

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uraian Umum

Secara definisi beban berlebih (*overloading*) adalah suatu kondisi beban gandar kendaraan melebihi beban standar yang digunakan pada asumsi desain perkerasan jalan atau jumlah lintasan operasional sebelum umur rencana tercapai, atau sering disebut dengan kerusakan dini. Sedangkan umur rencana perkerasan jalan adalah jumlah repetisi beban lalu lintas (dalam satuan *Equivalent Standard Axle Load*, ESAL) yang dapat dilayani jalan sebelum terjadi kerusakan struktural pada lapisan perkerasan. Kerusakan jalan akan terjadi lebih cepat karena jalan terbebani melebihi daya dukungnya.

Kerusakan ini disebabkan oleh salah satu faktor yaitu terjadinya beban berlebih (*overloading*) pada kendaraan yang mengangkut muatan melebihi ketentuan batas beban yang ditetapkan yang secara signifikan akan meningkatkan daya rusak ($VDF = Vehicle\ Damage\ Faktor$) kendaraan yang selanjutnya akan memperpendek umur pelayanan jalan.

Beban berlebih (*overload*) akan menyebabkan kerusakan dini akan terjadi pada jalan, karena jalan terbebani oleh kendaraan yang mengangkut beban berlebih, hal ini akan menyebabkan perhitungan beban gandar standar ekuivalen (*Cumulative Equivalent Standard Axle*, CESA) rencana akan tercapai sebelum umur jalan yang direncanakan pada saat mendesain jalan. Umur rencana perkerasan jalan adalah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu-lintas kendaraan sampai diperlukan suatu perbaikan struktural atau sampai diperlukan lapisan tambahan aspal yang menutupi ketidaksempurnaan dalam aspal yang ada (*Overlay*) lapisan perkerasan (Sukirman, 1999). Proses *Overlay* aspal umumnya mencakup meratakan keluar dari bentuk aspal lama, memastikan halus, bahkan permukaan yang menambahkan lapisan tambahan. Jenis dan besarnya beban kendaraan yang beraneka ragam menyebabkan pengaruh daya rusak dari masing-masing kendaraan terhadap lapisan-lapisan perkerasan jalan raya tidaklah sama. Semakin besar muatan/beban suatu kendaraan yang dipikul lapisan perkerasan jalan maka umur perkerasan jalan

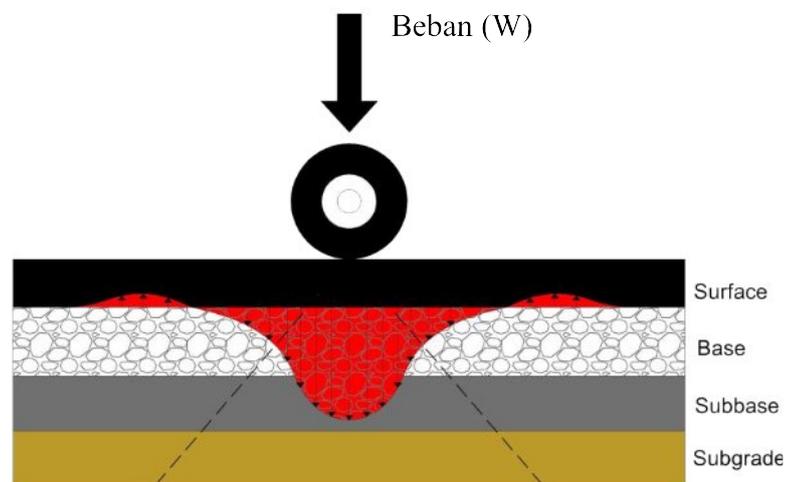
akan semakin cepat tercapai, hal ini disebabkan kendaraan-kendaraan yang melintas memiliki angka ekivalen yang makin besar dan kendaraan yang lewat pada suatu lajur jalan raya memiliki beban siklus atau suatu beban yang berulang-ulang yang mempengaruhi indeks permukaan akhir umur rencana (IPt) dari perkerasan jalan raya.

Kebanyakan truk di Indonesia mengalami kelebihan muatan, beberapa diantaranya memiliki kelebihan yang sangat besar. Sebuah Survei *The Asia Foundation*, bekerja sama dengan Lembaga Penyelidikan Ekonomi dan Masyarakat, Fakultas Ekonomi, Universitas Indonesia (LPEM-FEUI) menunjukkan bahwa rata-rata 52% truk mengalami kelebihan muatan sekitar 45% di atas batas muatan yang diizinkan. Rata-rata berat beban adalah sekitar 4 ton di atas berat yang diizinkan. Kebanyakan truk merupakan jenis bak terbuka dan mengalami modifikasi, banyak pemilik truk melakukan modifikasi terhadap truk mereka agar bisa memuat barang melebihi batas beban muat yang ditentukan. (*Jurnal The Asia Foundation 2008 "Biaya Transportasi Barang Angkutan, Regulasi, dan Pungutan Jalan di Indonesia"* hal 41 dan hal 43). Masalah truk bermuatan berlebih atau *overload* tidak saja berdampak terhadap percepatan kerusakan jalan tetapi juga menyebabkan berbagai gangguan yang berdampak pada lingkungan maupun keselamatan lalulintas sebagai berikut meningkatnya tingkat polusi udara, meningkatnya tingkat kebisingan, meningkatnya tingkat kemacetan lalulintas, meningkatnya tingkat kecelakaan lalulintas, meningkatnya percepatan kerusakan jalan dan lain-lain.

