

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS PERBANDINGAN  
TEBAL PERKERASAN DAN BIAYA KONSTRUKSI  
LAPIS PERKERASAN KAKU BERSAMBUNG DENGAN TULANGAN  
DAN TANPA TULANGAN  
( STUDI KASUS DI JALAN TOL SEMARANG-SOLO SEKSI 1 )**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata satu (S1) Teknik Sipil**



**DARMAWAN BAGUS SUSANTO**

**06 511 028**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2012**

## TUGAS AKHIR

### ANALISIS PERBANDINGAN TEBAL PERKERASAN DAN BIAYA KONSTRUKSI LAPIS PERKERASAN KAKU BERSAMBUNG DENGAN TULANGAN DAN TANPA TULANGAN ( STUDI KASUS DI JALAN TOL SEMARANG-SOLO SEKSI 1 )

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata satu (S1) Teknik Sipil



**DARMAWAN BAGUS SUSANTO**

**06.511.028**

**Disahkan oleh:**

**Pembimbing:**

**Ketua Jurusan:**

**(Ir. H. Bachnas, M.Sc)**

**(Ir. H. Suharyatmo. MT)**

**Tanggal:**

**Tanggal:**

## TUGAS AKHIR

### ANALISIS PERBANDINGAN TEBAL PERKERASAN DAN BIAYA KONSTRUKSI LAPIS PERKERASAN KAKU BERSAMBUNG DENGAN TULANGAN DAN TANPA TULANGAN ( STUDI KASUS DI JALAN TOL SEMARANG-SOLO SEKSI 1 )

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata satu (S1) Teknik Sipil



**DARMAWAN BAGUS SUSANTO**

**06.511.028**

**Disetujui oleh:**

**Pembimbing/penguji:**  
**(Ir. H. Bachnas, M.Sc)**

\_\_\_\_\_

**Penguji:**  
**(Ir.Subarkah, MT)**

\_\_\_\_\_

**Penguji:**  
**Miftahul Fauziah, ST, M.T, Ph.D**

\_\_\_\_\_

## ABSTRAK

Jalan mempunyai beberapa jenis lapis perkerasan, antara lain perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dan perkerasan kaku dengan tulangan, diantara lapis perkerasan tersebut terdapat selisih ketebalan lapis perkerasan yang berpengaruh terhadap biaya konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung tebal lapis perkerasan, kemudian membandingkan apakah terdapat perbedaan tebal lapis perkerasan dan seberapa besar selisih biaya strukturnya, agar diperoleh lapis perkerasan yang ekonomis.

Penelitian ini dilakukan dengan empat tahap. Tahap I menghitung tebal lapisan perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dan perkerasan kaku bersambung dengan tulangan. Tahap II membandingkan tebal lapis perkerasan antara perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dan perkerasan kaku bersambung dengan tulangan. Tahap III menghitung biaya pekerjaan masing-masing jenis perkerasan dengan metode Analisis Harga Satuan tahun 2010 dan harga satuan menggunakan Daftar Harga Satuan Kabupaten Jepara tahun 2010. Tahap IV membandingkan biaya antara perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dan perkerasan bersambung dengan tulangan.

Dari hasil analisis diperoleh lapisan perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan memiliki tebal total 20 cm dengan total biaya sebesar Rp 5.554.597.536 dan lapisan perkerasan kaku bersambung dengan tulangan memiliki tebal total 19 cm dengan biaya Rp 5.989.518.336. Perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan lebih murah dari perkerasan kaku bersambung dengan tulangan.

**Kata kunci : Perkerasan Kaku Bersambung Tanpa Tulangan, Perkerasan Kaku Bersambung Dengan Tulangan, dan Biaya Pekerjaan**

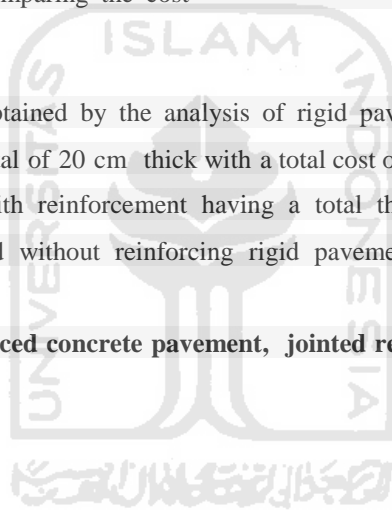
## ***ABSTRACT***

Road has some type of pavement layer, for example are jointed unreinforced concrete pavement and jointed reinforced concrete pavement, those pavement layer has difference thickness that effect to construction cost. This research conducted to count the thickness of pavement and construction coast differences than compare it, to getthe most economical thickness pavement.

This research did in four steps. First, count the thickness of jointed unreinforced concrete pavement and jointed reinforced concrete pavement. Second, compare the thickness of jointed unreinforced concrete pavement and jointed reinforced concrete pavement. Third, count the cost of each pavement work with jointed unreinforced concrete pavement and jointed reinforced concrete pavement. Fourth, comparing the cost .

From the results obtained by the analysis of rigid pavement layer to be continued without reinforcement has a total of 20 cm thick with a total cost of Rp 5,554,597,536 and rigid pavement layer continuous with reinforcement having a total thickness of 19 cm at a cost of Rp 5,989,518,336. Continued without reinforcing rigid pavement less than rigid pavement continued.with.reinforcement.

**Key words: jointed unreinforced concrete pavement, jointed reinforced concrete pavement and Employment Costs**



# KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Wr.Wb.*

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul *Analisis Perbandingan Struktur Lapisan Perkerasan Kaku dan Biaya Antara Lapisan Perkerasan Kaku Bertulang dengan Lapisan Perkerasan Kaku Tanpa Tulangan (Studi Kasus : Jalan Tol Semarang-Solo Seksi 1)* ini sesuai dengan waktu yang telah direncanakan dan dapat berjalan dengan lancar. Tidak lupa pula, salawat serta salam tak henti-hentinya kita panjatkan kepada Nabi Besar Junjungan kita yakni Nabi Muhammad SAW yang akan selalu menjadi pemimpin dan panutan kita dalam menjalani hidup dunia dan akhirat nanti.

Tugas akhir ini disusun sebagai satu wujud nyata untuk memenuhi impian yang mana menjadi kewajiban yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar strata satu (S-1). Selama melaksanakan dan menyusun tugas akhir ini, penyusun tak lepas dari pihak lain yang telah membantu baik dari segi bimbingan, arahan serta saran dan kritik yang sifatnya membangun. Pada kesempatan ini penyusun ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberi dukungan serta motifasi demi selesainya laporan ini.

1. Ir. H. Suharyatmo, M.T Selaku ketua Jurusan Teknik Sipil.
2. Ir. H. Bachnas, M.Sc Selaku Dosen pembimbing I.
3. Ir. Subarkah, MT dan Miftahul Fauziah, ST, M.T, Ph.D Selaku Dosen Penguji
4. IBU,AYAH dan Kelurgaku tercinta yang telah mendukung secara moril dan materil dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga segala bantuan, dukungan dan bimbingan yang telah diberikan kepada penyusun mendapat imbalan dari Allah SWT. Tidak lupa penyusun memohon maaf apabila selama melaksanakan pembuatan tugas akhir ini terdapat

kekhilafan dan kesalahan. Penyusun menyadari sepenuhnya akan keterbatasan kemampuan yang dimiliki, sehingga sangat diperlukan kritik dan saran yang bersifat membangun.

Puji syukur terakhir penyusun berharap tugas akhir ini bisa bermanfaat bagi penyusun khususnya dan mahasiswa pada umumnya.

*Wabillahitaufik walhidayah.*

*Wassalamu'alaikum wr.wb.*

Yogyakarta , 1 Maret 2012



Darmawan Bagus Susanto

06511028





## DAFTAR ISI

	Halaman
Judul .....	i
Pengesahan .....	ii
ABSTRAK .....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
DAFTAR NOTASI .....	xviii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 LATAR BELAKANG .....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH .....	2
1.3 TUJUAN .....	2
1.4 BATASAN MASALAH .....	2
1.5 MANFAAT .....	3
1.6 LOKASI PENELITIAN .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 UMUM .....	4
2.2 JENIS-JENIS PERKERASAN KAKU .....	6
2.3 RENCANA ANGGARAN BIAYA .....	6
2.4 TINJAUAN PENELITIAN .....	8
BAB III LANDASAN TEORI .....	10
3.1 PERKERASAN KAKU ( <i>RIGID PAVEMENT</i> ) .....	10
3.1.1 Tanah Dasar .....	10
3.1.2 Pondasi Bawah .....	10

3.1.2.1	Pondasi Bawah Material Berbutir .....	12
3.1.2.2	Pondasi Bawah Dengan Bahan Pengikat ( <i>Bound Sub-base</i> ) .....	12
3.1.2.3	Pondasi Bawah dengan Campuran Beton Kurus ( <i>Lean-Mix Concrete</i> ) .....	12
3.1.2.4	Lapis Pemecah Ikatan Pondasi Bawah dan Pelat .....	12
3.1.3	Beton Semen .....	13
3.1.4	Lalu-Lintas .....	14
3.1.4.1	Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi .....	14
3.1.4.2	Umur Rencana (UR) .....	15
3.1.4.3	Pertumbuhan Lalu-lintas .....	15
3.1.4.4	Lalu-lintas Rencana .....	16
3.1.4.5	Faktor Keamanan Beban .....	17
3.1.5	Analisis Tebal Perkerasan .....	17
3.1.6	Perencanaan Tulangan .....	23
3.1.6.1	Perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan ...	23
3.1.7	Perencanaan Sambungan .....	23
3.1.7.1	Sambungan memanjang dengan batang pengikat ( <i>Dowel</i> )	24
3.1.7.2	Sambungan pelaksanaan memanjang .....	25
3.1.7.3	Sambungan Susut Memanjang .....	25
3.1.7.4	Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang .....	25
3.1.7.5	Sambungan Susut Melintang .....	25
3.1.7.6	Sambungan Pelaksanaan Melintang .....	27
3.1.7.7	Sambungan Isolasi .....	27
3.2	PERENCANAAN ANGGARAN BIAYA .....	28
<b>BAB IV</b>	<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>30</b>
4.1	METODE PENELITIAN .....	30
4.2	METODE PENENTUAN SUBJEK .....	30
4.3	SUMBER DATA .....	30

4.4	METODE PENGUMPULAN DATA.....	31
4.4.1	Tinjauan Pustaka.....	31
4.4.2	Tinjauan Lapangan.....	31
4.5	METODE ANALISIS DATA.....	32
4.6	BAGAN ALIR METODOLOGI PENELITIAN .....	33
4.7	BAGAN ALIR PERHITUNGAN LAPISAN PERKERASAN KAKU .....	34
4.8	BAGAN ALIR PERHITUNGAN BIAYA SETIAP PERKERASAN.....	35
<b>BAB V</b>	<b>ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>36</b>
5.1	DATA PERENCANAAN.....	36
5.2	PERHITUNGAN CBR TANAH DASAR.....	37
5.3	DATA PARAMETER PERENCANAAN .....	39
5.4	ANALISIS LALU-LINTAS .....	39
5.4.1	Volume Lalu-lintas Harian .....	39
5.4.2	Perhitungan Repetisi Sumbu yang Terjadi .....	41
5.5	PONDASI BAWAH .....	42
5.6	PERKERASAN KAKU BERSAMBUNG TANPA TULANGAN (BBTT) .....	43
5.6.1	Tebal Pelat Beton.....	43
5.6.2	Analisis Perhitungan Tulangan Sambungan Pada Perkerasan Kaku Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT) ..	47
5.6.3	Gambar Rencana Lapisan Perkerasan Kaku Bersambung Tanpa Tulangan .....	48
5.7	PERKERASAN KAKU BERSAMBUNG DENGAN TULANGAN (BBTT) .....	51
5.7.1	Tebal Pelat Beton.....	51
5.7.2	Analisis Perhitungan Tulangan Sambungan Pada Perkerasan Kaku Bersambung Dengan Tulangan (BBTT) ..	52
5.7.3	Gambar Rencana Lapisan Perkerasan Kaku Bersambung Dengan Tulangan.....	54

5.8	PERBANDINGAN TEBAL PELAT BETON .....	56
5.9	PERHITUNGAN BIAYA KONSTRUKSI	
	LAPISAN PERKERASAN .....	56
5.9.1	Perkerasan Kaku Bersambung Tanpa Tulangan .....	56
5.9.2	Perkerasan Kaku Bersambung Dengan Tulangan.....	58
5.9.3	Perbandingan Harga/Biaya Perkilometer panjang .....	60
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN .....	61
6.1	Kesimpulan .....	61
6.2	Saran .....	62
	DAFTAR PUSTAKA .....	63
	LAMPIRAN .....	65



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu.....8
Tabel 3.1	Nilai Koefisien Gesekan ( $\mu$ ) ..... 13
Tabel 3.2	Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi (C) Kendaraan Niaga pada Lajur Rencana..... 15
Tabel 3.3	Faktor Pertumbuhan Lalu-Lintas ( R)..... 16
Tabel 3.4	Faktor Keamanan Beban (FKB) ..... 17
Tabel 3.5	Langkah-Langkah Perencanaan Tebal Perkerasan Beton Semen..... 22
Tabel 3.6	Diameter Ruji..... 26
Tabel 5.1	Data CBR Lapangan ..... 37
Tabel 5.2	LHR Awal Rencana ..... 37
Tabel 5.3	Perhitungan Nilai CBR yang Sama atau Lebih Besar ..... 38
Tabel 5.4	Volume Lalu-Lintas Harian Tahun 2011 ..... 40
Tabel 5.5	Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) Tahun 2011 ..... 40
Tabel 5.6	Repetisi Sumbu yang Terjadi..... 41
Tabel 5.7	Analisis Fatik dan Erosi Tebal Pelat Beton 200 mm ..... 44
Tabel 5.8	Analisis Fatik dan Erosi Tebal Pelat Beton 190 mm ..... 47
Tabel 5.9	Analisis Fatik dan Erosi Tebal Pelat Beton 190 mm ..... 51
Tabel 5.10	Analisis Fatik dan Erosi Tebal Pelat Beton 180 mm ..... 52
Tabel 5.11	Perbandingan Ketebalan Pelat Beton ..... 56
Tabel 5.12	Ringkasan Harga Satuan Kebutuhan Lapisan Perkerasan pada Perkerasan Kaku Bersambung tanpa Tulangan..... 58
Tabel 5.13	Ringkasan Harga Satuan Kebutuhan Baja Tulangan pada Perkerasan Kaku Bersambung tanpa Tulangan..... 58
Tabel 5.14	Ringkasan Harga Satuan Kebutuhan Lapisan Perkerasan pada Perkerasan Kaku Bersambung dengan Tulangan..... 59
Tabel 5.15	Ringkasan Harga Satuan Kebutuhan Baja Tulangan pada Perkerasan Kaku Bersambung dengan Tulangan ..... 59

Tabel 5.16 Perbandingan Harga Satuan Pekerjaan Perkerasan  
Perkilometer Panjang ..... 60



## DAFTAR GAMBAR

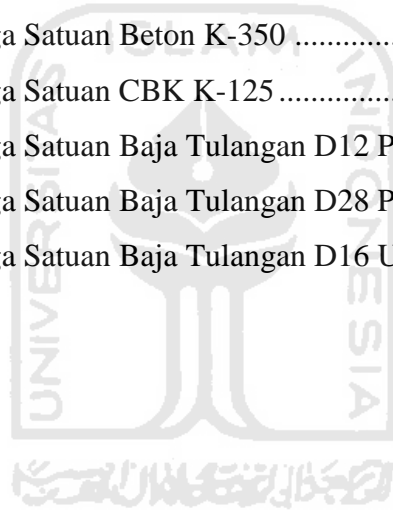
	Halaman
Gambar 1.1	Lokasi Penelitian ..... 3
Gambar 2.1	Struktur Perkerasan Kaku..... 5
Gambar 3.1	Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Perkerasan Beton Semen 11
Gambar 3.2	CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah ..... 11
Gambar 3.3	Langkah-langkah Perencanaan Perkerasan Beton Semen..... 18
Gambar 3.4	Analisis Fatik dan Beban Repetisi Ijin berdasarkan Rasio Tegangan, dengan /tanpa Bahu Beton ..... 19
Gambar 3.5	Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Ijin, berdasarkan Faktor Erosi, tanpa Bahu Beton ..... 20
Gambar 3.6	Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Ijin, berdasarkan Faktor Erosi, dengan Bahu Beton..... 21
Gambar 3.7	Tipikal Sambungan Memanjang..... 24
Gambar 3.8	Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang ..... 25
Gambar 3.9	Sambungan Susut Melintang tanpa Ruji ..... 26
Gambar 3.10	Sambungan Susut Melintang dengan Ruji..... 26
Gambar 3.11	Sambungan Pelaksanaan yang Direncanakan dan yang tidak Direncanakan untuk Pengecoran Per Lajur ..... 27
Gambar 3.12	Sambungan Pelaksanaan yang Direncanakan dan yang tidak Direncanakan untuk Pengecoran Seluruh Lebar Perkerasan..... 27
Gambar 3.13	Bagan Perhitungan Anggaran Biaya..... 29
Gambar 4.1	Bagan Alir Penelitian ..... 33
Gambar 4.2	Bagan Alir Perhitungan Lapisan Perkerasan Kaku ..... 34
Gambar 4.3	Bagan Alir Perhitungan Biaya Setiap Perkerasan ..... 35
Gambar 5.1	Potongan Melintang Rencana Jalan..... 36
Gambar 5.2	Grafik Nilai CBR..... 38

Gambar 5.3	Tebal Pondasi Bawah Minimum dengan CBR Tanah Dasar Rencana 4,47% dan Jumlah Repetisi Sumbu $8,13 \times 10^7$ .....42
Gambar 5.4	CBR Tanah Dasar Efektif dengan CBR Tanah Dasar Rencana 4,47% dan Tebal Pondasi Bawah 100mm..... 43
Gambar 5.5	Analisis Fatik dan Beban Repetisi Izin dengan Nilai Beban Sumbu = 33 dan Rasio Tegangan = 0,23 ..... 45
Gambar 5.6	Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban dengan Nilai Beban Sumbu= 33 dan Faktor Erosi = 1,97 ..... 46
Gambar 5.7	Rencana Lapisan Perkerasan Kaku Bersambung Tanpa Tulangan ..... 48
Gambar 5.8	Potongan Denah Jalan Perkerasan Kaku Bersambung Tanpa Tulangan ..... 49
Gambar 5.9	Detail A ..... 49
Gambar 5.10	Detail B ..... 50
Gambar 5.11	Detail C ..... 50
Gambar 5.12	Rencana Lapisan Perkerasan Kaku Bersambung Dengan Tulangan ..... 54
Gambar 5.13	Potongan Denah Jalan Perkerasan Kaku Bersambung Dengan Tulangan ..... 55
Gambar 5.14	Detail D ..... 55
Gambar 5.15	Detail E ..... 56
Gambar 5.16	Perbedaan Ketebalan antar Lapis Perkerasan ..... 57



## DAFTAR LAMPIRAN

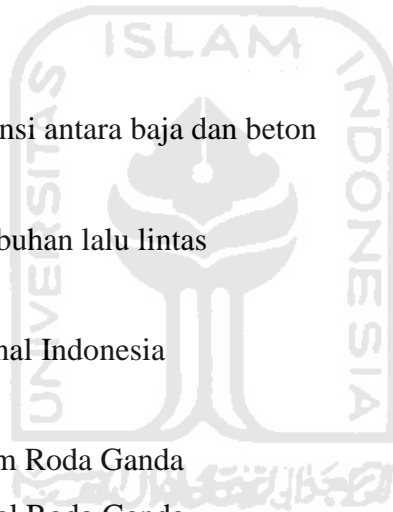
	Halaman
Lampiran L-1	Tabel Tegangan Ekvivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Kaku tanpa dan dengan Bahu Beton ..... 66
Lampiran L-2	Survey Lalu-Lintas Metro Semarang ..... 69
Lampiran L-3	Daftar Harga Dasar Satuan Upah ..... 82
Lampiran L-4	Daftar Harga Satuan Bahan ..... 83
Lampiran L-5	Daftar Harga Satuan Alat ..... 84
Lampiran L-6	Analisis Harga Satuan Beton K-350 ..... 85
Lampiran L-7	Analisis Harga Satuan CBK K-125 ..... 88
Lampiran L-8	Analisis Harga Satuan Baja Tulangan D12 Polos ..... 91
Lampiran L-9	Analisis Harga Satuan Baja Tulangan D28 Polos ..... 93
Lampiran L-10	Analisis Harga Satuan Baja Tulangan D16 Ulir..... 94



## DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH

$\epsilon_s$	= Koefisien susut beton
$A_s$	= Luas penampang baja per meter lebar pelat
$A_t$	= Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan
BBDT	= Beton Semen Bersambung Dengan Tulangan
BBTT	= Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan
BJTP	= Baja Tulangan Polos
BJTU	= Baja Tulangan Ulir
BMDT	= Beton Menerus Dengan Tulangan
C	= Koefisien distribusi lajur kendaraan
CBK	= Campuran Beton Kurus
CBR	= <i>California Bearing Ratio</i>
cm	= centimeter
D	= Tebal perkerasan
$E_c$	= Modulus elastisitas beton
$E_s$	= Modulus elastisitas baja
$f_{cf}$	= Kuat tarik lentur beton 28 hari
$f_{cs}$	= Kuat tarik tidak langsung beton 28 hari
$f_{ct}$	= Kuat tarik langsung beton
$f_{c'}$	= Kuat tekan beton karakteristik 28 hari
FE	= Faktor Erosi
FKB	= Faktor Keamanan Beban
FR	= Faktor Regional
FRT	= Faktor Rasio Tegangan
$f_s$	= Tegangan tarik ijin tulangan
$f_y$	= Tegangan leleh rencana baja
gr	= Gram
g	= Gravitasi
h	= Tebal pelat beton

i	= Laju pertumbuhan lalu-lintas per tahun
JSKN	= Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga
JSKNH	= Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga Harian
K	= Konstanta, koefisien antara kuat tekan dan kuat tarik lentur beton
kg	= Kilogram
Km	= Kilometer
l	= Panjang batang pengikat
L	= Jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi bebas pelat.
Lp	= Lebar perkerasan
M	= Berat pelat beton per satuan volume
mm	= milimeter
MPa	= MegaPascal
n	= Angka ekivalensi antara baja dan beton
nl	= Jumlah lajur
R	= Faktor pertumbuhan lalu lintas
Rp	= Rupiah
SNI	= Standar Nasional Indonesia
Sta.	= Stasiun
STdRG	= Sumbu Tandem Roda Ganda
STRG	= Sumbu Tunggal Roda Ganda
STrRG	= Sumbu Tridem Roda Ganda
STRT	= Sumbu Tungga Roda Tunggal
TE	= Tegangan Ekivalen
UR	= Umur Rencana
URm	= Waktu tertentu dalam tahun sebelum umur rencana
±	= Kurang lebih
%	= Persen
Ø	= Diameter
μ	= Koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang Proyek

Sebagai bagian dari jalan Tol Trans Jawa, jalan Tol Semarang-Solo memiliki arti yang sangat strategis bagi pengembangan jaringan jalan secara khusus di Jawa Tengah dan juga bagi perkembangan jaringan jalan dalam skala regional. Seiring perkembangan Wilayah Provinsi Jawa Tengah yang cukup pesat, Semarang sebagai ibukota provinsi memiliki peran besar dalam mendorong kegiatan perekonomian yang diperkuat simpul transportasi Pelabuhan Tanjung Emas dan bandara Ahmad Yani. Dukungan aksesibilitas yang dari dan ke arah kota lewat jaringan jalan Nasional maupun jalan lainnya sudah merupakan kebutuhan pokok. Keberadaan Jalan Tol Semarang-Solo menawarkan kelancaran serta dukungan terhadap kebutuhan tersebut serta untuk memecahkan permasalahan transportasi darat yang ada.

