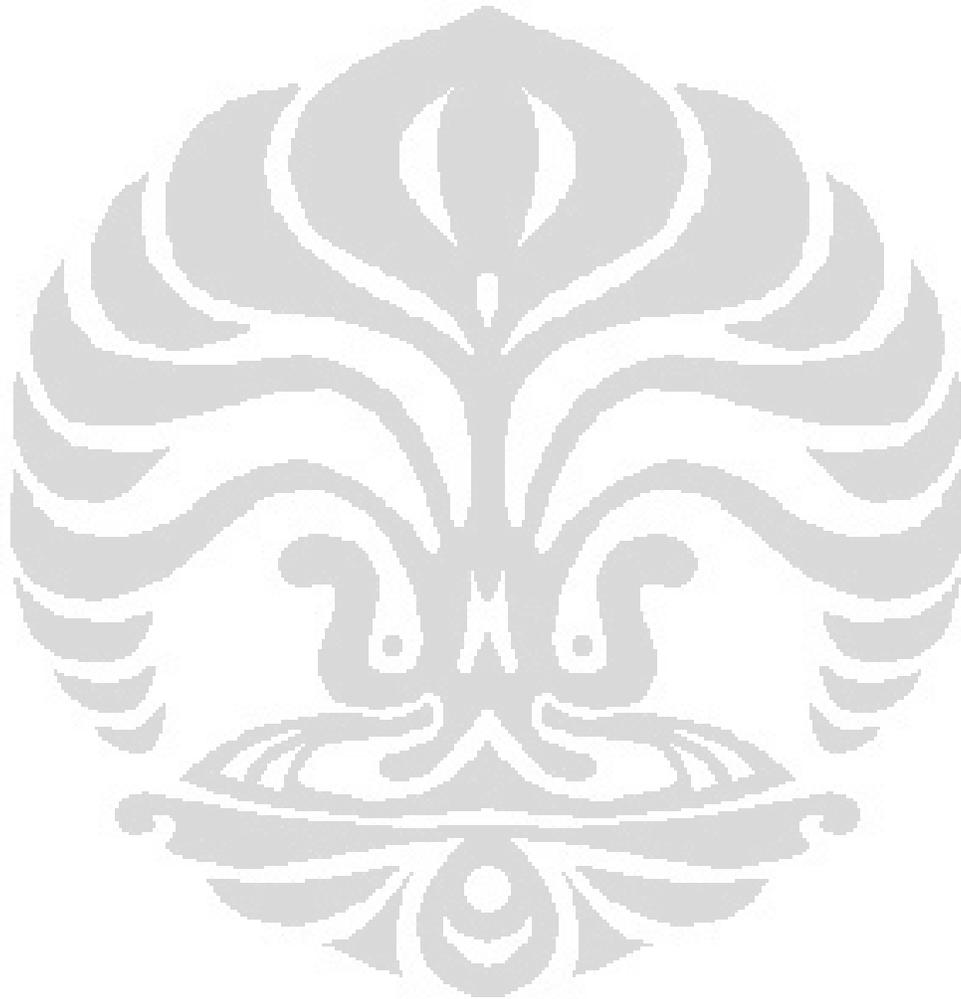
*Umur rencana akibat peningkatan total ekivalen dihitung dengan membandingkan LER pada kondisi lalu lintas normal dengan LER akibat peningkatan muatan berlebih



Gambar 4.8 Pengaruh Peningkatan Muatan Berlebih terhadap Perkiraan Umur Rencana Perkerasan Lentur

Dari hasil simulasi yang disajikan dalam tabel dan Gambar diatas dapat dilihat bahwa ketika pada suatu jalan dibebani dengan lalu lintas dengan muatan berlebih yang menyebabkan total ekivalen kendaraan meningkat secara signifikan

sementara nilai ITP dari struktur perkersan jalan tersebut dibuat tetap sesuai kondisi perencanaan awal (beban normal) maka yang terjadi adalah jalan tersebut akan mengalami penurunan umur rencannya dari perkiraan umur rencana semula.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Hasil simulasi distribusi muatan kendaraan menghasilkan muatan maksimum untuk jalan kelas II dengan MST 10 ton untuk tiap-tiap kendaraan adalah sebagai berikut

No	Jenis Kendaraan	Konfigurasi sumbu	Muatan Maksimum (Ton)
1	Truk 2 As	STRT, STRT	11,8
2	Truk 3 As	STRT, SGRG	23,40
3	Trailer 4 As	STRT,STRG,SGRG	26,00
4	Trailer 5 As	STRT,SGRG,SGRG	30,00
5	Trailer 6 As	STRT,SGRG,STrRG	32,00

