

ANALISA PERHITUNGAN PEMBANGUNAN JALAN PARALEL SUNGAI RAYA DALAM MENGUNAKAN PERKERASAN KAKU (*RIGID PAVEMENT*)

Sabiq Arbianto Ghurran¹⁾, Akhmadali²⁾, Heri Azwansyah²⁾
sabiqarbianto@gmail.com

Abstrak

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang diperuntukkan bagi lalu lintas. Jika perkerasan jalan dalam kondisi baik maka arus lalu lintas akan berjalan dengan lancar, demikian sebaliknya. Dengan perkembangan pertumbuhan lalu lintas di Kota Pontianak yang setiap tahun bertambah, maka perlu diadakan peningkatan fungsi infrastruktur dalam hal ini yakni pembangunan jalan menggunakan Perkerasan Kaku atau dikenal dengan Rigid Pavement.

Landasan teori dalam penelitian ini menggunakan metoda Bina Marga 2003. Adapun cara pengumpulan data primer yaitu pengambilan data lalu lintas harian rata-rata langsung di lapangan, sedangkan pengumpulan data sekunder diambil dari Direktorat Samsat Polda Kalbar dalam hal ini data pertumbuhan kendaraan bermotor.

Dalam penelitian ini untuk perkerasan kaku umur rencana 20 tahun dengan laju pertumbuhan lalu lintas di kota pontianak sebesar 8,603% terdapat 295.650 truk 2 as/tahun dengan berat 13 ton yang akan melewati Jalan Paralel Sungai Raya Dalam dan didapat ketebalan pelat 16 cm dengan mutu beton K-350. Untuk perencanaan sambungan melintang umur rencana 20 tahun digunakan dowel dengan diameter 29 mm, panjang 450 mm dan jarak 300 mm. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran untuk perencanaan perkerasan kaku untuk dilaksanakan pada daerah Kota Pontianak.

Kata kunci : Perkerasan kaku, ketebalan pelat, mutu beton.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkerasan kaku adalah perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya sehingga mempunyai modulus elastisitas yang rendah. Pada umumnya terdiri dari lapisan beton semen yang dipasang langsung atau perantara selapis tipis pondasi diatas tanah dasar. Tingginya kekakuan pada perkerasan menyebabkan penyebaran beban oleh perkerasan tanah dasar relatif lebih luas dan beban sebagian besar dipikul oleh perkerasan tersebut.

Pada perkerasan kaku, perawatan jalan pada masa pemakaian atau pelayanan jalan tersebut tidak terlalu mahal, dikarenakan perkerasan kaku lebih tahan terhadap proses keausan maupun pelapukan baik secara mekanis maupun kimiawi sehingga tidak memerlukan perawatan atau rehab jalan kembali dalam waktu yang panjang.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk dapat menganalisis tebal pelat jalan Paralel sungai Raya Dalam dengan menggunakan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur dan Jenis Perkerasan Kaku

Menurut Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah (Pd.T-14-2003), Perkerasan kaku dikelompokkan kedalam empat jenis, yaitu:

2.1.1. Perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan

Adalah jenis perkerasan beton yang dibuat tanpa tulangan dengan ukuran plat mendekati bujur sangkar, dimana panjang dari pelatnya dibatasi oleh sambungan-sambungan melintang. Panjang pelat beton pada perkerasan kaku jenis ini relative pendek, biasanya sekitar 3-7m.

1. Alumni Prodi Teknik Sipil FT. UNTAN
2. Dosen Prodi Teknik Sipil FT. UNTAN

2.1.2. Perkerasan Beton Semen Bersambung Dengan Tulangan

Adalah jenis perkerasan beton yang dibuat tanpa tulangan dan dengan ukuran pelat berbentuk persegi empat, dimana panjang dari pelatnya dibatasi oleh adanya sambungan-sambungan melintang. Panjang pelat beton pada perkerasan ini relatif cukup panjang berkisar antara 10-30 m.

2.1.3. Perkerasan Beton Semen Menerus Dengan Tulangan

Adalah jenis perkerasan beton yang dibuat dengan tulangan, dan dengan panjang pelat yang menerus dan yang hanya dibatasi oleh adanya sambungan-sambungan muai melintang. Panjang pelat pada jenis ini relatif sangat panjang yaitu dapat lebih dari 100 m. Tulangan yang dipakai cukup banyak dikarenakan untuk mencegah terjadinya retakan yang besar.