Dalam perencanaan perkerasan jalan raya adanya, digunakan beban standar sehingga semua beban kendaraan dapat diekivalensikan terhadap beban standar dengan menggunakan "angka ekivalen beban sumbu (E)". Beban standar merupakan beban sumbu tunggal beroda ganda seberat 18.000 pon (8,16 ton) (*Sukirman, 1999*). Maka dengan adanya masalah beban berlebih dalam tugas akhir ini dilihat seberapa besar pengaruh kelebihan muatan terhadap umur perkerasan jalan raya. Dengan adanya kasus beban berlebih ini perlu untuk diketahui besaran pengaruh dari kendaraan-kendaraan dengan kelebihan muatan terhadap pengurangan umur rencana perkerasan jalan raya.

2.2 Landasan Teori

Struktur perkerasan (*Pavement*) adalah suatu struktur (lapis kulit) yang diletakkan di atas tanah dasar dengan syarat dan ketebalan tertentu. Pada umumnya struktur perkerasan jalan di bentuk dari beberapa lapisan yang relatif kuat dibagian atasnya dan berangsur-angsur relatif lemah di bagian bawah.



Gambar 2.1 Penyebaran Beban Roda Hingga Lapisan Subgrade

Pada gambar 2.1 terlihat bahwa beban kendaraan dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui bidang kontak roda berupa beban terbagi rata (w). Beban tersebut diterima oleh lapisan permukaan (*surface course*) dan disebarkan hingga ketanah dasar (*subgrade*), dan menimbulkan gaya pada masing-masing lapisan sebagai akibat perlawanan dari tanah dasar terhadap beban lalu lintas yang diterimanya. Beban tersebut adalah :

1. Muatan atau berat kendaraan berupa gaya vertikal
2. Gaya gesekan akibat rem berupa gaya horizontal
3. Pukulan roda kendaraan berupa getaran-getaran

2.3 Perkerasan Jalan

Menurut Silvia Sukirman, 2007, berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan terbagi menjadi :

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*Portland cement*) sebagai bahan pengikatnya.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

2.4 Perkerasan Lentur (*flexible pavement*)

Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Aspal itu sendiri adalah material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika aspal dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu, aspal dapat menjadi lunak / cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk ke dalam pori-pori yang ada pada penyemprotan / penyiraman pada perkerasan macadam atau pelaburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis). Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya hanya 4 - 10 % berdasarkan berat atau 10 - 15 % berdasarkan volume, tetapi merupakan komponen yang relatif mahal.

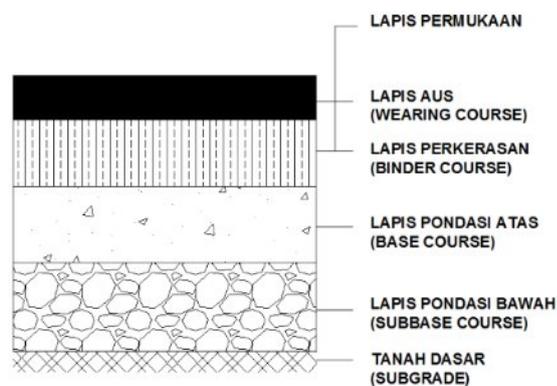
Aspal minyak yang digunakan untuk perkerasan jalan merupakan proses hasil residu dari destilasi minyak bumi, sering disebut sebagai aspal semen. Aspal semen bersifat mengikat agregat pada campuran aspal beton dan memberikan lapisan kedap air, serta tahan terhadap pengaruh asam, basa dan garam. Hal ini berarti jika dibuatkan lapisan dengan menggunakan aspal sebagai pengikat dengan mutu yang baik dapat memberikan lapisan kedap air dan tahan terhadap pengaruh cuaca dan reaksi kimia yang lain.

Sifat aspal berubah akibat panas dan umur, aspal akan menjadi kaku dan rapuh sehingga daya adhesinya terhadap partikel agregat akan berkurang. Perubahan ini dapat diatasi / dikurangi jika sifat-sifat aspal dikuasai dan dilakukan langkah-langkah yang baik dalam proses pelaksanaan.

Perkerasan lentur menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar yang dipadatkan melalui beberapa lapisan sebagai berikut :

- Lapisan permukaan
- Lapisan pondasi atas
- Lapisan pondasi bawah
- Lapisan tanah dasar

Perkerasan lentur adalah struktur perkerasan yang sangat banyak digunakan dibandingkan dengan struktur perkerasan kaku. Struktur perkerasan lentur dikonstruksi baik untuk konstruksi jalan, maupun untuk konstruksi landasan pacu.



