

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Manajemen

Manajemen dapat diartikan sebagai kemampuan untuk mendapatkan suatu hasil dalam rangka mencapai tujuan melalui kegiatan sekelompok orang atau organisasi. Dengan pengertian ini tujuan perlu ditetapkan terlebih dahulu, sebelum melibatkan sekelompok orang atau organisasi yang memiliki keahlian dalam mencapai suatu hasil tertentu dengan batasan-batasan tertentu (Djojowirono, 2005).

3.2 Proyek

Proyek adalah sebuah gabungan dan sumber daya manusia, material, peralatan, modal atau biaya dan segala bentuk perlengkapan dari proyek yang dihimpun dalam sebuah wadah organisasi atau pekerjaan yang memiliki tujuan atau hasil akhir yang sudah menjadi *planning* (Husen, 2009).

3.3 Manajemen Proyek

Manajemen Proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, cara teknis yang terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu dan waktu serta keselamatan kerja (Husen, 2009).

3.4 Jenis dan Fungsi Lapisan Perkerasan

Infrastruktur perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai antara lain adalah batu pecah, batu belah, batu kali dan hasil samping peleburan baja. Sedangkan bahan pengikat yang dipakai antara lain adalah aspal, semen dan tanah liat.

Konstruksi perkerasan menurut Hariyatmo (2007) dan Hardiwiyono (2013) pada umumnya perkerasan jalan diklasifikasikan mejadi tiga yaitu:

1. Kontruksi perkerasan lentur (*flexible Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan-lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ketanah dasar.
2. Kontruksi perkerasan kaku (*Rigit Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*Portland Cement*) sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
3. Kontruksi 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.

Sesuai batasan masalah, maka pembahasan selanjutnya hanya akan dibahas tentang pekerasan lentur saja.

3.4.1 Perkerasan Lentur (*flexible pavement*)

Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) menurut pedoman konstruksi bangunan desain perkerasan jalan lentur PT T-01-2002-B perkerasan lentur adalah struktur perkerasan jalan yang dapat dibuat dengan menggunakan lapis pondasi agregat dan lapis permukaan dengan pengikat aspal.

perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Aspal sendiri adalah material berwarna hitam atau cokelat tua, pada temperature ruang berbentuk padat samapai sedikit padat. Jika aspal dipanaskan samapai suatu temperature tertentu, aspal bias menjadi lunak atau cair sehingga dapat membungkus parikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton. Jika temperature mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat (sifat termoplastis). Sifat aspal berubah akibat panas dan umur, aspal akan menjadi kaku dan rapuh sehingga daya adhesinya agregat akan berkurang. Perubahan ini bias

diatasi atau dikurangi jika aspal dilakukan dengan langkah-langkah yang baik dalam proses pelaksanaan.

Konstruksi perkerasan lentur terdiri atas lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar (*subgrade*), lapis bawah atau atas (*subbase atau base course*), dan lapis permukaan (*surface course*). Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan yang ada dibawahnya, sehingga beban yang diterima oleh tanah dasar lebih kecil dari beban yang diterima oleh lapisan permukaan dan lebih kecil dari daya dukung tanah dasar. Contoh lapisan perkerasan lentur ditampilkan pada **Gambar 3.1** berikut ini.



3.5 Struktur Perkerasan Lentur

Gambar 3.1 Lapis Perkerasan Lentur

(Sumber: Bina marga,2017)

Penelitian ini menggunakan Pedoman Manual desain perkerasan jalan 2017 sebagai pedoman dalam mendesain atau merancang perkerasan lentur pada ruas jalan di Daerah Istimewa Yogyakarta.

Metode perencanaan lentur sendiri didasarkan pada:

1. Perkiraan lalu lintas dan komposisinya selama umur rencana
2. Kekuatan tanah dasar yang dinyatakan dengan CBR
3. Kekuatan lentur yang digunakan
4. Jenis bahu jalan

5. Jenis perkerasan
6. Jenis penyaluran beban

Berikut akan dijelaskan persyaratan teknis dari perencanaan perkerasan lentur yang dibagi menjadi beberapa poin.

3.5.1 Tanah Dasar

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar sebagai berikut:

1. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
2. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
3. Daya dukung tanah tidak merata. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkan, yaitu pada tanah berbutir kasar yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan.

Untuk dapat mencegah timbulnya persoalan di atas maka tanah dasar harus dikerjakan sesuai dengan "Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya.

3.5.2 Lapis Pondasi Bawah

Fungsi lapis pondasi bawah antara lain:

1. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
2. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
3. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi.
4. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.

Hal ini sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap roda-roda alat-alat besar atau karena kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca.

Ber macam-macam tipe tanah dasar yang relatif lebih baik dari tanah dasar dapat digunakan sebagai bahan pondasi bawah. Campuran-campuran tanah

setempat dengan kapur atau semen Portland dalam beberapa hal sangat dianjurkan agar dapat bantuan yang relatif terhadap kestabilan konstruksi perkerasan.

3.5.3 Lapis Permukaan

Fungsi lapis permukaan antara lain:

1. Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda.
2. Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan kerusakan akibat cuaca.

Bahan untuk lapis permukaan umumnya adalah sama dengan bahan untuk lapis pondasi, dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan Tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban lalu lintas.

Pemilihan bahan untuk lapis permukaan juga sangat perlu dipertimbangkan kegunaan, umur rencana serta pertahapan konstruksi, agar dicapai manfaat yang sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

3.6 Metode Analisa Komponen Perkerasan Bina Marga 2017

Infrastruktur jalan di Indonesia telah berkembang dari tahun ke tahun. Dalam rangka peningkatan dan pengembangan kinerja jalan untuk pelaksanaan kegiatan pekerjaan konstruksi jalan guna menjamin kualitas perkerasan jalan, Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga mengeluarkan draft manual desain perkerasan jalan pada tahun 2013 yang kemudian dilakukan revisi pada tahun 2017 menjadi manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017.

Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 meliputi perubahan struktur penyajian untuk mempermudah pemahaman pengguna dan penambahan serta perbaikan kandungan manual. Revisi ini disusun untuk mengakomodasi tantangan dan hambatan dalam kinerja aset jalan di Indonesia. Manual ini berisi ketentuan teknis untuk pelaksanaan pekerjaan desain perkerasan jalan yang berlaku di lingkungan Direktorat Jenderal Bina Marga, terdiri dari 2 bagian, yaitu struktur perkerasan baru dan rehabilitasi perkerasan. Adapun beberapa parameter yang dijadikan sebagai pertimbangan perhitungannya ada seperti umur rencana, lalu

lintas, faktor lajur, beban lalu lintas dan tingkat pertumbuhan lalu lintas.

3.6.1 Umur Rencana

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum, umur rencana suatu jalan raya adalah jumlah waktu dalam tahun yang dihitung sejak jalan tersebut dibuka sampai saat diperlukan perbaikan berat atau dianggap perlu untuk diberi lapis permukaan yang baru. Umur perkerasan jalan ditetapkan pada umumnya berdasarkan jumlah kumulatif lintas kendaraan standard (CESA, *Cumulative Equivalent Standard Axle*). Umur rencana digunakan untuk menentukan jenis perkerasan dengan mempertimbangkan elemen perkerasan berdasarkan analisis *discounted whole of life cost* terendah. Tabel 3.1 berikut ini merupakan tabel ketentuan umur rencana dengan mempertimbangkan elemen perkerasan yang disajikan didalam Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017.

Tabel 3.1 Umur Rencana Perkerasan Jalan (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (Tahun)
Perkerasan Lentur	Lapisan perkerasan aspal dan lapisan berbutir CTB	20
	Pondasi jalan	40
	Semua lapisan perkerasan untuk area yang tidak diijinkan untuk ditinggikan akibat pelapisan ulang, misal : jalan perkotaan, underpass, jembatan, Terowongan	
	Cement Treated Base	
Perkerasan Kaku	Lapis Pondasi Atas, Lapis Pondasi Bawah, Lapis Beton Semen dan Pondasi Jalan	
Jalan Tanpa Penutup	Semua Elemen	Min 10

(Sumber : Bina Marga,2017)

Dapat dilihat pada Tabel 3.1 hubungan antara umur rencana, jenis perkerasan dan elemen perkerasan. Untuk perkerasan yang direncanakan dengan umur 10 tahun, perkerasan tanpa penutup dapat di aplikasikan sedangkan untuk perkerasan umur 20 tahun, perkerasan lentur menjadi pilihan yang utama. Untuk perkerasan 28 dengan umur rencana 40 tahun lebih dianjurkan untuk menggunakan perkerasan kaku. Ketentuan dalam tabel diatas tidaklah mutlak. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi desain perkerasan seperti ketersediannya material lokal, beban lalulintas serta, serta kondisi lingkungan sangat penting untuk dipertimbangkan.

3.6.2 Lalu Lintas

Lalu lintas sangat diperlukan dalam perencanaan teknik jalan, karena kapasitas dan konstruksi struktur perkerasan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang ditinjau. Dalam pendahuluan Manual Pd T-19-2004-B survey lalu lintas dapat dilakukan dengan cara manual, semi manual (dengan bantuan kamera video), ataupun (otomatis menggunakan tube maupun loop). Analisis lalu lintas pada ruas jalan yang didesain harus juga memperhatikan faktor pengalihan arus lalu lintas yang didasarkan pada analisis secara jaringan dengan memperhitungkan proyeksi peningkatan kapasitas ruas jalan yang ada atau pembangunan ruas jalan yang baru dalam jaringan tersebut, dan pengaruhnya terhadap volume lalu lintas dan beban terhadap ruas jalan yang didisain.

1. Volume Lalu lintas

Volume lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar jalur pada suatu jalan dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau MST (Muatan Sumbu Terberat) yang berpengaruh pada perencanaan konstruksi struktur perkerasan. Volume lalu lintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan selama satu satuan waktu (hari, jam, atau menit). Volume lalulintas dapat berupa Volume Lalulintas 30 Harian Rata-Rata (LHR) yaitu volume lalu lintas yang didapat dari nilai rata-rata kendaraan selama beberapa hari pengamatan dan Lalu lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT). Lalulintas

Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT) yaitu volume lalu lintas harian yang diperoleh dari nilai rata-rata jumlah kendaraan selama setahun penuh.

2. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Kebijakan dalam penentuan faktor pertumbuhan lalu lintas harus didasarkan pada data-data pertumbuhan historis atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang valid. Bila data histori pertumbuhan lalu lintas tidak lengkap atau tidak tersedia Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 menyediakan tabel faktor pertumbuhan lalu lintas minimum (untuk tahun 2015 hingga 2035) pada Tabel 3.6 berikut ini :

Tabel 3.2 Faktor Pertumbuhan Lalulintas (i) (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-Rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor Rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber Bina Marga,2017)

Penentuan faktor lalu lintas tidak diterangkan dengan jelas pada Manual Desain Perkerasan Lentur Pd T-01-2002-B, oleh karena itu tabel diatas merupakan hal baru yang harus diperhatikan penyedia jasa konstruksi dalam proses pendesainan. Untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 menyajikan rumus pada **Persamaan 3.1** sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+0,0i)^{UR-1}}{0,01i} \tag{3.1}$$

dengan:

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

i = Tingkat pertumbuhan lalu lintas tahunan

UR = Umur Rencana (tahun)

3.6.3 Faktor Lajur

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL). Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu.

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur-lajur dalam. Faktor distribusi jalan yang ditunjukkan pada Tabel 3.3. Beban desain pada setiap lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur selama umur rencana. Kapasitas lajur mengacu Permen PU No.19/PRT/M/2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan berkaitan rasio antara volume dan kapasitas jalan yang harus dipenuhi.