2.1.4. Perkerasan Beton Semen Prategang

Panjang pelat beton pada perkerasan beton semen prategang berkisar antara 200-700 m. Pada perkerasan ini pelat beton yang dipakai dapat lebih besar dan tebal pelat lebih tipis.

2.2 Tanah Dasar (Sub Grade)

Pengukuran daya dukung lapisan tanah dasar (sub grade) dapat dilakukan dengan cara :

2.2.1. California Bearing Ratio (CBR)

Dilakukan untuk mendapatkan nilai CBR yang diperlukan untuk mengetahui daya dukung lapisan tanah dasar, akan tetapi pengujian ini memerlukan banyak waktu dan biaya yang mahal. Disamping itu, untuk trase jalan baru, metoda / pengujian ini sangat tidak praktis. Untuk menghitung nilai CBR segmen dapat menggunakan rumus:

$$CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - (CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}}) / R$$

Dengan Nilai R dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 1. Nilai R Untuk Menghitung CBR_{segmen}

| Jumlah Titik Pengamatan | Nilai R |
|-------------------------|---------|
| 2 | 1,41 |
| 3 | 1,91 |
| 4 | 2,24 |
| 5 | 2,48 |
| 6 | 2,67 |
| 7 | 2,83 |
| 8 | 2,96 |
| 9 | 3,08 |
| >10 | 3,18 |

2.2.2. Metoda Penetrasi (Cone Penetrometer)

Metoda Penetrasi (Cone Penetrometer), dapat digunakan sebagai pengganti metoda CBR. Metoda ini terdiri dari dua metoda yang sesuai dengan alat yang digunakan, yaitu Dynamic Cone Penetrometer (DCP) dan Sondir (Static Cone Penetrometer).

Untuk menghitung Nilai CBR dari nilai DCP digunakan rumus :

- DCP dengan Konus 60⁰ :
 - $\text{Log}_{10} (\text{CBR}) = 2,8135 - 1,313 \text{ Log}_{10} \text{DN}$
 - DN dalam mm/tumbukan
- DCP dengan Konus 30⁰ :
 - $\text{Log}_{10} (\text{CBR}) = 1,352 - 1,125 \text{ Log}_{10} \text{DN}$
 - DN dalam cm/tumbukan

2.2.3. Modulus Reaksi Tanah Dasar (k)

Modulus "k" ini dapat ditentukan dari pengujian pembebanan plat (plate loading test) yang dapat digunakan untuk evaluasi daya dukung lapisan tanah dasar (subgrade), pondasi bawah (sub base), dan pondasi atas (base). Modulus "k" ini dapat ditentukan dan langsung dimasukkan ke proses perencanaan perkerasan kaku.

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

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

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

$$k^0 = \bar{k} - 1,28 S \quad \text{untuk jalan lokal/ kolektor}$$

dimana:

- k^0 = Modulus reaksi tanah yang mewakili suatu seksi
- $\bar{k} = \frac{\sum k}{n}$ Modulus reaksi tanah dasar rata-rata dalam suatu seksi.
- k = Modulus reaksi tanah dasar tiap titik di dalam seksi jalan
- n = Jumlah data k

2.2.4. Parameter Elastis

Tata cara yang digunakan untuk menentukan nilai CBR desain dilakukan dengan pengujian laboratorium terhadap contoh tanah dari lapangan dimana dapat diperkirakan nilai kepadatan dan kadar air lapisan tanah dasar tersebut.

2.2.5. Pengambilan Nilai CBR Perkiraan

Pendekatan ini dapat digunakan jika tidak dapat diperoleh nilai CBR, khususnya untuk jalan dengan lalu lintas rendah atau untuk tahap awal perencanaan suatu jalan.