Gambar 2.2 Lapisan Perkerasan Jalan Lentur

2.5 Standar Perencanaan

Lalu lintas adalah semua kendaraan yang melewati jalan raya. Lalu lintas yang beragam baik ukuran, berat total, konfigurasi dan beban sumbunya. Menurut kelompoknya yang umum dapat dibedakan yaitu motor, mobil penumpang, bus, truk ringan, truk sedang, truk berat, mobil gandeng (trailer). Berat total maksimum setiap kendaraan, konfigurasi sumbu dan distribusi beban sumbu telah ditetapkan menjadi aturan lalu lintas pemerintah (BinaMarga).

2.6 Volume Lalulintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu penampang tertentu pada suatu ruas jalan tertentu dalam satuan waktu tertentu. Volume lalu lintas rata-rata adalah jumlah kendaraan rata-rata dihitung menurut satu satuan waktu tertentu.

2.7 Muatan Sumbu Terberat

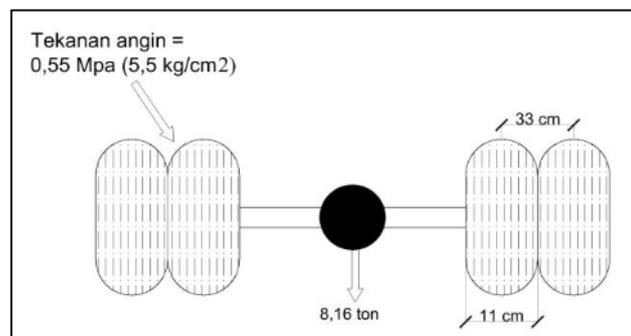
Muatan sumbu adalah jumlah tekanan roda dari satu sumbu kendaraan terhadap jalan. Beban tersebut selanjutnya didistribusikan ke pondasi jalan, bila daya dukung jalan tidak mampu menahan muatan sumbu maka jalan akan rusak. Oleh karena itu ditetapkanlah Muatan Sumbu Terberat (MST) yang bisa melalui suatu kelas jalan tertentu.

Tabel 2.1 Kelas Jalan Berdasarkan MST

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat (MST – ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	IIIA	8
Kolektor	IIIA	8
	IIIB	8
Lokal	IIIC	8

2.8 Angka Ekuivalen Sumbu

Konstruksi perkerasan jalan menerima beban lalu lintas yang dilimpahkan dari roda-roda kendaraan. Besarannya beban yang dilimpahkan beban tersebut tergantung dari berat total berat kendaraan, konfigurasi sumbu, bidang kontak antara roda dan perkerasan, kecepatan kendaraan, dan lain-lain. Sehingga efek tiap kendaraan terhadap kerusakan berbeda-beda oleh karna itu perlu adanya beban standar sehingga semua beban lainnya dapat disertakan dengan beban standar tersebut yang merupakan beban sumbu tunggal beroda ganda seberat 18.000 lbs (8,16 ton).



Gambar 2.3 Sumbu Standar 18.000 lbs (18,6 ton)

$$E_i = A_i \left(\frac{P_i}{P_s} \right)^4 \quad (2.1)$$

Dimana :

E_i : angka ekuivalen jenis sumbu ke i

A_i : koefisien jenis sumbu ke i

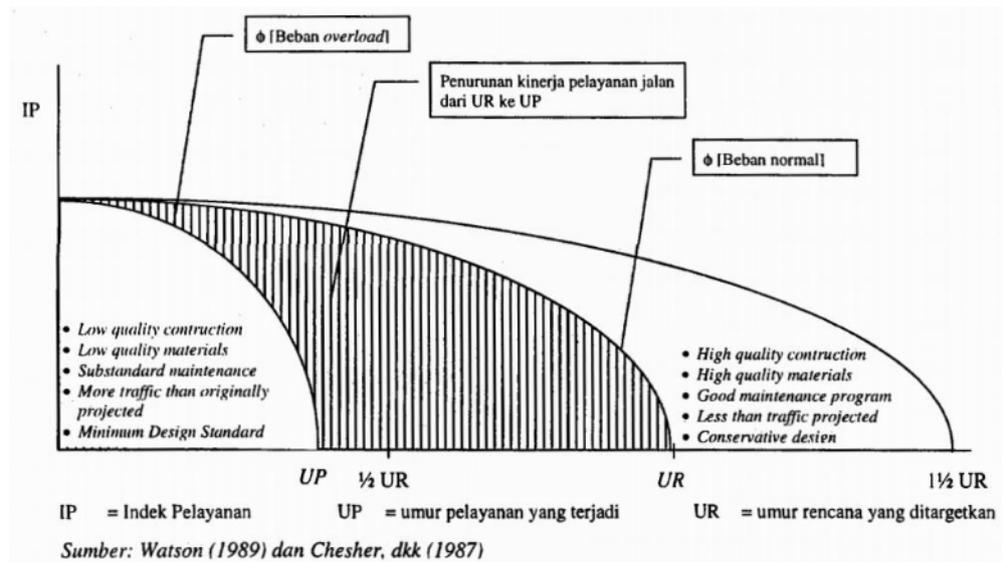
P_i : beban jenis sumbu ke i dalam ton

P_s : beban sumbu standar sebesar 8,16 ton

Tabel 2.2 Koefisien Jenis Sumbu

Jenis Sumbu	i	A_i
Tunggal	1	1
Tandem	2	0.086
Tridem	3	0.031

Faktor atau angka ekivalen beban sumbu (*equivalent axle load factor*) menyatakan kerusakan perkerasan akibat beban sumbu kendaraan yang lewat relatif terhadap kerusakan perkerasan akibat beban sumbu tunggal seberat 80 KN.



