

PERENCANAAN TEBAL LAPIS PERKERASAN KAKU DENGAN MENGGUNAKAN METODE BINA MARGA 2003 DAN METODE *BEAM ON ELASTIC FOUNDATION*

Andi Maddeppungeng¹⁾, Rindu Twidi B²⁾, Dicki Dian Purnama³⁾

¹⁾²⁾Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jenderal Sudirman Km.3 Cilegon 42435

E-mail : andi_made@yahoo.com , rindu.tw@ft-untirta.ac.id

³⁾Alumni Program Studi S-1 Teknik Sipil. Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jenderal Sudirman Km 3 Cilegon 42435

ABSTRAK

Sebuah pusat kegiatan (termasuk rencana pembangunan pelabuhan Bojonegara serta adanya PLTU Suralaya) mensyaratkan adanya akses yang mudah dan cepat untuk mencapai lokasi. Karenanya diperlukan jalan yang mampu melayani kondisi lalu lintas yang terjadi pada jalan tersebut. Termasuk tebal perkerasan yang kuat untuk menahan beban kendaraan selama umur rencana. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mencari tebal lapis perkerasan jalan hasil perhitungan metode Bina Marga 2003 dan metode *Beam On Elastic Foundation* kemudian membandingkan hasil dari kedua perhitungan tersebut. Serta mengetahui Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk tebal perkerasan dengan metode Bina Marga 2003.

Dari hasil perhitungan menggunakan kedua metode dengan nilai CBR tanah dasar 4%, pondasi bawah berupa CBK (Campuran Beton Korus) setebal 10 cm, didapatkan tebal perkerasan kaku dengan metode Bina Marga 2003 setebal 23 cm sedangkan dengan metode *Beam On Elastic Foundation* didapat tebal perkerasan setebal 20 cm. Didapat biaya perkerasan kaku dengan metode Bina Marga 2003 sebesar Rp. 4.017.179.633,- / Km.

Kata kunci : metode Bina Marga 2003, metode *Beam On Elastic Foundation*, Rencana Anggaran Biaya.

ABSTRACT

An activities center (including construction plans of the port Bojonegara and PLTU Suralaya) requires an easy and quick access to reach the site. Therefore required the road that capable of serving the traffic conditions that occur on these roads. Including a strong pavement thickness to withstand vehicle loads over the life of the plan. The purpose of this research is to find thick layers of the road pavement from the results of calculation Bina Marga 2003 method and Beam On Elastic Foundation method and then compare the results of both calculations. And to know the Budget Plan which is required for pavement thickness by Bina Marga 2003 method.

From the results of calculations using both methods with the subgrade CBR value 4%, subbase course of Lean Mix Concrete 10 cm thick, obtained rigid pavement thickness by the Bina Marga 2003 method as thick as 23 cm, whereas by Beam On Elastic Foundation method obtained thick pavement as thick as 20 cm. Obtained rigid pavement costs by the Bina Marga 2003 method amounting to Rp. 4.017.179.633,- / Km.

Keywords: *Bina Marga 2003 method, beam on elastic foundation method, Budget Plan*

1. PENDAHULUAN

Sebuah pusat kegiatan (termasuk rencana pembangunan pelabuhan Bojonegara serta adanya PLTU Suralaya) mensyaratkan adanya akses yang mudah dan cepat untuk mencapai lokasi. Maka pembuatan sarana dan prasarana jalan yang menunjang untuk kelancaran mobilitas manusia dan barang menjadi hal yang wajib dilakukan untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Perencanaan tebal perkerasan disesuaikan dengan beban lalu lintas yang melintasi daerah tersebut setiap harinya serta kondisi tanah dasar yang berada dibawah lapis perkerasan tersebut. Perkerasan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah

perkerasan kaku (*rigid pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat.

Perkerasan kaku ada yang menggunakan pelat beton dengan tulangan dan ada yang tanpa menggunakan tulangan. Pelat beton digunakan untuk memikul beban kendaraan dan membantu tanah dasar dalam menyangga beban kendaraan yang lewat di atasnya (karena sifatnya yang kaku, maka pelat beton ini dapat menahan sebagian besar beban yang terjadi sehingga beban yang diterima oleh tanah dasar tidak sebesar beban aslinya/beban aktual kendaraan).

Pemilihan perkerasan kaku sebagai lapis perkerasan dilakukan karena melihat kondisi

di lapangan dimana lalu lintas yang melintasi jalan Serdang-Bojonegara-Merak cukup padat serta kendaraan yang melintas sebagian besar tergolong kendaraan berat. Sehingga dibutuhkan perkerasan yang mampu menahan beban lalu lintas yang terjadi. Pada penelitian ini akan dicoba penggunaan metode perhitungan struktur goteknik yang diterapkan untuk perhitungan struktur perkerasan jalan raya. Hal ini dilakukan untuk melihat perbedaan hasil perhitungan metode perhitungan struktur geoteknik tersebut dengan metode perencanaan jalan konvensional.