Tabel 2. Perkiraan Nilai CBR

| Pemerian Lapisan Tanah Dasar | Tipikal nilai CBR (%) | | |
|-----------------------------------------|-----------------------|---------------|-------------------------|
| Material | USC S | Drainase Baik | Drainase Jelek / Kurang |
| Lempung dengan plastisitas tinggi Lanau | CH ML | 5 | 2-3 |
| Lempung Lanauan | CL | 6-7 | 4-5 |
| Lempung Pasiran | SC | | |
| Pasir | SW, SP | 15-20 | - |

Sumber : Perencanaan Teknik Jalan Raya (2000)

2.3 Lapis Pondasi

Yaitu lapis perkerasan yang diletakkan diantara tanah dasar (sub grade) dan pelat beton. Lapis ini tidak mempunyai nilai struktural. Menurut Hary Christady Hardiyatmo (2011), lapisan pondasi berfungsi untuk:

- Mengendalikan pengaruh pemompaan (pumping).
- Menambah modulus reaksi tanah dasar (k)
- Untuk memberikan dukungan pada pelat beton yang stabil, seragam dan permanen
- Mengendalikan aksi pembekuan.
- Sebagai lapisan drainase.
- Mengendalikan kembang-susut tanah dasar,
- Memudahkan pelaksanaan, karena dapat juga berfungsi sebagai landasan kerja.
- Mengurangi terjadinya retak pada beton.

Bahan yang dipakai pada umumnya beton tidak bertulang, dengan kuat tekan $f_c = 105 \text{ kg/cm}^2$ atau setara dengan beton mutu K75- K100 dengan tebal 10 cm.

2.4 Lapisan permukaan

Lapisan permukaan adalah pelat beton semen diatas lapisan pondasi yang merupakan bagian utama dan memegang peranan utama dalam stuktur perkerasan. Beton semen yang biasanya mempunyai kuat tekan K250-K425. Agar permukaan jalan beton semen mempunyai tingkat kekesatan (skid resistance) yang memadai, maka permukaan jalan tersebut diberi struktur dengan cara grooving (mengeruk) dan brashing (menyikat). Karena alasan untuk mengurangi kebisingan dan kekasaran maka tekstur yang dibuat pada pada umumnya tekstur arah memanjang dan tidak terlalu dalam ,meskipun pemakaian tekstur ini mempunyai kerugian yaitu drainase permukaan menjadi tidak lancar.

2.5 Sambungan

Perencanaan sambungan pada perkerasan jalan beton, merupakan bagian yang harus dilakukan, baik jenis perkerasan jalan beton bersambung tanpa atau dengan tulangan, maupun pada jenis perkerasan jalan beton menerus dengan tulangan.

Fungsi sambungan pada perkerasan jalan beton pada dasarnya untuk mengontrol retakan akibat susut dan tempat untuk memuai. Penempatan sambungan akan menentukan letak dimana retak tersebut harus terjadi akibat menyusutnya beton dan juga pengendalian-pengendalian terhadap perubahan-perubahan temperatur pada perkerasan maupun untuk keperluan konstruksi (pelaksanaan).

Sambungan pada perkerasan jalan beton terdiri dari sambungan arah melintang dan sambungan arah memanjang. Pada sambungan arah melintang menggunakan besi polos (dowel) yang berfungsi sebagai pemindah beban (transfer loading device). Besi polos tersebut pada salah satu ujungnya harus dapat bergerak secara bebas , sedang pada sambungan arah memanjang menggunakan besi berprofil (deformed steel) yang disebut tie bar dan berfungsi sebagai pengikat pelat beton pada arah memanjang.

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga jenis-jenis sambungan pada perkerasan jalan beton, yaitu:

2.5.1. Sambungan Susut (*Contraction Joint*)

Sambungan susut dibuat untuk mengalihkan tegangan tarik akibat suhu, kelembapan, gesekan sehingga akan mencegah retak. Jika sambungan susut tidak dipasang, maka akan terjadi retak yang acak pada permukaan beton. Retak akibat susut ini biasanya terjadi pada malam hari pertama, waktu pelat beton belum selesai dicor. Sambungan susut ini ditempatkan pada jarak yang tidak melebihi perbandingan 3:2 dari panjang dan lebar pelat beton. Perlemahan untuk membentuk sambungan susut dapat dibuat dengan cara penggergajian yang dilakukan pada permukaan pelat beton selebar 4-6 mm dengan kedalaman kurang dari seperempat dari tebal pelat betonnya. Kemudian perlemahan ini diisi dengan joint sealant sedalam 4 mm untuk mencegah masuknya air dari permukaan perkerasan.

2.5.2. Sambungan muai (*Expansion Joint*)

Berfungsi untuk menyiapkan ruang muai pada perkerasan akibat perubahan temperatur yang tinggi, sehingga dapat mencegah terjadinya tegangan tekan yang akan menyebabkan perkerasan tertekuk. Pembuatan sambungan muai, biasanya dibuat dengan cara dibentuk (preformed), karena pada sambungan ini celah harus dibuat cukup lebar.