Melihat kenyataan yang ada, secara terus menerus diupayakan adanya peningkatan sarana dan prasarana transportasi yaitu dengan cara pembangunan ruas jalan tol baru yang dapat menampung volume kendaraan yang terus menerus meningkat. Untuk membangun ruas jalan tol baru, tentu akan membutuhkan metode dan bahan yang efektif dalam perancangan maupun perencanaan agar di peroleh yang terbaik dan ekonomis.

Selama ini pemanfaatan semen di bidang jalan sebagian besar hanya dimanfaatkan untuk pembangunan jembatan, median jalan ataupun pulau jalan. Namun pada beberapa tahun terakhir ini mulai marak konstruksi perkerasan jalan yang menggunakan bahan semen, atau biasa disebut Perkerasan kaku (*Rigid-Pavement*). Jenis perkerasan kaku mulai marak digunakan karena biaya pemeliharaan lebih mudah dan murah.

Jenis perkerasan kaku yang banyak digunakan di Indonesia adalah perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan karena lebih ekonomis dibandingkan perkerasan kaku yang lain, namun sesuai sifat beton yang kurang kuat menahan

gaya tarik menyebabkan perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan ini lebih mudah mengalami retak sehingga mempengaruhi umur pelayanan. Melihat kondisi tersebut, sekarang mulai digunakan jenis perkerasan kaku bersambung dengan tulangan yang lebih mampu mencegah retak yang disebabkan oleh gaya tarik beton sehingga memperpanjang umur pelayanan. Perbedaan jenis lapis perkerasan ini menyebabkan adanya beda tebal lapis perkerasan, sehingga diperlukan perhitungan untuk mengetahui selisih tebal lapis perkerasan dan biaya konstruksi, sehingga didapatkan ketebalan yang sesuai dan biaya yang ekonomis.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa selisih ketebalan lapis perkerasan antara struktur perkerasan kaku bersambung dengan tulangan dan perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan ?
2. Berapa besar perbedaan biaya antara pekerjaan lapis perkerasan kaku bersambung dengan tulangan dengan perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan ?

## 1.3 Tujuan

1. Menghitung dan membandingkan ketebalan dari masing- masing jenis lapis perkerasan (dengan tulangan dan tanpa tulangan).
2. Menghitung dan membandingkan besarnya biaya konstruksi dan mengetahui selisih biaya yang dibutuhkan antara lapis perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dan lapis perkerasan kaku bersambung dengan tulangan.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan digunakan dalam penulisan ini antara lain :

1. perhitungan menggunakan data proyek pembangunan jalan tol Semarang- Solo Tahap I Ruas Semarang-Bawen Seksi 1,
2. perhitungan tebal lapis perkerasan digunakan metode SK-SNI 2003 (untuk jalan Tol), perhitungan lapis perkerasan kaku tanpa tulangan menggunakan sambungan *Tie bar*,

3. perhitungan biaya menggunakan metode “Analisis Harga Satuan” yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, No.028/T/BM/1995, dan
4. perhitungan biaya menggunakan “ Daftar Harga Satuan Kabupaten Jepara”.

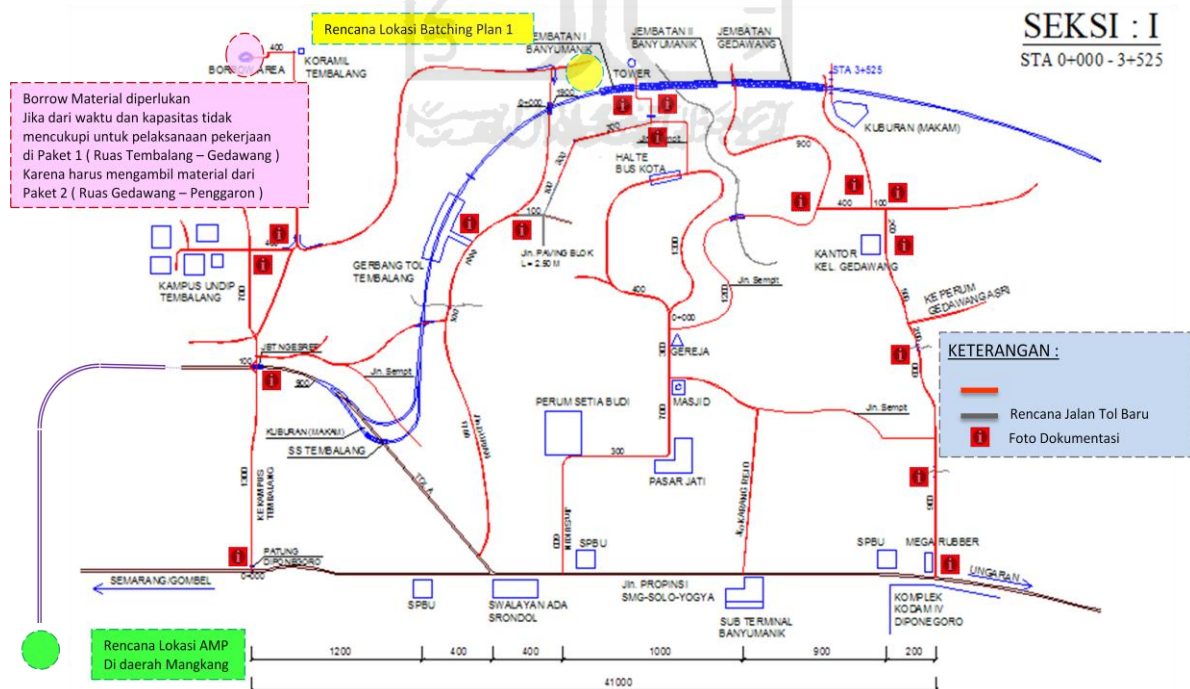
### 1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat yang diharapkan dari penulisan tugas akhir ini antara lain:

1. pembaca dapat memiliki salah satu referensi untuk menghitung ketebalan lapis perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dan lapis perkerasan kaku bersambung dengan tulangan, dan
2. pembaca dapat memiliki salah satu referensi untuk menghitung besarnya biaya pekerjaan lapis perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dan lapis perkerasan kaku bersambung dengan tulangan.

### 1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak dilokasi proyek pembangunan jalan tol Semarang-Solo tahap I ruas Semarang-Bawen seksi I.



**Gambar 1.1 Lokasi Proyek**  
(Sumber: PT. Trans Marga Jawa Tengah, 2011)

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Perencanaan perkerasan yang efektif adalah salah satu dari berbagai aspek lain yang penting dari perencanaan jalan. Perkerasan adalah bagian dari jalan raya yang sangat penting bagi pengguna jalan. Kondisi dan kekuatan dari jalan raya sering di pengaruhi oleh umur rencana. Umur rencana perkerasan secara umum di pengaruhi oleh jumlah beban berat dan repetisi dari beban berat yang terjadi, seperti sumbu tunggal, ganda dari truck, bus, traktor, trailer dan perlengkapannya. Lapis perkerasan berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri sehingga akan memberikan kenyamanan kepada pengemudi selama masa pelayanan jalan tersebut. Dengan demikian perencanaan tebal masing-masing lapis perkerasan harus diperhitungkan dengan optimal.

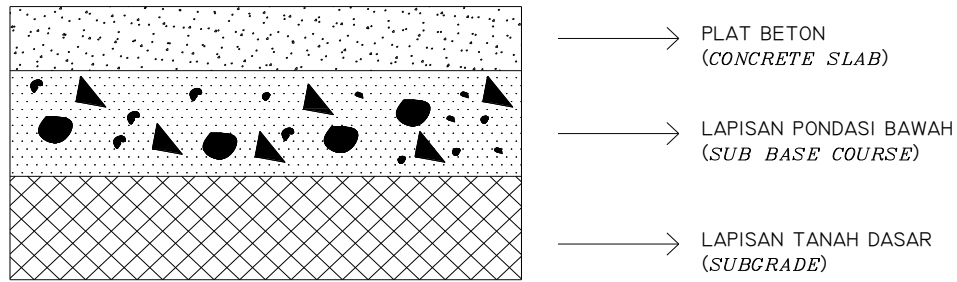
#### **1. Struktur dan Jenis Perkerasan Kaku**

Berdasarkan pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen yang diterbitkan oleh Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah Dinas Pekerjaan Umum tahun 2003.

Perkerasan kaku dibedakan menjadi 4 jenis yaitu,

1. perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan,
2. perkerasan kaku bersambung dengan tulangan,
3. perkerasan kaku menerus dengan tulangan, dan
4. perkerasan kaku semen pra-tegang.

Perkerasan kaku adalah struktur perkerasan yang terdiri atas pelat beton semen yang tersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan aspal. Struktur perkerasan kaku secara tipikal sebagaimana pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Struktur Perkerasan Kaku  
(Sumber: Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah,2003)

Pada perkerasan beton semen, daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Sifat, daya dukung dan keseragaman tanah dasar sangat mempengaruhi keawetan dan kekuatan perkerasan beton semen. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan adalah kadar air pematatan, kepadatan dan perubahan kadar air selama masa pelayanan.

Lapis pondasi bawah pada perkerasan beton semen adalah bukan merupakan bagian utama yang memikul beban, tetapi merupakan bagian yang berfungsi sebagai berikut :

1. mengendalikan pengaruh kembang susut tanah dasar,
2. mencegah intrusi dan pemompaan pada sambungan, retakan dan tepi-tepi pelat,
3. memberikan dukungan yang baik juga seragam pada pelat, dan
4. sebagai perkerasan lantai kerja selama pelaksanaan.

Pelat beton semen mempunyai sifat yang cukup kaku serta dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas dan menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan-lapisan dibawahnya.

## 2.2 Jenis-jenis Perkerasaan Kaku

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) dibedakan menjadi 4 jenis, yaitu seperti yang disebutkan dibawah ini.

1. Perkerasan Kaku Bersambung tanpa Tulangan

Jenis perkerasan beton semen yang dibuat tanpa tulangan yang dihitung secara struktur, namun tetap menggunakan tulangan berupa tulangan *dowel* dan



*tie bar* yang berfungsi sebagai tulangan pengikat dan pengendali retak pada setiap sambungan. Bentuk ukuran pelat mendekati bujur sangkar, panjang dari pelatnya dibatasi oleh adanya sambungan-sambungan melintang. Panjang pelat dari jenis perkerasan ini berkisar antara 4-5 meter.

2. Perkerasan Kaku Bersambung dengan Tulangan

Jenis perkerasan beton yang dibuat dengan tulangan yang dihitung secara stuktur. Selain menggunakan tulangan *dowel* dan *tie bar* yang berfungsi sebagai tulangan pengikat pada setiap sambungan, jenis perkerasan ini juga menggunakan tulangan memanjang dan tulangan melintang yang berfungsi sebagai pengendali retak pada pelat. Ukuran pelatnya berbentuk empat persegi panjang, panjang dari pelatnya dibatasi oleh adanya sambungan-sambungan melintang. Panjang pelat dari jenis perkerasan ini berkisar antara 8-15 meter.

3. Perkerasan Kaku Menerus dengan Tulangan

Jenis perkerasan beton yang dibuat dengan tulangan dan dengan panjang pelat yang menerus yang hanya dibatasi oleh adanya sambungan-sambungan muai melintang. Panjang pelat dari jenis perkerasan ini lebih besar dari 75 meter.

4. Perkerasan Kaku Pra-tegang

Jenis perkerasan beton menerus, tanpa tulangan yang menggunakan kabel-kabel pratekan guna mengurangi pengaruh susut, muai dan lenting akibat perubahan temperatur dan kelembaban.

### 2.3 Rencana Anggaran Biaya

Dalam penyusunan anggaran biaya proyek terlebih dahulu perlu diketahui keperluan pembuatan anggaran biaya tersebut. Hal ini akan berpengaruh terhadap penyusunan dan hasil yang diharapkan. Faktor waktu dan kapan anggaran biaya akan digunakan ikut menentukan bagaimana cara penyusunan anggaran biaya tersebut. Secara garis besar ada dua macam anggaran biaya, yaitu : anggaran biaya raba atau perkiraan (*cost estimate*) dan anggaran biaya terperinci.

1. Anggaran Biaya Raba atau Perkiraan (*Cost Estimate*)

Hasil dari perhitungan anggaran biaya ini merupakan anggaran biaya kasar yang diusahakan agar tidak terpaut jauh dengan kondisi nyata pelaksanaan (*actual cost*). Untuk itu diperlukan bahan-bahan antara lain gambar pra-

rencana, keterangan singkat mengenai bahan atau material yang akan digunakan, cara pembuatannya dan persyaratan pokok yang ditentukan. Faktor yang berpengaruh dalam penyusunan anggaran biaya ini, yaitu : macam atau jenis dan ukuran bangunan, macam atau sifat konstruksi (berat atau ringan) dan lokasi atau letak dari bangunan.

## 2. Anggaran Biaya Terperinci

Anggaran biaya terperinci adalah biaya proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat, karena hasil yang diharapkan ialah harga bangunan secara rinci atau harga bangunan yang mendekati kondisi sebenarnya. Perhitungannya didasarkan pada :

- a. Peraturan dan syarat pelaksanaan pekerjaan atau bisa disebut bestek, digunakan dalam menentukan spesifikasi bahan dan syarat-syarat teknis.
- b. Gambar bestek digunakan dalam menentukan atau menghitung besarnya masing-masing volume pekerjaan.
- c. Harga satuan pekerjaan berguna dalam menentukan harga suatu pekerjaan, sehingga akan dapat diketahui besarnya harga masing-masing pekerjaan, harga satuan pekerjaan diperoleh dari perhitungan analisis.

## 3. Biaya Pelaksanaan Lapangan (*Actual Cost*)

Biaya pelaksanaan lapangan adalah keseluruhan biaya yang dikeluarkan pada saat pelaksanaan pekerjaan. Biaya tersebut adalah jumlah dari biaya upah tenaga kerja dan biaya material serta biaya peralatan. Biaya peralatan ini dimasukkan jika pelaksanaan pekerjaan menggunakan bantuan alat berat/mekanik.

Harga satuan pekerjaan lapangan adalah harga pekerjaan nyata yang diperoleh dari penjumlahan antara material, upah tenaga kerja dan peralatan yang digunakan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Jika pelaksanaan tidak menggunakan alat berat (secara manual), maka dengan sendirinya tidak ada penambahan biaya peralatan dalam menghitung harga satuan pekerjaan.

## 2.4 Tinjauan Penelitian

Sebagai tinjauan pustaka dalam penelitian ini, ada beberapa penelitian terdahulu yang telah membahas tentang tebal perkerasan dan biaya konstruksi lapis perkerasan. Adapun perbedaan penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Table 2.1

Tabel 2.1 Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu (1 dari 2)

Penelitian Terdahulu		Judul Penelitian	Penelitian Sekarang
Sumber			
Rudi Waluyo, Waluyo Nuswantoro 2008	Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangkaraya	Studi Perbandingan Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur	Analisis Perbandingan Tebal Perkerasan dan Biaya Konstruksi Lapis Perkerasan Kaku Bersambung dengan Tulangan dan Tanpa Tulangan
		Perbedaan	
		1. Perhitungan perkerasan kaku menggunakan metode NAASRA ( <i>National Association of Australian State Road Authorities</i> ) 2. Lokasi penelitian Jalan Adonis Samad Kabupaten Palangkaraya Propinsi Kalimantan Tengah 3. Perhitungan biaya menggunakan Panduan Analisis Harga Satuan tahun 1995	1. Perhitungan perkerasan kaku menggunakan metode SK-SNI 2003 2. Lokasi Jalan Tol Semarang-Solo Tahap I ruas Semarang-Bawen seksi I 3. Perhitungan biaya menggunakan Panduan Analisis Harga Satuan tahun 2010

Tabel 2.1 Lanjutan Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu (2 dari 2)

Caesar Lucas 2010	Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik ITS Surabaya	Perbandingan Konstruksi Perkerasan Lentur dan Konstruksi Perkerasan Kaku serta Analisa Ekonominya pada Proyek Jalan SP5-SP8 Kabupaten Manokwari	Analisis Perbandingan Tebal Perkerasan dan Biaya Konstruksi Lapis Perkerasan Kaku Bersambung dengan Tulangan dan Tanpa Tulangan
		Perbedaan	
		1. Perhitungan biaya menggunakan metode N.D.Lea, dan menganalisa kelayakan secara ekonomi dengan perhitungan BCR ( <i>Benefit Cost Ratio</i> ) 2.Lokasi Jalan SP5-SP8 Kabupaten Manokwari	1. Perhitungan biaya menggunakan metode “Analisis Harga Satuan” Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga No.008/BM/2010 2.Lokasi Jalan Tol Semarang-Solo Tahap I ruas Semarang-Bawen seksi I

(Sumber <http://digilib.its.ac.id> dan

<http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/uaj/article/viewFile/17540/17645>)

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 PERKERASAN KAKU (*RIGID PAVEMENT*)**

##### **3.1.1 Tanah Dasar**

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR insitu sesuai dengan SNI 03-1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989, masing-masing untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2 %, maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5 %. Cara-cara perhitungan CBR bila telah disertai dengan data-data nilai yang mewakili dari sejumlah nilai CBR yang didapat dari lapangan adalah sebagai berikut :

1. menentukan nilai CBR terendah,
2. menentukan berapa banyak nilai CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR,
3. nilai jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100%, jumlah lainnya merupakan persentase dari 100%,
4. membuat grafik hubungan antara nilai CBR dan persentasi jumlah nilai CBR, dan
5. nilai CBR yang mewakili adalah yang didapat dari angka persentase 90%

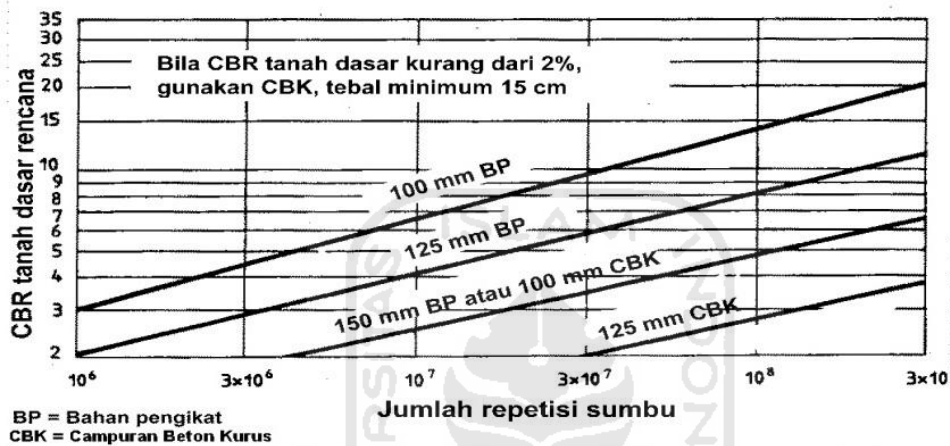
##### **3.1.2 Pondasi Bawah**

Bahan pondasi bawah dapat berupa :

1. bahan berbutir,
2. stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*lean rolled concrete*), dan
3. campuran beton kurus (*lean-mix concrete*).

Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen. Untuk tanah ekspansif perlu pertimbangan khusus perihal jenis dan penentuan lebar lapisan pondasi dengan memperhitungkan tegangan pengembangan yang mungkin timbul. Pemasangan lapis pondasi dengan lebar

sampai ke tepi luar lebar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi perilaku tanah ekspansif. Tebal lapisan pondasi minimum 10 cm yang paling sedikit mempunyai mutu sesuai dengan SNI No. 03-6388-2000 dan AASHTO M-155 serta SNI 03-1743-1989. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari Gambar 3.2



Gambar 3.1 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Perkerasan Beton Semen  
(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)



Gambar 3.2 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah  
(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

### 3.1.2.1 Pondasi Bawah Material Berbutir

Material berbutir tanpa pengikat harus memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI-03-6388-2000. Persyaratan dan gradasi pondasi bawah harus sesuai dengan kelas B. Sebelum pekerjaan dimulai, bahan pondasi bawah harus diuji gradasinya dan harus memenuhi spesifikasi bahan untuk pondasi bawah, dengan penyimpangan ijin 3% - 5%. Ketebalan minimum lapis pondasi bawah untuk tanah dasar dengan CBR minimum 5% adalah 15 cm. Derajat kepadatan lapis pondasi bawah minimum 100 %, sesuai dengan SNI 03-1743-1989.

### 3.1.2.2 Pondasi Bawah dengan Bahan Pengikat (*Bound Sub-base*)

Pondasi bawah dengan bahan pengikat (BP) dapat digunakan salah satu dari:

- a. Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat yang sesuai dengan hasil perencanaan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Jenis bahan pengikat dapat meliputi semen, kapur, serta abu terbang dan/atau slag yang dihaluskan.
- b. Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).
- c. Campuran beton kurus giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 MPa (55 kg/cm<sup>2</sup>).

### 3.1.2.3 Pondasi Bawah dengan Campuran Beton Kurus (*Lean-Mix Concrete*)

Campuran Beton Kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50 kg/cm<sup>2</sup>) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 MPa (70 kg/cm<sup>2</sup>) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10 cm.

### 3.1.2.4 Lapis Pemecah Ikatan Pondasi Bawah dan Pelat

Perencanaan ini didasarkan bahwa antara pelat dengan pondasi bawah tidak ada ikatan. Jenis pemecah ikatan dan koefisien geseknya dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Nilai Koefisien Gesekan ( $\mu$ )

No.	Lapis pemecah ikatan	Koefisien gesekan ( $\mu$ )
1	Lapis resap ikat aspal di atas permukaan pondasi bawah	1,0
2	Laburan parafin tipis pemecah ikat	1,5
3	Karet kompon ( <i>A chlorinated rubber curing compound</i> )	2,0

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

### 3.1.3 Beton Semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (flexural strength) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3–5 MPa (30-50 kg/cm<sup>2</sup>). Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5–5,5 MPa (50-55 kg/cm<sup>2</sup>). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5 kg/cm<sup>2</sup>) terdekat.

Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut :

$$f_{cf} = K (f'c)^{0,50} \text{ dalam MPa atau} \quad (3.1)$$

$$f_{cf} = 3,13 K (f'c)^{0,50} \text{ dalam kg/cm}^2 \quad (3.2)$$

Keterangan :

$f'c$  : kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm<sup>2</sup>)

$f_{cf}$  : kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm<sup>2</sup>)

K : konstanta, 0,62

Kuat tarik lentur dapat juga ditentukan dari hasil uji kuat tarik belah beton yang dilakukan menurut SNI 03-2491-1991 sebagai berikut :

$$f_{cf} = 1,37.f_{cs}, \text{ dalam MPa atau} \quad (3.3)$$

$$f_{cf} = 13,44.f_{cs}, \text{ dalam kg/cm}^2 \quad (3.4)$$

Keterangan :

$f_{cs}$  : kuat tarik belah beton 28 hari

Beton dapat diperkuat dengan serat baja (*steel-fibre*) untuk meningkatkan kuat tarik lenturnya dan mengendalikan retak pada pelat khususnya untuk bentuk tidak lazim. Serat baja dapat digunakan pada campuran beton, untuk jalan plaza



tol, putaran dan perhentian bus. Panjang serat baja antara 15 mm dan 50 mm yang bagian ujungnya melebar sebagai angker dan/atau sekrup penguat untuk meningkatkan ikatan. Secara tipikal serat dengan panjang antara 15 dan 50 mm dapat ditambahkan ke dalam adukan beton, masing-masing sebanyak 75 dan 45 kg/m<sup>3</sup>. Semen yang akan digunakan untuk pekerjaan beton harus dipilih dan sesuai dengan lingkungan dimana perkerasan akan dilaksanakan.

### **3.1.4 Lalu-lintas**

Penentuan beban lalu-lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Lalu-lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu-lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir. Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton. Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut :

- a. sumbu tunggal roda tunggal (STRT),
- b. sumbu tunggal roda ganda (STRG),
- c. sumbu tandem roda ganda (STdRG), dan
- d. sumbu tridem roda ganda (STrRG).

#### **3.1.4.1 Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi**

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu-lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi  
(C) Kendaraan Niaga pada Lajur Rencana

LEBAR PERKERASAN (L)	JUMLAH LAJUR (n)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L < 5,50 \text{ M}$	1 Lajur	1	1
$5,50 \text{ M} \leq L < 8,25 \text{ M}$	2 Lajur	0,7	0,5
$8,25 \text{ M} \leq L < 11,25 \text{ M}$	3 Lajur	0,5	0,475
$11,25 \text{ M} \leq L < 15,00 \text{ M}$	4 Lajur	-	0,45
$15,00 \text{ M} \leq L < 18,75 \text{ M}$	5 Lajur	-	0,425
$18,75 \text{ M} \leq L < 22,00 \text{ M}$	6 Lajur	-	0,4

\*) berat total  $\geq 5$  ton, misalnya : bus, truk, traktor, semi trailer, trailer

(Sumber: Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, 2003)

### 3.1.4.2 Umur Rencana (UR)

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu-lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara lain dengan metode *benefit cost ratio*, *internal rate of return*, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah. Umumnya perkerasan beton semen dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun.

### 3.1.4.3 Pertumbuhan Lalu-Lintas

Volume lalu-lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap di mana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu-lintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i} \quad (3.5)$$

Keterangan :

R : Faktor pertumbuhan lalu lintas

i : Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %.

UR : Umur rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan lalu-lintas ( R ) dapat juga ditentukan berdasarkan Tabel 3.3

Tabel 3.3 Faktor Pertumbuhan Lalu-Lintas ( R)

Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan (i) per tahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12,0	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20,0	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32,0	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50,0	73,7	111,4	172,3	271,0
40	40	60,4	95,0	154,8	259,1	442,6

(Sumber: Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, 2003)

Apabila setelah waktu tertentu (URm tahun) pertumbuhan lalu-lintas tidak terjadi lagi, maka R dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i} + (UR-URm)\{(1+i)^{URm} - 1\} \quad (3.6)$$

Keterangan :

R : Faktor pertumbuhan lalu lintas

i : Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %.

URm : Waktu tertentu dalam tahun, sebelum UR selesai.

#### 3.1.4.4 Lalu-Lintas Rencana

Lalu-lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan. Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil dari survai beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \quad (3.7)$$

Keterangan :

JSKN : Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana .

JSKNH : Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka.

R :Faktor pertumbuhan komulatif dari Rumus 3.5 atau Tabel 3.3 atau Rumus 3.6, yang besarnya tergantung dari pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana.

C : Koefisien distribusi kendaraan

### 3.1.4.5 Faktor Keamanan Beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan seperti terlihat pada Tabel 3.4

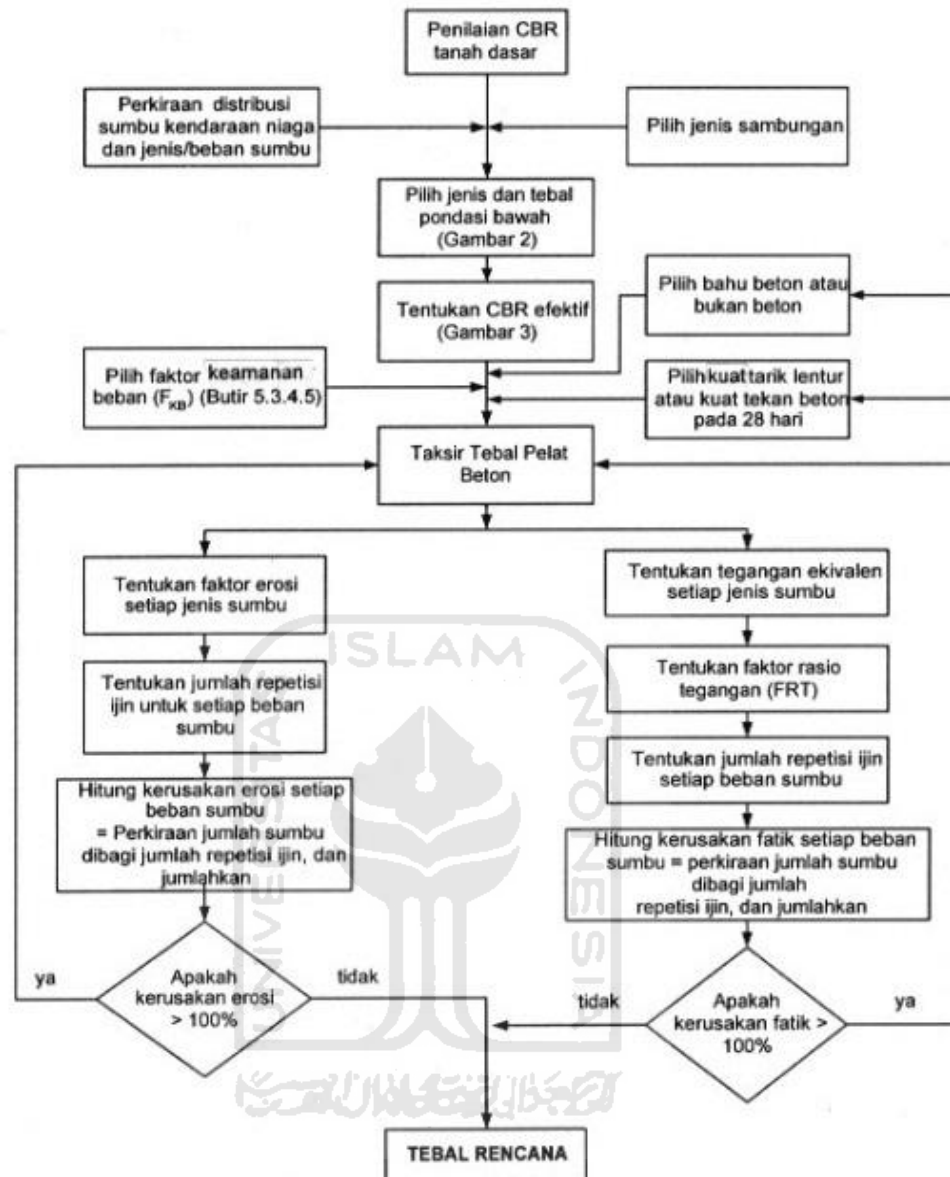
Tabel 3.4 Faktor Keamanan Beban (FKB)

No	Penggunaan	Nilai FKB
1	Jalan bebas hambatan utama ( <i>major freeway</i> ) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu-lintas dari hasil survai beban ( <i>weight-in-motion</i> ) dan adanya kemungkinan route alternatif, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15	1,2
2	Jalan bebas hambatan ( <i>freeway</i> ) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga sedang.	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah.	1

(Sumber: Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, 2003)

### 3.1.5. Analisis Tebal Perkerasan

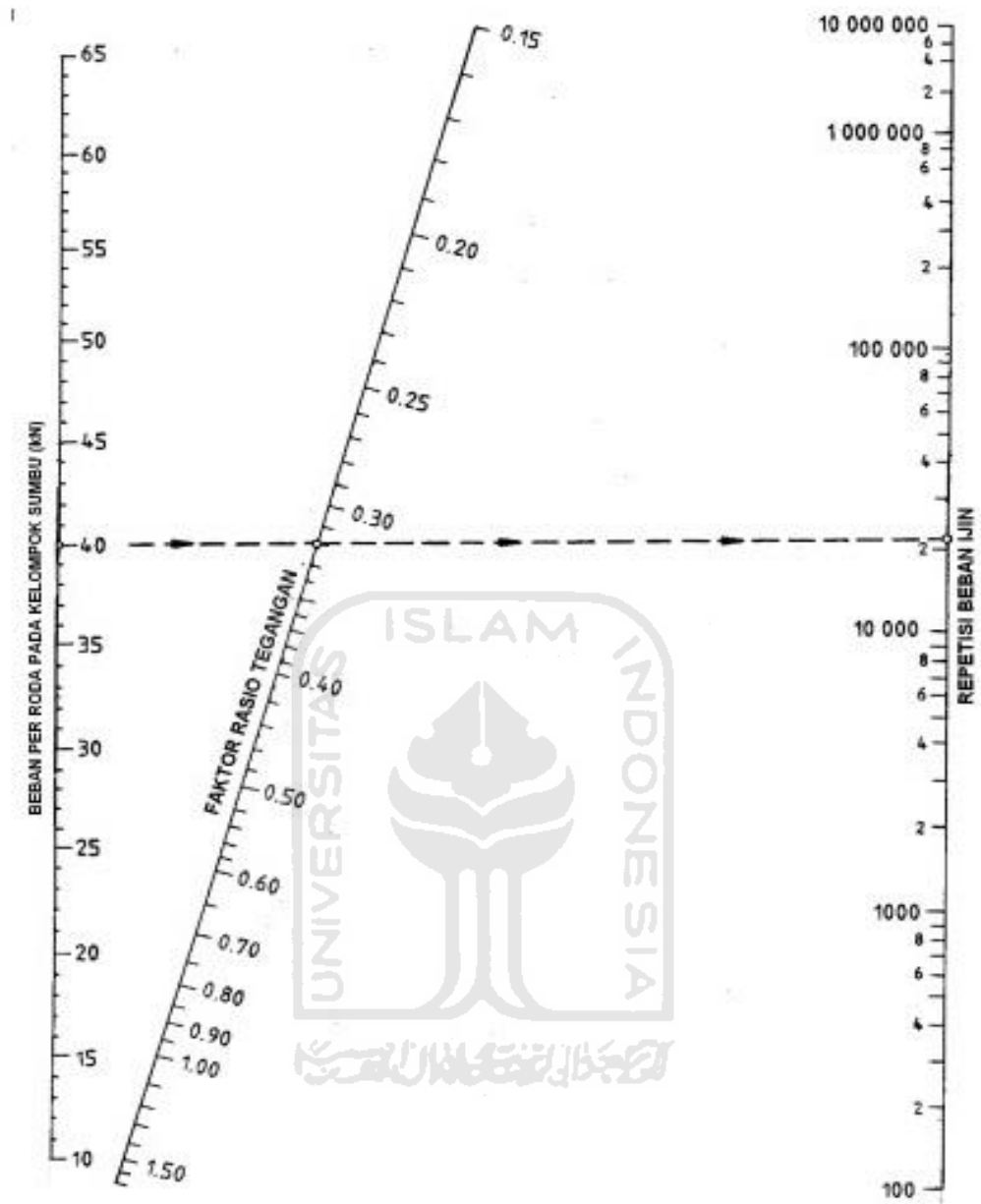
Tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu-lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal taksiran dinaikan dan proses perencanaan diulangi. Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%. Langkah-langkah perencanaan tebal pelat diperlihatkan pada Gambar 3.3 dan Tabel 3.4 .



Gambar 3.3 Langkah-Langkah Perencanaan Perkerasan Beton Semen

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

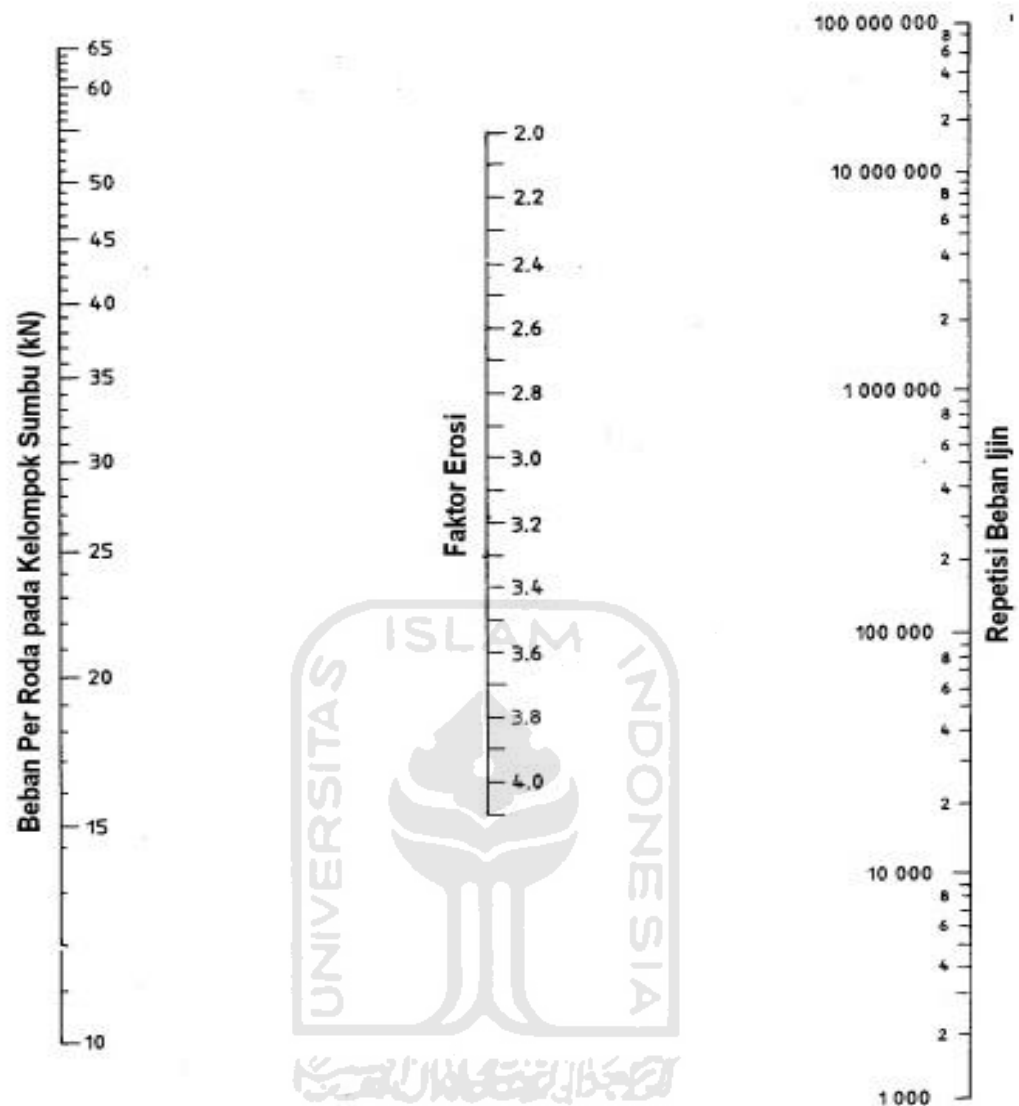
Gambar 3.4 menjelaskan secara singkat cara memperoleh repetisi beban izin analisis fatik dengan menarik garis secara linier yang menghubungkan antara beban per roda pada kelompok sumbu dan faktor rasio tegangan.