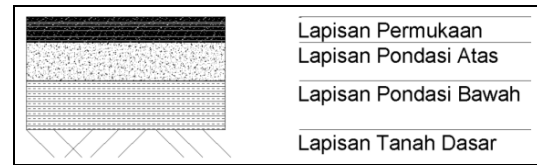
Metode yang digunakan adalah hasil perhitungan dengan cara Bina Marga Pd T-14-2003 dan menggunakan metode *Beam On Elastic Foundation* serta dengan bantuan program SAP 2000.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Jalan menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 22 Tahun 2009, adalah seluruh bagian Jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi Lalu Lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel.

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan pengikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas yang melewati jalan tersebut. Pada umumnya, perkerasan jalan terdiri dari beberapa lapisan-lapisan yang tersusun dari bawah ke atas, sebagai berikut :

- A. Lapisan tanah dasar (*sub grade*)
Tanah dasar adalah permukaan tanah semula atau permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya
- B. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)
Lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar.
- C. Lapisan pondasi atas (*base course*)
Lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar.
- D. Lapisan permukaan/penutup (*surface course*).
Lapisan permukaan adalah bagian perkerasan jalan yang paling atas.



Gambar 1. Lapisan Perkerasan

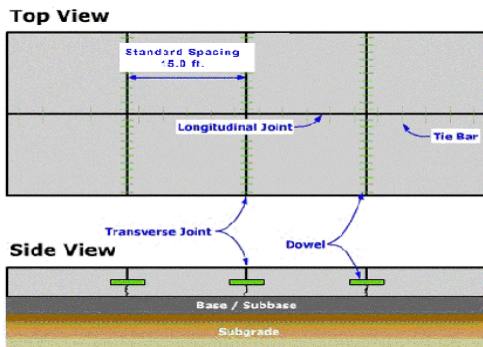
Perkerasan terbagi menjadi tiga jenis yakni:

- A. Perkerasan Lentur, perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke lapisan dibawahnya yang diteruskan ke tanah dasar. Perkerasan lentur lebih sering digunakan dibandingkan dengan struktur perkerasan kaku
- B. Perkerasan Kaku, perkerasan jalan beton semen atau secara umum disebut perkerasan kaku, terdiri atas plat (slab) beton semen sebagai lapis pondasi dan lapis pondasi bawah (bisa juga tidak ada) di atas tanah dasar. Dalam konstruksi perkerasan kaku, plat beton sering disebut sebagai lapis pondasi karena dimungkinkan masih adanya lapisan aspal beton di atasnya yang berfungsi sebagai lapis permukaan
- C. Perkerasan komposit merupakan gabungan konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*) di atasnya, dimana kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas. Untuk ini maka perlu ada persyaratan ketebalan perkerasan aspal agar mempunyai kekakuan yang cukup serta dapat mencegah retak refleksi dari perkerasan beton di bawahnya.

Perkerasan kaku (perkerasan beton semen) sendiri dibagi lagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

- 1) Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan (*Jointed Unreinforced Concrete Pavement*).
Jenis perkerasan beton semen yang dibuat tanpa tulangan dengan ukuran pelat mendekati bujur sangkar, dimana panjang dari pelatnya dibatasi oleh adanya sambungan-sambungan

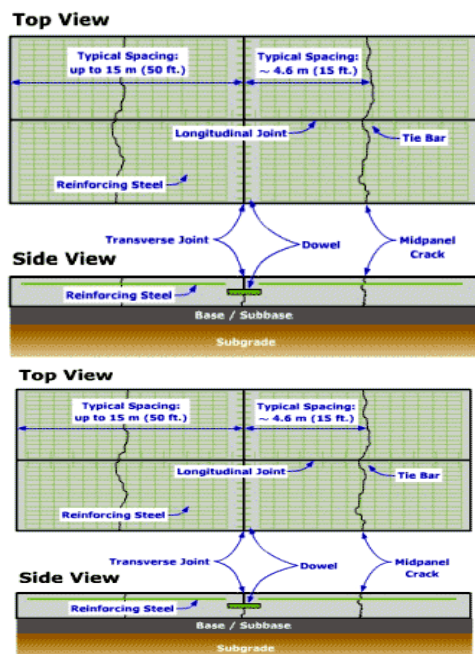
melintang. Panjang pelat dari jenis perkerasan ini berkisar antara 4-5 meter.



Gambar 2. Perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan (Sumber : Dewobroto, 2010)

- 2) Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan (*Jointed Reinforced Concrete Pavement*).

