

**PERBANDINGAN ANALISA EKONOMI
KONSTRUKSI PERKERASAN LENTUR DAN
KONSTRUKSI PERKERASAN KAKU PADA
PROYEK JALAN MERAUKE - JAGEBOB
KABUPATEN MERAUKE**

Nama Mahasiswa : RISMAN PONGSITAMMU
NRP : 3104 100 033
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Anak Agung Gde Kartika, ST, M.Sc.

Abstrak

Ruas jalan Merauke-Jagebob saat ini masih dalam tahap pengerjaan Proyek. Kondisi lalu lintas pada ruas jalan ini sebelum proyek dikerjakan sangatlah tidak menguntungkan bagi para pengguna jalan tersebut. Ini dikarenakan kondisi fisik jalan merauke jagebob yang rusak. Untuk itu pada jalan tembus antara Merauke sampai Jagebob Pemerintah merasa perlu kiranya untuk diadakan peningkatan jalan yang sudah ada di karenakan jalan yang sudah ada mengalami kerusakan yang sangat parah. Dan juga jalan tersebut terletak pada kawasan potensial untuk Agrobisnis, Agroindustri dan Agrowisata. Proyek ini adalah proyek peningkatan jalan tembus antara Merauke sampai Jagebob sehingga dengan demikian sarana transportasi jalan yang menghubungkan kedua wilayah tersebut dapat berjalan normal. Panjang total dari proyek peningkatan jalan ini adalah 10 km.

Dalam Tugas akhir ini Penulis Membandingkan antara Konstruksi perkerasan lentur dan konstruksi perkerasan kaku dari segi analisa ekonomi. Studi yang dibahas antara lain: Menghitung total biaya konstruksi perkerasan lentur dan Kaku, menghitung biaya perawatan berkala dan rutin (untuk perkerasan lentur) dan perawatan rutin (perkerasan kaku),

menghitung BOK untuk perkerasan lentur dan kaku dengan menggunakan metode N.D.Lea, dan menganalisa kelayakan secara ekonomi dengan perhitungan BCR dan NPV.

Dari hasil perhitungan memperlihatkan bahwa biaya konstruksi dan biaya pengguna jalan (User Cost), konstruksi perkerasan Kaku akan lebih menguntungkan dari segi ekonomi dibanding konstruksi perkerasan Lentur.

Kata kunci : *Perkerasan Lentur, Perkerasan Kaku, Ekonomi, Merauke – Jagebob.*

**ECONOMIC ANALYSIS COMPARISON OF
FLEXIBLE PAVEMENT CONSTRUCTION AND
RIGID PAVEMENT CONSTRUCTION AT
MERAUKE STREET PROJECT – JAGEBOB
MERAUKE REGENCY**

Name of Student : RISMAN PONGSITAMMU
NRP : 3104 100 033
Majors : Civil Engineering FTSP – ITS
Counsellor Lecturer : Anak Agung Gde Kartika, ST, M.Sc

Abstract

Jagebob merauke street is in under construction right now. Traffic condition on that street before the project was very unwell for user. It was because of street was broken. As for that reason, on the pass way through Merauke to Jagebob, the government need to increase street quality because the street is greatly broken. And the street also is in the potential area for Agrobisnis, Agroindustri, and Agrowisata. This project is to increase street quality through Merauke to Jagebob so that transportation which connect both area has to come back normal. Total length from the project is 10 KM.

In the final project, the writer is to compare among flexible pavement construction and rigid pavement from economic view. The studies are to : calculate total cost of flexible pavement construction and rigid pavement, calculate continuous and routine maintenance cost (for flexible pavement) and routine maintenance cost (for rigid pavement), calculate BOK for flexible and rigid pavement by using N.D.Lea method and analyze economic feasibility by using BCR and NPV.

From the calculation, it shows that construction cost and User cost, rigid pavement will have more advantage from economic view than flexible pavement.

Key words : *flexible pavement, rigid pavement, Economy, Merauke-jagebob.*

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kelas Jarak Pandang.....	12
Tabel 2.2	Penetapan Angka Pertumbuhan Lalu Lintas.....	16
Tabel 2.3	Koefisien Gesekan Antara Pelat Beton Semen Dengan Lapisan Pondasi Bawah.....	26
Tabel 2.4	Hubungan Antara Kuat Tekan Beton Dan Angka Ekivalen Baja dan Beton.....	27
Tabel 2.5	Ukuran dan Jarak Ruji (dowel).....	29
Tabel 2.6	Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan.....	32
Tabel 2.7	Koefisien Distribusi Kendaraan ©.....	32
Tabel 2.8	Beban Sumbu dan Angka Ekivalen.....	33
Tabel 2.9	Faktor Regional.....	35
Tabel 2.10	Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IPt).....	36
Tabel 2.11	Nilai- Nilai Ipo.....	37
Tabel 2.12	Koefisien Kekuatan Relatif.....	38
Tabel 2.13	Tebal Minimum Lapisan Permukaan.....	39
Tabel 2.14	Tebal Minimum Lapisan Perkerasan Pondasi.....	40
Tabel 2.15	Koefisien Distribusi Kendaraan Niaga Pada Jalur Rencana.....	42
Tabel 2.16	Faktor Keamanan.....	43
Tabel 2.17	Modulus Elastisitas Tanah Dasar.....	44
Tabel 2.18	Jumlah Pengulangan Beban Ijin.....	47
Tabel 2.19	Nilai Kondisi Perkerasan Jalan.....	50
Tabel 2.20	Hubungan Antara Jenis Kendaraan dan Kendaraan Wakil.....	52
Tabel 2.21	Operation Cost of Representative Vehicles on A Flat, Tangent Paved Road In Good Condition.....	54

Tabel 2.22	Effect of Surface Type and Condition on Auto Operation Cost (Indices in Percent).....	57
Tabel 2.23	Effect of Surface Type and Condition on Truck Operation Cost (Indices in Percent).....	58
Tabel 2.24	Effect of Surface Type and Condition on Bus Operation Cost (Indices in Percent).....	59
Tabel 4.1	Jumlah, Kepadatan dan Laju Pertumbuhan Penduduk.....	70
Tabel 4.2	PDRB Kabupaten Merauke Atas Dasar Harga Yang Berlaku Tahun 2002-2006.....	71
Tabel 4.3	PDRB, PDRB Perkapita.....	71
Tabel 4.4	Volume Lalu Lintas Hasil Survei Dari SP7 Ke Jagebob II.....	73
Tabel 4.5	Volume Lalu Lintas Hasil Survei Dari Jagebob II Ke SP7.....	74
Tabel 4.6	Volume Lalu Lintas Yang Melewati Ruas Jalan SP7 - Jagebob II.....	75
Tabel 4.7	Data CBR Lapangan.....	76
Tabel 4.8	Mencari Harga CBR (90 %)......	77
Tabel 5.1	Data kependudukan dan Perekonomian Kabupaten Merauke.....	82
Tabel 5.2	Regresi Pertumbuhan Jumlah Penduduk.....	84
Tabel 5.3	Persamaan Regresi Linier Pertumbuhan Jumlah Penduduk, PDRB, PDRB Perkapita.....	87
Tabel 5.4	Hasil Estimasi Penduduk, PDRB, PDRB Perkapita.....	88
Tabel 5.5	Faktor Pertumbuhan (i) Jumlah Penduduk, PDRB, PDRB Perkapita.....	89
Tabel 5.6	Faktor Pertumbuhan (i) Lalu Lintas.....	91
Tabel 5.7	Konversi LHR	93

Tabel 5.7	Pertumbuhan Volume Lalu Lintas Harian Rata - rata (LHR) Pada Ruas Jalan SP7 - Jagebob II.....	94
Tabel 6.1	Volume Lalu Lintas Yang Melewati Ruas Jalan SP7 - Jagebob II.....	96
Tabel 6.2	Rekapitulasi Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan.....	98
Tabel 6.3	Perhitungan Lintas Ekuivalen Permulaan.....	99
Tabel 6.4	Perhitungan Lintas Ekuivalen Akhir.....	99
Tabel 6.5	Persentase Beban Sumbu.....	106
Tabel 6.6	Repetisi Kumulatif.....	106
Tabel 6.7	Perhitungan Untuk Tebal Pelat 200 mm, MR = 40 Kg/Cm2.....	108
Tabel 6.8	Perhitungan Untuk Tebal Pelat 240 mm, MR = 40 Kg/Cm2.....	109
Tabel 7.1	Perhitungan Analisa Biaya Perkerasan Lentur.....	114
Tabel 7.2	Perhitungan Analisa Biaya Perkerasan Kaku.....	116
Tabel 7.3	Perhitungan Analisa Biaya Perbaikan Tanah Dasar	117
Tabel 7.4	Perhitungan FW Pertahun Untuk Biaya Perawatan Rutin.....	119
Tabel 7.5	Perhitungan FW Pertahun Untuk Biaya Perawatan Perkerasan Kaku.....	121
Tabel 7.6	Perhitunan PW Untuk User Cost Perkerasan Lentur.....	123
Tabel 7.7	Perhitunan PW Untuk User Cost Perkerasan Kaku.....	125
Tabel 7.8	Evaluasi Ekonomi.....	127

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Konstruksi perkerasan jalan adalah suatu lapisan agregat yang dipadatkan dengan atau tanpa lapisan pengikat diatas lapisan tanah pada suatu jalur jalan. Apabila konstruksi perkerasan direncanakan menggunakan lapisan pengikat, maka lapisan pengikat yang umum digunakan adalah lapisan aspal atau semen. Dengan adanya konstruksi perkerasan jalan, maka badan jalan akan terlindung dari kerusakan terutama yang disebabkan oleh air dan beban lalu lintas dimana konstruksi perkerasan jalan akan memperkuat daya dukung tanah dasar yang melemah akibat air. Selain itu, lapisan-lapisan pada konstruksi perkerasan jalan juga akan membantu lapisan Tanah dasar sehingga beban yang diterima lapisan tanah dasar tidak terlalu besar.

Fungsi dari lapisan yang terletak paling atas (lapis permukaan) adalah:

a. Sebagai lapisan aus

Apabila suatu kendaraan melewati permukaan jalan, akan terjadi gesekan yang diakibatkan oleh roda kendaraan Terhadap permukaan jalan yang dilewati. Akibat pengaruh waktu yang cukup lama maka permukaan badan jalan akan menjadi aus. Dengan adanya lapisan konstruksi perkerasan jalan akan mencegah rusaknya lapisan tanah dasar, karena bila terjadi kerusakan hanya akan dialami oleh lapisan konstruksi perkerasan jalan. Sedangkan apabila konstruksi perkerasan jalan tersebut rusak maka akan dapat diperbaiki atau diganti, untuk dapat berfungsi sebagai lapisan yang tahan aus, maka agregat yang digunakan untuk lapisan konstruksi perkerasan jalan ini harus juga memiliki ketahanan terhadap aus.

- b. Sebagai lapisan penyebar tegangan Dengan adanya konstruksi lapisan perkerasan jalan maka tegangan yang diterima oleh lapisan tanah dasar akan disebarkan sedemikian rupa sehingga tegangan yang diterima tidak melampaui daya dukung tanah dasar itu sendiri.
- c. Sebagai lapisan pelindung terhadap air adanya peresapan air ketanah dasar akan membawa akibat melemahnya ikatan antar agregat (interlocking) sehingga akan merusak kekuatan daya dukung lapisan Tanah dasar. Dengan adanya konstruksi lapisan perkerasan jalan, terutama konstruksi perkerasan lahan yang memiliki lapisan agregat dengan bahan pengikat baik aspal maupun semen akan dapat mencegah peresapan air ke lapisan tanah dasar,
- d. sebagai lapis perkerasan penahan beban roda Dengan adanya beban yang beraneka ragam maka diharapkan mempunyai stabilitas yang tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan. Lapisan konstruksi perkerasan jalan memiliki jenis yang beragam yang disesuaikan dengan kebutuhan, jenis jalan serta beban yang diperkirakan melewati ruas jalan tersebut Berbagai jenis lapisan konstruksi perkerasan jalan yang ada antara lain:
- Japat (Jalan Agregat Padat Tahan Cuaca / All Weathered Compacted Aggregated Surface)
 - Burtu (Lapisan Labur satu Lapis / Single surface Treatment)
 - Burda (lapisan Labur Batu Dua Lapis / Double Surface Treatment)
 - Buras (Laburan Aspal)
 - Latasir (Lapis Tipis Aspal Pasir / Sandsheet)
 - Lasbutag (Lapisan Aspal Butas Agregat)
 - Lapen (Lapisan Penetrasi Macadam / Macadam Penetration)
 - Latasbum (Lapis Tipis Aspal Buton Murni)

- Laston (Lapis Tipis Aspal Beton / Hot Rolled Sheet)
- Laston Atas (Lapisan Pondasi atas aspal Beton / Asphalt Treated Base)
- Laston (Lapisan Aspal Beton / Asphalt Concrete)
- Lapisan Perkerasan Beton Semen

2.2. Karakteristik Jalan

2.2.1. Klasifikasi Fungsi Jalan Raya

Menurut tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota yang dikeluarkan oleh **UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 38 TAHUN 2004 TENTANG JALAN**, jalan dikelompokkan menjadi 4 berdasarkan fungsinya yaitu :

1. Jalan arteri : merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
2. Jalan kolektor : merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan lokal : merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
4. Jalan lingkungan : merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

2.2.2. Kelas Jarak Pandang

Jarak pandang adalah jarak maksimum dimana pengemudi (dengan tinggi mata 1,20 meter) mampu melihat kendaraan lain atau suatu benda tetap dengan keinggian tertentu (1,30 meter). Kelas jarak pandang ditentukan berdasarkan

prosentase dari segmen jalan yang mempunyai jarak pandang \geq 300 m. Untuk menentukan kelas jarak pandang dapat dilihat pada tabel 2.1 :

Tabel 2.1. Kelas Jarak Pandang

Kelas jarak pandang	% segmen dengan jarak Pandang minimum 300 m
A	>70%
B	30%-70%
C	<30%

Sumber:MKJI 1997

Apabila tidak terdapat data yang menunjukkan berapa segmen yang mempunyai jarak pandang minimum 300 m, penentuan kelas jarak pandang dipakai kelas jarak pandang B sebagai patokan.

2.2.3. Type Jalan

Untuk menganalisa kapasitas jalan, tipe jalan dibagi 4 yaitu:

1. Jalan dua lajur dua arah tak terbagi (2/2 UD)

Tipe jalan meliputi semua jalan dua arah dengan lebar jalur sampai dengan 11 m. Keadaan standart dari tipe jalan ini adalah:

- Lebar jalur lalu lintas efektif tujuh meter
- Lebar efektif bahu 1,5 meter pada masing-masing sisi (bahu tidak diperkeras, tidak sesuai untuk lintasan kendaraan bermotor).
- Tidak ada median
- pemisahan arah arus lalu lintas 50% - 50%.
- Type alinyemen datar.
- Guna Lahan tidak ada pengembangan samping
- Kelas hambatan samping rendah (L).
- Kelas fungsional jalan : Jalan Arteri.
- Kelas jarak pandang : A.

2. Jalan empat lajur dua arah (4/2 UD)

Tipe jalan ini meliputi semua jalan dua arah tidak terbagi dengan marka jalur untuk empat lajur dan lebar total jalur lalu lintas tak terbagi antara 12 meter sampai 15 meter. Jalan standart dari tipe ini didefinisikan sebagai berikut :

- Lebar jalur lalu lintas 14 meter.
- Lebar efektif bahu pada masing-masing sisi adalah 1,5 meter.
- Tidak ada median
- Pemisahan arah lalu lintas adalah 50% - 50%.
- Type alinyemen datar.
- Guna lahan : tidak ada pengembangan samping jalan.
- Kelas hambatan samping: Rendah (L).
- Kelas fungsional jalan : Jalan Arteri.
- Kelas jarak pandang A.

3. Jalan empat lajur dua arah terbagi (4/2 D)

Tipe jalan ini meliputi semua jalan dua arah dengan dua lajur lalu lintas yang dipisahkan oleh median. Setiap jalur lalu lintas mempunyai dua lajur bermarka dengan lebar antara 3 — 3.75 meter. Jalan standart tipe ini didefinisikan sebagai berikut:

- Lebar jalur lalu lintas 2 x 7,0 meter (tidak termasuk median).
- Type alinyemen datar.
- Guna lahan : tidak ada pengembangan samping jalan.
- Kelas hambatan samping: Rendah (L).
- Kelas fungsional jalan : Jalan Arteri.
- Kelas jarak pandang: A.

4. Jalan enam lajur dua arah terbagi (6/2 D)

Tipe jalan ini meliputi semua jalan dua arah dengan tiga lajur yang dipisahkan dengan median. Jalan standart tipe ini seperti jalan standart tipe empat lajur dua arah terbagi (4/2 D).

2.3. Karakteristik Lalu Lintas

2.3.1. Traffic Counting

Traffic counting adalah perhitungan volume lalu lintas pada ruas jalan yang di kelompokkan dalam jenis kendaraan dan periode waktunya. Jenis kendaraan dibagi dalam 6 kelompok kendaraan yaitu:

- Kelompok 1 = kendaraan ringan (LV)
- Kelompok 2 = kendaraan berat menengah (MHV) V)
- Kelompok 3 = bus (LB)
- Kelompok 4 = truk besar dan truk kombinasi (LT)
- Kelompok 5 = kendaraan bermotor (MC)
- Kelompok 6 kendaraan tak bermotor (UM)

Cara pengambilan data volume lalu lintas yang umum dilakukan adalah dengan cara manual. Pencatatan dikelompokkan berdasarkan waktu, lokasi dan arah. Cara ini melibatkan beberapa surveyor dan pengambilan data atau waktu survey. Ada beberapawaktu survey yang biasa dilakukan, yaitu:

- Selama 24 jam, dari pukul 06.00 — pukul 06.00 (hari esoknya)
- Selama 12 jam, dari pukul 06.00 — pukul 18.00
- Selama 8 jam, dari pukul 06.00 — pukul 12.00
pukul 12.00 — pukul 18.00
- Selama 4 jam, dari pukul 07.00 — pukul 09.00
pukul 16.00 — pukul 18.00

2.3.2. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melalui suatu titik pada suatu jalur gerak persatuan waktu (kend/hari atau kend/jam). Volume dihitung berdasarkan hasil pencatatan lalu lintas (traffic counting).

Satuan volume lalu lintas yang dipergunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar jalan adalah:

- Lalu lintas harian rata-rata
- Volume jam perencanaannya
- Kapasitas

LHR adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan,

$$\text{LHR} = \frac{\text{Jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya pengamatan}}$$

Untuk Data lalu lintas pada ruas jalan Merauke Jagebob, data lalu lintas dihasilkan dari survey lalu lintas yang saya lakukan sendiri, dikarenakan Kantor DLLAJ Kabupaten Merauke tidak menyediakan data tersebut. Pengamatan dan pencatatan jumlah volume lalu lintas selama 12 jam sehingga didapat data lalu lintas harian rata-rata.

2.4. Dasar Perhitungan Angka Pertumbuhan Lalu Lintas

Untuk Angka Pertumbuhan Lalu Lintas ditetapkan pada tabel

2.2 :

Tabel 2.2. Penetapan Angka Pertumbuhan Lalu Lintas

Jenis Kendaraan	Angka Pertumbuhan Lalu Lintas
Sepeda Motor	PDRB perkapita
Mobil Penumpang	PDRB perkapita
Bus Truk dan Angkutan Barang	Angka Pertumbuhan Penduduk PDRB

Peramalan lalu lintas sangat penting dalam melakukan perencanaan pembuatan jalan baru. Peramalan ini bisa diperkirakan berapa besar volume lalu lintas serta biaya yang dikeluarkan seiring dengan pertumbuhan jumlah kendaraan.

Dalam meramalkan volume lalu lintas yang melewati suatu ruas jalan tahun-tahun yang akan datang tergantung kepada pertumbuhan di bidang kependudukan dan bidang perekonomian. Peramalan volume lalu lintas harian pertahun sampai akhir umur rencana pada penulisan tugas akhir ini menggunakan metode yang sederhana, dimana faktor pertumbuhan kendaraan melewati ruas jalan yang dianalisa diekivalenkan dengan faktor pertumbuhan penduduk dan perekonomian daerah studi.

Pertumbuhan jumlah bus dan angkutan umum lainnya diasumsikan ekivalen dengan pertumbuhan jumlah penduduk yang terjadi. Hal ini berdasarkan pengertian yaitu untuk memindahkan penduduk dari suatu daerah menuju daerah memerlukan suatu sarana transportasi atau angkutan yang memadai seperti Bus dan angkutan penumpang umum, sehingga semakin besar jumlah penduduk semakin besar pula jumlah angkutan penumpang umum yang dibutuhkan.

Pertumbuhan segala jenis truk dan angkutan barang lainnya diasumsikan ekuivalen dengan pertumbuhan PDRB (Produk Domestik Regional Bruto) karena PDRB merupakan gambaran tingkat perekonomian pada suatu regional atau Dengan tingkat perekonomian yang tinggi maka makin tinggi pula produksi di daerah tersebut, sehingga untuk mengangkut hasil produksi tersebut membutuhkan sarana transportasi atau angkutan barang yang memadai seperti truk dengan segala bentuk ukurannya. Jadi semakin tinggi tingkat perekonomian (PDRB) makin tinggi pula jumlah transportasi atau angkutan yang dibutuhkan.