2. Tipe kendaraan yang paling sensitive dalam menerima beban muatan berlebih adalah kendaraan Jenis Truk 2 As karena peningkatan total ekivalen kendarannya paling besar diantara jenis kendaraan berat yang lain.
3. Peningkatan total ekivalen kendaraan akibat peningkatan muatan beban berlebih menyebabkan nilai Indeks Tebal Perkerasan (ITP) struktur yang diperlukan agar jalan tetap bisa menjalankan fungsinya meningkat secara linear yaitu dalam fungsi

$$Y = 0.316X - 0.056$$

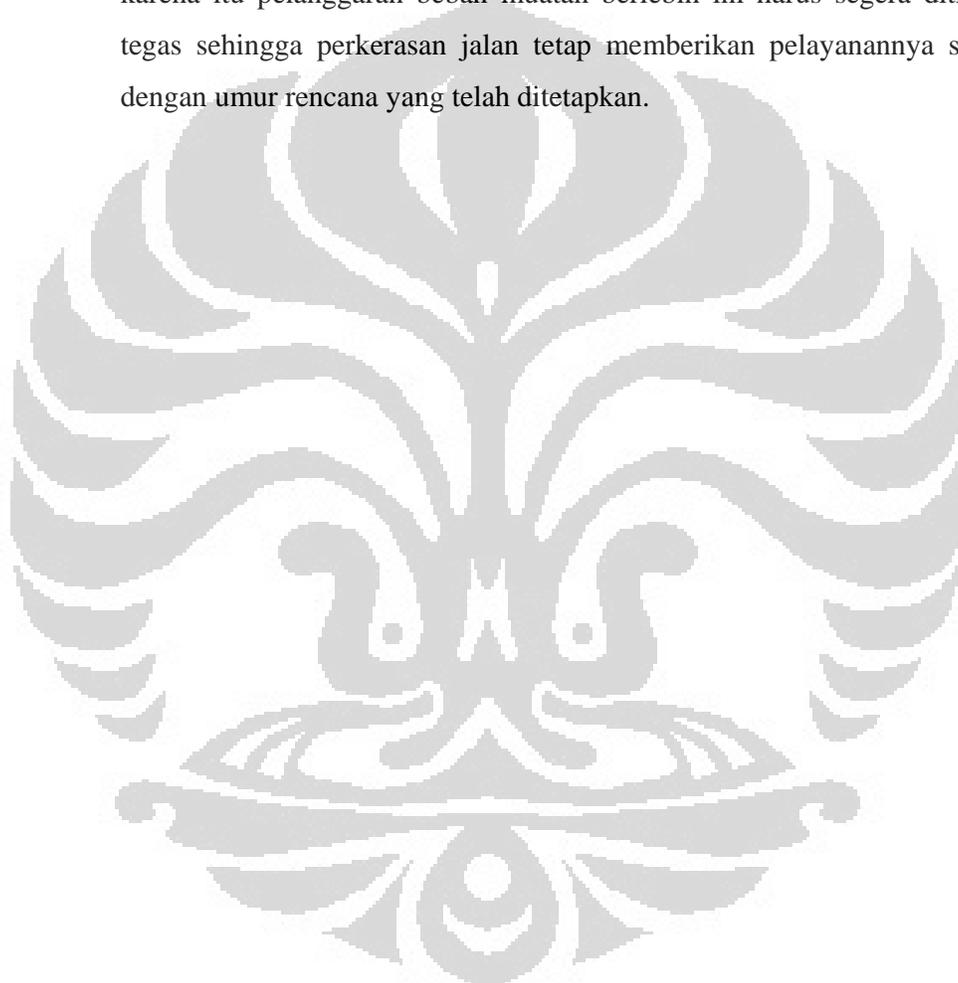
4. Peningkatan total ekivalen kendaraan akibat peningkatan muatan beban berlebih menyebabkan umur rencana jalan mengalami penurunan signifikan,yaitu dalam fungsi polynomial

$$Y = -0.011x^3 + 0.323x^2 - 3.734x + 19.94$$

dimana Y umur rencana dan x adalah peningkatan beban muatan berlebih

5.2 . Saran

1. Perlu dilakukan penelitaian lebih lanjut dengan data-data yang lebih lengkap tentang karakteristik kendaraan sehingga penentuan batas muatan maksimum dari setiap jenis kendaraan truk bisa lebih akurat.
2. Pelanggaran beban muatan berlebih kendaraan truk menyebabkan pengurangan umur layanan jalan yang signifikan terhadap perkerasan oleh karena itu pelanggaran beban muatan berlebih ini harus segera ditindak tegas sehingga perkerasan jalan tetap memberikan pelayanannya sesuai dengan umur rencana yang telah ditetapkan.