Tabel 3.3 Faktor Distribusi Lajur

Jumlah Lajur per Arah	Faktor Distribusi Lalulintas (%)
1	100
2	80
3	60
4	50

(Sumber : Bina Marga,2017)

3.6.4 Perkiraan Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Perusakan jalan oleh kendaraan dihitung dalam bentuk satuan faktor yang disebut dalam faktor perusak jalan (*Vehicle Damage Factor*). Untuk menghitung faktor kerusakan jalan perlu diperoleh gambaran tentang beban sumbu kendaraan dan konfigurasi sumbu kendaraan yang ada. Perhitungan beban lalulintas yang

akurat sangatlah penting dalam tahap perhitungan dalam perencanaan kebutuhan konstruksi jalan. Dalam Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 perhitungan beban lalu lintas dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu :

1. Studi jembatan timbang/timbangan statis lainnya khusus untuk ruas jalan yang di disain.
2. Studi jembatan timbang dan standard yang telah pernah dikeluarkan dan dilakukan sebelumnya juga telah di publikasikan serta dianggap cukup representatif untuk ruas jalan yang didesain, Jika survei beban gandar tidak mungkin dilakukan oleh perencana dan data survei beban gandar sebelumnya tidak tersedia, maka nilai VDF pada Tabel 3.8 dan Tabel 3.9 dapat digunakan untuk menghitung ESA. Tabel 3.8 menunjukkan nilai VDF regional masing-masing jenis kendaraan niaga yang diolah dari data studi WIM yang dilakukan Ditjen Bina Marga pada tahun 2012 – 2013. Data tersebut perlu diperbarui secara berkala sekurang-kurangnya setiap 5 tahun. Apabila survei lalu lintas dapat mengidentifikasi jenis dan muatan kendaraan niaga, dapat digunakan data VDF masing-masing jenis kendaraan menurut tabel 3.9. Untuk periode beban faktual (sampai tahun 2020), digunakan nilai VDF beban nyata. Untuk periode beban normal (terkendali) digunakan VDF dengan muatan sumbu terberat 12 ton.

Tabel 3.4 Nilai VDF Standar

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi Sumbu	Muatan yang Diangkut	Kelompok Sumbu	Distribusi Tipikal		Faktor Ekuivalen Beban (VDF) (ESA/Kendaraan)	
Klasifikasi Lama	Alternatif					Semua Kendaraan Bermotor	Semua Kendaraan Bermotor Kecual Sepeda Motor	VDF Pangkat ⁴	VDF Pangkat ⁵
1	1	Sepeda Motor	1.1	Muatan yang Diangkut	2	30,4			
2,3,4	2,3,4	Sedan / Angkot / pick-up / station wagon	1.1		2	51,7	74,3		
5a	5a	Bus kecil	1.2		2	3,5	5,00	0,3	0,2
5b	5b	Bus besar	1.2		2	0,1	0,20	1,0	1,0
6a.1	6.1	Truk 2 sumbu-cargo ringan	1.1	Muatan umum	2	4,6	6,60	0,3	0,2
6a.2	6.2	Truk 2 sumbu- ringan	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2			0,8	0,8
6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu-cargo sedang	1.2	Muatan umum	2	-	-	0,7	0,7
6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu- sedang	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2			1,6	1,7
6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu- berat	1.2	Muatan umum	2	3,8	5,50	0,9	0,8
6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu- berat	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2			7,3	11,2
7a1	9.1	Truk 3 sumbu - ringan	1.22	Muatan umum	3	3,9	5,60	7,6	11,2
7a2	9.2	Truk 3 sumbu - sedang	1.22	Tanah, pasir, besi, semen	3			28,1	64,4
7a3	9.3	Truk 3 sumbu - berat	1.1.2		3	0,1	0,10	28,9	62,2
7b	10	Truk 2 sumbu & trailer penarik 2 sumbu	1.2-2-2		4	0,5	0,7	36,9	90,4
7c1	11	Truk 4 sumbu - trailer	1.2-22		4	0,3	0,50	13,6	24,0
7c2.1	12	Truk 5 sumbu- trailer	1.22-22		5	0,7	1,00	19,0	33,2
7c2.2	13	Truk 5 sumbu- trailer	1.2-222		5			30,3	69,7
7c3	14	Truk 6 sumbu- trailer	1.22-222		6	0,3	0,50	41,6	93,7

(Sumber : Bina Marga, 2017)

Tabel 3.5 Nilai VDF Masing – Masing Jenis Kendaraan Niaga

Jenis Ken daraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua			
	Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	38,8	9,3	13,5	-	-	-	-
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-

(Sumber : Bina Marga,2017)

3.6.5 Modulus Beban

Karakteristik modulus bahan untuk iklim dan kondisi pembebanan di Indonesia diberikan pada Tabel 3.6 untuk bahan berpengikat dan Tabel 3.7 untuk bahan berbutir lepas. Modulus lapisan aspal telah ditetapkan berdasarkan kisaran temperatur udara 25° sampai 34° dan Temperatur Perkerasan Tahunan Rata-rata (*weighted mean asphalt pavement temperature*, WAMPT) berkisar di antara 38° C (daerah pegunungan) hingga 42° C (untuk daerah pesisir).

Tabel 3.6 Karakteristik Modulus Bahan Pengikat

Jenis Bahan	Modulus Tipikal	Poisson's Ratio
HRS WC	800 MPa	0,4
HRS BC	900 MPa	
AC WC	1100 MPa	
AC BC	1200 MPa	
AC Base	1600 MPa	
Bahan bersemen (CTB)	500 MPa retak <i>(post cracking)</i>	0,2 (mulus) 0,3 (retak)
Tanah dasar (d disesuaikan musim)	10 x CBR (Mpa)	0,45 (tanah kohesif)
		0,35 (tanah non kohesif)

(Sumber : Bina Marga, 2017)

Tabel 3.7 Karakteristik Modulus Bahan Berbutir Lepas

Tebal lapisan aspal di atas lapisan berbutir	Modulus bahan berbutir (MPa)	
	(Langsung di bawah lapis HRS)	(Langsung di bawah lapis AC : WC/BC/Base)
40 mm	350	350

