

ABSTRAK

NAMA	: REZA CAHYO WICAKSONO
NRP	: 3110100014
JUDUL	: ANALISA PERBANDINGAN KONSTRUKSI PERKERASAN LENTUR MENGGUNAKAN UNTREATED BASE DAN CEMENT TREATED BASE PADA RUAS JALAN KETAPANG – BATAS KABUPATEN PAMEKASAN DITINJAU DARI SEGI EKONOMI
JURUSAN	: TEKNIK SIPIL ITS

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang mempunyai peranan penting untuk memperlancar kegiatan perekonomian dan pemerataan pembangunan. Dengan semakin banyaknya pertumbuhan ekonomi penduduk, mengakibatkan meningkatnya lalu lintas yang membuat beban jalan sudah tidak sesuai lagi dengan perencanaan sebelumnya yang terjadi khususnya pada daerah Madura. Maka dibutuhkan pelebaran jalan dan perkerasan jalan yang dapat menampung volume lalu lintas yang melewati daerah tersebut. Penggunaan perkerasan CTB diharapkan sangat bermanfaat dikarenakan harga yang tidak terlalu mahal namun mempunyai daya tahan yang bagus, sehingga CTB ini dapat menjadi alternatif dalam mengantisipasi pertumbuhan volume lalu lintas kendaraan berat.

Untuk tujuan tugas akhir ini yaitu untuk menghitung kedua tebal perkerasan, menghitung total biaya konstruksi serta pemeliharaan kedua perkerasan, mencari user cost dengan metode N.D. Lea, dan membandingkan kedua perkerasan tersebut secara ekonomi dengan perhitungan Benefit Cost Ratio.

Maka akan dibahas perbandingan antara konstruksi perkerasan lentur yang menggunakan Untreated Base dan Cement

Treated Base (CTB) yang ditinjau dari segi analisa ekonomi. Studi yang dibahas antara lain : Menghitung tebal konstruksi dari 2 perkerasan tersebut; menghitung biaya konstruksi dari kedua perkerasan tersebut; pemeliharan berkala dan rutin pada kedua perkerasan tersebut; dan menganalisa kelayakan secara ekonomi dengan perhitungan BCR.

Kata kunci : *Perkerasan Lentur, CTB, Analisa dan Evaluasi Ekonomi*

ABSTRACT

NAME : REZA CAHYO WICAKSONO
NRP : 3110100014
TITLE : COMPARATIVE ANALYSIS OF FLEXIBLE
PAVEMENT CONTRUCTION USING THE
UNTREATED BASED AND CEMENT
TREATED BASED METHOD ON
KETAPANG-PAMEKASAN IN TERMS OF
ECONOMIC
DEPARTMENT: CIVIL ENGINEERING

The road is kind of infrastructure which is used for transportation and has an important role in economic activities and equitable development. With the increasing number of population growth, resulting in traffic increased which makes the load path is no longer compatible with the previous planning that occurs especially in Madura. So, it's needed a road widening and pavement to accommodate the volume of traffic which pass through the area. The use of CTB pavement is expected to be useful because the price is not too expensive but have good endurance, so that it can be an alternative CTB in anticipation of growth in the volume of heavy vehicle traffic.

The purpose of this thesis is to calculate both pavement thickness, calculate the total cost of construction and maintenance of both the pavement, looking for a cost friendly method ND Lea, and compare the two pavement economically with Benefit Cost Ratio calculation. It will discuss the comparison between the use of flexible pavement construction Untreated Base and Cement Treated Base (CTB), which in terms of economic analysis. Studies discussed include: Calculating thickness of the two pavement constructions ; calculate the cost of construction of

both the pavement; periodic and routine maintenance on both of the pavement; and analyze the economic feasibility with BCR calculation.

Keywords : *Flexible pavement, Cement Treated Based (CTB), Analysis and Evaluation of Economic*

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jalan

Menurut UU RI Nomor 38/2004 tentang jalan, jalan dikelompokan berdasarkan 4 (empat) kriteria, yaitu :

1. Sistem jaringan jalan
2. Fungsi jalan
3. Status jalan
4. Kelas Jalan

2.1.1 Sistem Jaringan Jalan

Sistem jaringan jalan dibagi menjadi 2 (dua) kelompok besar yaitu, Sistem Jaringan Jalan Primer dan Sistem Jaringan Jalan Sekunder.

1. Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Sistem jaringan jalan primer disusun mengikuti rencana tata ruang dan memperhatikan keterhubungan antara kawasan perkotaan yang merupakan pusat – pusat kegiatan sebagai berikut :

- Menghubungkan secara menerus pusat kegiatan nasional
- Menghubungkan secara menerus pusat kegiatan wilayah
- Menghubungkan secara menerus pusat kegiatan lokal sampai kepusat kegiatan lingkungan
- Dan menghubungkan antar pusat kegiatan nasional

2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Sistem jaringan jalan sekunder disusun mengikuti rencana tata ruang wilayah kota/kabupaten yang menghubungkan secara menerus kawasan – kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu

fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga dan seterusnya.

2.1.2 Fungsi Jalan

Berdasarkan sifat dan pergerakan lalulintas dan angkutan jalan, fungsi jalan dibedakan atas :

- Jalan arteri yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan umum dengan ciri perjalan jarak jauh, kecepatan rata – rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
- Jalan kolektor yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalan jalan sedang, kecepatan rata – rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- Jalan lokal yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata – rata sedang, dan jalan masuk dibatasi.
- Jalan lingkungan yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri pejalan kaki jarak dekat, dan kecepatan rata – rata rendah.

2.1.3 Status Jalan

Menurut statusnya, jalan umum dikelompokan menjadi 5 (lima) golongan, yaitu :

1. Jalan Nasional : Jalan yang pengelolaan dan wewenangnya berada di tingkat Nasional.
2. Jalan Provinsi : Jalan yang pengelolaan dan wewenangnya berada di tingkat Provinsi.
3. Jalan Kabupaten : Jalan yang pengelolaan dan wewenangnya berada di tingkat Kabupaten.
4. Jalan Kota : Jalan yang pengelolaan dan wewenangnya berada di tingkat Kota.
5. Jalan Desa : Jalan yang pengelolaan dan wewenangnya berada di tingkat desa.

2.1.4 Kelas Jalan

Pengelompokan kelas jalan berdasarkan Bina Marga dengan spesifikasi penyediaan prasarana jalan terdiri atas :

- Jalan bebas hambatan meliputi pengendalian jalan masuk secara penuh, tidak ada persimpangan sebidang, dilengkapi pagar ruang milik jalan, dilengkapi dengan median, paling sedikit mempunyai 2 (dua) lajur setiap arah, dan lebar jalur sekurang – kurangnya 3,5 (tiga koma lima)meter.
- Jalan raya adalah jalan umum untuk lalu lintas menerus dengan pengendalian jalan masuk secara terbatas dan dilengkapi dengan median, paling sedikit 2 (dua) lajur setiap arah, dan mempunyai lebar lajur sekurang – kurangnya 3,5 (tiga koma lima) meter.
- Jalan sedang adalah jalan umum dengan lalu lintas jarak sedang dengan pengendalian jarak masuk tidak dibatasi, paling sedikit 2 (dua) lajur untuk 2 (dua) arah dengan lebar jalur paling sedikit 7 (tujuh) meter.
- Jalan kecil adalah jalan umum untuk melayani lalu lintas setempat, paling sedikit 2 (dua) lajur untuk 2 (dua) arah dengan lebar jalur paling sedikit 5,5 (lima koma lima) meter.

2.2 Dasar Perhitungan Angka Pertumbuhan Lalu Lintas

Untuk angka pertumbuhan lalu lintas pada **Tabel 2.1** di bawah ini

Tabel 2.1 Penetapan Angka Pertumbuhan Lalu Lintas

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

Sumber : OZ Tamin. 2000

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 dibidang kependudukan dan bidang perekonomian. Peramalan volume lalu lintas harian pertahun sampai akhir untuk rencana pada penulisan tugas akhir ini digunakan yang sederhana, dimana faktor pertumbuhan kendaraan melewati ruas jalan yang dianalisa diequivalensikan 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 lainnya memerlukan suatu sarana transportasi atau angkutanya 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 ekivalen 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 ekivalen 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 memiliki kendaraan penumpang sendiri (kendaraan pribadi) seperti sepeda motor, sedan, jeep, dan lain sebagainnya.

Dari uraian di atas, 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 digunakan metode regresi linier (**Linier Regresion**) atau disebut juga metode selisih kuadrat minimum, dimana penyimpangannya 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 :

$$Y = ax + b \quad (2.1)$$

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

$$a = \frac{(n * \sum xy - \sum x * \sum y)}{(n * \sum x^2 - \sum x^2)} \quad (2.2)$$

$$b = \frac{(\sum y - a * \sum x)}{n} \quad (2.3)$$

$$r = \frac{(n * \sum xy - \sum x \sum y)}{\sqrt{((n \sum x^2 - \sum x^2)(n \sum y^2 - \sum yx^2))}} \quad (2.4)$$

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 antara persamaan diatas dapat dipakai sedangkan bila harga r = 0, berarti persamaan tidak layak)

2.3 Perencanaan Tebal Kekerasan

Perkerasan jalan (Pavement) adalah suatu lapisan tambahan yang diletakkan di atas jalur tanah, dimana lapisan tambahan tersebut terdiri dari bahan material yang lebih keras / kaku dari tanah dasarnya dengan tujuan agar jalan tersebut dapat dilalui oleh kendaraan (berat) dalam segala cuaca. Dalam pengerjaan tugas akhir ini akan merencanakan tebal perkerasan lentur dan perkerasan yang menggunakan Cement Treated Base.

- Konstruksi perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan – lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke dasar tanah.
- Konstruksi perkerasan lentur yang menggunakan (CTB) yaitu campuran semen, air, serta agregat halus dan kasar yang melalui proses gradasi laboratorium. Penggunaan CTB biasanya pada pondasi struktur bawah (Sub Base) atau pondasi atas (Base Course). Sebuah bitumen atau beton semen lapis ditempatkan pada CTB untuk menyelesaikan struktur perkerasan.

Alasan pemilihan perkerasan lentur adalah :

1. Faktor biaya yang lebih murah
2. Banyak dilewati kendaraan kecil (seperti : mobil, pribadi, dan pickup)
3. Terdapat banyak tikungan pada kondisi medan

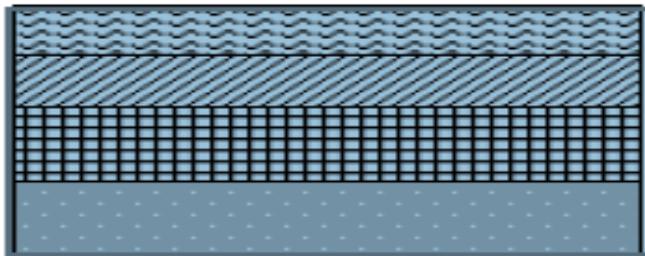
Alasan pemilihan perkerasan lentur dengan Cement Treated Base (CTB) :

1. Banyak dilewati kendaraan – kendaraan berat
2. Memberikan kenaikan kekuatan struktural terhadap perkerasan secara keseluruhan

2.3.1 Perkerasan Lentur

Perkerasan Lentur adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapis dibawahnya (Gambar 2.1). Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari :

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



Gambar 2.1 Susunan Lapis Konstruksi Perkerasan Lentur

Sumber : Modul Rekayasa Jalan Raya

a. Lapis Permukaan (Surface Course)

Lapisan permukaan adalah bagian perkerasan yang terletak paling atas. Fungsi dari lapis permukaan antara lain :

- Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda
- Sebagai lapis kedap air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat air
- Sebagai lapis aus (*wearing course*), yaitu lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus

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

b. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapisan permukaan (surface course) dengan lapisan bawah (sub base course) atau dengan tanah dasar bila tidak menggunakan lapisan pondasi bawah. Fungsi dari lapisan pondasi antara lain :

- Sebagai lapisan perkerasan yang menahan beban roda
- Sebagai perlakuan terhadap lapis permukaan

Bermacam – macam bahan alam / bahan setempat ($CBR \geq 50\%$, $PI \leq 4\%$) dapat digunakan sebagai bahan lapis pondasi, anatar lain : batu pecah, kerikil pecah, dan stabilitas tanah dengan semen atau kapur.

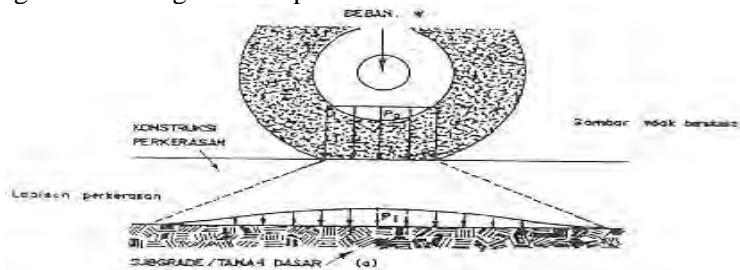
c. Lapisan Pondasi Bawah (Sub Base Course)

Lapisan pondasi bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapisan pondasi (base course) dan tanah dasar (sub

grade). Fungsi lapisan pondasi bawah antara lain :

- Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan roda (Gambar 2.2)
- Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan – lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi)

Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar. Bermacam – macam tipe tanah setempat ($CBR \geq 50\%$, $PI \leq 10\%$) yang relatif baik dari tanah dasar dapat digunakan sebagai bahan pondasi bawah.



Gambar 2.2 Penyebaran Beban Roda Melalui Lapisan Perkerasan Jalan

Sumber : Modul ajar geometri jalan raya 2006

d. Lapisan Tanah Dasar (*Sub Grade Course*)

Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya.

2.3.1.1 Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Untreated Based

Ada 2 macam metode yang digunakan untuk menentukan tebal perkerasan jalan yaitu metode dengan AASHTO dan metode Bina Marga. Dalam Tugas Akhir ini metode Bina Marga yang dipilih dikarenakan metode ini telah disesuaikan dengan metode yang ada di Indonesia.

Dalam merencakan tebal perkerasan lentur digunakan metode Bina Marga pada “Petunjuk Perencanaan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen”. Beberapa parameter yang berpengaruh dalam penentuan dalam penentuan tebal perkerasan metode Bina Marga adalah lalu lintas harian rata – rata, angka ekivalen, lintas ekivalen, lintas ekivalen permukaan, lintas ekivalen akhir, lintas ekivalen tengah, lintas ekivalen rencana, CBR, daya dukung tanah dasar, indeks permukaan, faktor regional, indeks tebal perkerasan dan tebal perkerasan jalan.

Lalu Lintas Harian Rata – Rata (LHR) adalah jumlah rata – rata lalu lintas kendaraan bermotor roda 4 atau lebih yang dicatat selama 24 jam sehari untuk kedua jurusan. LHR dihitung pada awal rencana dan pada akhir umur rencana dari tiap – tiap jenis kendaraan dengan menggunakan rumus :

$$LHR_{awal\ umur\ rencana} = V_{kendaraan} \times (1+i)^n \quad (2.5)$$

$$LHR_{akhir\ umur\ rencana} = LHR_{awal\ umur\ rencana} \times (1+i)^n \quad (2.6)$$

Dimana :

V = Volume Kendaraan

I = Faktor Pertumbuhan Kendaraan

n = Tahun Rencana

❖ Angka Ekivalen

Angka Ekivalen (E) dari suatu sumbu kendaraan adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban standart sumbu. Untuk menghitung Angka Ekivalen (E) masing – masing golongan beban sumbu untuk setiap kendaraan ditentukan menurut rumus berikut ini:

$$1) \text{ } Angka\ ekivalen\ STRT = \left[\frac{bebannya\ (ton)}{5,4} \right]^4 \quad (2.7)$$

$$2) \text{ } Angka\ ekivalen\ STRG = \left[\frac{bebannya\ (ton)}{8,16} \right]^4 \quad (2.8)$$

$$3) \text{ } Angka\ ekivalen\ SDRG = \left[\frac{bebannya\ (ton)}{13,76} \right]^4 \quad (2.9)$$

dimana :

P	=	Beban Sumbu Kendaraan (ton)
STRT	=	Sumbu Tunggal Roda Tunggal
STRG	=	Sumbu Tunggal Roda Ganda
SDRG	=	Sumbu Dual Roda Ganda

Sumber : SNI 07 – 2416 – 1991

Angka ekivalen beban sumbu kendaraan dapat dilihat pada **Tabel 2.2** di bawah ini:

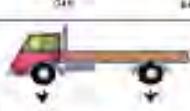
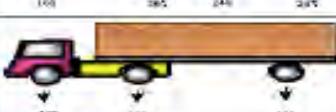
Tabel 2.2 Angka Ekivalen Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu (ton)	Ekivalen Beban Sumbu Kendaraan (E)		
	STRT	STRG	SDRG
1	0.00118	0.00023	0.00003
2	0.01882	0.00361	0.00045
3	0.09526	0.01827	0.00226
4	0.30107	0.05774	0.00714
5	0.73503	0.14097	0.01743
6	1.52416	0.29231	0.03615
7	2.82369	0.54154	0.06698
8	4.81709	0.92385	0.11426
9	7.71605	1.47982	0.18302
10	11.76048	2.25548	0.27895

Sumber : Bina Marga, 1987

Komposisi roda dan unit ekivalen dapat dilihat pada **Tabel 2.3** di bawah ini:

Tabel 2.3 Komposisi Roda dan Unit Ekvivalen 8,16 ton Beban As Tunggal

Konfigurasi Sasis dan Type	Berat Kosong (Ton)	Berat Muatan Bakalan (Ton)	Berat Total Bakalan (Ton)	[UE 16 RSAL W250/35]	[UE 16 RSAL H250/35]	
1-1 SP	1.5	6.5	8	0.0001	0.0004	
1-2 BUS	3	6	9	0.0037	0.0006	
1-3L Truck	2.3	6	8.3	0.0013	0.2124	
1-3H Truck	4.2	14	18.2	0.0143	0.0264	
1-22 Truck	5	20	25	0.0044	2.7416	
1-2+2-2 Trailer	5.4	25	31.4	0.0085	4.9283	
1-2-2 Trailer	5.2	20	26.2	0.0192	6.1129	

Sumber : Modul Peerencanaan Perkerasan Jalan

❖ Lintas Ekivalen Permulaan

Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) adalah jumlah lalu lintas ekivalen rata – rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18000 lb) pada jalur rencana yang diduga terjadi pada permulaan umur rencana. Dihitung dengan menggunakan rumus :

$$LEP = \sum LHR_j \times C_j \times E_j \quad (2.11)$$

Dimana :

J = Jenis Kendaraan

E = Angka Ekivalen Tiap Jenis Kendaraan

C = Koefisien Distribusi Kendaraan (lihat **Tabel 2.4**)

Tabel 2.4 Tabel Koefisien Distribusi Kendaraan

Jumlah lajur	Kendaraan Ringan (Berat total < 5 ton)		Kendaraan Berat (Berat total > 5 ton)	
	1 Arah	2 Arah	3 Arah	4 Arah
1 lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 lajur	0,60	0,50	0,75	0,50
3 lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 lajur	-	0,30	-	0,450
5 lajur	-	0,25	-	0,425
6 lajur	-	0,20	-	0,400

Sumber : Bina Marga, 1987

❖ Lintas Ekivalen Akhir

Lintas Ekivalen Akhir (LEA) adalah jumlah lalu lintas ekivalen rata – rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18000 lb) pada jalur rencana yang diduga terencana. LEA dihitung menggunakan rumus :

$$LEP = \sum LHR_j (i+j)^{\text{umur rencana}} \times C_j \times E_j \quad (2.12)$$

❖ Lintas Ekivalen Tengah

Lintas Ekivalen Tengah (LET) adalah jumlah lantas ekivalen harian rata – rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18000 lb) pada jalur rencana yang diduga terjadi pada

pertengahan umur rencana. Untuk menghitung LET digunakan rumus :

$$\text{LET} = \frac{\text{LEP} + \text{LEA}}{2} \quad (2.13)$$

❖ Lintas Ekivalen Rencana

Lintas Ekivalen Rencana (LER) adalah suatu besaran yang dipakai dalam nomogram penetapan tebal perkerasan untuk menyatakan jumlah lintas ekivalen sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18000 lb) pada jalur rencana. Perumusan perhitungan LER adalah :

$$\text{LER} = \text{LET} \times \text{FP} \quad (2.14)$$

Dimana :

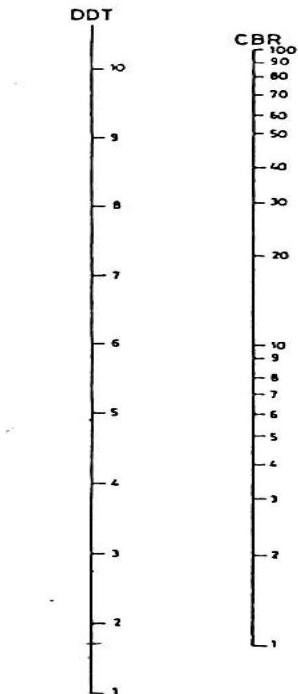
$$\text{FP} (\text{ Faktor Penyesuaian }) = \frac{\text{Umur Rencana}}{10} \quad (2.15)$$

❖ California Bearing Ratio

California Bearing Ratio (CBR) adalah suatu jenis test untuk mengukur daya dukung atau kekuatan geser tanah atau bahan pondasi jalan dengan mencari besarnya gaya yang diperlukan untuk menekan piston permukaan tanah sedalam 0,1 inch (atau juga 0,2 inch). Harga CBR dapat dicari dengan dua cara yaitu langsung dari lapangan dan dari laboratorium.

❖ Daya Dukung Tanah Dasar

Daya Dukung Tanah Dasar (DDTD) adalah suatu skala yang dipakai dalam nomogram penetapan tebal perkerasan untuk menyatakan kekuatan tanah dasar. Daya dukung tanah dasar (*Subgrade*) pada perkerasan lentur dinyatakan dengan nilai CBR. Nilai DDT dapat dicari dengan menggunakan gambar korelasi DDT dan CBR pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Korelasi DDT dan CBR

Sumber : Bina Marga, 1987

❖ Indeks Permukaan

Indeks Permukaan (IP) adalah suatu angka yang digunakan untuk menyatakan kerataan atau kehalusan serta kekokohan permukaan jalan bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lau lintas yang lewat. Indeks permukaan diperkenalkan oleh AASHTO yang diperoleh dari pengamatan kondisi jalan, meliputi kerusakan seperti retak – retak, alur – alur, berlubang, lendutan pada jalur roda, kekasaran permukaan dan lain sebagainya yang terjadi selama umur rencana jalan tersebut. Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah seperti yang tersebut dibawah ini :

- IP = 1,0 : Menyatakan jalan dalam keadaan 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 rendah bagi jalan yang masih mantap.
- IP = 2,5 : Menyatakan permukaan jalan masih cukup baik dan stabil.

Untuk menentukan nilai IP pada akhir umur rencana perlu dipertimbangkan faktor – faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah Lalu Lintas Rencana (LER) seperti dicatumkan pada **Tabel 2.5** dibawah ini :

Tabel 2.5 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP_t)

LER	Klasifikasi Jalan				<i>Sum ber : Bina Mar ga, 198 7</i>
	Lokal	kolektor	arteri	Tol	
< 10	1,0	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	

alam

menentukan nilai IP pada awal umur rencana perlu diperhatikan janis lapis permukaan jalan (kerataan / kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana seperti yang dicatumkan pada **Tabel 2.6** di bawah ini

Tabel 2.6 . Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana (IP_o)

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 – 3,4	< 2000
BURTU	3,4 – 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	> 3000
LATASBUM	2,9 – 2,5	-
BURAS	2,9 – 2,5	-
LATASIR	2,9 – 2,5	-
JALAN TANAH	$\leq 2,4$	-
JALAN KERIKIL	$\leq 2,4$	-

Sumber: Bina Marga, 1987

Keterangan :

- Laston (Lapisan Aspal Beton) merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal keras yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.
- Lasbutag (Lapisan Asbuton Campuran Dingin) adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, asbuton, bahan peremaja, dan filler (bila diperlukan) yang dicampur dan dipadatkan secara dingin.

- HRA (Hot Rolled Asphalt) merupakan lapis penutup dari campuran antara agregat bergradasi timpang, filler, asphalt keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.
- Burda (Laburan Aspal Dua Lapis) merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali secara berurutan dengan tebal padat maksimum 3,5 cm.
- Burtu (lapisan Aspal Satu Lapis) merupakan lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan lapis agregat bergradasi seragam, dengan tebal maksimum 2 cm.
- Lapan (Lapisan Penestrasi) merupakan lapis perkerasan yang terdiri agregat pokok dengan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam diikat oleh aspal keras dengan cara disemprotkan diatasnya dan dipadatkan lapis demi lapis dan apabila digunakan sebagai lapis permukaan perlu diberi laburan aspal dengan batu penutup.
- Latasbun (Lapis Tipis Asbuton Murni) merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran asbuton dan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu yang dicampur secara dingin dengan tebal padat maksimum 1 cm.
- Buras (Laburan Aspal) merupakan lapis penutup terdiri dari lapisan aspal taburan pasir dengan ukuran butir maksimum 3/8 inch.