2.5.3. Sambungan Konstruksi (*Construction Joint*)

Sambungan ini dibuat sehubungan dengan berhentinya pekerjaan (break down) pada waktu selesai jam kerja, kerusakan alat atau keadaan darurat lainnya.

Dalam pelaksanaan pembuatan sambungan terdapat komponen-komponen yang berperan penting, yaitu:

2.5.4. Dowel Bars

Dowel adalah sepotong baja polos yang lurus yang digunakan sebagai perangkat transfer beban dalam menjalankan fungsi-fungsinya tersebut. Dowel harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- Sederhana dalam perencanaan, pemasangannya praktis, serta terbungkus secara sempurna oleh beton.
- Mampu mendistribusikan beban akibat pegangan roda tanpa menimbulkan tegangan yang lebih pada beton.
- Tahan korosi.
- Untuk perhitungan dowel ini menggunakan Analisis Frieberg yang diambil dalam buku Principles of Pavement Design yaitu:

anyak dowel yang digunakan (N) : $\frac{Ly}{s}$

arak pemasangan dari tepi = $\frac{Ly-(n-1)s}{2}$

(radius kekakuan relatif) = $\sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)k}}$

keterangan :

E = Modulus Elastisitas Plat

k = Modulus daya dukung tanah

h = Tebal plat

μ = poisons ratio (0,2)

ekakuan relatif dowel (β) = $\sqrt[4]{\frac{K_b}{4EI}}$

Lendutan pada joint (Y_0) = $Y_0 = \frac{Pt}{4 \cdot \beta^3 \cdot EI} (2 + \beta \cdot z)$

Z = lebar bukaan sambungan (0,2)

Bearing stress pada beton di permukaan dowel : $\sigma = K \cdot Y_0$

Baering stress yang diizinkan : $f_b = \left(\frac{4-b}{3}\right) f_c$

Dalam perhitungan dowel ini nilai bearing stress pada beton harus lebih kecil dari bearing stress yang diizinkan.

2.5.5. Tie Bars

Adalah batang baja yang diprofilkan dan direncanakan untuk pengikat pelat bersama-sama, serta mengatasi gesekan anantara pelat perkerasan dengan sub grade atau sub base. Bina Marga menyarankan tie bars dibuat dari baja tulangan minimum U₂₄, dengan diameter 16 mm, panjang 800 mm dan jarak 750 mm.

2.6 Lalu Lintas Rencana Untuk Perkerasan Kaku

Penentuan beban lalu lintas rencana untuk perkerasan kaku dilakukan dengan cara mengakumulasikan jumlah beban sumbu (dalam rencana lajur selama usia rencana) untuk masing-masing jenis kelompok sumbu, termasuk distribusi beban ini.

Dalam Pd T-14-2003, 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 total minimum 5 ton.

Konfigurasi sumbu yang diperhitungkan ada 4 jenis, yaitu :

- Sumbu Tunggal Roda Tunggal (STRT).
- Sumbu Tunggal Roda Ganda (STRG).
- Sumbu Tandem Roda Ganda (STdRG).
- Sumbu Tridem Roda Ganda (STrRG).

2.7 Umur Rencana

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.

2.8 Lalu Lintas Rencana

Dalam Pd T-14-2003, 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 survei beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JSK_n = JSK_{NH} \times 365 \times R \times C$$

Dengan Pengertian :

- JSKN : Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana.
- JSKNH: Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari saat jalan dibuka.
- R : Faktor pertumbuhan kumulatif yang besarnya tergantung dari pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana.

C : Koefisien distribusi kendaraan.