Lanjutan Tabel 3.7 Karakteristik Modulus Bahan Berbutir Lepas

Tebal lapisan aspal di atas lapisan berbutir	Modulus bahan berbutir (MPa)	
	(Langsung di bawah lapis HRS)	(Langsung di bawah lapis AC : WC/BC/Base)
75 mm	350	350
100 mm	350	350
125 mm	320	300
150 mm	280	250
175 mm	250	250
200 mm	220	210
225 mm	180	150
≥ 250 mm	150	150

(Sumber : Bina Marga,2017)

3.6.6 Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas merupakan beban kendaraan yang dilimpahkan keperkerasan jalan melalui kontak antara ban dan lapis permukaan atas jalan secara dinamis dan berulang-ulang selama masa pelayanan jalan. Beban kendaraan dilimpahkan melalui roda kendaraan yang terjadi berulang kali selama masa pelayanan jalan sebagai akibat repeetisi kendaraan yang melintasi jalan tersebut. Pemahaman tentang beban kendaraan yang merupakan beban dinamis pada perkerasan jalan sangat mempengaruhi hasil dari perenencanaan konstruksi struktur perkerasan jalan dan kekokohan struktur pelayanan jalan selama masa pelayanan.

1. Beban Sumbu Standar

Beban sumbu 100 kN diijinkan di beberapa ruas yaitu untuk ruas jalan kelas 1. Namun nilai CESA selalu ditentukan berdasarkan beban sumbu standard 80 kN.

2. Pengendalian Beban Sumbu

Untuk keperluan desain, tingkat pembebanan saat ini (aktual) diasumsikan

berlangsung sampai tahun 2020. Setelah tahun 2020, diasumsikan beban berlebih terkendali dengan beban sumbu nominal 120 kN.

3. Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESA) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, pada **Persamaan 3.2** yang ditentukan sebagai :

$$ESA = (\sum \text{jenis kendaraan LHR} \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (3.2)$$

Dengan:

ESA : lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standard axle*) untuk 1 hari

LHR : lintasan harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).

CESA : kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana R : faktor pengali pertumbuhan lalu lintas (pers 3.1)

VDF : Faktor Ekivalen Beban (Vehicle Damage Factor) tiap jenis kendaraan niaga Tabel 3.8. dan Tabel 3.9.

DD : Faktor distribusi arah.

DL : Faktor distribusi lajur (Tabel 3.7).

3.4.7 Desain Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi pondasi jalan. Batasan pada Tabel 3.8 tidak mutlak, perencana harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaan. Pemilihan alternatif desain berdasarkan manual ini harus didasarkan pada *discounted lifecycle cost* terendah dan tentunya dengan melihat nilai CESA₄ yang dihasilkan.

Tabel 3.8 Ketentuan Pertimbangan Jenis Desain Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 – 4	>4 - 10	>10 – 30	>30 - 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR \geq 2,5%)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1, 2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal \geq 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1, 2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1, 2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

(Sumber : Bina Marga, 2017)

Catatan :

Tingkat Kesulitan :

- I. kontraktor kecil – medium.
- II. kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai.
- III. membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus – dibutuhkan kontraktor spesialis Burda.

Aspal modifikasi direkomendasikan digunakan untuk lapis aus (wearing course) pada jalan dengan repetisi lalu lintas selama 20 tahun > 10juta ESA. Tujuan penggunaan aspal modifikasi adalah untuk memperpanjang umur pelayanan, umur futigie dan ketahanan deformasi lapis permukaan akibat beban lalu lintas berat.

Setelah menentukan jenis perkerasan maka dapat ditentukan tebal perkerasan yang diinginkan sesuai nilai CESA₅. Untuk dapat mengetahui desain tebal perkerasan dapat dilihat pada Tabel 3.9 dan Tabel 3.10. Tabel 3.10 menjelaskan bahwa Lapis Fondasi Agregat A dapat disesuaikan sesuai dengan nilai CBR.

Tabel 3.9 Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10% CESA ₅)	FF1 < 0,5	0,5 ≤ FF2 ≤ 4,0
Jenis permukaan	HRS atau Penetrasi makadam	HRS
Struktur perkerasan	Tebal perkerasan (mm)	
HRS WC	50	30
HRS Base	-	35
LFA Kelas A	150	25 0
LFA Kelas A atau LFA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR >10% ³	150	12 5

(Sumber : Bina Marga, 2017)

**Tabel 3.10 Penyesuaian Tebal Lapis Fondasi Agregat A Tanah Dasar
CBR \geq 7 %**

	Struktur Perkerasan								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 CESA5)	> 2	> 2-4	> 4-7	> 7-10	> 10-20	> 20-30	> 30-50	> 50-100	> 100-200
TEBAL LPA A (mm) PENYESUAIAN TERHADAP BAGAN DESAIN 3B									
Subgrade CBR \geq 5,5-7	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Subgrade CBR > 7-10	330	220	215	210	205	200	200	200	200
Subgrade CBR \geq 10	250	150	150	150	150	150	150	150	150
Subgrade CBR \geq 15	200	150	150	150	150	150	150	150	150

(Sumber : Bina Marga, 2017)

3.7 Ekonomi Teknik

Analisa ekonomi teknik adalah beberapa metode yang digunakan untuk menganalisis alternatif-alternatif mana yang harus dipilih secara sistematis, sesuai dengan kondisi-kondisi tertentu. Alternatif-alternatif itu timbul karena adanya keterbatasan dari sumber daya (manusia, material, uang, mesin, kesempatan, dll). Analisa ekonomi teknik melibatkan pembuatan keputusan terhadap berbagai penggunaan sumber daya yang terbatas.

Alternatif ini bisa juga berupa perbandingan biaya pilihan yang direkomendasi, dapat pula analisis ekonomi melibatkan unsur risiko yang mungkin terjadi. Selain membandingkan dengan berbagai macam biaya, analisis ekonomi juga dapat dikembangkan berdasarkan asas manfaat dari proyek yang bersangkutan (Kodoatie, 1995).