LAMPIRAN A

KARAKTERISTIK PERENCANAAN

- ❖ Klasifikasi Jalan : Jalan Arteri Primer (kendaraan angkutan barang berat dan bus diijinkan melalui jalan ini)
- ❖ Kelas Jalan : Kelas II
- ❖ MST : 10 Ton (Pasal 11. PP.No 43/1993)
- ❖ Jenis Perkerasan
 - a) Lentur : Lapis permukaan menggunakan Asbuton
Lapis pondasi menggunakan Batu Pecah
- ❖ CBR tanah dasar : 5 %
- ❖ Usia Rencana : 20
- ❖ Faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan : 5 %
- ❖ Lebar bahu jalan : 1,5 m
- ❖ Jumlah lajur : 2 (2 arah tanpa median atau 2/2 UD)
- ❖ Lebar perlajur : 3,5 m
- ❖ Lebar jalur lalu lintas efektif : 7 m
- ❖ Rentang ambang arus lalu lintas tahun ke 1 : 250-350 kend/jam
- ❖ LHR : mengacu pada nilai rentang ambang arus lalu lintas
- ❖ komposisi lalu lintas :

Kendaraan ringan	56 %
truk (2 as)	15 %
Bus Besar	10 %
Truck Besar 3as	5 %
Trailer 4 as	3 %
Trailer 5 as	1 %
Truck 6 as	1 %
Sepeda motor	9 %
(total kendaraan berat = 35 %.>30%)	
- Pemisahan arah : 50/50

LAMPIRAN B
PERHITUNGAN TEBAL PERKERASAN LENTUR

❖ Menghitung angka ekivalen

Dengan menggunakan rumus 2.1 , 2.2 , 2.3 untuk mendapatkan angka ekivalen

Tabel Perhitungan Angka Ekivalen Kendaraan

Jenis Kendaraan	Konfigurasi Sumbu			Total
	Depan	Tengah	Belakang	
Kend.ringan	1(STRT)		1(STRT)	0.0004
Bus Besar	3(STRT)	-	5 (STRG)	0.1593
Truck berat (2as)	6(STRT)	-	10 (STRG)	4.6186
Truk (3as)	6(STRT)	-	18 (SGRG)	1.9743
Trailer(4as)	6(STRT)	6(STRT)	18 (SGRG)	2.6598
Trailer (5as)	6(STRT)	18(SGRG)	18(SGRG)	3.1802
trailer(6as)	6(STRT)	18(SGRG)	21(STrRG)	5.1342

Ket: STRT : sumbu tunggal roda tunggal , STRG: sumbu tunggal roda ganda, SGRG: sumbu ganda roda ganda, STRRG : sumbu triple roda ganda

❖ Menghitung Lintas Ekivalen Akhir

Tabel Nilai Lintas Ekivalen permulaan (LEA)

Jenis kendaraan	LHR	LHR ₂₀	Koefisien distribusi (C)	Angka Ekivalensi	LEP	LEA
Kend. Ringan	560	1485.85	0.3	0.0004	0.0758	0.201
Bus Besar	70	185.73	0.45	0.1593	5.0160	13.309
Truk sedang (2 as)	80	212.26	0.45	2.5478	91.7205	243.362
Truk (3 as)	40	106.13	0.45	2.3285	41.9138	111.210
Truk (4 as)	20	53.07	0.45	2.6209	23.5877	62.585
Truk (6 as)	10	26.53	0.45	3.6884	20.9402	55.561
				Σ LEP	456.6678	
					Σ LEA	1213.074

- ❖ Menghitung Lintas Ekivalen Tengah (LET) dan Lintas Ekivalen Rencana (LER)

$$\text{LET} = \frac{\text{LEP} + \text{LEA}}{2}$$

$$\text{LET} = (456.6678 + 1213.074) / 2$$

$$\text{LET} = 834.871$$

$$\text{LER} = \text{LET} \times \frac{\text{UR}}{10}$$

$$\text{LER} = 834.871 \times \frac{20}{10} = 1304.674$$

- ❖ Perhitungan Nilai ITP

Nilai CBR = 5 %, dengan Grafik Korelasi DDT dan CBR (terlampir), dapat dilihat nilai korelasinya dengan DDT, yaitu DDT = 4,7. Dengan kelandaian alinyemen < 6 %, curah hujan < 900 mm/thn, dan persen kendaraan berat = 34 % (> 30 %), maka ditentukan nilai FR = 1,5 (lihat tabel).