Gambar 2.4 Laju Penurunan Kualitas Jalan

2.9 Pengaruh Beban Berlebih Terhadap Biaya Penanganan Kerusakan Jalan

Kerusakan jalan akibat beban muatan berlebih menyebabkan terjadinya biaya tambahan (*additional cost*) terhadap penanganan kerusakan jalan tersebut. Mouradly dan Sepang (1995) dalam Rahim (2000) mengatakan bahwa biaya kerusakan jalan yang ditimbulkan oleh muatan berlebih pertahunnya untuk tiap ESAL (*Equivalent Single Load*) dirumuskan dalam persamaan (2) dan (3).

$$DFC_{\text{NORMAL}} = \frac{MC \times LOR}{\sum ESAL_{\text{NORMAL}}} \quad (2.2)$$

$$DFC_{\text{OVERLOAD}} = \frac{MC \times LOR}{\sum ESAL_{\text{OVERLOAD}}} \quad (2.3)$$

Dengan :

DFC = *damage factor cost* (Rp)

MC = *maintenance cost* per km per tahun (Rp/km)

LOR = *length of road* (km)

ESAL_{NORMAL} = ESAL pada beban sumbu normal (tidak ada muatan berlebih)

ESAL_{OVERLOAD} = ESAL pada beban sumbu *overload*

Kondisi *overloading* yang dapat mempercepat laju penurunan pelayanan jalan selama umur rencana dapat dihitung oleh persamaan berikut :

$$UP = \frac{E_{\text{NORMAL}}}{E_{\text{OVERLOAD}}} \times UR \quad (2.4)$$

$$E_{\text{NORMAL}} = DF \times LHR_{\text{NORMAL}} \quad (2.5)$$

$$E_{\text{OVERLOAD}} = DF \times LHR_{\text{OVERLOAD}} \quad (2.6)$$

Dengan :

UP = Umur pelayanan jalan yang terjadi (tahun)

UR = Umur rencana jalan yang ditargetkan (tahun)

DF = *demage factor*

E_{NORMAL} = Angka ekivalen pada lalulintas normal

E_{OVERLOAD} = Angka ekivalen pada lalulintas *overload*

LHR_{NORMAL} = LHR pada kondisi normal

LHR_{OVERLOAD} = LHR pada kondisi *overload*

Pengurangan umur pelayanan jalan tersebut berakibat pada biaya deficit penanganan jalan dari UR ke UP artinya telah terjadi additional cost selama = (UR-UP) tahun, hal ini merupakan kerugian jika ditinjau dari sisi investasi. Untuk menetapkan biaya kerugian tersebut, dilakukan beberapa asumsi sebagai berikut:

- a.) Pada kondisi normal, pemeliharaan rutin dilakukan setiap tahun, sedangkan pemeliharaan berkala dilakukan tiap 3-5 tahun. Pemeliharaan rutin tidak dilakukan bersamaan dengan pemeliharaan berkala.
- b.) Pemeliharaan berkala dapat meningkatkan kondisi mantap jalan, yang dianggap memberikan efek kemantapan jalan setengah daripada peningkatan jalan.
- c.) Biaya akibat penurunan umur pelayanan jalan dari yang ditargetkan, berdasarkan penurunan UR menjadi UP selama (UR-UP) tahun, sehingga disebut sebagai *deficit design life cost* (DDLDC).

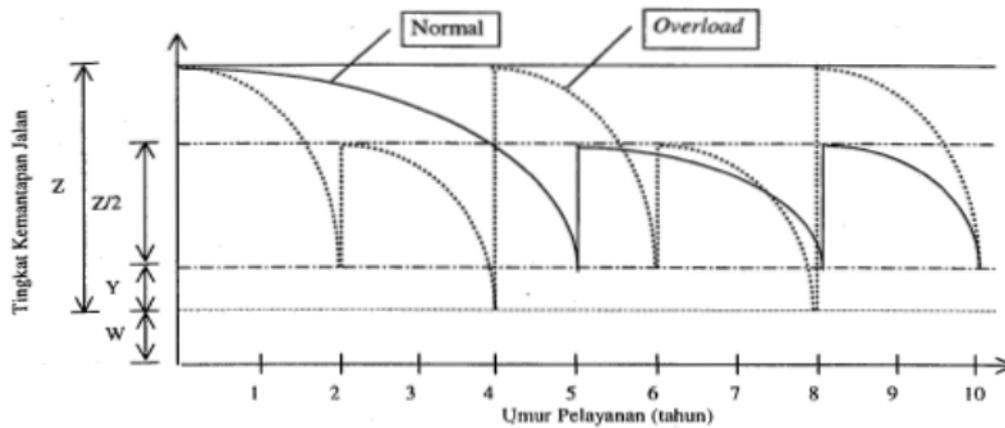
$$\text{DDLDC} = (\text{MC}_{\text{OVERLOAD}}) - (\text{MC}_{\text{NORMAL}}) \quad (2.7)$$

Dengan:

DDLDC = *defisit design life cost*, kerugian biaya akibat pengurangan dari UR ke UP.