Metode-metode dalam menganalisa kelayakan ekonomi teknik yang digunakan oleh para ahli dapat dikelompokkan sebagai berikut:

Nilai uang sekarang (*present worth*)

1. Nilai uang sekarang adalah nilai ekuivalen pada saat sekarang yakni waktu 0

Metode ini seringkali dipakai terlebih dahulu daripada metode lain karena biasanya relatif lebih muda menilai suatu proyek pada saat sekarang.

2. Laju pengembalian modal (*rate of return*)

Laju pengembalian modal adalah ekuivalen dengan pengertian profit(keuntungan) dalam teori ekonomi. Perbandingan antara berbagai alternatif yang terdiri atas sejumlah penerimaan/keuntungan dan pengeluaran/biaya yang berbeda dengan periode yang berlainan dapat dilakukan dengan menghitung suku bunganya, dimana dengan suku bunga tersebut kedua alternatif ekuivalen.

3. Analisa Manfaat Biaya (*Benefit Cost Analysis*)

Analisa manfaat biaya (*benefit cost analysis*) adalah analisa yang sangat umum digunakan untuk mengevaluasi proyek-proyek yang dibiayai oleh pemerintah. Analisa ini adalah cara praktis untuk menaksir kemanfaatan proyek, dimana hal ini diperlukan tinjauan yang panjang dan luas. Dengan kata lain diperlukan analisa dan evaluasi dari berbagai sudut pandang yang relevan terhadap ongkos-ongkos maupun manfaat yang disumbangkan.

4. Titik Impas (*Break event Point*)

Dalam beberapa kondisi ekonomi, biaya dari suatu alternatif mungkin merupakan fungsi suatu variabel. Jika dua atau lebih alternatif merupakan fungsi suatu variabel yang sama, kemudian ingin ditentukan nilai dari variabel tersebut sedemikian hingga biaya kedua alternatif tersebut sama. Nilai dari variabel yang diperoleh disebut sebagai titik (*Break event Point*).

Dari alternatif analisa kelayakan tersebut maka yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisa manfaat biaya. Hal ini dikarenakan objek penelitian masuk dalam kategori infrastruktur atau sarana dan prasarana umum yang dibiayai oleh pemerintah.

3.8 Analisis Manfaat Biaya

Seperti yang dijelaskan diatas analisis manfaat biaya (*benefit cost analysis*) adalah analisa yang sangat umum digunakan untuk mengevaluasi proyek-proyek

yang dibiayai oleh pemerintah. Analisis manfaat dan biaya ini ditujukan untuk mencari nilai dari perbandingan antara manfaat dan biaya atau yang biasanya disebut *Benefit Cost Ratio (B/C Ratio)*.

Secara sederhana, *B/C Ratio* adalah perbandingan antara *Present Value Benefit* dibagi dengan *Present Value Cost*. Hasil *B/C Ratio* dari suatu proyek dikatakan layak secara ekonomi, bila nilai *B/C Ratio* lebih dari 1 (satu). *B/C Ratio* dipakai untuk mengevaluasi kelayakan proyek dengan membandingkan total manfaat terhadap total biaya yang telah didiskonto ke tahun dasar dengan memakai nilai suku bunga diskonto selama tahun rencana. **Persamaan 3.3** *Ratio* adalah sebagai berikut:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Present Manfaat}}{\text{Present Biaya}} \quad (3.3)$$

Berdasarkan itu kemudian akan dijelaskan apa saja manfaat dan biaya yang dihitung dalam perencanaan pembangunan perkerasan lentur ruas jalan yang teliti.

3.9 Manfaat (*Benefit*)

Menurut Kuiper (dalam Kodoatie, 2002) manfaat dapat dikategorikan menjadi:

1. Manfaat langsung, yakni manfaat yang langsung diperoleh dari proyek.
2. Manfaat tidak langsung, yakni manfaat yang secara tidak langsung memberikan keuntungan.
3. Manfaat nyata, yaitu manfaat yang dapat diukur dengan satuan nilai uang (*tangible benefit*)
4. Manfaat tidak nyata, yakni manfaat yang tidak dapat diukur dengan satuan nilai (*intangible benefit*)

Dalam penelitian ini manfaat yang akan dihitung hanya dari segi manfaat langsung yakni penghematan biaya operasional kendaraan tidak tetap (BOK-TT). Selanjutnya akan dijelaskan terkait biaya operasional kendaraan.

3.9.1 Biaya Operasi Kendaraan Tidak Tetap

Pedoman Pra Studi Kelayakan Proyek Jalan dan Jembatan PD T-18-2005-B menjelaskan bahwa perhitungan biaya operasi kendaraan dimaksudkan untuk mengevaluasi peningkatan pekerjaan proyek pembangunan jalan dan jembatan menurut kriteria ekonomi, sehingga dapat diketahui bahwa biaya yang dialokasikan dapat memberikan tingkat manfaat yang tinggi.

Manfaat yang dapat diperhitungkan menurut Pd-T-18-2005-B tersebut adalah penghematan biaya perjalanan, yaitu selisih biaya perjalanan total dengan proyek (*with project*) dan tanpa proyek (*wirhout project*).

Unit-unit BOK tidak tetap yang dihitung mengacu pada Pedoman Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap (*Running Cost*) Pd T-15-2005-B. Selanjutnya akan dijelaskan tentang unit-unit BOK tidak tetap tersebut.

1. Biaya Konsumsi Bahan Bakar

Beberapa input data yang dibutuhkan untuk mencari biaya konsumsi bahan bakar adalah kecepatan rata-rata lalu lintas, percepatan rata-rata, simpangan baku percepatan, tanjakan dan turunan serta berat kendaraan total yang direkomendasikan.

Untuk kecepatan rata-rata lalu lintas perkerasan eksisting, karena perkerasan eksisting mengalami kerusakan yang cukup parah, maka kecepatan rata-rata lalu lintas diasumsikan 10 km/jam untuk mobil penumpang, sedangkan truk dan bis diasumsikan 5 km/jam.