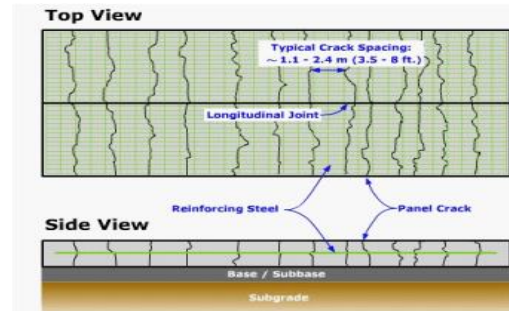
Jenis perkerasan beton semen yang dibuat tanpa tulangan dengan ukuran pelat mendekati bujur sangkar, dimana panjang dari pelatnya dibatasi oleh adanya sambungan-sambungan melintang. Panjang pelat dari jenis perkerasan ini berkisar antara 4-5 meter.



Gambar 3 Perkerasan Beton Semen Bersambung Dengan Tulangan (Sumber : Dewobroto, 2010)

- 3) Perkerasan beton bertulang menerus dengan tulangan (*Continuously Reinforced Concrete Pavement*).

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.



Gambar 4. Perkerasan Beton Bertulang Menerus Dengan Tulangan (Sumber : Dewobroto, 2010)

- 4) Perkerasan beton semen pra-tegang (*prestressed concrete pavement*).

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

A. Kelebihan dan Kekurangan Perkerasan Kaku dan Lentur.

Bila kita ingin menentukan lapis perkerasan yang tepat pada suatu ruas jalan maka perlu diperhatikan kelebihan dan kekurangan masing-masing. Agar tercapai suatu lapis perkerasan yang kuat, ekonomis dan tahan lama

Tabel 1. Perbedaan Perkerasan Lentur dan Kaku

| Perkerasan Lentur | Perkerasan Kaku |
|--|---|
| Perkerasan beraspal umumnya membutuhkan biaya awal konstruksi yang lebih rendah. | Biaya awal konstruksi perkerasan beton walau masih di atas perkerasan beraspal, namun biaya totalnya (<i>life cycle cost</i>) akan lebih rendah dari perkerasan beraspal. |

| | |
|---|--|
| Umumnya selesai konstruksi, perkerasan beraspal tidak perlu menunggu waktu yang lama, atau bisa langsung melayani kendaraan. | Karena kekuatan beton selesai dicor masih rendah, maka perlu menunggu waktu lama (~28 hari) untuk bisa dilewati lalu lintas. |
| Perkerasan beraspal bila dipelihara dengan baik bias bertahan sampai 10 tahun, sebelum dilakukan pekerjaan peningkatan atau <i>overlay</i> . | Umumnya perkerasan beton bila pada awal pengecoran dirawat dengan baik, umur pelayanannya bisa mencapai lebih dari 20 tahun. |
| Umumnya perkerasan beraspal sangat nyaman untuk dilalui, terlebih pada konstruksi campuran panas, di mana kekasarnya cukup rendah, yang juga mengurangi kebisingan. | Perkerasan beton memang tidak senyaman aspal (nilai kekasaran rata-rata di atas 4m/km), terutama pada kecepatan tinggi, di mana selain kekasaran, pengaruh sambungan juga terasa, dan ini meningkatkan kebisingan. |

B. Metode Bina Marga

Prosedur perencanaan perkerasan beton semen metode Bina Marga didasarkan atas dua model kerusakan yaitu:

- a. Retak fatik (lelah) tarik lentur pada pelat.
- b. Erosi pada pondasi bawah atau tanah dasar yang diakibatkan oleh lendutan berulang pada sambungan dan tempat retak yang direncanakan.

Prosedur ini mempertimbangkan ada tidaknya ruji pada sambungan atau bahu beton. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan dianggap sebagai perkerasan bersambung yang dipasang ruji.

Data lalu-lintas yang diperlukan adalah jenis sumbu dan distribusi beban serta jumlah repetisi masing-masing jenis sumbu/kombinasi beban yang diperkirakan selama umur rencana.

Perencanaan tebal perkerasan didasarkan pada:

- a. Perkiraan lalu-lintas dan komposisinya selama umur rencana.
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.

- b. Kekuatan tanah dasar yang dinyatakan dengan CBR (%).

Daya dukung tanah dasar pada perkerasan jalan biasanya dinyatakan dengan harga CBR (California Bearing Ratio). Harga CBR ialah harga daya dukung relatif (dalam %) terhadap harga standar yaitu harga CBR = 100 %. Sedangkan CBR efektif yaitu koreksi nilai CBR akibat adanya penambahan lapisan di atas lapisan sebelumnya yang telah di uji nilai CBR-nya.

- c. Kekuatan beton yang digunakan.
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/cm²).
- d. Jenis bahu jalan.

Bahu dapat terbuat dari bahan lapisan pondasi bawah dengan atau tanpa lapisan penutup beraspal atau lapisan beton semen.

Perbedaan kekuatan antara bahu dengan jalur lalu-lintas akan memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan. Hal tersebut dapat diatasi dengan bahu beton semen, sehingga akan meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi tebal pelat

C. Perencanaan Tulangan

Baja tulangan harus bebas dari kotoran, minyak, lemak atau bahan-bahan organik lainnya yang bisa mengurangi lekatan dengan beton atau yang dapat menimbulkan kerugian lainnya. Pengaruh karat, kerak, atau gabungan dari keduanya terhadap ukuran, berat minimum, serta sifat-sifat fisik yang dihasilkan melalui pengujian benda uji dengan sikat kawat, tidak memberikan nilai yang lebih kecil dari yang disyaratkan.