Direncanakan menggunakan lapisan permukaan laston dengan roughness ≤ 1000 , sehingga nilai Indeks Permukaan Awal (IPo) > 4. Dengan klasifikasi jalan arteri dan LER = 1504.674 diambil nilai Indeks Permukaan Akhir (IPt) = 2,5

Selanjutnya adalah mencari nilai Indeks Tebal Perkerasan (ITP). Dengan Nilai IPo > 4 dan IPt = 2,5, dicari nilai ITP dari nomogram hubungan IP, DDT, LER, ITP, dan FR terlampir yang sesuai. Dari nomogram tersebut didapat nilai ITP = 11

- ❖ Perencanaan tebal perkerasan masing-masing lapisan:

Bila diasumsikan bahan-bahan perkerasan jalan yang digunakan adalah :

- Lapis permukaan : Asbuton (MS.744)
- Lapis pondasi : Batu Pecah (CBR=100)
- Lapis pondasi bawah : Sirtu Kelas (CBR 50)

Dari data-data tersebut dicari nilai D₃

$$\text{ITP} = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

$$11 = (0,35)(D_1) + (0,14)(20) + (0,12) 10$$

$$D_1 = 20 \text{ cm } (< \text{tebal minimum } 10 \text{ cm})$$

LAMPIRAN C

Distribusi Beban Muatan Berlebih Kendaraan ke Beban Sumbu

kelebihan muatan	TRUK 2as		TRUK 3as		TRILER 4 as			TRILER 5 as			TRILER 6 as		
	depan	belakang	depan	belakang	Depan	tengah	belakang	Depan	tengah	belakang	Depan	tengah	belakang
0	5.86	10.14	10.37	18.03	2.7	15.33	17.97	3.500	15.559375	17.940625	3.500	18.05	20.45
1	6.16	10.84	10.70	18.70	2.7	15.76	18.54	3.500	16.003	18.496875	3.500	18.50	21.00
2	6.45	11.55	11.02	19.38	2.7	16.20	19.10	3.500	16.447	19.053125	3.500	18.95	21.55
3	6.75	12.25	11.35	20.05	2.7	16.64	19.66	3.500	16.891	19.609375	3.500	19.40	22.10
4	7.05	12.95	11.67	20.73	2.7	17.07	20.23	3.500	17.334	20.165625	3.500	19.85	22.65
5	7.34	13.66	12.00	21.40	2.7	17.51	20.79	3.500	17.778	20.721875	3.500	20.30	23.20
6	7.64	14.36	12.33	22.07	2.7	17.94	21.36	3.500	18.222	21.278125	3.500	20.75	23.75
7	7.94	15.06	12.65	22.75	2.7	18.38	21.92	3.500	18.666	21.834375	3.500	21.20	24.30
8	8.23	15.77	12.98	23.42	2.7	18.81	22.49	3.500	19.109	22.390625	3.500	21.65	24.85
9	8.53	16.47	13.30	24.10	2.7	19.25	23.05	3.500	19.553	22.946875	3.500	22.10	25.40
10	8.83	17.17	13.63	24.77	2.7	19.69	23.61	3.500	19.997	23.503125	3.500	22.55	25.95

Catatan : semua angka dalam satuan ton

LAMPIRAN D
PERHITUNGAN NILAI LER

Kondisi muatan maksimum

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan		konfigurasi sumbu			Angka ekivaeln		Lintas Ekivalen		
	LHR	LHRt				Tiap sumbu	total	Awal	Akhir	Tengah
a	b	c	posisi	jenis	beban	i		k=b.h.C	l=c.g.C	m
mobil penumpang	560	1485.85	Depan	STRT	1.00	0.0002	0.0005	26.7518	0.201	13.476
			Belakang	STRT	1.00	0.0002				
Bus besar	100	265.33	Depan	STRT	3	0.0183	0.1592	119.2696	19.013	69.141
			Belakang	STRG	5	0.1410				
truk berat (2as)	150	397.99	Depan	STRT	5.86	0.2660	2.6504	178.9043	474.686	326.795
			Belakang	STRG	10.14	2.3845				
Truk berat (3as)	50	132.66	Depan	STRT	10.37	2.6100	4.6591	104.8291	278.143	191.486
			Belakang	SGRG	18.03	2.0491				
trailer 4 as	30	79.60	Depan	STRT	2.7	0.0120	3.1062	41.9339	111.263	76.598
			Tengah	STRG	15.33	1.0709				
			Belakang	SGRG	17.97	2.0233				
trailer 5 as	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	3.1802	42.9328	37.971	40.452
			Tengah	SGRG	15.559375	1.1369				
			Belakang	SGRG	17.940625	2.0095				
Trailer 6 As	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	4.1835	18.8257	49.950	34.388
			Tengah	SGRG	18.05	2.0590				
			Belakang	STrRG	20.45	2.0907				
Umur rencana 20 tahun		i= 5 %				LEP	533.4471			
C=0,3 untuk kendaraan ringan dan		lpo>= 4					LEA	971.227		
C= 0,4 untuk kendaraan berat		lpt = 2,0						LET		752.337
FP= 2,00		FR=1,5						LER		1504.67