Tabel 3. Koefisien Distribusi Kendaraan

| Jumlah Lajur | Kendaraan Niaga | |
|--------------|-----------------|--------|
| | 1 arah | 2 arah |
| 1 lajur | 1,00 | 1,00 |
| 2 lajur | 0,70 | 0,50 |
| 3 lajur | 0,50 | 0,475 |
| 4 lajur | - | 0,45 |
| 5 lajur | - | 0,425 |
| 6 lajur | - | 0,4 |

2.9 Pertumbuhan Lalu Lintas

Volume lalu lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai

tahap dimana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu-lintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut :

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

- 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 berikut ini :

Tabel 4. Faktor pertumbuhan lalu lintas (R)

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

Sumber : Perencanaan perkerasan beton semen 2003

Untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas dapat dipakai rumus:

$$a_n = a_0 (1 + i)^n$$

Dimana:

- a_n = Jumlah kendaraan pada tahun yang ditinjau
- a_0 = Jumlah kendaraan pada saat sekarang
- i = Angka pertumbuhan lalu lintas (%)
- n = Jangka waktu tinjauan (tahun)

2.10 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 berikut.

Tabel 5. Faktor Keamanan Beban

| N | Penggunaan | Nilai |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 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 | 1,2 |
| 2 | Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga | 1,1 |
| 3 | Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah. | 1,0 |

2.11 Fungsi Jalan

Fungsi jalan dapat menggambarkan jenis kendaraan pengguna jalan dan beban lalu lintas yang akan dipikul oleh struktur perkerasan jalan. Sebagai contoh, lalu lintas angkutan barang yang menggunakan truk berat, trailer tunggal, atau trailer ganda pada umumnya melintasi jalan-jalan arteri suatu wilayah.

Berdasarkan fungsinya, jalan dapat dikelompokkan ke dalam :

- a. Jalan Arteri
Jalan arteri adalah jalan yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.

- b. Jalan Kolektor
Jalan Kolektor adalah jalan yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c. Jalan Lokal
Jalan Lokal adalah jalan yang berfungsi melayani angkutan stempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah masuk tidak dibatasi
- d. Jalan Lingkungan
Jalan Lingkungan adalah jalan yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah.

2.12 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 3-5 Mpa (30-50 kg/cm²).

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/cm²). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25

- Mpa (2,5 kg/cm²) terdekat.
- Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut:
- $f_{cf} = K (fc')^{0,50}$ dalam Mpa atau
- $f_{cf} = 3,13 K (fc')^{0,50}$ dalam kg/cm²

Dengan pengertian :

- f_c' : kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm^2)
- f_{cf} : kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm^2)
- K : konstanta 0,7 untuk agregat tidak pecah dan 0,75 untuk agregat pecah.

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

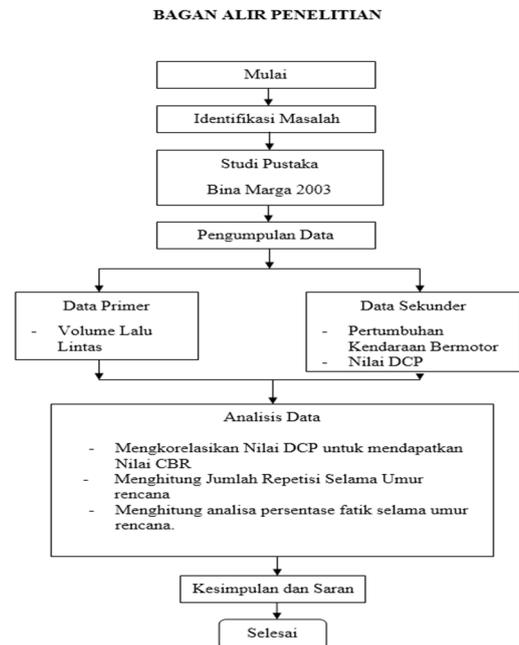
- $f_{cf} = 1,37 \cdot f_{cs}$, dalam Mpa atau
- $f_{cf} = 13,44 \cdot f_{cs}$ dalam kg/cm^2
- dengan
- $f_{cs} =$ kuat tarik belah beton 28 hari.

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 pemberhentian bus. Panjang serat baja antara 15 mm dan 50 mm yang bagian ujungnya melebar sebagai anker dan atau sekrup penguat untuk meningkatkan ikatan. Secara tipikal serat dengan panjang antara 15 mm dan 50 mm dapat ditambahkan ke dalam adukan beton, masing – masing sebanyak 75 dan 45 kg/m^3 .

Semen yang akan digunakan untuk pekerjaan beton harus dipilih dan sesuai dengan lingkungan dimana perkerasan akan dilaksanakan.