Jumlah tulangan yang diperlukan dipengaruhi oleh jarak sambungan susut, sedangkan dalam hal beton bertulang menerus, diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut.

Langkah-langkah perencanaan tebal perkerasan beton semen:

- 1) Pilih jenis perkerasan beton semen.
- 2) Tentukan apakah memakai bahu beton atau tidak.
- 3) Tentukan jenis dan tebal lapis pondasi bawah.

- 4) Tentukan CBR efektif berdasarkan nilai CBR rencana.
- 5) Pilih kuat tarik lentur atau kuat tekan beton pada umur 28 hari.
- 6) Pilih faktor keamanan beban (F_{KB}).
- 7) Taksir tebal pelat beton.
- 8) Hitung jumlah sumbu
 $JSKN = 365 \times JSKNH \times R$
 Dimana,

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

i = pertumbuhan lalu lintas
 UR = umur rencana
 $JSKN \text{ rencana} = JSKN \times C$
 Dimana nilai C didapatkan berdasarkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Koefisien Distribusi (C) Kendaraan.

| Lebar perkerasan (Lp) | Jumlah lajur (n) | Koefisien distribusi | |
|---|------------------|----------------------|--------|
| | | 1Arah | 2 Arah |
| $Lp < 5,50 \text{ m}$ | 1 lajur | 1 | 1 |
| $5,50 \text{ m} \leq Lp < 8,25 \text{ m}$ | 2 lajur | 0,70 | 0,50 |
| $8,25 \text{ m} \leq Lp < 11,25 \text{ m}$ | 3 lajur | 0,50 | 0,475 |
| $11,23 \text{ m} \leq Lp < 15,00 \text{ m}$ | 4 lajur | - | 0,45 |
| $15,00 \text{ m} \leq Lp < 18,75 \text{ m}$ | 5 lajur | - | 0,425 |
| $18,75 \text{ m} \leq Lp < 22,00 \text{ m}$ | 6 lajur | - | 0,40 |

- 9) Tentukan tegangan ekivalen (TE) dan faktor erosi (FE).
- 10) Tentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekivalen (TE) oleh kuat tarik lentur (f_{cf}).
- 11) Untuk setiap rentang beban kelompok sumbu tersebut, tentukan beban per roda dan kalikan dengan F_{KB} untuk menentukan beban rencana per roda. Batas tertinggi beban diambil 6,5 ton (jika lebih tetap diambil 6,5 ton).
- 12) Dengan F_{RT} dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik. Hitung persentase repetisi fatik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
- 13) Dengan nilai FE, tentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi. Hitung persentase dari repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
- 14) Ulangi langkah k-1 untuk tiap beban per roda pada sumbu tersebut.
- 15) Hitung jumlah total fatik dan erosi dengan dari tiap beban roda.
- 16) Hitung jumlah total kerusakan akibat fatik dan erosi untuk seluruh jenis kelompok sumbu.
- 17) Ulangi langkah g-o hingga diperoleh ketebalan tertipis yang menghasilkan total kerusakan fatik dan atau erosi $\leq 100\%$.

D. Metode Beam on Elastic Foundation

Aplikasi metode *beam on elastic foundation* telah lama digunakan dalam

perencanaan tebal perkerasan kaku, yaitu pada sistem pondasi cakar ayam yang telah cukup banyak digunakan untuk perancangan perkerasan bandara dan perkerasan jalan tol. Namun, pada sistem cakar ayam selain penggunaan metode *beam on elastic foundation* ditambahkan pula reaksi perlawanan momen cakar.

Perilaku lendutan balok pada fondasi elastis tergantung dari nilai fleksibilitas balok (λ) yang menurut Hetenyi (1974):

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{k \cdot B}{4EI}}$$

Dimana:

- λ = fleksibilitas balok di atas tanah
- k = modulus reaksi tanah dasar
- B = lebar balok
- E = modulus elastisitas balok
- I = momen inersia balok