PERHITUNGAN NILAI LER
Kondisi muatan truk berlebih 1 ton

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan		konfigurasi sumbu			Angka ekivaeln		Lintas Ekuivalen		
	LHR	LHRt				Tiap sumbu	total	Awal	Akhir	Tengah
a	b	c	posisi	jenis	beban	i		k=b.h.C	l=c.g.C	m
mobil penumpang	560	1485.85	Depan	STRT	1.00	0.0002	0.0005	26.7518	0.201	13.476
			Belakang	STRT	1.00	0.0002				
Bus besar	100	265.33	Depan	STRT	3	0.0183	0.1592	154.8973	19.013	86.955
			Belakang	STRG	5	0.1410				
truk berat (2as)	150	397.99	Depan	STRT	6.16	0.3241	3.4422	232.3459	616.483	424.414
			Belakang	STRG	10.84	3.1181				
Truk berat (3as)	50	132.66	Depan	STRT	10.70	2.9536	5.3269	119.8549	318.011	218.933
			Belakang	SGRG	18.70	2.3732				
trailer 4 as	30	79.60	Depan	STRT	2.7	0.0120	3.4996	47.2447	125.354	86.299
			Tengah	STRG	15.76	1.1979				
			Belakang	SGRG	18.54	2.2897				
trailer 5 as	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	3.5766	48.2841	42.704	45.494
			Tengah	SGRG	16.003	1.2722				
			Belakang	SGRG	18.496875	2.2706				
Trailer 6 As	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	4.6308	20.8385	55.291	38.065
			Tengah	SGRG	18.50	2.2721				
			Belakang	STRG	21.00	2.3248				
							LEP	650.2172		
							LEA		1177.056	
									LET	913.637
									LER	1827.27

Umur rencana 20 tahun i= 5 %
C=0,3 untuk kendaraan ringan dan lpo=≥ 4
C= 0,4 untuk kendaraan berat lpt = 2,0
FP= 2,00 FR=1,5

PERHITUNGAN NILAI LER

Kondisi muatan truk berlebih 2 ton

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan		konfigurasi sumbu			Angka ekivaeln		Lintas Ekivalen		
	LHR	LHRt				Tiap sumbu	total	Awal	Akhir	Tengah
a	b	c	posisi	jenis	beban	i		k=b.h.C	l=c.g.C	m
mobil penumpang	560	1485.85	Depan	STRT	1.00	0.0002	0.0005	26.7518	0.201	13.476
			Belakang	STRT	1.00	0.0002				
Bus besar	100	265.33	Depan	STRT	3	0.0183	0.1592	198.0205	19.013	108.517
			Belakang	STRG	5	0.1410				
truk berat (2as)	150	397.99	Depan	STRT	6.45	0.3912	4.4005	297.0307	788.111	542.571
			Belakang	STRG	11.55	4.0093				
Truk berat (3as)	50	132.66	Depan	STRT	11.02	3.3301	6.0646	136.4532	362.051	249.252
			Belakang	SGRG	19.38	2.7345				
trailer 4 as	30	79.60	Depan	STRT	2.7	0.0120	3.9295	53.0476	140.751	96.899
			Tengah	STRG	16.20	1.3360				
			Belakang	SGRG	19.10	2.5815				
trailer 5 as	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	4.0094	54.1267	47.871	50.999
			Tengah	SGRG	16.447	1.4193				
			Belakang	SGRG	19.053125	2.5562				
Trailer 6 As	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	5.1133	23.0100	61.052	42.031
			Tengah	SGRG	18.95	2.5014				
			Belakang	STRG	21.55	2.5781				
							LEP	788.4404		
								LEA	1419.050	
									LET	1103.745
									LER	2207.49

Umur rencana 20 tahun i= 5 %
 C=0,3 untuk kendaraan ringan dan lpo=≥ 4
 C= 0,4 untuk kendaraan berat lpt = 2,0
 FP= 2,00 FR=1,5

PERHITUNGAN NILAI LER

Kondisi muatan truk berlebih 3 ton

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan		konfigurasi sumbu			Angka ekivaeln		Lintas Ekivalen		
	LHR	LHRt				Tiap sumbu	total	Awal	Akhir	Tengah
a	b	c	posisi	jenis	beban	i		k=b.h.C	l=c.g.C	m
mobil penumpang	560	1485.85	Depan	STRT	1.00	0.0002	0.0005	26.7518	0.201	13.476
			Belakang	STRT	1.00	0.0002				
Bus besar	100	265.33	Depan	STRT	3	0.0183	0.1592	249.6280	19.013	134.320
			Belakang	STRG	5	0.1410				
truk berat (2as)	150	397.99	Depan	STRT	6.75	0.4682	5.5473	374.4420	993.506	683.974
			Belakang	STRG	12.25	5.0791				
Truk berat (3as)	50	132.66	Depan	STRT	11.35	3.7415	6.8769	154.7309	410.547	282.639
			Belakang	SGRG	20.05	3.1354				
trailer 4 as	30	79.60	Depan	STRT	2.7	0.0120	4.3979	59.3722	157.532	108.452
			Tengah	STRG	16.64	1.4856				
			Belakang	SGRG	19.66	2.9004				
trailer 5 as	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	4.4807	60.4896	53.499	56.994
			Tengah	SGRG	16.891	1.5788				
			Belakang	SGRG	19.609375	2.8681				
Trailer 6 As	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	5.6330	25.3483	67.257	46.303
			Tengah	SGRG	19.40	2.7475				
			Belakang	STRG	22.10	2.8516				
Umur rencana 20 tahun		i= 5 %					LEP	950.7629		
C=0,3 untuk kendaraan ringan dan		lpo \geq 4						LEA	1701.555	
C= 0,4 untuk kendaraan berat		lpt = 2,0							LET	1326.159
FP= 2,00		FR=1,5							LER	2652.32