$\text{MC}_{\text{NORMAL}}$ = Biaya penanganan kerusakan jalan pada kondisi muatan normal baik pemeliharaan rutin dan berkala maupun peningkatan jalan.

$\text{MC}_{\text{OVERLOAD}}$ = Biaya penanganan kerusakan jalan pada kondisi muatan lebih, baik pemeliharaan rutin dan pemeliharaan berkala maupun peningkatan jalan.



Sumber : Watson, 1999

Gambar 2.5 Konsep Penurunan Kemantapan Jalan

Tabel 2.3 Penurunan Kemantapan Jalan

Umur Pelayanan	TAHUN KE-									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kondisi normal	PR	PR	PR	PR	PB	PR	PR	PB	PR	PR
Kondisi overload	PR	PB	PR	PK	PR	PB	PR	PK	PR	PK

Sumber: Berdasarkan Gambar 2.5

Keterangan:

W = kondisi kemantapan terendah yang harus dilakukan pekerjaan peningkatan.

Y = kondisi kemantapan terendah yang masih dapat dilakukan dengan pemeliharaan berkala.

Z = kondisi kemantapan yang ditargetkan jika dilakukan pekerjaan peningkatan.

Z/2 = besaran penambahan kemantapan jalan karena pekerjaan pemeliharaan berkala.

PR = pemeliharaan rutin.

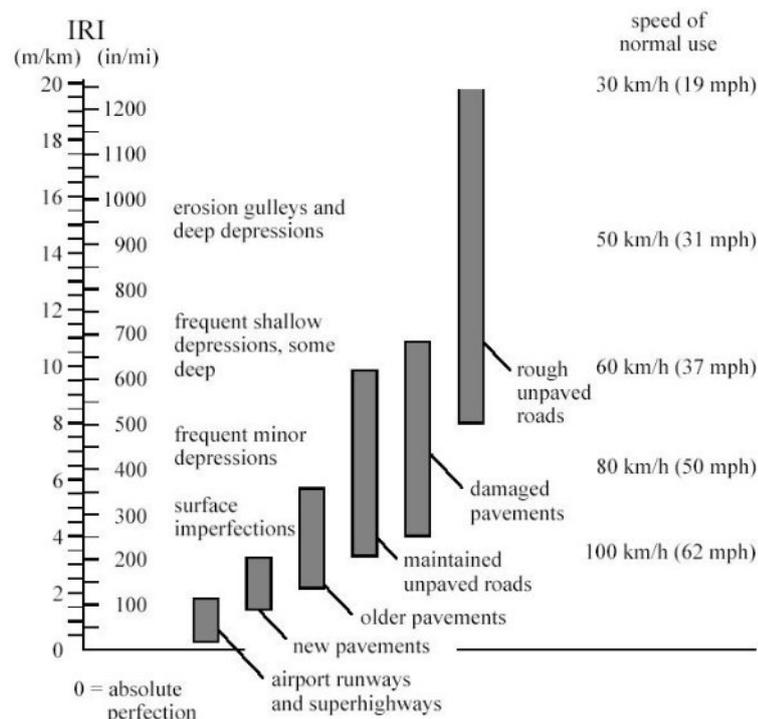
PB = pemeliharaan berkala.

PK = pekerjaan peningkatan.

2.10 Kekasaran Permukaan Jalan

Kekasaran permukaan jalan (IRI) merupakan penyimpangan dari permukaan yang direncanakan dengan karakteristik yang berpengaruh langsung pada dinamika pembebanan dan drainase. Satuan IRI (*international roughness index*) adalah m/km.

IRI adalah parameter ketidakrataan yang dihitung dari jumlah kumulatif naik turunnya permukaan arah profil memanjang dibagi dengan jarak/ panjang permukaan yang diukur. Sayer et al (1986) telah mengembangkan nilai IRI untuk berbagai umur perkerasan dan kecepatan. Untuk ketidakrataan permukaan jalan baru nilai IRI < 4 m/km yang dapat ditempuh pada kecepatan 100 km/jam dan untuk jalan lama nilai IRI < 6 m/km dengan kecepatan sekitar 80 km/jam, seperti terlihat pada gambar di bawah ini:



Sumber : Fengxuan Hu.(2004) *Development Of A Direct Type Road Roughness Evaluation System*

Gambar 2.6 *international roughness index*

Tabel berikut ini menunjukkan koefisien standar IRI :

Tabel 2.4 Koefisien Standar IRI

Quantitatif Evaluation	Roughness IRI (m/km)	
	paved road	unpaved road
smooth	2	4
reasonably smooth	4	8
medium rough	6	12
rough	8	15
very rough	10	20