Gambar 3.4 Analisis Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, dengan /tanpa Bahu Beton

(Sumber: Departemen Perhubungan dan Prasarana Wilayah, 2003)

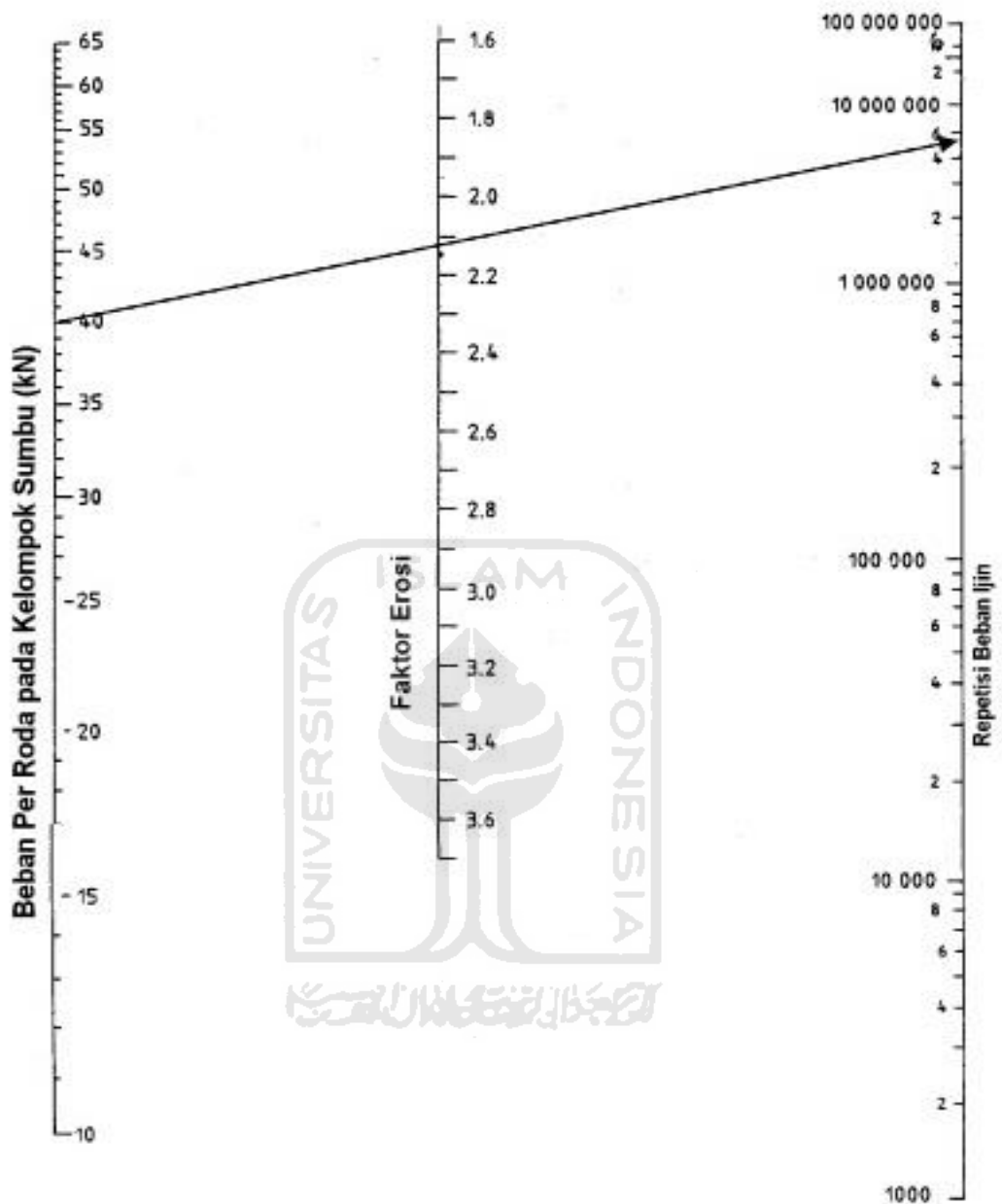
Gambar 3.5 menjelaskan secara singkat cara memperoleh repetisi beban izin analisis erosi tanpa bahu beton dengan menarik garis secara linier yang menghubungkan antara beban per roda pada kelompok sumbu dan faktor erosi.



Gambar 3.5 Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Ijin, Berdasarkan Faktor Erosi, tanpa Bahu Beton

(Sumber: Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, 2003)

Gambar 3.6 menjelaskan secara singkat cara memperoleh repetisi beban izin analisis erosi menggunakan bahu beton dengan menarik garis secara linier yang menghubungkan antara beban per roda pada kelompok sumbu dan faktor erosi.



Gambar 3.6 Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Berdasarkan Faktor Erosi, dengan Bahu Beton

(Sumber: Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, 2003)

Langkah-langkah perhitungan tebal perkerasan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.5 seperti berikut.



Tabel 3.5 Langkah-Langkah Perencanaan Tebal Perkerasan Beton Semen

Langkah	Uraian Kegiatan
1	Memilih jenis perkerasan beton semen, bersambung tanpa tulangan, bersambung dengan tulangan
2	Menentukan apakah menggunakan bahu beton atau bukan.
3	Menentukan jenis dan tebal pondasi bawah berdasarkan nilai CBR rencana dan memperkirakan jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana sesuai dengan Gambar 3.1
4	Menentukan CBR efektif berdasarkan nilai CBR rencana dan pondasi bawah yang dipilih sesuai dengan Gambar 3.2
5	Memilih kuat tarik lentur atau kuat tekan beton pada umur 28 hari ( $f_{cf}$ )
6	memilih faktor keamanan beban lalu lintas (FKB)
7	Mentaksir tebal pelat beton (taksiran awal dengan tebal tertentu berdasarkan pengalaman)
8	Menentukan tegangan ekuivalen (TE) dan faktor erosi (FE) untuk STRT
9	Menentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekuivalen (TE) oleh kuat tarik-lentur ( $f_{cf}$ ).
10	Untuk setiap rentang beban kelompok sumbu tersebut, tentukan beban per roda dan kalikan dengan faktor keamanan beban (Fkb) untuk menentukan beban rencana per roda. Jika beban rencana per roda $\geq 65$ kN (6,5 ton), anggap dan gunakan nilai tersebut sebagai batas tertinggi pada Gambar 3.4 sampai Gambar 3.6
11	Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik dari Gambar 3.6, yang dimulai dari beban roda tertinggi dari jenis sumbu STRT tersebut.
12	Menghitung persentase dari repetisi fatik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
13	Dengan menggunakan faktor erosi (FE), menentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi, dari Gambar 3.5 atau 3.6.
14	Menghitung persentase dari repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
15	Ulangi langkah 11 sampai dengan 14 untuk setiap beban per roda pada sumbu tersebut sampai jumlah repetisi beban ijin yang terbaca pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5 atau Gambar 3.6 yang masing-masing menapai 10 juta dan 100 juta repetisi.
16	Menghitung jumlah total fatik dengan menjumlahkan persentase fatik dari setiap beban roda pada STRT tersebut. Dengan cara yang sama menghitung jumlah total erosi dari setiap beban roda pada STRT tersebut.
17	mengulangi langkah 8 sampai dengan langkah 16 untuk setiap jenis kelompok sumbu lainnya.
18	Menghitung jumlah total kerusakan akibat fatik dan jumlah total kerusakan akibat erosi untuk seluruh jenis kelompok sumbu.
19	Mengulangi langkah 7 sampai dengan langkah 18 hingga diperoleh ketebalan tertipis yang menghasilkan total kerusakan akibat fatik dan atau erosi $\leq 100\%$ . Tebal tersebut sebagai tebal perkerasan beton semen yang direncanakan.

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

### 3.1.6 Perencanaan Tulangan

Tujuan utama penulangan pada lapis perkerasan kaku adalah berfungsi untuk :

1. membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan,
2. memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan, dan
3. mengurangi biaya pemeliharaan jumlah tulangan yang diperlukan dipengaruhi oleh jarak sambungan susut, sedangkan dalam hal beton bertulang menerus, diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut.

#### 3.1.6.1 Perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan

Pada perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan, ada kemungkinan penulangan perlu dipasang guna mengendalikan retak. Bagian-bagian pelat yang diperkirakan akan mengalami retak akibat konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari dengan pengaturan pola sambungan, maka pelat harus diberi tulangan. Penerapan tulangan umumnya dilaksanakan pada :

1. pelat dengan bentuk tak lazim (*odd-shaped slabs*), pelat disebut tidak lazim bila perbandingan antara panjang dengan lebar lebih besar dari 1,25, atau bila pola sambungan pada pelat tidak benar-benar berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang,
2. pelat dengan sambungan tidak sejalur (*mismatched joints*), dan
3. pelat berlubang (*pits or structures*).

### 3.1.7 Perencanaan Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

1. membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu-lintas,
2. memudahkan pelaksanaan, dan
3. mengakomodasi gerakan pelat.

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan yaitu :

1. sambungan memanjang,
2. sambungan melintang, dan
3. sambungan isolasi.

Semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu harus diberi bahan pengisi (*joint filler*).

### 3.1.7.1 Sambungan Memanjang dengan Batang Pengikat (*Dowel*)

Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3 - 4 m. Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum baja tulangan ulir (BJTU- 24) dan berdiameter 16 mm.

Ukuran batang pengikat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$A_t = 204 \times b \times h \quad \text{dan} \quad (3.8)$$

$$l = (38,3 \times D) + 75 \quad (3.9)$$

Keterangan :

$A_t$  = Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan ( $\text{mm}^2$ ).

$b$  = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).

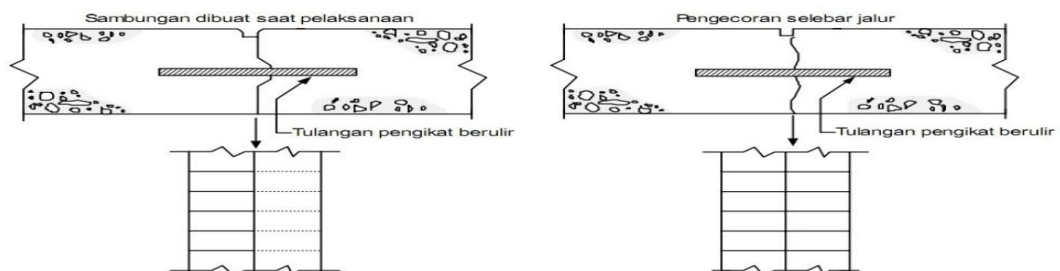
$h$  = Tebal pelat (m).

$l$  = Panjang batang pengikat (mm).

$D$  = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm.

Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada Gambar 3.7

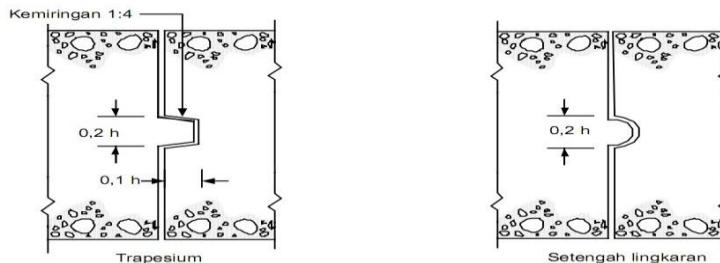


Gambar 3.7 Tipikal Sambungan Memanjang

(Sumber: Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, 2003)

### 3.1.7.2 Sambungan Pelaksanaan Memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

Sebelum penghamparan pelat beton di sebelahnya, permukaan sambungan pelaksanaan harus dicat dengan aspal atau kapur tembok untuk mencegah terjadinya ikatan beton lama dengan yang baru.

### 3.1.7.3 Sambungan Susut Memanjang

Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih plastis dengan kedalaman sepertiga dari tebal pelat.

### 3.1.7.4 Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang

Ujung sambungan ini harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang jalan dan tepi perkerasan. Untuk mengurangi beban dinamis, sambungan melintang harus dipasang dengan kemiringan 1 : 10 searah perputaran jarum jam.

### 3.1.7.5 Sambungan Susut Melintang

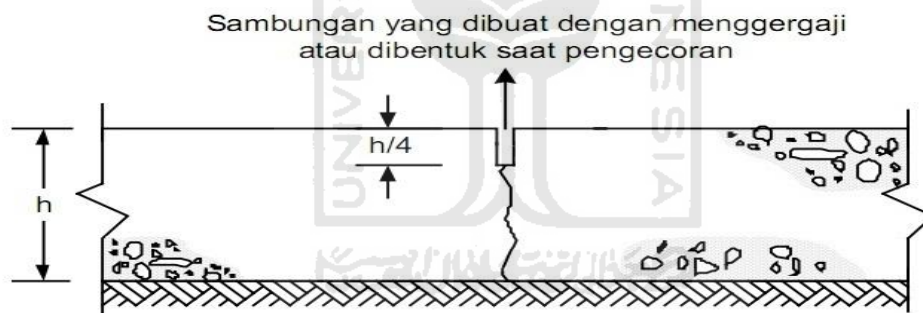
Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 3.9 dan 3.10. Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4 - 5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8 - 15 m dan untuk sambungan perkerasan beton

menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan. Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada Tabel 3.6

Tabel 3.6 Diameter Ruji

No	Tebal pelat beton $h$ (mm)	Diameter ruji (mm)	Panjang (mm)	Jarak (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20	450	300
2	$140 < h \leq 160$	24	450	300
3	$160 < h \leq 190$	28	450	300
4	$190 < h \leq 220$	33	450	300
5	$220 < h \leq 250$	36	450	300

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)



Gambar 3.9 Sambungan Susut Melintang tanpa Ruji

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

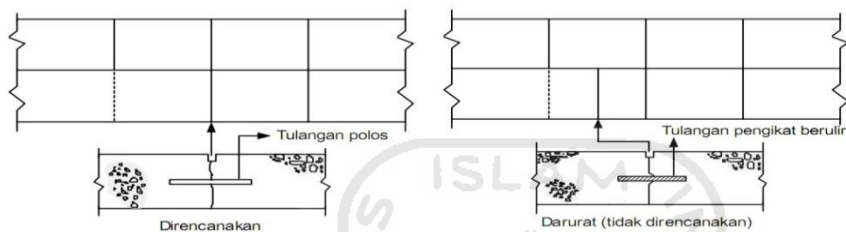


Gambar 3.10 Sambungan Susut Melintang dengan Ruji

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

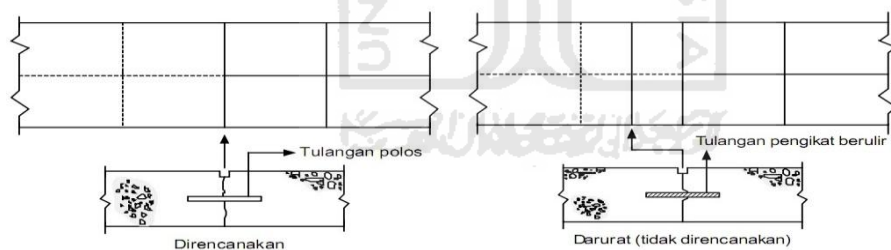
### 3.1.7.6 Sambungan Pelaksanaan Melintang

Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan (darurat) harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan pada sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan di tengah tebal pelat. Tipikal sambungan pelaksanaan melintang diperlihatkan pada Gambar 3.11 dan Gambar 3.12. Sambungan pelaksanaan tersebut di atas harus dilengkapi dengan batang pengikat berdiameter 16 mm, panjang 69 cm dan jarak 60 cm, untuk ketebalan pelat sampai 17 cm. Untuk ketebalan lebih dari 17 cm, ukuran batang pengikat berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm.



Gambar 3.11 Sambungan Pelaksanaan yang Direncanakan dan yang Tidak Direncanakan untuk Pengecoran Per Lajur

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)



Gambar 3.12 Sambungan Pelaksanaan yang Direncanakan dan yang Tidak Direncanakan untuk Pengecoran Seluruh Lebar Perkerasan

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

### 3.1.7.7 Sambungan Isolasi

Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya manhole, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya. Contoh persimpangan yang membutuhkan sambungan isolasi.

Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5 – 7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*).

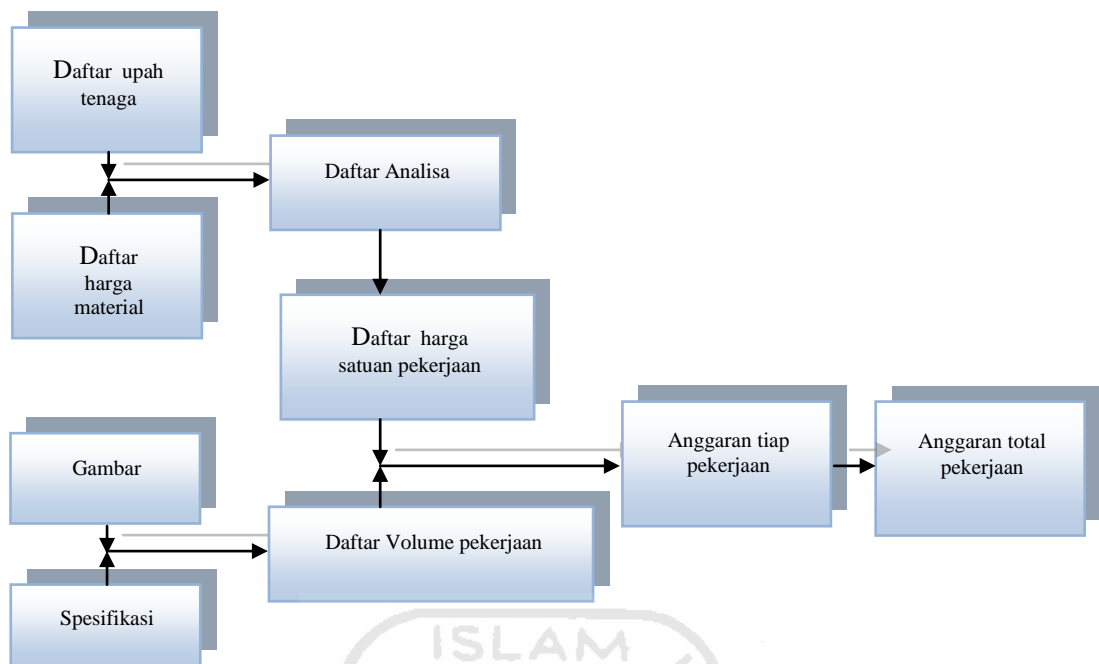
### 3.2 Perencanaan Anggaran Biaya

Estimasi biaya atau Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perkiraan atau perhitungan biaya-biaya yang diperlukan untuk tiap pekerjaan dalam suatu proyek, sehingga diperoleh biaya total yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek tersebut. Anggaran Biaya (RAB) dihitung berdasarkan gambar-gambar rencana, upah tenaga kerja, harga satuan pekerjaan, dan alat yang digunakan dalam proyek pembangunan jalan Tol tersebut.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam pembuatan Rencana Anggaran Biaya (RAB) suatu proyek adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data gambar rencana, harga material bangunan, dan upah tenaga kerja.
2. Menghitung volume untuk tiap pekerjaan yang ada.
3. Menghitung harga masing-masing jenis pekerjaan. Menggunakan metode “Analisis Harga Satuan” yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, No.028/T/BM/1995
4. Membuat rekapitulasi dari masing-masing jenis pekerjaan, sehingga diperoleh harga nominal proyek. Kemudian dengan menambahkan jasa pemborong atau kontraktor (10% dari jumlah nominal) dan PPN 10%, maka diperoleh jumlah total anggaran proyek.

Untuk lebih jelasnya bagan perhitungan anggaran biaya dapat dilihat pada Gambar 3.13



Gambar 3.13 Bagan Perhitungan Anggaran Biaya





## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 METODE PENELITIAN**

Metode penelitian adalah langkah-langkah dan rencana dari proses berpikir dan memecahkan masalah mulai dari penelitian dan pendahuluan, penemuan masalah, pengamatan, pengumpulan data baik dari referensi tertulis maupun observasi langsung di lapangan, melakukan pengolahan dan interpretasi data sampai penarikan kesimpulan atas permasalahan yang diteliti. Proses penelitian dimulai dengan menemukan dan mengenali permasalahan yang ada, dengan menggunakan tinjauan pustaka maka dapat mengetahui sejauh mana tinjauan terdapat masalah yang akan diteliti.

Penelitian yang dilakukan merupakan sebuah penelitian tentang analisis perbandingan antara perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dengan perkerasan kaku bersambung dengan tulangan, ditinjau terhadap struktur lapis perkerasan dan biaya konstruksi lapis perkerasannya pada jalan tol Semarang-Solo Tahap I Ruas Semarang-Bawen Seksi 1. Program kerja penelitian sesuai dengan bagan alir pada gambar 4.1.

#### **4.2 METODE PENENTUAN SUBJEK**

Metode penentuan subjek adalah sesuatu yang dijadikan sasaran dalam penelitian. Pada penelitian ini yang menjadi subjek adalah Pembangunan jalan tol Semarang- Solo Tahap I Ruas Semarang-Bawen Seksi 1

#### **4.3 SUMBER DATA**

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini ada 2 yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data primer, pada penelitian ini, peneliti tidak melakukan pengumpulan data secara langsung di lapangan. Peneliti hanya melakukan pengamatan kondisi

lapangan yang berkaitan dengan kondisi topografi dan kondisi lingkungan dari jalan yang akan direncanakan.

2. Data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari PT.Trans Marga Jawa Tengah, antara lain berupa data jenis kendaraan, beban kendaraan, laju harian rata-rata (LHR) pada awal rencana, data CBR hasil pengujian lapangan, jenis jalan, angka pertumbuhan lalu lintas, curah hujan, kelayakan jalan, tipe jalan, umur rencana jalan, daftar harga satuan bahan, daftar harga satuan sewa alat, daftar harga satuan tenaga kerja dan biaya pemeliharaan jalan, referensi atau literatur yang berkaitan dengan jalan raya serta hasil wawancara.

#### **4.4 METODE PENGUMPULAN DATA**

##### **4.4.1 Tinjauan Pustaka**

Tinjauan pustaka bertujuan untuk mendapatkan informasi dan data mengenai teori-teori yang berkaitan dengan pokok permasalahan yang diperoleh dari literatur-literatur, bahan kuliah, media internet dan media cetak lainnya. Selain itu tinjauan pustaka tersebut digunakan untuk mendapatkan gambaran mengenai teori yang dapat dipakai dalam penelitian sehingga hasil yang didapatkan bersifat ilmiah.

##### **4.4.2 Tinjauan Lapangan**

Pengumpulan data dilakukan secara langsung pada Dinas Perhubungan, Informasi dan Komunikasi Propinsi Jawa Tengah dan PT.Trans Marga Jawa Tengah, setelah terlebih dahulu mengetahui kondisi lapangan dimana penelitian akan dilakukan. Pada studi lapangan ini teknik pengambilan data yang dilakukan adalah observasi langsung.