PERHITUNGAN NILAI LER

Kondisi muatan truk berlebih 4 ton

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan		konfigurasi sumbu			Angka ekivaeln		Lintas Ekivalen		
	LHR	LHRt				Tiap sumbu	total	Awal	Akhir	Tengah
a	b	c	posisi	jenis	beban	i		k=b.h.C	l=c.g.C	m
mobil penumpang	560	1485.85	Depan	STRT	1.00	0.0002	0.0005	26.7518	0.201	13.476
			Belakang	STRT	1.00	0.0002				
Bus besar	100	265.33	Depan	STRT	3	0.0183	0.1592	310.7703	19.013	164.891
			Belakang	STRG	5	0.1410				
truk berat (2as)	150	397.99	Depan	STRT	7.05	0.5561	6.9060	466.1555	1236.849	851.502
			Belakang	STRG	12.95	6.3499				
Truk berat (3as)	50	132.66	Depan	STRT	11.67	4.1899	7.7688	174.7983	463.792	319.295
			Belakang	SGRG	20.73	3.5789				
trailer 4 as	30	79.60	Depan	STRT	2.7	0.0120	4.9073	66.2489	175.778	121.013
			Tengah	STRG	17.07	1.6475				
			Belakang	SGRG	20.23	3.2479				
trailer 5 as	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	4.9928	67.4031	59.613	63.508
			Tengah	SGRG	17.334	1.7513				
			Belakang	SGRG	20.165625	3.2076				
Trailer 6 As	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	6.1915	27.8619	73.926	50.894
			Tengah	SGRG	19.85	3.0115				
			Belakang	STrRG	22.65	3.1462				
Umur rencana 20 tahun		i= 5 %		LEP		1139.9899				
C=0,3 untuk kendaraan ringan dan		lpo≥ 4		LEA		2029.173				
C= 0,4 untuk kendaraan berat		lpt = 2,0						LET		
FP= 2,00		FR=1,5						LET		
								LER		
								3169.16		

PERHITUNGAN NILAI LER

Kondisi muatan truk berlebih 5 ton

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan		konfigurasi sumbu			Angka ekivaeln		Lintas Ekivalen		
	LHR	LHRt				Tiap sumbu	total	Awal	Akhir	Tengah
a	b	c	posisi	jenis	beban	i		k=b.h.C	l=c.g.C	m
mobil penumpang	560	1485.85	Depan	STRT	1.00	0.0002	0.0005	26.7518	0.201	13.476
			Belakang	STRT	1.00	0.0002				
Bus besar	100	265.33	Depan	STRT	3	0.0183	0.1592	382.5593	19.013	200.786
			Belakang	STRG	5	0.1410				
truk berat (2as)	150	397.99	Depan	STRT	7.34	0.6559	8.5013	573.8390	1522.566	1048.202
			Belakang	STRG	13.66	7.8455				
Truk berat (3as)	50	132.66	Depan	STRT	12.00	4.6774	8.7453	196.7694	522.088	359.429
			Belakang	SGRG	21.40	4.0679				
trailer 4 as	30	79.60	Depan	STRT	2.7	0.0120	5.4599	73.7089	195.572	134.640
			Tengah	STRG	17.51	1.8222				
			Belakang	SGRG	20.79	3.6257				
trailer 5 as	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	5.5480	74.8979	66.242	70.570
			Tengah	SGRG	17.778	1.9377				
			Belakang	SGRG	20.721875	3.5765				
Trailer 6 As	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	6.7910	30.5593	81.083	55.821
			Tengah	SGRG	20.30	3.2940				
			Belakang	STrRG	23.20	3.4631				
Umur rencana 20 tahun		i= 5 %		LEP		1359.0856				
C=0,3 untuk kendaraan ringan dan		lpo \geq 4		LEA		2406.764				
C= 0,4 untuk kendaraan berat		lpt = 2,0						LET		
FP= 2,00		FR=1,5						LET		
								LER		
								3765.85		