Sumber: Ditjen Bina Marga (2006.a)

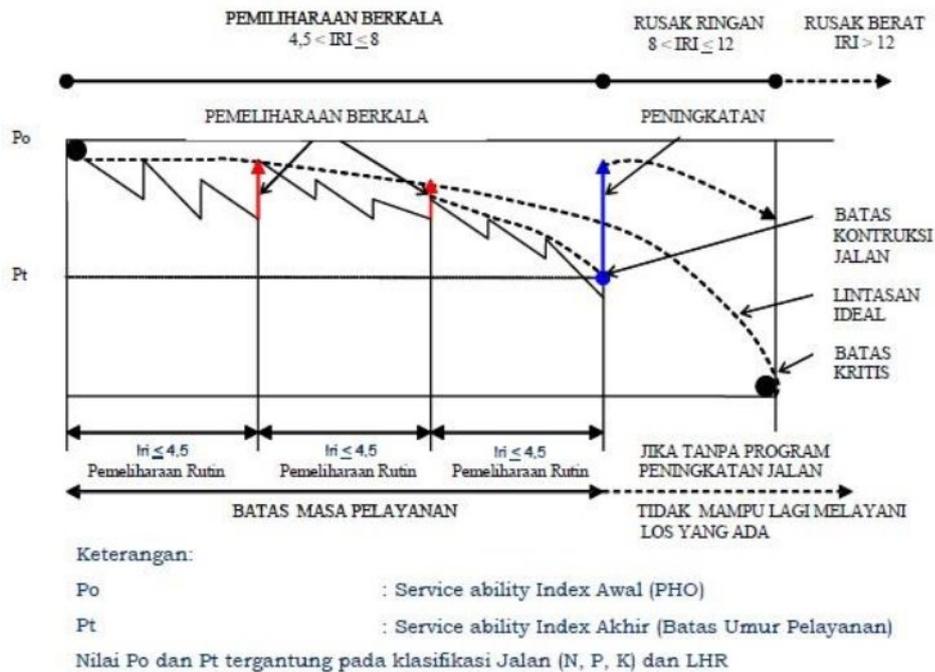
Untuk mengatasi penurunan kualitas tingkat pelayanan jalan dilakukan pemeliharaan rutin dan pemeliharaan berkala. Pemeliharaan rutin dilakukan setiap tahun dimana $0 < \text{IRI} < 4,5$ sedangkan pemeliharaan berkala dilakukan jika $4,5 < \text{IRI} < 8$.

Tabel 2.5 Kriteria IRI untuk pemeliharaan berkala dan nilai LHR

LHR (kend./hari)	IRI (m/km)
< 500	> 5,0
500 - 1.000	> 4,5
1.000 - 3.000	> 4,0
3.000 - 10.000	> 3,5
> 10.000	> 3,5

Sumber: Ditjen Bina Marga (2006.a)

Gambar di bawah ini menunjukkan hubungan antara kondisi pelayanan jalan terhadap pemeliharaan berkala.



Sumber: Ofyar Z. Tamin dan Saleh (2008)

Gambar 2.7 Hubungan kondisi pelayanan dan jenis penanganan jalan

2.11 Transportasi Barang

Menurut Rahardjo Adisasmita (2010), ciri-ciri barang, kualitas fisik barang, tingkat pengolahan barang, cara pengepakan barang, ukuran barang, kepadatan barang dan nilai barang meliputi :

2.11.1 Ciri – ciri Barang

Komoditas-komoditas terdiri dari berbagai jenis yang mempunyai ciri secara fisik dan finansial yang berbeda-beda pula ditinjau dari segi pelayanan transportasi. Secara luas dapat diklasifikasikan menurut (L. A. Schumer, 1968) :

1. Kualitas fisik
2. Tingkat pengolahan
3. Cara pengepakan
4. Ukuran
5. Kepadatan
6. Nilai

2.11.2 Kualitas Fisik Barang

Kualitas fisik barang yang inheren dimana dalam beberapa hal dikaitkan dengan kebusukan atau kerusakan dapat ditinjau dari beberapa segi. Dari segi transportasi telah diadakan klasifikasi barang menurut bentuk dasarnya.

a) Cair, panas, atau gas

Perbedaan ketiga jenis barang-barang tersebut mempengaruhi terhadap cara pengepakan dan penanganannya.

b) Hewan hidup dan hewan mati

Semua jenis hewan hidup membutuhkan penanganan yang berbeda dengan cara penanganan untuk hewan mati atau barang-barang lainnya.

c) Mudah rusak dan tidak mudah rusak

Faktor yang dapat menimbulkan kerusakan dalam transportasi adalah kebakaran, gesekan, dan pengaruh kekerasan lainnya. Barang-barang tambang, pasir, tanah dan barang-barang yang tidak mudah rusak.

d) Mudah pecah dan tidak mudah pecah

Mudah pecah diklasifikasikan mudah rusak tetapi tidak semua barang-barang yang mudah rusak itu merupakan barang-barang yang mudah pecah. Barang-barang yang mudah pecah misalnya barang-barang gelas.