❖ Faktor Regional

Faktor Regional (FR) adalah faktor setempat, menyangkut keadaan lapangan dan iklim yang dapat mempengaruhi keadaan pembebanan, daya dukung tanah dasar dan perkerasan. Nilai Faktor Regional (FR) didapatkan berdasarkan klasifikasi tanah yang berada pada **Tabel 2.7**dibawah ini :

Tabel 2.7 Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I (< 6%)		Kelandaian II (6-10%)		Kelandaian III (> 10%)	
	% Berat kendaraan		% Berat kendaraan		% Berat Kendaraan	
	$\leq 30\%$	>30%	<30%	>30%	$\leq 30\%$	>30%
Iklim I <900 mm/th	0,5	1,0 - 1,5	1,0	1,5 - 2,0	1,5	2,0 - 2,5
Iklim II >900 mm/th	1,5	2,0 - 2,5	2,0	2,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5

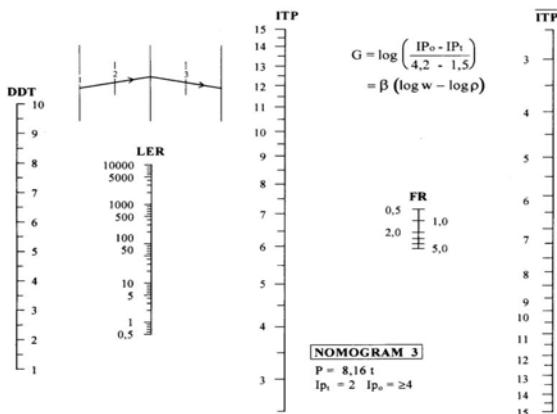
Sumber : Bina Marga, 1987

Keterangan :

Iklim I < 900 mm / th yang memiliki maksut curah hujan yang terjadi selama 1 tahun dibawah 900 mm. Pada bagian jalan tertentu seperti persimpangan, pemberhentian, atau tikungan tajam (jari - jari 30 m) FR ditambah dengan 0,5. Pada daerah rawa – rawa FR ditambah dengan 1,0.

❖ Indeks Tebal Perkerasan

Indeks Tebal Perkerasan (ITP) adalah suatu angka yang berhubungan dengan penentuan tebal perkerasan jalan yang nilainya didapat dengan nomogram pada **Gambar 2.4**



Gambar 2.4 Contoh Nomogram Untuk Menentukan Indeks Tebal Perkerasan

Sumber : Bina Marga, 1987

❖ Tebal Perkerasan

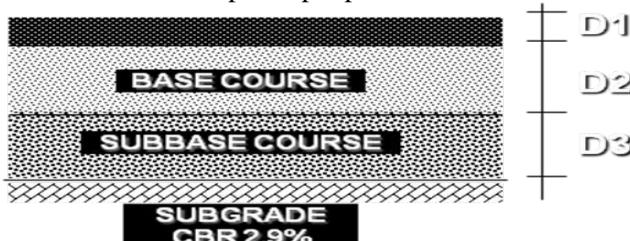
Dalam menentukan tebal perkerasan digunakan perumusan sebagai berikut:

$$ITP = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 + a_3 \times D_3 \quad (2.16)$$

Dimana :

a.1, 2, 3 = Koefisien kekuatan relatif permukaan, lapis pondasi dan pondasi bawah.

D1, 2, 3 = Tebal tiap – tiap lapisan.



Gambar 1.5 Susunan Lapis Perkerasan Jalan

Sumber : Bina Marga, 1987

❖ Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Kekuatan Relatif (a) masing – masing bahan dan penggunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, dan pondasi bawah ditentukan secara korelasi sesuai nilai *Marshall Test* (untuk bahan dari aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur) atau CBR (untuk bahan dari lapis pondasi bawah). Dapat dilihat pada **Tabel 2.8** di bawah ini :

Tabel 2.8 Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
A1	A2	A3	MS (kg)	Kt (kg/cm ²)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	Lasbutag
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,25	-	-	-	-	-	HRA
0,20	-	-	-	-	-	Aspal Macadam
-	0,28	-	590	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,26	-	454	-	-	Lapen (manual)
-	0,24	-	340	-	-	Laston Atas
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	-	-	Stab. Tanah dengan semen
-	0,13	-	-	-	-	Sub tanah dengan kapur
-	0,15	-	-	22	-	Batu Pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	18	-	Batu Pecah (kelas B)
-	0,12	-	-	-	100	Batu Pecah (kelas C)
-	-	0,13	-	-	80	Sirtu/pitrun (kelas A)
-	-	0,12	-	-	60	Sirtu/pitrun (kelas B)
-	-	0,11	-	-	70	Sirtu/pitrun (kelas C)
-	-	0,10	-	-	50	Tanah/lempung kepasiran

Sumber : BinaMarga, 1987

❖ **Tebal Minimum Perkerasan**

Batas – batas minimum tebal lapisan perkerasan dapat dilihat pada **Tabel 2.9.** di bawah ini :

Tabel 2.9 Tebal Minimum Perkerasan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
1. Lapis Permukaan :		
<3,00	5	Lapis pelindung : (Buras, Burtu/Burda)
3,00 - 6,70	5	Laspen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
6,71 - 7,49	7,5	Laspen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 - 9,99	7,5	Lasbutag. Laston
10,00	10	Laston
2. Lapis Pondasi Atas		
<3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
3,00 - 7,49	20*	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
7,50 - 9,99	10	Laston Atas
	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi Macadam
10 - 12,14	15	Laston Atas
	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi Macadam, Lapen, Laston Atas
≤12,25	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi Macadam, Lapen, Laston Atas
3. Lapis Pondasi Bawah :		
Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm		

Sumber : Bina Marga, 198

2.3.1.2 Konstruksi Bertahap

Konstruksi bertahap digunakan pada keadaan tertentu, antara lain :

- 1) Keterbatasan biaya untuk pembuatan tebal perkerasan sesuai umur rencana (misalnya 20 tahun). Perkerasan dapat direncanakan dalam dua tahap yaitu, tahap pertama untuk 5 tahun dan tahap berikutnya untuk 15 tahun.
- 2) Kesulitan dalam memprediksi perkembangan lalu lintas untuk (misalnya : 20 sampai 25 tahun). Dengan adanya penetapan, perkiraan lalu lintas diharapkan tidak jauh meleset.
- 3) Kerusakan setempat (*weak spot*) selama tahap pertama dapat diperbaiki dan direncanakan kembali sesuai data lalu lintas yang ada.

Metoda perencanaan konstruksi bertahap didasarkan pada konsep “sisa umur”. Perkerasan berikutnya direncanakan sebelum perkerasan pertama mencapai keseluruhan “masa fatique”. Untuk itu tahap kedua diterapkan bila jumlah kerusakan (*cummulative damage* pada tahap pertama sudah mencapai k.1 60%. Dengan demikian “sisa umur” tahap pertama tinggal k.1 40%. Untuk menetapkan ketentuan diatas maka perlu dipilih waktu tahap pertama antara 25% - 50% dari waktu keseluruhan. Misalnya UR = 20 tahun, maka tahap I antara 5 – 10 tahun dan tahap II antara 10 – 15 tahun.

Perumusan konsep “ sisa umur “ ini dapat diuraikan sebagai berikut :

- 1) Jika pada akhir tahap I tidak ada sisa umur (sudah mencapai fatique, misalnya timbul retak), maka tebal perkerasan tahap I didapat dengan memasukkan lalu lintas sebesar LER1.
- 2) Jika pada akhir tahap II diinginkan adanya sisa umur k.1 40% maka tahap I perlu ditebalkan dengan memasukkan lalu lintas sebesar x LER1.
- 3) Dengan anggapan sisa umur linear dengan sisa lalu lintas, maka :

$$x \text{ LER1} = \text{LER1} + 40\% \text{ LER1}$$

(tahap I plus) (tahap I) (sisa tahap I)
diperoleh $x = 1,67$.

- 4) Jika pada tahap akhir I tidak ada sisa umur maka tebal perkerasan tahap II didapat dengan memasukkan lalu lintas sebesar LER1.
 - 5) Tebal perkerasan tahap I + II didapat dengan memasukkan lalu lintas sebesar y LER2. Karena 60% y LER2 sudah dipakai pada tahap I maka :
- $$y \text{ LER2} = 60\% y \text{ LER2} + \text{LER2}$$
- (tahap I + II) (tahap I) (tahap II)
diperoleh $y = 2,5$.

- 6) Tebal perkerasan tahap II diperoleh dengan mengurangkan tebal perkerasan tahap I + II (lalu lintas y LER2) terhadap tebal perkerasan I (lalu lintas x LER1)
- 7) Dengan demikian pada tahap II diperkirakan ITP2 dengan rumus 2.17. :

$$\text{ITP2} = \text{ITP} - \text{ITP1}$$

(2.17)

$$\text{ITP} \text{ didapat dari nomogram dengan LER} = \\ 2,5 \text{ LER1}$$

$$\text{ITP1} \text{ didapat dari nomogram dengan LER} = \\ 1,67 \text{ LER1}$$

2.3.1.3 Pelapisan Tambahan (Overlay)

Perencanaan pelapisan tambahan hakikatnya sama dengan perencanaan tebal lapis perkerasan jalan baru. Tebal lapis tambahan diperoleh berdasarkan kinerja sisa dari lapis perkerasan jalan lama yang diperoleh sebagai hasil pemeriksaan visual.

Langkah – langkah perencanaan tebal lapis tambahan adalah sebagai berikut :

- 1) Tentukan ITP dengan mengikuti prosedur seperti pada tahap perencanaan perkerasan jalan baru sesuai umur rencana.

- 2) Tentukan ITP_{sisa} dari perkerasan jalan yang akan diberi lapis tambahan dengan menggunakan rumus 2.18. :

$$ITP_{sisa} = K_1 a_1 D_1 + K_2 a_2 D_2 + K_3 a_3 D_3 \quad (2.18)$$

Dimana :

K_1 = Kondisi lapis permukaan berdasarkan nilai pada **Tabel 2.9**

K_2 = Kondisi lapis pondasi berdasarkan nilai pada **Tabel 2.9**

K_3 = Kondisi lapis pondasi bawah berdasarkan nilai **Tabel 2.9**

a_1, a_2, a_3 = Koefisien relatif untuk lapis permukaan, pondasi, dan pondasi bawah.

D_1, D_2, D_3 = Tebal lapis permukaan, pondasi, dan pondasi bawah.

- 3) Tentukan ΔITP dengan menggunakan rumus 2.19 :

$$\Delta ITP = ITP - ITP_{sisa} \quad (2.19)$$

- 4) Tentukan tebal lapis tambahan dengan menggunakan rumus 2.20 :

$$D_{tambah} = \Delta ITP / a_1 \quad (2.20)$$

Tabel 2.10 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%
	Banyak retak, deformasi pada jalur roda, gejala ketidak stabilan	30 - 50%

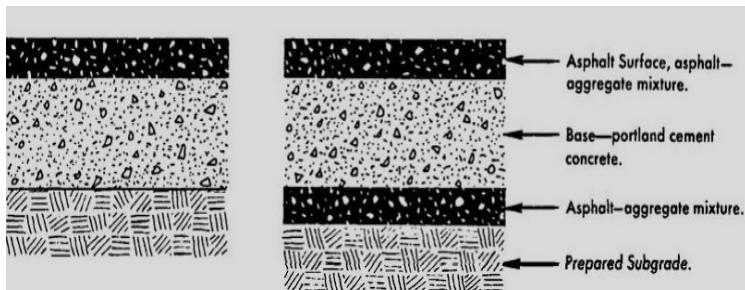
Sumber : Bina Marga, 1987

Tabel 2.10 Lanjutan Nilai Kondisi Perkerasan Jalan

Lapis Pondasi Aspal Beton atau Penetrasian Macadam	Umumnya tidak retak	90 - 100%	Sumber : Bina Marga, 1987
	Terlihat retak halus, masih tetap stabil	70 - 90%	
	Retak sedang, menunjukkan kestabilan	50 - 70%	
	Banyak retak, 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%

2.3.1.4 Perkerasan Lentur Menggunakan Cement Treated Base (CTB)

Cement Treated Base (CTB) adalah bahan untuk lapis pondasi (*base course*) pada perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan merupakan pengembangan dari struktur soil cement atau aggregate cement. Walaupun cara pembuatan dan produk akhirnya berupa beton, namun CTB bukan pengembangan dari rigid pavement. Dalam mengantisipasi pertumbuhan volume lalu lintas kendaraan berat, perkerasan tipe CTB (Cement Treated Base) merupakan alternatif yang dapat digunakan untuk menggantikan perkerasan tipe Asphalt Treated Base (ATB).



Gambar 2.6 Susunan Lapisan Konstruksi Perkerasan CTB

Sumber : Bina Marga, 1987

Kelebihan dari penggunaan konstruksi CTB adalah sebagai berikut :

1. Lapisan konstruksi CTB tidak peka terhadap air, sifat ini sangat membantu untuk konstruksi dimana muka air tanahnya tinggi dan kondisi curah hujan yang tinggi.
2. Nilai CBR yang dihasilkan $> 100\%$ (lebih tinggi dari agregat biasa), sehingga dapat mengurangi tebal rencana perkerasan.
3. Masa pelaksanaan yang relatif lebih cepat.
4. CTB hanya membutuhkan masa curing 3 hari untuk dilalui kendaraan / dilanjutkan pekerjaan konstruksi diatasnya setelah pemandatan.
5. CTB tidak membutuhkan bekisting / cetakan dan tulangan.
6. CTB tidak membutuhkan siar detalasi dan construction joint.
7. CTB tidak mengakomodasi penurunan setempat.

Perhitungan Base Course menggunakan Cement Treated Based sebagai ganti dari penggunaan material agregat kelas A. oleh sebab itu pada perhitungan ini menggunakan metode AASHTO '86. Metode perencanaan tebal perkerasan lentur AASHTO berkembang semenjak dimulainya pengujian lapangan yang dilaksanakan di Ottawa negara bagian Illinois.

Perkembangan metode ini berkelanjutan sesuai dengan hasil pengamatan, pengalaman, dan penelitian. Hal ini terlihat dengan berkembangnya AASHTO Guide for Design of Pavement Structure. Adapun langkah – langkah perencanaan Tebal Lapis Perkerasan dengan Metode AASHto adalah sebagai berikut :

- Batasan Waktu
Batasan waktu adalah masa pelayanan jalan dimana pada akhir masa pelayanan dibutuhkan perbaikan atau penambalan.
Batasan waktu mengijinkan perencana untuk memilih strategi konstruksi dan pembangunan sekali jadi, pembangunan bertahap dan perencanaan peningkatan.
- Beban Lalu Lintas dan Tingkat pertumbuhannya.
Parameter ini digunakan agar lintas ekivalen komulatifnselama umur rencana dan umur kinerja jalan dapat ditentukan. Prosedur perencanaan didasarkan pada jumlah komulatif 18 KIP Equivalent Single Axle Load (KSAL) yang diharapkan selama periode analisa (W18)
- Reliabilitas dan Simpangan Baku Kesuluruhan
Parameter ini adalah nilai jaminan bahwa perkiraan beban lalu lintas yang akan memakai jalan tersebut dapat terpenuhi.

Tingkat Reabilitas (Level of Reability) atau (R) AASHTO '86 memberikan nilai R sebagai berikut :

Tabel 2.11 Tingkat Reabilitas

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

Tabel 2.12 Tingkat Keandalan (R)

Fungsi Jalan	Tingkat Keandalan (R), %	
	Urban	Rural
Jalan Tol	85 – 99,9	80 – 99,9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 - 80	50 -80

(Sumber : AASHTO '86)

Simpangan baku keseluruhan akibat dari perkiraan beban lalu lintas dan kondisi perkerasan yang dianjurkan oleh AASHTO '86 adalah antara 0,35 – 0,45.

- Tingkat Kepercayaan

Berbagai alternatif perencanaan akan menghasilkan periode analisa yang diharapkan, maka faktor perencanaan tingkat kepercayaan harus dengan memperhitungkan kesempatan – kesempatan perbedaan baik dalam perkiraan jumlah kendaraan (W18) dan perkiraan penampilan (W18), sehingga menyiapkan tingkat kepastian (R) bahwa bagian perkerasan akan bertahan selama periода yang direncanakan.

- Kondisi Lingkungan

Kondisi lingkungan sangat mempengaruhi masa pelayanan jalan seperti perubahan kadar air, tingkat pengembangan, juga dipengaruhi oleh perubahan musim, perbedaan temperatur dan kelelahan bahan.

- Kriteria Kinerja Jalan

Kriteria kinerja jalan dinyatakan dalam (P_0) awal umur rencana dan akhir umur rencana (P_t). tingkat pelayanan suatu perkerasan didefinisikan sebagai kemampuan untuk melayani kendaraan yang melewati jalan tersebut. Pengukuran pertama untuk tingkat pelayanan adalah Present Servicability Indeks (PSI) yang bervariasi dari angka 0 yang berarti jalan putus, sampai angka 5 yang berarti jalan sempurna. Filosofi rencana dasar dalam konsep ini adalah tingkat pelayanan penampilan yang memberikan suatu perencanaan berdasarkan pada volume kendaraan total dan tingkat pelayanan minimum yang dikehendaki pada akhir periode penampilan. Pemilihan PSI ijin terendah / tingkat pelayanan akhir didasarkan pada indeks terendah yang dapat diterima sebelum perbaikan, pelapisan ulang, dan rekonstruksi diperlukan. Menurut penelitian uji jalan AASHTO '86, nilai 2,5 lebih disarankan untuk kebanyakan perencana jalan 55% dan

nilai 2,0 dipilih oleh perencana yang terbanyak 85% dan nilai 3 cuma dipilih 12%. Tingkat pelayanan awal menjadi faktor yang harus dipertimbangkan, karena waktu dari suatu perkerasan untuk mencapai suatu nilai tingkat pelayanan akhir tergantung dari volume kendaraan dan tingkat pelayanan awalnya. Jika nilai (P_o) dan (P_t) sudah ditetapkan, maka persamaan $\Delta\text{PSI} = P_o - P_t$, dapat digunakan untuk menetukan perubahan total nilai tingkat pelayanan.

Perbedaan baik dalam jumlah kendaraan (W18) dan perkiraan penampilan sehingga menyiapkan tingkat kepastian (R) bahwa konstruksi perkerasan akan bertahan selama periode rencana. Tingkat kepercayaan perencanaan penampilan dikendalikan melalui penggunaan faktor tingkat kepercayaan (FR) yaitu perkalian waktu dengan perkiraan kendaraan selama periode rencana (W18). Untuk suatu tingkat kepercayaan tertentu (R), faktor tingkat kepercayaan adalah fungsi standard deviasi (S_o) yang memperhitungkan baik kemungkinan perubahan dan terjadinya perubahan normal dalam penampilan untuk (W18).

Penggunaan konsep tingkat kepercayaan membutuhkan langkah – langkah sebagai berikut :

1. Tentukan klasifikasi fungsi jalan dan tetapkan apakah dalam keadaan urban atau rural
2. Pilih tingkat kepercayaan (**Tabel 2. 13**) makin besar tingkat kepercayaan perkerasan yang dibutuhkan lebih tinggi.
3. Nilai Standard Deviasi (S_o) harus dipakai sesuai dengan keadaan setempat.

Tabel 2.13 Tingkat Kepercayaan untuk Membatasi Klasifikasi Jalan yang Disarankan

Klasifikasi	Saran tingkat kepercayaan %	
	Urban	Rural
Jalan Bebas Hambatan	85 – 99,9	80 – 99,9
Jalan Arteri	80 – 90	75 – 95
Jalan Kolektor	80 – 95	75 – 95
Jalan Lokal	50 - 80	50 – 80

(Sumber : AASHTO '86)

- Sifat bahan untuk Design Struktur Perkerasan
 - a) Sifat bahan yang dimaksut adalah modulus elastisitas atau resilen. Untuk tanah dasar badan jalan modulus resilien Laboratorium (AASHTO T274) harus dilaksanakan pada contoh tanah dasar yang mewakili dalam kondisi tekanan dan kelembaban yang menyerupai keadaan setempat. Alternatif lain modulus resilien musiman dapat ditentukan sehubungan dengan sifat tanah seperti kadar lempung, kelembapan, P_i dan lain – lain. Tujuan mengenali modulus musiman adalah untuk menghitung kerusakan perkerasan relatif selama musim dalam setahun dan untuk diberlaukan sebagai bagian dalam perencanaan secara keseluruhan. Kemudian ditetapkan modulus tanah dasar badan jalan efektif yang sama dengan kombinasi dampak seluruh nilai modulus musiman. Untuk perencanaan perkerasan lentur, data musiman harus diubah secara resilien tanah dasar. Modulus efektif adalah nilai yang memberikan gambaran kerusakan tahunan yang diperoleh dari persamaan penampilan dan jumlah kendaraan.
 - b) Sifat Bahan Lapis Perkerasan
Modulus elastis adalah sifat teknis utama untuk bahan perkerasan. Modulus resilien berpegang pada

sifat “Tegangan” bahan dibawah kondisi pembebanan normal (MR). notasi lain untuk menyatakan modulus lapis pondasi bawah (Esb), dan untuk pondasi atas (Eac). Perhitungan modulus resilien tergantung kepada jenisnya.

c) Koefisien Lapisan

Untuk mengkonversikan nilai ketebalan lapisan ke angka struktur (SN), maka diperlukan suatu nilai koefisien (a_i) untuk setiap jenis bahan perkerasan. Koefisien lapisan menyatakan hubungan antara SN dan tebal perkerasan yang merupakan pengukuran relatif bahan sebagai fungsi komponen struktur perkerasan. Persamaan $SN = \sum a_i * D_i$. gambaran akan dampak relatif koefisien lapisan (a_i) dan tebal (D_i). metode tentang bagaimana koefisien ini dihitung dalam perencanaan perkerasan lentur dibagi menjadi 4 kategori tergantung dari fungsi dan jenis bahan lapisan perkerasan. Lapisan itu adalah aspal beton, lapis agregat, lapis pondasi dasar agregat dan lapis pondasi aspal.

d) Lapis Permukaan Aspal Beton

Pada Lampiran 3, menunjukkan sebuah grafik yang dapat digunakan untuk menghitung koefisien lapisan permukaan aspal beton bergradasi rapat berdasarkan modulus elastis (Eas) pada temperatur 68° F. jika menggunakan rumus adalah :

$$a_1 = 0,0285 (MS)^{0,35}, \text{ MS dalam lbs.}$$

e) Lapis Pondasi Agregat Atas

Pada Lampiran 3,menunjukkan grafik yang dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien lapisan (a_2) dari salah satu hasil dari 4 pengujian laboratorium pada bahan pondasi agregat, termasuk resilien.

$$(Ebs)CBR = 100$$

$$a_2 = 0,14$$

$$E_{bs} = 40.000 \text{ psi}$$

Nilai R = 95

Jika menggunakan rumus :

$$a_2 = -0,062288 + 0,044965 \ln (\text{CBR}) \text{ atau}$$

$$a_2 = 0,249 (\log_{10} E_{bs}) - 0,977$$

Untuk lapisan pondasi dasar E_{bs} adalah fungsi keadaan tegangan (θ) dalam lapisan tersebut dan biasanya diberikan dalam persamaan :

$$E_{bs} = K_1 \theta K_2$$

Dimana :

θ : Keadaan tegangan dari tegangan utama.