Sementara untuk percepatan rata-rata dihitung menggunakan **Persamaan 3.4** yang diperoleh dari Pd-T-15-2005-B berikut ini:

$$AR = 0,012 \times \left(\frac{V}{C}\right) \quad (3.4)$$

dengan:

AR = Percepatan rata-rata

V = Volume lalu lintas (smp/jam)

C = kapasitas jalan (smp/jam)

Sedangkan untuk perhitungan simpangan baku percepatan digunakan **Persamaan 3.5**.

$$SA = SA \max (1,041 + e^{(a_0 + a_1) \times V/C}) \quad (3.5)$$

dengan:

SA = Simpangan baku percepatan (m/s^2)

SA max = Simpangan baku percepatan maksimum (m/s^2) (tipikal=0,75)

a_0, a_1 = Koefisien parameter (tipikal $a_0 = 5,140$; $a_1 = -8,264$)

V = Volume lalu lintas (smp/jam)

C = kapasitas jalan (smp/jam)

Selanjutnya dalam perhitungan tanjakan dan turunan ditentukan melalui **Tabel 3.11** tentang alinemen vertikal yang direkomendasikan pada berbagai medan jalan berikut ini.

Tabel 3.11 Alinemen vertikal berbagai medan jalan

No	Kondisi Medan	Tanjakan rata-rata (m/km)	Turunan rata-rata (m/km)
1	Datar	2,5	-2,5
2	Bukit	12,5	-12,5
3	Pegunungan	22,5	-22,5

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005)

Selanjutnya menentukan berat kendaraan total yang direkomendasikan digunakan **Tabel 3.12** berikut :

Tabel 3.12 Berat kendaraan total jenis kendaraan

Jenis Kendaraan	Nilai Minimum (ton)	Nilai Maksimum (ton)
Sedan	1,3	1,5
Utiliti	1,5	2,0
Bus Kecil	3,0	4,0
Bus Besar	9,0	12,0
Truck Ringan	3,5	6,0
Truck Sedang	10,0	15,0
Truck Besar	15,0	25,0

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan
Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005)

Selanjutnya dalam menghitung biaya konsumsi bahan bakar minyak digunakan **Persamaan 3.6**.

$$B_iBBM_j = KBBM_i \times HBBM_j \quad (3.6)$$

dengan:

B_iBBM_j = Biaya konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan I
(Rp/km)

$KBBM_i$ = Konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan i (liter./km)

$HBBM_j$ = Harga bahan bakar untuk jenis BBM j (Rp/liter)

I = Jenis kendaraan

J = Jenis bahan bakar

Berdasarkan **Persamaan 3.6** tersebut, $KBBM_i$ perlu dicari terlebih dahulu.

Untuk mencari $KBBM_i$ digunakan **Persamaan 3.7** sebagai berikut.

$BBM_i =$

$$\frac{((\alpha + (\beta_1 \div VR) + (\beta_2 \times V^2) + (\beta_3 \times RR) + (\beta_4 \times FR) + (\beta_5 \times F^2) + (\beta_6 \times DTR) + (\beta_7 \times AR) + (\beta_8 \times SA) + (\beta_9 \times BK))}{1000}$$

1000

(3.7)

Dengan:

α = Konstanta

$\beta_1 \dots \beta_9$ = Koefisien-koefisien parameter

V_R = Kecepatan rata-rata

R_R = Tanjakan rata-rata

F_R = Turunan rata-rata

DT_R = Derajat tikungan rata-rata

A_R = Percepatan rata-rata

SA = Simpangan baku percepatan

BK = Berat kendaraan

Untuk nilai konstanta dan koefisien parameter dalam rumus tersebut ditentukan dalam **Tabel 3.13** tentang nilai konstanta dan koefisien-koefisien parameter model konsumsi BBM.

Tabel 3.13 Nilai konstanta dan koefisien bahan bakar sesuai jenis kendaraan

Jenis Kendaraan	α	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}	β_{11}
Sedan		1181,2	0,0037	1,265	0,634			-0,638	36,21			
Utiliti	29,61	1256,8	0,0059	1,765	1,197			132,2	42,84			
Bus Kecil	94,35	1058,9	0,0094	1,607	1,488			166,1	49,58			
Bus Besar	129,6	1912,2	0,0092	7,231	2,79			266,4	13,86			
Truk Ringan	70	524,6	0,002	1,732	0,945			124,4				50,02
Truk Sedang	97,7		0,0135	0,7365	5,706	0,0378	-0,0858			6,661	36,46	17,28
Truk Berat	190,3	3829,7	0,0196	14,536	7,225						11,41	10,92

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian

1. Biaya Tidak Tetap, 2005)

2. Biaya Konsumsi Oli

Biaya konsumsi oli untuk masing-masing jenis kendaraan dapat dihitung

dengan **Persamaan 3.8** berikut:

$$BO_i = KO_i \times HO_j \quad (3.8)$$

dengan:

BO_i = Biaya konsumsi oli untuk jenis kendaraan i (Rp./km)

KO_i = Konsumsi oli untuk jenis kendaraan i (liter/km)

HO_j = Harga oli untuk jenis oli j (Rp/liter)

KO_i sendiri dicari dengan menggunakan **Persamaan 3.9** berikut.

$$KO_i = OHK_i + OHO_i \times KBBM_i \quad (3.9)$$

Dengan:

OHK_i = Oli hilang akibat kontaminasi (liter/km)

OHO_i = Oli hilang akibat operasi (liter/km)

$KBBM_i$ = Konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan i (liter./km)

OHK_i sendiri dapat dicari dengan **Persamaan 3.10** berikut:

$$OHK_i = \frac{KAPO_i}{JPO_i} \quad (3.10)$$

dengan :

KPO_i = Kapasitas oli (liter)

JPO_i = Jarak penggantian oli (km)

Nilai OHO_i , KPO_i dan JPO_i diperoleh dari Tabel nilai tipikal JPO_i , KPO_i , dan OHO_i yang direkomendasikan diperoleh dari **Tabel 3.14** berikut ini.