Pertumbuhan kendaraan pribadi diasumsikan ekuivalen dengan pertumbuhan PDRB perkapita karena PDRB perkapita menggambarkan suatu pendapatan rata-rata perorangan sehingga semakin tinggi tingkat perekonomian seseorang, maka akan meningkat pula tingkat konsumsinya. Dengan demikian orang akan semakin mampu untuk memiliki kendaraan penumpang sendiri (kendaraan pribadi) seperti sepeda motor, sedan, jeep dan lain sebagainya.

Dari uraian diatas, dapat disimpulkan bahwa pertumbuhan lalu lintas untuk masing-masing jenis kendaraan selama tahun rencana sebanding terhadap besarnya faktor pertumbuhan penduduk, PDRB dan PDRB perkapita. Sebelum mendapatkan faktor pertumbuhan kendaraan harus terlebih dahulu meramalkan faktor pertumbuhan penduduk, PDRB dan PDRB perkapita dan daerah atau wilayah dimana ruas jalan tersebut berada. Untuk melakukan peramalan pertumbuhan penduduk, PDRB dan PDRB perkapita digunakan metode regresi linier (Linier Regression) atau disebut juga metode selisih kuadrat minimum, dimana penyimpangan yang akan terjadi diusahakan sekecil mungkin agar tercapai hasil mendekati keadaan sebenarnya.

Peramalan dengan menggunakan regresi linier dari data yang telah ada akan didapatkan persamaan garis linier sebagai hubungan fungsional antara variabel-variabelnya. Jumlah penduduk, PDRB dan PDRB perkapita dinyatakan sebagai

variabel tidak bebas dengan notasi Y, dan tahun dinyatakan sebagai variabel bebas dengan notasi X. Secara matematis hal diatas dapat dirumuskan dalam persamaan :

$$Y = ax + b$$

Sedangkan harga koefisien a dan b dapat dicari dengan persamaan berikut ini :

$$a = \frac{(n * \sum XY - \sum X * \sum Y)}{(n * \sum X^2 - (\sum X)^2)}$$

$$h = \frac{(\sum Y - a * \sum X)}{n}$$

$$r = \frac{(n * \sum XY - \sum X * \sum Y)}{\sqrt{(n * \sum X^2 - (\sum X)^2)(n * \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Dimana :

- a dan b : koefisien regresi
- X : Variabel tidak bebas
- Y : variabel bebas
- n : jumlah data
- r : koefisien korelasi (harga ini berkisar antara -1 sampai 1, bila harga r = 1 atau r = -1, berarti hubungan antara X dan Y sangat kuat antar persamaan diatas dapat dipakai sedangkan bila harga r = 0, berarti persamaan tidak layak)

2.5. Lapisan Perkerasan Lentur

Untuk pembuatan konstruksi perkerasan jalan terutama didaerah-daerah di wilayah indonesia, kontruksi perkerasan lentur lebih banyak digunakan.

lapisan konstruksi perkerasan lentur ini adalah suatu lapisan perkerasan jalan yang dapat melentur bila terkena beban

kendaraan Dalam penggunaannya jenis lapisan perkerasan lentur ini digunakan untuk jalan yang melayani beban kendaraan ringan sampai dengan beban kendaraan berat, dimana dalam penggunaannya hanya tebal dan jenisnya saja yang disesuaikan. Pada umumnya lapisan perkerasan lentur ini menggunakan bahan pengikat berupa aspal sehingga memiliki sifat melentur bila terkena beban lalu lintas dan dapat meredam getaran akibat kendaraan

Keuntungan yang akan diperoleh dengan menggunakan lapisan perkerasan lentur adalah:

- Memberikan kenyamanan bagi pengendara kendaraan karena kondisi permukaan jalan yang baik dan stabil
- Perbaikan yang dilakukan relatif mudah dilakukan karena perbaikan dapat dilakukan setempat
- Biaya pembuatan relatif lebih murah, tergantung jenis yang digunakan.

Sedangkan kerugian dalam penggunaan lapisan perkerasan lentur adalah:

- Memiliki daya tahan lapisan yang tidak terlalu lama, maksimal 20 tahun dengan dilakukan pemeliharaan secara rutin
- Dalam pelaksanaannya harus dipastikan mutunya sebaik-baiknya.

Susunan bentuk lapisan perkerasan lentur terdiri dari:

a. Lapisan Tanah Dasar (sub grade)

Merupakan suatu lapisan tanah yang memiliki ketebalan 50-100 cm Struktur lapisan tanah ini digunakan sebagai tempat diletakkannya pondasi bawah. Tanah Yang digunakan untuk Lapisan ini bisa bermacam-macam antara lain tanah asli yang memenuhi syarat dan dipadatkan, tanah yang didatangkan dari tempat lain atau dapat juga tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya. Lapisan tanah dasar merupakan bagian

yang sangat penting karena kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat ditentukan oleh sifat-sifat daya dukung tanah dasar. Oleh karena itu sebelum diletakkan lapisan-lapisan lainnya, terlebih dahulu lapisan tanah dasar harus dipadatkan untuk mencapai kestabilan yang tinggi terhadap perubahan volume.

b.Lapisan Pondasi Bawah (sub basecourse)

Merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan pondasi alas dan tanah dasar Fungsi dari lapisan ini adalah adalah:

1. Penyebar beban kendaraan ke tanah dasar, untuk itu lapisan pondasi bawah ini harus cukup kuat, memiliki CBR 20% dan memiliki indeks plastisitas $\leq 10\%$.
2. Sebagai lapisan yang dapat menghemat penggunaan material, karena material yang digunakan pada lapisan ini lebih murah dibandingkan material untuk lapisan di atasnya.
3. Dapat mengurangi ketebalan lapisan yang berada di atasnya.
4. Sebagai lapisan peresapan. dengan demikian air tidak akan mengumpul pada pondasi.
5. Sebagai lapisan pertama yang akan menutup tanah dasar dengan segera serta melindunginya terhadap pengaruh cuaca atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda-roda dari alat berat selama proses pelaksanaannya.
6. Sebagai lapisan yang dapat melindungi lapisan atas terhadap partikel-partikel halus yang berasal dari tanah dasar.

Jenis lapisan pondasi bawah yang umum digunakan di Indonesia antara lain:

1. Agregat bergradasi baik yang dibedakan atas:
 - Sirtu (Pitrun kelas A).
 - Sirtu (Pitrun kelas B).
 - Sirtu (Pitrun kelas C).

2. Stabilisasi
 - Stabilisasi agregat dengan semen (cement treated subbase)
 - Stabilisasi agregat dengan kapur (lime treated subbase)
 - Stabilisasi tanah dengan semen (soil cement stabilization)
 - Stabilisasi tanah dengan kapur (soil lime stabilization)
- c. Lapisan Pondasi Atas (base course)

Merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan pondasi bawah dan lapisan perkerasan Fungsi dari lapisan ini adalah :

1. Sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda kendaraan dan kemudian menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Untuk dapat berfungsi demikian, lapisan ini harus kuat.
2. Sebagai lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
3. Sebagai bantalan terhadap lapisan permukaan.

Jenis lapisan pondasi Atas yang umum digunakan di Indonesia adalah:

1. Agregat bergradasi baik yang dibagi menjadi:
 - Batu pecah kelas A.
 - Batu pecah kelas B.
 - Batu pecah kelas C.
2. Pondasi Macadam.
3. Pondasi Telford.
4. Penetrasi Macadam (Lapen)
5. Aspal Beton Pondasi (asphalt concrete base / asphalt treated base)
6. Stabilisasi yang terdiri dari :
 - Stabilisasi dengan semen (cement treated base / CTB)

- Stabilisasi dengan kapur (lime treated base)
- Stabilisasi dengan aspal (asphalt treated base / ATB)

d. Lapisan Permukaan (surface course)

Merupakan lapisan yang terletak paling atas yang berfungsi antara lain :

1. Sebagai lapisan penahan beban roda kendaraan, sehingga lapisan ini memiliki stabilitas yang tinggi untuk menahan beban roda kendaraan selama usia pelayanan.
2. Sebagai lapisan kedap air.
3. Sebagai lapisan aus (wearing course).
4. Sebagai lapisan yang menyebarkan beban kelapisan dibawahnya.

Jenis lapisan permukaan yang umum digunakan di Indonesia antara lain :

1. Lapisan non struktural, yang berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air. Yang termasuk dalam lapisan ini antara lain :
 - Burtu (Laburan Aspal Satu Lapis).
 - Burda (Laburan Aspal Dua Lapis).
 - Latasir (Lapisan Tipis Aspal Pasir).
 - Buras (Laburan Aspal).
 - Latasbum (Lapis Tipis Aspal Buton Murni).
 - Lataston (Lapis Tipis Aspal Beton).
2. Lapisan struktural, fungsinya sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban kendaraan. Yang termasuk dalam lapisan ini antara lain :
 - Penetrasi Macadam (Lapen).
 - Lasbutag (Lapis Aspal Buton Agrerat).
 - Laston Atas (Asphalt Treated Base).
 - Laston (Lapisan Aspal Beton).
 - Lapisan Perkerasan Beton Semen.

2.6. Lapisan Perkerasan Kaku

Lapisan perkerasan kaku adalah suatu struktur lapisan perkerasan jalan yang terdiri dari pelat beton semen yang

bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan terletak diatas lapisan pondasi bawah tanpa atau dengan aspal sebagai lapisan permukaan. Jenis konstruksi perkerasan kaku ini adalah jenis konstruksi perkerasan yang tidak melentur jika terkena beban lalu lintas.

Berdasarkan pengertian dari konstruksi perkerasan kaku diatas, maka umumnya perkerasan kaku dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

a. Perkerasan beton semen

Merupakan perkerasan kaku dengan semen sebagai lapisan aus.

Perkerasan beton semen terdiri dari :

- Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan.
- Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan.
- Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan.
- Perkerasan beton semen pratekan.

b. Perkerasan komposit

Merupakan perkerasan kaku dengan pelat beton sebagai lapisan pondasi dan aspal sebagai lapisan permukaan.

Bahan pengikat yang digunakan pada lapisan konstruksi perkerasan kaku ini adalah semen (pelat beton) atau lapisan pengikat aspal dengan ketebalan yang sangat besar.

Fungsi dari lapisan konstruksi perkerasan kaku adalah untuk memikul beban lalu lintas secara aman dan nyaman selama usia rencana dari konstruksi perkerasan tersebut tanpa mengalami kerusakan yang berarti.

Untuk dapat memenuhi fungsi tersebut maka suatu konstruksi perkerasan kaku harus :

- Dapat mereduksi tegangan yang terjadi pada tanah dasar (yang diakibatkan oleh beban lalu lintas) sampai batas-batas yang masih mampu dipikul oleh tanah dasar tersebut, tanpa menimbulkan perbedaan lendutan atau penurunan yang dapat merusak konstruksi perkerasan itu sendiri.

- Direncanakan dan dibangun sedemikian rupa sehingga dapat mengatasi susut-muai dan penurunan kekuatan tanah dasar, serta pengaruh cuaca dan kondisi lingkungan.

Bagian penting yang perlu diperhatikan dalam perencanaan suatu konstruksi perkerasan kaku adalah tebal pelat beton yang akan digunakan pada konstruksi tersebut. Hal disebabkan karena pelat beton pada konstruksi perkerasan kaku merupakan bagian yang memikul kendaraan. Oleh karena itu tebal pelat beton dihitung untuk mampu memikul tegangan yang terjadi. Dimana tegangan-tegangan yang terjadi tersebut disebabkan antara lain oleh :

- Beban roda kendaraan.
- Perubahan suhu dan kadar air.
- Perubahan volume pada lapisan dibawahnya.
- Kekuatan tanah dasar yang dinyatakan dalam Modulus Reaksi Tanah Dasar (k).
- Tebal dan jenis pondasi bawah yang diperlukan untuk melayani lalu lintas selama usia rencana.
- Kekuatan beton yang dinyatakan dalam kuat lentur (M_r).

Dan faktor-faktor yang berpengaruh pada perencanaan konstruksi perkerasan kaku adalah sebagai berikut:

- Peranan dan tingkat pelayanan.
- Lalu lintas.
- Usia rencana.
- Tanah dasar.
- Lapisan pondasi bawah.
- Bahu.
- Kekuatan beton.

Pada beberapa konstruksi perkerasan kaku direncanakan dengan menggunakan tulangan, dimana tujuan utama dari penggunaan tulangan tersebut adalah :

- Membatasi lebar retakan dengan demikian kekuatan pelat dapat tetap dipertahankan.

- Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan.
- Dapat mengurangi biaya pemeliharaan

Tulangan yang digunakan akan bervariasi tergantung dari kebutuhan jalan yang akan menggunakan perkerasan tersebut. Beberapa jenis tulangan yang digunakan pada konstruksi perkerasan kaku antara lain :

1. Perkerasan beton dengan tulangan bersambung

Untuk penggunaan tulangan bersambung ini perhitungan luas tulangan pada perkerasan kaku berdasarkan persamaan :

$$A_s = \frac{1200 \times F \times L \times h}{f_s}$$

$$A_s = 10\% \times \text{luas penampang per satuan panjang}$$

dimana :

A_s = luas tulangan yang diperlukan (cm^2/m lebar)

F = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya, pada tabel 2.3

L = jarak antara sambungan (m)

h = tebal pelat (m)

f_s = tegangan tarik baja ijin (kg/cm^2)

Tabel 2.3. Koefisien Gesekan Antara Pelat Beton Semen Dengan Lapisan Pondasi Bawah

Jenis Pondasi	Faktor Gesekan (f)
Burtu, Lapen dan konstruksi sejenis	2,2
Aspal Beton, Lataston	1,8
Stabilisasi Kapur	1,8
Stabilisasi Aspal	1,8
Stabilisasi Semen	1,8
Koral	1,5
Batu Pecah	1,5
Sirtu	1,2
Tanah	0,9

Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Kaku Dirjen Bina Marga

2. Perkerasan beton dengan tulangan menerus

a. Penulangan memanjang

Untuk presentase tulangan memanjang yang dibutuhkan suatu perkerasan kaku dihitung dengan rumus :

$$P_s = \frac{100 f_t}{(f_y - n x f_t)} x (1,3 - 0,2 x F)$$

dimana :

P_s = Persentase tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap penampang beton

f_t = Kuat tarik beton (0,4-0,5 MR)

f_y = Tegangan leleh rencana baja

n = Angka ekuivalensi antara baja dan beton (E_s/E_s), terlihat pada tabel 2.4

F = Koefisien antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya

E_s = Modulus elastisitas baja

E_e = Modulus elastisitas beton

Tabel 2.4. Hubungan Antara Kuat Tekan Beton dan Angka Ekuivalen Baja dan Beton

O_{hk} (kg/cm ²)	n
115 – 140	15
145 – 170	12
175 – 225	10
235 – 285	8
190 – keatas	6

Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Kaku Dirjen Bina Marga

Dengan ketentuan bahwa presentase minimum tulangan memanjang pada suatu konstruksi perkerasan kaku dengan tulangan menerus adalah 0,6 % terhadap luas penampang beton. Sedangkan jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dapat dihitung dengan persamaan :

$$L_{cr} = \frac{f_t^2}{n \times P^2 \times u \times f_b (s \times E_e - f_t)}$$

dimana :

L_a = Jarak teoritis antara retakan

P = Luas tulangan memanjang per satuan luas beban

f_s = Tegangan lekat antara tulangan dengan beton

S = Koefisien susut beton (400×10^{-6})

f_t = Kuat tarik beton (0,4 – 0,5 MR)

n = Angka ekuivalensi antara baja dan beton

E_e = Modulus Elastisitas $16660 \times \sqrt{\sigma_{bk}}$

b. Penulangan melintang

Untuk penulangan melintang, luas dengan yang diperlukan pada konstruksi perkerasan kaku dengan

tulangan menerus dihitung dengan rumus yang sama dengan perhitungan penulangan bersambung.

Untuk mempermudah dalam pelaksanaan konstruksi perkerasan kaku dengan tulangan, maka diperlukan beberapa sambungan. Sambungan-sambungan yang digunakan juga akan bervariasi disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing jalan. Jenis-jenis sambungan yang digunakan dalam konstruksi perkerasan kaku antara lain :

- Dowel
Fungsi dowel adalah sebagai penyalur beban. Penyaluran beban pada dowel tersebut terletak pada :
 1. Sambungan pelaksanaan melintang.
 2. Sambungan pelaksanaan memanjang.
 3. Sambungan susut melintang
- Sambungan susut
Sambungan susut dalam arah melintang telah ditentukan untuk jarak yang sama dengan panjang pelat.
- Sambungan pelaksanaan
Penempatan sambungan pelaksanaan diletakkan pada akhir pengecoran dengan awal pengecoran selanjutnya.
- Sambungan muai
Sambungan muai adalah sambungan melintang yang digunakan untuk membebaskan tegangan yang terjadi pada perkerasan beton.
Ukuran dan Jarak Ruji (Dowel) dapat di lihat pada tabel 2.5:

Tabel 2.5. Ukuran dan Jarak Ruji (dowel)

Tebal pelat		Ukuran dan jarak ruji		
T	T	Diameter (D)	Panjang (L)	Jarak (S)
<200	200	20	350	300
200	250	24	400	300
225	275	24	400	300
250	300	27	400	300
275	350	27	400	300
300	375	30	450	375

Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Kaku Dirjen Bina Marga

2.7. Metode Perencanaan Perkerasan Jalan

Dalam pembuatan suatu konstruksi perkerasan jalan, lapisan tersebut diharapkan mampu memikul beban kendaraan dan kemudian menyebarkan beban kendaraan tersebut di sepanjang lapisan, sehingga dapat melayani arus lalu lintas dengan aman dan nyaman sesuai dengan usia rencana. Untuk itu perlu adanya perencanaan yang baik dalam pembuatan suatu konstruksi perkerasan jalan. Metode yang digunakan untuk perencanaan oleh suatu negara dengan negara lainnya akan berbeda tergantung kondisi dari masing-masing daerah. Metode yang digunakan oleh beberapa negara antara lain :

1. Inggris serta negara persemakmuran lainnya :
 - Road note 29.
 - Road note 31.
2. Amerika Serikat
 - The Asphalt Institute
 - American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO).
 - Sheel Company

3. Indonesia
 - Bina Marga.
4. Australia
 - National Association of Australian State Road Authorities (NAASRA).

Besaran-besaran yang umum digunakan untuk perencanaan lapisan konstruksi perkerasan adalah sebagai berikut :

- Usia Rencana
Merupakan batasan jangka waktu saat konstruksi perkerasan jalan mencapai keadaan akhir dari perencanaan sebelumnya. Agar jalan tetap dapat digunakan maka konstruksi perkerasan tersebut memerlukan penanganan kembali.
- Nilai Akhir (Terminal Value)
Merupakan suatu nilai kekuatan konstruksi perkerasan yang ditetapkan dalam perencanaan yang menggambarkan kondisi perkerasan jalan pada akhir usia rencana. Nilai akhir ini berkisar antara 1,5 untuk jalan lokal sampai dengan 2,5 untuk jalan arteri.
- Indeks Pelayanan Jalan (Present Serviceability Index = PSI)
Merupakan nilai yang menggambarkan kondisi perkerasan jalan pada suatu saat, yang merupakan gambaran dari kemulusan, kenyamanan, serta keamanan dari permukaan jalan. Nilai ini kemudian diambil sebagai nilai terminal value. Nilai PSI berkisar dari 0 yang menggambarkan sebagai permukaan jalan yang tidak mungkin dilewati sampai dengan 5 yang menggambarkan jalan beraspal Hot Mix baru. Nilai ini diperoleh dari penelitian dilapangan berupa lubang yang ada dijalan, lendutan yang terjadi, alur yang ada serta retak-retak permukaan yang ada.
- Beban As Standar (Standart Axle Load)
Beban As Standar adalah jumlah beban yang diperkirakan akan melewati suatu jalur jalan selama usia rencana, dimana keseluruhan beban tersebut sama dengan 18000 Ibs. Akan tetapi saat ini ada beberapa perencanaan yang menggunakan beban As Standar 10000 Kg.

- Koefisien Lapisan (Layer Coefficients)
Merupakan nilai konversi kekuatan jenis lapisan perkerasan apabila dibandingkan dengan kekuatan dari lapisan aspal beton.

Untuk perhitungan pada perencanaan konstruksi perkerasan, metode yang digunakan adalah :

1. Perencanaan Konstruksi Perkerasan Lentur
Untuk perencanaan konstruksi perkerasan lentur di Indonesia, digunakan metode Bina Marga yaitu suatu cara perencanaan terhadap perkerasan lentur yang dikembangkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum. Cara ini diterbitkan dalam buku **"Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya"** no.01/PD/B/1983, yang kemudian dikukuhkan dalam SNI no. 1732-1989-F dalam **"Petunjuk Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen"**
2. Perencanaan Konstruksi Perkerasan Kaku
Untuk perhitungan konstruksi perkerasan kaku metode yang digunakan didasarkan atas perencanaan yang dikembangkan oleh Bina Marga sehingga betul-betul disesuaikan dengan kondisi di Indonesia.