K_1, K_2 : Konstanta regresi yang merupakan fungsi jenis n=bahan khusus untuk bahan pondasi dasar adalah :

$$K_1 = 3.000 - 8.000$$

$$K_2 = 0,50 - 0,70$$

Pada uji AASHTO nilai modulus (dalam satuan psi) untuk lapisan pondasi, dapat dilihat pada **Tabel 2.14**dibawah ini :

Tabel 2.14 Hubungan Kelembaban Terhadap Besarnya Modulus

Keadaan Kelembaban	Keadaan tegangan (psi)			
	$\theta = 5$	$\theta = 10$	$\theta = 20$	$\theta = 30$
Kering	21.012	31.348	48.273	61.569
Lembab	10.506	15.424	24.136	30.784
Basah	8.404	8.404	12.739	24.627

(Sumber : AASHTO '86)

Nilai – nilai keadaan tegangan dimana lapisan pondasi bervariasi dengan modulus lapisan tanah dasar dan ketebalan lapisan permukaan dapat dilihat pada **Tabel 2.15**dibawah ini :

Tabel 2.15 Hubungan Antara Ketebalan Lapisan Dengan Modulus Resilien

Tebal aspal beton	MR Lapisan Dasar Badan Jalan (Psi)		
	3.00	7.500	15.000
< 2	20	25	30
2 – 4	10	15	20
4 – 6	5	10	15
> 6	5	5	5

(Sumber : AASHTO '86)

f) Lapisan Agregat Pondasi Bawah

Pada Lampiran 3, menunjukkan grafik yang dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien lapisan (a_3), dari salah satu 4 hasil laboratorium pada bahan lapisan pondasi bawah dari agregat termasuk modulus resilien (E_{sb}). Dasar pengujian jalan AASHTO untuk hubungan ini :

CBR : 70

a_3 : 0,13

E_{sb} : 20.000 psi

Nilai R : 95

Jika menggunakan rumus :

$$a_3 = 0,007276 + 0,029559 \ln (\text{CBR}) \text{ atau}$$

$$a_3 = 0,277 (\log_{10} E_{sb}) - 0,839$$

Untuk lapisan pondasi bawah agregat E_{sb} dipengaruhi keadaan tegangan (θ) seperti halnya untuk lapis pondasi atas. Nilai tipikal untuk K_1 berkisar antara 1.500 – 6.000, sedangkan K_2 bervariasi antara 0,40 – 0,60. Menurut uji jalan AASHTO untuk bahan lapis pondasi bawah seperti **Tabel 2.16** dibawah ini :

Tabel 2.16 Hubungan Kelembaban Terhadap Besarnya Modulus Untuk Pondasi Bawah

Keadaan Kelembaban		Keadaan Tegangan (psi)		
		$\theta = 5$	$\theta = 7,5$	$\theta = 10$
Lembab	$Mr : 5.400 \theta^{0,5}$	14.183	18.890	21.497
Basah	$Mr : 4.600 \theta^{0,5}$	12.082	15.410	18.312

(Sumber : AASHTO '86)

Tabel 2.17 Nilai Tipikal Untuk k1 dan k2 Lapisan Pondasi Bawah dan Atas Untuk Bahan yang Tidak Terikat ($Mr = K_1 \theta K_2$)

• Lapisan Pondasi Atas

Keadaan Kelembaban	K ₁	K ₂
Kering	6.000 – 10.000	0.50 – 0.70
Lembab	4.000 – 6.000	0.50 – 0.70
Basah	2.000 – 4.000	0.50 – 0.70

(Sumber : AASHTO '86)

• Lapisan Pondasi Bawah

Keadaan Kelembaban	K ₁	K ₂
Kering	6.000 – 8.000	0.4 – 0.6
Lembab	4.000 – 6.000	0.4 – 0.6
Basah	1.500 – 4.000	0.4 – 0.6

(Sumber : AASHTO '86)

• Faktor Drainase

Sistem drainase dari jalan sangatlah mempengaruhi kinerja jalan tersebut. Tingkat kecepatan pengeringan air yang jatuh / terdapat pada konstruksi jalan raya bersama – sama dengan beban lalu lintas dan kondisi permukaan jalan sangatlah penting dalam mempengaruhi umur pelayanan jalan. AASHTO '86 membagi kualitas drainase ini menjadi 5 tingkat seperti pada **Tabel 2.18** dibawah ini :

Tabel 2.18 Kualitas Drainase

Kualitas Drainase	Waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan air
Baik Sekali	1 jam
Baik	1 hari
Cukup	2 minggu
Buruk	1 bulan
Buruk Sekali	Air tak mungkin dikeringkan

(Sumber : AASHTO '86)

Berdasarkan kualitas dari drainase pada lokasi jalan tersebut, maka dapatlah ditentukan koefisien drainase dari lapisa perkerasan lentur. AASHTO '86 memberikan daftar koefisien drainase seperti **Tabel 2.19** di bawah ini :

Tabel 2.19 Koefisien Drainase (m1) Untuk Lapisan LPA dan LPB

Kualitas Drainase	% Waktu perkerasan dalam keadaaan lembab - jenuh			
	< 1	1 – 5	5 – 25	> 25
Baik Sekali	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Baik	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Cukup	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Buruk	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Buruk Sekali	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

(Sumber : AASHTO '86)

Penanganan drainase untuk perkerasan lentur adalah dengan menggunakan widdening lapisan yang disebut nilai "m" yang kemudian dimasukkan kedalam persamaan angka struktur (SN).

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

$$ITP = (a_1 \times D_1) + (a_2 \times D_2 \times m_2) + (a_3 \times D_3 \times m_3)$$

Dimana :

$a_1 a_2 a_3$ = Koefisien relatif tiap lapis ke i

$D_1 D_2 D_3$ = Tebal lapisan tiap lapis ke i

$m_2 m_3$ = Koefisien drainase lapis ke i

ITP = Indeks Tebal Perkerasan

2.4 Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

Rancangan Anggaran Biaya (RAB) adalah estimasi besarnya biaya yang diperlukan untuk membangun suatu ruas jalan sesuai dengan hasil perencanaan teknik dengan ketentuan spesifikasi yang telah disusun. Didalam perhitungan rancangan anggaran biaya akan terdapat unsur :

a. Harga Satuan Dasar

Harga Satuan Dasar adalah komponen biaya dari mata pembayaran dari mata pembayaran per – satu satuan tertentu, misalnya :

- Upah tenaga kerja (per – jam, hari atau bulan)
- Bahan / material (per – m, m², m³, kg, ton, zak, dlsb.)

b. Harga Satuan Pekerjaan

Merupakan harga satuan setiap mata (*Item*) pembayaran. Selanjutnya harga satuan setiap mata pembayaran dikalikan dengan volume pekerjaan, menghasilkan harga pekerjaan setiap pembayaran. Adapun jumlah harga pekerjaan seluruh mata pembayaran yang dikalikan dengan PPN akan menghasilkan Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

2.5 Biaya Operasional Kendaraan

Biaya operasional kendaraan adalah biaya yang digunakan kendaraan untuk melakukan aktifitas transportasi. Perhitungan biaya operasional kendaraan menggunakan Traffic and Economic Studies and Analysis oleh N.D. Lea & Associates, Ltd. Metode ini menyajikan keuntungan penghematan biaya operasional berbagai kendaraan dalam berbagai kondisi jalan.

Dalam metode N.D. Lea untuk jalan datar, lurus dan berkondisi baik, BOK diperhitungkan. Sehingga besarnya biaya operasi kendaraan dasar adalah pada **Tabel 2.20** berikut :

Tabel 2.20 Biaya Operasi Dasar

Komponen Biaya	PC Biaya Th 1975	Truk Biaya Th 1975	Bus Biaya Th 1975
Fuel	3.944	5.481	5.278
Oil	350	1.080	1.090
Tyre	738	2.193	1.591
Maint.	3.714	8.331	3.612
Deprec.	4.995	8.324	6.306
Interest	3.746	4.371	4.256
Fixed Cost	9.654	10.542	6.381
Ops Time	1.411	5.000	5.804
Total (Rp/1000km)	Rp 28.552	Rp. 45.322	Rp. 34.307

Sumber : NN.D. Lea & Associates, 1975

2.5.1 Pengaruh Tipe Lapisan Permukaan dan Kondisi Jalan Terhadap BOK

Karakteristik berbagai tipe lapisan permukaan jalan dibagi menjadi loma jenis permukaan, yaitu :

- 1 *High Standard Paved*; perkerasan kualitas tinggi
- 2 *Intermediate Standard Paved*; perkerasan kualitas menengah
- 3 *Low Standard Paved*; perkerasan kualitas rendah
- 4 *Unpaved; Gravel*; kerikil, agregat, makadam
- 5 *Unpaved: Earth*; jalan tanah

Untuk setiap permukaan jalan diatas masih dibagi lagi kedalam jenis kondisi lapangan yang terjadi, yaitu :

- 1 Baik (*Good*)
- 2 Sedang (*Fair*)
- 3 Jelek (*Poor*)
- 4 Parah (*Bad*)

Pengaruh kondisi lapisan permukaan jalan terhadap BOK dapat dilihat pada **Tabel 2.21** berikut ini :

Tabel 2.21 Indeks Jenis Permukaan Auto< Interurban Road Dalam %)

Type permukaan dan kondisi	Bahan Bakar	Oli	Ban	Pemeliharaan	Depresiasi Interset Fixed Upah Kru	Total
Paved High						
- Good	90	100	100	100	105	102
- Fair	84	100	300	230	110	127
- Poor	76	192	575	404	122	165
- Bad	73	192	575	404	137	175
Paved Int						
- Good	77	100	128	119	117	112
- Fair	77	100	556	392	117	158
- Poor	74	192	575	404	124	166
- Bad	74	192	575	404	138	176
Paved Low						
- Good	79	100	167	144	117	116
- Fair	79	100	575	404	117	161
- Poor	86	192	575	404	126	167
- Bad	91	192	575	404	139	177
Gravel						
- Good	91	192	311	163	117	125
- Fair	91	192	575	404	118	164
- Poor	86	192	575	404	128	170
- Bad	91	192	575	404	141	180
Earth						
- Good	87	192	433	311	127	154
- Fair	87	192	433	404	127	170
- Poor	85	192	433	404	130	172
- Bad	93	192	433	404	141	180

Sumber : N.D. Lea & Associates, 1975

Pengaruh kondisi lapisan permukaan jalan terhadap BOK Truk dapat dilihat pada **Tabel 2.22** berikut ini :

Tabel 2.22 Indeks Jenis Permukaan Untuk Truk, Interurban Road (dalam %)

Type permukaan dan kondisi	Bahan Bakar	Oli	Ban	Pemeliharaan	Depresiasi Interset Fixed Upah Kru	Total
Paved High						
- Good	100	100	100	100	100	100
- Fair	94	100	121	156	119	122
- Poor	94	200	151	234	146	157
- Bad	102	200	151	234	189	185
Paved Int						
- Good	97	100	103	108	100	106
- Fair	95	100	149	229	121	139
- Poor	94	200	151	234	148	159
- Bad	102	200	151	234	189	185
Paved Low						
- Good	95	100	107	119	108	108
- Fair	97	100	149	234	123	141
- Poor	94	200	151	234	150	160
- Bad	103	200	151	234	193	188
Gravel						
- Good	115	200	110	127	108	114
- Fair	124	200	151	234	126	149
- Poor	122	200	151	234	152	165
- Bad	132	200	151	234	193	191
Earth						
- Good	125	200	136	193	135	145
- Fair	125	200	151	234	135	154
- Poor	122	200	151	234	161	170
- Bad	136	200	151	234	200	196

Sumber : N.D. Lea & Associates, 1975

Pengaruh kondisi lapisan permukaan jalan terhadap BOK Bus dapat dilihat pada tabel 2.14 berikut ini :

Tabel 2.23 Indeks Jenis Permukaan Untuk Bus, Interurban Road (dalam %)

Type permukaan dan kondisi	Bahan Bakar	Oli	Ban	Pemeliharaan	Depresiasi Interset Fixed Upah Kru	Total
Paved High						
- Good	100	100	100	100	100	100
- Fair	92	100	121	273	119	131
- Poor	90	200	151	511	147	178
- Bad	95	200	151	511	193	210
Paved Int						
- Good	95	100	103	125	112	110
- Fair	93	100	149	494	122	157
- Poor	89	200	151	511	149	179
- Bad	95	200	151	511	193	210
Paved Low						
- Good	94	100	107	158	112	113
- Fair	95	100	151	511	123	160
- Poor	89	200	151	511	151	181
- Bad	97	200	151	511	196	212
Gravel						
- Good	119	200	110	183	112	123
- Fair	125	200	151	511	124	160
- Poor	119	200	151	511	153	187
- Bad	128	200	151	511	196	217
Earth						
- Good	123	200	136	387	140	165
- Fair	123	200	151	511	140	179
- Poor	119	200	151	511	158	190
- Bad	130	200	151	511	200	220

Sumber : N.D. Lea & Associates, 1975

2.6 Analisa Ekonomi

Suatu perbandingan terhadap 2 jenis penggunaan konstruksi lapisan pekerjaan 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 pekerasan jalan tersebut, baik itu lapisan perkerasan lentur yang menggunakan Untreated Base maupun Cement Treated Base (CTB). Dengan mengetahui harga satuan bahan selanjutnya dapat menghitung perkiraan biaya konstruksi.

2.6.1 Present Value dan Future Value

Untuk mengetahui biaya pemeliharaan perkerasan lentur maupun semi kaku selama usia dengan menggunakan rumus :

$$P = \left(\frac{1}{(1+i)^n} \right) \quad (2.21)$$

Dimana :

i = Tingkat suku bunga per periode bunga

n = Jumlah periode bunga

P = Jumlah uang sekarang

F = Jumlah uang pada akhir periode dari saat sekarang dengan bunga i

2.6.2 Evaluasi Ekonomi

Untuk menentukan evaluasi terhadap proyek – proyek pemerintah yang berdampak langsung pada masyarakat dapat menggunakan metode yang paling baik yaitu dengan menggunakan Perbandingan Manfaat Biaya atau Benefit Cost Ratio (BCR). Metode Benefit Cost Ratio dilakukan dengan cara membandingkan semua manfaat terhadap biaya (*cost*) total yang membutuhkan, setelah dikonversikan ke dalam nilai uang sekarang (*present value*). Perumusan untuk BCR adalah sebagai berikut :

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Benefit (manfaat)}}{\text{Cost (biaya)}} \geq 1$$

Dimana :

Benefit = ΔBOK

= $\text{BOK}_{\text{eksisting}} - \text{BOK}_{\text{kondisi baru}}$

= Penghematan BOK, Penghematan nilai

waktu

Cost = Biaya pembangunan jalan dan biaya pemeliharaan

Nilai B/C yang mungkin terjadi :

- a. $B/c > 1$
Maka manfaat yang ditimbulkan proyek lebih besar dari pada biaya yang diperlukan, proyek layak dilaksanakan.
- b. $B/C = 1$
Maka manfaat yang ditimbulkan proyek sama dengan biaya yang diperlukan, proyek layak dilaksanakan.
- c. $B/C < 1$
Maka manfaat yang ditimbulkan proyek proyek lebih kecil dari pada biaya yang diperlukan, proyek tidak layak dilaksanakan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penulisan tugas akhir ini akan menggunakan beberapa metodologi dengan tujuan memudahkan dalam perhitungan dan menganalisisnya. Oleh karena itu, proses pekerjaan yang akan dilakukan meliputi beberapa tahap metodologi yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini yaitu:

1. Studi Literatur
2. Pengumpulan Data
3. Pengolahan Data
4. Studi Ekonomi Jalan Raya

2.1 Studi Literatur

Untuk memahami materi yang akan dibahas, maka dilakukan studi literatur mengenai :

- c) Konstruksi Perkerasan Lentur Jalan Raya
Studi tentang konstruksi perkerasan lentur jalan raya diperlukan untuk mengetahui tentang teori – teori yang digunakan untuk merencanakan indeks tebal perkerasan lentur jalan raya seperti : Karakteristik perkerasan lentur, daya dukung tanah dasar, lalu lintas rencana, faktor regional, indeks permukaan dan lain – lainnya.
- d) Konstruksi Perkerasan menggunakan (CTB)
Studi tentang perkerasan lentur jalan raya yang menggunakan CTB dengan metode AASHTO 1986 diperlukan untuk mengetahui tentang teori – teori yang akan diperlukan dalam merencanakan tebal perkerasan tersebut seperti : karakteristik perkerasan semi kaku, lalu lintas rencana, indeks permukaan dan lain – lainnya.
- e) Ekonomi Jalan Raya

Studi mengenai ekonomi jalan raya digunakan untuk memperhitungkan biaya yang akan dikeluarkan dan manfaat selama jalan tersebut dilakukan perbaikan mulai dari awal perencanaan sampai umur rencana. Dengan studi ini kita diharapkan dapat melakukan pengambilan keputusan berdasarkan pertimbangan secara ekonomi perkerasan manakah yang lebih menguntungkan sesuai umur rencana.

2.2 Pengumpulan Data Sekunder

Berikut adalah data-data sekunder yang dibutuhkan

- a) Data Lalu Lintas Harian Rata – Rata

Data lalu lintas harian rata - rata (LHR) adalah data yang menunjukkan jumlah kendaraan rata – rata yang lewat selama 24 jam menurut jenis kendaraan. Data LHR ini akan digunakan sebagai dasar peramalan jumlah lalu lintas harian sampai umur rencana yang akan berguna untuk merencanakan tebal perkerasan jalan yang akan digunakan.

- b) Data CBR (California Bearing Ratio)

Data CBR adalah data yang menunjukkan rasio dari gaya perlawanan penestrasi dari tanah terhadap penestrasi sebuah piston yang ditekan secara kontinue dengan gaya perlawanan penestrasi serupa pada contoh tanah standart berupa batu pecah, Ratio tersebut diambil pada penestrasi 2.5 dan 5.0 mm (0.1 dan 0.2 in) dengan ketentuan angka tertinggi. Data ini menunjukkan kekuatan tanah dasar yang akan digunakan dalam perencanaan tebal perekkerasan jalan.

- c) Data Kependudukan dan Data Perekonomian

Data kependudukan dan perekonomian yang akan dibutuhkan adalah data jumlah penduduk, PDRB dan PDRB per kapita. Data ini digunakan sebagai korelasi untuk meramalkan jumlah lalu lintas harian berdasarkan data lalu lintas harian yang didapatkan.

d) Data Harga Satuan Pekerjaan

Data harga satuan pekerjaan jalan yang dikeluarkan Dirjen Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum adalah pedoman perhitungan analisa harga satuan pekerjaan jalan yang selalu mengikuti perkembangan standart jalan atau spesifikasi teknis jalan. Data ini akan digunakan sebagai acuan perhitungan biaya konstruksi perkerasan jalan.

2.3 Pengolahan Data Sekunder

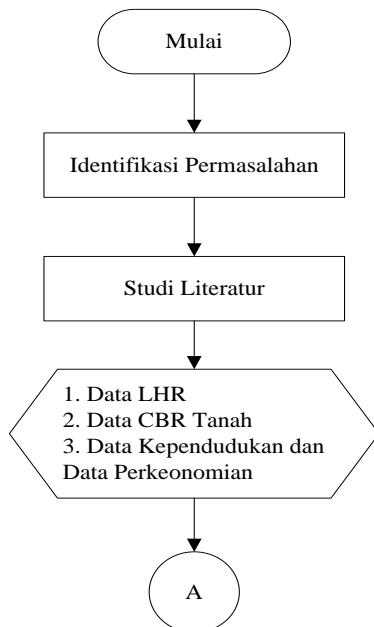
- a. Peramalan jumlah pertumbuhan penduduk, PDRB, dan PDRB perkapita selama tahun rencana dengan menggunakan regresi linier. Dari hasil regresi, didapatkan faktor pertumbuhan penduduk, PDRB, dan PDRB perkapita yang digunakan sebagai faktor pertumbuhan lalu lintas.
- b. Mencari volume lalu lintas total selama umur rencana.
- c. Setelah mendapatkan volume lalu lintas selama rencana, selanjutnya kita dapat menghitung :
 1. Perencaan Perkerasan Lentur dengan *untreated base* yang terdiri dari analisa tebal perkerasan lentur, analisa biaya konstruksi dan analisa biaya perawatan.
 2. Perencaan Perkerasan Lentur dengan *cement treated base* yang terdiri dari tebal perkerasan, analisa biaya konstruksi, dan analisa biaya perawatan.
- d. Rencana anggaran biaya (RAB) memerlukan volume pekerjaan yang merupakan faktor yang sangat penting dalam perhitungan rencana anggaran biaya, yaitu sebagai faktor pengali terhadap biaya harga satuan. Harga – harga material yang akan digunakan dalam perhitungan anggaran biaya ini harus disesuaikan dengan harga – harga dari daerah yang bersangkutan.

e. Analisis Biaya Operasional Kendaraan

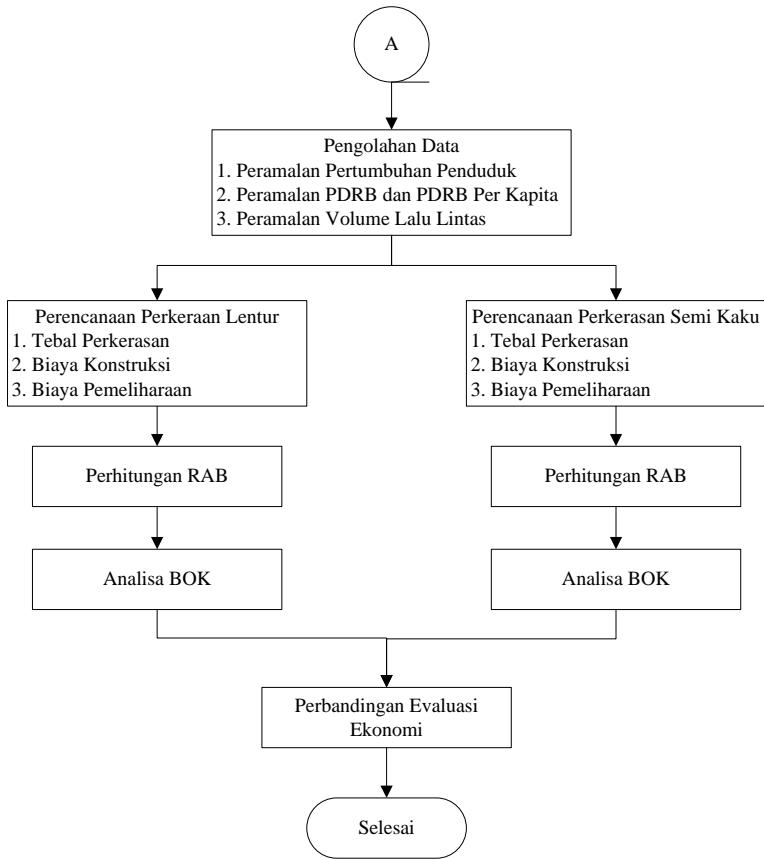
Analisis Bok dilakukan untuk memperoleh user cost dan dilakukan dengan metode N.D Lea dengan tujuan memperoleh perbandingan BOK do nothing dengan BOK masing – masing perkerasan.

2.4 Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi disini yaitu membandingkan selisih user cost antara kedua perkerasan (*benefit*) dengan selisih *user cost* antara kedua perkerasan ini juga (*cost*) serta mencari selisih *benefit* dan *cost* tersebut. Dari evaluasi ekonomi nantinya akan didapat salah satu perkerasan manakah yang lebih menguntungkan dari segi ekonomi.



Gambar 3.1 Bagan Aliran Kerja



Gambar 3.1 Bagan Aliran Kerja (Lanjutan)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

GAMBARAN DAERAH STUDI

2.1 Lokasi Studi

Jalan yang akan direncanakan dalam Tugas Akhir ini adalah pada ruas Jalan Ketapang – batas Kabupaten Pamekasan dengan panjang 7 km yang terletak di Kabupaten Pamekasan, Madura. Jalan tersebut merupakan jalan lintas utara Madura yang menghubungkan Pamekasan dengan Sampang.

2.2 Letak Geografis

Secara Geografis Kabupaten Pamekasan terletak di utara wilayah Madura, dengan jarak 125 Km dari Ibu Kota Propinsi Jawa Timur (Surabaya) dan 909 Km dari Ibu Kota Negara (Jakarta), dan terletak diantara 113019' – 113058' BT dan 6051' – 7031' LS.

Kabupaten Pamekasan luasnya mencapai 79,230 hektar terdiri dari 13 kecamatan, 178 desa, 11 kelurahan, 1.327 dusun, 467 RW dan 1.217 RT, dengan batas – batasnya adalah sebagai berikut

- Sebelah Utara :Berbatasan dengan Laut Jawa
- Sebelah Selatan : Berbatasan dengan Selat Madura
- Sebelah Barat :Berbatasan dengan Kabupaten Sampang
- Sebelah Timur :Berbatasan dengan Kabupaten Sumenep

2.3 Penduduk

Penduduk Kabupaten Pamekasan yang luas wilayahnya 7.923 km², berdasarkan hasil registrasi penduduk pada tahun 2011, berjumlah 800,396 jiwa. 101.02 jiwa/km². Jika dilihat dari kepadatan penduduk pada tahun 2011, dapat dikatakan tidak terlalu padat.

Data penduduk Kabupaten Pamekasan dapat dilihat pada **Tabel 4.1** berikut ini:

Tabel 4.1 Jumlah Penduduk Kabupaten Pamekasan

Tahun	Jumlah penduduk (jiwa)	Luas Wilayah (km ²)	Kepadatan Penduduk (jiwa/km ²)
2007	764,134	7.923	96.445
2008	774,969	7.923	97.812
2009	785,870	7.923	99.188
2010	795,918	7.923	100.456
2011	800,396	7.923	101.02

(Sumber : BPS Kabupaten Pamekasan)

2.4 Perekonomian

Pada sub bab 4.4 ini akan dijelaskan mengenai PDRB yang terdiri dari distribusi PDRB kabupaten Pamekasan dan juga PDRB per kapita sebagai indikator tingkat kemakmuran wilayah

2.4.1 Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)

Berdasarkan **Tabel 4.2**, distribusi Persentase Produk Domestik Regional Bruto atas dasar harga berlaku Kabupaten Pamekasan tahun 2011, Sektor Pertanian masih memberikan kontribusi yang paling besar. Pendapatan sektor pertanian ini di dominasi oleh sub sektor tanaman bahan makanan, dan sisanya dari sub pertanian lainnya. Sektor kedua yang memberikan kontribusi pendapatan yang cukup besar adalah Sektor Perdagangan Hotel dan Restoran. Sektor yang paling kecil memberikan sumbangan bagi Produk Domestik Regional Bruto Kabupaten Pamekasan adalah sub sektor Pertambangan dan penggalian.