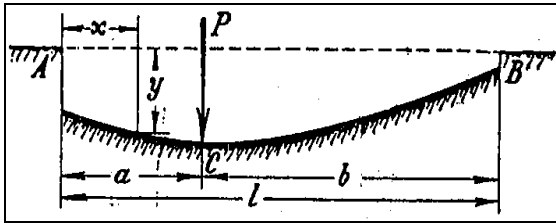
Untuk menghitung lendutan di sembarang titik dapat digunakan persamaan:

$$y = \frac{P \lambda}{k} \frac{1}{\text{Sinh}^2 \lambda l + \text{Sin}^2 \lambda l} \{ 2 \text{Cosh} \lambda x \text{Cos} \lambda x (\text{Sinh} \lambda l \text{Cos} \lambda a \text{Cosh} \lambda b - \text{Sin} \lambda l \text{Cosh} \lambda a \text{Cos} \lambda b) + (\text{Cosh} \lambda x \text{Sin} \lambda x + \text{Sinh} \lambda x \text{Cos} \lambda x [\text{Sinh} \lambda l (\text{Sin} \lambda a \text{Cosh} \lambda b - \text{Cos} \lambda a \text{Sinh} \lambda b) + \text{Sin} \lambda l (\text{Sinh} \lambda a \text{Cos} \lambda b - \text{Cosh} \lambda a \text{Sin} \lambda b)] \}$$

Sedangkan momennya dihitung dengan persamaan :

$$M = \frac{P}{2 \lambda} \frac{1}{\text{Sinh}^2 \lambda l + \text{Sin}^2 \lambda l} \{ 2 \text{Sinh} \lambda x \text{Sin} \lambda x (\text{Sinh} \lambda l \text{Cos} \lambda a \text{Cosh} \lambda b - \text{Sin} \lambda l \text{Cosh} \lambda a \text{Cos} \lambda b) + (\text{Cosh} \lambda x \text{Cos} \lambda x - \text{Sinh} \lambda x \text{Sin} \lambda x [\text{Sinh} \lambda l (\text{Sin} \lambda a \text{Cosh} \lambda b - \text{Cos} \lambda a \text{Sinh} \lambda b) + \text{Sin} \lambda l (\text{Sinh} \lambda a \text{Cos} \lambda b - \text{Cosh} \lambda a \text{Sin} \lambda b)] \}$$

$$\lambda b) + (\text{Cosh } \lambda x \text{ Sin } \lambda x - \text{Sinh } \lambda x \text{ Cos } \lambda x [\text{Sinh } \lambda l (\text{Sin } \lambda a \text{ Cosh } \lambda b - \text{Cos } \lambda a \text{ Sinh } \lambda b) + \text{Sin } \lambda l (\text{Sinh } \lambda a \text{ Cos } \lambda b - \text{Cosh } \lambda a \text{ Sin } \lambda b)]}$$



Gambar 5. Beban di Sembarang Titik

Untuk menghitung lendutan di tengah bentang dapat digunakan persamaan:

$$y = \frac{P \lambda}{2 k} \frac{1}{\text{Sinh } \lambda l + \text{Sin } \lambda l} [\text{Cosh } \lambda x \text{ Cos } \lambda (l - x) + \text{Cos } \lambda x \text{ Cosh } \lambda (l - x) + \text{Sin } \lambda x \text{ Sinh } \lambda (l - x) + 2 \text{Cosh } \lambda x \text{ Cos } \lambda x]$$

Momen pada tengah bentang dihitung dengan:

$$M = \frac{P}{4 \lambda} \frac{1}{\text{Sinh } \lambda l + \text{Sin } \lambda l} \{ \text{Sinh } \lambda x [\text{Sin } \lambda x - \text{Sin } \lambda (l - x)] - \text{Cosh } \lambda x [\text{Cos } \lambda x + \text{Cos } \lambda (l - x)] + \text{Sin } \lambda x [\text{Sinh } \lambda x - \text{Sinh } \lambda (l - x)] + \text{Cos } \lambda x [\text{Cosh } \lambda x + \text{Cosh } \lambda (l - x)] \}$$

E. Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan RAB dilakukan dengan terlebih dahulu mempelajari gambar rencana dan spesifikasi yang disyaratkan. Berdasarkan gambar rencana dapat diketahui kebutuhan material yang dibutuhkan, baik jenis maupun kuantitasnya. Sedangkan spesifikasi dapat digunakan sebagai dasar untuk menentukan mutu/kualitas setiap jenis material.

Nilai harga satuan yang telah dikalikan dengan volume pekerjaan akan menjadi harga pekerjaan. Dimana RAB merupakan akumulasi harga pekerjaan.

Nilai harga satuan dasar merupakan harga komponen dari mata pembayaran per satu satuan tertentu, misalnya :

$$RAB = \sum \text{Volume pekerjaan} \times \text{Hargasaduan.}$$

- a. Upah tenaga kerja (per jam, hari, bulan).
- b. Peralatan (per unit, per jam, per hari, dsb).
- c. Bahan/material (per m, m², m³, Kg, ton, zak, dsb)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, antara lain tahap persiapan, studi pustaka, perhitungan, analisa perbandingan dan kesimpulan.

A. Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan langkah paling awal dalam melakukan penelitian. Dalam tahap ini kegiatannya lebih kepada kegiatan administratif dan konsultasi kepada pihak-pihak yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilaksanakan serta ditentukan pula metode yang akan digunakan.