2.8. Dasar-Dasar Perhitungan

2.8.1. Penentuan Besaran Rencana Perkerasan Lentur

Dalam perhitungan konstruksi perkerasan lentur dengan cara Bina Marga, untuk menentukan besaran rencana terdapat beberapa parameter yang digunakan, antara lain :

- a. Jumlah Jalur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)
Jalur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu lintas terbesar. Jumlah jalur berdasarkan lebar perkerasan dapat dilihat pada tabel 2.6:

Tabel 2.6. Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar perkerasan (L)	Jumlah jalur (n)
$L < 5,50 \text{ m}$	1 Jalur
$5,50 \text{ m} \leq L < 8,25 \text{ m}$	2 Jalur
$8,25 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	3 Jalur
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4 Jalur
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5 Jalur
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,00 \text{ m}$	6 Jalur

Sumber : Metode Analisa Komponen.1987

Koefisien Distribusi Kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat dalam jalur rencana dapat dilihat pada tabel 2.7 :

Tabel 2.7. Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah Jalur	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1 Jalur	1,0	1,0	1,0	1,0
2 Jalur	0,6	0,5	0,7	0,5
3 Jalur	0,4	0,4	0,5	0,475
4 Jalur	-	0,3	-	0,45
5 Jalur	-	0,25	-	0,425
6 Jalur	-	0,2	-	0,4

Sumber : Metode Analisa Komponen.1987

Catatan :

- Kendaraan ringan adalah kendaraan yang mempunyai berat total kurang dari 5 ton misalnya : mobil penumpang, pick up, dan mobil hantaran.
- Kendaraan berat adalah kendaraan yang mempunyai berat total ≥ 5 ton misalnya : bus, truk semi trailer, trailer.

b. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan
 Angka Ekuivalen (E) masing-masing golongan sumbu pada setiap kendaraan ditentukan menurut rumus di bawah ini dan tabel 2.8 :

- *Angka Ekuivalen Sumbu Tunggal*

$$= \left[\frac{\text{beban1 sumbu tunggal (kg)}}{8160} \right]^4$$

- *Angka Ekuivalen Sumbu Ganda*

$$= 0,086 \times \left[\frac{\text{beban1 sumbu ganda (kg)}}{8160} \right]^4$$

Tabel 2.8. Beban Sumbu dan Angka Ekuivalen

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1,0000	0,0860
9000	19841	1,4798	0,01273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	28660	6,4419	0,5540
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9820
16000	35276	14,7815	1,2712

Sumber : Metode Analisa Komponen.1987

c. Lalu lintas harian rata-rata dan Rumus Lintas Ekivalen

- Lintas Harian Rata-rata setiap jenis kendaraan pada awal umur rencana yang dihitung pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median.
- Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) dihitung dengan rumus :

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j$$

j = jenis kendaraan

- Lintas Ekivalen Akhir (LEA) dihitung dengan rumus :

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j$$

i = perkembangan lalu lintas

- Lintas Ekivalen Tengah (LET) dihitung dengan rumus :

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

- Lintas Ekivalen Rencana (LER) dihitung dengan rumus :

$$LER = LET \times FP$$

$$FP = \frac{UR}{10}$$

FP = faktor penyelesaian

UR = usia rencana

d. Daya Dukung Tanah (DDT) dan CBR

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi terhadap harga CBR, dimana harga CBR dapat diambil harga CBR lapangan atau laboratorium

e. Faktor Regional

Keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen serta presentase keadaan dengan berat ≥ 13 ton dan curah hujan rata-rata per tahun. Dapat di lihat pada tabel 2.9:

Tabel 2.9. Faktor Regional

	Kelandaian I (<6%)		Kelandaian II (6-10%)		Kelandaian III (>10%)	
	% Kendaraan berat		% Kendaraan berat		% Kendaraan berat	
	$\leq 30\%$	< 30%	$\leq 30\%$	< 30%	$\leq 30\%$	< 30%
Iklm I (<900 mm/tahun)	0,5	1,0-1,5	1,0	1,5-2,6	1,5	2,0-2,5
Iklm II (≥ 900 mm/tahun)	1,5	2,0-2,5	2,0	2,3-3,0	2,5	3,0-3,5

Sumber : Metode Analisa Komponen.1987

Catatan :

- Pada bagian-bagian jalan tertentu seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam ($R \leq 30$ m) FR ditambah dengan 0,5. Pada daerah rawa FR ditambah dengan 1,0.

f. Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan ini menyatakan nilai kerataan atau kehalusan serta kekohan permukaan-permukaan yang berhubungan dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat.

IP = 1,0 : Menyatakan permukaan jalan dalam rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.

IP = 1,5 : Tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus).

IP = 2,0 : Tingkat pelayanan terendah bagi jalan yang masih mantap.

IP = 2,5 : Menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik.

Dalam menentukan Indeks Permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah Lalu Lintas Ekuivalen Rencana (LER). Angka indeks permukaan dapat di lihat pada tabel 2.10:

Tabel 2.10. Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IPt)

LER Lintas Ekuivalen 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 : Metode Analisa Komponen.1987

LER dalam satuan Angka Ekuivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal. Pada proyek penunjang jalan, JAPAT / jalan murah atau jalan darurat, maka IP dapat diambil 1,0 .

Dalam menentukan Indeks Permukaan pada awal rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan, kehalusan dan kekokohan) pada awal umur rencana, dapat dilihat pada tabel 2.11:

Tabel 2.11. Nilai-nilai Ipo

Jenis Lapis 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
	3,4 – 3,0	≤ 3000
Burtu	3,4 – 3,0	> 3000
	2,9 – 2,5	-
Lapen	2,9 – 2,5	-
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 : Metode Analisa Komponen.1987

g. Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien kekuatan relatif (a) masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, 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 bawah). Dapat di lihat pada tabel 2.12:

Tabel 2.12. Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien kekuatan relatif			Kekuatan bahan			Jenis bahan
a1	a2	a3	MS(Kg)	Kt(Kg/cm ²)	CBR	
0,4	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	Lasbutag
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	590	-	-	Laston atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah kelas A
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah kelas B
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah kelas C
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pirtun kelas A
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pirtun kelas B
-	-	0,1	-	-	30	Sirtu/pirtun kelas C
-	-	0,10	-	-	20	Tanah/lempung kepasiran

Sumber : Metode Analisa Komponen.1987

- h. Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan. Dapat di lihat pada tabel 2.13 dan tabel 2.14 :
- Lapis permukaan

Tabel 2.13. Tebal Minimum 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
$\geq 10,00$	10	Laston

Sumber : Metode Analisa Komponen.1987

- Lapis pondasi

Tabel 2.14. Tebal Minimum Lapisan Perkerasan Pondasi

ITP	Tebal minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stab tanah dengan semen, stab tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20*)	Batu pecah, stab tanah dengan semen, stab tanah dengan kapur
7,50 – 9,99	10	Laston Atas
	20	Batu pecah, stab tanah dengan semen, stab tanah dengan kapur, pondasi macadam
10,00 – 12,14	15	Laston Atas
	20	Batu pecah, stab tanah dengan semen, stab tanah dengan kapur
≥ 12,25	25	Batu pecah, stab tanah dengan semen, stab tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas.

Sumber : Metode Analisa Komponen.1987

*)batas 20 cm tersebut dapat diturunkan menjadi 15 cm bila untuk pondasi bawah digunakan material berbutir kasar untuk setiap nilai ITP (Indeks tebal Perkerasan) bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm.

2.8.2. Penentuan Besaran Rencana Perkerasan Kaku

Dalam perhitungan konstruksi perkerasan kaku yang dikembangkan oleh Bina Marga, besar-besaran yang digunakan antara lain :

a. Umur Rencana

Pada umumnya suatu konstruksi perkerasan kaku yang digunakan pada suatu proyek jalan direncanakan dengan usia 20 sampai dengan 40 tahun

b. Lalu Lintas Rencana

Untuk perhitungan lalu lintas rencana yang dipakai adalah kendaraan niaga yang memiliki berat total minimum 5 ton. Adapun konfigurasi sumbu yang diperhitungkan dari kendaraan niaga tersebut terdiri dari tiga macam :

- Sumbu Tunggal Roda Tunggal (STRT)
- Sumbu Tunggal Roda Ganda (STRG)
- Sumbu Ganda Roda Ganda (SGRG)

Langkah-langkah perhitungan lalu lintas rencana adalah sebagai berikut :

1. Menghitung volume lalu lintas perkiraan.
2. Menghitung jumlah Kendaraan Niaga (JKN) selama usia rencana.

$$JKN = 365 \times JKNH \times R$$

Dimana :

JKN = Jumlah Kendaraan Niaga

JKNH = Jumlah Kendaraan Niaga Harian

R = Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Untuk ($i \neq 0$)

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{e \log(1+i)}$$

Untuk ($i \neq 0$), setelah m tahun pertumbuhan lalu lintas tidak terjadi

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{e \log(1+i)} + (n-m)(1+i)^{m-1}$$

Untuk ($i \neq 0$), setelah n tahun pertumbuhan lalu lintas berbeda dengan sebelumnya

$$R = \frac{(1+i)^m - 1}{e \log(1+i)} + \frac{(1+i)^m (1+i)^{n-m} - 1}{e \log(1+i)}$$

3. Menghitung persentase masing-masing kombinasi konfigurasi beban sumbu terhadap Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga Harian.
4. Menghitung jumlah repetisi kumulatif tiap kombinasi konfigurasi atau beban sumbu pada jalur rencana.
 Repetisi Kumulatif = JSKN x (% kombinasi terhadap JSKNH) x Cd
 Dimana Cd = Koefisien distribusi kendaraan niaga yang besarnya dapat dilihat pada tabel 2.15:

Tabel 2.15. Koefisien Distribusi Kendaraan Niaga Pada Jalur Rencana

Jumlah jalur	Kendaraan Niaga	
	1 Arah	2 Arah
1 Jalur	1	1
2 Jalur	0,7	0,5
3 Jalur	0,5	0,475
4 Jalur	-	0,45
5 Jalur	-	0,425
6 Jalur	-	0,4

Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Kaku Dirjen Bina Marga

5. Faktor Keamanan. Angka faktor keamanan dapat di lihat pada tabel 2.16:

Tabel 2.16. Faktor Keamanan

Peranan jalan	Faktor Keamanan
Jalan Tol	1,2
Jalan Arteri	1,1
Jalan Kolektor / Lokal	1,0

Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Kaku Dirjen Bina Marga

c. Kekuatan Tanah Dasar

Kekuatan tanah dasar memiliki nilai yang dinyatakan dalam Modulus Reaksi Tanah Dasar (k) yang didapat dengan cara pengujian "Plate Bearing". Dapat di lihat pada tabel 2.17 :

Tabel 2.17. Modulus Elastisitas Tanah Dasar

Jenis bahan	Modulus Elastisitas	
	Cpa	Psi
Granular	0,055 – 0,138	8000 – 20.000
Lapis pondasi stabilisasi semen	3,5 – 6,9	50.000 – 1.000.000
Tanah stabilisasi semen	2,8 – 6,2	40.000 – 900.000
Lapis pondasi diperbaiki dengan aspal	2,4 – 6,9	350.000 – 1.000.000
Lapis pondasi dengan aspal emulsi	0,28 – 2,1	40.000 – 3.000.000

Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Kaku Dirjen Bina Marga

Untuk menentukan Modulus Reaksi Tanah Dasar (k) rencana yang mewakili suatu seksi jalan, dipergunakan rumus sebagai berikut :

$$k^0 = \bar{k} - 2s \quad \text{untuk jalan Tol}$$

$$k^0 = \bar{k} - 1,64s \quad \text{untuk jalan Arteri}$$

$$k^0 = \bar{k} - 1,28s \quad \text{untuk jalan Kolektor / Lokal}$$

Faktor Keseragaman (FK) dianjurkan lebih kecil dari 25 %

$$FK = \frac{s}{k} \times 100 \%$$

Dimana :

k^0 = Modulus Reaksi Tanah Dasar yang mewakili suatu seksi

$\bar{k} = \frac{\sum k}{N}$ = Modulus Reaksi Tanah Dasar rata-rata yang mewakili suatu seksi

k = Modulus Reaksi tanah Dasar tiap titik didalam seksi jalan

$$s = \sqrt{\frac{n \times (\sum k^2) - (\sum k)^2}{n \times (n-1)}} = \text{Standart Deviasi}$$

c. Kekuatan Beton

Kuat tekan dinyatakan dalam nilai kekuatan tarik lentur pada usia 28 hari, yang diperoleh dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik. Kuat lentur tarik beton diperoleh dari pengujian "Modulus of Repture" (Mr) pada usia 28 hari dianjurkan 40 kg/cm² (minimum 30 kg/cm²). Pada suatu konstruksi perkerasan kaku, beban yang dipikul oleh perkerasan tersebut diterima oleh pelat beton yang ada perkerasan tersebut. Oleh karena itu perencanaan pelat beton yang ada pada perkerasan tersebut. Oleh karena itu perencanaan pelat beton harus dilakukan sebaik-baiknya

sehingga kontraksi perkerasan tersebut dapat mencapai usia rencana tanpa ada kerusakan yang berarti. Perencanaan tebal pelat pada konstruksi perkerasan kaku didasarkan pada total fatigue (angka kelelahan) mendekati atau sama dengan 100 %. Langkah-langkah yang dilakukan untuk perencanaan tebal pelat pada suatu konstruksi perkerasan kaku antara lain :

1. Memilih tebal pelat tertentu
2. Untuk setiap kombinasi konfigurasi dan beban sumbu serta harga k tertentu sebagai berikut:
 - Menentukan tegangan lentur yang terjadi pada pelat beton dengan menggunakan grafik yang terdapat pada lampiran 5.
 - Menghitung perbandingan tegangan dengan membagi tegangan lentur yang terjadi pada pelat dengan kuat lentur tarik beton.
 - Menentukan jumlah pengulangan beban yang diijinkan berdasarkan harga perbandingan tegangan yang ada pada tabel 2.18.
 - Menentukan persentase fatigue untuk tiap kombinasi dengan membagi jumlah pengulangan beban rencana dengan jumlah pengulangan beban ijin.
2. Mencari total fatigue dengan menjumlahkan persentase fatigue dari seluruh kombinasi konfigurasi atau beban sumbu.
5. Mengulang langkah-langkah tersebut diatas hingga didapat tebal pelat terkecil dengan total fatigue lebih kecil atau sama dengan 100 %.

Tabel 2.18. Jumlah Pengulangan Beban Ijin

Perbandingan tegangan	Jumlah pengulangan beban ijin	Perbandingan tegangan	Jumlah pengulangan beban ijin
0,51	400.000	0,69	2500
0,52	300.000	0,70	2000
0,53	240.000	0,71	1500
0,54	180.000	0,72	1100
0,55	130.000	0,73	850
0,56	100.000	0,74	6650
0,57	75.000	0,75	490
0,58	57.000	0,76	360
0,59	42.000	0,77	270
0,60	32.000	0,78	210
0,61	24.000	0,79	160
0,62	18.000	0,80	120
0,63	14.000	0,81	90
0,64	11.000	0,82	70
0,65	8000	0,83	50
0,66	6000	0,84	40
0,67	4500	0,85	30
0,67	3500		

Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Kaku Dirjen Bina Marga

Catatan :

- Tegangan akibat beban dibagi dengan kuat lentur tarik (Modulus of Rupture)
- Untuk perbandingan tegangan sama dengan atau kurang dari 0,5 jumlah pengulangan beban adalah tidak terhingga.

2.9. Konstruksi Lapisan Tambahan

Adalah merupakan suatu konstruksi perkerasan yang diberikan pada suatu konstruksi perkerasan jalan yang sudah ada. Hal ini disebabkan karena konstruksi lapisan perkerasan yang ada dianggap sudah tidak sanggup untuk memikul beban yang ada.

Suatu konstruksi lapisan perkerasan jalan tidak sanggup memikul beban yang ada disebabkan antara lain karena :

1. Konstruksi perkerasan jalan tersebut sudah melewati batas umur rencana
2. Beban yang melewati konstruksi perkerasan tersebut sudah melewati batas beban lalu lintas yang disyaratkan selama masih dalam batas umur rencana.
3. Mutu konstruksi perkerasan jalan yang ada dibawah mutu yang disyaratkan karena proses pelaksanaan yang tidak baik.
4. Adanya perubahan cuaca seperti panas dan hujan sehingga merusak konstruksi perkerasan jalan.

Selain konstruksi perkerasan jalan yang ada dianggap sudah tidak sanggup menerima beban lalu lintas, konstruksi lapisan tambahan juga diberikan kepada konstruksi perkerasan lentur secara rutin dengan tujuan untuk pemeliharaan sehingga konstruksi perkerasan lentur tersebut tetap dapat memikul beban lalu lintas sampai dengan umur rencana.

Adanya konstruksi lapisan tambahan untuk mengembalikan kekuatan seluruh lapisan perkerasan sesuai dengan beban lalu lintas yang harus ditanggungnya sehingga jalur jalan tersebut tetap dapat dilewati kendaraan dengan aman dan nyaman.

Salah satu cara yang dikembangkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum adalah dengan menilai kekuatan sisa dari perkerasan yang ada sehingga dapat

diketahui kebutuhan lapisan perkerasan tambahan agar dapat menanggung beban yang ada dalam suatu jangka waktu tertentu.

Untuk perhitungan pelapisan tambahan (overlay), kondisi perkerasan jalan yang lama dinilai sesuai daftar pada tabel 2.19:

Tabel 2.19. Nilai Kondisi Perkerasan Jalan

Lapisan	Kondisi	Nilai Kondisi
Lapisan Permukaan	Umumnya tidak retak, hanya sedikit deformasi pada jalur roda	90 – 100 %
	Terlihat retak halus, sedikit deformasi pada jalur roda, masih tetap stabil	70 – 90 %
	Retak sedang, beberapa deformasi pada jalur roda, masih menunjukkan kestabilan	50 – 70 %
	Retak banyak, deformasi pada jalur roda, gejala ketidakstabilan	30 – 50 %
Lapis Pondasi Aspal beton atau Penetrasi Macadam	Umumnya tidak retak	90 – 100 %
	Terlihat retak halus, masih tetap stabil	70 – 90 %
	Retak sedang, menunjukkan kestabilan	50 – 70 %
	Retak banyak, gejala ketidakstabilan	30 – 50 %
Lapis Pondasi Stabilisasi Tanah dengan Semen atau Kapur	Indeks Plastisitas ≤ 10	70 – 100 %
Lapis Pondasi Macadam atau Batu Pecah	Indeks Plastisitas ≤ 6	80 – 100 %
Lapis Pondasi Bawah	Indeks Plastisitas ≤ 6	90 – 100 %
	Indeks Plastisitas > 6	70 – 90 %

Sumber : Metode Analisa Komponen.1987

2.10. Dasar Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan

Untuk perhitungan biaya operasional kendaraan mempergunakan daftar yang terdaftar pada **Traffic And Economic Studies And Analyses** oleh N.D. LEA & Associates, Ltd. Metode ini menyajikan bentuk keuntungan penghematan biaya operasi kendaraan dari berbagai jenis kendaraan dengan berbagai kondisi jalan dan lalu lintas.

Parameter-parameter yang digunakan metode ini untuk menghitung biaya operasional kendaraan dijelaskan dibawah ini.

2.10.1. Kendaraan Wakil

Berdasarkan berbagai type kendaraan yang ada, perlu adanya pendekatan untuk mengelompokkan berbagai type kendaraan tersebut menjadi kendaraan wakil. Metode ini mengelompokkan berbagai type kendaraan tersebut menjadi 4 (empat) kendaraan wakil, dapat dilihat pada tabel 2.20:

Tabel 2.20. Hubungan Antara Jenis Kendaraan dan Kendaraan Wakil

Actual Vehicles		Representative Vehicles
Major – Class	Minor – Class	
1. Motorcycles	Motocycles	
2. Motor Tricycles	Scooters	
3. Passenger car	Mobil Penumpang Opelets Suburban Land Rover Jeep	Auto
4. Pick-up, Microbus Delivery Van	Pick – Up Microbus Truck 2-axle 4-tyres	
5. 2-axle Truck	2-axle 6 tyres	Truck
6. 3-axle Truck	3-axle 10 tyres	
7. Truck Trailler and Semi-Trailer	Truck – Trailer Semi Trailer	
8. Bus	Large Bus 2-axle 6 tyres	Bus

Catatan : (2) Not represented directly

Sumber : N.D. LEA & Associates Reports” 1975

2.10.2. Biaya Operasi Kendaraan Pada Kondisi Jalar Datar, Lurus dan Kondisi Baik.

Beberapa elemen-elemen dari biaya operasi kendaraan pada kondisi jalan datar, lurus dan kondisi baik adalah :

- Biaya konsumsi bahan bakar (Fuel Consumption Cost)
- Biaya konsumsi oli mesin (Engine Oil Consumption Cost)

- Biaya pemakaian ban (Tyre Wear Cost)
- Biaya pemeliharaan onderdil kendaraan dan pekerja (maintenance Spareparts and Labour Cost)
- Biaya penyusutan kendaraan (Vehicles Depreciation Cost)
- Biaya suku bunga (Interest Cost)
- Biaya asuransi dan manajemen (Fixed Insurance & Management Cost)
- Biaya operator (Operator Time Cost)

Besarnya biaya-biaya tersebut berbeda-beda untuk masing-masing kendaraan wakil dan dapat dilihat pada tabel 2.21:

**Tabel 2.21. Operation Cost Of Representative Vehicles
On A Flat, Tangent Paved Road in Good
Condition**

(All cost exclude taxes)

Rupiahs per 1000 km

	Auto	Truck	Bus
Fuel	3,944	5,481	5,278
Oil	350	1,080	1,080
Tyres	738	2,193	1,591
Maintenance	3,714	8,331	3,612
Depreciation	4,995	8,324	6,305
Interest	3,746	4,371	4,256
Fixed (Insurance & Management)	9,654	10,542	6,381
Operators Time	1,441	5,000	5,804
TOTAL	28,552	45,322	34,307
Including Cost Allowance For Motor Cycles	32,549		

Seluruh harga diatas diambil pada tahun 1975

Sumber : N.D. LEA & Associates Report' 1975

2.10.3. Perkiraan Biaya Untuk Sepeda Motor

Menurut N.D. LEA & Associates '1975, perkiraan biaya operasi untuk sepeda motor (MC) ditambahkan dengan total biaya operasi kendaraan jenis kendaraan wakil auto.