Nilai total PDRB Kabupaten Pamekasan tahun 2011 bila dibandingkan dengan nilai total PDRB tahun 2010, terjadi peningkatan dengan nilai laju pertumbuhan PDRB sebesar 4,74%.

Tabel 4.2 PDRB Kabupaten Pamekasan

No	Lapangan Usaha	2007	2008	2009	2010	2011
I	Pertanian	1.867.916,02	2.116.791,47	2.169.719,17	2.420.719,17	2.728.240,38
1.1	Tanaman bahan makanan	940.760,13	1.057.113,07	949.170,34	1.077.913,15	1.207.620,27
1.2	Tanaman perkebunan	270.702,97	300.114,65	405.306,00	401.773,57	480.753,54
1.3	Peternakan	406.238,89	480.158,95	406.600,65	456.035,58	501.754,00
1.4	Kehutanan	-	-	-	-	-
1.5	Perikanan	250.214,03	279.404,80	408.547,76	484.996,87	538.112,56
II	Pertambangan dan Penggalian	34.155,71	38.844,67	47.585,27	50.282,07	56.390,86
2.1	Migas	0	0	0	0	0
2.2	Non migas	0	0	0	0	0
2.3	Penggalian	34.155,71	38.844,67	47.585,27	50.282,07	56.390,86
III	Industri Pengolahan	38.316,95	42.780,18	131.291,95	144.709,35	163.327,87
a	Industri migas	0	0	0	0	0
3.a.1	Pengilangan minyak bumi	0	0	0	0	0
3.a.2	Gas alam catir	0	0	0	0	0
b	Industri tanpa migas	38.316,95	42.780,18	131.291,95	144.709,35	163.327,87
3.1	Mak, min, tembakau	17.577,86	19.811,44	110.114,83	121.306,19	137.434,76
3.2	Tekstil, kulit dan alas kaki	5.359,75	6.073,19	6.649,20	7.566,56	8.559,06
3.3	Barang dari kayu dan hasil hutan	10.334,75	11.462,18	12.510,31	13.640,03	14.962,52
3.4	Kertas dan barang cetakan	373,38	417,2	463,88	519,91	571,35
3.5	Pupuk kimia dan barang dari karet	-	-	-	-	-
3.6	Semen dan barang galian non logam	3.775,01	4.006,23	478,54	514,61	546,89
3.7	Logam dasar besi dan baja	-	-	-	-	-
3.8	Alat angkutan, mesin, peralatan	749,62	805,91	857,38	923,46	992,26
3.9	Barang lainnya	186,18	204,03	217,81	238,58	261,03
IV	Listrik dan Air bersih	40.724,10	46.132,50	42.265,20	46.231,51	50.543,04
4.1	Listrik	36.291,01	41.312,25	36.645,76	40.250,59	44.177,05
4.2	Gas	0	0	0	0	0
4.3	Air bersih	4433,09	4820,25	5619,44	5980,59	6365,99
V	Bangunan	161.237,94	190.040,54	218.448,32	250.128,29	300.148,23
VI	Perdagangan, Hotel dan Restoran					
6.1	Perdagangan	397.090,49	467.482,94	678.355,20	777.517,14	936.508,34
6.2	Hotel	1.000,50	1.097,07	2.187,08	2.368,02	2.610,04
6.3	Restoran	32.150,93	36.117,08	41.101,96	46.584,99	53.768,27
VII	Penyebarluasan dan Komunikasi	137.563,95	153.318,71	179.333,76	201.951,75	229.103,84
a	Angkutan	95.441,19	107.320,92	124.488,39	137.751,73	154.444,86
1	Angkutan rel	-	-	-	-	-
2	Angkutan jalan raya	82.373,84	91.860,23	99.719,55	110.020,70	122.743,86
3	Angkutan laut	12.263,58	14.577,96	23.571,00	26.392,97	30.200,35
4	Angkutan penyeberangan	-	-	-	-	-
5	Angkutan udara	-	-	-	-	-
6	Jasa penunjang angkutan	773,77	882,73	1.197,84	1.338,07	1.501,44
b	Komunikasi	42.152,76	45.997,79	54.845,37	64.200,01	74.658,98
1	Pos dan Telekomunikasi	41.262,12	45.028,85	53.794,93	63.052,74	73.404,09
2	Jasa penunjang komunikasi	890,64	968,94	1.505,44	1.147,27	1.254,89
VIII	Keuangan, Persewaan, dan Perusahaan	180.203,20	206.912,85	287.324,32	321.159,69	362.560,54
8.1	Bank	58.510,05	68.495,14	65.615,00	74.779,11	86.251,34
8.2	Lembaga keuangan bukan bank	14.447,87	16.113,86	84.518,00	93.281,19	102.326,24
8.3	Jasa penjaga kuangan	-	-	-	-	-
8.4	Sewa banguna	100.171,96	114.400,46	128.652,49	143.788,94	163.929,60
8.5	Jasa perusahaan	7.073,32	7.903,39	8.538,83	9.310,46	10.053,37
IX	Jasa - Jasa	441.880,32	505.427,83	587.896,40	654.879,01	731.727,27
a	Pemerintahan Umum	307.446,57	351.780,32	395.132,63	442.714,00	499.752,25
1	Adm pemerintahan dan pertahanan	307.446,57	351.780,32	395.132,63	442.714,00	499.752,25
b	Swasta	134.433,75	153.647,51	192.763,77	212.165,02	231.975,02
1	Sosial Kemasyarakatan	18.385,27	20.596,18	42.756,31	45.870,84	51.156,84
2	Hiburan	201,20	223,50	245,64	283,45	320,71
3	Perorangan dan rumah tangga	115.847,28	132.827,83	149.761,82	166.010,73	180.397,48
	PDRB	3.322.240,11	3.802.957,84	4.385.414,21	4.916.530,99	5.614.928,69

*(juta rupiah)

(Sumber : BPS Kabupaten Pamekasan th 2012)

2.4.2 PDRB Per Kapita

PDRB Perkapita merupakan indikator kasar yang digunakan untuk menggambarkan tingkat kemakmuran suatu wilayah. Hal ini dikarenakan pada perhitungan PDRB tidak memperhitungkan faktor kepemilikan usaha. Dengan demikian, seluruh nilai tambah dari setiap unit usaha yang berada di wilayah Kabupaten Pamekasan dijumlahkan dan dibagi jumlah penduduk pertengahan tahun.

Tabel 4.3 memperlihatkan perkembangan PDRB perkapita di Kabupaten Pamekasan pada tahun 2007 sampai 2011. Pada tahun 2007 PDRB perkapita Kabupaten Pamekasan mencapai Rp. 3.817.932,51 meningkat menjadi Rp. 6.380.857,48 pada tahun 2011. Kondisi ini bisa menggambarkan terjadinya peningkatan kesejahteraan masyarakat Kabupaten Pamekasan selama kurun waktu 5 tahun.

Tabel 4.3 PDRB Perkapita Kabupaten Pamekasan

Tahun	PDRB Perkapita (Rp)
2007	3.817.932,51
2008	4.268.969,90
2009	5.075.742,93
2010	5.618.626,50
2011	6.280.857,48

(Sumber : BPS Kabupaten Pamekasan th 2012)

2.5 Kondisi Lalu Lintas

Kondisi lalu lintas digambarkan dari hasil volume lalu lintas. Data hasil volume lalu lintas diperoleh dari Lab Perhubungan ITS.

2.6 *California Bearing Ratio (CBR)*

Harga California Bearing Ratio (CBR) adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban.

Data *California Bearing Ratio* (CBR) digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan jalan rencana. Dalam perencanaan jalan ini harga CBR tanah dasar adalah 1,97%.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

ANALISA DATA

2.1 Peramalan Kependudukan

Untuk mengetahui volume lalu lintas yang akan melewati ruas jalan Ketapang – Bts. Kabupaten Pamekasan selama usia rencana, dilakukan peramalan kependudukan. Data yang dipakai dalam peramalan kependudukan adalah data PDRB, PDRB per kapita dan pertumbuhan jumlah penduduk. Penggunaan data – data tersebut dikarenakan pertumbuhan volume lalu lintas diasumsikan ekivalen dengan pertumbuhan PDRB, PDRB perkapita, serta pertumbuhan ekonomi masyarakat.

Metode yang digunakan dalam peramalan pertumbuhan penduduk adalah regresi linear dengan selisih kuadrat terkecil, agar penyimpangan yang terjadi dapat ditekan sekecil mungkin sehingga mendekati keadaan nyata. Data kependudukan Kabupaten Pamekasan dapat dilihat pada **Tabel 5.1**

Tabel 5.1 Data Kependudukan Kabupaten Pamekasan

Tahun (Xi)	Jumlah Penduduk (Yi)
2007	764,134
2008	774,969
2009	785,870
2010	795,918
2011	800,396

(Sumber : BPS Kabupaten Pamekasan th 2012)

Regresi linier adalah cara yang digunakan untuk mendapatkan persamaan garis linier sebagai dasar perhitungan dan jumlah penduduk selama usia rencana.

Rumus yang digunakan dalam regresi linier adalah

$$Y = aX + b$$

Dimana :

a, b : koefisien regresi

Y : variabel bebas

X : variabel tidak bebas

N : jumlah data²

Koefisien a dan b dicari menggunakan rumus :

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

$$b = \frac{\Sigma Y}{n} - a * \frac{\Sigma X}{n}$$

Untuk mengetahui hubungan X dan Y diperlukan sebuah koefisien korelasi. Koefisien ini berfungsi untuk mengubah kelayakan persamaan, dan dapat dihitung menggunakan rumusan :

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

Nilai R antara -1 hingga 1. Apabila nilai R = -1 atau R = 1 maka hubungan X dan Y dekat dan persamaan layak digunakan apabila R = 0, persamaan tidak layak dan tidak dapat digunakan. Contoh perhitungan persamaan regresi linier untuk jumlah penduduk dapat dilihat pada **Tabel 5.2**

Tabel 5.2 Perhitungan Persamaan Regresi Linier

No	Tahun (Xi)	Jumlah Penduduk (Yi)	Xi.Yi	Xi^2	Yi^2
1	2007	764,134	1533616938	4028049	583,900,769,956
2	2008	774,969	1556137752	4032064	600,576,950,961
3	2009	785,870	1578812830	4036081	617,591,656,900
4	2010	795,918	1599795180	4040100	633,485,462,724
5	2011	800,396	1609596356	4044121	640,633,756,816
Total		3921287	7877959056	20180415	3,076,188,597

Data tahun dimasukkan sebagai variabel X_i , sedangkan data yang akan diregresikan dimasukkan sebagai variabel Y_i . Tahun 2006 ditetapkan sebagai tahun ke -1. Karena data tahun ada maka ditetapkan $n=5$. Untuk mencari Y dan R , terlebih dahulu dilakukan perhitungan terhadap variabel a dan b .

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

$$a = \frac{(5 * 7877959056 - 10045 * 3921287)}{(5 * 20180415 - (10045)^2)}$$

$$a = 9347.3$$

$$b = \frac{\Sigma Y}{n} - a * \frac{\Sigma X}{n}$$

$$b = \frac{3921287}{5} - 9347.3 * \frac{10045}{5} = 1.43$$

$$b = -17994468$$

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

$$R = \frac{(5 * 7877959056 - 10045 * 3921287)}{\sqrt{(5 * 20180415 - (10045)^2) (5 * 3076188597357 - (3921287)^2)}}$$

$$R = 1.484$$

Karena $R = 1$, maka rumus layak digunakan setelah a dan b diketahui, dicari persamaan regresi linier, yaitu :

$$Y = aX + b$$

$$Y = 9347.3 X - 17994468$$

Cara yang sama diterapkan pada data PDRB dan PDRB perkapita, sehingga diperoleh hasil pada **Tabel 5.3**

Tabel 5.3 Persamaan Regresi Linier

Jumlah Penduduk	$Y = 9347.3 X - 17994468$
PDRB	$Y = 569895.031 X - 1140510703$
PDRB Perkapita	$Y = 627550.656 X - 1255736842$

Dengan bantuan *microsoft excel*, persamaan tersebut digunakan pada usia rencana dan hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 5.4**

Tabel 5.4 Hasil Peramalan Jumlah Penduduk, PDRB dan PDRB Perkapita

NO	Tahun	Jumlah Penduduk	PDRB	PDRB Perkapita
1	2007	764134	3322240.11	3817932.5
2	2008	774969	3802957.84	4268969.9
3	2009	785870	4385414.21	5075742.93
4	2010	795918	4916530.99	5618626.5
5	2011	800396	5614928.69	6280857.48
6	2012	812300	6118099.372	6895077.872
7	2013	821647	6687994.403	7522628.528
8	2014	830994	7257889.434	8150179.184
9	2015	840342	7827784.465	8777729.84
10	2016	849689	8397679.496	9405280.496
11	2017	859036	8967574.527	10032831.15
12	2018	868383	9537469.558	10660381.81
13	2019	877731	10107364.59	11287932.46
14	2020	887078	10677259.62	11915483.12
15	2021	896425	11247154.65	12543033.78
16	2022	905773	11817049.68	13170584.43
17	2023	915120	12386944.71	13798135.09
18	2024	924467	12956839.74	14425685.74

2.2 Peramalan Jumlah Kendaraan

2.2.1 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Setelah melakukan peramalan jumlah penduduk, PDRB dan PDRB Perkapita, langkah selanjutnya adalah mencari faktor pertumbuhan lalu lintas. Fungsi dari faktor pertumbuhan ini adalah untuk mempermudah mengetahui pertumbuhan tiap jenis kendaraan selama usia rencana.

Faktor pertumbuhan didapatkan dengan mencari selisih angka perkiraan tahun yang ditinjau dengan angka perkiraan tahun sebelumnya, kemudian dibagi dengan angka perkiraan tahun sebelumnya. Sebagai contoh, dari tabel 5.4 didapatkan jumlah penduduk pada tahun 2014 diramalkan sebanyak 830.994 jiwa, sedangkan pada tahun 2013 sebanyak 821.647 jiwa. Dengan demikian, perhitungan faktor pertumbuhan angkutan umum dan bus pada tahun 2014 adalah :

$$\text{Faktor pertumbuhan} = \frac{830994 - 821647}{821647} = 0.01137$$

Hasil perhitungan faktor pertumbuhan angkutan umum dan bus, faktor pertumbuhan angkutan barang dan truk, dan faktor pertumbuhan kendaraan pribadi selama usia rencana dapat dilihat pada **Tabel 5.5**

Tabel 5.5 Faktor Pertumbuhan Angkutan Umum, Angkutan Barang, Kendaraan Pribadi

Tahun	Faktor Pertumbuhan Angkutan Umum dan Bus	Faktor Pertumbuhan Truk dan Angkutan Barang	Faktor Pertumbuhan Kendaraan Pribadi
	Ekivalen dengan Jumlah Penduduk	Ekivalen dengan PDRB	Ekivalen dengan PDRB Perkapita
2011	0.005626208	0.14205091	0.117863499
2012	0.014872138	0.089613014	0.097792442

Tabel 5.6 Faktor Pertumbuhan Angkutan Umum, Angkutan Barang, Kendaraan Pribadi (Lanjutan)

2013	0.011507207	0.093149031	0.091014296
2014	0.011376298	0.085211649	0.083421726
2015	0.011248334	0.078520765	0.076998388
2016	0.011123216	0.072804129	0.071493503
2017	0.011000851	0.067863394	0.066723226
2018	0.010881149	0.063550632	0.062549708
2019	0.010764024	0.059753274	0.058867559
2020	0.010649394	0.056384137	0.055594827
2021	0.010537179	0.053374653	0.052666824
2022	0.010427305	0.050670152	0.050031808
2023	0.010319698	0.048226507	0.047647897
2024	0.01021429	0.046007716	0.045480831

2.2.2 Peramalan Volume Kendaraan

Apabila faktor pertumbuhan kendaraan telah diketahui, dapat diramalkan pertumbuhan penduduk volume kendaraan yang akan melewati ruas Jalan Ketapang – Bts. Kabupaten Pamekasan selama usia rencana.

Tabel 5.7 Volume Kendaraan Jalan Eksisting (kend/hari) Tahun 2013

No	Jenis Kendaraan	Volume kendaraan (arah Ketapang – Bts Kab. Pamekasan)
1	Sepeda motor	14712
2	Kendaraan ringan	3378
3	Mini bus / mini truck	643
4	Bus Besar	80
5	Truk Besar	468
Total		19281

(Sumber : Lab. Perhubungan dan Bahan Jalan Teknik Sipil ITS, 2013)

Maka dengan data kendaraan tersebut, dapat dilakukan prediksi jumlah volume kendaraan pada masa yang akan datang. Jumlah kendaraan yang melewati ruas tersebut pada saat jam sibuk kemudian dikalikan dengan faktor pertumbuhan kendaraan kemudian ditambah dengan volume kendaraan tahun sebelumnya. Sebagai contoh, didapatkan jumlah sepeda motor yang melewati arah ruas Ketapang – Bts. Kab. Pamekasan pada tahun 2013 adalah 7374. Kemudian didapatkan tabel faktor pertumbuhan kendaraan pribadi pada tahun 2014 sebesar 0.083421726. Dengan demikian, perhitungan jumlah sepeda motor yang melewati ruas tersebut di tahun 2014 adalah :

$$\text{Jumlah kendaraan} = (14712 * 0.083421726) + 14712 = 15933$$

Hasil peramalan Angkutan umum dan Bus, Barang dan Truk dan Kendaraan Pribadi selama umur usia rencana untuk arah ruas Ketapang – Bts. Kab Pamekasan dapat dilihat pada **Tabel 5.7** dibawah ini :

Tabel 5.8 Peramalan Volume Kendaraan arah ruas Bangkalan – Sumenep

Tahun	Jenis Kendaraaan					Total
	Sepeda Motor	Kendaraaan Ringan	Mini Bus/Mini Truck	Bus Besar	Truk Besar	
	Ekivalen dengan I PDRB Perkapita		Ekivalen dengan I jumlah penduduk		Ekivalen dengan PDRB	
2013	14712	3378	643	80	468	19281
2014	15939	3660	650	81	508	20838
2015	17167	3942	658	82	548	22395
2016	18394	4223	665	83	588	23953
2017	19621	4505	672	84	628	25510
2018	20849	4787	680	85	667	27067
2019	22076	5069	687	85	707	28624
2020	23303	5351	694	86	747	30181
2021	24530	5632	702	87	787	31739
2022	25758	5914	709	88	827	33296
2023	26985	6196	716	89	867	34853
2024	28212	6478	723	90	907	36410

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI

PERENCANAAN PERKERASAN

2.1 Umum

Pada Ruas Jalan Ketapang – Bts. Kab Pamekasan ini direncanakan usia rencana perkerasan jalan 10 tahun. Hal ini sesuai dengan rata – rata perkerasan lentur yang biasanya 5 – 10 tahun.

2.2 Perencanaan Pekerasan

2.2.1 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan *Untreated Based*

Dalam perencanaan perkerasan jalan untuk Ruas Jalan Ketapang – Bts. Kab Pamekasan ini digunakan perencanaan konstruksi bertahap perkerasan lentur dengan menggunakan Metode Analisa Komponen (Cara Bina Marga). Adapun beberapa ketentuan dalam perencanaan tebal perkerasan lentur adalah sebagai berikut :

- Peranan Jalan = Jalan Arteri
- Tipe Jalan = 2 lajur 2 arah tak terbagi
- Umur Rencana = 10 tahun
- Lebar jalan = 7m

Perkiraan Kondisi Lalu Lintas harian rata – rata (LHR) pada awal dan akhir umur rencana dapat dilihat pada **Tabel 6.1**

Tabel 6.1 Volume LHR pada Awal dan Akhir Umur Rencana

No	Jenis Kendaraan	LHR 2014	LHR 2019	LHR 2024
1	Sepeda Motor	15939	22076	28212
2	Kendaraan Ringan	3660	5069	6478
3	Mini Bus/Mini Truck	650	687	723
4	Bus Besar	81	85	90
5	Truk Besar	508	707	907

1. Perhitungan Angka Ekivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

$$\text{Angka Ekivalen STRT} = \left(\frac{\text{beban sumbu(ton)}}{5.4} \right)^4$$

$$\text{Angka Ekivalen STRG} = \left(\frac{\text{beban sumbu(ton)}}{8.16} \right)^4$$

$$\text{Angka Ekivalen SDRG} = \left(\frac{\text{beban sumbu(ton)}}{13.76} \right)^4$$

$$\text{Angka Ekivalen STrRG} = \left(\frac{\text{beban sumbu(ton)}}{18.45} \right)^4$$

Keterangan :

STRT = Sumbu Tunggan Roda Tunggal

STRG = Sumbu Tunggal Roda Ganda

SDRG = Sumbu Dual Roda Ganda

STrRG = Sumbu Tripel Roda Ganda

Untuk lebih jelasnya, perhitungan angka ekivalen kendaraan ditunjukkan sebagai berikut :

- a. Sepeda Motor 0,3 ton → Sumbu depan : 50%
Sumbu belakang : 50%

$$E = \left(\frac{0.5 \times 0.3}{5.4} \right)^4 + \left(\frac{0.5 \times 0.3}{5.4} \right)^4 \\ = 0,0000012$$

- b. Kendaraan Ringan 2 ton (1.1) → Sumbu depan : 50%, Sumbu belakang : 50%

$$E = \left(\frac{0.5 \times 2}{5.4}\right)^4 + \left(\frac{0.5 \times 2}{5.4}\right)^4$$

$$E = 0,0023521$$

- c. Mini bus / Mini truck 6 ton → Sumbu depan : 34%, Sumbu belakang : 66%

$$E = STRT + STRG$$

$$E = \left(\frac{0.34 \times 6}{8.16}\right)^4 + \left(\frac{0.66 \times 6}{8.16}\right)^4$$

$$E = 0,0758330$$

- d. Bus Besar 9 ton → Sumbu depan : 34%, Sumbu belakang : 66%

$$E = \left(\frac{0.34 \times 9}{13.76}\right)^4 + \left(\frac{0.66 \times 9}{13.76}\right)^4$$

$$E = 0,3839046$$

- e. Truck Besar 18,2 ton(1,2H) → Sumbu depan : 34%, Sumbu belakang : 66%

$$E = \left(\frac{0.34 \times 18.2}{18.45}\right)^4 + \left(\frac{0.66 \times 18.2}{18.45}\right)^4$$

$$= 6,4200564$$

2. Perhitungan Lintas Ekivalen Permulaan

$$LEP = \sum LHR_j \times C_j \times E_j$$

Ruas jalan Ketapang – Bts.Kab Pamekasan direncanakan 2 lajur 2 arah. Koefisien distribusi kendaraan (C) dapat dilihat pada Tabel 2.4, ruas jalan ini memiliki nilai koefisien distribusi (C) sebesar 0,5.