PERHITUNGAN NILAI LER

Kondisi muatan truk berlebih 6 ton

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan		konfigurasi sumbu			Angka ekivaeln		Lintas Ekvivalen		
	LHR	LHRt				Tiap sumbu	total	Awal	Akhir	Tengah
a	b	c	posisi	jenis	beban	i		k=b.h.C	l=c.g.C	m
mobil penumpang	560	1485.85	Depan	STRT	1.00	0.0002	0.0005	26.7518	0.201	13.476
			Belakang	STRT	1.00	0.0002				
Bus besar	100	265.33	Depan	STRT	3	0.0183	0.1592	466.1683	19.013	242.590
			Belakang	STRG	5	0.1410				
truk berat (2as)	150	397.99	Depan	STRT	7.64	0.7684	10.3593	699.2525	1855.325	1277.289
			Belakang	STRG	14.36	9.5909				
Truk berat (3as)	50	132.66	Depan	STRT	12.33	5.2063	9.8116	220.7616	585.746	403.254
			Belakang	SGRG	22.07	4.6053				
trailer 4 as	30	79.60	Depan	STRT	2.7	0.0120	6.0581	81.7845	216.999	149.392
			Tengah	STRG	17.94	2.0105				
			Belakang	SGRG	21.36	4.0356				
trailer 5 as	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	6.1486	83.0058	73.413	78.209
			Tengah	SGRG	18.222	2.1385				
			Belakang	SGRG	21.278125	3.9762				
Trailer 6 As	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	7.4331	33.4492	88.751	61.100
			Tengah	SGRG	20.75	3.5959				
			Belakang	STrRG	23.75	3.8034				
Umur rencana 20 tahun		i= 5 %		LEP		1611.1737				
C=0,3 untuk kendaraan ringan dan		lpo≥ 4		LEA		2839.447				
C= 0,4 untuk kendaraan berat		lpt = 2,0						LET		
FP= 2,00		FR=1,5						2225.310		
								LER		
								4450.62		

PERHITUNGAN NILAI LER

Kondisi muatan truk berlebih 7 ton

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan		konfigurasi sumbu			Angka ekivaeln		Lintas Ekvalekn		
	LHR	LHRt				Tiap sumbu	total	Awal	Akhir	Tengah
a	b	c	posisi	jenis	beban	i		k=b.h.C	l=c.g.C	m
mobil penumpang	560	1485.85	Depan	STRT	1.00	0.0002	0.0005	26.7518	0.201	13.476
			Belakang	STRT	1.00	0.0002				
Bus besar	100	265.33	Depan	STRT	3	0.0183	0.1592	562.8322	19.013	290.922
			Belakang	STRG	5	0.1410				
truk berat (2as)	150	397.99	Depan	STRT	7.94	0.8949	12.5074	844.2483	2240.042	1542.145
			Belakang	STRG	15.06	11.6124				
Truk berat (3as)	50	132.66	Depan	STRT	12.65	5.7788	10.9732	246.8960	655.089	450.992
			Belakang	SGRG	22.75	5.1944				
trailer 4 as	30	79.60	Depan	STRT	2.7	0.0120	6.7043	90.5085	240.146	165.327
			Tengah	STRG	18.38	2.2130				
			Belakang	SGRG	21.92	4.4793				
trailer 5 as	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	6.7970	91.7595	81.155	86.457
			Tengah	SGRG	18.666	2.3546				
			Belakang	SGRG	21.834375	4.4086				
Trailer 6 As	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	8.1201	36.5405	96.953	66.747
			Tengah	SGRG	21.20	3.9182				
			Belakang	STrRG	24.30	4.1681				
Umur rencana 20 tahun		i= 5 %		LEP		1899.5368				
C=0,3 untuk kendaraan ringan dan		lpo≥ 4		LEA		3332.598				
C= 0,4 untuk kendaraan berat		lpt = 2,0						LET		
FP= 2,00		FR=1,5						2616.068		
								LER		
								5232.14		

PERHITUNGAN NILAI LER

Kondisi muatan truk berlebih 8 ton

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan		konfigurasi sumbu			Angka ekivaeln		Lintas Ekvivalen		
	LHR	LHRt				Tiap sumbu	total	Awal	Akhir	Tengah
a	b	c	posisi	jenis	beban	i		k=b.h.C	l=c.g.C	m
mobil penumpang	560	1485.85	Depan	STRT	1.00	0.0002	0.0005	26.7518	0.201	13.476
			Belakang	STRT	1.00	0.0002				
Bus besar	100	265.33	Depan	STRT	3	0.0183	0.1592	673.8473	19.013	346.430
			Belakang	STRG	5	0.1410				
truk berat (2as)	150	397.99	Depan	STRT	8.23	1.0364	14.9744	1010.7710	2681.876	1846.324
			Belakang	STRG	15.77	13.9380				
Truk berat (3as)	50	132.66	Depan	STRT	12.98	6.3973	12.2354	275.2970	730.445	502.871
			Belakang	SGRG	23.42	5.8382				
trailer 4 as	30	79.60	Depan	STRT	2.7	0.0120	7.4011	99.9150	265.104	182.510
			Tengah	STRG	18.81	2.4305				
			Belakang	SGRG	22.49	4.9587				
trailer 5 as	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	7.4957	101.1923	89.498	95.345
			Tengah	SGRG	19.109	2.5866				
			Belakang	SGRG	22.390625	4.8753				
Trailer 6 As	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	8.8539	39.8426	105.714	72.778
			Tengah	SGRG	21.65	4.2616				
			Belakang	STrRG	24.85	4.5585				
Umur rencana 20 tahun		i= 5 %		LEP		2227.6170				
C=0,3 untuk kendaraan ringan dan		lpo≥ 4		LEA		3891.851				
C= 0,4 untuk kendaraan berat		lpt = 2,0						LET		
FP= 2,00		FR=1,5						3059.734		
								LER		
								6119.47		