e) Basah atau kering

Muatan basah (*wet cargo*) diartikan sebagai muatan cair dan muatan kering (*dry cargo*) terdiri dari barang-barang heterogin, misalnya barang-barang manufaktur.

f) Berbahaya dan tidak berbahaya

Barang-barang berbahaya meliputi: korosif (asam belerang), mudah menyala (bensin), mudah meledak (dinamit), racun (arsenikum), berbau busuk (pupuk), mudah terbakar (kapas), mudah dijalar (terpentin), radio aktif (radium), dan bahan-bahan yang bereaksi dengan air (kalsium karbid).

g) Bertunas dan tidak bertunas

Bahan yang dapat dimakan seperti padi, buah-buahan, dan sebagainya.

h) Lekas busuk dan tidak lekas busuk

Lekas busuk dapat disebabkan karena: (1) kerusakan fisik secara alamiah (buah-buahan, sayuran, bunga-bunga), dan (2) tidak bernilai setelah melampaui waktu tertentu (koran).

2.11.3 Tingkat Pengolahan Barang

Barang-barang dapat diklasifikasi menurut rangkaian proses mulai dari permulaan produksi sampai pada pemakaian akhir atau konsumsi.

a) Bahan-bahan baku

Hasil-hasil pertanian, peternakan, kehutanan, perikanan, dan pertambangan, misalnya gandum, sapi, kayu, ikan, biji besi.

b) Barang-barang setengah jadi

Bahan-bahan baku dalam proses pengolahan menjadi bentuk lain tetapi tidak pada tahap yang siap untuk

digunakan, misalnya benang tenun.

c) Barang-barang jadi

Barang-barang yang telah selesai diolah ke dalam bentuk yang dibutuhkan untuk pemakaian akhir atau konsumsi, misalnya sepatu.

2.11.4 Cara Pengepakan Barang

Cara pengepakan barang-barang dalam transportasi penting diperhatikan pula. Secara luas diklsifikasikan sebagai berikut:

- a) Bulk, tidak dibungkus atau tidak dipak.
- b) Dalam bungkusan misalnya dalam peti kemas.

Pengepakan barang-barang mempunyai dua maksud:

1. Agar dapat dipasarkan dan ditangani secara mudah.
2. Melindungi barang-barang dari kerusakan dalam pemuatan, pembongkaran, dan selama dalam perjalanan. Pengepakan dapat dilakukan dalam berbagai bentuk, mulai dari kertas pembungkus sampai peti yang kuat, tergantung pada keadaan barang yang akan dimuat (diangkut).

2.11.5 Ukuran Barang

Setiap pak atau bungkus mempunyai ukuran yaitu: panjang, lebar dan tinggi atau berat dan volume (isi). Ditinjau dari segi ekonomi, penggunaan mesin- mesin pengangkat barang berukuran besar lebih menguntungkan dari pada mesin berkapasitas rendah. Berdasarkan berat atau isinya dapat dibuat klasifikasi muatan sebagai berikut:

- a) Muatan normal dapat diangkut oleh tenaga manusia dengan atau tanpa bantuan alat-alat sederhana atau alat-alat mekanis berkapasitas rendah.
- b) Muatan berat yang membutuhkan penanganan alat mekanis yang berkapasitas besar.

2.11.6 Kepadatan Barang

Selain dari pada berat dan isi muatan, kepadatan muatan merupakan pula dasar yang penting untuk membuat klasifikasi barang-barang karena fasilitas transportasi mempunyai kapasitas angkut yang terbatas.

Untuk kepentingan transportasi, kepadatan barang lebih mencerminkan berat barang yang diangkut dalam hubungannya dengan ruang yang sesungguhnya dibutuhkan untuk menampungnya atau dinyatakan sebagai *stowage factor* atau factor penimbunan barang, yaitu satuan ruang (m^3) yang dibutuhkan untuk menampung satuan berat (ton).

2.11.7 Nilai Barang

Nilai barang merupakan faktor penting untuk melakukan perlindungan ekstra terhadap barang-barang bernilai tinggi terhadap pencurian, kerusakan dan penyerobotan yang mungkin terjadi. Nilai barang merupakan indikator kemampuan finansial untuk menanggung beban biaya angkutan.

Nilai barang mempunyai beberapa arti, yaitu nilai intrinsik dan nilai komersial. Nilai intrinsik adalah nilai yang melekat pada barang tersebut tanpa memperhatikan faktor waktu atau tempat. Nilai komersial adalah nilai pasar yang berlaku pada suatu saat dan tempat. Nilai yang tertulis dalam dokumen pengiriman barang merupakan nilai yang dinyatakan oleh pemilik barang

sebagai jumlah maksimum yang akan diklaim olehnya apabila terjadi kerusakan atau kehilangan, biasanya nilai ini lebih rendah daripada nilai komersialnya.