Sehingga perhitungan Lintas Ekivalen Permukaan (LEP) dapat dilihat pada **Tabel 6.2** sebagai berikut :

Tabel 6.2 Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) Ruas Jalan Ketapang – Bts. Kab Pamekasan

No	Jenis Kendaraan	LHR 2014	C	E	LEP
a	b	c	d	e	$f = c \times d \times e$
1	Sepeda Motor	15939	0.5	0.0000012	0.0095634
2	Kendaraan Ringan	3660	0.5	0.0023521	4.304343
3	Mini Bus / Mini Truck	650	0.5	0.075833	24.645725
4	Bus Besar	81	0.5	0.3839046	15.5481363
5	Truk Besar	508	0.5	6.4200564	1630.699432
Total		20838			1675.202093

3. Perhitungan Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

$$\text{LEA} = \sum LHR_j (i+j)^{\text{umur rencana}} \times C_j \times E_j$$

Perhitungan Lintas Ekivalen Akhir (LEA) Ruas Jalan Ketapang – Bts. Kab Pamekasan dapat dilihat pada **Tabel 6.3** dan **Tabel 6.4** sebagai berikut :

Tabel 6.3 Lintas Ekivalen Permulaan (LEA) Tahun ke-5 pada Ruas Jalan Ketapang – Bts. Kab Pamekasan

No	Jenis Kendaraan	LHR 2019	C	E	LEP
a	b	c	d	e	$f = c \times d \times e$
1	Sepeda Motor	22076	0.5	0.0000012	0.0132456
2	Kendaraan Ringan	5069	0.5	0.0023521	5.96139745
3	Mini Bus / Mini Truck	687	0.5	0.075833	26.0486355
4	Bus Besar	85	0.5	0.3839046	16.3159455
5	Truk Besar	707	0.5	6.4200564	2269.489937
Total		286244	-	-	2317.829161

Tabel 6.4 Lintas Ekivalen Permulaan (LEA) Tahun ke-10 pada Ruas Jalan Ketapang – Bts. Kab Pamekasan

No	Jenis Kendaraan	LHR 2024	C	E	LEP
a	b	c	d	e	$f = c \times d \times e$
1	Sepeda Motor	28212	0.5	0.0000012	0.0169272
2	Kendaraan Ringan	6478	0.5	0.0023521	7.6184519
3	Mini Bus / Mini Truck	723	0.5	0.075833	27.4136295
4	Bus Besar	90	0.5	0.3839046	17.275707
5	Truk Besar	907	0.5	6.4200564	2911.495577
Total		35179	-	-	2963.820293

4. Perhitungan Lintas Ekivalen Tengah (LET)

LET umur rencana tahap pertama

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2} \times (\text{LEP} + \text{LEA tahun ke-5}) \\
 &= \frac{1}{2} \times (1675.202093 + 2317.829161) \\
 &= 1996.51563
 \end{aligned}$$

LET umur rencana tahap kedua

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2} \times (\text{LEA tahun ke-5} + \text{LEA tahun ke-10}) \\
 &= \frac{1}{2} \times (2317.829161 + 2963.820293) \\
 &= 2640.82473
 \end{aligned}$$

5. Perhitungan Lintas Ekivalen Rencana (LER)

LER = LET umur rencana x FO

Faktor penyesuaian (FP) ditentukan dengan rumus :

$$Fp = \left(\frac{UR}{10}\right)$$

Dimana UR = umur rencana = 10 tahun

Sehingga :

$$\text{LER} = \text{LET} \left[\frac{UR}{10}\right] \times 2,5$$

$$= 2640.82473 \times \left[\frac{10}{10}\right] \times 2,5$$

$$= 6602.06182$$

6. Penentuan Faktor Regional (FR)

Prosentase kendaraan berat (≥ 5 ton) pada Ruas Jalan Ketapang – Bts. Kab Pamekasan, ditinjau dari LHR pada akhir umur rencana 2024 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{: \% Kendaraan berat} &= \left(\frac{\text{Kendaraan Berat}}{\text{Total Kendaraaan}} \right) \times 100\% \\ &= \left(\frac{907}{36410} \right) \times 100\% \\ &= 0,024910\% \end{aligned}$$

Untuk prosentase kendaraan berat $< 30\%$ dengan kelandaian $< 6\%$ dan mempunyai iklim untuk curah hujan rata – rata tahunan < 900 mm/tahun, maka berdasarkan tabel 2.7 , jalan mempunyai faktor regional (FR) = 1,5

7. Perencanaan Indeks Permukaan pada awal umur rencana (IP0)

Perencanaan Indeks Permukaan pada awal umur rencana (IP0) berdasarkan tabel 2.6 Didapatkan harga IP0 = 4 untuk jenis lapisan permukaan laston yang dipakai dalam perencanaan tebal perkerasan

8. Perencanaan Indeks Permukaan Akhir (Ipt)

Dengan harga Lintas Ekivalen Rencana (LER) < 1000 dan klasifikasi jalan arteri luar kota, maka ruas jalan Ketapang – Bts. Kab Pamekasan mempunyai harga Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (Ipt) sebesar 2,5 (Tabel 2.5)

9. Penentuan Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Harga CBR yang mewakili untuk ruas jalan Ketapang – Bts. Kab Pamekasan adalah 1,97 %.

- Harga Lintas Ekivalen Rencana (LER) tahap 1 adalah 3334.1811
- Harga Lintas Ekivalen Rencana (LER) tahap 2 adalah 6602.06182
- Harga Indeks Permukaan pada awal umur rencana (IP0) = 4 dengan jenis lapis perkerasan laston (Tabel 2.6)
- Harga Indeks Permukaan pada akhir umur rencana (Ipt) diambil sebesar 2.5 (Tabel 2.5).

Pada Ruas Jalan Ketapang – Bts. Kab Pamekasan ini, jenis lapisan perkerasan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Lapisan permukaan (surface course) dari laston (MS 744)
- Lapisan pondasi atas (base course) dari batu pecah kelas A (CBR 90%)
- Lapisan pondasi bawah (sub base course) dari batu pecah kelas B (CBR 62%)
- Lapisan pondasi bawah (selected item, sub base course) dari sirtu/pitrun kelas C (CBR 10%)

Berdasarkan Tabel 2.7 direncanakan koefisien relatif

Untuk masing – masing lapisan sebagai berikut :

- Lapisan permukaan (surface course), a1=0,40
- Lapisan pondasi atas (base course), a2=0,14
- Pondasi bawah (sub base course), a3=0,13
- Pondasi bawah (selected item), a4=0,11

Sehingga perencanaan tebal perkerasan adalah sebagai berikut :

- Tanah dasar (subgrade) dengan harga CBR adalah 1,97%, didapatkan daya dukung tanah (DDT) = 3. Dengan LER = 6602.06812 dan FR = 1,5 diperolah ITP4 = 14,5

- Lapisan pondasi bawah (sub base course) selected item menggunakan sirtu / pitrun kelas C dengan harga CBR 10%, didapatkan daya dukung tanah (DDT) sebesar 8,1. Dengan LER = 6602.06812 dan FR = 1,5 diperoleh ITP3 = 10,4
- Lapisan pondasi bawah (sub base course) menggunakan agregat kelas B dengan harga CBR 62%, didapatkan daya dukung tanah (DDT) sebesar 9,4. Dengan LER = 6602.06812 dan FR = 1,5 diperoleh ITP 2 = 6,8
- Lapisan pondasi atas (base course) menggunakan batu pecah kelas A dengan harga CBR 90% didapatkan daya dukung tanah (DDT) = 9,8. Dengan LER = 6602.06812 dan FR = 1,5 diperoleh ITP1 = 6,5
- Tanah dasar (subgrade) dengan harga CBR adalah 1,97% didapatkan daya dukung tanah (DDT) = 3. Dengan LER tahap pertama = 3334.1811 dan FR = 1,5 diperoleh ITP4 = 13,3

Selanjutnya ditentukan tebal masing – masing lapisan dengan rumus sebagai berikut :

- Tebal lapisan permukaan (surface course), D1 :

$$ITP1 = a1 \times D1$$

$$6,5 = 0,40 \times D1$$

$$D1 = 6,5 / 0,40$$

$$= 16,25 \text{ cm} > \text{tebal minimum} = 5 \text{ cm}$$
 dipakai D1 sebesar 17 cm
- Tebal lapisan pondasi atas (base course), D2 :

$$ITP2 = a1 \times D1 + a2 \times D2$$

$$6,8 = 0,40 \times 17 + 0,14 \times D2$$

$$D2 = 0 \text{ cm} > \text{tebal minimum} 20 \text{ cm}$$
 Dipakai D2 sebesar 20 cm
- Tebal lapisan pondasi bawah (sub base course), D3 :

$$ITP3 = a1 \times D1 + a2 \times D2 + a3 \times D3$$

$$10,4 = 0,4 \times 17 + 0,14 \times 20 + 0,13 \times D3$$

$$D3 = 6,15 \text{ cm} > \text{tebal minimum} = 10 \text{ cm}$$

Dipakai D3 sebesar 10 cm

- Tebal lapisan pondasi bawah (sub base course), selected item D4 :

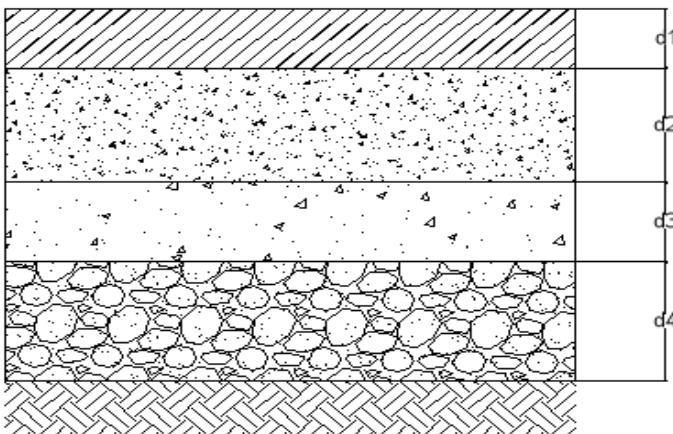
$$ITP4 = a1 \times D1 + a2 \times D2 + a3 \times D3 + a4 \times D4$$

$$14,5 = 0,4 \times 17 + 0,14 \times 20 + 0,13 \times 10 \times 0,11 \times D4$$

$$= 32,72 \text{ cm} > \text{tebal minimum} 10 \text{ cm}$$

Dipakai D4 sebesar 33 cm

Ilustrasi untuk tebal perkerasan rencana Ruas Jalan Ketapang – Bts. Kab Pamekasan dapat dilihat pada **Gambar 6.1**



Gambar 6.1 Ilustrasi Tebal Rencana Perkerasan

D1 = 17 cm ; Laston MS 744

D2 = 20 cm ; Batu pecah kelas A (CBR 90%)

D3 = 10 cm ; Batu pecah kelas B (CBR 62%)

D4 = 33 cm ; Selected Item, Sirtu/pitrun kelas C (CBR 10%)

Tanah Dasar (CBR 1,97%)

2.2.2 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur dengan Menggunakan *Cement Treated Based*

Dalam perencanaan perkerasan jalan untuk Ruas Jalan Ketapang – Bts. Kab Pamekasan ini digunakan perencanaan konstruksi bertahap perkerasan lentur dengan menggunakan Metode AASHTO. Adapun beberapa ketentuan dalam perencanaan tebal perkerasan lentur adalah sebagai berikut :

- Peranan Jalan = Jalan Arteri
- Tipe Jalan = 2 lajur 2 arah tak terbagi
- Umur Rencana = 10 tahun
- Lebar jalan = 7m

- a) Perkiraan Kondisi Lalu Lintas harian rata – rata (LHR) pada awal dan akhir umur rencana dapat dilihat pada **Tabel 6.5**

Tabel 6.5 Volume LHR pada Awal dan Akhir Umur Rencana

No	Jenis Kendaraan	LHR 2014	LHR 2019	LHR 2024
1	Sepeda Motor	15939	22076	28212
2	Kendaraan Ringan	3660	5069	6478
3	Mini Bus/Mini Truck	650	687	723
4	Bus Besar	81	85	90
5	Truk Besar	508	707	907

- b) Perhitungan Lintas Ekivalen Permulaan

$$LEP = \sum LHR_j \times C_j \times E_j$$

Ruas jalan Ketapang – Bts.Kab Pamekasan direncanakan 2 lajur 2 arah. Koefisien distribusi kendaraan (C) dapat dilihat pada Tabel 2.4, ruas jalan ini memiliki nilai koefisien distribusi (C) sebesar 0,5.

Sehingga perhitungan Lintas Ekivalen Permukaan (LEP) dapat dilihat pada **Tabel 6.6** sebagai berikut :

Tabel 6.6 Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) Ruas Jalan Ketapang – Bts. Kab Pamekasan

No	Jenis Kendaraan	LHR 2014	C	E	LEP
a	b	c	d	e	$f = c \times d \times e$
1	Sepeda Motor	15939	0.5	0.0000012	0.0095634
2	Kendaraan Ringan	3660	0.5	0.0023521	4.304343
3	Mini Bus / Mini Truck	650	0.5	0.075833	24.645725
4	Bus Besar	81	0.5	0.3839046	15.5481363
5	Truk Besar	508	0.5	6.4200564	1630.699432
	Total	20838			1675.202093

c) Perhitungan Komulatif ESA

Tabel 6.7 Perhitungan Komulatif ESA

tahun	ESA/Hari (1+1)n x LEP	ESA/Tahun (ESA/Hari x 365)	Komulatif ESA
2014	1675.202093	611448.7641	611448.7641
2015	1804.430889	658617.2743	1270066.038
2016	1933.620591	705771.5156	1975837.554
2017	2062.811469	752926.1861	2728763.74
2018	2188.830236	798923.036	3527686.776
2019	2317.829161	846007.6439	4373694.42
2020	2447.02004	893162.3144	5266856.734
2021	2576.247658	940330.3952	6207187.13
2022	2705.438537	987485.0659	7194672.195
2023	2834.629415	1034639.736	8229311.932
2024	2963.820293	1081794.407	9311106.339

1. Parameter penggerjaan :

UR = 10 tahun Umur Rencana

Total ESAL = 9.311.106,339

Material :

- Laston : MS 744 kg
- Modulus AC : 400.000 psi
- Base Course : Cement Treated Based (55 kg/cm^2)
- Sub Base Course : CBR 62%
- Sub Base Course : Selected Material (CBR10%)
- Subgrade : (CBR1,97%)
- (So) : 0,45
- Reabilitas (R) : 95%
- ZR : -1,292
- IPT : 2,5
- Ipo : 4
- $\Delta \text{ PSI}$: IPT – Ipo = 1,7

2. Koefisien Kekuatan Relatif

- Surface (Laston)
a₁ = 0,4
- Base Course (Cement Treated Based)
a₂ = 0,24
- Subbase Course (Agregat Kelas B)
a₃ = 0,13
- Subbase Course (Selected Material)
a₄ = 0,11

3. Modulus Resilen (Mr)

- Subgrade

Mr = 1500 (CBR)

= 1500 x 1,97%

- = 2995 psi
- SubBase (Selected Material)
 $Mr = 1500 \text{ (CBR)}$
 $= 1500 \times 10\%$
 $= 15000 \text{ psi}$
- Subbase (Aggregat B)
 $Mr = 18000 \text{ psi}$
- Base (CTB)
 $Mr = 350000 \text{ psi}$

4. Angka Struktur (SN)

Rumus : $\text{LogWt18} = Zr \times So + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20$

$$+ \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{IPT-Po}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(Sn+1)^{5.19}}\right)} + 2.32 \times \log_{10}(Mr) - 8.07$$

$$\begin{aligned} \text{Log Wt18} &= \text{Log } 9311106.339 \\ &= 6.969001287 \end{aligned}$$

5. Trial and Error

- Subgrade
 $6.96 = -1.645 \times 0.45 + 9.36 \times \text{LOG10}(5.73 + 1) - 0.20 + (\text{LOG10}(1.7 / (1.7))) / (0.4 + 1094 / (5.73 + 1)^{5.19}) + 2.32 \times \text{LOG10}(2995) - 8.07$
 $6.96 = 6.96, \text{ didapat SN4} = 5.94$
- Subbase (Selected Material)
 $6.96 = -1.282 \times 0.45 + 9.36 \times \text{LOG10}(5.73 + 1) - 0.20 + (\text{LOG10}(1.7 / (1.7))) / (0.4 + 1094 / (5.73 + 1)^{5.19}) + 2.32 \times \text{LOG10}(15000) - 8.07$
 $6.96 = 6.96, \text{ didapat SN3} = 5.68$
- SubBase (Aggregat B)

$$6.96 = -1.282 * 0.45 + 9.36 * \text{LOG10}(5.67+1) - \\ 0.2 + (\text{LOG10}(1.7/(1.7)) / (0.4 + 1094 / (5.67+1)^5.1) \\ + 2.32 * \text{LOG10} * (18000) - 8.07)$$

$$6.96 = 6,96, \text{ didapat SN2} = 5.67$$

➤ Base (CTB)

$$6.96 = -1.037 * 0.45 + 9.36 * \text{LOG10}(4.1+1) - \\ 0.2 + (\text{LOG10}(1.7/(1.7)) / (0.4 + 1094 / (4.1+1)^5.19) \\ + 2.32 * \text{LOG10} * (100000) - 8.07)$$

$$6,96 = 6,96, \text{ didapat SN1} = 4.1$$

6. Menghitung Tebal Lapisan (D)

$$a_1 = 0,4 \quad SN_1 = 4.1$$

$$a_2 = 0,24 \quad SN_2 = 5.67$$

$$a_3 = 0,13 \quad SN_3 = 5.68$$

$$a_4 = 0,08 \quad SN_4 = 5.94$$

Maka :

Tebal Lapis Permukaan, D1

$$D1 = \frac{SN_1}{a_1} \\ = 4,1 / 0,4$$

$$D1 = 10,25 \text{ cm}, \text{ Dipakai D1 sebesar } 11 \text{ cm}$$

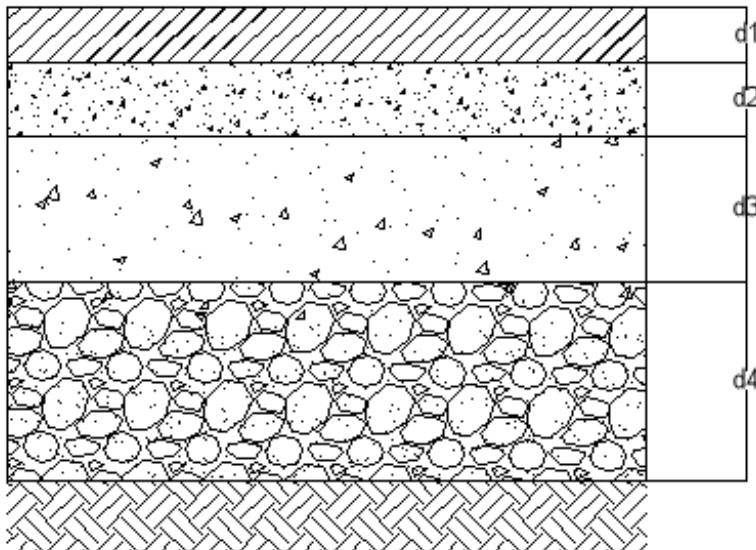
$$D2 = \frac{SN_2 - SN_1}{a_2, m_2} \\ = \frac{5,67 - 4,1}{0,24 \times 1,1} \\ = 7,1 \text{ cm}, \text{ Dipakai D2 sebesar } 8 \text{ cm}$$

$$D3 = \frac{SN_3 - (SN_2 + SN_1)}{0,13 \times 1} \\ = \frac{5,68 - (5,67 + 4,1)}{0,13 \times 1} \\ = 23,07 = 24 \text{ cm}, \text{ Dipakai D3 sebesar } 24 \text{ cm}$$

$$D4 = \frac{SN_3 - SN_2 - SN_1}{0,11}$$

$$= 27.27 = 28 \text{ cm} , \text{ Dipakai D4 sebesar } 38 \text{ cm}$$

Ilustrasi untuk tebal perkerasan yang menggunakan CTB dapat dilihat pada **Gambar 6.2** dibawah ini :



Gambar 6.2 Ilustrasi Tebal Rencana Perkerasan

- | | |
|-------------------------|---|
| D1 = 11 cm | ; Laston MS 744 |
| D2 = 8 cm | ; Cement Treated Based (CTB) |
| D3 = 24 cm | ; Batu pecah kelas B (CBR 62%) |
| D4 = 38 cm | ; Selected Item, Sirtu/pitrun kelas C (CBR 10%) |
| Tanah Dasar (CBR 1,97%) | |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VII

ANALISA EKONOMI JALAN RAYA

1.1 Perhitungan Biaya Perkerasan Dengan Menggunakan *Untreated Based*

1.1.1 Perhitungan Biaya Konstruksi

Dari hasil perhitungan sebelumnya, didapatkan hasil perencanaan perkerasan sebagai berikut :

- Lapisan Permukaan (Laston) = 17 cm
- Lapisan Pondasi Atas (Batu pecah kelas A) = 20 cm
- Lapisan Pondasi Bawah (Batu pecah kelas B)= 10 cm
- Lapisan Pondasi Bawah, selected item (Sirtu/Pitrun kelas C) = 33 cm

Perhitungan volume tiap – tiap lapisan perkerasan :

a. Lapisan Permukaan (Laston)

$$\text{Panjang Jalan} = 16,10 \text{ km} = 16100 \text{ m}$$

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

$$\text{Tebal} = 17 \text{ cm} = 0,17 \text{ m}$$

Volume Pekerjaan Laston

$$= P \times L \times T$$

$$= 16100 \times 7 \times 0,17$$

$$= 19159 \text{ m}^3$$

b. Lapisan Pondasi Atas (Batu pecah kelas A)

$$\text{Panjang Jalan} = 16,10 \text{ km} = 16100 \text{ m}$$

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

$$\text{Tebal} = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}$$

Volume Pekerjaan Pondasi Atas

$$= P \times L \times T$$

$$= 16100 \times 7 \times 0,2$$

$$= 22540 \text{ m}$$

- c. Lapisan Pondasi Bawah (Batu pecah kelas B)
- | | |
|--------------------------------|----------------------|
| Panjang Jalan | = 16,10 km = 16100 m |
| Lebar Jalan | = 7 m |
| Tebal | = 10 cm = 0.1 m |
| Volume Pekerjaan Pondasi Bawah | |
| = P x L x T | |
| = 16100 x 7 x 0.1 | |
| = 11270 m ³ | |
- d. Lapisan Pondasi Bawah, selected item (Sirtu/pitrun kelas C)
- | | |
|---|----------------------|
| Panjang Jalan | = 16,10 km = 16100 m |
| Lebar Jalan | = 7 m |
| Tebal | = 33 cm = 0.33 m |
| Volume Pekerjaan Pondasi Bawah, selected item | |
| = P x L x T | |
| = 16100 x 7 x 0.33 | |
| = 37191 m ³ | |
- e. Bahu Jalan
- | | |
|--------------------------------|----------------------|
| Panjang Bahu Jalan | = 16,10 km = 16100 m |
| Lebar Bahu Jalan | = 1,5 m |
| Tebal Bahu Jalan | = 35 cm |
| Volume Pekerjaan Bahu Jalan | |
| = P x L x T x 2 (2 bahu jalan) | |
| = 16100 x 1.5 x 0,35 x 2 | |
| = 16905 m ³ | |

Untuk biaya perkerasan lentur menggunakan Untreated Based, dapat dilihat pada **Tabel 7.1** berikut ini :

Tabel 7.1 Perhitungan Biaya Kontruksi Perkerasan Lentur

No	Uraian Kegiatan	Koef	Sat	Vol	Harga Satuan(Rp)	Harga (Rp)
Pekerjaan Perkerasan Lentur						
1	Kebutuhan Lapisan Aspal	-	m3	19159		
	A. Tenaga Kerja					
	- Mandor	0.0067	jam	-	10,195	68.3065
	- Tukang	0.04	jam	-	8736	349.44
	- Operator Alat Kontsruksi	0.0133	jam	-	12526	166.5958
	- Pembantu Operator	0.0133	jam	-	10405	138.3865
	- Sopir	0.0067	jam	-	12379	82.9393
	- Pembantu Sopir	0.0067	jam	-	10248	68.6616
					Jumlah	874.3297
	B. Bahan					
	- Batu pecah 1/2	0.14	m3	-	235000	32900
	- Batu Pecah 0.5/1	0.17	m3	-	200000	34000
	- Pasir Pasang	0.24	m3	-	190000	45600
	- Filler/ Abu Batu	0.02	m3	-	190000	3800
	- Aspal Ac 60/70	0.9018	kg	-	11413	10292.2434
					Jumlah	126592.2434
	C. Peralatan					
	- AMP	0.05	jam	-	4729009	236450.45
	- Wheel Loader	0.0002	jam	-	374355	74.871
	- Dump Truck 5 ton	0.0209	jam	-	196832	4113.7888
	- Asphalt Finisher	0.0003	jam	-	198723	59.6169
	- Tandem Roller	0.0008	jam	-	179687	143.7496
	- Pneumatic Tire Roller	0.0005	jam	-	393899	196.9495
	- Concrete Mixer	0.0024	jam	-	46702	112.0848
	- Sewa Alat Bantu	1	jam	-	20000	20000
					Jumlah	261151.5106

Tabel 7.1 Lanjutan Perhitungan Biaya Konstruksi

		Jumlah A+B+C			388618.0837
		Total = (volume) x (jumlah A+B+C)			7445533866
2	Agregat Base Course (Agregat kelas A)		m3	22540	
	A. Tenaga Kerja				
	- Mandor	0.0067	jam	-	10,195
	- Tukang	0.04	jam	-	8736
	- Operator Alat Kontsruki	0.0133	jam	-	12526
	- Pembantu Operator	0.0133	jam	-	10405
	- Sopir	0.0067	jam	-	12379
	- Pembantu Sopir	0.0067	jam	-	10248
		Jumlah			874.3297
	B. Bahan				
	- Pasir Pasang	0.24	m3	-	190000
	- Batu Pecah 1/2	0.14	m3	-	235000
	- Batu Pecah 2/3	0.067	m3	-	210000
	- Batu Pecah 0.5/1	0.17	m3	-	200000
		Jumlah			126570
	C. Peralatan				
	- Sewa Wheel Loader	0.0071	jam	-	374355
	- Sewa Dump Truck 5 ton	0.315	jam	-	196832
	- Sewa Motor Grader	0.0032	jam	-	372023
	- Sewa Tandem Roller	0.008	jam	-	179687
	- Sewa Tangki Air	0.0141	jam	-	176063
	- Sewa Alat Bantu	1	ls	-	20000
		Jumlah			89770.4584
		Jumlah A+B+C			217214.7881
		Total = (volume) x (jumlah A+B+C)			4896021324