Parameter-parameter yang dipakai :

- Untuk menganalisa volume lalu lintas, diindikasikan bahwa antara 50 – 180 sepeda motor mewakili setiap 100 auto
- Untuk biaya operasi Auto dan sepeda motor dapat disesuaikan dengan rumus = $(0,18 \times 80) / 100 = 0,14$ dimana 80 = contoh kasus diambil 80 sepeda motor
- Bertambahnya biaya operasi Auto sebesar 14% menandakan akibat tambahan dari biaya operasi sepeda motor (MC)

Untuk lebih jelas, dapat dilihat contoh dibawah ini :

- Sebuah jalan 2/2 UD dengan kondisi perkerasan AC rusak, mempunyai panjang 15 km, setiap hari (tahun 2002) dilewati kendaraan sebagai berikut :

PC = 9000 kend/arah

Truk = 2000 kend/arah

Sepeda motor = 5000 kend/arah

Pertbandingan jumlah sepeda motor per PC = $(100/9000) \times 5000 = 55,56$

Faktor penyesuaian sepeda motor = $0,18 \times 55,56 / 100 = 0,10$

Kondisi : Flat-tangent-paved road good condition

	Rp/1000 km	
	Auto	Truck
Fuel	238,000	274,050
Oil	16,250	70,000
Tyres	15,250.00	93,825.00
Maintenance	473,695	780,745
Depreciation	2,019,204.88	4,445,606.69
Interes	1,003,545	2,209,467
Fixed (Insurance & Management)	827,997	2,045,181
Operator time	61,698	148,187
Total	4,655,640	10,067,061

Maka, tambahan untuk sepeda motor =
 $0,10 \times 4.655.640 = 465.564$
Total PC = $4.655.640 + 465.564 = 5.121.204$

2.10.4. Pengaruh Type Lapisan Permukaan dan Kondisi Jalan Terhadap Biaya Operasional Kendaraan

Karakteristik dari berbagai kondisi type lapisan permukaan jalan dibagi menjadi 5 lapisan permukaan, yaitu :

- Lapisan permukaan berkualitas tinggi (High standard paved)
- Lapisan permukaan berkualitas menengah (Intermediate standard paved)
- Lapisan permukaan berkualitas rendah (Low standard paved)
- Lapisan permukaan batu kerikil (Gravel)
- Lapisan permukaan tanah asli (Earth)

Kondisi dari karakteristik berbagai kondisi tersebut adalah baik sekali (good), baik (fair), jelek (poor), jelek sekali (bad). Untuk menentukan pengaruh dari kondisi lapisan permukaan jalan dengan biaya operasi kendaraan tiap kendaraan wakil dapat dilihat pada tabel 2.22, tabel 2.23, tabel 2.24 :

Tabel 2.22. Effect of Surface Type and Condition on Auto Operation Cost(indices in percent)

Deprec.
Interest
Fixed

Surface Type & Condition	Fuel	Oil	Tyres	Maint	Ops.Time	Total
<u>Paved High</u>						
Good	76	100	100	100	122	112
Fair	76	100	300	230	122	134
Poor	76	192	575	404	122	165
Bad	73	192	575	404	137	175
<u>Paved Int</u>						
Good	74	100	128	119	124	116
Fair	74	100	556	392	124	163
Poor	74	192	575	404	124	166
Bad	74	192	575	404	138	176
<u>Paved Low</u>						
Good	73	100	167	144	126	122
Fair	73	100	575	404	126	166
Poor	73	192	575	404	126	167
Bad	76	192	575	404	139	177

Tabel 2.23. Effect of Surface Type and Condition on Truck Operation Cost(indices in percent)

Deprec.
Interest
Fixed

Surface Type & Condition	Fuel	Oil	Tyres	Maint	Ops.Time	Total
<u>Paved High</u>						
Good	94	100	100	100	146	128
Fair	94	100	121	156	146	139
Poor	94	200	151	234	146	157
Bad	102	200	151	234	189	185
<u>Paved Int</u>						
Good	94	100	103	108	148	131
Fair	94	100	149	229	148	155
Poor	94	200	151	234	148	159
Bad	102	200	151	234	189	185
<u>Paved Low</u>						
Good	94	100	107	119	150	134
Fair	94	100	151	234	150	152
Poor	94	200	151	234	150	160
Bad	103	200	151	234	193	188

Sumber : N.D. LEA & Associates

Tabel 2.24. Effect of Surface Type and Condition on Bus Operational Cost (indices in percent)

Deprec.
Interest
Fixed

Surface Type & Condition	Fuel	Oil	Tyres	Maint	Ops.Time	Total
<u>Paved High</u>						
Good	90	100	100	100	147	130
Fair	90	100	121	273	147	149
Poor	90	200	151	511	147	178
Bad	95	200	151	511	193	210
<u>Paved Int</u>						
Good	89	100	103	125	149	134
Fair	89	100	149	494	149	174
Poor	89	200	151	511	149	179
Bad	95	200	151	511	193	210
<u>Paved Low</u>						
Good	89	100	107	158	151	139
Fair	89	100	151	511	151	178
Poor	89	200	151	511	151	181
Bad	97	200	151	511	196	212

Sumber : N.D. LEA & Associates

2.10.5. Pengaruh Dari Berbagai Elemen Jalan Terhadap Biaya Operasi Kendaraan

Berbagai macam elemen, type lapisan permukaan dan kondisi jalan mempengaruhi biaya operasi kendaraan. Elemen-elemen tersebut adalah :

- Jenis kelandaian jalan (Gradients)
- Jenis kelengkungan dan sudut (Sharp curves)
- Jembatan kecil (Narrow Bridge)
- Jembatan dengan kekuatan kecil (Bridges with load capacities limits)
- Kapasitas jalan (Roadway Capacity)

Pengaruh dari berbagai elemen jalan terhadap biaya operasi kendaraan tersebut berbeda-beda untuk masing-masing kendaraan wakil dan dapat dilihat pada tabel 2.25:

Tabel 2.25. Effect ^(*) of Other Road Elements on Vehicle Operation Costs

<u>Average Gradients</u>	Auto	Truck	Bus
0 – 3%	1	6	3
3% - 5%	2	10	10
5% - 7%	4	17	17
Above 7%	6	25	26

Sharp Curves

(per number per km)	5	8	10
---------------------	---	---	----

Narrow Bridge

(per number per km)	5	8	10

**Bridges with
Substandard load limits**

Less than 4 tonnes	0	39	12
4 – 6 tonnes	0	12	0
6 – 7 tonnes	0	7	0
<u>Congestion</u>			
V/C = 0	0	0	0
V/C = 1	17	8	12

(*) Increase in costs, in percent over costs on a flat, tangent paved road in good condition

2.11. Analisa Ekonomi

Suatu perbandingan terhadap 2 jenis penggunaan konstruksi lapisan perkerasan pada suatu proyek jalan dilakukan dengan terlebih dahulu mengetahui harga satuan bahan yaitu perkiraan harga dari masing-masing material yang digunakan dalam setiap pekerjaan pembuatan konstruksi lapisan perkerasan jalan tersebut, baik itu lapisan perkerasan lentur maupun lapisan perkerasan kaku. Dengan mengetahui harga satuan bahan selanjutnya dapat dihitung perkiraan biaya konstruksi.

2.11.1. Konstruksi Perkerasan Lentur

Untuk mengetahui biaya konstruksi pada perkerasan lentur yang harus dilakukan adalah menghitung volume total pekerjaan. Setelah itu dapat diketahui total penggunaan dari masing-masing jenis bahan. Dengan demikian dapat diperkirakan total biaya konstruksi.

Suatu konstruksi perkerasan lentur akan mampu bertahan sampai dengan usia rencana apabila ditunjang dengan adanya penanganan yang dilakukan secara rutin baik itu bersifat pemeliharaan, penunjang, peningkatan ataupun rehabilitasi. Keseluruhan biaya penanganan yang dikeluarkan secara rutin selama usia rencana dihitung dengan rumus :

$$P = F \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

Dimana :

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

2.11.2. Konstruksi Perkerasan Kaku

Untuk melakukan analisa terhadap biaya konstruksi, juga harus diketahui total penggunaan jenis bahan. Pada konstruksi perkerasan kaku, perhitungan hanya dilakukan pada biaya konstruksi yang dikeluarkan selama usia rencana saja, karena pada jenis perkerasan kaku diharapkan tidak dilakukan penanganan yang dilakukan secara rutin baik itu berupa pemeliharaan, penunjang peningkatan maupun rehabilitasi.

Untuk jenis konstruksi perkerasan kaku memerlukan perawatan berkala yang bersifat pemeliharaan yang dilakukan secara rutin. Dan untuk menghitung biaya perawatan berkala tersebut dapat digunakan rumus :

$$P = F \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

Dimana

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

2.11.3. Evaluasi Ekonomi

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

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Benefit} - \text{Disbenefit}}{\text{Cost}}$$

atau

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Benefit} - \text{Disbenefit}(O + M)}{\text{Initial cost}}$$

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

Dimana benefit, cost maupun disbenefit pada suatu proyek harus ditinjau untuk nilai waktu yang sama. Untuk melakukan evaluasi terhadap proyek tersebut dilakukan dengan melihat hasil perbandingan manfaat biaya atau dari hasil selisih manfaat biaya :

- $\frac{B}{C} \geq 1$ maka proyek tersebut ekonomis

- $B - C \geq 0$ maka proyek tersebut ekonomis

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

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

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

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

- Alternatif terpilih dipergunakan sebagai pembanding alternatif berikutnya
- Demikian seterusnya sampai diperoleh alternatif terpilih dari semua alternatif

BAB III METODOLOGI

Pada penulisan tugas akhir ini menggunakan beberapa metode antara lain adalah :

- a. Melakukan pengkajian terhadap data-data dan gambar rencana yang telah didapat dari proyek.
- b. Melakukan pengkajian terhadap berbagai referensi dan literatur - literatur yang ada.
- c. Untuk Angka Pertumbuhan Lalu Lintas didapat dari :
 - Sepeda Motor berasal dari PDRB perkapita
 - Mobil Penumpang berasal dari PDRB perkapita
 - Truk berasal dari PDRB
- d. Melakukan perhitungan terhadap kedua jenis lapisan perkerasan jalan berdasarkan data-data dari proyek tersebut.
- e. Analisa pembangunan jalan Merauke-Jagebob
Hal-hal yang dianalisa adalah :
 - Biaya Operasi Kendaraan (User Cost)
 - Biaya konstruksi perkerasan lentur
 - Biaya konstruksi perkerasan kaku
 - Perhitungan Benefit Cost Ratio (B/C Ratio)

3.1. Sistematika Penulisan

Didalam penulisan tugas akhir ini diperlukan langkah kerja yang dimulai dari studi literatur dan bahan untuk memudahkan penyusun dalam menganalisa dan memecahkan permasalahan didalam penulisan tugas akhir ini. Pengumpulan data yang dilakukan di ambil dari instansi Pemerintah yang terkait dan juga dari Dinas PU Kabupaten Merauke, kemudian dilakukan pengolahan data. Untuk lebih jelasnya langkah kerja akan diuraikan sebagai berikut :

1. Studi literatur dan bahan
2. Inventarisasi data

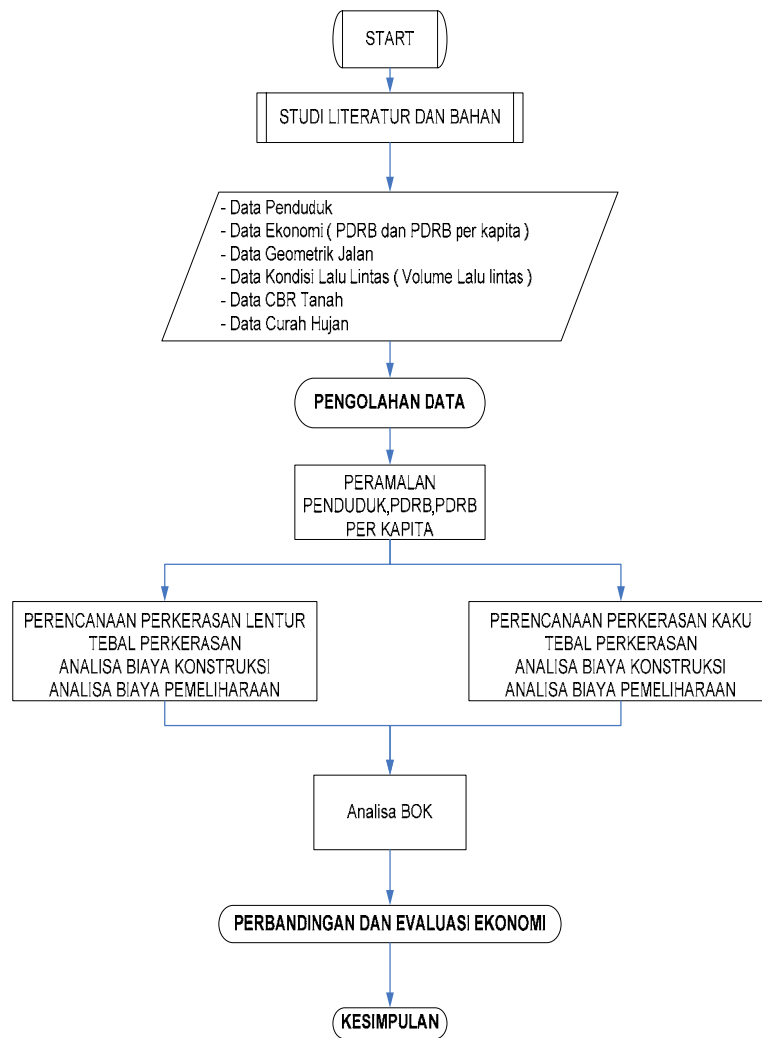
Inventarisasi data daerah studi, data-data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

- Data penduduk
 - Data ekonomi (PDRB dan PDRB per kapita)
 - Data geometrik jalan
 - Data kondisi lalu lintas, berupa : volume kendaraan
3. Pengolahan data-data tersebut antara lain :
- Biaya konstruksi
Perhitungannya meliputi :
 - Tebal perkerasan : konstruksi perkerasan lentur dan konstruksi perkerasan kaku.
 - Biaya konstruksi : biaya konstruksi perkerasan lentur dan biaya konstruksi perkerasan kaku.
 - Peramalan penduduk, PDRB dan PDRB per kapita pada tahun rencana
Perhitungannya meliputi :
 - Peramalan penduduk pada tahun rencana. Peramalan pertumbuhan penduduk dimasa yang akan datang digunakan regresi linier.
 - Peramalan PDRB dan PDRB per kapita pada tahun rencana. Peramalan pertumbuhan PDRB dan PDRB per kapita juga menggunakan regresi linier.
 - Analisa biaya operasi kendaraan
Analisisnya meliputi :
 - Biaya operasi kendaraan dengan metoda N.D. LEA & Associates, Ltd.
 - Analisa ekonomi
Analisisnya meliputi :
 - Perhitungan Benefit Cost Ratio (B/C Ratio)
- Perhitungan B/C Ratio dengan membandingkan biaya operasi kendaraan setelah ruas jalan Merauke - Jagebob dikerjakan dengan biaya konstruksi yang dikeluarkan dan biaya perawatan.

➤ Pemilihan alternatif

Pemilihan alternatif dengan membandingkan antara konstruksi perkerasan lentur dan konstruksi perkerasan kaku mana yang lebih menguntungkan.

Untuk menyederhanakan uraian tahap-tahap tersebut diatas, dapat dilihat bagan alir dari metodologi pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi

BAB IV

GAMBARAN DAERAH STUDI

4.1 Umum

Dalam menganalisa satu jalan raya yang ada, terlebih dahulu diamati kondisi daerah yang menjadi studi. Kondisi daerah studi secara umum akan mempengaruhi pada data yang akan dianalisa pada ruas jalan Merauke - Jagebob misalnya:

- Jumlah lalu lintas yang membebani jalan
- Besarnya tingkat pertumbuhan lalu lintas

4.2 Lokasi studi

Ruas jalan SP7 – Jagebob II yang akan dianalisa dalam tugas akhir ini terletak pada km 15+000 – km 25+000 termasuk dalam wilayah Kabupaten Merauke Propinsi Papua. Ruas jalan SP7 – Jagebob II terletak di daerah Pemukiman Transmigrasi Kabupaten Merauke.

4.3 Penduduk

Perkembangan penduduk di Kabupaten Merauke menunjukkan peningkatan yang Relatif Kecil, ini terlihat dari data kependudukan Kabupaten Merauke menurut data hasil registrasi penduduk akhir tahun 2006 mencapai 183.945 jiwa atau mengalami pertumbuhan penduduk sebesar 1,72 % dibanding pada tahun 2005 yaitu 180.781 jiwa.

Jumlah, kepadatan dan laju pertumbuhan penduduk Kabupaten Merauke berdasarkan data hasil registrasi penduduk mulai tahun 2003 sampai tahun 2006 dapat dilihat pada tabel 4.1 :

Tabel 4.1. Jumlah, Kepadatan dan Laju Pertumbuhan Penduduk

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa/Km²)	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Km²)	Laju Pertumbuhan (%)
2003	171.099	3,80	-
2004	175.874	3,90	2.72
2005	180.781	4,01	2.71
2006	183.945	3,60	1.72

Sumber Badan Pusat Statistik Kabupaten Merauke

4.4 Perekonomian dan Pendapatan Regional

Kondisi perekonomian Kabupaten Merauke sekarang berciri sebagai daerah Pertanian, hal ini di sebabkan peranan sektor Pertanian masih paling dominan sebab Kabupaten Merauke saat ini sedang di promosikan menjadi lumbung pangan Nasional. Di samping itu, Kabupaten Merauke yang saat ini di promosikan menjadi Kota Propinsi menjadikan sektor Jasa-jasa sebagai sektor terbesar kedua dan diikuti oleh sektor Perdagangan, Hotel, dan Restoran.

Dari hasil perhitungan akhir tahun 2006, peranan sektor Pertanian masih dominan dengan kontribusi sebesar 0,55%, kemudian urutan kedua adalah sektor Jasa-jasa sebesar 0,15% dan urutan selanjutnya adalah sektor Perdagangan, Hotel, dan Restoran sebesar 0,1%. Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Kabupaten Merauke selang tahun 2002-2006 dapat dilihat pada tabel 4.2 :

4.5. Ruas Jalan Merauke - Jagebob

Ruas jalan yang ditinjau dalam penulisan tugas akhir ini adalah ruas jalan SP7 – Jagebob II sepanjang 10 Km. Data existing yang diperoleh tentang ruas jalan tersebut adalah sebagai berikut :

- Nama ruas jalan : SP7 – Jagebob II
- Klasifikasi Jalan : Jalan Kolektor
- Lokasi ruas Jalan : Km15+000–Km
25+000
- Panjang ruas jalan : 10 km
- Lebar perkerasan existing : 3,00 m
- Lebar bahu jalan existing : 0,80 m

4.6. Kondisi Geometrik Jalan

Dari pengamatan geometrik jalan dilapangan terlihat bahwa terdapat beberapa perbedaan lebar perkerasan jalan, kondisi perkerasan dan bahu jalan.