2.12 Analisis Manfaat-Biaya

2.12.1 Pengertian Analisis Manfaat-Biaya

Analisis manfaat-biaya (*cost-benefit*) merupakan analisis yang digunakan untuk mengetahui besarnya keuntungan atau kerugian serta kelayakan proyek. Dalam perhitungannya, analisis ini memperhitungkan biaya serta manfaat yang akan diperoleh dari pelaksanaan suatu program atau proyek. Dalam analisis *cost-benefit* perhitungan manfaat serta biaya ini merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan. Sesuai dengan makna tekstualnya yaitu *cost-benefit* (manfaat biaya) maka analisis ini mempunyai penekanan dalam perhitungan tingkat keuntungan atau kerugian suatu program atau suatu rencana dengan mempertimbangkan biaya yang akan dikeluarkan serta manfaat yang akan dicapai. Metode perbandingan manfaat-biaya (*benefit-cost ratio method*) merupakan nilai perbandingan dari proyek-proyek dengan perbandingan dari manfaat-manfaat tahunan terhadap biaya-biaya tahunan.

Perbandingan manfaat biaya dinyatakan dengan :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{manfaat} - \text{manfaat tahunan dari perbaikan}}{\text{biaya} - \text{biaya tahunan dari perbaikan}} \\
 &= \frac{R - R_1}{H_1 - H} \qquad (2.8)
 \end{aligned}$$

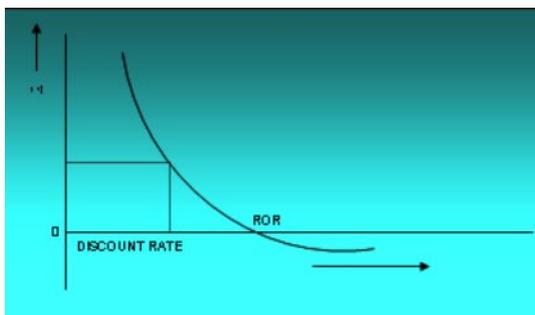
Dimana :

- R = biaya pemakai jalan tahunan total untuk keadaan dasar atau jalan raya yang sudah ada, atau untuk alternatif dari biaya awal yang lebih rendah.
- R1 = biaya pemakai jalan tahunan total untuk perbaikan yang diusulkan, atau untuk alternatif dari biaya awal yang lebih tinggi.
- H = biaya jalan raya tahunan total untuk keadaan dasar atau jalan raya yang sudah ada, atau untuk alternatif dari biaya awal yang lebih rendah.
- H1 = biaya jalan raya tahunan total untuk perbaikan yang diusulkan, atau untuk alternatif dari biaya awal yang lebih tinggi

2.12.2 NPV (*Net Present Value*)

NPV adalah selisih antara *present value* dari investasi dengan nilai sekarang dari penerimaan-penerimaan kas bersih di masa yang akan datang. Untuk menghitung nilai sekarang perlu ditentukan tingkat bunga yang relevan.

Semakin besar *discount rate* yang dipakai, makin kecil NPV yang diperoleh . Plotting antara NPV terhadap *discount rate* memberikan hubungan seperti gambar di bawah :



Gambar 2.8 Hubungan NPV dengan *discount rate*

$$P = \frac{F}{(1+i)^n} \quad (2.9)$$

Dimana:

- P = Jumlah uang sekarang, dalam hal ini adalah biaya awal dari tiap elemen peningkatan jalan
- F = Suatu jumlah uang tunggal pada akhir n periode dari tanggal sekarang yang ekivalen dengan P pada suku bunga i
- i = Suku bunga / *discount rate*
- n = Jumlah dari periode bunga

2.13 Tarif Angkutan

Tarif angkutan adalah harga jasa angkutan yang harus dibayar oleh pemilik barang (*shippers*) kepada perusahaan pengangkutan (*carrier*), karena itu persoalan tarif dalam pengangkutan adalah sama pentingnya dengan persoalan penentuan harga penjualan barang-barang yang dihasilkan oleh perusahaan industri. Tarif angkutan haruslah ditentukan pada suatu tingkat di mana perusahaan yang bersangkutan dapat berusaha dengan menguntungkan. Di lain pihak dari kepentingan konsumen atau pemakai jasa angkutan, tarif angkutan yang ditawarkan kepada masyarakat haruslah serendah mungkin agar dapat dijangkau oleh semua golongan yang membutuhkannya.

Tarif angkutan barang sendiri didasarkan atas nilai-nilai sebagai berikut:

a) Nilai instrinsik.

Biaya pengangkutan satu ton emas mungkin sama saja dengan mengangkut satu ton batu, tetapi proporsi terhadap harganya berbeda jauh, karena itu tarif angkutan barang yang bernilai intrinsik relatif tinggi ditetapkan lebih mahal.

b) Nilai perdagangan.

Barang-barang yang mempunyai nilai tambah yang lebih tinggi, mempunyai kemampuan yang lebih besar untuk membayar tarif angkutan.

c) Urgensi pengangkutan.

Barang-barang yang lekas rusak (busuk) bersedia membayar tariff angkutan yang lebih tinggi.

d) Pertimbangan Sosial

Tarif yang rendah diberikan untuk angkutan barang ke daerah-daerah yang terkena musibah atau daerah terpencil lainnya.