Tabel 3.14 Nilai Tipikal JPOi , KPOi, dan OHOi

Jenis Kendaraan	JPOi	KPOi	OHOi
Sedan	2000	3,5	0,0000028
Utiliti	2000	3,5	0,0000028
Bus Kecil	2000	6	0,0000028
Bus Besar	2000	12	0,0000028
Truk Ringan	2000	6	0,0000028
Truk Sedang	2000	12	0,0000028
Truk Berat	2000	24	0,0000028

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005)

3. Biaya Konsumsi Suku Cadang

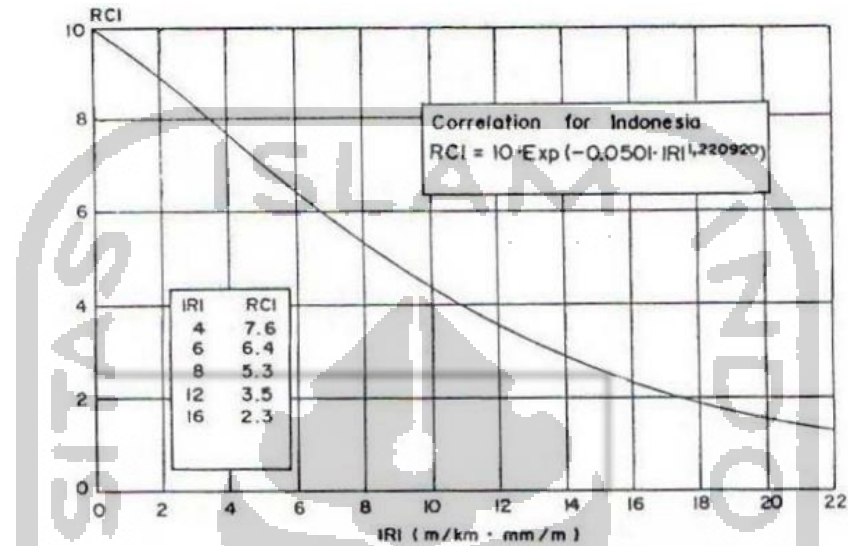
Beberapa input yang harus diperhatikan untuk mencari biaya konsumsi suku cadang adalah kekasaran permukaan jalan dan harga kendaraan baru. Nilai kekasaran permukaan yang digunakan adalah berdasarkan **Tabel 3.15** tentang kondisi permukaan visual dan nilai RCI berikut ini.

Tabel 3.15 Nilai RCI Permukaan Jalan

RCI	Kondisi Permukaan Jalan secara Visual
8-10	Sangat rata dan teratur
7-8	Sangat baik, umumnya rata
6-7	Baik
5-6	Cukup, sedikit sekali atau tidak ada lubang, tetapi permukaan jalan tidak rata
4-5	Jelek, kadang-kadang ada lubang, permukaan jalan tidak rata
3-4	rusak, bergelombang, banyak lubang
2-3	Rusak berat, banyak lubang dan seluruh daerah perkerasan hancur
0-2	Tidak dapat dilalui, kecuali dengan 4 WD Jeep

(Sumber: Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1992)

Berdasarkan **Tabel 3.15** tersebut jika sudah mendapatkan nilai RCI maka kemudian dikonversikan kedalam nilai IRI menggunakan grafik pada **Gambar 3.3** berikut ini.



Gambar 3.1 Grafik korelasi nilai RCI dan IRI

(Sumber: Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1992)

Selanjutnya input yang lain adalah harga kendaraan baru. Harga kendaraan baru diperoleh melalui survei internet. Harga kendaraan baru yang dipakai adalah harga kendaraan tersebut dikurangi dengan nilai ban yang digunakan.

Biaya konsumsi suku cadang dapat dihitung dengan **Persamaan 3.11**

$$B_{pi} = \frac{P_i \times HKB_i}{1000000} \quad (3.11)$$

dengan:

B_{Pi} = Biaya pemeliharaan kendaraan untuk jenis kendaraan i (Rp/km)

HKB_i = Harga kendaraan baru rata-rata untuk jenis kendaraan i (Rp)

P_i = Nilai relatif biaya suku cadang terhadap kendaraan baru jenis i

i = Jenis kendaraan

Pi sendiri diperoleh dari **Persamaan 3.12**

$$P_i = (\phi + \gamma_1 \times \text{IRI}) (\text{KJT}_i / 100000)^{\gamma_2} \quad (3.12)$$

dengan:

P_i = Nilai relatif biaya suku cadang terhadap kendaraan baru jenis I

ϕ = Konstanta

γ_1 & γ_2 = Koefisien-koefisien parameter

IRI = Kekasaran jalan (m/km)

KJT_i = Kumulatif jarak tempuh kendaraan jenis i (km)

i = Jenis kendaraan

Untuk KJT_i digunakan asumsi semua jenis kendaraan memiliki jarak tempuh 5000 km untuk satu kali perawatan. Sedangkan untuk nilai ϕ serta γ_1 & γ_2 diperoleh dari **Tabel 3.16** berikut ini.

Tabel 3.5 Koefisien Paramater Biaya Suku Cadang Sesuai Jenis Kendaraan

Jenis Kendaraan	Koefisien Parameter		
	ϕ	γ_1	γ_2
Sedan	-0,69	0,42	0,1
Bus Kecil	-0,73	0,43	0,1
Bus Besar	-0,15	0,13	0,1
Truck Ringan	-0,64	0,27	0,2
Truck Sedang	-1,26	0,46	0,1
Truck Berat	-0,86	0,32	0,4

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005)

D. Biaya upah Perbaikan Kendaraan

Biaya upah perbaikan kendaraan dihitung dengan **Persamaan 3.13**

$$BU_i = \frac{JP_i \times UTP}{1000} \quad (3.13)$$

dengan:

BU_i = Biaya upah perbaikan kendaraan (Rp/km)

JP_i = Jumlah Jam Pemeliharaan (jam/1000km)

UTP = Upah Tenaga Pemeliharaan (Rp/jam)

Untuk menghitung JP_i digunakan **Persamaan 3.14**.

$$JP_i = a_0 \times P_{a1 i} \quad (3.14)$$

dengan:

JP_i = Jumlah Jam Pemeliharaan (jam/1000km)

P_i = Nilai relatif biaya suku cadang terhadap kendaraan baru jenis i

a_0, a_1 = konstanta

Nilai a_0 dan a_1 diperoleh dari **Tabel 3.17** berikut ini.