Observasi langsung, yaitu dengan mengadakan pengamatan/*survey* secara langsung terhadap kegiatan-kegiatan yang terjadi di lokasi pembangunan jalan tol Semarang - Solo Tahap I Ruas Semarang-Bawen Seksi 1. Observasi langsung yang dilakukan peneliti yaitu dengan melakukan tanya jawab dengan narasumber yang terkait untuk mendapatkan data yang diperlukan.

#### 4.5 METODE ANALISIS DATA

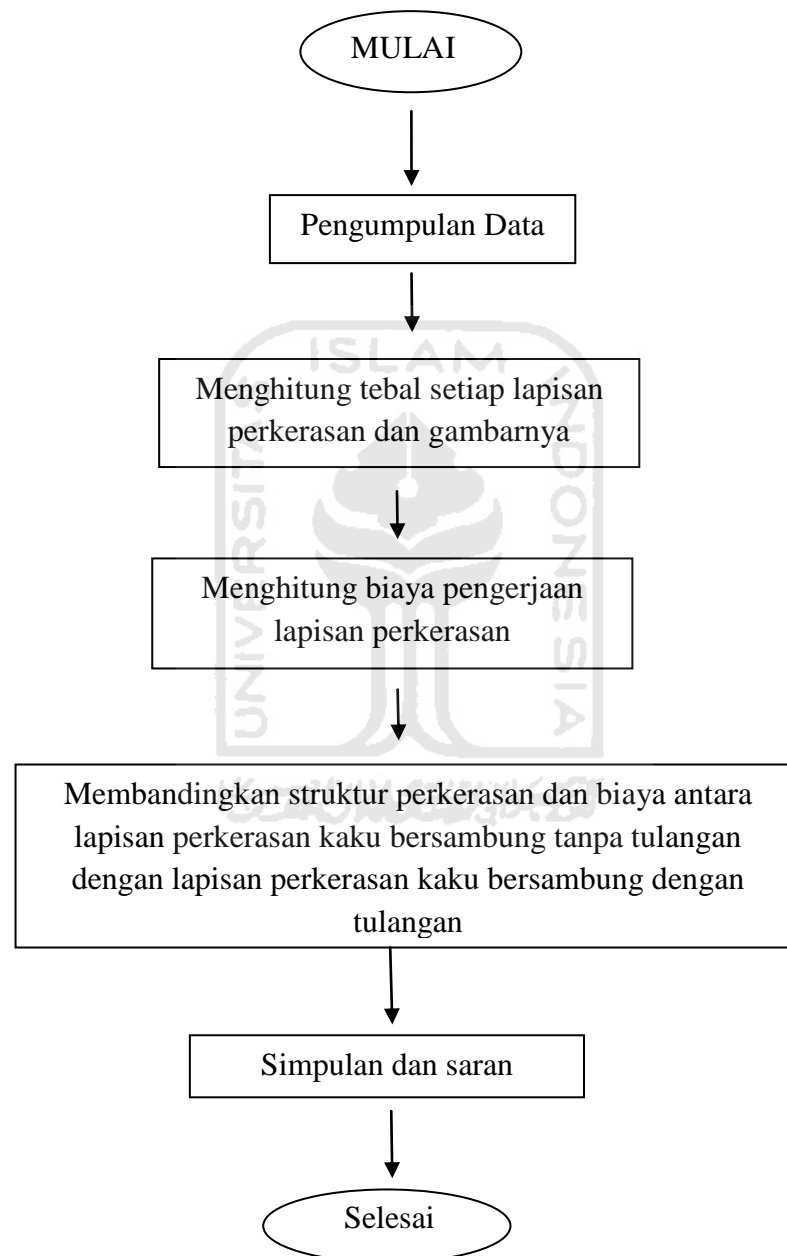
Analisis data merupakan pengolahan terhadap data-data yang telah dikumpulkan. Analisis yang digunakan pada penelitian ini yaitu analisis untuk mengetahui ketebalan tiap lapis perkerasan jalan, dengan menggunakan program excel sebagai alat bantu dalam pengolahan data.

Data yang akan dihitung adalah:

1. Menghitung ketebalan perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dan perkerasan kaku bersambung dengan tulangan berdasarkan jenis kendaraan, beban kendaraan, laju harian rata-rata (LHR) pada awal rencana, data CBR hasil pengujian lapangan, jenis jalan, angka pertumbuhan lalu lintas, curah hujan, kelandaian jalan, tipe jalan, umur rencana jalan.
2. Penyajian berupa gambar perbandingan konstruksi perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dan konstruksi perkerasan kaku bersambung dengan tulangan
3. Analisis volume konstruksi, pada tahap ini antara lain menentukan lebar efektif dan panjang efektif karena adanya variasi pada panjang dan lebar jalan, selanjutnya menghitung volume konstruksi dengan cara mengalikan panjang, lebar dan tebal masing-masing konstruksi.
4. Analisis harga satuan pekerjaan pada tahap ini harga satuan diperoleh dari "Analisis Harga Satuan" yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, No. 008/BM/2010.
5. Analisis biaya konstruksi berdasarkan hasil perhitungan volume dan harga satuan konstruksi pada pekerjaan lapis pondasi agregat maka diperoleh biaya total untuk konstruksi.
6. Analisis perbandingan biaya konstruksi berdasarkan hasil biaya total untuk konstruksi perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dan konstruksi perkerasan kaku bersambung dengan tulangan dapat dibandingkan.

#### 4.6 BAGAN ALIR METODE PENELITIAN

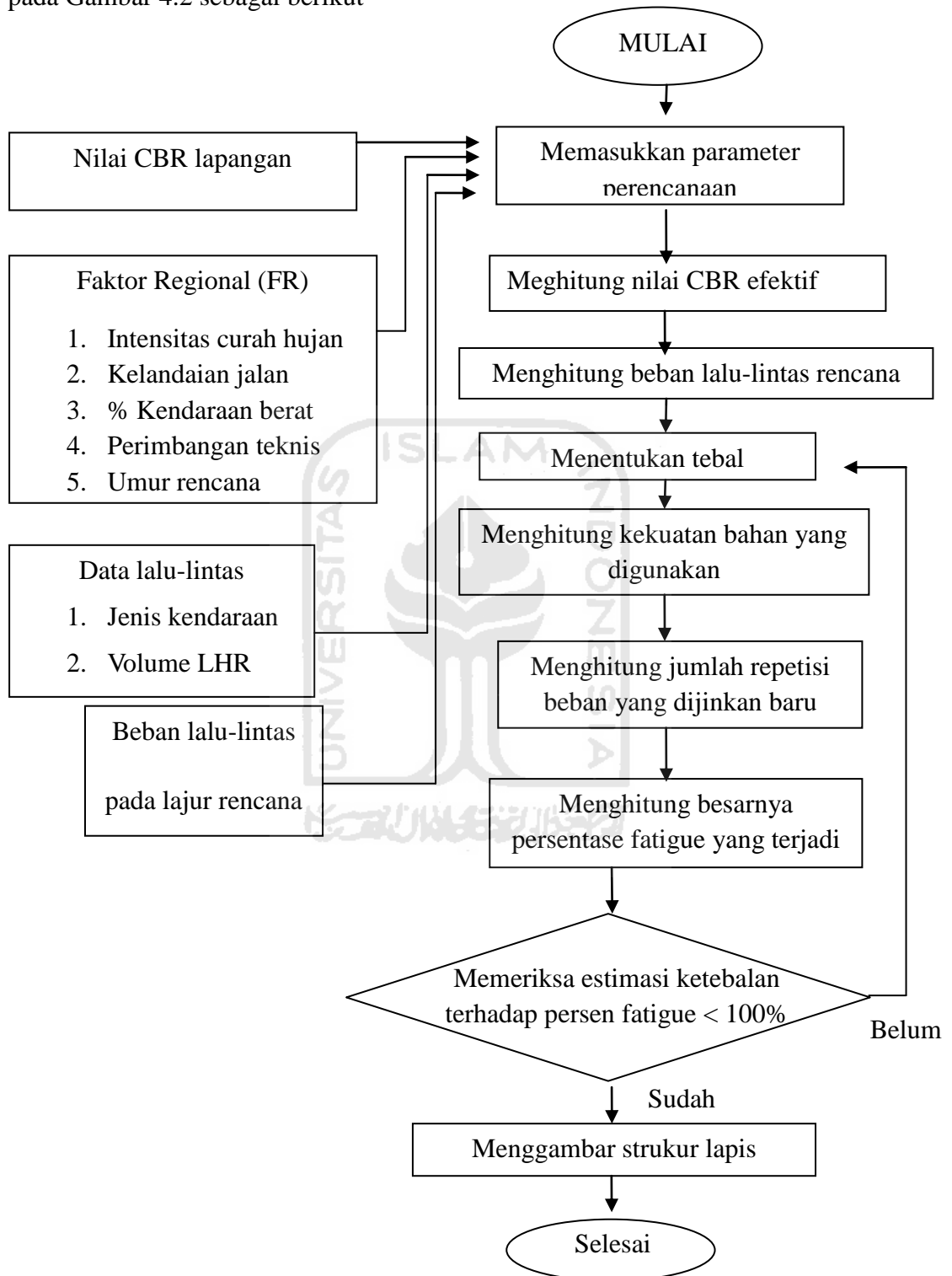
Berikut adalah gambaran menyeluruh dari bagan alir metode penelitian



Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian

#### 4.6 BAGAN ALIR PERHITUNGAN LAPISAN PERKERASAN KAKU

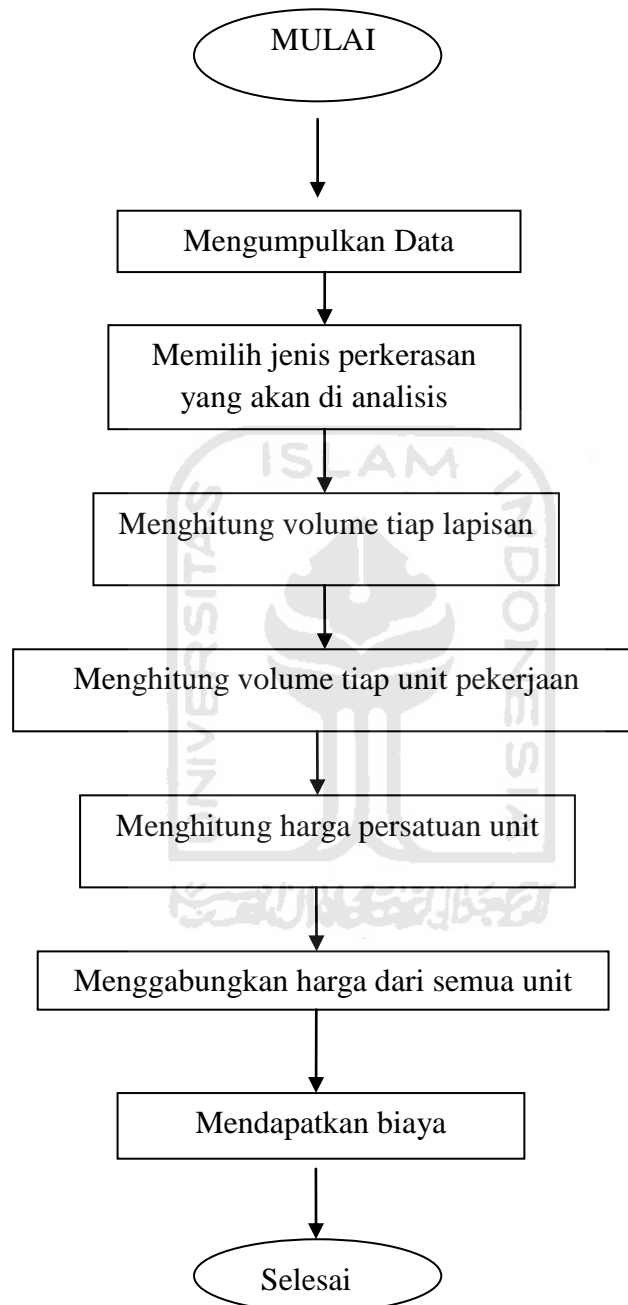
Gambaran langkah-langkah perhitungan lapis perkerasan kaku dapat dilihat pada Gambar 4.2 sebagai berikut



Gambar 4.2 Bagan Alir Perhitungan Lapisan Perkerasan Kaku

#### 4.7 BAGAN ALIR PERHITUNGAN BIAYA SETIAP PERKERASAN

Gambaran langkah-langkah perhitungan biaya pada setiap lapis perkerasan kaku dapat dilihat pada Gambar 4.3 sebagai berikut



Gambar 4.3 Bagan Alir Perhitungan Biaya Setiap Perkerasan

## BAB V

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 DATA PERENCANAAN

Langkah pertama dalam menganalisis pertumbuhan lalu-lintas adalah dengan mencari prediksi pertumbuhan lalu-lintas setiap tahun. Data-data yang digunakan untuk perhitungan prediksi pertumbuhan lalu-lintas adalah data arus lalu-lintas pada jam puncak primer, data pertumbuhan arus lalu-lintas pada jalan tersebut dan pertumbuhan ekonomi pada daerah tersebut dan sekitarnya. Untuk mencari pertumbuhan lalu-lintas setiap tahunnya menggunakan persamaan berikut:

$$i = \sqrt[n]{\frac{b}{a}} - 1 \times 100\%$$

keterangan:

b = Volume lalu-lintas tahun ke n

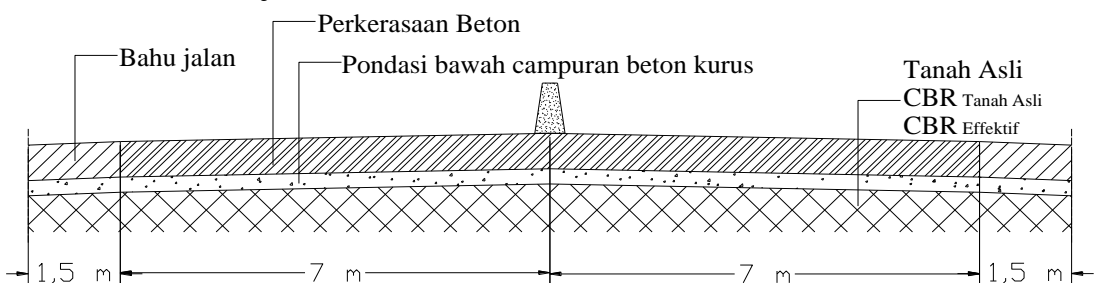
a = Volume lalu-lintas tahun dasar

i = Tingkat pertumbuhan lalu-lintas (% pertahun)

n = Jumlah tahun antara data a ke n

(sumber: Ahmad Munawar, 2004)

Data pada penelitian ini, peneliti menggunakan data langsung dari PT. Trans Marga Jawa Tengah, jalan yang direncanakan merupakan jalan Tol, pada tahun pembuatan angka pertumbuhan lalu-lintas selama satu tahun sebesar 9,482 %, angka pertumbuhan lalu-lintas setelah pembuatan sebesar 7,086 %, curah hujan lokasi kawasan rencana jalan 3791 mm/tahun, kelayakan rata-rata 2%, tipe jalan 4 lajur 2 arah, umur rencana jalan adalah 20 tahun.



Gambar 5.1 Potongan Melintang Rencana Jalan

Data CBR tanah dasar yang diperoleh dari hasil uji lapangan pada setiap titik stasioning dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan data hasil pengamatan lalu-lintas harian pada tahun 2010 dapat dilihat pada Tabel 5.2

Tabel 5.1 Data CBR Lapangan

No	Stasioning	Nilai CBR
1	2+039.571	8,4
2	4+260.628	8,5
3	5+156.173	10
4	7+280.234	12,1
5	7+750.595	8,8
6	9+365.763	4,6
7	13+852.762	12,3
8	16+997.813	11,9
9	19+176.727	6,1
10	19+814.781	6
11	19+496.786	1,1

(Sumber :Data Teknik PT.Trans Marga Jawa Tengah, 2010 )

Tabel 5.2 LHR Awal Rencana

Jenis kendaraan	Beban sumbu		LHR(2010)
	Depan (ton)	Belakang (ton)	Kendaraan/hari
Mobil penumpang	1 (STRT)	1 (STRT)	11736
Bus	3 (STRT)	5 (STRG)	634
Truk 2as kecil	2 (STRT)	4 (STRG)	3072
Truk 2as besar	5 (STRT)	8 (STRG)	888
Truk 3as tandem	6 (STRT)	14 (STdRG)	869

(Sumber :Dinas Pekerjaan Umum Metro Semarang, 2011)

## 5.2 PERHITUNGAN CBR TANAH DASAR

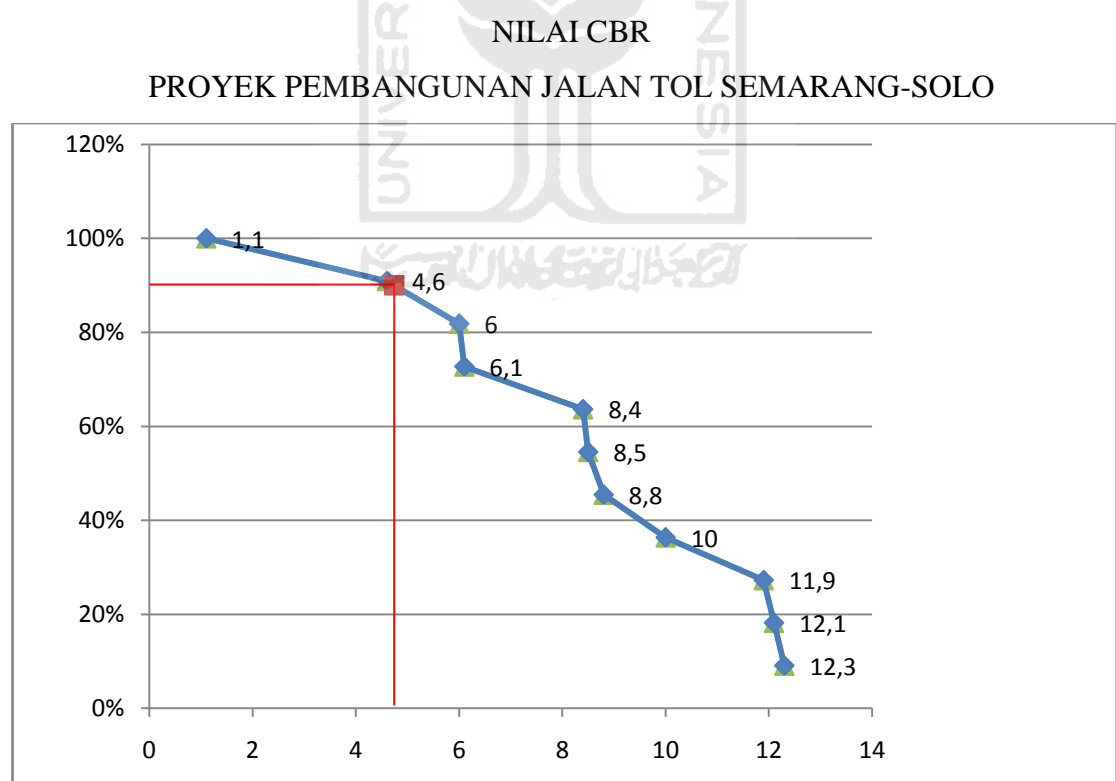
Dari Tabel 5.1 hasil uji lapangan pada perencanaan jalan Tol Semarang- Solo Tahap I Ruas Semarang-Bawen Seksi 1, maka besarnya nilai CBR rata-rata dapat dicari dengan menggunakan Tabel 5.3 dan gambar 5.1. Perhitungan berdasarkan pada



pedoman perencanaan perkerasan jalan beton semen yang diterbitkan oleh Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah, Direktorat Pekerjaan Umum

Tabel 5.3 : Perhitungan Nilai CBR yang Sama atau Lebih Besar

CBR	Jumlah yang sama/lebih besar	% yang sama/lebih besar
1,1	11	100,00
4,6	10	91
6	9	82
6,1	8	73
8,4	7	64
8,5	6	55
8,8	5	45
10	4	36
11,9	3	27
12,1	2	18
12,3	1	9
CBR Tanah Dasar (CBR 90%) = 4,47 % (hasil grafik)		



Gambar 5.2 Grafik Nilai CBR

### 5.3 DATA PARAMETER PERENCANAAN

Umur rencana	= 20 tahun
CBR tanah dasar	= 4,74 %
Kuat tarik lentur (fcf)	= 3,6 Mpa (direncanakan $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ )
Bahan pondasi bawah	= Direncanakan menggunakan stabilisasi
Mutu baja tulangan	= Direncanakan BJTU 39 (fy: tegangan leleh = $3900 \text{ kg/cm}^2$ ) Untuk BMDT dan BJTU 24 (fy : tegangan leleh = $2400 \text{ kg/cm}^2$ ) untuk BBDT.

Koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi ( $\mu$ ) = 1,3

Bahu jalan = Direncanakan ada (beton).

Ruji (dowel) = Direncanakan ada

Direncanakan perkerasan beton semen untuk jalan 4 lajur 2 arah untuk Jalan Tol.