Tabel 7.1 Lanjutan Perhitungan Biaya Konstruksi

3	Agregat Sub Base Course (Agregat kelas B)		m3	11270		
	A. Tenaga Kerja					
	- Mandor	0.0067	jam	-	10,195	68.3065
	- Tukang	0.04	jam	-	8736	349.44
	- Operator Alat Konstruksi	0.0133	jam	-	12526	166.5958
	- Pembantu Operator	0.0133	jam	-	10405	138.3865
	- Sopir	0.0067	jam	-	12379	82.9393
	- Pembantu Sopir	0.0067	jam	-	10248	68.6616
				Jumlah		874.3297
	B. Bahan					
	- pasir urug	0.735	m3	-	85050	62511.75
	- Agregat 20 - 30	0.2415	m3	-	164757	39788.8155
	- Agregat 5 -10 & 10 - 20	0.0735	m3	-	158872	11677.092
				Jumlah		113977.6575
	C. Peralatan					
	- Sewa Dump Truck 5 ton	0.315	jam	-	196832	62002.08
	- Sewa Motor Grader	0.0032	jam	-	372023	1190.4736
	- Sewa Tangki Air	0.0141	jam	-	176063	2482.4883
	- Sewa Whell Loader	0.0315	jam	-	374355	11792.1825
	- Sewa Alat Bantu	1	jam	-	20000	20000
				Jumlah		97467.2244
				Jumlah A + B + C		212319.2116
				Total = (volume) x (Jumlah A+B+C)		2392837515
4	Agregat Sub Base Course (Selected Item – Sirtu/Pitrun kelas C)		m3	37191		
	A. Tenaga Kerja					

Tabel 7.1 Lanjutan Perhitungan Biaya Konstruksi

	- Mandor	0.0067	jam	-	10,195	68.3065
	- Tukang	0.04	jam	-	8736	349.44
	- Operator Alat Konstruksi	0.0133	jam	-	12526	166.5958
	- Pembantu Operator	0.0133	jam	-	10405	138.3865
	- Sopir	0.0067	jam	-	12379	82.9393
	- Pembantu Sopir	0.0067	jam	-	10248	68.6616
				Jumlah		874.3297
	B. Bahan					
	- Sirtu	0.16	m3	-	84425	13508
	- Batu Pecah 2/3	0.0667	m3	-	210000	14007
	- Pasir	0.675	m3	-	197000	132975
				Jumlah		160490
	C. Peralatan					
	- Sewa Wheel Loader	0.0071	jam	-	374355	2657.9205
	- Sewa Dump Truck 5 ton	0.315	jam	-	196832	62002.08
	- Sewa Motor Grader	0.0032	jam	-	372023	1190.4736
	- Sewa Tandem Roller	0.008	jam	-	179687	1437.496
	- Sewa Tangki Air	0.0141	jam	-	176063	2482.4883
	- Sewa Alat Bantu	1	ls	-	20000	20000
				Jumlah		89770.4584
				Jumlah (A+B+C)		251134.7881
				Total = (volume) x Jumlah A+B+C)		9339953904
5	Bahu Jalan		m3	16905		
	A. Tenaga Kerja					
	- Mandor	0.0595	jam	-	10195	606.6025
	- Tukang	0.0085	jam	-	8736	74.256
				Jumlah		606.6025

Tabel 7.1 Lanjutan Perhitungan Biaya Konstruksi

B. Bahan					
- Agregat Kelas B	1.2586	m3	-	151250	190363.25
	Jumlah				
					190363.25
C. Peralatan					
- Sewa Wheel Loader	0.0086	jam	-	374355	3219.453
- Sewa Dump Truck 5 ton	0.5043	jam	-	196832	99262.3776
- Sewa Motor Grader	0.0094	jam	-	372023	3497.0162
- Sewa Tandem Roller	0.0428	jam	-	179687	7690.6036
- Sewa Tangki Air	0.0141	jam	-	176063	2482.4883
- Sewa Alat Bantu	1	jam	-	2000	2000
	Jumlah				
	Jumlah (A+B+C)				
	Total = (volume) x (Jumlah A+B+C)				
Total Biaya					30432166113

Total Biaya Konstruksi : Rp 30.432.166.113

1.1.2 Perhitungan Biaya Perawatan Untuk Perkerasan Lentur Menggunakan *Untreated Based*

Berikut adalah perhitungan biaya perawatan untuk perkerasan lentur, yaitu :

1. Biaya Pemeliharaan Rutin

Pemeliharaan rutin perkerasan lentur dilakukan setiap tahun. Diasumsikan Ruas Jalan Ketapang – Bts. Kab Pamekasan mengalami kerusakan 5% setiap tahunnya. Sehingga pemeliharaan rutin dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= \text{Bagian yang rusak} \times \text{Volume Keseluruhan} \\
 &= 5\% \times (\text{PxLxT}) \\
 &= 5\% \times 16100 \times 7 \times 0,14
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 788,9 \text{ m}^3 \\
 \text{Biaya} &= \text{Volume} \times \text{Biaya pekerjaan lapisan permukaan} \\
 &= 788,9 \times 388.618,0837 \\
 &= \text{Rp } 306.580.806,00 \\
 \text{Inflasi} &= 4,8\% \\
 \text{Dimana :} \\
 P &= \text{Rp } 306.580.806,00 \\
 \text{Contoh perhitungan :} \\
 \text{FW 2015} &= P (1+i)^n \\
 &= \text{Rp } 306.580.806,00 (1+0,048)^{2015 - 2014} \\
 &= \text{Rp } 321.296.684,00
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan FW tahun berikutnya dapat dilihat pada **Tabel 7.2** berikut ini :

Tabel 7.2 Perhitungan FW Biaya Pemeliharaan Rutin Pertahun untuk Perkerasan Lentur Menggunakan Untreated Based

Tahun	P	$(1+i)^n$	FW
2015	IDR306,580,806	1.048	IDR321,296,685
2016	IDR306,580,806	1.098304	IDR336,718,926
2017	IDR306,580,806	1.151022592	IDR352,881,434
2018	IDR306,580,806	1.206271676	IDR369,819,743
2019	IDR306,580,806	1.264172717	IDR387,571,090
2020	IDR306,580,806	1.324853007	IDR406,174,503
2021	IDR306,580,806	1.388445952	IDR425,670,879
2022	IDR306,580,806	1.455091357	IDR446,103,081
2023	IDR306,580,806	1.524935742	IDR467,516,029
2024	IDR306,580,806	1.598132658	IDR489,956,798

Suku Bunga Bank Indonesia = 7,5%

(Sumber : www.bi.go.id)

Setelah mendapatkan harga FW, kemudian dikonversikan menjadi P dengan metode Present Worth

Dimana :

$$FW_{2015} = Rp\ 321.296.684,00$$

Contoh Perhitungan :

$$\begin{aligned}P_{2015} &= FW \left(\frac{1}{1+i}\right)^n \\&= 321.296.684,00 \left(\frac{1}{1+0,075}\right)^{2015-2014} \\&= Rp\ 298.880.636\end{aligned}$$

Tabel 7.3 Perhitungan P Biaya Perawatan Rutin Pertahun

Tahun	FW	(P/F,I,n)	P
2015	IDR321,296,684	0.930232558	IDR298,880,636
2016	IDR336,718,926	0.865332612	IDR291,373,867
2017	IDR352,881,434	0.80496057	IDR284,055,640
2018	IDR369,819,743	0.74880053	IDR276,921,219
2019	IDR387,571,090	0.696558632	IDR269,965,989
2020	IDR406,174,503	0.647961518	IDR263,185,448
2021	IDR425,670,879	0.602754901	IDR256,575,208
2022	IDR446,103,081	0.560702233	IDR250,130,994
2023	IDR467,516,029	0.521583473	IDR243,848,634
2024	IDR489,956,798	0.485193928	IDR237,724,064
2025	IDR513,474,725	0.451343189	IDR231,753,320
Jumlah			IDR2,904,415,019

Total Biaya Perawatan Perkerasan Lentur

= Biaya Perawatan Rutin

= Rp 2.904.415.019

1.2 Perhitungan Biaya Perkerasan Lentur Menggunakan Cement Treated Based

1.2.1 Perhitungan Biaya Konstruksi

Dari hasil perhitungan sebelumnya, didapatkan hasil perencanaan perkerasan sebagai berikut :

- Lapisan Permukaan (Laston) = 11 cm
- Lapisan Pondasi Atas (Cement Treated Base) = 7 cm
- Lapisan Pondasi Bawah (Batu pecah kelas B)= 24 cm
- Lapisan Pondasi Bawah, selected item (Sirtu/Pitrun kelas C) = 38 cm

Perhitungan volume tiap – tiap lapisan perkerasan :

a. Lapisan Permukaan (Laston)

Panjang Jalan = 16,10 km = 16100 m

Lebar Jalan = 7m

Tebal = 11 cm = 0,11 m

Volume Pekerjaan Laston

= $P \times L \times T$

= $16100 \times 7 \times 0,11$

= 12397 m³

b. Lapisan Pondasi Atas (Cement Treated Based)

Panjang Jalan = 16,10 km = 16100 m

Lebar Jalan = 7 m

Tebal = 8cm = 0.08 m

Volume Pekerjaan Pondasi Atas

= $P \times L \times T$

= $16100 \times 7 \times 0,08$

= 9016 m

c. Lapisan Pondasi Bawah (Batu pecah kelas B)

Panjang Jalan = 16,10 km = 16100 m

Lebar Jalan = 7 m

Tebal = 24 cm = 0.24 m

Volume Pekerjaan Pondasi Bawah

= $P \times L \times T$

$$= 16100 \times 7 \times 0.1 \\ = 27048 \text{ m}^3$$

- d. Lapisan Pondasi Bawah, selected item (Sirtu/pitrun kelas C)

$$\text{Panjang Jalan} = 16,10 \text{ km} = 16100 \text{ m}$$

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

$$\text{Tebal} = 33 \text{ cm} = 0.38 \text{ m}$$

Volume Pekerjaan Pondasi Bawah, selected item

$$= P \times L \times T$$

$$= 16100 \times 7 \times 0.38$$

$$= 42826 \text{ m}^3$$

- e. Bahu Jalan

$$\text{Panjang Bahu Jalan} = 16,10 \text{ km} = 16100 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Bahu Jalan} = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Tebal Bahu Jalan} = 35 \text{ cm}$$

Volume Pekerjaan Bahu Jalan

$$= P \times L \times T \times 2 \text{ (2 bahu jalan)}$$

$$= 16100 \times 1.5 \times 0.35 \times 2$$

$$= 16905 \text{ m}^3$$

Untuk biaya perkerasan lentur menggunakan Cement Treated Based dapat dilihat pada **Tabel 7.4** berikut ini :

Tabel 7.4 Perhitungan Biaya Konstruksi Perkerasan

No	Uraian Kegiatan	Koef	Satuan	Volume	Harga Satuan(Rp)	Harga (Rp)
Pekerjaan Perkerasan Lentur						
1	Kebutuhan Lapisan Aspal	-	m3	12397		
	A. Tenaga Kerja					
	- Mandor	0.0067	jam	-	10,195	68.3065
	- Tukang	0.04	jam	-	8736	349.44
	- Operator Alat Kontsruki	0.0133	jam	-	12526	166.5958
	- Pembantu Operator	0.0133	jam	-	10405	138.3865
	- Sopir	0.0067	jam	-	12379	82.9393
	- Pembantu Sopir	0.0067	jam	-	10248	68.6616
				Jumlah		874.3297
	B. Bahan					
	- Batu pecah 1/2	0.14	m3	-	235000	32900
	- Batu Pecah 0.5/1	0.17	m3	-	200000	34000
	- Pasir Pasang	0.24	m3	-	190000	45600
	- Filler/ Abu Batu	0.02	m3	-	190000	3800
	- Aspal Ac 60/70	0.9018	kg	-	11413	10292.2434
				Jumlah		126592.2434
	C. Peralatan					
	- AMP	0.05	jam	-	4729009	236450.45
	- Wheel Loader	0.0002	jam	-	374355	74.871
	- Dump Truck 5 ton	0.0209	jam	-	196832	4113.7888
	- Asphalt Finisher	0.0003	jam	-	198723	59.6169
	- Tandem Roller	0.0008	jam	-	179687	143.7496
	- Pneumatic Tire Roller	0.0005	jam	-	393899	196.9495
	- Concrete Mixer	0.0024	jam	-	46702	112.0848
	- Sewa Alat Bantu	1	jam	-	20000	20000

Tabel 7.4 Lanjutan Perhitungan Biaya Konstruksi

				Jumlah		261151.5106
				Jumlah A+B+c		388618.0837
		Total = (volume) x (jumlah A+B+C)				4817698384
2	Agregat Base Course		m3	27048		
	A. Tenaga Kerja					
	- Mandor	0.0067	jam	-	10,195	68.3065
	- Tukang	0.04	jam	-	8736	349.44
	- Operator Alat Kontsruki	0.0133	jam	-	12526	166.5958
	- Pembantu Operator	0.0133	jam	-	10405	138.3865
	- Sopir	0.0067	jam	-	12379	82.9393
	- Pembantu Sopir	0.0067	jam	-	10248	68.6616
				Jumlah		874.3297
	B. Bahan					
	- Agr 20 - 30 mm	0.21	m3	-	164757	34598.97
	- Agr 5 - 10 & 10 -20 mm	0.3675	m3	-	158872	58385.46
	- Agr 0 - 5 mm	0.4725	m3	-	152987	72286.3575
	- Abu Batu	0.0824	m3	-	190000	15656
	- Semen	110.4	kg	-	1350	180926.7875
				Jumlah		361853.575
	C. Peralatan					
	- Sewa Wheel Loader	0.2179	jam	-	374355	81571.9545
	- CTB Plant	0.0288	jam	-	739690	21303.072
	- Genset	0.0288	jam	-	319024	9187.8912
	- Sewa Dump Truck	0.9036	jam	-	131410	118742.076
	- Sewa Finishermultifunction	0.0032	jam	-	350000	1120
	- Sewa Tandem Roller	0.0081	jam	-	173424	1404.7344
	- Sewa P.Tyre Roller	0.0036	jam		175485	631.746
	- Alat Bantu	1	ls		20000	20000

Tabel 7.4 Lanjutan Perhitungan Biaya Konstruksi

			Jumlah			253961.4741
			Jumlah A+B+C			616689.3788
			Total = (volume) x (jumlah A+B+C)			16680214318
3	Agregat Sub Base Course		m3	27048		
	A. Tenaga Kerja					
	- Mandor	0.0067	jam	-	10,195	68.3065
	- Tukang	0.04	jam	-	8736	349.44
	- Operator Alat Kontsruksi	0.0133	jam	-	12526	166.5958
	- Pembantu Operator	0.0133	jam	-	10405	138.3865
	- Sopir	0.0067	jam	-	12379	82.9393
	- Pembantu Sopir	0.0067	jam	-	10248	68.6616
			Jumlah			874.3297
	B. Bahan					
	- pasir urug	0.735	m3	-	85050	62511.75
	- Agregat 20 - 30	0.2415	m3	-	164757	39788.8155
	- Agregat 5 -10 & 10 - 20	0.0735	m3	-	158872	11677.092
			Jumlah			113977.6575
	C. Peralatan					
	- Sewa Dump Truck 5 ton	0.315	jam	-	196832	62002.08
	- Sewa Motor Grader	0.0032	jam	-	372023	1190.4736
	- Sewa Tangki Air	0.0141	jam	-	176063	2482.4883
	- Sewa Whell Loader	0.0315	jam	-	374355	11792.1825
	- Sewa Alat Bantu	1	jam	-	20000	20000
			Jumlah			97467.2244
			Jumlah A + B + C			212319.2116
			Total = (volume) x (Jumlah A+B+C)			5742810035

Tabel 7.4 Lanjutan Perhitungan Biaya Konstruksi

4	Aggregat Sub Base Course		m3	42826		
	A. Tenaga Kerja					
	- Mandor	0.0067	jam	-	10,195	68.3065
	- Tukang	0.04	jam	-	8736	349.44
	- Operator Alat Konstruksi	0.0133	jam	-	12526	166.5958
	- Pembantu Operator	0.0133	jam	-	10405	138.3865
	- Sopir	0.0067	jam	-	12379	82.9393
	- Pembantu Sopir	0.0067	jam	-	10248	68.6616
				Jumlah		874.3297
	B. Bahan					
	- Sirtu	0.16	m3	-	84425	13508
	- Batu Pecah 2/3	0.0667	m3	-	210000	14007
	- Pasir	0.675	m3	-	197000	132975
				Jumlah		160490
	C. Peralatan					
	- Sewa Wheel Loader	0.0071	jam	-	374355	2657.9205
	- Sewa Dump Truck 5 ton	0.315	jam	-	196832	62002.08
	- Sewa Motor Grader	0.0032	jam	-	372023	1190.4736
	- Sewa Tandem Roller	0.008	jam	-	179687	1437.496
	- Sewa Tangki Air	0.0141	jam	-	176063	2482.4883
	- Sewa Alat Bantu	1	ls	-	20000	20000
				Jumlah		89770.4584
				Jumlah (A+B+C)		251134.7881
				Total = (volume) x (Jumlah A+B+C)		10755098435

Tabel 7.4 Lanjutan Perhitungan Biaya Konstruksi

5	Bahan Jalan		m3	16905		
	A. Tenaga Kerja					
	- Mandor	0.0595	jam	-	10195	606.6025
	- Tukang	0.0085	jam	-	8736	74.256
	Jumlah					
						680.8585
	B. Bahan					
	- Agregat Kelas B	1.2586	m3	-	151250	190363.25
	Jumlah					
						190363.25
	C. Peralatan					
	- Sewa Wheel Loader	0.0086	jam	-	374355	3219.453
	- Sewa Dump Truck 5 ton	0.5043	jam	-	196832	99262.3776
	- Sewa Motor Grader	0.0094	jam	-	372023	3497.0162
	- Sewa Tandem Roller	0.0428	jam	-	179687	7690.6036
	- Sewa Tangki Air	0.0141	jam	-	176063	2482.4883
	- Sewa Alat Bantu	1	jam	-	2000	2000
	Jumlah					
						118151.9387
	Jumlah (A+B+C)					
						309196.0472
	Total = (volume) x (Jumlah A+B+C)					
	Total Biaya					
						43,222,780,350

Total Biaya Konstruksi : Rp 43.222.780.350

1.2.2 Perhitungan Biaya Perawatan Untuk Perkerasan Lentur Menggunakan Cement Treated Based

Berikut adalah perhitungan biaya perawatan perkerasan lentur yang menggunakan Cement Treated Based :

1. Biaya Pemeliharaan Rutin

Pemeliharaan rutin perkerasan ini dilakukan setiap tahun. Diasumsikan pada Ruas Jalan Ketapang – Bts Kab. Pamekasan ini mengalami kerusakan sebesar 5% setiap tahunnya, sehingga pemeliharaan rutin dapat dihitung dengan cara berikut ini :

$$\text{Volume} = \text{Bagian yang rusak} \times \text{Volume keseluruhan}$$

$$= 5\% \times (P \times L \times T)$$

$$= 5\% \times (16.1 \times 7 \times 0.11)$$

$$= 619,85 \text{ m}^3$$

$$\text{Biaya} = \text{Volume} \times \text{Biaya pekerjaan lapisan permukaan}$$

$$= 619,85 \text{ m}^3 \times 388.618,0837$$

$$= \text{Rp } 240.884.919,00$$

$$\text{Inflasi} = 4,8\%$$

Dimana :

$$P = \text{Rp } 240.884.919,00$$

Contoh Perhitungan :

$$FW_{2015} = P (1+i)^n$$

$$= \text{Rp } 240.884.919,00 (1 + 0,048)^{2015-2014}$$

$$= \text{Rp } 252.447.395,00$$

Untuk perhitungan FW tahun berikutnya dapat dilihat pada **Tabel 7.5** berikut ini :

Tabel 7.5 Perhitungan FW Biaya Pemeliharaan Rutin Pertaun untuk Perkerasan Lentur Menggunakan Cement Treated Based

Tahun	P	(1+i) ⁿ	FW
2015	IDR240,884,919	1.048	IDR252,447,395
2016	IDR240,884,919	1.098304	IDR264,564,870
2017	IDR240,884,919	1.151022592	IDR277,263,984
2018	IDR240,884,919	1.206271676	IDR290,572,655
2019	IDR240,884,919	1.264172717	IDR304,520,143
2020	IDR240,884,919	1.324853007	IDR319,137,109
2021	IDR240,884,919	1.388445952	IDR334,455,691
2022	IDR240,884,919	1.455091357	IDR350,509,564
2023	IDR240,884,919	1.524935742	IDR367,334,023
2024	IDR240,884,919	1.598132658	IDR384,966,056

Suku Bungan Bank Indonesia = 7,5%

(Sumber : www.bi.go.id)

Setelah mendapatkan harga FW, kemudian dikonversikan menjadi P dengan metode Present Worth

Dimana :

$$FW_{2015} = Rp\ 321.296.684,00$$

Contoh Perhitungan :

$$\begin{aligned} P_{2015} &= FW \left(\frac{1}{1+i}\right)^n \\ &= 252.447.395,00 \left(\frac{1}{1+0,075}\right)^{2015-2014} \\ &= Rp\ 234.834.786 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan P ditahun berikutnya dapat dilihat pada **Tabel 7.6** berikut ini :

Tabel 7.6 Perhitungan P Biaya Perawatan Rutin Pertahun

Tahun	FW	(P/F,I,n)	P
2015	IDR252,447,395	0.930232558	IDR234,834,786
2016	IDR264,564,870	0.865332612	IDR228,936,610
2017	IDR277,263,984	0.80496057	IDR223,186,574
2018	IDR290,572,655	0.74880053	IDR217,580,958
2019	IDR304,520,143	0.696558632	IDR212,116,134
2020	IDR319,137,109	0.647961518	IDR206,788,566
2021	IDR334,455,691	0.602754901	IDR201,594,807
2022	IDR350,509,564	0.560702233	IDR196,531,495
2023	IDR367,334,023	0.521583473	IDR191,595,355
2024	IDR384,966,056	0.485193928	IDR186,783,193
2025	IDR403,444,427	0.451343189	IDR182,091,894
Jumlah			IDR2,282,040,373

Total Biaya Perawatan Menggunakan Cement Treated Based

= Biaya Perawatan Rutin

= Rp 2.282.040.373

1.3 Perhitungan *User Cost*

1.3.1 *User Cost* Perkerasan Lentur Menggunakan *Untreated Based*

Pada perhitungan BOK ini, metode yang digunakan adalah dengan cara metode ND Lea. Pada perhitungan BOK ini digunakan komponen biaya – biaya dasar tahun 1975. Setelah itu biaya dasar tersebut dikonversikan lagi sesuai IHK yang berlaku dan dikalikan dengan indeks jenis permukaan setiap jenis kendaraan. Kemudian ditambahkan dengan faktor tambahan terhadap gradient (Auto :1%, Bus 3%, Truk :6%)

Sepeda motor tidak dibahas secara khusus, akan tetapi sepeda motor dijadikan sebagai biaya tambahan terhadap Auto. Diasumsikan selama 3 tahun setelah pembangunan maupun setelah dilakukan overlay jalan dikatakan dalam kondisi

goodsedangkan pada tahun – tahun lainnya jalan dikatakan dalam kondisi fair.

a) User Cost Auto

- Biaya Dasar 2014
= Biaya dasar *fuel* 1975 x IHK 2014
= 3944 x 111,35
= Rp 439.164,4
- BOK 2014
= Biaya Dasar 2014 x indeks jenis permukaan
= 439.164,4 x 90%
= Rp 395.247,96

Tabel 7.7 Perhitungan Biaya BOK Auto

Komponen	Biaya 1975	IHK 2014	Biaya 2014	Indeks Jenis Permukaan	Bok 2014/1000 km
a	b	c	d = b x c	e	f = d x e
Fuel	3944	111.35	439164.4	0.9	395247.96
Oil	350	111.35	38972.5	1	38972.5
Tyres	738	111.35	82176.3	1	82176.3
Maintenance	3714	111.35	413553.9	1	413553.9
Deprec	4995	111.35	556193.25	1.05	584002.9125
Interest	3746	111.35	417117.1	1.05	437972.955
Fixed Cost	9654	111.35	1074972.9	1.05	1128721.545
Ops Time	1411	111.35	157114.8	1.05	164970.5925
				Jumlah	3245618.665

- BOK Auto 2014
 $= \Sigma BOK 2014 + Faktor Tambahan$
 $= 3245618,655 + (3245618,655 \times 1\%)$
 $= Rp 3.278.074,852/1000 km$
- Faktor Penyesuaian MC terhadap Auto
 $= 18\% \times (LHR MC / LHR Auto)$
 $= 18\% \times (15939 / 20838)$
 $= 0,13768$
- Total BOK Auto 2014
 $= BOK Auto + (FP \times BOK Auto)$
 $= 3.278.074,852 + (3.278.074,852 \times 0,13768)$
 $= 3.729.407,144/1000 km$
 $= 3.729,4/km$
- User Cost Auto 2014
 $= Total BOK \times LHR Auto \times Panjang Jalan \times 365 hari$
 $= 3.729,4 \times 20838 \times 16,1 \times 365$
 $= Rp 456.682.713.238$

b) User Cost Bus

- Biaya Dasar 2014
 $= Biaya dasar fuel 1975 \times IHK 2014$
 $= 5278 \times 111,35$
 $= Rp 587.705,3$
- BOK 2014
 $= Biaya dasar 2014 \times Indeks jenis permukaan$
 $= 587.705,3 \times 100\%$
 $= Rp 587.705,3$