Tabel 3.17 Nilai a_0 dan a_1 Sesuai Jenisnya

Jenis Kendaraan	a_0	a_1
Sedan	77,14	0,547
Utiliti	77,14	0,547
Bus Kecil	242,03	0,519
Bus Besar	293,44	0,517
Truk Ringan	242,03	0,519
Truk Sedang	242,03	0,517
Truk Berat	301,46	0,519

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005)

Sedangkan UTP diperoleh dari upah montir perbulan sebesar gaji Upah Minimum DIY sebesar Rp.1.500.000 dibagi dengan jumlah jam kerja selama satu bulan. Jumlah jam kerja selama 1 hari montir diasumsikan 8 jam. Montir bekerja 6 hari dalam satu minggu. Maka total jam kerja dalam sebulan adalah 192 jam. Maka upah montir per jam adalah Rp. 1.500.000 dibagi dengan 192

jam. Diperoleh UTP sebesar Rp. 7812,5.

4. Biaya Konsumsi Ban

Beberapa input yang perlu diketahui sebelum menghitung biaya konsumsi ban adalah nilai tanjakan & turunan (TTR) dan derajat tikungan (DTR). Nilai TTR diperoleh dari **Tabel 3.18** berikut ini.

Tabel 3.6 Nilai TT Sesuai dengan Kondisi Medan

Kondisi Medan	TTR (m/km)
Datar	5
Bukit	25
Pegunungan	45

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005)

Sedangkan untuk mencari nilai derajat tikungan digunakan **Tabel 3.19** berikut ini:

Tabel 3.19 Nilai Derajat Tikungan

Kondisi Medan	Derajat Tikungan
Datar	15
Bukit	115
Pegunungan	200

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005)

Selanjutnya biaya konsumsi ban diperoleh dari **Persamaan 3.15**

$$BB_i = \frac{KB_i \times HB_i}{1000} \quad (3.15)$$

dengan:

BB_i = Biaya konsumsi ban untuk jenis kendaraan i (Rp/km)

KB_i = Konsumsi ban untuk jenis kendaraan i (EBB/1000)

HB_j = Harga ban baru jenis j (Rp/ban baru)

I = Jenis kendaraan

J = Jenis ban

KB_i sendiri dicari dengan **Persamaan 3.16**.

$$KB_i = \chi + (\delta_1 \times IRI) + (\delta_2 \times TTR) + (\delta_3 \times TR) \quad (3.16)$$

dengan:

χ = Konstanta

δ_1 = Koefisien parameter

TTR = Tanjakan + turunan rata-rata

TR = Derajat tikungan rata-rata

Nilai konstanta dan koefisien parameter sendiri dapat diperoleh dari **Tabel 3.20** berikut ini.

Tabel 3.20 Nilai Konstanta dan Koefisien Parameter Konsumsi Ban

Jenis Kendaraan	χ	δ_1	δ_2	δ_3
Sedan	-0,01471	0,01489	-	-
Utiliti	0,01905	0,01489	-	-
Bus Kecil	0,024	0,025	0,0035	0,00067
Bus Besar	0,10153	-	0,000963	0,000244
Truk Ringan	0,024	0,025	0,0035	0,00067
Truk Sedang	0,095835	-	0,001738	0,000184
Truk Berat	0,15835	-	0,00256	0,00028

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005)

5. Biaya Tidak Tetap Besaran BOK

Biaya tidak tetap dihitung dengan **Persamaan 3.17** menjumlahkan unit-unit BOK sebagai berikut:

$$BTT = B_iBBM_j + BO_i + BP_i + BU_i + BB_i \quad (3.17)$$

dengan:

BTT	= Besaran biaya tidak tetap (Rp/km)
B_iBBM_j	= Biaya konsumsi bahan bakar minyak (Rp/km)
BO_i	= Biaya konsumsi oli (Rp/km)
BP_i	= Biaya konsumsi suku cadang (Rp/km)
BU_i	= Biaya upah tenaga kerja (Rp/km)
BB_i	= Biaya konsumsi ban (Rp/km)

Selanjutnya dijelaskan mengenai biaya dalam subbab berikut:

3.10 Biaya (*Coast*)

Biaya yang dihitung dari penelitian adalah biaya langsung (*initial cost*) atau biaya konstruksi perkerasan dan biaya siklus hidup perkerasan selama umur rencana (*life cycle cost*).

3.1.1 Biaya Langsung (*Initial Cost*)

Diketahui biaya langsung adalah biaya konstruksi dari suatu proyek. Perhitungan biaya dihitung melalui spesifikasi umum pekerjaan konstruksi jalan dalam Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Bina Marga yang menjadi lampiran dalam Permen PU-PR No. 28 Tahun 2016.

Dalam AHSP dibutuhkan Harga Satuan Dasar (HSD) tenaga kerja, bahan serta alat yang digunakan. Dalam penelitian ini digunakan HSD yang berasal dari dokumen Estimasi Biaya Pekerjaan suatu proyek peningkatan jalan di Kabupaten Sleman. Koefisien-koefisien bahan, alat, serta tenaga kerja mengacu pada dokumen tersebut. Artinya, penelitian ini tidak perlu dilakukan lagi analisa HSD.

3.1.2 Biaya Siklus Hidup (*life-cycle Cost*)

Biaya siklus hidup adalah biaya yang dikeluarkan selama umur rencana suatu perkerasan jalan. Dalam mencari biaya siklus hidup digunakan beberapa prinsip dalam LCCA (*life-cycle cost analysis*) yang dikeluarkan oleh Federal Highway Administration U.S Department of Transportation dan menggunakan strategi desain perawatan perkerasan oleh Pennsylvania Department of Transportation (PennDOT). Dalam menghitung siklus hidup suatu perkerasan jalan perlu direncanakan strategi perawatan dan rehabilitasi dari perkerasan selama umur rencana.