Berdasarkan pengamatan geometrik jalan sepanjang 10 km kondisi existing pada ruas jalan SP7 – Jagebob II didapat gambaran sebagai berikut :

- Lebar perkerasan rata-rata 3,0 meter, bahu jalan rata-rata 0,80 meter
- Kondisi permukaan perkerasan Terkelupas, dan kondisi jalan yang berlubang
- Dibeberapa tempat terjadi penurunan (settlement)

4.7. Kondisi Lalu lintas

Pada proyek ini terdapat dua data survey volume lalu lintas berdasarkan dua arah yang berbeda. Untuk penulisan Tugas akhir ini data volume lalu lintas yang ada yaitu arah SP7 – Jagebob II dan arah sebaliknya Jagebob II – SP7 seperti terlihat pada tabel 4.4 dan tabel 4.5 :

Tabel 4.4. Volume Lalu Lintas Hasil Survei Dari SP7 ke Jagebob II

Jam			S. Motor Scooter	Sedan Jeep	Angkutan Umum	Truk Kecil	Truk 2sumbu	Truk 3sumbu	Kend. Tak Bermotor
6:00 AM	-	7:00 AM	67	3	6	5	-	1	3
7:00 AM	-	8:00 AM	109	7	5	6	-	-	5
8:00 AM	-	9:00 AM	119	11	10	9	-	-	4
9:00 AM	-	10:00 AM	127	30	10	18	2	2	3
10:00 AM	-	11:00 AM	90	15	12	9	-	-	3
11:00 AM	-	12:00 PM	119	19	14	6	1	-	8
12:00 PM	-	1:00 PM	145	15	11	6	-	-	101
1:00 PM	-	2:00 PM	180	29	15	9	-	-	5
2:00 PM	-	3:00 PM	179	13	13	14	2	-	2
3:00 PM	-	4:00 PM	46	6	1	7	-	-	1
4:00 PM	-	5:00 PM	50	5	3	8	-	-	5
5:00 PM	-	6:00 PM	30	7	6	4	-	-	8
Total			1.261	160	106	101	5	3	148

Sumber hasil survey pada tanggal 14 Agustus 2008

Tabel 4.5. Volume Lalu Lintas Hasil Survei Dari Jagebob II ke SP7

Jam			S. Motor Scooter	Sedan Jeep	Angkutan Umum	Truk Kecil	Truk 2sumbu	Truk 3sumbu	Kend. Tak Bermotor
6:00 AM	-	7:00 AM	149	6	16	4	-	-	42
7:00 AM	-	8:00 AM	228	5	17	8	-	-	107
8:00 AM	-	9:00 AM	184	8	10	13	-	-	3
9:00 AM	-	10:00 AM	133	13	14	7	1	-	4
10:00 AM	-	11:00 AM	104	11	8	8	1	-	3
11:00 AM	-	12:00 PM	84	14	9	13	-	2	3
12:00 PM	-	1:00 PM	62	7	8	6	1	-	7
1:00 PM	-	2:00 PM	94	9	8	12	-	-	10
2:00 PM	-	3:00 PM	125	19	8	11	2	1	8
3:00 PM	-	4:00 PM	20	3	4	2	-	-	4
4:00 PM	-	5:00 PM	43	6	5	6	-	-	6
5:00 PM	-	6:00 PM	36	8	7	8	-	-	3
Total			1.262	109	114	98	5	3	200

Sumber : Hasil survey pada tanggal 14 Agustus 2008

Dari tabel 4.4 dan tabel 4.5 dapat direkapitulasi jumlah lalu lintas yang melewati ruas jalan SP7 – Jagebob II, baik dari arah SP 7 Tanah Miring menuju Jagebob II maupun dari arah Jagebob II menuju SP7 Tanah Miring. Hasil rekapitulasi disajikan pada tabel 4.6 :

Tabel 4.6. Volume Lalu Lintas Yang Melewati Ruas Jalan SP7 – Jagebob II

Jenis Kendaraan	S. Motor Scooter	Sedan Jeep	Angkutan Umum	Truk Kecil	Truk 2sumbu	Truk 3sumbu	Kend. Tak Bermotor
SP7 ke Jagebob II	1.261	160	106	101	5	3	148
Jagebob II ke SP7	1.262	109	114	98	5	3	200
Jml Volume kendaraan	2.523	269	220	199	10	6	348

Sumber : Hasil survey (diolah)

4.8. Kondisi Tanah di Bawah Perkerasan Jalan

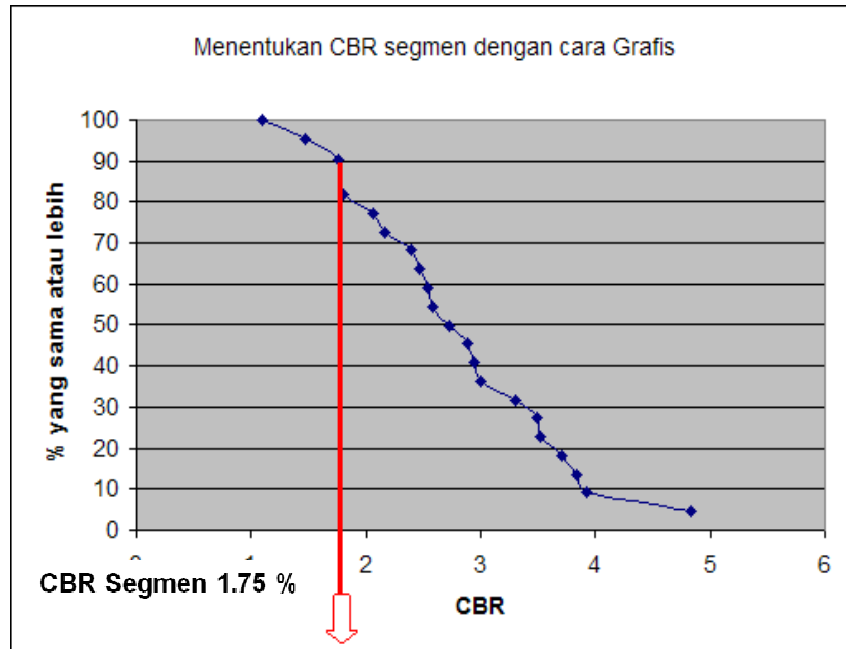
Untuk perencanaan tebal perkerasan jalan yang akan dianalisa, diperlukan gambaran atau data tentang kondisi tanah dibawah perkerasan(Subgrade) pada ruas jalan SP7 – Jagebob II.Data tanah tersebut di dapatkan dari Laboratorium Dinas PU Kabupaten Merauke.Data CBR yang digunakan pada penulisan Tugas Akhir ini dapat dilihat pada tabel 4.7. Sedangkan perhitungan untuk mencari CBR 90 % dapat di lihat pada tabel 4.8 dan gambar 4.1 :

Tabel 4.7. Data CBR Lapangan

No	STATION	CBR (%)	No	STATION	CBR (%)
1	15+000	3,84	12	20+600	2,72
2	15+600	3,30	13	21+000	3,93
3	16+000	2,54	14	21+600	4,83
4	16+600	2,40	15	22+000	2,06
5	17+000	2,58	16	22+600	2,94
6	17+600	3,49	17	23+000	1,80
7	18+000	2,89	18	23+600	1,80
8	18+600	3,52	19	24+000	2,46
9	19+000	1,76	20	24+600	3,00
10	19+600	3,71	21	25+000	1,09
11	20+000	1,47	22	25+600	2,17

Tabel 4.8.Mencari Harga CBR (90%)

Diurutkan		Jumlah titik pengamatan = 22 titik		
		Nilai CBR	Jumlah sama atau lebih	Persen sama atau lebih besar
1	1,09			
2	1,47	1,09	22	$22/22 \times 100\% = 100$
3	1,76	1,47	21	$21/22 \times 100\% = 95,46$
4	1,80	1,76	20	$20/22 \times 100\% = 90,91$
5	1,80	1,80	18	$18/22 \times 100\% = 81,82$
6	2,06	2,06	17	$17/22 \times 100\% = 77,27$
7	2,17	2,17	16	$16/22 \times 100\% = 72,73$
8	2,40	2,40	15	$15/22 \times 100\% = 68,18$
9	2,46	2,46	14	$14/22 \times 100\% = 63,64$
10	2,54	2,54	13	$13/22 \times 100\% = 59,09$
11	2,58	2,58	12	$12/22 \times 100\% = 54,55$
12	2,72	2,72	11	$11/22 \times 100\% = 50$
13	2,89	2,89	10	$10/22 \times 100\% = 45,45$
14	2,94	2,94	9	$9/22 \times 100\% = 40,91$
15	3,00	3,00	8	$8/22 \times 100\% = 36,36$
16	3,30	3,30	7	$7/22 \times 100\% = 31,82$
17	3,49	3,49	6	$6/22 \times 100\% = 27,27$
18	3,52	3,52	5	$5/22 \times 100\% = 22,73$
19	3,71	3,71	4	$4/22 \times 100\% = 18,18$
20	3,84	3,84	3	$3/22 \times 100\% = 13,64$
21	3,93	3,93	2	$2/22 \times 100\% = 9,09$
22	4,83	4,83	1	$1/22 \times 100\% = 4,55$



Gambar 4.1. Grafik Penentuan Nilai CBR Segman

CBR Segmen = 1.75 %

Dalam perhitungan, digunakan nilai CBR tanah timbunan yaitu 5%, dikarenakan nilai CBR Subgrade yang terlalu rendah. Pada penulisan Tugas Akhir ini, nilai CBR subgrade di abaikan karena dilakukan perbaikan mutu tanah dasar (meng-improve) dengan bahan tanah timbunan yang lebih baik. Proses penggantian tanah dasar dilakukan dengan cara menimbun muka tanah asli dengan bahan tanah timbunan yang lebih baik (CBR 5%). Kebutuhan tanah timbunan pilihan diasumsikan sebesar 1,5 meter. Penambahan volume kebutuhan tanah timbunan sebesar 0,5 meter karena memperhitungkan proses pemadatan di lapangan yang asumsi penurunan akibat pemadatan sebesar 0,5 meter. Jadi

hasil dari pemadatan tanah timbunan diharapkan setebal 1 meter. Perhitungan total biaya untuk meng-improve tanah dasar dapat dilihat pada Bab VII, Tugas Akhir ini.

4.9. Usia Rencana

Pada proyek jalan ini ditetapkan usia rencana jalan adalah 20 tahun, demikian juga pada penulisan tugas akhir ini, baik perencanaan perkerasan lentur dan perencanaan perkerasan kaku juga digunakan usia rencana 20 tahun.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

ANALISA LALU LINTAS

5.1. Umum

Kendala yang sering dihadapi dalam transportasi adalah masalah kemacetan yang diakibatkan oleh semakin meningkatnya jumlah volume lalu lintas. Dengan bertambahnya volume lalu lintas maka tingkat gangguan atau hambatan arus lalu lintas juga semakin meningkat.

Dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk dan majunya perekonomian suatu daerah maka akan semakin bertambah pula jumlah kendaraan di daerah tersebut. Dengan menganalisa lalu lintas pada daerah studi, akan diketahui volume lalu lintas yang melewati daerah tersebut dan kemampuan ruas jalan tersebut menampung volume lalu lintas.

5.2. Analisa Kependudukan Dan Perekonomian

Untuk mengetahui volume lalu lintas yang akan melewati ruas jalan SP7 – Jagebob II dimasa yang akan datang, perlu dilakukan peramalan (forecasting) pertumbuhan kependudukan dan perekonomian terlebih dahulu. Untuk melakukan peramalan pertumbuhan jumlah penduduk, pertumbuhan produk Domestik Regional Bruto (PDRB) dan pertumbuhan Produk Domestik Regional Bruto perkapita (PDRB perkapita) digunakan regresi linier (linier regression) dengan metode selisih kuadrat terkecil, dimana penyimpangan yang akan terjadi diusahakan sekecil mungkin agar dicapai hasil mendekati keadaan sebenarnya.

Sebagai dasar perhitungan digunakan data jumlah penduduk, produk Domestik Regional Bruto (PDRB) dan Produk Domestik Regional Bruto perkapita (PDRB perkapita) Kabupaten Merauke pada tabel 5.1:

Tabel 5.1. Data Kependudukan dan Perekonomian Kabupaten Merauke

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	PDRB (Jutaan rupiah)	PDRB per kapita (Ribuan rupiah)
2002	-	1.038.038,80	6.231,40
2003	171.099	1.196.237,49	6.986,02
2004	175.874	1.400.595,35	7.957,30
2005	180.781	1.708.225,65	9.449,14
2006	183.945	2.131.681,32	11.588,69

Sumber : Badan Pusat Statistik Kabupaten Merauke

Dengan menggunakan regresi linier akan didapatkan persamaan garis linier sebagai hubungan fungsional antara variabel-variabelnya. Secara matematis hal diatas dapat dirumuskan dalam persamaan :

$$Y = ax + b$$

Sedangkan harga untuk koefisien a dan b dapat dicari dengan persamaan berikut ini :

$$a = \frac{(n * (\sum XY - \sum X * \sum Y))}{(n * \sum X^2 - (\sum X)^2)}$$

$$b = \frac{(\sum Y - a * \sum X)}{n}$$

$$r = \frac{(n * \sum XY - \sum X * \sum Y)}{\sqrt{(n * \sum X^2 - (\sum X)^2)(n * \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

dimana :

- a dan b : koefisien regresi
- X : variabel tidak bebas
- Y : variabel bebas

- n : jumlah data
r : Koefisien korelasi (harga ini berkisar antara -1 sampai 1, bila harga $r = -1$ atau $r = 1$, berarti hubungan antara x dan y sangat kuat atau persamaan diatas dapat dipakai sedangkan bila harga $r = 0$, berarti persamaan tidak layak.

Dengan memasukkan nilai periode tahun data sebagai variabel X ke dalam masing-masing persamaan, akan didapatkan harga Y sebagai hasil estimasi masing-masing kriteria. Dimana data tahun pertama (tahun 2003) ditetapkan sebagai periode ke-1, kemudian menyusul tahun berikutnya.

Berikut ini contoh perhitungan persamaan regresi linier pertumbuhan jumlah penduduk yang disajikan dalam tabel 5.2 disertai uraiannya:

Tabel 5.2. Regresi Pertumbuhan Jumlah Penduduk

No	X_i	Y_i	$X_i Y_i$	X_i^2	$(Y_i - \bar{Y})^2$	$(Y_i - a - bX_i)^2$
1	2003	171,099.00	342711297	4,012,009.00	46590863.06	95481
2	2004	175,874.00	352451496	4,016,016.00	4205575.563	14762.25
3	2005	180,781.00	362465905	4,020,025.00	8158164.063	467856
4	2006	183,945.00	368993670	4,024,036.00	36243410.06	246512.25
Σ	8018	711,699.00	1426622368	16,072,086.00	95198012.75	824611.5

$$X_{\text{rata-rata}} = \frac{\sum X}{n} = \frac{8018}{4} = 2004,5$$

$$Y_{\text{rata-rata}} = \frac{\sum Y}{n} = \frac{711.699}{4} = 177.924,75$$

$$a = \frac{(n \sum XiYi - \sum Xi \sum Yi)}{(n \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2)} = \frac{(4 \times 1.426.622.368 - 8018 \times 711.699)}{4(16.072.086) - (8018)^2}$$

$$a = 4344.5$$

$$b = Y_{\text{rata-rata}} - a \cdot X_{\text{rata-rata}} = 177.924,75 - 4344.5 \times 8018$$

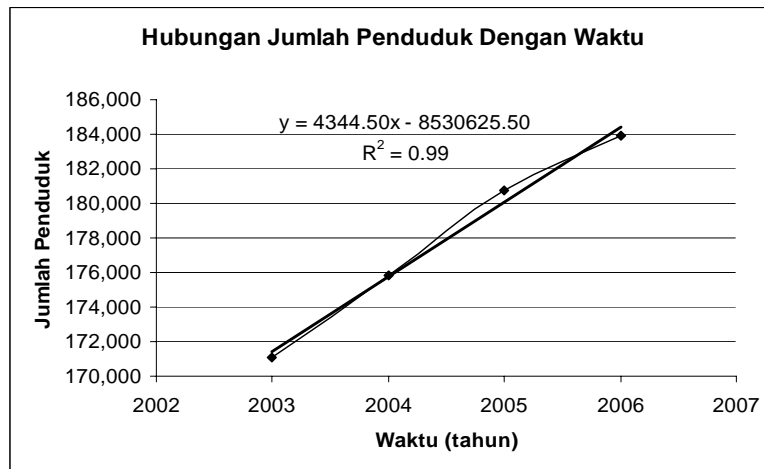
$$b = -8530625.5$$

$$y = 4344.5x - 8530625.5$$

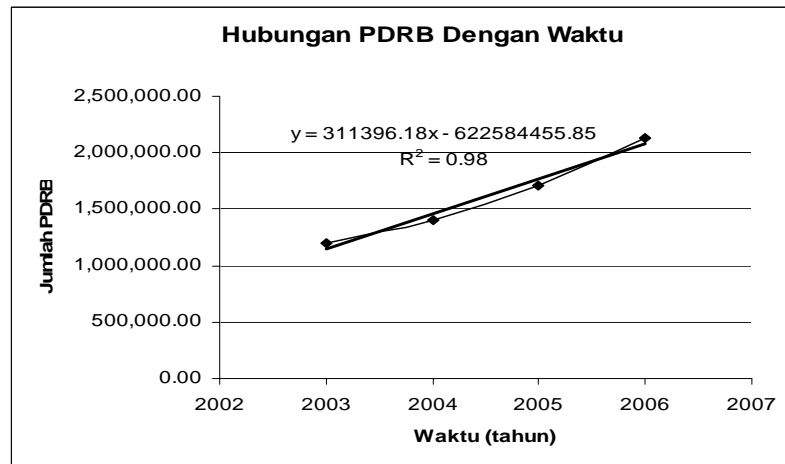
$$r^2 = \frac{St - Sr}{St} = \frac{95.198.012,75 - 824.611,5}{95.198.012,75} = 0,99$$

$$r = \sqrt{0,99} = 0,996$$

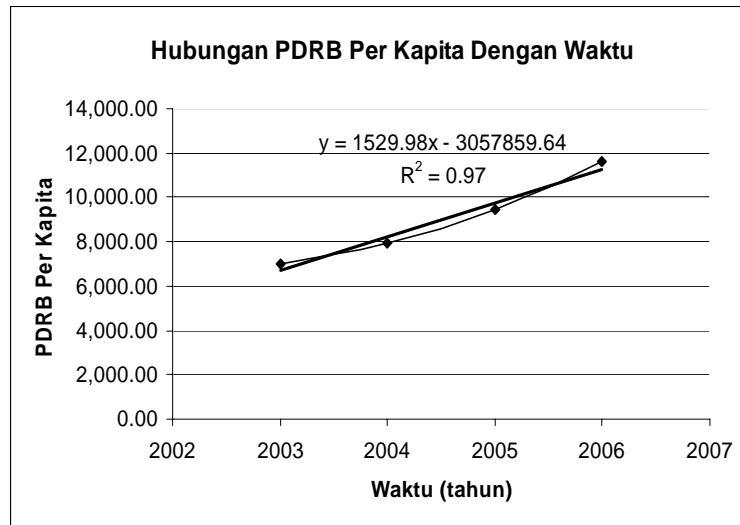
Untuk perhitungan analisa regresi linier selanjutnya digunakan bantuan program komputer Microsoft Excel untuk mendapatkan grafik hubungan jumlah penduduk dengan waktu, grafik hubungan PDRB dengan waktu dan grafik hubungan PDRD perkapita dengan waktu. Berikut ini disajikan grafik hasil analisa regresi linier yang dapat dilihat pada gambar 5.1, 5.2 dan 5.3.