Tabel 7.8 Perhitungan BOK Bus

Komponen	Biaya 1975	IHK 2014	Biaya 2014	Indeks Jenis Permukaan	BOK 2014/1000 km
a	b	c	d = b x c	e	f = d x e
Fuel	5278	111.35	587705.3	0.9	528934.77
Oil	1090	111.35	121371.5	1	121371.5
Tyres	1591	111.35	177157.85	1	177157.85
Maintenance	3612	111.35	402196.2	1	402196.2
Deprec	6306	111.35	702173.1	1.05	737281.755
Interest	4256	111.35	473905.6	1.05	497600.88
Fixed Cost	6381	111.35	710524.35	1.05	746050.5675
Ops Time	5804	111.35	646275.4	1.05	678589.17
				Jumlah	3889182.693

- BOK Bus 2014

$$= \Sigma BOK\ 2014 + \text{Faktor tambahan}$$

$$= 3.889.182 + (3.889.182 \times 3\%)$$

$$= \text{Rp } 4.005.858,173/1000\ \text{km}$$
 - User Cost Bus 2014

$$= \text{Total BOK Bus} \times \text{LHR} \times \text{Panjang Jalan} \times 365\ \text{hari}$$

$$= 4.005.858,173/1000\ \text{km} \times 81 \times 16.1 \times 365\ \text{hari}$$

$$= \text{Rp } 1.906.774.470$$
- c) User Cost Truk
- Dasar Biaya 2014

$$= \text{Biaya dasar fuel 1975} \times \text{IHK 2014}$$

$$= 5481 \times 111,35$$

$$= \text{RP } 610.309,35$$
 - BOK 2014

$$\begin{aligned}
 &= \text{Biaya Dasar 2014} \times \text{Indeks jenis permukaan} \\
 &= 610.309,35 \times 100\% \\
 &= \text{Rp } 610.309,35
 \end{aligned}$$

Tabel 7.9 Perhitungan BOK Truck

Komponen	Biaya 1975	IHK 2014	Biaya 2014	Indeks Jenis Permukaan	Bok 2014/1000 km
a	b	c	d = b x c	e	f = d x e
Fuel	5481	111.35	610309.35	0.9	549278.415
Oil	1080	111.35	120258	1	120258
Tyres	2193	111.35	244190.55	1	244190.55
Maintenance	8331	111.35	927656.85	1	927656.85
Deprec	8324	111.35	926877.4	1.05	973221.27
Interest	4371	111.35	486710.85	1.05	511046.3925

Tabel 7.9 Perhitungan BOK Truck (Lanjutan)

Komponen	Biaya 1975	IHK 2014	Biaya 2014	Indeks Jenis Permukaan	Bok 2014/1000 km
Fixed Cost	10542	111.35	1173851.7	1.05	1232544.285
Ops Time	5000	111.35	556750	1.05	584587.5
			Jumlah	5142783.263	

- BOK Truck 2014

$$\begin{aligned}
 &= \Sigma \text{BOK 2014} + \text{Faktor tambahan} \\
 &= 5.142.783,263 + (5.142.783,263 \times 6\%) \\
 &= \text{Rp } 5.451.350.258/1000 \text{ km}
 \end{aligned}$$

- User Cost Truck 2014
 $= \text{Total BOK Truck} \times \text{LHR} \times \text{Panjang Jalan} \times 365 \text{ hari}$
 $= 5451350.258/1000 \text{ km} \times 508 \times 16,1 \times 365$
 $= 16.273.708.775$

- d) Total User Cost
 $= \text{User Cost Auto} + \text{User Cost Bus} + \text{User Cost Truck}$
 $= 456.682.713.238 + 1.906.774.470 + 16.273.708.775$
 $= \text{Rp } 474.863.196.482$

Nilai User Cost selama usia rencana harus dikonversikan lagi terhadap nilai saat ini dengan menggunakan metode *present worth*.

- $\text{User Cost}_{2014} = \text{Rp } 474.863.196.482$
 $P = \text{User Cost}_{2014} \left(\frac{1}{1+i} \right)^{2014-2014} \rightarrow i = 7.5\%$
 $= \text{Rp } 474.863.196.482 \left(\frac{1}{1+0,075} \right)^0$
 $= \text{Rp } 474.863.196.482$

Untuk perhitungan P *user cost* perkerasan lentur tahun berikutnya dapat dilihat pada **Tabel 7. 10** berikut ini :

Tabel 7.10 User Cost Perkerasan Lentur Menggunakan Untreated Based

Tahun	LHR Auto	LHR Bus	LHR Truk	User Cost Auto	User Cost Bus	User Cost Truck	User Cost	i=7.5%	P
2014	20838	81	508	456682713238	1906774470	16273708774	IDR474,863,196,481.66	1.00	IDR474,863,196,481.66
2015	22395	82	548	490814612868	1926082508	17547354042	IDR510,288,049,418	0.93	IDR474,686,557,598.13
2016	23953	83	588	524942060536	1947506740	18824873872	IDR545,714,441,147	0.87	IDR472,224,502,885.59
2017	25510	84	628	694441539783	2525490912	24149492392	IDR721,116,523,087	0.80	IDR580,470,367,107.23
2018	27067	85	667	736832542975	2552971156	25684207903	IDR765,069,722,034	0.75	IDR572,884,613,174.94
2019	28624	85	707	779223546168	2580451399	27218923413	IDR809,022,920,981	0.70	IDR563,531,899,378.17
2020	30181	86	747	821614549361	2607931643	28753638923	IDR852,976,119,927	0.65	IDR552,695,701,882.64
2021	31739	87	787	864005552554	2635411886	30288354433	IDR896,929,318,874	0.60	IDR540,628,542,710.23
2022	33296	88	827	906396555747	2662892130	31823069944	IDR940,882,517,820	0.56	IDR527,554,929,102.73
2023	34853	89	867	948787558940	2690372373	33357785454	IDR984,835,716,767	0.52	IDR513,674,033,411.05
2024	36410	90	907	991178562133	2717852617	34892500964	IDR1,028,788,915,714	0.49	IDR499,162,135,408.14
							IDR8,530,487,442,251		IDR5,772,376,479,140

1.3.2 User Cost Perkerasan Lentur Menggunakan Cement Treated Based

Pada perhitungan user cost ini tidak mengalami perbedaan pada perhitungan sebelumnya, akan tetapi pada perhitungan user cost perkerasan ini pada tahun 5 tahun pertama jalan dianggap dalam kondisi good sedangkan pada sisa umur rencana kondisi jalan dianggap pada kondisi fair.

Untuk nilai user cost perkerasan lentur menggunakan cement treated based selama tahun rencana dapat dilihat pada **Tabel 7. 11**berikut ini :

Tabel 7.11 User Cost perkerasan Lentur Menggunakan *Cement Treated Based*

Tahun	LHR Auto	LHR Bus	LHR Truk	User Cost Auto	User Cost Bus	User Cost Truck	User Cost	i=7.5%	P
2014	20838	81	508	456682713238	1906774470	16273708774	IDR474,863,196,482	1.00	IDR474,863,196,482
2015	22395	82	548	490814612868	1926082508	17547354042	IDR510,288,049,418	0.93	IDR474,686,557,598
2016	23953	83	588	524942060536	1947506740	18824873872	IDR545,714,441,147	0.87	IDR472,224,502,886
2017	25510	84	628	559069508204	1968930971	20102393701	IDR581,140,832,876	0.80	IDR467,795,455,797
2018	27067	85	667	593196955872	1990355203	21379913531	IDR616,567,224,606	0.75	IDR461,685,864,427
2019	28624	85	707	779223546168	2580451399	27218923413	IDR809,022,920,981	0.70	IDR563,531,899,378
2020	30181	86	747	821614549361	2607931643	28753638923	IDR852,976,119,927	0.65	IDR552,695,701,883
2021	31739	87	787	864005552554	2635411886	30288354433	IDR896,929,318,874	0.60	IDR540,628,542,710
2022	33296	88	827	906396555747	2662892130	31823069944	IDR940,882,517,820	0.56	IDR527,554,929,103
2023	34853	89	867	948787558940	2690372373	33357785454	IDR984,835,716,767	0.52	IDR513,674,033,411
2024	36410	90	907	991178562133	2717852617	34892500964	IDR1,028,788,915,714	0.49	IDR499,162,135,408
							IDR8,242,009,254,612		IDR5,548,502,819,083

1.3.3 *User Cost Eksisting*

Perhitungan user cost eksisting tidak berbeda dengan perhitungan user cost perkerasan sebelumnya, akan tetapi pada perhitungan user cost eksisting selama 10 tahun kondisi jalan dianggap dalam kondisi poor karena pada jalan tersebut tidak mengalami perbaikan sama sekali.

Untuk nilai user cost eksisting selama tahun rencana dapat dilihat pada **Tabel 7.12**berikut ini :

Tabel 7.12User Cost eksisting

Tahun	LHR Auto	LHR Bus	LHR Truck	User Cost Auto	User Cost Bus	User Cost Truck	User Cost	i=7.5%	P
2014	20838	81	508	737657973819	3338867313	25132365873	IDR766,129,207,006	1.00	IDR766,129,207,006
2015	22395	82	548	792781887554	3376424007	27105778469	IDR823,264,090,030	0.93	IDR765,827,060,493
2016	23953	83	588	847905801289	3413980700	29079191065	IDR880,398,973,054	0.87	IDR761,837,943,151
2017	25510	84	628	903029715024	3451537394	31052603661	IDR937,533,856,079	0.80	IDR754,677,786,723
2018	27067	85	667	958153628759	3489094087	33026016257	IDR994,668,739,103	0.75	IDR744,808,478,792
2019	28624	85	707	1013277542494	3526650780	34999428853	IDR1,051,803,622,127	0.70	IDR732,642,892,530
2020	30181	86	747	1068401456228	3564207474	36972841449	IDR1,108,938,505,151	0.65	IDR718,549,477,682
2021	31739	87	787	1123525369963	3601764167	38946254045	IDR1,166,073,388,175	0.60	IDR702,856,449,529
2022	33296	88	827	1178649283698	3639320861	40919666640	IDR1,223,208,271,199	0.56	IDR685,855,609,567
2023	34853	89	867	1233773197433	3676877554	42893079236	IDR1,280,343,154,223	0.52	IDR667,805,828,914
2024	36410	90	907	1288897111168	3714434248	44866491832	IDR1,337,478,037,248	0.49	IDR648,936,222,909
							IDR11,569,839,843,395		IDR7,949,926,957,297

1.4 Evaluasi Ekonomi

Evaluasi Ekonomi pada Ruas Jalan Ketapang – Bts. Kabupaten Pamekasan ini menggunakan metode perbandingan manfaat biaya atau Benefit Cost Ratio (BCR). Berikut ini adalah perhitungan lebih jelasnya :

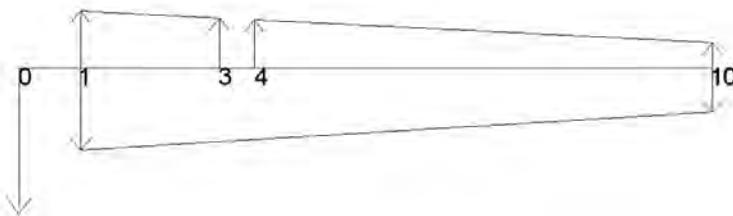
a. Perkerasan Lentur Menggunakan Untreated Based

- Initial Cost = Rp 30.432.166.113
- Operational Cost = Rp 2.904.415.019
- Total Cost = Rp 33.336.581.132
- User Cost = Rp 5.772.376.479,140
- User Cost Existing = Rp 7.949.926.957,297
- Benefit
= User Cost Existing – User Cost
= Rp 7.949.926.957,297 - Rp 5.772.376.479,140
= Rp 2.177.550.478.157

$$\frac{\text{Benefit}}{\text{Cost}} = \frac{\text{Rp } 2.177.550.478.157}{\text{Rp } 33.336.581.132}$$

$$= 65,32 > 1$$

Ilustrasi cashflow jalan dengan perkerasan lentur yang menggunakan Untreated Based dengan user cost dapat dilihat dibawah ini:



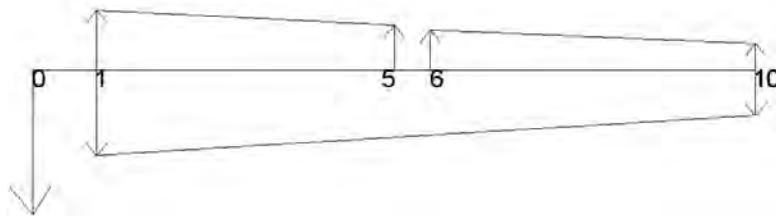
b. Perkerasan Lentur Menggunakan Cement Treated Based

- Initial Cost = Rp 43.222.780.350
- Operational Cost = Rp 2.282.040.373
- Total Cost = Rp 45.504.820.723
- User Cost = Rp 5.548.502.819.083
- User Cost Existing = Rp 7.949.926.957.297
- Benefit
= User Cost Existing – User Cost
= Rp 7.949.926.957.297 - Rp 5.548.502.819.083
= Rp 2.401.424.138.214

$$\frac{\text{Benefit}}{\text{Cost}} = \frac{\text{Rp } 2.401.424.138.214}{\text{Rp } 45.504.820.723}$$

$$= 47,85 > 1$$

Ilustrasi cashflow jalan dengan perkerasan lentur yang menggunakan Untreated Based dengan user cost dapat dilihat dibawah ini:



Dari hasil perbandingan analisis ekonomi didapatkan B/C perkerasan lentur yang menggunakan Untreated Based sebesar 65,32 lebih tinggi dari B/C perkerasan lentur yang menggunakan Cement Treated Based yang hanya sebesar 47,85.

Maka dipilih alternatif menggunakan Untreated Based karena lebih menguntungkan dari segi ekonomi jalan raya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VIII

PENUTUP

2.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan tebal perkerasan pada Ruas Jalan Ketapang – Bts. Kabupaten Pamekasan dengan panjang 16,1 km yang terletak di wilayah Utara pulau Madura, didapatkan hasil dan kesimpulan sebagai berikut :

1. Tebal Konstruksi perkerasan lentur yang menggunakan Untreated Based dengan metode Bina Marga, didapatkan tebal masing – masing lapisan :
 - a. *Surface Course* (Laston) : 17 cm
 - b. *Base Course* (Batu Pecah Kelas A) : 20 cm
 - c. *Sub Base Course* (Sirtu Kelas B) : 10 cm
 - d. *Sub Base Course* dengan Selected Material : 33 cm
2. Tebal Konstruksi perkerasan lentur yang menggunakan Cement Treated Based dengan metode AASHTO, didapatkan tebal masing – masing lapisan :
 - a. *Surface Course* (Laston) : 11 cm
 - b. *Base Course* (Cement Treated Based) : 8 cm
 - c. *Sub Base Course* (Sirtu Kelas B) : 27 cm
 - d. *Sub Base Course* dengan Selected Material : 38 cm
3. Dari Hasil analisi dan evaluasi ekonomi diperoleh hasil :
 - a. Perkerasan Lentur menggunakan Untreated Based
 - *Intital Cost* : Rp 30.432.166.113
 - *Operational Cost* : Rp 2.904.415.019
 - *Total Cost* : Rp 33.336.581.132
 - *User Cost* : Rp 5.772.376.479,140
 - b. Perkerasan Lentur menggunakan Cement Treated Based

- *Initial Cost* : Rp 43.222.780.350
 - *Operational Cost* : Rp 2.282.040.373
 - *Total Cost* : Rp 45.504.820.723
 - *User Cost* : Rp 5.548.502.819,083
- c. Dari hasil perbandingan ekonomi dan evaluasi ekonomi, didapatkan hasil :
- Perhitungan B/C masing – masing alternatif
 - Alternatif A = $65,32 > 1$
 - Alternatif B = $47,85 > 1$

Maka dari perbandingan tersebut dipilih Alternatif A karena nilai B/C-nya lebih besar dari Akternatif B.

Dengan demikian, dipilih perkerasan lentur menggunakan “Untreated Based” pada Ruas Jalan Ketapang – Bts. Kabupaten Pamekasan dengan alasan lebih menguntungkan dari segi ekonomi jalan raya.

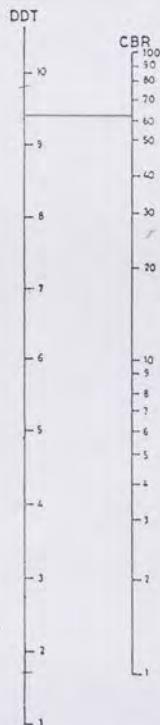
2.2 Saran

Setelah dilakukan analisis pada hasil dan kesimpulan yang didapatkan, maka saran yang diberikan adalah sebagai berikut :

Dari hasil perhitungan ekonomi jalan raya, konstruksi perkerasan yang menggunakan “Untreated Based” lebih menguntungkan untuk proyek pada Ruas Jalan Ketapang – Bts. Kabupaten Pamekasan. Karena itu, penulis mengusulkan pada Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Jawa Timur untuk menggunakan konstruksi perkerasan lentur yang menggunakan “Untreated Based” untuk proyek ini

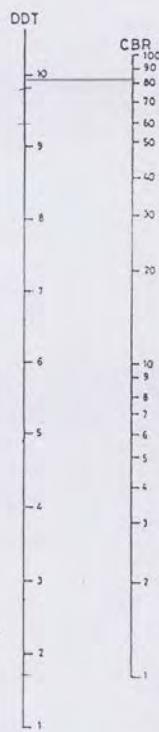
LAMPIRAN 1

KORELASI DDT



Gambar 1
KORELASI DDT DAN CBR

Catatan : Hubungan nilai CBR dengan garis mendatar kesebelah kiri diperoleh nilai DDT.
13 a.



Gambar 1
KORELASI DDT DAN CBR

Catatan : Hubungan nilai CBR dengan garis mendatar kesebelah kiri diperoleh nilai DDT.

17 a.

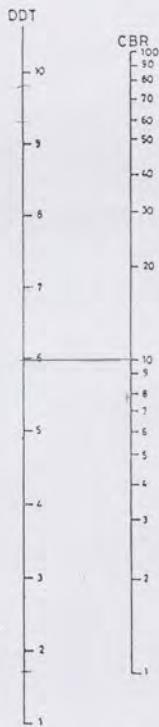
Lampiran 1B Korelasi DDT dan CBR Agregat A



Gambar 1
KORELASI DDT DAN CBR

Catatan : Hubungan nilai CBR dengan garis mendatar kesebelah kiri diperoleh nilai DDT.
13 a.

Lampiran 1C Korelasi DDT dan CBR Tanah Dasar



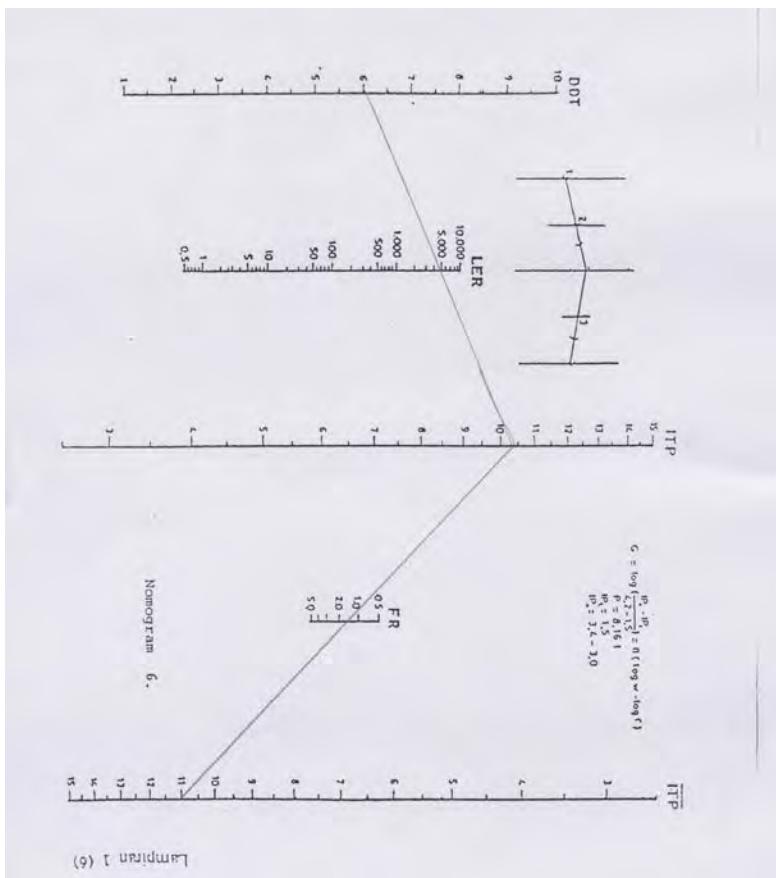
Gambar 1
KORELASI DDT DAN CBR

Catatan : Hubungan nilai CBR dengan garis mendatar kesebelah kiri diperoleh nilai DDT.

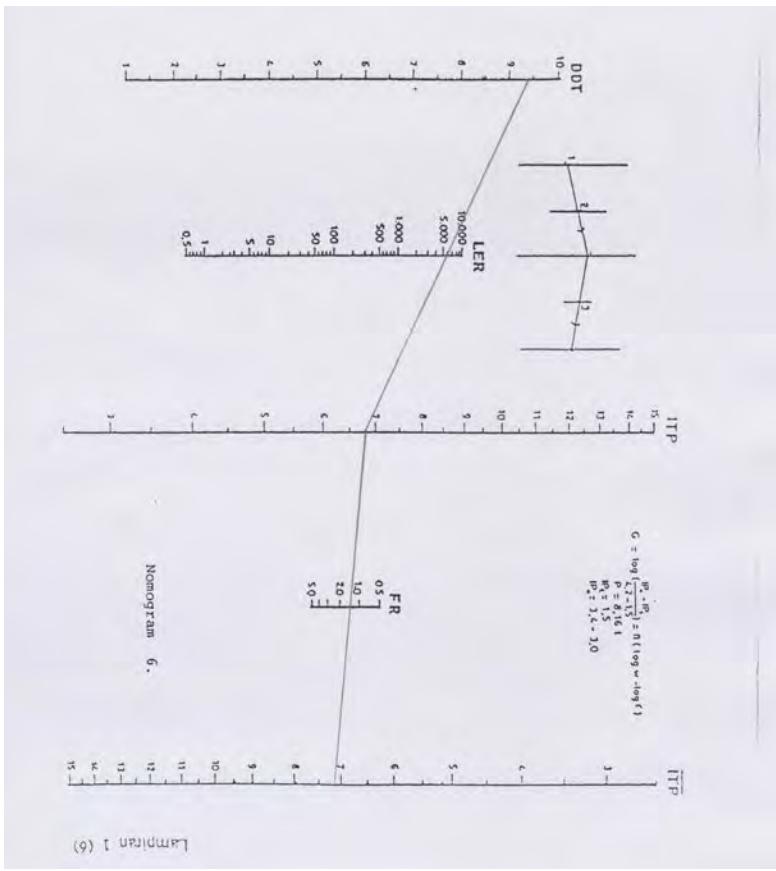
13 a.