Perencanaan meliputi :

Perkerasan beton bersambung tanpa tulangan (BBTT) dan Perkerasan beton bersambung dengan tulangan (BBDT)

### 5.4 ANALISIS LALU-LINTAS

#### 5.4.1 Volume Lalu-Lintas Harian

Dari Tabel 5.2 hasil pengamatan lalu-lintas harian pada tahun 2010, maka besarnya volume lalu-lintas harian tahun 2011 dapat diketahui seperti pada Tabel 5.4, berdasarkan volume lalu-lintas harian tahun 2011 maka dapat dihitung jumlah sumbu kendaraan niaga (JKSN) tahun 2011, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.4 Volume Lalu-Lintas Harian 2011

Jenis kendaraan	Beban sumbu		LHR(2010)	LHR(2011)
	Depan (ton)	Belakang (ton)	Kend/hari	Kend/hari
Mobil penumpang	1 (STRT)	1 (STRT)	11736	12849
Bus	3 (STRT)	5 (STRG)	634	694
Truk 2as kecil	2 (STRT)	4 (STRG)	3072	3363
Truk 2as besar	5 (STRT)	8 (STRG)	888	972
Truk 3 as tandem	6 (STRT)	14 (STdRG)	869	951

$$\begin{aligned}
 \text{LHR 2011} &= \text{LHR 2010} \times (1+i)^{UR} \\
 &= 11736 \times (1+0,09482)^1 \\
 &= 12849 \text{ kend/hari}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.5 Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) Tahun 2011

Jenis kendaraan	Konfigurasi beban sumbu (ton)				Jum Kend	Jum. sumbu Perkend (bh)	Jum Sumbu (bh)	STRT		STRG		STdRG	
	RD	RB	RGD	RGB				BS (ton)	JS (bh)	BS (ton)	JS (bh)	BS (ton)	JS (bh)
1	2				3	4	5	6	7	8	9	10	11
MP	1	1	-	-	12849	-	-	-	-	-	-	-	-
Bus	3	5	-	-	694	2	1388	3	694	5	694	-	-
Truk 2as kecil	2	4	-	-	3363	2	6727	2	3363	4	3363	-	-
Truk 2as besar	5	8	-	-	972	2	1944	5	972	8	972	-	-
Truk 3as tandem	6	14	-	-	951	2	1903	6	951			14	951
Total							<b>11962</b>		<b>5981</b>		<b>5030</b>		<b>951</b>

RD = roda depan, RB = roda belakang, RGD = roda gandeng depan, RGB = roda gandeng belakang, BS = beban sumbu, JS = jumlah sumbu, STRT = sumbu tunggal roda tunggal, STRG = sumbu tunggal roda ganda, STdRG = sumbu tandem roda ganda.

$$\begin{aligned}
 R &= ((1+i)^{UR} - 1)/i \\
 &= ((1+0,07086)^{20} - 1) / 0,07086 \\
 &= 41,38\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JSKNRencana} &= 365 \times \text{JSKNH} \times R \times C \\
 &= 365 \times 11962 \times 41,38 \times 0,45 \\
 &= 8,13 \times 10^7 \text{ jumlah sumbu kendaraan selama umur rencana}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Nilai C diperoleh dari Tabel 3.2

Nilai R (Faktor pertumbuhan lalu lintas) dapat diperoleh dari Tabel 3.3. Nilai R dapat juga diperoleh secara analisis dengan menggunakan rumus  $R = ((1+i)^{UR} - 1)/i$ .

JSKNH (Jumlah sumbu kendaraan niaga harian) diperoleh dari Tabel 5.5 pada kolom 5 paling bawah.

#### 5.4.2 Perhitungan Repetisi Sumbu yang Terjadi

Perhitungan repetisi sumbu yang terjadi berdasarkan data-data yang telah diperoleh, selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.6

Tabel 5.6 Repetisi Sumbu yang Terjadi.

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Jumlah Sumbu	Proporsi Beban	Proporsi Sumbu	Lalu-lintas Rencana	Repetisi yang terjadi
1	2	3	4	5	6	7 = 4 x 5 x 6
STRT	6	951	0,159	0,5	$8,13 \times 10^7$	$6,47 \times 10^6$
	5	972	0,163	0,5	$8,13 \times 10^7$	$6,61 \times 10^6$
	2	3363	0,562	0,5	$8,13 \times 10^7$	$2,29 \times 10^7$
	3	694	0,116	0,5	$8,13 \times 10^7$	$4,72 \times 10^6$
Total		<b>5981</b>	<b>1</b>			
STRG	8	972	0,193	0,4	$8,13 \times 10^7$	$6,61 \times 10^6$
	5	694	0,138	0,4	$8,13 \times 10^7$	$4,72 \times 10^6$
	4	3363	0,669	0,4	$8,13 \times 10^7$	$2,29 \times 10^7$
Total		<b>5030</b>	<b>1</b>			
STdRG	14	951	1	0,08	$8,13 \times 10^7$	$6,47 \times 10^6$
Total		<b>951</b>	<b>1</b>			$6,47 \times 10^6$
Komulatif						<b><math>8,13 \times 10^7</math></b>

Keterangan :

Kolom 1 : Jenis sumbu

Kolom 2 :Beban sumbu yang diperoleh dari Tabel 5.5 pada kolom 6, 8 dan 10. Setelah itu masukkan beban sumbu sesuai dengan jenis sumbunya.

Kolom 3 : Jumlah sumbu yang diperoleh dari Tabel 5.5 pada kolom 7, 9 dan 11 Setelah itu masukkan jumlah sumbu sesuai dengan beban sumbunya.

$$\begin{aligned} \text{Kolom 4 : Proporsi beban} &= \frac{\text{jumlah sumbu setiap beban sumbu (kolom 3)}}{\text{total jumlah sumbu pada setiap jenis sumbu}} \\ &= \frac{951}{5981} = 0,159 \end{aligned}$$

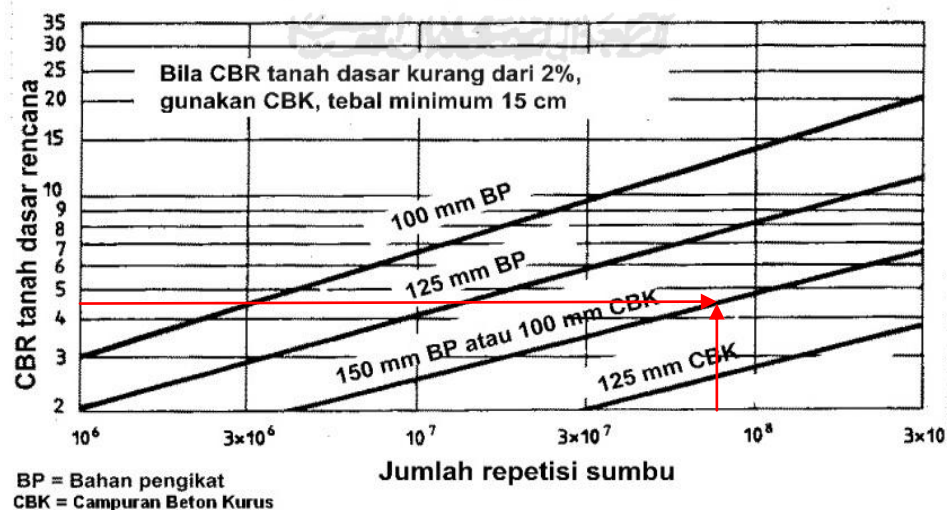
$$\begin{aligned} \text{Kolom 5 : Proporsi sumbu} &= \frac{\text{jumlah total sumbu setiap jenis sumbu (kolom 3)}}{\text{jumlah total sumbu pada seluruh jenis sumbu}} \\ &= \frac{5981}{5981+5030+951} = 0,5 \end{aligned}$$

Kolom 6 : Lalulintas rencana diperoleh dari nilai JSKNR

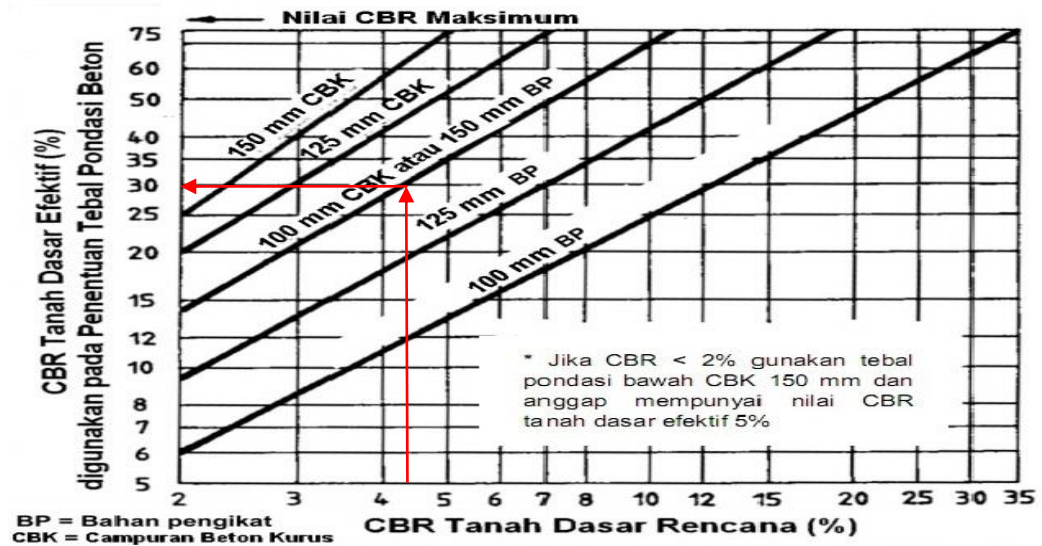
$$\begin{aligned} \text{Kolom 7 : Repetisi yang terjadi} &= \text{Proporsi beban (kolom 4)} \times \text{Proporsi sumbu (kolom 5)} \\ &\quad \times \text{Lalu-lintas rencana (kolom 6)} \\ &= 0,159 \times 0,5 \times (8,13 \times 10^7) = 6,47 \times 10^6 \end{aligned}$$

## 5.5 PONDASI BAWAH

Ketebalan minimum untuk lapis pondasi bawah dapat dilihat pada Gambar 3.1, dengan ketentuan nilai CBR dan besarnya jumlah repetisi beban maksimum yang melewati jalan tersebut. Dari perhitungan sebelumnya, nilai CBR tanah dasar adalah 4,47% dan jumlah repetisi beban maksimum  $8,13 \times 10^7$  maka diperoleh tebal lapis pondasi bawah adalah 150 mm bahan pengikat (BP) atau 100mm campuran beton kurus (CBK). Tebal pondasi bawah digunakan campuran beton kurus setebal 100 mm atau 10 cm.



Gambar 5.3 Tebal Pondasi Bawah Minimum dengan CBR Tanah Dasar Rencana 4,47% dan Jumlah Repetisi Sumbu  $8,13 \times 10^7$



Gambar 5.4 CBR Tanah Dasar Efektif dengan CBR Tanah Dasar Rencana 4,47% dan Tebal Pondasi Bawah 100mm

## 5.6 PERKERASAN KAKU BERSAMBUNG TANPA TULANGAN (BBTT)

### 5.6.1 Tebal Pelat Beton

Jenis perkerasan	: BBTT dengan Ruji
Jenis bahu	: Direncanakan Beton
Umur rencana	: 20 th
JSKN rencana	: $8,13 \times 10^7$
Faktor keamanan beban	: 1,2 (Tabel 3.4)
Kuat tarik lentur beton ( $f'_{cf}$ ) umur 28 hari	: Direncanakan 3,6 Mpa
Jenis dan tebal lapis pondasi	: Campuran beton kuras 10 cm
CBR tanah dasar	: 4,47 %
CBR efektif	: 30 % (Gambar 3.2)
Tebal taksiran pelat beton	: 200 mm

Tabel 5.7 Analisa Fatik dan Erosi Tebal Pelat Beton 200 mm

Jenis sumbu	Beban sumbu		Beban rencana Per roda (kN)	Repetisi yang terjadi	Faktor tegangan dan Erosi		Analisa Fatik		Analisa Erosi	
	ton	(kN)			repetisi ijin	persen Rusak (%)	repetisi ijin	persen Rusak (%)		
1	2		3	4	5		6	7 = (4 x 100)/6	8	9 = (4 x 100)/8
STRT	6	60	33	6,47x10 <sup>6</sup>	TE =	0,85	TT	0	TT	0
	5	50	27,5	6,61x10 <sup>6</sup>	FRT=	0,23	TT	0	TT	0
	3	30	16,5	2,29x10 <sup>7</sup>	FE =	1,97	TT	0	TT	0
	2	20	11	4,72x10 <sup>6</sup>			TT	0	TT	0
STRG	8	80	22	6,61x10 <sup>6</sup>	TE =	1,3	TT	0	2x10 <sup>7</sup>	33,04
	5	50	13,75	4,72x10 <sup>6</sup>	FRT=	0,36	TT	0	TT	0
	4	40	11	3,42x10 <sup>7</sup>	FE =	2,57	TT	0	TT	0
STdRG	14	140	19,25	6,47x10 <sup>6</sup>	TE =	1,11	TT	0	TT	0
					FRT=	0,30				
					FE =	2,64				

0 &lt;100%

33,04% &lt;100%

Memenuhi syarat

Memenuhi syarat

Keterangan :

TE = tegangan ekuivalen; FRT = faktor rasio tegangan; FE = faktor erosi; TT = tidak terbatas

Kolom 1 : Jenis sumbu

Kolom 2 : Beban sumbu yang diperoleh dari Tabel 5.5 pada kolom 6, 8 dan 10.

Setelah itu masukkan beban sumbu sesuai dengan jenis sumbunya.

Kolom 3 : Beban rencana =  $\frac{\text{beban sumbu (kolom 2)}}{\text{jumlah roda}} + \left(\frac{\text{beban sumbu (kolom 2)}}{\text{jumlah roda}} \times 0,1\right)$

$$= \frac{60 \text{ kN}}{2} + \left(\frac{60 \text{ kN}}{2} \times 0,1\right)$$

$$= 33 \text{ kN}$$

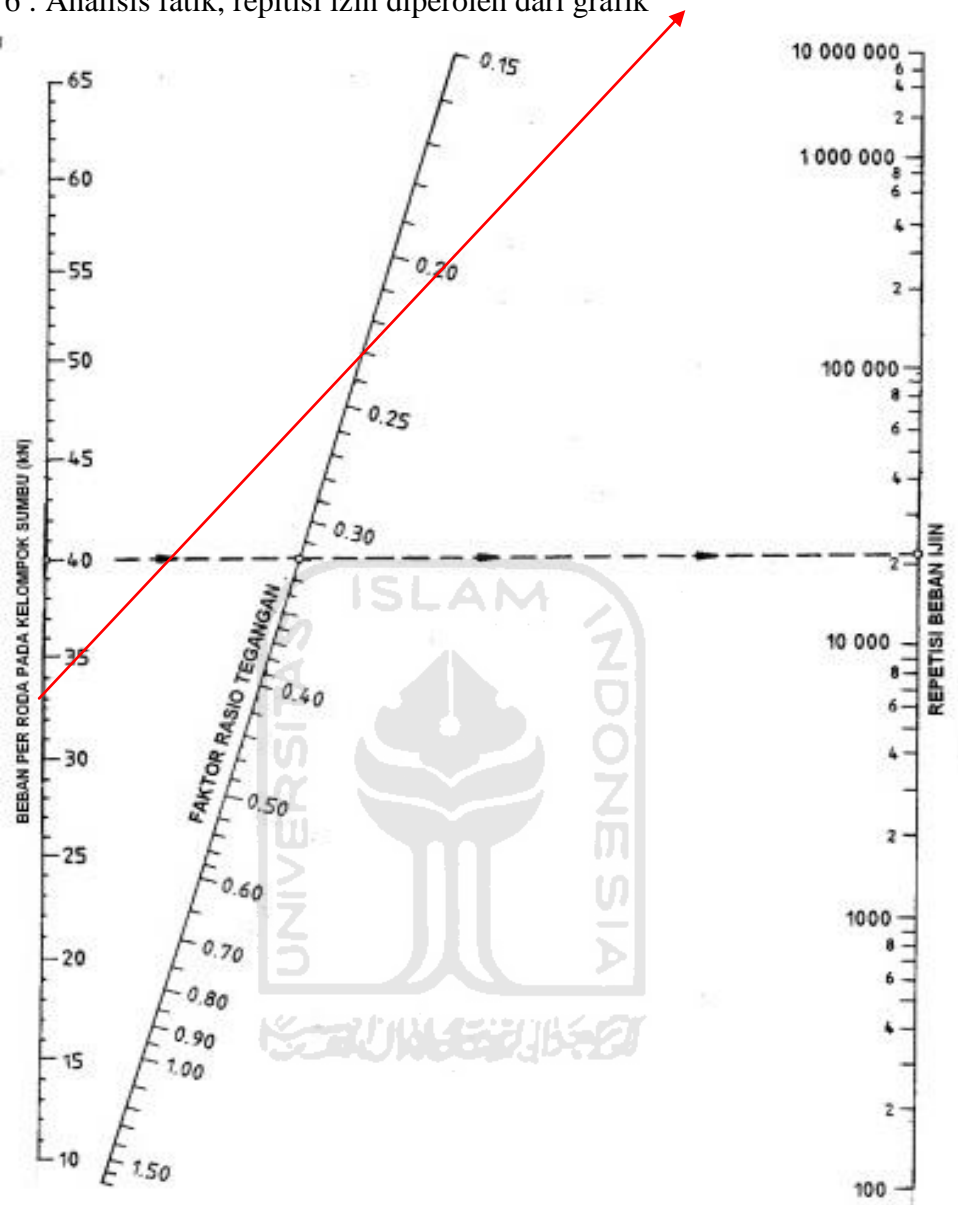
STRT = 2 roda/sumbu ; STRG = 4 roda/sumbu ; STdRG = 8 roda/sumbu

Kolom 4 : Repetisi yang terjadi diperoleh dari Tabel 5.6 kolom7.

Kolom 5 : TE dan FE diperoleh dengan menghubungkan tebal slab (lampiran L1a-L1c), CBR Eff tanah dasar dan jenis sumbu.

$$\text{FRT} = \frac{\text{tegangan ekuivalen (TE)}}{\text{kuat tarik lentur beton (fr)}} = \frac{0,85}{3,6} = 0,23$$

Kolom 6 : Analisis fatik, repetisi izin diperoleh dari grafik



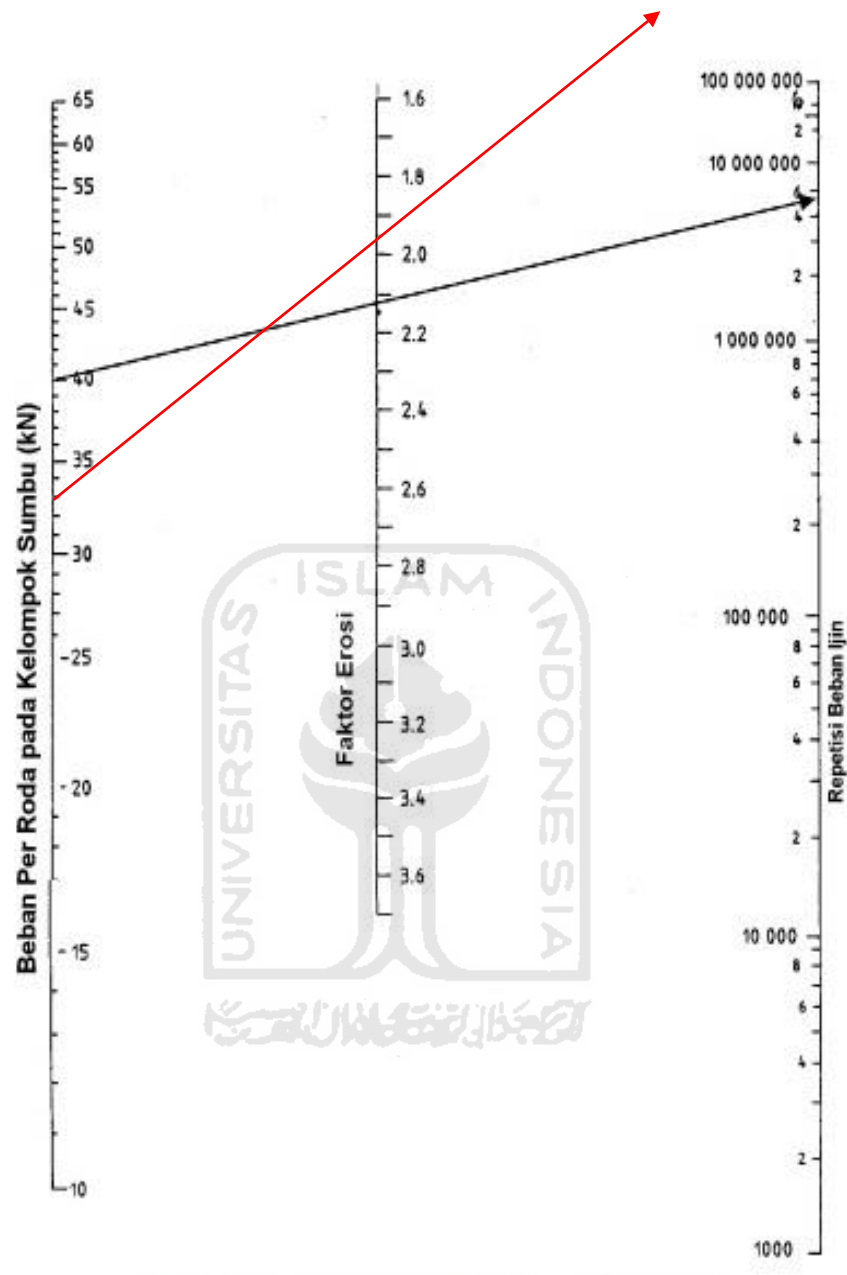
Gambar 5.5 Analisis Fatik dan Beban Repetisi Izin dengan Nilai Beban Sumbu = 33 dan Rasio Tegangan = 0,23

Kolom 7: Analisis fatik, persen rusak diperoleh dari rumus  $\frac{(\text{kolom 4} \times 100)}{\text{kolom 6}}$

$$\text{persen rusak} = \frac{(6,61 \times 10^6 \times 100)}{TT} = 0 \%$$

Kolom 8 : Analisis erosi, repetisi izin diperoleh dari grafik





Gambar 5.6 Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban dengan Nilai Beban Sumbu= 33 dan Faktor Erosi = 1,97

Kolom 9: Analisis erosi, persen rusak diperoleh dari rumus  $\frac{(\text{kolom 4} \times 100)}{\text{kolom 8}}$

$$\text{persen rusak} = \frac{(6,61 \times 10^6 \times 100)}{TT} = 0 \%$$

Dicoba analisis dengan menggunakan tebal pelat 190 mm

Tabel 5.8 Analisa Fatik dan Erosi Tebal Pelat Beton 190 mm

Jenis sumbu	Beban sumbu		Beban rencana Per roda (kN)	Repetisi yang terjadi	Faktor tegangan dan Erosi		Analisa Fatik		Analisa Erosi	
	ton	(kN)					repetisi ijin	persen Rusak (%)	repetisi ijin	persen Rusak (%)
1	2		3	4	5		6	$7 = (4 \times 100) / 6$	8	$9 = (4 \times 100) / 8$
STRT	6	60	33	$6,47 \times 10^6$	TE =	0,92	TT	0	TT	0
	5	50	27,5	$6,61 \times 10^6$	FRT=	0,25	TT	0	TT	0
	3	30	16,5	$2,29 \times 10^7$	FE =	2,03	TT	0	TT	0
	2	20	11	$4,72 \times 10^6$			TT	0	TT	0
STRG	8	80	22	$6,61 \times 10^6$	TE =	1,4	$10^7$	66,081	$4 \times 10^6$	165,203
	5	50	13,75	$4,72 \times 10^6$	FRT=	0,39	TT	0	TT	0
	4	40	11	$3,42 \times 10^7$	FE =	2,63	TT	0	TT	0
STdRG	14	140	19,25	$6,47 \times 10^6$	TE =	1,17	TT	0	$2 \times 10^7$	32,333
					FRT=	0,32				
					FE =	2,67				

Persen fatik =  $66,081 < 100\% \rightarrow$  Memenuhi Syarat

Persen erosi =  $197,536 > 100\% \rightarrow$  Tidak Memenuhi Syarat

Dari hasil 2 perhitungan di atas, yang memenuhi persentasi (%) rusak fatik (lelah) dan persentasi (%) erosi, lebih kecil atau mendekati 100% maka tebal pelat diambil 200 mm atau 20 cm

### 5.6.2 Analisis Perhitungan Tulangan Sambungan Pada Perkerasan Kaku Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT)

Pada perkerasan bersambung tanpa tulangan, penulangan tetap dibutuhkan untuk mengantisipasi atau meminimalkan retak pada tempat-tempat dimana dimungkinkan terjadi konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari .

Direncanakan :

Tebal pelat = 20 cm

Lebar pelat = 4 x 3,5 meter

Panjang pelat = 5,0 meter

Sambungan susut dipasang setiap jarak 5 meter.

Ruji digunakan dengan diameter 33 mm, panjang 45 cm, jarak 30 cm lihat Tabel 3.6.

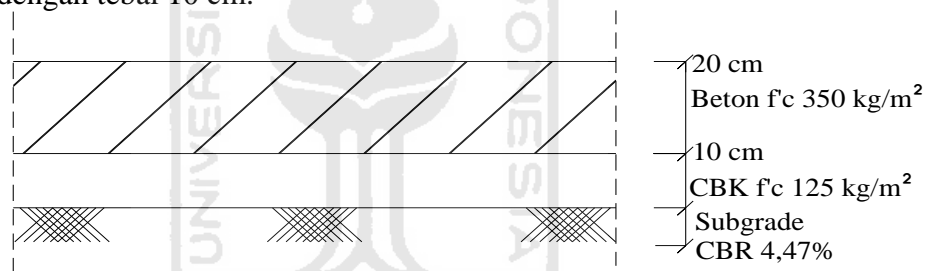
Ukuran batang pengikat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A_t &= 204 \times b \times h \text{ dan} \\
 \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 &= 204 \times b \times h \\
 \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 &= 204 \times 3,5 \times 0,2 \\
 D^2 &= 181,91 \text{ mm}^2 \\
 D &= 13,487 \text{ mm diambil } 16 \text{ mm} \\
 l &= (38,3 \times D) + 75 \\
 l &= (38,3 \times 16) + 75 \\
 l &= 687 \text{ mm diambil } 70 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

batang pengikat digunakan baja ulir D-16 mm, panjang 70 cm, jarak 75 cm.

### 5.6.3 Gambar Rencana Lapisan Perkerasan Kaku Bersambung Tanpa Tulangan

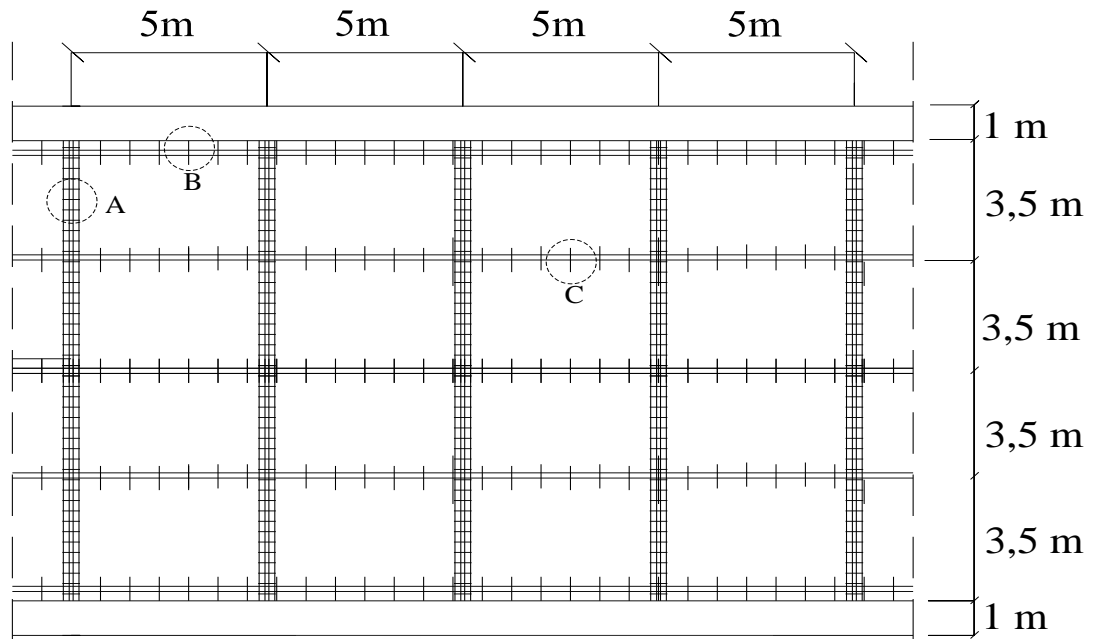
Gambar 5.7 menjelaskan secara singkat rencana lapisan perkerasan kaku yang terdiri dari slab beton dengan tebal 20 cm dan campuran beton kurus (CBK) sebagai lapis pondasi dengan tebal 10 cm.



Gambar 5.7 Rencana Lapisan Perkerasan Kaku Bersambung Tanpa Tulangan

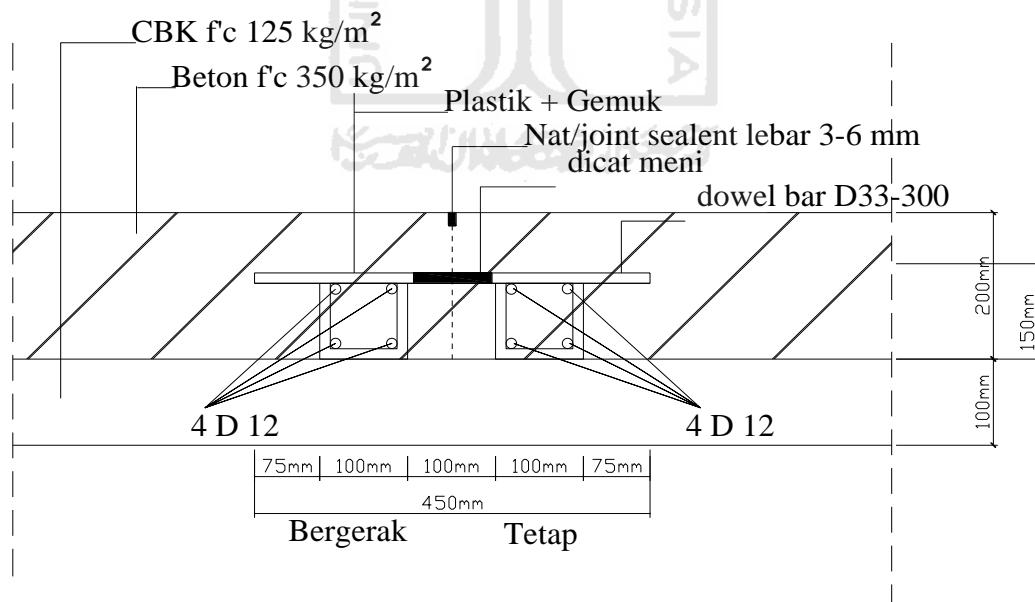
Gambar potongan denah jalan beton menjelaskan tata letak tulangan dan sambungan pada perkerasan kaku yang di tunjukkan gambar 5.8.

Sambungan memanjang jalan diletakkan pada *centre line* jalan, dan sambungan melintang jalan diletakkan setiap jarak 5 meter panjang. batang pengikat (*tie bar*) diletakkan pada sambungan memanjang dan tepi jalan, dowel diletakkan pada sambungan melintang.



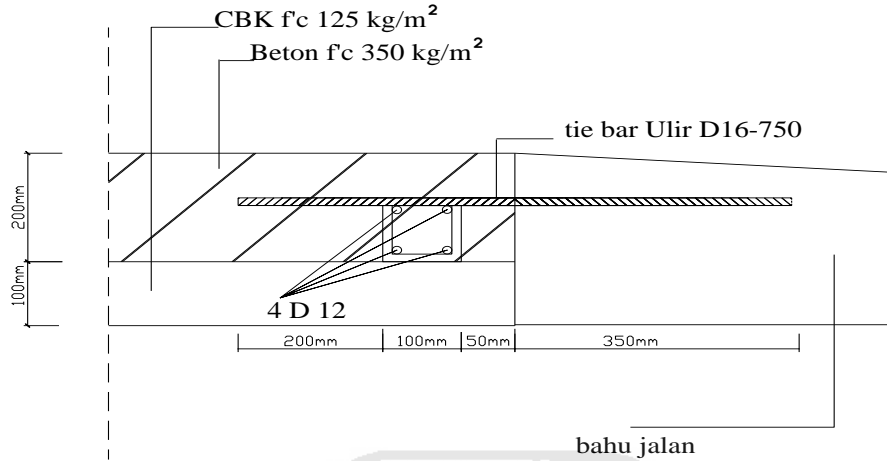
Gambar 5.8 Potongan Denah Jalan Perkerasan Kaku Bersambung Tanpa Tulangan

Gambar 5.9 menjelaskan secara singkat rencana tulangan pada detail A perkerasan kaku yang menggunakan dowel diameter 33 mm dengan panjang 450 mm dan dipasang setiap jarak 300 mm (lihat Tabel 3.6).



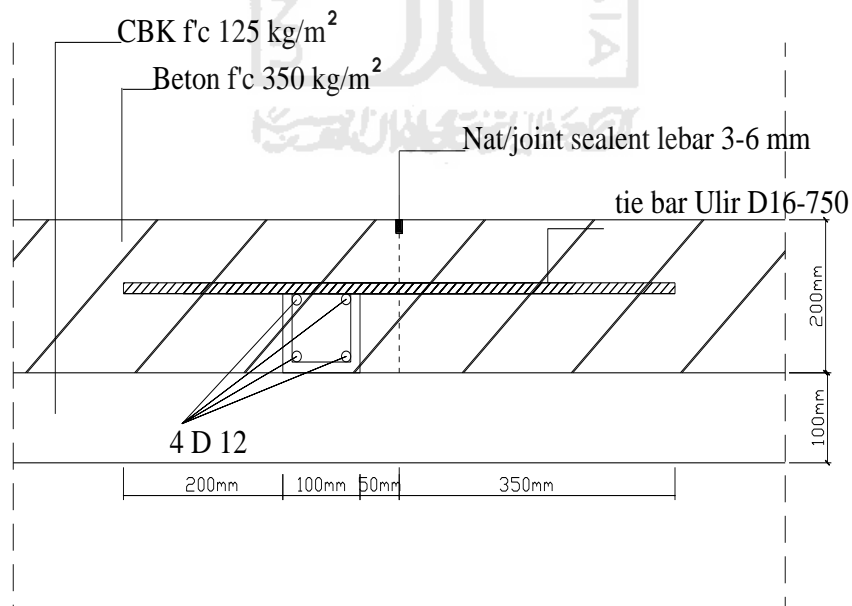
Gambar 5.9 Detail A

Gambar 5.10 menjelaskan secara singkat rencana tulangan pada detail B perkerasan kaku yang menggunakan batang pengikat ulir diameter 16 mm dan dipasang setiap jarak 750 mm.



Gambar 5.10 Detail B

Gambar 5.11 menjelaskan secara singkat rencana tulangan pada detail C perkerasan kaku yang menggunakan batang pengikat ulir diameter 16 mm dan dipasang setiap jarak 750 mm.



Gambar 5.11 Detail C

## 5.7 PERKERASAN KAKU BERSAMBUNG DENGAN TULANGAN

### 5.7.1 Tebal Pelat Beton

Direncanakan :

Tebal pelat (h)	= 190 mm
Lebar pelat ( $L_{\text{melintang}}$ )	= 14 m
Panjang pelat ( $L_{\text{memanjang}}$ )	= 15 m
Koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi ( $\mu$ )	= 1,3
Kuat tarik ijin baja ( $f_s$ )	= 240 Mpa
Berat isi beton (M)	= 2400 kg/m <sup>3</sup>
Gravitasi (g)	= 9,81 m/dt <sup>2</sup>

Tabel 5.9 Analisa Fatik dan Erosi Tebal Pelat Beton 190 mm

Jenis sumbu	Beban sumbu		Beban rencana Per roda (kN)	Repetisi yang terjadi	Faktor tegangan dan Erosi		Analisa Fatik		Analisa Erosi	
	ton	(kN)			TE =	FRT =	FE =	repetisi ijin	persen Rusak (%)	7 = (4 x 100)/ 6
1	2	3	4	5	6	7 = (4 x 100)/ 6	8	9 = (4 x 100)/ 8		
STRT	6	60	33	$6,47 \times 10^6$	TE = 0,92	TT	0	TT	0	
	5	50	27,5	$6,61 \times 10^6$	FRT = 0,25	TT	0	TT	0	
	3	30	16,5	$2,29 \times 10^7$	FE = 1,81	TT	0	TT	0	
	2	20	11	$4,72 \times 10^6$		TT	0	TT	0	
STRG	8	80	22	$6,61 \times 10^6$	TE = 1,4	$10^7$	66,081	TT	0	
	5	50	13,75	$4,72 \times 10^6$	FRT = 0,39	TT	0	TT	0	
	4	40	11	$3,42 \times 10^7$	FE = 2,41	TT	0	TT	0	
STdRG	14	140	19,25	$6,47 \times 10^6$	TE = 1,17	TT	0	TT	0	
					FRT = 0,32					
					FE = 2,44					

66,081 <100%  
Memenuhi syarat

0% <100%  
Memenuhi syarat

Dicoba analisis dengan menggunakan tebal pelat 180 mm

Tabel 5.10 Analisa Fatik dan Erosi Tebal Pelat Beton 180 mm

Jenis sumbu	Beban sumbu		Beban rencana	Repetisi	Faktor tegangan		Analisa Fatik		Analisa Erosi	
	ton	(kN)	Per roda (kN)	yang terjadi	dan Erosi		repetisi ijin	persen Rusak (%)	repetisi ijin	persen Rusak (%)
1	2		3	4	5		6	7 = (4 x 100)/ 6	8	9 = (4 x 100)/ 8
STRT	6	60	33	6,47x10 <sup>6</sup>	TE =	1	TT	0	TT	0
	5	50	27,5	6,61x10 <sup>6</sup>	FRT=	0,28	TT	0	TT	0
	3	30	16,5	2,29x10 <sup>7</sup>	FE =	1,88	TT	0	TT	0
	2	20	11	4,72x10 <sup>6</sup>			TT	0	TT	0
STRG	8	80	22	6,61x10 <sup>6</sup>	TE =	1,5	6x10 <sup>6</sup>	110,139	10 <sup>8</sup>	6,608
	5	50	13,75	4,72x10 <sup>6</sup>	FRT=	0,41	TT	0	TT	0
	4	40	11	3,42x10 <sup>7</sup>	FE =	2,48	TT	0	TT	0
STdRG	14	140	19,25	6,47x10 <sup>6</sup>	TE =	1,25	TT	0	TT	0
					FRT=	0,34				
					FE =	2,49				

Persen fatik = 110,14 > 100% → Tidak Memenuhi Syarat

Persen erosi = 6,608 < 100% → Memenuhi Syarat

Dari hasil 2 perhitungan di atas, yang memenuhi persentasi (%) rusak fatik (lelah) dan persentasi (%) erosi lebih kecil atau mendekati 100% maka tebal pelat diambil 190 mm atau 19 cm

### 5.7.2 Analisis Perhitungan Tulangan Sambungan Pada Perkerasan Kaku Bersambung Dengan Tulangan (BBDT)

Jenis tulangan pad perkerasan ini ada 2 yaitu tulangan memanjang dan tulangan melintang. Luas penampang tulangan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$A_s = \frac{L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s}$$

## 1. Tulangan Memanjang

$$A_s = \frac{\sum L.M.g.h}{2.f.s}$$

$$A_s = \frac{1,3 \times 15 \times 2400 \times 9,81 \times 0,19}{2.240}$$

$$A_s = 181,73 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{s_{\min}} = 0,1\% \times h \times 1000$$

$$= 0,1\% \times 190 \times 1000$$

$$= 190 \text{ mm}^2/\text{m} > A_s \text{ perlu } (181,73 \text{ mm}^2/\text{m})$$

Dipakai tulangan diameter ( $\emptyset$ )= 12 mm

$$A_1\emptyset = \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 = 113,1 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan (s)} &= \frac{A_1\emptyset \times 1000}{A_s} \\ &= \frac{113,1 \times 1000}{190} = 595,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat jarak tulangan :

$$S \leq 2 \times h = S \leq 2 \times 190 = 380 \text{ mm}$$

Maka dipergunakan tulangan diameter 12 mm, dengan jarak 38cm

## 2. Tulangan Melintang

$$A_s = \frac{\sum L.M.g.h}{2.f.s}$$

$$A_s = \frac{1,3 \times 14 \times 2400 \times 9,81 \times 0,19}{2.240}$$

$$A_s = 169,61 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{s_{\min}} = 0,1\% \times h \times 1000$$

$$= 0,1\% \times 190 \times 1000$$

$$= 190 \text{ mm}^2/\text{m} > A_s \text{ perlu } (169,61 \text{ mm}^2/\text{m})$$

Dipakai tulangan diameter ( $\emptyset$ )= 12 mm



$$A_1\emptyset = \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 = 113,1 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{A_1\emptyset \times 1000}{A_s}$$

$$= \frac{113,1 \times 1000}{190} = 595,25 \text{ mm}$$

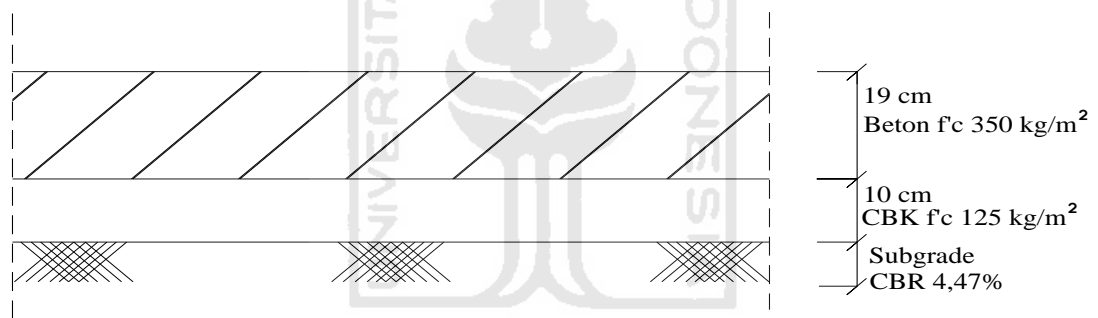
Syarat jarak tulangan :

$$S \leq 2 \times h = S \leq 2 \times 190 = 380 \text{ mm}$$

Maka dipergunakan tulangan diameter 12 mm, dengan jarak 38cm

### 5.7.5 Gambar Rencana Lapisan Perkerasan Kaku Bersambung Dengan Tulangan

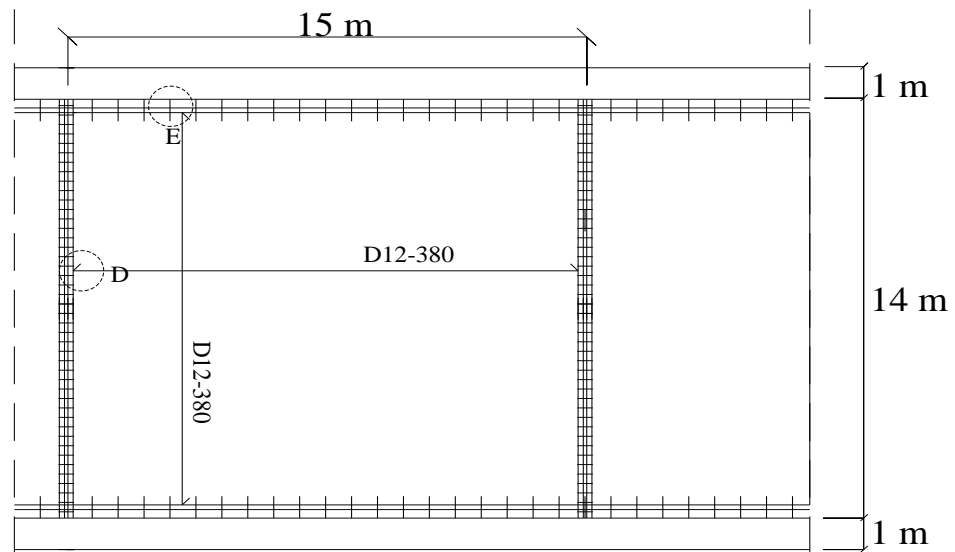
Gambar 5.12 menjelaskan secara singkat rencana lapisan perkerasan kaku yang terdiri dari slab beton dengan tebal 19 cm dan campuran beton kurus (CBK) sebagai lapis pondasi dengan tebal 10 cm.