Kegiatan administratif meliputi perizinan dan permohonan data-data yang diperlukan (data sekunder) baik kepada pihak Dinas Pekerjaan Umum maupun Badan Pusat Statistik Provinsi Banten. Sedangkan untuk data primer, akan dilakukan pengamatan secara langsung di lapangan berupa pendataan kendaraan yang melintas hingga didapat LHR dari ruas jalan tersebut (pengamatan dilakukan pada hari Senin, Rabu dan Sabtu selama 24 jam).

Data-data sekunder yang dibutuhkan meliputi:

- 1) Nilai CBR pada penelitian ini digunakan untuk mendapatkan modulus reaksi tanah dasar (k). Nilai k nantinya akan digunakan sebagai data input untuk perhitungan metode *beam on elastic foundation*, serta pemodelan pelat pada program SAP 2000. Sedangkan untuk metode Bina Marga menggunakan nilai CBR.
- 2) Pertumbuhan lalu lintas pada perencanaan dengan metode Bina Marga digunakan untuk mencari faktor pertumbuhan lalu lintas (R) yang selanjutnya digunakan sebagai faktor pengali untuk mendapatkan nilai JSKN (Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga) serta mencari volume lalu lintas (LHR) pada akhir umur rencana.
- 3) Nilai Harga Satuan Pekerjaan. Indeks harga satuan pekerjaan digunakan pada perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

B. Tahap Studi Pustaka

Tahap ini meliputi pencarian referensi mengenai perkerasan kaku (teori, perencanaan tebal perkerasan serta perhitungan Rencana Anggaran Biaya). Ditinjau pula faktor-faktor yang dibutuhkan untuk perhitungan dan perencanaan tebal perkerasan. Sehingga pada saat pengumpulan data (primer dan sekunder), semua data yang diperlukan telah terpenuhi.

C. Tahap Perhitungan

Setelah semua persiapan dan data yang diperlukan terpenuhi maka dilanjutkan dengan tahap perhitungan. Pada penelitian ini akan

dibahas perencanaan tebal perkerasan dengan metode Bina Marga 2003 serta perhitungan RAB (Rencana Anggaran Biaya) yang diperlukan dalam pembangunan jalan dengan lapis perkerasan kaku.

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) hanya dilakukan terhadap tebal pelat hasil perencanaan dengan metode Bina Marga. Untuk perencanaan dengan metode Bina Marga data-data yang dibutuhkan diantaranya: CBR tanah dasar, harga satuan pekerjaan, dan pertumbuhan lalu lintas.

Selain itu dilakukan pula perencanaan dengan metode *beam on elastic foundation* serta pemodelan untuk tebal pelat beton dengan memasukkan data-data *input* yang dibutuhkan sehingga didapat tebal pelat yang dibutuhkan. Pengecekan dilakukan terhadap nilai momen, jika momen kuat tahanan beton lebih besar daripada momen yang terjadi akibat pembebanan maka tebal pelat dapat digunakan. Untuk perencanaan dengan metode *beam on elastic foundation* data-data yang dibutuhkan yaitu CBR tanah dasar yang selanjutnya dicari nilai modulus reaksi tanah dasar (k).

D. Tahap Analisa Perbandingan

Dalam penelitian ini akan dikomparasikan antara tebal lapis perkerasan hasil perencanaan dengan mengikuti langkah-langkah metode Bina Marga Pd T-14-2003 dengan hasil perhitungan metode *beam on*

elastic foundation serta pemodelan dengan menggunakan program SAP 2000. Dengan melihat data tebal perkerasan hasil perhitungan kedua metode tersebut, dianalisis faktor-faktor apa saja yang kemungkinan berpengaruh jika terjadi perbedaan tebal perkerasan.

E. Penarikan Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan dan saran diambil setelah diketahui hasil dari perhitungan struktur dan RAB yang diperlukan. Maka akan dapat disimpulkan tebal perkerasan yang diperlukan untuk melayani lalu lintas yang ada untuk melayani kondisi seperti yang ada di lapangan.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Perencanaan Tebal Perkerasan Metode Bina Marga 2003

- Sumber data beban : Hasil Survei
- Jenis perkerasan : BBDT dengan Ruji
- Jenis bahu : Tidak ada
- Umur rencana : 20 tahun
- JSK : $4,38 \times 10^7$
- Faktor keamanan beban : 1,1
- Kuat tarik lentur (f_{ct}) 28 hari : 4,0 Mpa
- Jenis dan tebal lapis pondasi : CBK 10 cm
- CBR tanah dasar : 4%
- CBR efektif : 27%
- Tebal taksiran pelat beton : 23cm