Gambar 5.1.
 Grafik Regresi Pertumbuhan Penduduk



Gambar 5.2
 Grafik Regresi Pertumbuhan PDRB



Gambar 5.3
Grafik Regresi Pertumbuhan PDRB Perkapita

Dari grafik tersebut diperoleh persamaan garis regresi linier, sehingga hasil keseluruhan dari persamaan garis linier tersebut disajikan pada tabel 5.3 :

Tabel 5.3. Persamaan Regresi Linier Pertumbuhan Jumlah Penduduk, PDRB, PDRB Perkapita

Kriteria	Persamaan	R ²
Jumlah penduduk	$y = 4344,50x - 8530625,50$	0,99
PDRB	$y = 311396,18x - 622584455,85$	0,98
PDRB perkapita	$y = 1529,98x - 3057859,64$	0,97

Sumber : Hasil analisa

Sedangkan besarnya pertumbuhan penduduk, Produk Domestik Regional Bruto (PDRB), dan Produk Domestik regional Bruto perkapita (PDRB perkapita) hasil estimasi sampai umur rencana disajikan pada tabel 5.4 :

Tabel 5.4. Hasil Estimasi Penduduk, PDRB, PDRB Perkapita

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	PDRB (Jutaan rupiah)	PDRB per kapita (Ribuan rupiah)
2003	171099	1196237.49	6986.02
2004	175874	1400595.35	7957.3
2005	180781	1708225.65	9449.14
2006	183945	2131681.32	11588.69
2007	188786	2387677.41	12810.22
2008	193130.5	2699073.59	14340.2
2009	197475	3010469.77	15870.18
2010	201819.5	3321865.95	17400.16
2011	206164	3633262.13	18930.14
2012	210508.5	3944658.31	20460.12
2013	214853	4256054.49	21990.1
2014	219197.5	4567450.67	23520.08
2015	223542	4878846.85	25050.06
2016	227886.5	5190243.03	26580.04
2017	232231	5501639.21	28110.02
2018	236575.5	5813035.39	29640
2019	240920	6124431.57	31169.98
2020	245264.5	6435827.75	32699.96
2021	249609	6747223.93	34229.94
2022	253953.5	7058620.11	35759.92
2023	258298	7370016.29	37289.9
2024	262642.5	7681412.47	38819.88
2025	266987	7992808.65	40349.86
2026	271331.5	8304204.83	41879.84
2027	275676	8615601.01	43409.82
2028	280020.5	8926997.19	44939.8

Sumber : Hasil analisa

Setelah melakukan peramalan jumlah penduduk, PDRB dan PDRB Perkapita dapat diamati bahwa dari tahun ke tahun terjadi peningkatan. Oleh karena itu dapat diambil angka faktor pertumbuhan yang diperoleh dengan membagi selisih angka hasil perkiraan tahun yang ditinjau dan angka sebelumnya dengan angka pada tahun sebelumnya. Angka-angka faktor pertumbuhan inilah yang dijadikan acuan untuk meramalkan pertumbuhan volume lalu lintas. Harga faktor pertumbuhan jumlah penduduk, PDRB dan PDRB perkapita disajikan dalam tabel 5.5:

Tabel 5.5. Faktor Pertumbuhan (i) Jumlah Penduduk, PDRB, PDRB Perkapita

Tahun	Penduduk	PDRB	PDRB Perkapita
2004	0.027907819	0.170833853	0.139031952
2005	0.027900656	0.219642526	0.187480678
2006	0.017501839	0.247892115	0.226428014
2007	0.026317649	0.120091164	0.105407082
2008	0.023012829	0.130418028	0.119434327
2009	0.022495152	0.115371504	0.106691678
2010	0.022000253	0.103437737	0.096405964
2011	0.021526661	0.093741344	0.087929077
2012	0.021073029	0.08570705	0.080822434
2013	0.020638122	0.07894123	0.074778643
2014	0.020220802	0.073165459	0.069575855
2015	0.019820025	0.06817724	0.065049949
2016	0.019434827	0.063825775	0.0610769
2017	0.019064315	0.059996455	0.057561238
2018	0.018707666	0.056600618	0.054428279
2019	0.018364116	0.053568602	0.051618758
2020	0.018032957	0.050844911	0.049085049
2021	0.01771353	0.048384791	0.046788436
2022	0.017405222	0.046151748	0.044697128
2023	0.017107463	0.04411573	0.042784771
2024	0.01681972	0.042251763	0.04102934
2025	0.016541497	0.040538922	0.039412281
2026	0.016272328	0.038959544	0.037917852
2027	0.016011779	0.037498615	0.036532613
2028	0.015759442	0.036143292	0.035245021

Sumber : Hasil analisa

5.3. Analisa Pertumbuhan Lalu Lintas

Pertumbuhan lalu lintas yang terjadi di daerah studi tergantung dari pertumbuhan kependudukan dan perekonomian pada saat ini maupun saat akan datang. Untuk menganalisa hal tersebut maka faktor pertumbuhan lalu lintas dari jenis kendaraan ekuivalen dengan faktor pertumbuhan jumlah penduduk, PDRB, PDRB perkapita. Faktor pertumbuhan bus dan angkutan umum diekivalenkan dengan faktor pertumbuhan jumlah penduduk, faktor pertumbuhan segala jenis truk dan angkutan barang diekivalenkan dengan faktor pertumbuhan PDRB dan untuk pertumbuhan kendaraan pribadi diekivalenkan dengan faktor pertumbuhan PDRB perkapita masyarakat di daerah studi. Untuk kendaraan tidak bermotor disini tidak dilakukan baik analisa maupun perhitungan.

Dengan acuan faktor pertumbuhan jumlah penduduk, PDRB dan PDRB perkapita pada tabel 5.5, diperoleh faktor pertumbuhan lalu lintas seperti ditunjukkan pada tabel 5.6:

Tabel 5.6. Faktor Pertumbuhan (i) Lalu Lintas

Tahun	Ekivalen dengan i Jumlah penduduk	Ekivalen dengan i PDRB	Ekivalen dengan i PDRB Perkapita
	Bus dan angkutan umum	Truk dan Angkutan Barang	Kendaraan Pribadi
2008	0.023012829	0.130418028	0.119434327
2009	0.130418028	0.119434327	0.106691678
2010	0.115371504	0.106691678	0.096405964
2011	0.103437737	0.096405964	0.087929077
2012	0.093741344	0.087929077	0.080822434
2013	0.08570705	0.080822434	0.074778643
2014	0.07894123	0.074778643	0.069575855
2015	0.073165459	0.069575855	0.065049949
2016	0.06817724	0.065049949	0.0610769
2017	0.063825775	0.0610769	0.057561238
2018	0.059996455	0.057561238	0.054428279
2019	0.056600618	0.054428279	0.051618758
2020	0.053568602	0.051618758	0.049085049
2021	0.050844911	0.049085049	0.046788436
2022	0.048384791	0.046788436	0.044697128
2023	0.046151748	0.044697128	0.042784771
2024	0.04411573	0.042784771	0.04102934
2025	0.042251763	0.04102934	0.039412281
2026	0.040538922	0.039412281	0.037917852
2027	0.038959544	0.037917852	0.036532613
2028	0.037498615	0.036532613	0.035245021

Sumber : Hasil analisa

Setelah diketahui faktor pertumbuhan lalu lintas dapat diramalkan volume kendaraan atau lalu lintas yang melewati ruas jalan SP7 – Jagebob II pada setiap tahunnya sampai tahun rencana. Sehingga dengan volume lalu lintas hasil peramalan tersebut dapat dilakukan perhitungan biaya operasi kendaraan per tahun dan perhitungan tebal perkerasan jalan.

5.4. Pertumbuhan Volume Lalu Lintas

Pertumbuhan volume lalu lintas per tahun untuk masing-masing jenis kendaraan sampai tahun rencana didapat dengan mengalikan faktor pertumbuhan dengan volume kendaraan pada tahun yang telah diketahui sebelumnya (tabel 4.6) dan menjumlahkan dengan volume kendaraan pada tahun tersebut.

Dikarenakan kondisi daerah Kabupaten Merauke yang volume lalu lintas harian rata-rata hanya beroperasi dari jam 06:00 – 18:00, tetapi juga tidak menutup kemungkinan adanya kendaraan yang beroperasi pada jam 18:00 – 06:00 (*Sumber DPU Kab Merauke dan Hasil wawancara langsung dengan masyarakat sekitar lokasi study*). Maka untuk menyikapi hal tersebut, pada penulisan Tugas Akhir ini penulis hanya melakukan survey volume lalu lintas 12 jam saja (06:00 – 18:00). Hasil survey 12 jam ini, oleh Bina Marga harus dikonversi menjadi 24 jam. Angka konversi yang dipakai dalam penulisan Tugas Akhir ini mengacu pada angka yang sudah ada yaitu 1,322 yang merupakan referensi dari Bina Marga Propinsi Jawa Timur. Nantinya angka konversi tersebut disesuaikan dengan daerah Kabupaten Merauke yang volume lalu lintasnya pada jam 18:00 – 06:00 sangat minim bahkan mungkin tidak ada. Penyesuaian tersebut dilakukan dengan cara mereduksi angka tersebut sebesar 90%. Jadi hasil survey volume lalu lintas pada Tugas Akhir ini, harus dikonversi menjadi 24 jam (LHR) yang nantinya dipakai untuk perhitungan tebal lapisan konstruksi perkerasan baik lentur maupun kaku.

Angka konversi LHR dapat dilihat pada tabel 5.7 :

Tabel 5.7. Konversi LHR

Tahun	Ekivalen dengan i Kendaraan pribadi		Ekivalen dengan i Bus dan Angkutan umum	Ekivalen dengan i Truk dan Angkutan barang			Jumlah	Angka konversi untuk survey 12 jam ke 24 jam
	S. Motor Scooter	Sedan Jeep	Angkutan Umum	Truk Kecil	Truk 2 sumbu	Truk 3 sumbu		
2008	2523	269	220	199	10	6	3227	1.19
2009	2792	298	249	223	11	7	3580	1.19
2010	3061	326	277	247	12	7	3930	1.19
2011	3331	355	306	270	14	8	4284	1.19
2012	3600	384	335	294	15	9	4637	1.19
2013	3869	413	364	318	16	10	4990	1.19
2014	4138	441	392	342	17	10	5340	1.19
2015	4407	470	421	365	18	11	5692	1.19
2016	4677	499	450	389	20	12	6047	1.19
2017	4946	527	478	413	21	13	6398	1.19
2018	5215	556	507	437	22	13	6750	1.19
2019	5484	585	536	460	23	14	7102	1.19
2020	5753	613	564	484	24	15	7453	1.19
2021	6022	642	593	508	26	15	7806	1.19
2022	6292	671	622	532	27	16	8160	1.19
2023	6561	700	650	556	28	17	8512	1.19
2024	6830	728	679	579	29	18	8863	1.19
2025	7099	757	708	603	30	18	9215	1.19
2026	7368	786	737	627	32	19	9569	1.19
2027	7638	814	765	651	33	20	9921	1.19
2028	7907	843	794	674	34	20	10272	1.19

Ket: $LHR = volume\ kendaraan\ hasil\ survey \times angka\ konversi$

Besarnya pertumbuhan volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) pada ruas jalan SP7 – Jagebob II hasil peramalan dan konversi disajikan pada tabel 5.8:

Tabel 5.8. Pertumbuhan Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) Pada Ruas Jalan SP7 – Jagebob II

Tahun	Ekivalen dengan i Kendaraan pribadi		Ekivalen dengan i Bus dan Angkutan umum	Ekivalen dengan i Truk dan Angkutan barang			Jumlah
	S. Motor Scooter	Sedan Jeep	Angkutan Umum	Truk Kecil	Truk 2 sumbu	Truk 3 sumbu	
2008	3002	320	262	237	12	7	3839
2009	3322	355	296	265	13	8	4259
2010	3642	388	330	294	14	8	4676
2011	3963	422	364	321	17	10	5097
2012	4283	457	399	350	18	11	5517
2013	4603	491	433	378	19	12	5937
2014	4923	525	466	407	20	12	6354
2015	5243	559	501	434	21	13	6772
2016	5565	594	535	463	24	14	7195
2017	5885	627	569	491	25	15	7612
2018	6205	662	603	520	26	15	8031
2019	6525	696	638	547	27	17	8450
2020	6845	729	671	576	29	18	8868
2021	7165	764	706	604	31	18	9288
2022	7486	798	740	633	32	19	9709
2023	7806	833	773	662	33	20	10128
2024	8126	866	808	689	35	21	10545
2025	8446	901	842	717	36	21	10964
2026	8766	935	877	746	38	23	11385
2027	9088	968	910	775	39	24	11804
2028	9408	1003	945	802	40	24	12222

Sumber: Hasil analisa

BAB VI

PERHITUNGAN TEBAL PERKERASAN

6.1. Umum

Di dalam menentukan tebal perkerasan konstruksi jalan, yang harus diperhatikan adalah bahwa lapisan tersebut harus mampu menahan beban kendaraan yang melewati ruas jalan Merauke -Jagebob sampai pada umur rencana yang direncanakan.

6.2. Perhitungan Tebal Lapisan Konstruksi Perkerasan

6.2.1. Perhitungan Tebal Konstruksi Perkerasan Lentur

Didalam perhitungan tebal perkerasan konstruksi jalan disini digunakan metode analisa komponen Bina Marga tahun 1987. Adapun beberapa ketentuan dalam perhitungan tebal konstruksi perkerasan disini adalah sebagai berikut :

1. Umur rencana 20 tahun
2. Jalan dibuka pada tahun 2008
3. Untuk kondisi volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) tahun 2008 disajikan dalam tabel 6.1 :

- a. Sedan, jeep 2 ton (1 . 1) \Rightarrow sb. depan : 50 %,
sb. belakang : 50 %

$$\begin{aligned} E &= E \text{ sb. tunggal} + E \text{ sb. tunggal} \\ &= \left(\frac{0,5.2}{8,16} \right)^4 + \left(\frac{0,5.2}{8,16} \right)^4 \\ &= 0,0004 \end{aligned}$$

- b. Angkutan umum 2 ton (1 . 1) \Rightarrow sb. depan : 50 %,
sb. belakang : 50 %

$$\begin{aligned} E &= E \text{ sb. tunggal} + E \text{ sb. tunggal} \\ &= \left(\frac{0,5.2}{8,16} \right)^4 + \left(\frac{0,5.2}{8,16} \right)^4 \\ &= 0,0004 \end{aligned}$$

- c. Truk kecil 8,3 ton (1 . 2L) \Rightarrow sb. depan : 34 %,
sb. belakang : 66 %

$$\begin{aligned} E &= E \text{ sb. tunggal} + E \text{ sb. tunggal} \\ &= \left(\frac{0,34.8,3}{8,16} \right)^4 + \left(\frac{0,66.8,3}{8,16} \right)^4 \\ &= 0,2174 \end{aligned}$$

- d. Truk 2 sumbu 25 ton (1 . 22) \Rightarrow sb. depan : 25 %,
sb. belakang : 75 %

$$\begin{aligned} E &= E \text{ sb. tunggal} + E \text{ sb. ganda} \\ &= \left(\frac{0,25.25}{8,16} \right)^4 + 0,086 \times \left(\frac{0,75.25}{8,16} \right)^4 \\ &= 2,7416 \end{aligned}$$

- e. Truk 3 sumbu 42 ton (1 . 2-22) \Rightarrow sb. pertama : 18 %, sb. kedua : 28 %, sb ketiga : 54 %
 $E = E \text{ sb. tunggal} + E \text{ sb. ganda}$

$$= \left(\frac{0,18.42}{8,16} \right)^4 + \left(\frac{0,28.42}{8,16} \right)^4 + 0,086 \times \left(\frac{0,54.42}{8,16} \right)^4$$

$$= 10,1829$$

Dari hasil perhitungan angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan diatas dapat dilihat pada tabel 6.2 :

Tabel 6.2. Rekapitulasi Angka Ekivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

No.	Jenis Kendaraan	Angka Ekivalen (E)
1	Sedan, jeep, 2 ton (1 . 1)	0,0004
2	Angkutan umum 2 ton (1 . 1)	0,0004
3	Truk kecil 8,3 ton (1 . 2L)	0,2174
4	Truk 2 sumbu 25 ton (1 . 22)	2,7416
5	Truk 3 sumbu 42 ton (1 . 2-22)	10,1829

Sumber : Hasil analisa

f. **Tabel 6.3. Perhitungan Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)**

No	Jenis Kendaraan	Volume Kendaraan	C	Angka Ekivalen (E)	LEP
1	Sedan, jeep, 2 ton (1 . 1)	320	0,5	0,0004	0,064 kend/hari
2	Angkutan umum 2 ton (1 . 1)	262	0,5	0,0004	0,0524 kend/hari
3	Truk kecil 8,3 ton (1 . 2L)	237	0,5	0,2174	25,7619 kend/hari
4	Truk 2 sumbu 25 ton (1 . 22)	12	0,5	2,7416	16,4496 kend/hari
5	Truk 3 sumbu 42 ton (1 . 2-22)	7	0,5	10,1829	35,6402 kend/hari
				Total	77,9681 kend/hari

g. **Tabel 6.4. Perhitungan Lintas Ekivalen Akhir (LEA)**

No	Jenis Kendaraan	Volume Kendaraan	C	Angka Ekivalen (E)	LEA
1	Sedan, jeep, 2 ton (1 . 1)	1003	0,5	0,0004	0,2006 kend/hari
2	Angkutan umum 2 ton (1 . 1)	945	0,5	0,0004	0,189 kend/hari
3	Truk kecil 8,3 ton (1 . 2L)	802	0,5	0,2174	84,1774 kend/hari
4	Truk 2 sumbu 25 ton (1 . 22)	40	0,5	2,7416	54,832 kend/hari
5	Truk 3 sumbu 42 ton (1 . 2-22)	24	0,5	10,1829	122,1948 kend/hari
				Total	261,5938 kend/hari

- h. Perhitungan Lintas Ekivalen Tengah

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

$$\text{LET} = \frac{77,9681 + 261,5938}{2} = 169,781$$

- i. Lintas Ekivalen Rencana

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

$$\text{LER} = 169,781 \times \frac{20}{10} = 339,562$$

- j. Faktor Regional

Prosentase kendaraan berat ≥ 13 ton, ditinjau dari LHR pada akhir tahun rencana yaitu pada tahun 2028 adalah sebagai berikut :

$$\% \text{ kend. berat} = \frac{40 + 24}{12222} \times 100\% = 0,5237 < 30\%$$

kelandaian $< 6\%$

Iklim ≥ 900 mm/tahun

Dari tabel 2.9 didapat FR = 1,5

Pada daerah rawa FR ditambah 1,0, maka

$$\text{FR} = 1,5 + 1,0 = 2,5$$

- k. LER = 339,562

Kelas jalan kolektor

Dari tabel 2.10 didapat Ipt = 2,0

- l. Perhitungan Tebal Perkerasan Tiap Lapisan

A. Untuk Lapisan Surface

1. Penentuan material yang digunakan untuk lapisan base course

Base Course

(Batu pecah kelas B) ; CBR = 80 % ; DDT = 9,85

Surface Laston ; ipo = 4

2. Mencari ITP :

CBR Base Course = 80% ; DDT = 9,85 ; FR = 1,5

$LER_{20} = 339,562 \dots\dots\dots ITP_{20} = 4,1$ (Ipo = 4)

3. Menetapkan Tebal Perkerasan :

- Umur Rencana : 20 tahun

- $a_1 = 0,40$

$$ITP = a_1 D_1$$

$$4,1 = 0,40 \cdot D_1$$

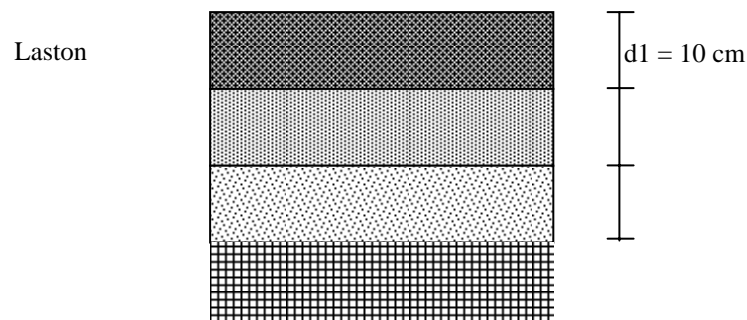
$$4,1 = 0,40 D_1$$

$$D_1 = 10.25 \text{ cm}$$

Dipakai $D_1 = 10 \text{ cm}$

Susunan perkerasan lentur pada ruas jalan SP 7 – Jagebob II dapat di lihat pada gambar 6.2 :

- Aspal beton / Laston = 10 cm



Gambar 6.1. Susunan lapisan perkerasan lentur

B. Lapisan Pondasi Atas (Base Course)

1. Penentuan material yang digunakan untuk lapisan sub-base course

Sub-base Course

(Sirtu kelas B) ; CBR = 50 % ; DDT = 9,10

Base Course

(Batu pecah kelas B) ; CBR = 80 % ; DDT = 9,85

Surface Laston ; ipo = 4

2. Mencari ITP :

CBR tanah dasar = 50%; DDT = 9,10 ; FR = 1,5

$LER_{20} = 339,562 \dots\dots\dots ITP_{20} = 4,51$ (Ipo = 4)

3. Menetapkan Tebal Perkerasan :

- Umur Rencana : 20 tahun

- $a_1 = 0,40$; $a_2 = 0,13$

$$ITP = a_1 D_1 + a_2 D_2$$

$$4,51 = 4 + 0,13 \cdot D_2$$

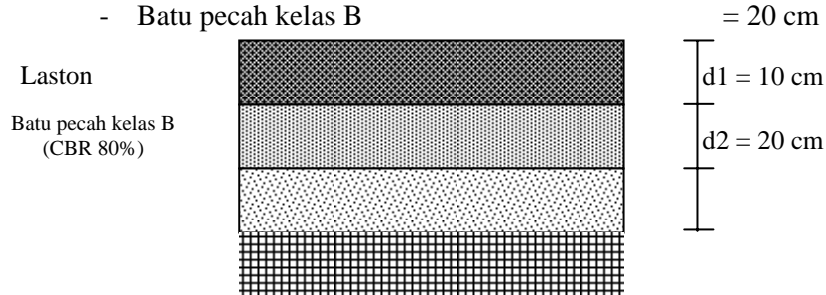
$$0,25 = 0,13D_2$$

$$D_2 = 3,92 \text{ cm} < \text{Tebal minimum} = 20 \text{ cm}$$

Maka dipakai $D_2 = 20 \text{ cm}$ (Tebal minimum yang disyaratkan, lihat tabel 2.14)

Susunan perkerasan lentur pada ruas jalan SP 7 – Jagebob II dapat di lihat pada gambar 6.3 :