LAMPIRAN 2

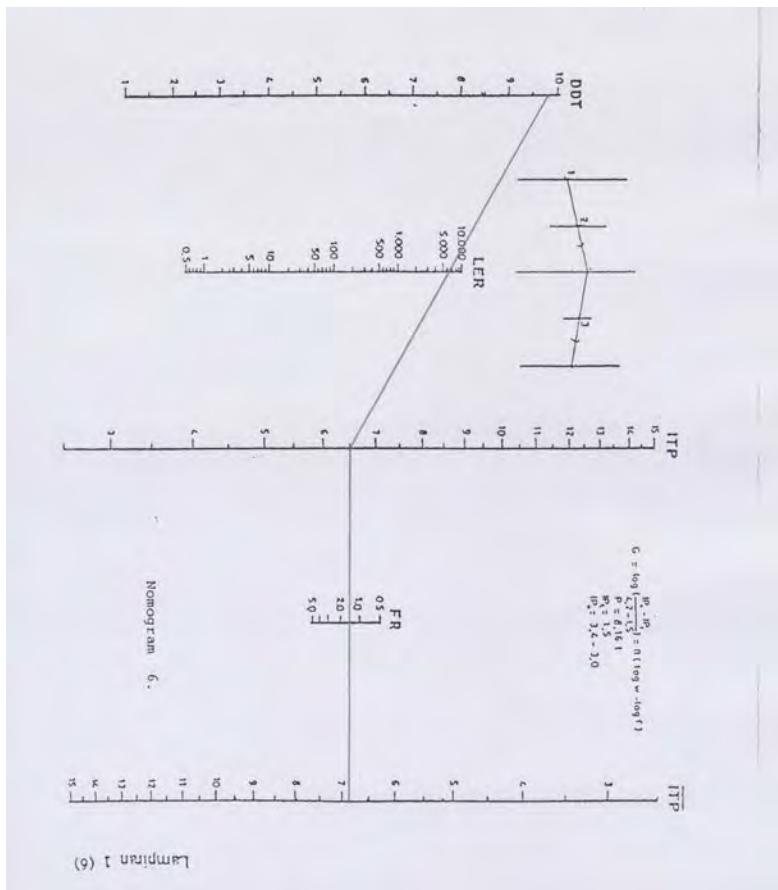
INDEX TEBAL PERKERASAN (ITP)



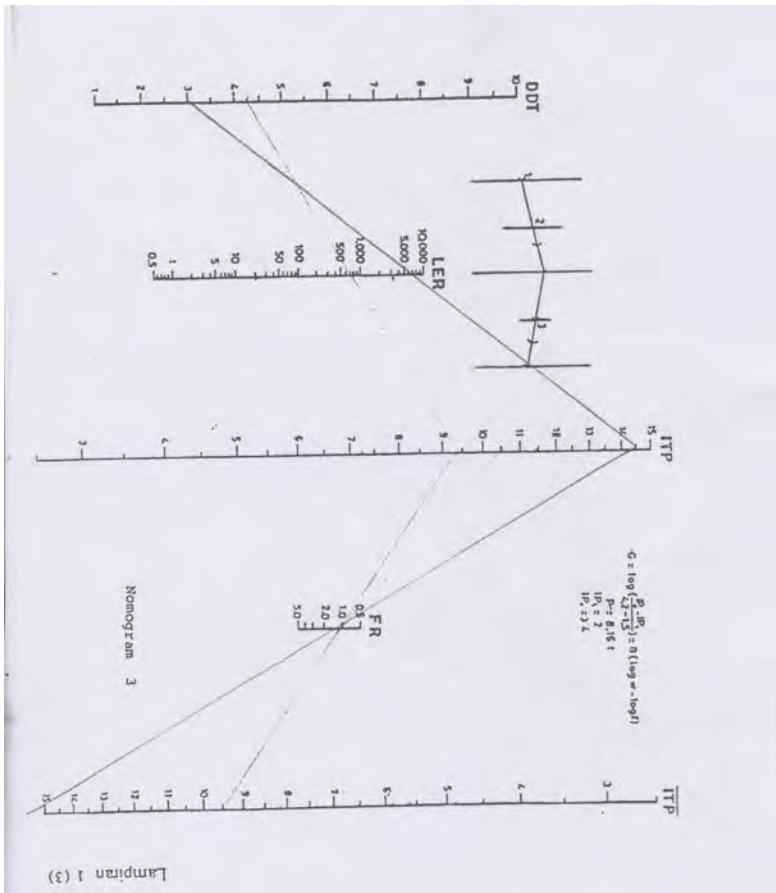
Lampiran 2A Korelasi ITP Selected Material



Lampiran 2B Korelasi ITP Agregat B



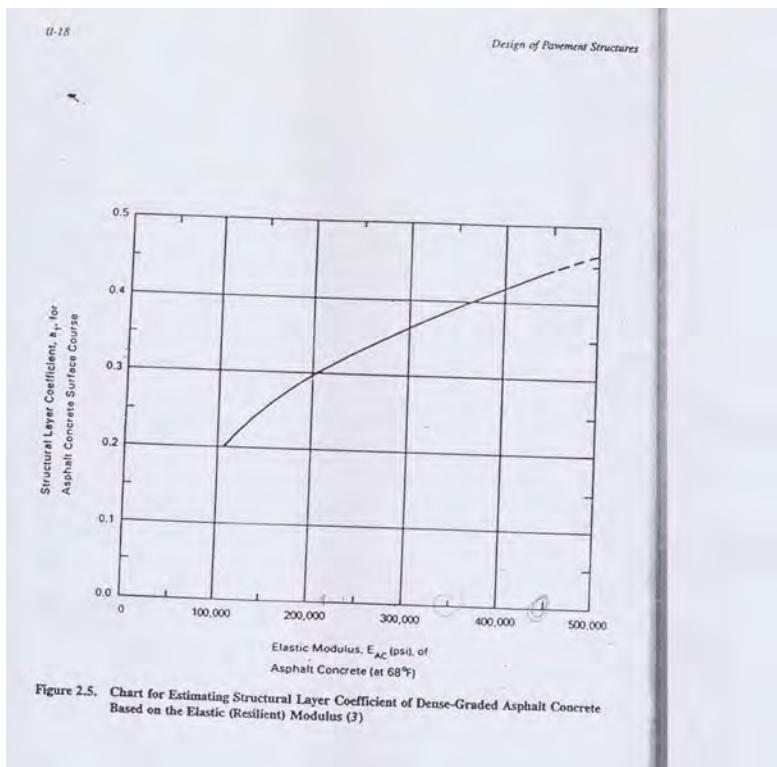
Lampiran 2C Korelasi ITP Agregat A



Lampiran 2D Korelasi ITP Tanah Dasar

LAMPIRAN 3

AASHTO



Lampiran 3A Grafik a1 Lapisan Permukaan

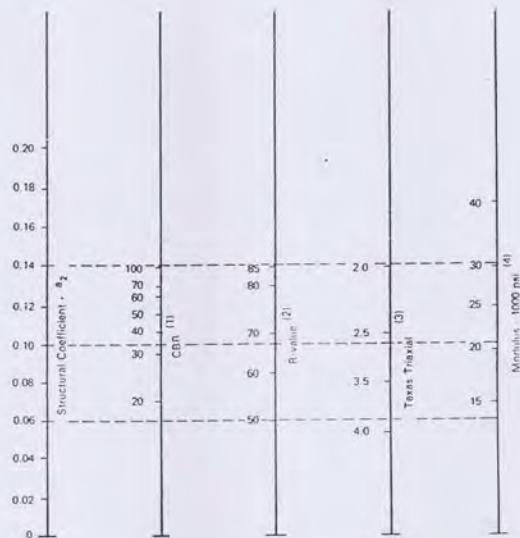
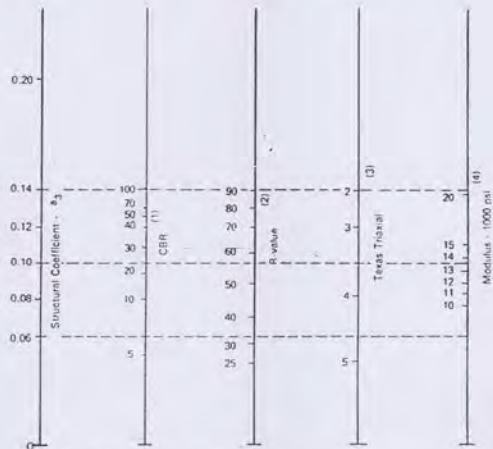


Figure 2.6. Variation in Granular Base Layer Coefficient (a_2) with Various Base Strength Parameters (3)

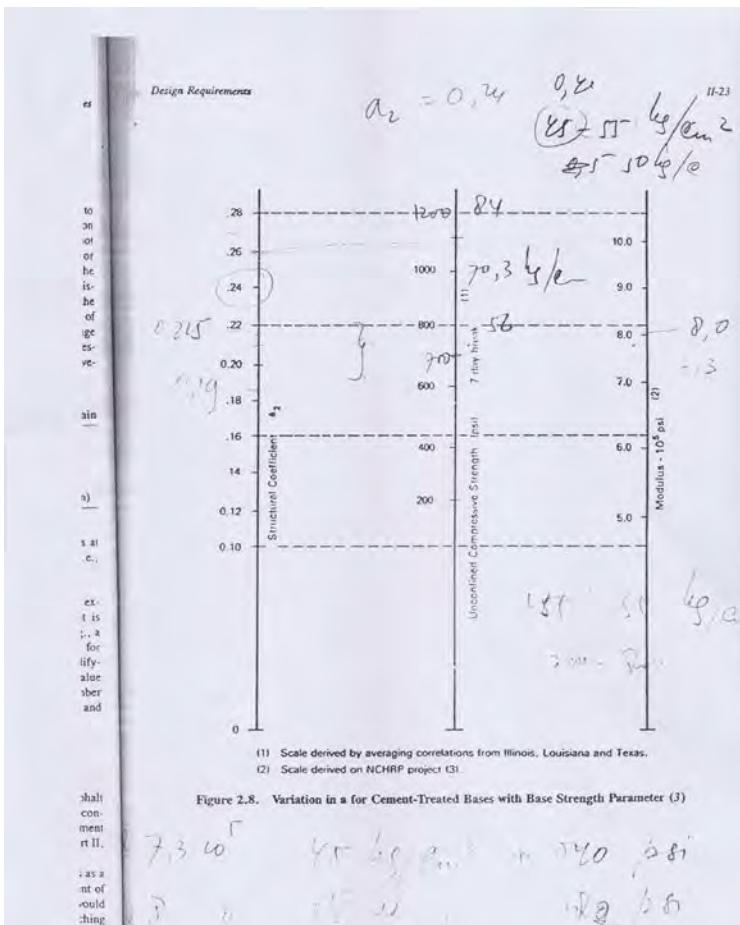
Lampiran 3B Grafik a2 Lapisan Pondasi Atas



- (1) Scale derived from correlations from Illinois.
- (2) Scale derived from correlations obtained from The Asphalt Institute, California, New Mexico and Wyoming.
- (3) Scale derived from correlations obtained from Texas.
- (4) Scale derived on NCHRP project (3).

Figure 2.7. Variation in Granular Subbase Layer Coefficient (s_3) with Various Subbase Strength Parameters (J)

Lampiran 3C Grafik a3 Lapisan Pondasi Bawah



Lampiran 3D Grafik a2 Lapisan Atas Menggunakan CTB

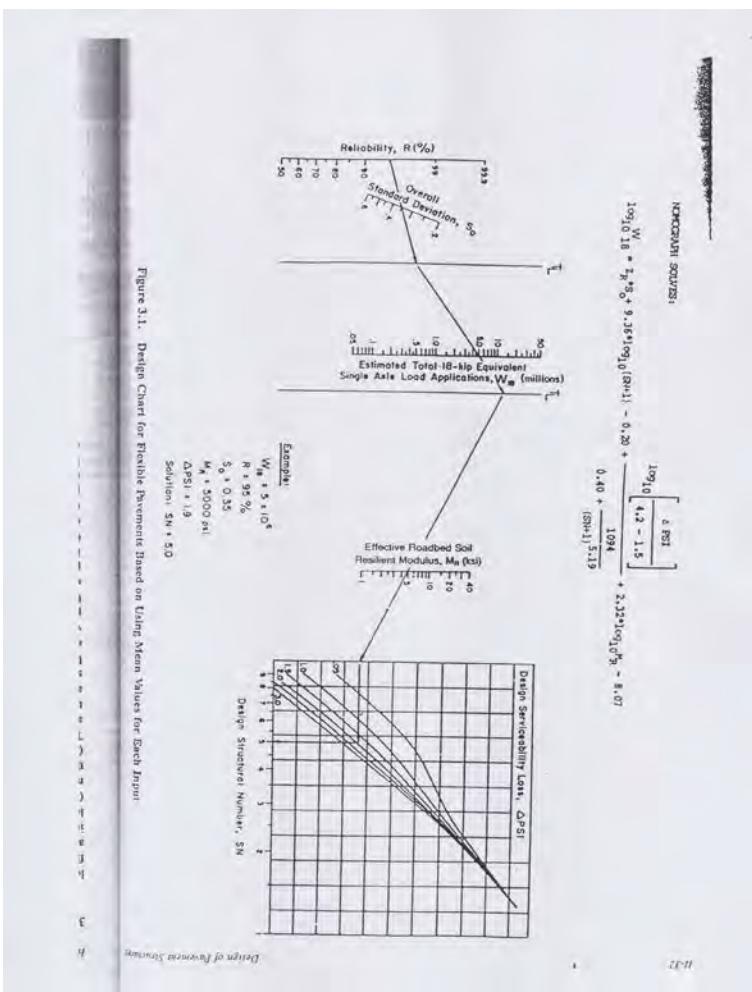
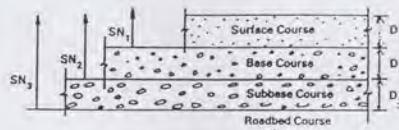


Figure 3.1. Design Chart for Flexible Pavements Based on Using Mean Values for Each Input

Lampiran 3E Grafik Nomogram Solve



$$D^{*}_1 \geq \frac{SN_1}{s_1}$$

$$SN^{*}_1 = s_1 D^{*}_1 \geq SN_1$$

$$D^{*}_2 \geq \frac{SN_2 - SN^{*}_1}{s_2 m_2}$$

$$SN^{*}_1 + SN^{*}_2 \geq SN_2$$

$$D^{*}_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^{*}_1 + SN^{*}_2)}{s_3 m_3}$$

1) s , D , m and SN are as defined in the text and are minimum required values.

2) An asterisk with D or SN indicates that it represents the value actually used, which must be equal to or greater than the required value.

Figure 3.2. Procedure for Determining Thicknesses of Layers Using a Layered Analysis Approach

Lampiran 3F Contoh Perhitungan Perkerasan

LAMPIRAN 4

VOLUME LHR (LINTAS HARIAN RATA-RATA)



**PEMERINTAH PROVINSI JAWA TIMUR
DINAS PEKERJAAN UMUM BINA MARGA**

Jl. Gayung Kebonsari No. 167
Telp. 8290186, 8280433, 8380919, 8380932, 8280231, 8280023

SURABAYA

**FORMULIR SURVEY PERHITUNGAN LALU-LINTAS
(FORMULIR LAPANGAN)**

NAMA SURVEYOR
KHUSUS LUAR KOTA
NAMA JALAN
Arah Lalu-Lintas, Dari

KHAIRUS SOLEH & RULI ARISANDI		
SAMPANG		
KETAPANG - BTS. KAB. PAMEKASAN		
BANGKALAN	ke	SUMENEP

SKET LOKASI

Lampiran 1a
Formulir SPL 1 - 2
Lembar ke Dari

Nomor Provinsi	: 0 2 8
Nama Provinsi	: J A T I M
Kelas dan Nomor Pos	: C BM 118
Lokasi Pos	: SMPG KORAMIL KETAPANG
Kelompok Hitung	:
Periode	:
Tanggal	: 16-Apr
Tahun	: 2013

GOL	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8
PUKUL	Sepeda Motor, Sekuter Sepeda Kumbang dan Roda 3	Sedan, Jeep, Station dan Taxi (Pribadi)	Opelet Pick-up, Suburban, Combi, Minibus (MPU dan Angkot)	Pick-up, Micro Truk Mobil Hantaran dan Truk Ban Belakang 1	Bus Kecil	Bus Besar	Truk/Box, Truk Tangki 2 Sumbu 3/4	Truk/Box, Truk Tangki 2 Sumbu	Truk/Box Truk Tangki 3 Sumbu	Truk/Truk Tangki Gandeng	Truk Semi Treiler dan Truk Treiler	Kendaraan Tidak Bermotor dan Gerobak
Kelompok Jenis Kendaraan	MC	LV	LV	LV	MHV	LB	MHV	LT	LT	LT	LT	UM
06.00-06.15	121	1	18	9	1					2	1	
06.15-06.30	144	2	20	7	2			3	4			
06.30-06.45	183	1	11	4	3	2	1	2			1	4
06.45-07.00	197	3	16	10	3		1	1		3		6
07.00-07.15	196	2	16	16	2		3		2			2
07.15-07.30	194	3	17	21	3	3	4			2	1	
07.30-07.45	191	4	23	18	1		2			1		2
07.45-08.00	139	1	18	14	1		7	2	2			1
08.00-08.15	186	2	21	25	2		7					3
08.15-08.30	193	1	20	17	1		6					6
08.30-08.45	179	8	21	23	1		5	3	3			2
08.45-09.00	128		11	11	2	3			2	3		3
09.00-09.15	181	6	16	9	3		4	2	1			1
09.15-09.30	135	5	14	11	3		1				1	2
09.30-09.45	187	4	18	17	4		6			4		4
09.45-10.00	141	3	15	9	2		2	1				1
10.00-10.15	167	6	14	11	3	2	4		2			6
10.15-10.30	103	2	19	4	2		5					2
10.30-10.45	139	3	13	10	4		5			1		1
10.45-11.00	110	5	14	7	2		4	2				1
11.00-11.15	127	3	14	4	1		4		3			2
11.15-11.30	130	4	11	10	1	4	4			3		1
11.30-11.45	116	4	12	11	3		4	1				1
11.45-12.00	126	6	12	9	4		5		4	1		6
12.00-12.15	144	3	11	10	4		3					1
12.15-12.30	150	7	9	14	2		2	2				3
12.30-12.45	166	5	15	10	2		3		2			2
12.45-13.00	97	4	12	8	3	4	6			1		2
13.00-13.15	112	11	10	8	1		4					3
13.15-13.30	117	3	7	11	2		7	1	1	1		3

13.30-13.45	110	8	14	9	3	2			2	1
13.45-14.00	123	5	20	10	1	3	7			5
14.00-14.15	92	6	6	3	1	4		1		
14.15-14.30	56	3	2	1	1	3	3	1	2	
14.30-14.45	30	7	5	5	2	1				
14.45-15.00	46	4	8	4	0	2	2			
15.00-15.15	53	5	5	1	1	2				1
15.15-15.30	29	5	4	3	2	2	3		1	
15.30-15.45	35	4	6	5	3	1	1	3		
15.45-16.00	76		2	1	1		4			
16.00-16.15	110	5	2	3	2	3	4	4		
16.15-16.30	112	7	6	2	2	2		1		1
16.30-16.45	148	8	3	4	1	3		2		1
16.45-17.00	103	1	5	4	2	1	4			1
17.00-17.15	183	9	1	3	3	5				3
17.15-17.30	128	6	3	2	3	2	3	1		1
17.30-17.45	60	7	5	2	2		2	2	1	
17.45-18.00	51	6	1	2	1	3		1		1
18.00-18.15	60	4	2	1	1			1		
18.15-18.30	101	1	1	1	2	3	1	4	3	
18.30-18.45	128	7	3	3	1	2				
18.45-19.00	116	2	2	3	2	3	1	4		
19.00-19.15	128	4	2		1	2	2	3		
19.15-19.30	154	5	3	1	0	3		3		2
19.30-19.45	149	2	5	3	0	2	1	4		
19.45-20.00	88	3	1	2	1	3	1		2	
20.00-20.15	94	4	2	1	1	3		1		
20.15-20.30	87	3	5	4	2	3	1	1	1	1
20.30-20.45	61	4	1		1	2	1	2		
20.45-21.00	49	8	2		1	3		2		
21.00-21.15	30	5	4		2	2		2	4	
21.15-21.30	35	3	6		1	1	4		1	
21.30-21.45	29	2	3		1	1	1		1	
21.45-22.00	20	5	2		1	1	1	1	1	



PEMERINTAH PROVINSI JAWA TIMUR
DINAS PEKERJAAN UMUM BINA MARGA

Jl. Gayung Kebonsari No. 167
Telp. 8290186, 8280433, 8380919, 8380932, 8280231, 8280023

FORMULIR SURVEY PERHITUNGAN LALU-LINTAS
(FORMULIR LAPANGAN)

KHUSUS DALAM KOTA

SAMPANG
KETAPANG - BTS. KAB. PAMEKASAN
SUMENEP ke BANGKALAN

NAMA JALAN

Arah Lalu-Lintas, Dari

SUMENEP ke BANGKALAN

Lampiran 1a
Formulir SPL 1-2
Lembar ke Dari

Nomor Provinsi	: 0 2 8
Nama Provinsi	: J A I T I M
Kelas dan Nomor Pos	: C BM 118
Lokasi Pos	: SMPG KORAMIL KETAPANG
Kelompok Hitung	: 0
Periode	:
Tanggal	: 16-Apr
Tahun	: 2013

GOL	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8
PUKUL	Sepeda Motor, Sekuter Sepeda Kumbang dan Roda 3	Sedari, Jeep, Station dan Taxi (Pribadi)	Opelet Pick-up, Suburban, Combi, Minibus (MPU dan Angkot)	Pick-up, Micro Truk Mobil Hantaran dan Truk Ban Belakang 1	Bus Kecil	Bus Besar	Truk/Box, Truk Tangki 2 Sumbu 3/4	Truk/Box, Truk Tangki 2 Sumbu	Truk/Box, Truk Tangki 3 Sumbu	Truk/Tangki Gandeng	Truk Semi Treiler dan Truk Treiler	Kendaraan Tidak Bermotor dan Gerobak
Kelompok Jenis Kendaraan	MC	LV	LV	LV	MHV	LB	MHV	LT	LT	LT	LT	UM
06.00-06.15	70	1	11	4	1	4	2	1				1
06.15-06.30	149	2	13	4	1	1	2			2		2
06.30-06.45	189	10	15	5	2	2	3			1		3
06.45-07.00	180	10	17	7	1	1	4	3	2			2
07.00-07.15	178	6	18	10	3	2	2	2		1		1
07.15-07.30	141	4	24	14	1	1	1	3				4
07.30-07.45	168	1	22	19	2	4	2	1		2		2
07.45-08.00	150	3	27	12	1	7	1	1				
08.00-08.15	133	3	27	12	2	2	5	2	2		1	4
08.15-08.30	163	7	28	14	2	4	1	1	3			4
08.30-08.45	211	4	28	15	3	2	9	1			3	8
08.45-09.00	129	2	21	6	3	5	1	2				5
09.00-09.15	169	2	22	14	2	3	1	3				3
09.15-09.30	158	5	30	22	3	2	7	2	3		2	6
09.30-09.45	181	4	28	4	2	3	3	4	2			7
09.45-10.00	148	5	22	8	1	4	2	2				3
10.00-10.15	153	2	25	11	1	2	1	3	1			5
10.15-10.30	158	7	16	10	2	4	1	2		1		6
10.30-10.45	139	4	22	10	1	11	1	4				4
10.45-11.00	194	5	21	12	2	3	6	1	2			4
11.00-11.15	110	4	24	10	2	5	2	1		1		3
11.15-11.30	171	4	23	18	1	11	1	1				3
11.30-11.45	132	5	24	21	2	1	6	3	3			4
11.45-12.00	141	8	23	21	3	6	4	1	2			2
12.00-12.15	138	7	19	14	3	1	3	2	4			2
12.15-12.30	148	3	13	11	2	5	3	2				2
12.30-12.45	203	5	25	21	3	8	4	2	2			3
12.45-13.00	141	8	17	18	2	3	7	3	3			1
13.00-13.15	102	9	15	13	2	1	6	2	1			2
13.15-13.30	109	7	17	16	4	7	1	2		1		3
13.30-13.45	102	11	13	14	2	5	1	3				2
13.45-14.00	81	1	9	6	2	4	3	1	1			5

14.00-14.15	82	3	22	22	1	1	3	1	1	1	1	2
14.15-14.30	63	2	15	9	1		5	2	1		1	1
14.30-14.45	75	1	19	10	2		3	3	2			4
14.45-15.00	72	4	30	24	1	3	2	1	0	3	2	3
15.00-15.15	51	4	28	19	3		1	2	1			5
15.15-15.30	66	2	27	17	4		3			2		7
15.30-15.45	84	3	29	16	3	2	2	2	3		1	3
15.45-16.00	90	5	24	21	4		2	3	1	2		3
16.00-16.15	81	3	27	20	3	2	4	4	2			2
16.15-16.30	73	4	21	11	3		5	4	2		2	4
16.30-16.45	94	2	29	15	1	2	2	4	1			5
16.45-17.00	117	1	20	18	2	1	1	2	2			2
17.00-17.15	98	3	19	16	1		2	1	3		1	4
17.15-17.30	87	4	18	16	2		2	3	3	2		3
17.30-17.45	66	3	22	13	2	2	3	2	2	2	2	1
17.45-18.00	51	6	20	11	1		2	1	1			3
18.00-18.15	67	2	15	10	2	1	3	3	1			1
18.15-18.30	73	2	17	8	1		1	2	2		1	2
18.30-18.45	51	3	16	6	3		1	1	1		2	1
18.45-19.00	64	1	16	0	1		2	2	2			5
19.00-19.15	72	1	10	4	1	1	3	2	1	1		3
19.15-19.30	61	2	11	6	2		1	2	0		3	2
19.30-19.45	74	1	9	4	1	1	1	0	0			2
19.45-20.00	73	2	6	3	1	2	1	0	1			5
20.00-20.15	44	1	3	2	2		2	4	1		1	2
20.15-20.30	47	1	2	3	1	1	1	1	2			1
20.30-20.45	35	3	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1
20.45-21.00	31	1	1	1	2	2	1	3	1	1	1	2
21.00-21.15	38	1	3	1	1		1	2	2	2	2	2
21.15-21.30	26	3	1	2	1	1	1	2	1	1	1	4
21.30-21.45	29	1	1	1	2		2	1	1	2		3
21.45-22.00	25	1	1	1	1		1	1	1		3	0

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Madiun 04 July 1992, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SDN WADUNGASRI I lulus tahun 2004, SMPN 35 SURABAYA lulus tahun 2007, SMAN 17 SURABAYA lulus tahun 2010. Kemudian setelah lulus SMA tahun 2010 penulis mendaftarkan diri dan diterima di S1 Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2010 dengan NRP. 3110100014

Email : rezacahyow@yahoo.com