Tabel 3. Analisa Fatik dan Erosi

| Jenis sumbu | Beban sumbu ton (kN) | Beban rencana per roda (kN) | Repetisi yang terjadi | Faktor tegangan dan erosi | | Analisa fatik | | Analisa Erosi | |
|-------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| | | | | | | Repetisi ijin | Persen rusak (%) | Repetisi ijin | Persen rusak (%) |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | | (6) | (7)=(4)*100/(6) | (8) | (9)=(4)*100/(8) |
| STRT | 60 | 33 | 9,59,E+06 | TE= | 0,79 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 35 | 19,25 | 6,75,E+06 | FRT= | 0,20 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 30 | 16,5 | 3,55,E+06 | FE= | 2,03 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 15 | 8,25 | 7,47,E+06 | | | TT | 0 | TT | 0 |
| STRG | 100 | 27,5 | 6,01,E+05 | TE= | 1,30 | TT | 0,00 | 1E+07 | 4,29 |
| | 60 | 16,5 | 3,29,E+06 | FRT= | 0,32 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 50 | 13,75 | 2,41,E+05 | FE= | 2,63 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 35 | 9,625 | 7,22E+05 | | | TT | 0 | TT | 0 |
| STdRG | 180 | 24,75 | 6,25,E+06 | TE= | 1,11 | TT | 0 | 9E+06 | 69,48 |
| | 140 | 19,25 | 7,01,E+04 | FRT= | 0,27 | TT | 0 | | |
| | 100 | 13,75 | 2,68,E+06 | FE= | 2,75 | TT | 0 | | |
| STrRG | 30 | 2,75 | 2,62E+06 | TE= | 0,83 | TT | 0 | TT | 0 |
| | | | | FRT= | 0,20 | | | | |
| | | | | FE= | 2,85 | | | | |
| Total | | | | | | 0% < 100% | | 73,77% < 100% | |

Karena % kerusakan fatik dan % kerusakan erosi < 100% maka tebal pelat diambil sebesar 23 cm.

B. Perencanaan Tebal Perkerasan Metode *Beam On Elastic Foundation*

Data perencanaan :

- K : 30000 kN/m³
- B : 6m
- Beban (P) : 100 kN
- H : 0,2 m
- f_c : 29,05 MPa
- E : 2,5 x 10⁷ kN.m²
- I : 0,004 m⁴

Dengan rumus yang diberikan didapatkan :

Tabel 4. Momen yang Terjadi

| No | Momen Yang Bekerja | Nilai (kN.m) |
|----|-----------------------------|--------------|
| 1 | M _B ⁻ | 39,02 |
| 2 | M _B ⁺ | 30,99 |

Kemudian untuk selanjutnya dicari kebutuhan tulangan, didapat kebutuhan tulangan sebagai berikut :

Tabel 5. Penulangan Pelat

| No | Arah | Tulangan (mm) |
|----|-----------------------------|---------------|
| 1 | M _B ⁻ | φ12-80 |
| 2 | M _B ⁺ | φ12-100 |
| 3 | M _A ⁻ | φ12-80 |
| 4 | M _A ⁺ | φ12-100 |

C. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Pada perhitungan RAB pada penelitian ini, diasumsikan bahwa biaya pekerjaan hanya pada biaya struktur, pengembalian kondisi dan pekerjaan minor. Dari hasil perhitungan didapatkan:

Tabel 6. Rencana Anggaran Biaya

| NO DIVISI | URAIAN | HARGA PEKERJAAN (Rp.) |
|-------------|---|-----------------------|
| 1 | UMUM | 0,00 |
| 2 | PEKERJAAN DRAINASE | 0,00 |
| 3 | PEKERJAAN TANAH | 0,00 |
| 4 | PELEBARAN PERKERASAN DAN BAHU JALAN | 0,00 |
| 5 | PERKERASAN BERBUTIR | 0,00 |
| 6 | PERKERASAN ASPAL | 0,00 |
| 7 | STRUKTUR | 2.785.434.929,44 |
| 8 | PENGEMBALIAN KONDISI DAN PEKERJAAN MINOR | 1.026.943,94 |
| 9 | PEKERJAAN HARIAN | 0,00 |
| 10 | PEMELIHARAAN RUTIN | 0,00 |
| (A) | Jumlah Harga Pekerjaan (Jumlah Div. 1 sampai 10) | 2.786.461.873,38 |
| (B) | PPN (10% x A) | 278.646.187,34 |
| (C) | Total Biaya Pekerjaan (A + B) | 3.065.108.060,72 |
| Terbilang : | Tiga Milyar Enam Puluh Lima Juta Seratus Delapan Ribu Enam Puluh Rupiah | |

Faktor-faktor yang mungkin mempengaruhi perbedaan tebal perkerasan pada penelitian ini diantaranya :

- a. Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) dimana pada metode Bina Marga 2003 menjadi salah satu faktor terpenting.
- b. Jumlah JSKN rencana yang melintas akan berpengaruh pada repetisi yang terjadi. Selanjutnya repetisi yang terjadi akan berpengaruh terhadap persentase kerusakan fatik maupun persentase kerusakan erosi. Dimana disyaratkan bahwa kerusakan fatik dan erosi tidak boleh lebih besar dari 100%.
- c. Faktor rasio tegangan dan faktor erosi. Kedua faktor tersebut didapat berdasarkan nilai CBR efektif. Faktor rasio tegangan dan faktor erosi berpengaruh pada repetisi ijin yang juga

akan berpengaruh pada persentase kerusakan fatik dan erosi. Pada metode *beam on elastic foundation* kedua faktor tersebut tidak diperhitungkan.