Gambar 5.12 Rencana lapisan perkerasan kaku bersambung dengan tulangan

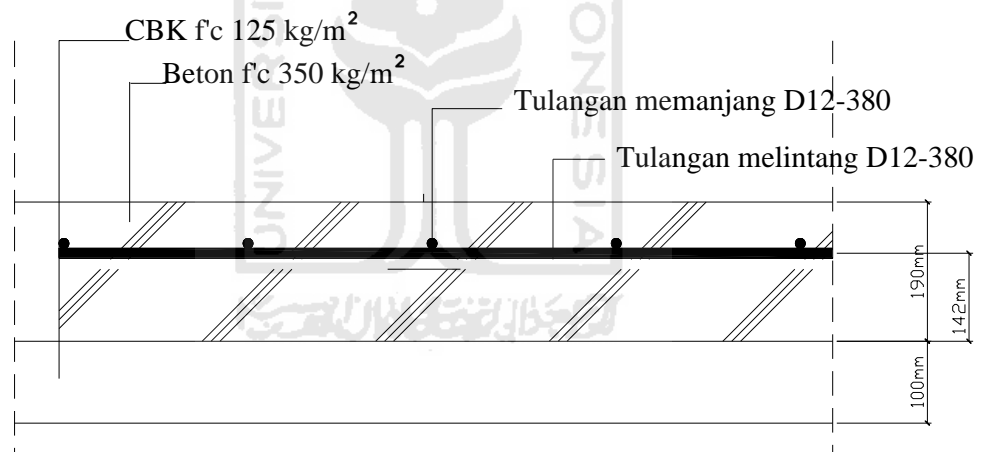
Gambar potongan denah jalan beton menjelaskan tata letak tulangan dan sambungan pada perkerasan kaku yang di tunjukkan gambar 5.13.

Sambungan memanjang jalan diletakkan pada *centre line* jalan, dan sambungan melintang jalan diletakkan setiap jarak 15 meter panjang. batang pengikat (*tie bar*) diletakkan pada sambungan memanjang dan tepi jalan, dowel diletakkan pada sambungan melintang.



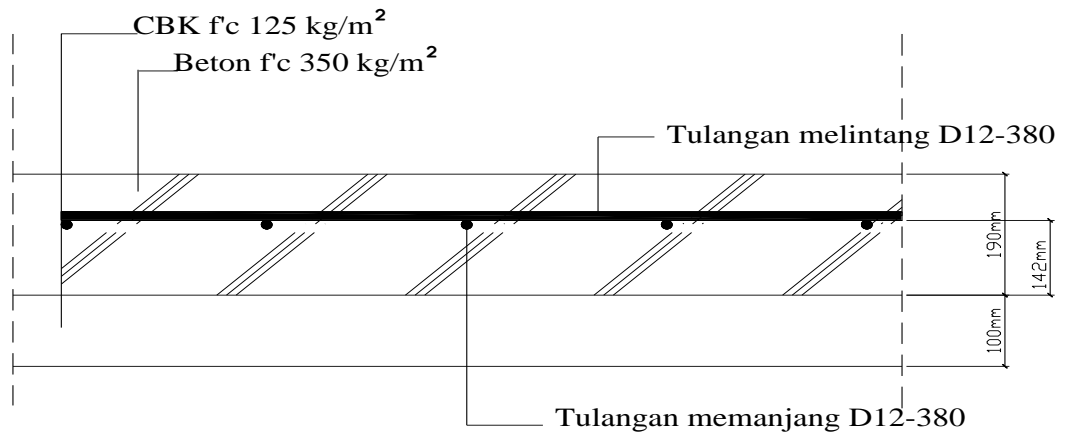
Gambar 5.13 Potongan Denah Jalan Perkerasan Kaku Bersambung Dengan Tulangan

Gambar 5.14 menjelaskan secara singkat rencana tulangan memanjang pada detail D perkerasan kaku yang menggunakan tulangan diameter 12 mm dan dipasang setiap jarak 380 mm.



Gambar 5.14 Detail D

Gambar 5.15 menjelaskan secara singkat rencana tulangan melintang pada detail B perkerasan kaku yang menggunakan tulangan diameter 12 mm dan dipasang setiap jarak 380 mm.



Gambar 5.15 Detail E

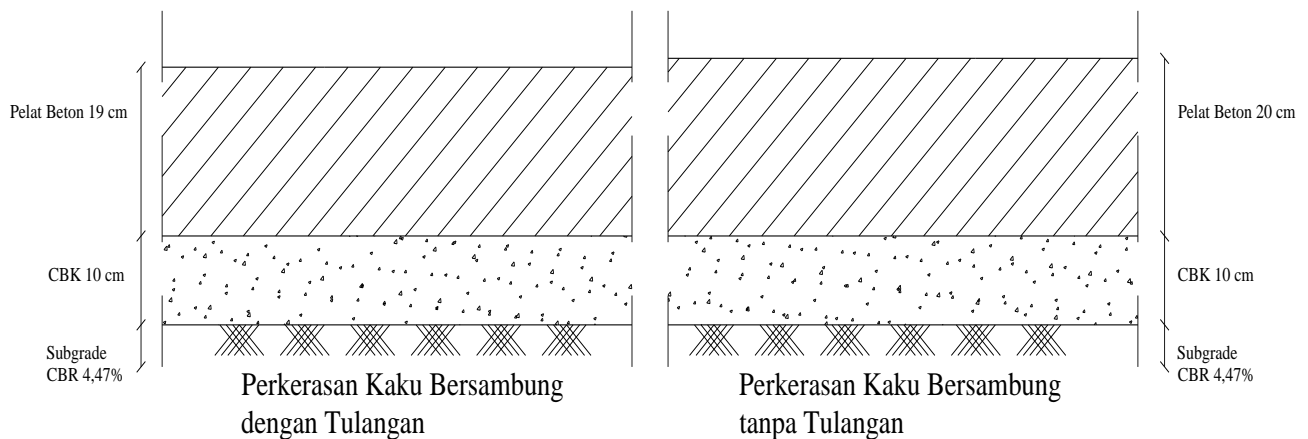
### 5.8 PERBANDINGAN TEBAL PELAT BETON

Perbandingan ketebalan pelat beton antara perencanaan lapis perkerasan kaku bersambung dengan tulangan dan perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan diperoleh hasil bahwa lapis perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan mempunyai ketebalan yang lebih tebal dibandingkan dengan lapis perkerasan kaku bersambung dengan tulangan, ini berdasarkan kemampuan pelat dalam menahan beban lalu lintas yang di analisis dengan menghitung persen rusak akibat beban fatik dan persen rusak faktor erosi. Perbedaan nilai fatik dan erosi yang menyebabkan adanya perbedaan ketebalan pelat beton bisa dilihat pada Tabel 5.11 dan Gambar 5.16

Tabel 5.11 Perbandingan Ketebalan Pelat Beton

Kondisi Pelat Analisis	Ketebalan pelat (h) cm			
	Tanpa Tulangan		Dengan Tulangan	
	19 cm	20 cm	18 cm	19 cm
Fatik (%)	66,08	0	110,139	66,08
Erosi (%)	197,53	33,04	6,608	0
Keterangan	Tidak memenuhi syarat	Memenuhi syarat	Tidak memenuhi syarat	Memenuhi syarat

Syarat: Fatik (%) < 100%, Erosi (%) < 100%



Gambar 5.16 Perbedaan Ketebalan antar Lapis Perkerasan

## 5.9 PERHITUNGAN BIAYA KONSTRUKSI LAPIS PERKERASAN

Sebagai dasar perhitungan konstruksi lapis perkerasan tersebut, analisa harga satuan pekerjaan yang digunakan berasal dari Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta pada tahun 2010. Sedangkan daftar harga satuan bahan, alat dan upah yang digunakan berdasarkan dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Jepara tahun anggaran 2010.

### 5.9.1 Perkerasan Kaku Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT)

Pada perkerasan kaku ini terdiri dari dua lapis perkerasan yaitu campuran beton kurus (CBK) yang memiliki kekuatan beton K-125 sebagai lapis pondasi dan struktur beton yang bertulang yang memiliki kekuatan K-350 sebagai lapis permukaan. Harga satuan pekerjaan dapat dilihat pada lampiran (L-6c, L-7c, L-8a, L-9, L-10)

Ringkasan hasil perhitungan biaya pekerjaan pada perkerasan kaku dalam satuan 1 km panjang dengan lebar perkerasan adalah 14 meter dapat dilihat pada Tabel 5.12, 5.13 berikut ini.

Tabel 5.12 Ringkasan Harga Satuan Kebutuhan Lapisan Perkerasan pada Perkerasan Kaku Bersambung tanpa Tulangan

Jenis Bahan	Dimensi (m)			Volume pekerjaan/km	Harga Satuan	Biaya/km
	panjang	lebar	tebal			
Beton k-350	1000	14	0,2	2800 m <sup>3</sup>	Rp1.203.401 /m <sup>3</sup>	Rp3.369.521.765
CBK k-125	1000	14	0,1	1400 m <sup>3</sup>	Rp 800.250 /m <sup>3</sup>	Rp1.120.349.909
<b>Total Biaya</b>						<b>Rp4.489.871.674</b>

Tabel 5.13 Ringkasan Harga Satuan Kebutuhan Baja Tulangan Pada perkerasan Kaku Bersambung tanpa Tulangan

Jenis Bahan	Volume pekerjaan/segmen	Volume pekerjaan/km	Harga Satuan	Biaya/km
Dowel melintang dengan Baja Tulangan D33 Polos	36,24 kg	14.495,09 kg	20.737,75 /kg	Rp300.595.572
Dowel memanjang dengan Baja Tulangan D20 Ulir	11,04 kg	4.417,1 kg	20.737,75 /kg	Rp91.600.732
Besi pendukung dengan Baja Tulangan D12 Polos	65,61 kg	26.244,68 kg	19.224,07 /kg	Rp504.529.558
<b>Total Biaya</b>				<b>Rp896.725.862</b>

Keterangan : 1. Ukuran satu segmen adalah 3,5 meter melintang jalan x 5 meter memanjang jalan  
2. Satu kilometer = 800 segmen

Pada perkerasan kaku memiliki biaya perawatan berupa perawatan beton (curing) yang memiliki biaya = Harga Curing compound/ iter x luas permukaan jalan x 0,3

$$= \text{Rp } 40.000 \times (14 \times 1000) \times 0,3 = \text{Rp } 168.000.000/\text{km}$$

Jadi total biaya untuk perkerasan kaku selama umur rencana (20 tahun) yaitu

Total biaya = Total biaya struktur + Total biaya perawatan

$$= \text{Rp}5.386.597.536 + \text{Rp } 168.000.000 = \text{Rp } 5.554.597.536/\text{km}$$

### 5.9.2 Perkerasan Kaku Bersambung Dengan Tulangan (BBDT)

Pada perkerasan kaku ini terdiri dari dua lapis perkerasan yaitu campuran beton kurus (CBK) yang memiliki kekuatan beton K-125 sebagai lapis pondasi, struktur beton yang bertulang yang memiliki kekuatan K-350 sebagai lapis permukaan dan menggunakan tulangan D-12. Harga satuan pekerjaan dapat dilihat pada lampiran (L-7d, L-8d, L-9c, L-10c, L-11c).

Ringkasan hasil perhitungan biaya pekerjaan pada perkerasan kaku dalam satuan 1 km panjang dimana lebar perkerasan adalah 14 meter dapat dilihat pada Tabel 5.14, 5.15 berikut ini.

Tabel 5.14 Ringkasan Harga Satuan Kebutuhan Lapisan Perkerasan pada Perkerasan Kaku Bersambung dengan Tulangan

Jenis Bahan	Dimensi (m)			Volume pekerjaan/km	Harga Satuan	Biaya/km
	panjang	lebar	tebal			
Beton k-350	1000	14	0,19	2660 m <sup>3</sup>	Rp1.203.401 /m <sup>3</sup>	Rp3.201.045.677
CBK k-125	1000	14	0,1	1400 m <sup>3</sup>	Rp 800.250 /m <sup>3</sup>	Rp1.120.349.909
<b>Total Biaya</b>						<b>Rp4.321.395.586</b>

Tabel 5.15 Ringkasan Harga Satuan Kebutuhan Baja Tulangan pada Perkerasan Kaku Bersambung dengan Tulangan

Jenis Bahan	Volume pekerjaan/segmen	Volume pekerjaan/km	Harga Satuan	Biaya/km
Dowel melintang dengan Baja Tulangan D28 Polos	26,09 kg	1739,233 kg	20.737,75 /kg	Rp 36.067.788
Dowel memanjang dengan Baja Tulangan D16 Ulir	11,04 kg	736,18 kg	20.737,75 /kg	Rp 15.266.789
Besi tulangan dan besi pendukung dengan Baja Tulangan D12 Polos	1130,45 kg	75363,23 kg	19.224,07 /kg	Rp1.448.788.173
<b>Total Biaya</b>				<b>Rp1.500.122750</b>

Keterangan : 1. Ukuran satu segmen adalah 14 meter melintang jalan x 15 meter memanjang jalan  
2. Satu kilometer = 66,67 segmen

Pada perkerasan kaku memiliki biaya perawatan berupa perawatan beton (curing) yang memiliki biaya = Harga Curing compound/ iter x luas permukaan jalan x 0,3  
= Rp 40.000 x (14 x 1000) x 0,3 = **Rp 168.000.000/km**

Jadi total biaya untuk perkerasan kaku selama umur rencana (20 tahun) yaitu

Total biaya = Total biaya struktur + Total biaya perawatan  
= Rp 5.821.518.336+ Rp 168.000.000 = **Rp 5.989.518.336/km**

### 5.9.3 Perbandingan Harga/Biaya Perkilometer panjang

Perbandingan harga/biaya antara perencanaan lapis perkerasan kaku bersambung dengan tulangan dan perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dalam satuan panjang satu kilometer selama umur rencana adalah :

$$\frac{\text{Rp } 5.989.518.336}{\text{Rp } 5.554.597.536} \times 100\% = 1,08 \%$$

,sehingga terjadi selisih biaya antara lapis

perkerasan kaku bersambung dengan tulangan dan perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan sebesar Rp 5.989.518.336 – Rp 5.554.597.536 = Rp 434.920.800 hal ini menjelaskan bahwa perkerasan kaku bersambung dengan tulangan lebih mahal  $\pm 1,08 \%$  atau sebesar Rp 434.920.800/km dari perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan, selama umur rencana (20 tahun).

Tabel 5.16 Ringkasan Harga Satuan Pekerjaan Perkerasan Perkilometer Panjang

<b>Biaya</b>	<b>Perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan</b>	<b>Perkerasan kaku bersambung dengan tulangan</b>
Konstruksi awal	Rp 5.386.597.536	Rp 5.821.518.336
Perawatan setelah konstruksi awal	Rp 168.000.000	Rp 168.000.000
<b>Total biaya selama umur rencana Per kilometer</b>	<b>Rp 5.554.597.536</b>	<b>Rp 5.989.518.336</b>

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

1. Dari hasil analisis diperoleh ketebalan tiap lapis dari masing-masing jenis perkerasan yaitu :
  - a. Perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan terdiri dari campuran beton kurus (CBK) setebal 10 cm, beton semen setebal 20 cm, sambungan susut dipasang setiap jarak 5 meter, ruji digunakan dengan diameter 33 mm, panjang 45 cm, jarak 30 cm dan batang pengikat digunakan baja ulir D-16 mm, panjang 70 cm, jarak 75 cm, serta besi pendukung baja polos D-12 mm.
  - b. Perkerasan kaku bersambung dengan tulangan terdiri dari campuran beton kurus (CBK) setebal 10 cm, beton semen setebal 19 cm, sambungan susut dipasang setiap jarak 15 meter, ruji digunakan dengan diameter 28 mm, panjang 45 cm, jarak 30 cm dan batang pengikat digunakan baja ulir D-16 mm, panjang 70 cm, jarak 75 cm, besi tulangan memanjang digunakan besi polos D-12 mm, panjang 15 m, jarak 225 mm dan tulangan melintang digunakan besi polos D-12 mm, panjang 14 m, jarak 450 mm, serta besi pendukung baja polos D-12 mm.
2. Dari hasil analisis diperoleh besarnya biaya konstruksi masing-masing jenis perkerasan selama umur rencana (20 tahun) yaitu :
  - a. Perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan Rp 5.554.597.536 /km
  - b. Perkerasan kaku bersambung dengan tulangan Rp 5.989.518.336 /km.

Dari hasil analisis diperoleh besarnya perbandingan harga/biaya yang dibutuhkan antara perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dan perkerasan kaku bersambung dengan tulangan selama umur rencana (20 tahun) yaitu perkerasan kaku bersambung dengan tulangan lebih mahal  $\pm$  1,08 % dari perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan, dengan demikian dalam penelitian ini biaya konstruksi perkerasan kaku



bersambung tanpa tulangan lebih ekonomis dibandingkan biaya konstruksi perkerasan kaku bersambung dengan tulangan sekitar

Rp 434.920.800.

## 6.2 Saran-saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dalam memilih suatu jenis perkerasan, hendaknya mempertimbangkan beberapa hal seperti :

1. Jika pada daerah sekitar jalan yang akan digunakan kondisi tanah memiliki CBR yang baik maka sebaiknya menggunakan lapis perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan, karena lebih murah.
2. Jika pada daerah sekitar jalan yang akan digunakan sering dilalui kendaraan berat dan kondisi tanah yang tidak baik maka sebaiknya menggunakan lapis perkerasan kaku bersambung dengan tulangan, karena lebih kuat menahan retak.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aly, Mohamad Anas. (2004). *Teknologi Perkerasan Jalan Beton Semen*. Jakarta. Yayasan Pengembang Teknologi dan Manajemen.
- Asiyanto. (2008). *Metode Kontruksi Proyek Jalan*. Jakarta. Universitas Indonesia Press.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga. (2008). *Panduan Analisis Harga Satuan*.
- Departemen Pekerjaan Umum Metro Semarang. (2011) *Survey Lalulintas*.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2003), *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*.
- Direktorat Jendral Bina Marga, (1991), *Tata Cara Pemeliharaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)*.
- Djojowiriono. (2005). *Manajemen Konstruksi*. Yogyakarta. Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gajah Mada.
- Fitrah, Andi. (2010). *Analisis Perbandingan Struktur Lapis Perkerasan Dan Biaya Antara Lapis Perkerasan Kaku Dengan Perkerasan Lentur*. Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia.
- Manu. (1995). *Perkerasan Kaku*. Jakarta. Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.
- Munawar, Ahmad. (2004). *Manajemen Lalu lintas Perkotaan*, Beta offset. Yogyakarta.
- PT. Trans Marga Jawa Tengah. *Data Tehnik Proyek Jalan Tol Semarang-Solo Tahap I Ruas Semarang-Bawen Seksi 1*.
- Perbandingan Konstruksi Perkerasaan Lentur dan Konstruksi Perkerasan Kaku Serta Analisa Ekonominya Pada Proyek Jalan SP5 & SP8 Kabupaten Manokwari. (2010). (<http://digilib.its.ac.id/ITS-Undergraduate-3100010039874/12581> Diakses Desember 2011).

Suprpto, TM. (2004). *Bahan dan Struktur Jalan Raya*. Yogyakarta. KMTS FT Univesitas Gajah Mada.

Studi Perbandingan Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur. (2008).

(<http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/uaj/article/viewFile/17540/17645>

*Diakses Desember 2011.*)