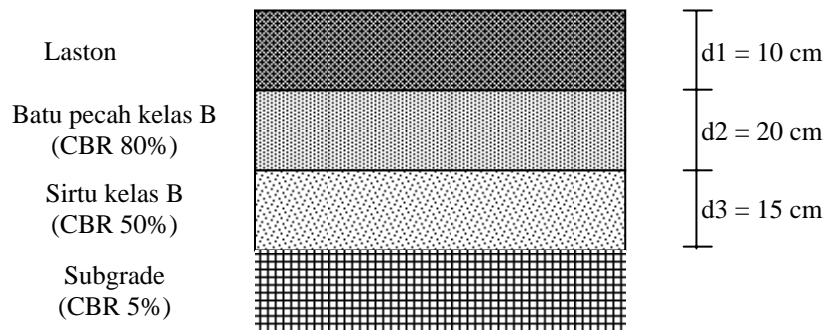
- Aspal beton / Laston = 10 cm
- Batu pecah kelas B



Gambar 6.2. Susunan lapisan perkerasan lentur

C. Lapisan Pondasi Bawah (Sub-base Course)

1. Susunan material penyusun perkerasan lentur
Tanah dasar ; CBR = 5 % ; DDT = 4,68
Sub-base Course
(Sirtu kelas B) ; CBR = 50 % ; DDT = 9,10
Base Course
(Batu pecah kelas B) ; CBR = 80 % ; DDT = 9,85
Surface Laston ; ipo = 4
2. Mencari ITP :
CBR tanah dasar = 5%; DDT = 4,68 ; FR = 1,5
LER₂₀ = 339,562 ITP₂₀ = 7,9 (Ipo = 4)
3. Menetapkan Tebal Perkerasan :
 - Umur Rencana : 20 tahun
 - a₁ = 0,40 ; a₂ = 0,13 ; a₃ = 0,12
ITP = a₁ D₁ + a₂ D₂ + a₃ D₃
7,9 = 4 + 2,6 + 0,12 D₃
1,3 = 0,12 D₂
D₃ = 10,83 cm
Dipakai D₃ = 15 cmSusunan perkerasan lentur pada ruas jalan SP 7 – Jagebob II di lihat pada gambar 6.4 :
 - Aspal beton / Laston = 10 cm
 - Batu pecah kelas B = 20 cm
 - Sirtu kelas B = 15 cm



Gambar 6.3. Susunan lapisan perkerasan lentur

6.2.2. Perhitungan Tebal Konstruksi Perkerasan Kaku (Beton K – 350)

1. a. Modulus Reaksi Tanah Dasar Rencana (k)
 $CBR = 5\%$; $k = 38,5 \text{ KPa/mm}$
 (Grafik hubungan antara CBR Tanah dengan k).
 b. Mutu Beton Rencana
 Akan digunakan beton dengan kuat tekan 28 hari sebesar 350 kg/cm^2 .
 $f_c' = 350/10,2 = 34 \text{ Mpa} > 30 \text{ Mpa}$ (minimum yang disarankan)
 $f_r = 0,62 \sqrt{f_c'} = 0,62 \sqrt{34} = 3,6 \text{ Mpa} > 3,5 \text{ Mpa}$ (minimum yang disarankan)
2. Menghitung jumlah konfigurasi beban sumbu dan Jumlah sumbu kendaraan niaga harian.
 - a. Konfigurasi Beban Sumbu Kendaraan Niaga
 - Truk Kecil (3 + 5,3) ton
 - Truk 2 Sumbu (6 + 19) ton
 - Truk 3 Sumbu (7 + 12 + 23) ton

b. Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga Harian

$$JSKNH = JKNH \times \text{Jumlah sumbu}$$

$$\text{Truk Kecil} = 237 \times 1 = 237 \text{ sumbu}$$

$$\text{Truk 2 sumbu} = 12 \times 2 = 24 \text{ sumbu}$$

$$\text{Truk 3 sumbu} = 7 \times 2 = 14 \text{ sumbu}$$

$$\text{Total JSKNH} = 275 \text{ sumbu}$$

3. Faktor Pertumbuhan Lalu lintas

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{e \log(1+i)}$$

$$\text{Jika } i = 0,0624$$

$$R = \frac{(1+0,0624)^{20} - 1}{e \log(1+0,0624)}$$

$$R_{\text{truk}} = 50,35$$

4. Jumlah Kendaraan Niaga

Jumlah Kendaraan Niaga (JKN) selama umur rencana (20 tahun)

$$JKN = 365 \times JKNH \times R$$

$$\text{Total JKNH} = 237 + 12 + 7 = 256 \text{ buah kendaraan}$$

$$JKN = 365 \times \text{Total JKNH} \times R$$

$$= 365 \times 256 \times 50,35$$

$$= 4.704.704 \text{ buah kendaraan}$$

5. Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga

Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) selama umur rencana (20 tahun)

$$JSKN = 365 \times \text{Total JSKNH} \times R$$

$$= 365 \times 275 \times 50,35$$

$$= 5.053.881,25$$

6. Persentase Beban Sumbu

Untuk perhitungan persentase beban sumbu dapat dilihat pada tabel 6.5.

Tabel 6.5. Persentase Beban Sumbu

Konfigurasi sumbu	Beban sumbu	% Beban
STRT	3	$237 / 275 \times 100\% = 86,18\%$
STRG	5,3	$237 / 275 \times 100\% = 86,18\%$
STRT	6	$12 / 275 \times 100\% = 4,36\%$
SGRG	19	$12 / 275 \times 100\% = 4,36\%$
STRT	7	$7 / 275 \times 100\% = 2,55\%$
STRT	12	$7 / 275 \times 100\% = 2,55\%$
SGRG	23	$7 / 275 \times 100\% = 2,55\%$

7. Repetisi kumulatif

Untuk perhitungan repetisi kumulatif dapat dilihat pada tabel

6.4.

Tabel 6.6. Repetisi Kumulatif

Konfigurasi sumbu	Beban sumbu	Repetisi Kumulatif
STRT	3	$0,5 \times 5.053.881,25 \times 0,8618 = 2.177.717,43$
STRG	5,3	$0,5 \times 5.053.881,25 \times 0,8618 = 2.177.717,43$
STRT	6	$0,5 \times 5.053.881,25 \times 0,0436 = 110.174,61$
SGRG	19	$0,5 \times 5.053.881,25 \times 0,0436 = 110.174,61$
STRT	7	$0,5 \times 5.053.881,25 \times 0,025 = 63.173,52$
STRT	12	$0,5 \times 5.053.881,25 \times 0,025 = 63.173,52$
SGRG	23	$0,5 \times 5.053.881,25 \times 0,025 = 63.173,52$

8. Perhitungan Fatigue

Faktor keamanan (FK) = 1,0 (jalan kolektor)

k = 38,5 KPa/mm

Beton K – 350 MR 28 = 41 kg / cm²

Dicoba tebal pelat 200 mm, seperti ditunjukkan pada tabel 6.7 :

Tabel 6.7. Perhitungan Untuk Tebal Pelat 200 mm, MR 28 = 41 kg/cm²

Konfigurasi sumbu	Beban sumbu (ton)	Beban sumbu rencana FK = 1,0	Repetisi beban (10 ⁵)	Tegangan yang terjadi (kg/cm ²)	Perbandingan Tegangan	Repetisi beban yang diijinkan	% fatigue
STRT	3	3	2.177.717,43	–	–	–	–
STRG	5,3	5,3	2.177.717,43	–	–	–	–
STRT	6	6	110.174,61	1,63	0,45	–	–
SGRG	19	19	110.174,61	2,08	0,58	57.000	193,29
STRT	7	7	63.173,52	1,86	0,52	300.000	21,06
STRG	12	12	63.173,52	2,32	0,64	11.000	574,31
SGRG	23	23	63.173,52	2,49	0,66	6.000	1.052,89
Total							1.841,552

Dengan tebal pelat 20 cm, terlihat bahwa total fatigue yang terjadi 1.841,552 % (> 100 %). Maka perhitungan harus diulangi kembali, dengan tebal yang lebih besar dari 20 cm.

Selanjutnya dicoba tebal pelat 24 cm, seperti ditunjukkan pada tabel 6.8 :

Tabel 6.8. Perhitungan Untuk Tebal Pelat 240 mm, MR 28 = 41 kg/cm²

Konfigurasi sumbu	Beban sumbu (ton)	Beban sumbu rencana FK = 1,0	Repetisi beban (10 ⁵)	Tegangan yang terjadi (kg/cm ²)	Perbandingan Tegangan	Repetisi beban yang diijinkan	% fatigue
STRT	3	3	2.177.717,43	–	–	–	–
STRG	5,3	5,3	2.177.717,43	–	–	–	–
STRT	6	6	110.174,61	–	–	–	–
SGRG	19	19	110.174,61	1,66	0,46	–	–
STRT	7	7	63.173,52	–	–	–	–
STRG	12	12	63.173,52	1,83	0,51	400.000	15,79
SGRG	23	23	63.173,52	2,03	0,56	100.000	63,17
Total							78,96

Dengan tebal pelat 24 cm terlihat total presentase fatigue = 78,96 % < 100%, maka perhitungan sudah cukup. Jadi digunakan tebal pelat beton = 240 mm.

Lapis pondasi bawah = sirtu Kelas B = 15 cm

9. Perhitungan Tulangan

- Ukuran pelat

$$\text{Tebal} = 24 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar Pelat} = 7 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pelat} = 20 \text{ m}$$

- Mutu baja (U32) = 3200 kg/cm²

a. Perhitungan tulangan memanjang

- Sambungan pemuai di pasang tiap 20 meter

Ruji/dowel yang dipakai diameter 19 mm, panjang 420 mm, jarak 250 mm

$$P_s = \left(\frac{100 \times f_t}{(f_y - n \times f_t)} \right) (1,3 - (0,2 \times 1,2 F))$$

P_s = Persentase tulangan memanjang

$$f_t = 0,5 \times MR = 0,5 \times 41 = 20,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 3200 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = 6$$

$$P_s = \left(\frac{100 \times 20,5}{3200 - (6 \times 20,5)} \right) (1,3 - (0,2 \times 1,2 \times 1,2))$$

$$= 0,67\%$$

$$A_s^{\text{perlu}} = 0,67\% \times 100 \times 24 = 16,08 \text{ cm}^2$$

$$A_s^{\text{min}} = 0,6\% \times 100 \times 24 = 14,4 \text{ cm}^2$$

Dicoba tulangan diameter 16 – 100 mm (A = 20,106 cm²)

b. Perhitungan tulangan melintang

$$\begin{aligned} A_s &= \left(\frac{1200 \times F \times L \times h}{f_s} \right) \\ &= \frac{1200 \times 1,2 \times 20 \times 0,24}{3200} \\ &= 2,16 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s^{\min} = 0,1\% \times 100 \times 24 = 2,4 \text{ cm}^2$$

Di pergunakan tulangan diameter 12–200mm ($A=5,655 \text{ cm}^2$)

Pengecekan jarak teoritis antara retakan

$$L_{cr} = \frac{f_t^2}{n \times \rho^2 \times u \times f_b \times (S \times E_c - f_t)}$$

$$f_t = 0,5 \times 41 = 20,5$$

$$n = 6$$

$$\rho = \frac{20,106}{100 \times 24} = 0,0084$$

$$u = \frac{\pi \times d}{1/4 \times \pi \times d^2} = \frac{4}{d} = \frac{4}{1,6} = 2,5$$

$$S = 400 \times 10^{-6}$$

$$E_c = 16.600 \sqrt{\sigma' b k} = 16.600 \sqrt{350} = 310.557,56 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_b = \frac{2,16}{d} \sqrt{\sigma' b k} = \frac{2,16}{1,6} \sqrt{350} = 25,26 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Lcr} &= \frac{(20,5)^2}{6 \times (0,0084)^2 \times (2,5) \times (25,26) \times ((400 \cdot 10^{-6} \times 310.557,56) - 20,5)} \\ &= 151,55 \text{ cm} < \text{Lcr max} = 250 \text{ cm} (\text{memenuhi Lcr yang diisyaratkan} \\ &\quad (1,5 - 2,5 \text{ m})) \quad \text{Ok!!!} \end{aligned}$$

BAB VII

ANALISA EKONOMI JALAN RAYA

7.1 Umum

Dalam melakukan penilaian layak atau tidaknya proyek jalan pada ruas jalan Merauke – Jagebob II secara ekonomi jalan raya, teknik metode Benefit Cost Rasio (B/C Ratio) dianggap yang paling tepat untuk digunakan. Metode ini pada dasarnya membandingkan nilai antara besarnya suatu investasi pembangunan (construction cost) yang harus dikeluarkan dengan nilai penghematan. Untuk mengekivalenkan construction cost maupun benefit dipakai metode Present Worth.

7.2 Perhitungan Biaya Lapisan Perkerasan Lentur Dan Lapisan perkerasan Kaku

Dari hasil perhitungan di Bab VI untuk perkerasan lentur, didapatkan :

- Surface Course = 10 cm
- Base Course = 20 cm
- Sub Base Course = 15 cm

Biaya perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 7.1 :

Tabel 7.1. Perhitungan Analisa Biaya Perkerasan Lentur

No	Uraian Kegiatan	Koef	Sat	Vol	Harga Satuan (Rp)	Harga (Rp)
	Pekerjaan Perkerasan Lentur					
1	Kebutuhan Lapisan Aspal (LASTON)	-	Ton	7000	-	
	A. TENAGA KERJA					
	* Mandor	0.0067	O.H	-	75,000.00	502.50
	* Operator Alat Konstruksi	0.0133	O.H	-	60,000.00	798.00
	* Pembantu Operator	0.0133	O.H	-	45,000.00	598.50
	* Sopir	0.0067	O.H	-	55,000.00	368.50
	* Pembantu Sopir	0.0067	O.H	-	45,000.00	301.50
	* Pekerja/Buruh Tak Terampil	0.0400	O.H	-	45,000.00	1,800.00
	Jumlah A					4,369.00
	B. BAHAN					
	* Batu Pecah 1/2	0.1400	m3	-	1,575,000.00	220,500.00
	* Batu Pecah 0.5/1	0.1700	m3	-	1,575,000.00	267,750.00
	* Pasir Pasang	0.2400	m3	-	1,675,000.00	402,000.00
	* Filler / Abu Batu	0.0200	m3	-	1,850,000.00	37,000.00
	* Aspal AC 60/70	60.0000	Kg	-	8,450.00	507,000.00
	Jumlah B					1,434,250.00
	C. PERALATAN					
	* AMP	0.0500	Jam	-	7,005,023.03	350,251.15
	* Wheel Loader	0.0500	Jam	-	357,967.01	17,898.35
	* Dump Truck	0.2400	Jam	-	317,692.55	76,246.21
	* Asphalt Finisher	0.0019	Jam	-	513,260.16	975.19
	* Tandem Roller	0.0019	Jam	-	279,226.64	530.53
	* Pneumatic Tire Roller	0.0019	Jam	-	300,507.97	570.97
	* Sewa Alat Bantu	0.0017	Jam	-	125,000.00	212.50
	Jumlah C					446,684.90
	Jumlah A+B+C					1,885,303.90
	TOTAL					13,197,127,328.44
	* Ongkos Angkut Material(1ret maks 2.58m3)	-	Ret	7000	777,332	5,441,321,760.00
	Total Biaya Pekerjaan Lapisan ASPAL (LASTON)					18,638,449,088.44
2	Agregat Base Course (Agregat Kelas B)	-	m3	14000	-	
	A. TENAGA KERJA					
	* Mandor	0.0067	O.H	-	75,000	502.50
	* Operator Alat Konstruksi	0.0133	O.H	-	60,000	798.00
	* Pembantu Operator	0.0133	O.H	-	45,000	598.50
	* Sopir	0.0067	O.H	-	55,000	368.50
	* Pembantu Sopir	0.0067	O.H	-	45,000	301.50
	* Pekerja/Buruh Tak Terampil	0.0400	O.H	-	45,000	1,800.00
	Jumlah A					4,369.00

(Bersambung)

Tabel 7.1.Perhitungan Analisa Biaya Perkerasan Lentur. (Lanjutan)

No	Uraian Kegiatan	Koef	Sat	Vol	Harga Satuan (Rp)	Harga (Rp)	
	B. BAHAN						
	* Pasir Pasang	0.2400	m3	-	1,675,000.00	402,000.00	
	* Batu Pecah 1/2	0.1400	m3	-	1,575,000.00	220,500.00	
	* Batu Pecah 2/3	0.0667	m3	-	1,075,000.00	71,702.50	
	* Batu Pecah 0.5/1	0.1700	m3	-	1,575,000.00	267,750.00	
	Jumlah B						961,952.50
	C. PERALATAN						
	* Sewa Truk	0.0333	Jam	-	232,783	7,751.68	
	* Sewa Motor Grader	0.0333	Jam	-	339,280	11,298.02	
	* Sewa Tangki Air	0.0333	Jam	-	195,803	6,520.23	
	* Sewa Walles	0.0333	Jam	-	239,238	7,966.64	
	* Sewa Alat Bantu	0.0017	Jam	-	125,000	212.50	
	Jumlah C						33,749.08
	Jumlah A+B+C						1,000,070.58
	TOTAL						14,000,988,103.91
* Ongkos Angkut Material (1 ret maks 2.58 m3)	-	Ret	14000	777,332		4,218,078,883.72	
Total Biaya Pekerjaan Lapisan Base Course						18,219,066,987.63	
3	Agregat Sub Base Course (Agregat kelas B)	-	m3	10500	-		
	A. TENAGA KERJA						
* Mandor	0.0067	O.H	-	75,000	502.50		
* Operator Alat Konstruksi	0.0133	O.H	-	60,000	798.00		
* Pembantu Operator	0.0133	O.H	-	45,000	598.50		
* Sopir	0.0067	O.H	-	55,000	368.50		
* Pembantu Sopir	0.0067	O.H	-	45,000	301.50		
* Pekerja/Buruh Tak Terampil	0.0400	O.H	-	45,000	1,800.00		
Jumlah A						4,369.00	
	B. BAHAN						
* Sirtu	0.1600	m3	-	1,430,000.00	228,800.00		
* Batu Pecah 2/3	0.0667	m3	-	1,075,000.00	71,702.50		
Jumlah B						300,502.50	
	C. PERALATAN						
* Sewa Truk	0.0333	Jam	-	232,783	7,751.68		
* Sewa Motor Grader	0.0333	Jam	-	339,280	11,298.02		
* Sewa Tangki Air	0.0333	Jam	-	195,803	6,520.23		
* Sewa Walles	0.0333	Jam	-	239,238	7,966.64		
* Sewa Alat Bantu	0.0017	Jam	-	125,000	212.50		
Jumlah C						33,749.08	
Jumlah A+B+C						338,620.58	
TOTAL						3,555,516,077.94	
* Ongkos Angkut Material (1 ret maks 2.5 m3)	-	Ret	10500	777,332		3,264,793,056.00	
Total biaya Pekerjaan Lapisan Sub Base Course						6,820,309,133.94	
Total Perkerasan Lentur						43,677,825,210.01	

Dari hasil perhitungan di Bab VI untuk perkerasan kaku, didapatkan tebal = 24 cm. Untuk biaya perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 7.2

Tabel 7.2. Perhitungan Analisa Biaya Perkerasan Kaku

No	Uraian Kegiatan	Koef	Sat	Vol	Harga Satuan (Rp)	Harga (Rp)
Pekerjaan Perkerasan Kaku						
1	Agregat Sub Base Course (Agregat kelas B)		m3	10500	-	
	A. TENAGA KERJA					
	* Mandor	0.0067	O.H	-	75,000	502.50
	* Operator Alat Konstruksi	0.0133	O.H	-	60,000	798.00
	* Pembantu Operator	0.0133	O.H	-	45,000	598.50
	* Sopir	0.0067	O.H	-	55,000	368.50
	* Pembantu Sopir	0.0067	O.H	-	45,000	301.50
	* Pekerja/Buruh Tak Terampil	0.0400	O.H	-	45,000	1,800.00
	Jumlah A					4,369.00
	B. BAHAN					
	* Sirtu	0.1600	m3	-	1,430,000.00	228,800.00
	* Batu Pecah 2/3	0.0667	m3	-	1,075,000.00	71,702.50
	Jumlah B					300,502.50
	C. PERALATAN					
	* Sewa Truk	0.0333	Jam	-	232,783	7,751.68
	* Sewa Motor Grader	0.0333	Jam	-	339,280	11,298.02
	* Sewa Tangki Air	0.0333	Jam	-	195,803	6,520.23
	* Sewa Walles	0.0333	Jam	-	239,238	7,966.64
	* Sewa Alat Bantu	0.0017	Jam	-	125,000	212.50
	Jumlah C					33,749.08
	Jumlah A+B+C					338,620.58
	TOTAL					3,555,516,077.94
	* Ongkos Angkut Material (1 ret maks 2.5 m3)	-	Ret	10500	777,332	3,264,793,056.00
	Total biaya Pekerjaan Lapisan Sub Base Course					6,820,309,133.94
2	Pekerjaan Bekisting Kayu Kelas III	-	m2	4800	154,276.19	740,525,712.00
3	Pekerjaan Pembesian		Kg	-		
	* Pemasangan Baja Tulangan	-	Kg	1705000	13,905.91	23,709,576,550.00
	Total biaya Pekerjaan Pembesian					23,709,576,550.00
	* Ongkos Angkut Material (1 ret maks 4 ton)D12	-	Ton	1172	771,331.68	226,031,035.51
	* Ongkos Angkut Material (1 ret maks 4 ton)D16	-	Ton	2086	771,331.68	402,172,337.95
4	Pekerjaan Pengecoran Beton K-350	-	m3	16800	2,680,958.75	45,040,107,000.00
	Total Perkerasan Kaku					76,938,721,769.39

Biaya Perbaikan Tanah Dasar Dengan Menimbun Muka Tanah Asli.