- d. Pertumbuhan lalu lintas, berpengaruh terhadap nilai JSKN rencana.
- e. Semakin besar pertumbuhan lalu lintas maka JSKN yang terjadi akan semakin besar pula. Selanjutnya pengaruh JSKN seperti pada point 1.
- f. Faktor keamanan beban, berpengaruh terhadap nilai JSKN rencana.
- g. Faktor keamanan beban tergantung pada penggunaan jalan. Semakin besar faktor keamanan beban maka JSKN yang terjadi akan semakin besar pula. Selanjutnya pengaruh JSKN seperti pada point 1.

- h. Koefisien distribusi kendaraan, berhubungan dengan JSKN rencana.
- i. Koefisien distribusi kendaraan bergantung pada lebar jalan dan jumlah lajur. Semakin besar koefisien distribusi kendaraan maka JSKN yang terjadi akan semakin besar pula. Selanjutnya pengaruh JSKN seperti pada point 1.
- j. Umur rencana perkerasan
- k. Semakin besar umur rencana maka nilai JSKN akan semakin besar pula. Selanjutnya pengaruh JSKN seperti pada point 1.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil analisa yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Kebutuhan tebal perkerasan kaku untuk periode 20 tahun dengan menggunakan lapis pondasi bawah CBK (Campuran Beton Kurus) setebal 10 cm, CBR tanah dasar 4% (untuk pelaksanaan sebaiknya CBR tanah dasar dinaikkan menjadi minimal 5%) dan jenis perkerasan beton bersambung dengan tulangan (metode Bina Marga 2003) yaitu sebesar 23 cm. Sedangkan kebutuhan tebal perkerasan kaku dengan cara metode *Beam On Elastic Foundation* dengan modulus reaksi tanah dasar 30000 kN/m^3 yaitu sebesar 20 cm.
2. Total anggaran biaya untuk perkerasan kaku dengan menggunakan metode Bina Marga 2003 yaitu sebesar Rp. 3.065.108.060,- (untuk panjang jalan 0,763 Km) atau Rp. 4.017.179.633,- (untuk per Km).

B. Saran

1. Jika ada penelitian selanjutnya maka sebaiknya dicari korelasi kebutuhan tebal perkerasan dengan metode Bina Marga 2003 dengan metode *Beam On Elastic Foundation* yaitu dengan adanya faktor koreksi untuk Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN rencana) yang lewat serta faktor koreksi kerusakan fatik dan erosi.
2. Jika ada penelitian selanjutnya perlu dicoba penggunaan jenis lapis pondasi bawah yang berbeda.
3. Pemilihan penggunaan metode *beam on elastic foundation* harus memperhatikan faktor keamanan dalam perhitungannya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ardhana, Ketut, Made Sukrawa dan I Ketut Sudarsana. 2006. Batasan Kekakuan Pondasi Pelat Kaku Di Atas Tanah Elastis. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 10, No.2, Juli 2006.
- ASTM C78. Standard Test Method For Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading). Departemen Pekerjaan Umum. 1995. Panduan Analisa Harga Satuan. Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2003. Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Pd – T – 14 – 2003. Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2004. Pelaksanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Pd T – 05 – 2004 – B. Jakarta.
- Ervianto, Wulfram I., Cara Tepat Menghitung Biaya Bangunan. 2007. ANDI Yogyakarta. Yogyakarta.
- Firdaus, Wildan. 2010. Prediksi Perilaku Pelat Beton Di Atas Tanah Lunak Menggunakan Metode Boef (*Beams On Elastic Foundation*) Ditinjau Pada Variasi Tebal Pelat Beton Dan Nilai Pembebanan. Tugas Akhir S-1. Program Sarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Gunadarma, 1997. Rekayasa Jalan Raya. Penerbit Gunadarma. Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. Metoda Hitungan Lendutan Pelat Dengan Menggunakan Modulus Reaksi Tanah Dasar Ekuivalen Untuk Struktur Pelat Fleksibel. dinamika TEKNIK SIPIL, Volume 9, Nomor 2, Juli 2009. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. Perancangan Sistem Cakar Ayam Modifikasi Untuk Perkerasan Jalan Raya. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hetenyi, M., 1974, *Beam on Elastic Foundation*, An Arbor: The University of Michigan Press, Michigan.
- Sopiah, Siti. 2010. Kajian Perbandingan Biaya Pembangunan Jalan Perkerasan Lentur dengan Perkerasan Rigid Pada Ruas Jalan Pakupatan-Palima. Tugas Akhir S-1. Program Sarjana Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Wiryanto, Dewobroto. 2010. Jalan Beton dan Tulangannya.
<http://wiryanto.wordpress.com>. Diakses pada tanggal 31 Oktober 2011.