PERHITUNGAN NILAI LER

Kondisi muatan truk berlebih 9 ton

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan		konfigurasi sumbu			Angka ekivaeln		Lintas Ekvale		
	LHR	LHRt				Tiap sumbu	total	Awal	Akhir	Tengah
a	b	c	posisi	jenis	beban	i		k=b.h.C	l=c.g.C	m
mobil penumpang	560	1485.85	Depan	STRT	1.00	0.0002	0.0005	26.7518	0.201	13.476
			Belakang	STRT	1.00	0.0002				
Bus besar	100	265.33	Depan	STRT	3	0.0183	0.1592	800.5716	19.013	409.792
			Belakang	STRG	5	0.1410				
truk berat (2as)	150	397.99	Depan	STRT	8.53	1.1941	17.7905	1200.8574	3186.232	2193.545
			Belakang	STRG	16.47	16.5964				
Truk berat (3as)	50	132.66	Depan	STRT	13.30	7.0641	13.6041	306.0927	812.155	559.124
			Belakang	SGRG	24.10	6.5400				
trailer 4 as	30	79.60	Depan	STRT	2.7	0.0120	8.1510	110.0386	291.965	201.002
			Tengah	STRG	19.25	2.6635				
			Belakang	SGRG	23.05	5.4755				
trailer 5 as	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	8.2473	111.3387	98.472	104.905
			Tengah	SGRG	19.553	2.8353				
			Belakang	SGRG	22.946875	5.3781				
Trailer 6 As	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	9.6366	43.3646	115.059	79.212
			Tengah	SGRG	22.10	4.6271				
			Belakang	STrRG	25.40	4.9757				
Umur rencana 20 tahun		i= 5 %					LEP	2599.0154		
C=0,3 untuk kendaraan ringan dan		lpo \geq 4						LEA	4523.097	
C= 0,4 untuk kendaraan berat		lpt = 2,0							LET	3561.056
FP= 2,00		FR=1,5							LER	7122.11

PERHITUNGAN NILAI LER

Kondisi muatan truk berlebih 10 ton

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan		konfigurasi sumbu			Angka ekivaeln		Lintas Ekivalen		
	LHR	LHRt				Tiap sumbu	total	Awal	Akhir	Tengah
a	b	c	posisi	jenis	beban	i		k=b.h.C	l=c.g.C	m
mobil penumpang	560	1485.85	Depan	STRT	1.00	0.0002	0.0005	26.7518	0.201	13.476
			Belakang	STRT	1.00	0.0002				
Bus besar	100	265.33	Depan	STRT	3	0.0183	0.1592	944.4244	19.013	481.719
			Belakang	STRG	5	0.1410				
truk berat (2as)	150	397.99	Depan	STRT	8.83	1.3691	20.9872	1416.6366	3758.759	2587.698
			Belakang	STRG	17.17	19.6181				
Truk berat (3as)	50	132.66	Depan	STRT	13.63	7.7817	15.0851	339.4146	900.568	619.991
			Belakang	SGRG	24.77	7.3033				
trailer 4 as	30	79.60	Depan	STRT	2.7	0.0120	8.9567	120.9150	320.823	220.869
			Tengah	STRG	19.69	2.9130				
			Belakang	SGRG	23.61	6.0317				
trailer 5 as	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	9.0543	122.2336	108.107	115.170
			Tengah	SGRG	19.997	3.1016				
			Belakang	SGRG	23.503125	5.9189				
Trailer 6 As	10	26.53	Depan	STRT	3.500	0.0338	10.4703	47.1162	125.013	86.065
			Tengah	SGRG	22.55	5.0156				
			Belakang	STrRG	25.95	5.4208				
Umur rencana 20 tahun		i= 5 %		LEP		3017.4923				
C=0,3 untuk kendaraan ringan dan		lpo≥ 4		LEA		5232.485				
C= 0,4 untuk kendaraan berat		lpt = 2,0								
FP= 2,00		FR=1,5								
								LET	4124.988	
								LER	8249.98	