Dapat di lihat pada tabel 7.3 :

Tabal 7.3. Perhitungan Analisa Biaya Perbaikan Tanah Dasar

Biaya Perbaikan Tanah Dasar Untuk Perkerasan Lentur dan Kaku					
No	Uraian Kegiatan	Sat	Volume	Harga Satuan (Rp)	Harga (Rp)
1	Pekerjaan Timbunan Tanah Pilihan	m3	105,000.00	255,725.36	26,851,162,800.00
2	Ongkos angkut material (1 ret maks 2.5 m3)	Ret	42,000.00	777,332	32,647,944,000.00
Total =					59,499,106,800.00

* Total Biaya Konstruksi Perkerasan Lentur
= Rp 43.677.825.210,01+Rp 59.499.106.800,00
= Rp 103.176.932.010,01

* Total Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku
= Rp 76.938.721.769,39 + Rp 59.499.106.800,00
= Rp 136.437.828.569,39

7.3. Perhitungan Biaya Perawatan Untuk Perkerasan Lentur

7.3.1 Biaya Pemeliharaan Berkala/Overlay

Untuk menjaga supaya konstruksi perkerasan lentur tetap bertahan selama umur rencana, maka dilakukan perawatan secara berkala setiap 5 tahun seperti overlay (pelapisan ulang) dengan tebal 5 cm.

$$\text{Panjang} = 10000 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 7 \text{ m}$$

Surface :

$$\text{Luas} = 7 \text{ m} \times 10000 \text{ m} = 70000 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Harga} &= 70000 \text{ m}^2 \times 5/4 \times \text{Rp. } 145.030.64/\text{m}^2 \\ &= \text{Rp. } 12.690.181.000,00 \end{aligned}$$

Lapisan Tack Coat / Perekat

$$\text{Luas} = 7 \text{ m} \times 10000 \text{ m} = 70000 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Harga} &= 70000 \text{ m}^2 \times \text{Rp. } 34.538,91/\text{m}^2 \\ &= \text{Rp. } 2.417.723.700,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total} &= \text{Rp. } 12.690.181.000,00 + \text{Rp. } 2.417.723.700,00 \\ &= \text{Rp. } 15.107.904.700,00 \end{aligned}$$

Inflasi Kota Jayapura = 11.40 % Pertahun

- Tahun Ke 5 $\rightarrow F = 15.107.904.700,00(1 + 0.114)^5$
 $= 25.919.713.143,79$
- Tahun Ke 10 $\rightarrow F = 15.107.904.700,00(1 + 0.114)^{10}$
 $= 44.468.875.254,18$
- Tahun Ke 15 $\rightarrow F = 15.107904.700,00 (1 + 0.114)^{15}$
 $= 76.292.544.419,84$

Suku Bunga Bank Indonesia = 8.75 %

- Tahun Ke 5 $\rightarrow P = 25.919.713.143,79 (P/F,8.75\%,5)$
 $= 17.040.559.997,02$
- Tahun Ke 10 $\rightarrow P = 44.468.875.254,18 (P/F,8.75\%,10)$
 $= 19.220.447.228,00$
- Tahun Ke 15 $\rightarrow P = 76.292.544.419,84 (P/F,8.75\%,15)$
 $= 21.679.193.154,97$

Total Biaya Perawatan Berkala = Rp 57.940.200.379,99

7.3.2. Biaya Pemeliharaan Rutin

Sedangkan untuk pemeliharaan rutin diasumsikan

5 % untuk setiap tahunnya.

Panjang = 10000 m

Lebar = 7 m

Luas = $5\% \times (7 \times 10000) \text{ m}^2 = 3.500 \text{ m}^2$

Harga = $3.500 \text{ m}^2 \times 12/4 \times \text{Rp. } 145.030,64/\text{m}^2$

= Rp. 1.522.821.720,00

Inflasi Kota Jayapura = 11.40 %

Perhitungan FW untuk perkerasan lentur dapat di lihat pada tabel 7.4:

Tabel 7.4. Perhitungan FW Pertahun Untuk Biaya Perawatan Rutin

No	P	$(1+i)^n$	FW
1	1,522,821,720.00	1.1140	1,696,423,396.08
2	1,522,821,720.00	1.2410	1,889,815,663.23
3	1,522,821,720.00	1.3825	2,105,254,648.84
4	1,522,821,720.00	1.5401	2,345,253,678.81
5	1,522,821,720.00	1.7156	2,612,612,598.19
6	1,522,821,720.00	1.9112	2,910,450,434.39
7	1,522,821,720.00	2.1291	3,242,241,783.91
8	1,522,821,720.00	2.3718	3,611,857,347.27
9	1,522,821,720.00	2.6422	4,023,609,084.86
10	1,522,821,720.00	2.9434	4,482,300,520.54
11	1,522,821,720.00	3.2790	4,993,282,779.88
12	1,522,821,720.00	3.6528	5,562,517,016.78
13	1,522,821,720.00	4.0692	6,196,643,956.70
14	1,522,821,720.00	4.5331	6,903,061,367.76
15	1,522,821,720.00	5.0498	7,690,010,363.69
16	1,522,821,720.00	5.6255	8,566,671,545.15
17	1,522,821,720.00	6.2668	9,543,272,101.29
18	1,522,821,720.00	6.9813	10,631,205,120.84
19	1,522,821,720.00	7.7771	11,843,162,504.62
20	1,522,821,720.00	8.6637	13,193,283,030.14

$$FW = P(1+0.114)^1, P(1+0.114)^2, \dots, \dots, P(1+0.114)^{20}$$

Dimana, P = Rp. 1.522.821.720,00

Suku Bunga Bank Indonesia = 8.75 %

$$\begin{aligned} P &= F_1(P/F, i, n) + F_2(P/F, i, n) + F_3(P/F, i, n) + F_4(P/F, i, n) + \\ &F_5(P/F, i, n) + F_6(P/F, i, n) + F_7(P/F, i, n) + F_8(P/F, i, n) + \\ &F_9(P/F, i, n) + F_{10}(P/F, i, n) + F_{11}(P/F, i, n) + F_{12}(P/F, i, n) + \\ &F_{13}(P/F, i, n) + F_{14}(P/F, i, n) + F_{15}(P/F, i, n) + F_{16}(P/F, i, n) + \\ &F_{17}(P/F, i, n) + F_{18}(P/F, i, n) + F_{19}(P/F, i, n) + F_{20}(P/F, i, n) \\ &= \text{Rp. } 39.595.265.737,99 \end{aligned}$$

Total Biaya Perawatan Rutin = Rp. 39.595.265.737,99

Total Biaya Perawatan Perkerasan Lentur = **Rp 97.535.466.117,97**

7.4. Perhitungan Biaya Perawatan Untuk Perkerasan Kaku

Untuk biaya pemeliharaan pada perkerasan kaku diasumsikan 0,5 % untuk setiap tahunnya.

Panjang = 10000 m

Tbl Plat = 0,24 m

Luas = 0,5% x 7 m x 10000 m = 350 m²

Harga = 350 m² x 0,24 m x Rp. 2.680.958,75

= Rp. 225.200.535,00

Inflasi Kota Jayapura = 11.40 %

Perhitungan FW untuk perkerasan Kaku dapat di lihat pada tabel 7.5 :

Tabel 7.5. Perhitungan FW Pertahun Untuk Biaya Perawatan Perkerasan Kaku

No	P	(1+i) ⁿ	FW
1	225,200,535.00	1.1140	250,873,395.99
2	225,200,535.00	1.2410	279,472,963.13
3	225,200,535.00	1.3825	311,332,880.93
4	225,200,535.00	1.5401	346,824,829.36
5	225,200,535.00	1.7156	386,362,859.90
6	225,200,535.00	1.9112	430,408,225.93
7	225,200,535.00	2.1291	479,474,763.69
8	225,200,535.00	2.3718	534,134,886.75
9	225,200,535.00	2.6422	595,026,263.84
10	225,200,535.00	2.9434	662,859,257.91
11	225,200,535.00	3.2790	738,425,213.32
12	225,200,535.00	3.6528	822,605,687.64
13	225,200,535.00	4.0692	916,382,736.03
14	225,200,535.00	4.5331	1,020,850,367.93
15	225,200,535.00	5.0498	1,137,227,309.88
16	225,200,535.00	5.6255	1,266,871,223.20
17	225,200,535.00	6.2668	1,411,294,542.65
18	225,200,535.00	6.9813	1,572,182,120.51
19	225,200,535.00	7.7771	1,751,410,882.25
20	225,200,535.00	8.6637	1,951,071,722.82

$$FW = P(1+0.114)^1, P(1+0.114)^2, \dots, \text{dst.}, P(1+0.114)^{20}$$

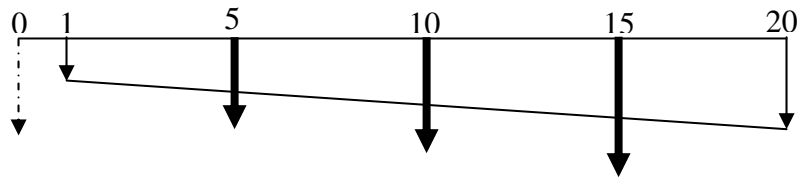
Dimana, P = Rp. 225.200.535,00

Suku Bunga Bank Indonesia = 8.75 %

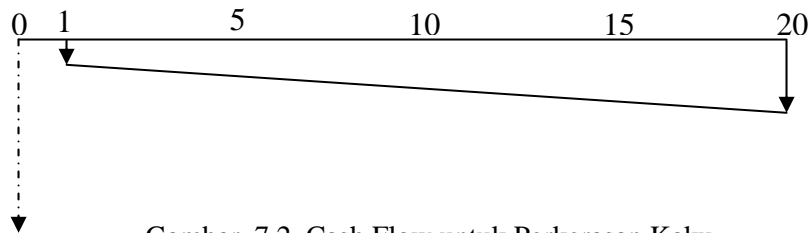
$$\begin{aligned}
 P &= F_1(P/F, i, n) + F_2(P/F, i, n) + F_3(P/F, i, n) + F_4(P/F, i, n) + \\
 &F_5(P/F, i, n) + F_6(P/F, i, n) + F_7(P/F, i, n) + F_8(P/F, i, n) + \\
 &F_9(P/F, i, n) + F_{10}(P/F, i, n) + F_{11}(P/F, i, n) + F_{12}(P/F, i, n) + \\
 &F_{13}(P/F, i, n) + F_{14}(P/F, i, n) + F_{15}(P/F, i, n) + F_{16}(P/F, i, n) + \\
 &F_{17}(P/F, i, n) + F_{18}(P/F, i, n) + F_{19}(P/F, i, n) + F_{20}(P/F, i, n) \\
 &= \text{Rp. } 5.855.495.039,61
 \end{aligned}$$

Total Biaya Perawatan Rutin = Rp. 5.855.495.039,61

Total Biaya Perawatan Perkerasan Kaku = **Rp 5.855.495.039,61**



Gambar 7.1. Cash Flow untuk Perkerasan Lentur



Gambar 7.2. Cash Flow untuk Perkerasan Kaku

Keterangan :

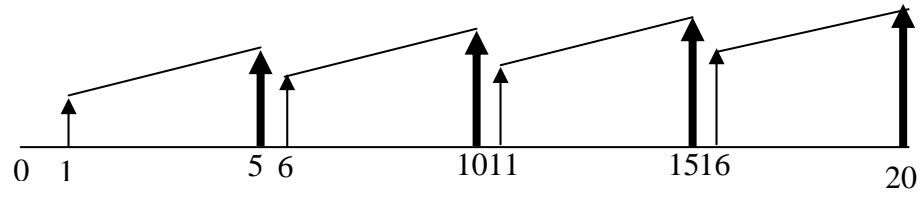
- = Biaya Perawatan Rutin
- = Biaya Perawatan Berkala
- = Biaya Pembuatan

7.5. Perhitungan Biaya Penggunaan

Dalam perhitungan BOK untuk Tugas Akhir ini, Penulis menggunakan IHK (indeks harga konsumen) sebagai nilai i yang dipakai untuk menghitung pertumbuhan harga BOK selama umur rencana jalan. IHK yang digunakan adalah IHK kota Jakarta yang diasumsikan sebagai acuan untuk daerah - daerah lain di Indonesia. Data IHK di ambil dari BPS (Badan Pusat Statistik) Surabaya dan datanya dapat dilihat pada lampiran yang terlampir. Perhitungan PW untuk perkerasan lentur dan kaku dapat di lihat pada tabel 7.6 dan tabel 7.7. Cash flow user cost perkerasan lentur dapat di lihat pada gambar 7.3 sedangkan cash flow user cost untuk perkerasan kaku dapat di lihat pada gambar 7.4.

Tabel 7.6. Perhitungan PW Untuk User Cost Perkerasan Lentur

User Cost Perkerasan Lentur			
NO	Tahun	BOK	P(P/F,i,n)
1	2009	26,125,001,281.11	23,967,859,925.33
2	2010	30,332,521,625.82	25,530,276,802.02
3	2011	34,794,091,529.46	26,867,301,597.22
4	2012	39,914,971,977.13	28,276,564,448.04
5	2013	55,784,991,458.85	36,256,339,498.85
6	2014	47,590,051,256.14	28,376,043,961.99
7	2015	55,289,755,355.53	30,245,154,872.14
8	2016	61,116,566,341.94	30,671,959,984.37
9	2017	67,322,532,026.02	30,996,640,195.42
10	2018	92,443,915,615.08	39,049,234,394.97
11	2019	80,347,894,400.67	31,137,219,517.09
12	2020	87,420,503,988.52	31,080,611,783.04
13	2021	94,594,936,348.67	30,854,030,388.85
14	2022	102,164,789,503.66	30,571,791,611.08
15	2023	137,954,013,218.85	37,872,515,248.97
16	2024	118,099,550,384.57	29,744,552,759.86
17	2025	126,367,972,836.68	29,199,847,483.37
18	2026	135,079,728,815.21	28,635,551,711.54
19	2027	144,190,706,733.71	28,042,208,645.57
20	2028	192,479,924,736.81	34,344,192,970.79
		Total User Cost	611,719,897,800.48

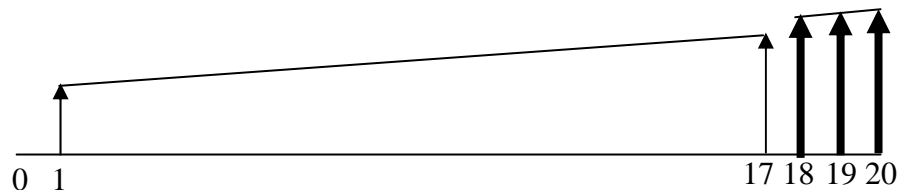


Gambar 7.3. Cash Flow User Cost Perkerasan Lentur

$$\begin{aligned}
 P &= P_1(P/F,i,n)+P_2(P/F,i,n)+P_3(P/F,i,n)+P_4(P/F,i,n)+ \\
 &P_5(P/F,i,n)+P_6(P/F,i,n)+P_7(P/F,i,n)+P_8(P/F,i,n)+ \\
 &P_9(P/F,i,n)+P_{10}(P/F,i,n)+P_{11}(P/F,i,n)+P_{12}(P/F,i,n)+ \\
 &P_{13}(P/F,i,n)+P_{14}(P/F,i,n)+P_{15}(P/F,i,n)+P_{16}(P/F,i,n)+ \\
 &P_{17}(P/F,i,n)+P_{18}(P/F,i,n)+P_{19}(P/F,i,n)+P_{20}(P/F,i,n) \\
 &= \text{Rp. } 611.719.897.800,48
 \end{aligned}$$

Tabel 7.7. Perhitungan PW untuk User Cost Perkerasan Kaku

User Cost Perkerasan Kaku			
NO	Tahun	BOK	P(P/F,i,n)
1	2009	26,125,001,281.11	23,967,859,925.33
2	2010	30,332,521,625.82	25,530,276,802.02
3	2011	34,794,091,529.46	26,867,301,597.22
4	2012	39,914,971,977.13	28,276,564,448.04
5	2013	44,457,118,629.98	28,894,015,111.18
6	2014	47,590,051,256.14	28,376,043,961.99
7	2015	55,289,755,355.53	30,245,154,872.14
8	2016	61,116,566,341.94	30,671,959,984.37
9	2017	67,322,532,026.02	30,996,640,195.42
10	2018	73,648,892,638.70	31,110,028,739.51
11	2019	80,347,894,400.67	31,137,219,517.09
12	2020	87,420,503,988.52	31,080,611,783.04
13	2021	94,594,936,348.67	30,854,030,388.85
14	2022	102,164,789,503.66	30,571,791,611.08
15	2023	109,886,330,813.42	30,167,094,398.21
16	2024	118,099,550,384.57	29,744,552,759.86
17	2025	126,367,972,836.68	29,199,847,483.37
18	2026	169,599,103,734.55	35,953,314,000.69
19	2027	181,037,536,537.24	35,208,180,105.76
20	2028	192,479,924,736.81	34,344,192,970.79
		Total User Cost	603,196,680,655.94



Gambar 7.4. Cash Flow User Cost Perkerasan Kaku

$$\begin{aligned}
P &= P_1(P/F,i,n)+P_2(P/F,i,n)+P_3(P/F,i,n)+P_4(P/F,i,n)+ \\
&P_5(P/F,i,n)+P_6(P/F,i,n)+P_7(P/F,i,n)+P_8(P/F,i,n)+ \\
&P_9(P/F,i,n)+P_{10}(P/F,i,n)+P_{11}(P/F,i,n)+P_{12}(P/F,i,n)+ \\
&P_{13}(P/F,i,n)+P_{14}(P/F,i,n)+P_{15}(P/F,i,n)+P_{16}(P/F,i,n)+ \\
&P_{17}(P/F,i,n)+P_{18}(P/F,i,n)+P_{19}(P/F,i,n)+P_{20}(P/F,i,n) \\
&= \text{Rp. } 603.196.680.655,94
\end{aligned}$$

Keterangan :

————— = Good Condition

————— = Fair Condition

7.6. Evaluasi Ekonomi

1. Perkerasan Lentur

Initial Cost	=	Rp 103.176.932.010,01
Operational Cost	=	Rp 97.535.466.117,97
User Cost	=	Rp 611.719.897.800,48

2. Perkerasan Kaku

Initial Cost	=	Rp 136.437.828.569,39
Operational Cost	=	Rp 5.855.495.039,61
User Cost	=	Rp 603.196.680.655,94

Untuk perhitungan evaluasi ekonomi dapat dilihat pada table 7.8

Tabel 7.8. Evaluasi Ekonomi

	Perkerasan Kaku (Rp)	Perkerasan Lentur (Rp)	Selisih (Rp)
Initial Cost	136.437.828.569,39	103.176.932.010,01	
Operational Cost	5.855.495.039,61	97.535.466.117,97	
Total Cost	142.293.323.500,00	200.712.398.100,00	- 58.419.074.518,98
User Cost	603.196.680.655,94	611.719.897.800,48	- 8.523.217.144,54

$$\Delta \text{ Cost} = \text{Rp } 58.419.074.518,98$$

$$\Delta \text{ Benefit} = \text{Rp } 8.523.217.144,54$$

$$B/C = \frac{8.523.217.144,54}{58.419.074.518,98} = 0.1459 \leq 1$$

$$B - C = 8.523.217.144,54 - 58.419.074.518,98 \\ = - 49.895.857.374,44 \leq 0$$

→ Dipilih alternatif menggunakan **Perkerasan Kaku**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga, Juni 1997, **MKJI** (Manual Kapasitas Jalan Indonesia), Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1983, **Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya**, Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1985, **Pedoman Perencanaan Perkerasan Kaku** (Beton Semen), Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1987, **Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen**, Departemen Pekerjaan Umum.
- Kartika Gde A, Anak, 2006, **Buku Ajar Ekonomi Jalan Raya**, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS.
- Lea, N.D. & Associates, Ltd, August 1975, Traffic And Economic Studies And Analyses.
- Merauke Dalam Angka, 2008, Badan Pusat Statistik Kabupaten Merauke.
- Mochtar B Indrasurya, 1989, **Teknik Perkerasan Jalan**, Teknik Sipil FTSP ITS.
- Saodang Hamirhan, 2005, **Konstruksi Jalan Raya**, Edisi kedua, Penerbit Nova Bandung.
- Statistik Indonesia, 1975 – 2008, Badan Pusat Statistik Surabaya.
- Sukirman, Silvia, 1999, **Perkerasan Lentur Jalan Raya**, Edisi Kelima, Penerbit Nova Bandung.