2.13 Persyaratan Pada Perkerasan Kaku

Untuk merencanakan suatu jalan menggunakan Perkerasan Kaku, harus memperhatikan persyaratan antara lain sebagai berikut :



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

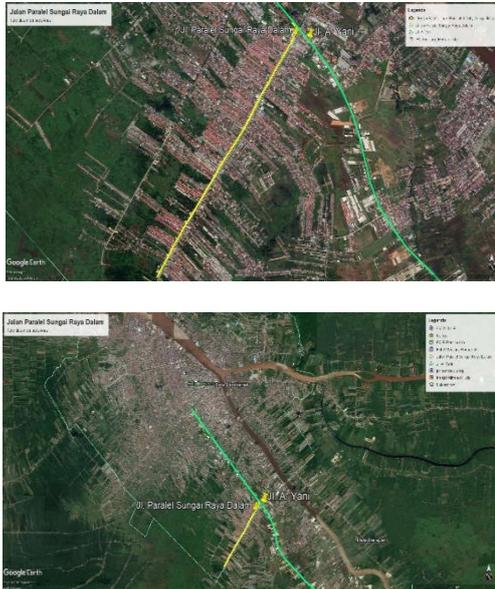
- CBR tanah dasar minimum 6 %
- Kuat Lentur tarik beton (MR), pada umur 28 hari dianjurkan 40 kg/cm^2 (dalam keadaan terpaksa boleh menggunakan beton dengan MR 30 kg/cm^2)
- Kelandaian maksimum 10 %
- Tebal Perkerasan Kaku tidak boleh kurang dari 150 mm kecuali perkerasan bersambung tidak bertulang tanpa rujil (dowel), tebal minimum harus 200 mm.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penulisan ini adalah metode deskriptif yang menggunakan objek penelitian saat sekarang dengan melihat fakta sebagaimana adanya, dan kemudian dianalisa untuk mendapatkan suatu kesimpulan / konsep-konsep baru mengenai hal yang diteliti.

Adapun tinjauan lokasi penelitian ini adalah Jl. Paralel Sungai Raya Dalam, dimana terdapat pembangunan jalan menggunakan perkerasan kaku (Rigid

Pavement) dengan panjang 3100 meter dan lebar 7 meter.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Adapun mengenai informasi atau data yang diperoleh, dapat kita bedakan berdasarkan sumbernya, yaitu:

- a. Data primer, yaitu data yang diperoleh sumber - sumber primer, yakni sumber asli yang memuat data atau informasi tersebut. Data primer diperoleh peneliti itu sendiri setelah mengamati langsung dari sumbernya.
- b. Pada penelitian ini digunakan untuk menentukan nilai lalu lintas harian rata-rata.
- c. Data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari sumber yang bukan asli yang memuat data atau informasi tersebut. Dalam penelitian data sekunder menggunakan data pertumbuhan kendaraan bermotor yang didapatkan dari Direktorat Polda Kalbar, dan data CBR lokasi penelitian.
- d. Secara umum tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini diuraikan dalam diagram alir berikut ini.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proyek jalan yang dibahas adalah jalan Paralel Sungai Raya Dalam Kota Pontianak sepanjang 3100 m dengan lebar perkerasan 7 m.

Untuk perencanaan tebal perkerasan kaku, daya dukung tanah dasar diperoleh dengan nilai CBR. Daya dukung tanah dasar yang telah dipadatkan dapat diukur langsung di lapangan dengan melakukan korelasi dari nilai empiris hasil pengujian penetrometer konus dinamis (*Dynamic Cone Penetrometer*) yang dikenal dengan DCP. Alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat mengukur sampai kedalaman 100 cm dengan ujung batang atau stang berbentuk konus dengan luas $1,61 \text{ cm}^2$ dengan sudut 60° .

Adapun data tanah sebagai berikut :

- CBR maksimum = 7 %
- CBR minimum = 5 %
- CBR rata-rata = 6,0625 %
- Jumlah data ada 32, dan diperoleh nilai $R = 3,18$
- $CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - (CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}}) / R$
- $= 6,0625 - (7-5) / 3,18$
- $= 5,93 \% \approx 6 \%$

Data lalu-lintas kendaraan niaga tahun tahun 2018 jalan Sungai Raya Dalam:

- Bus : 0
- Truk 2 As 6 Ton : 112
- Truk 2 As 13 Ton : 810
- Truk 3 As : 0

Berikut ini adalah data pertumbuhan kendaraan niaga di Pontianak yang didapat dari Direktorat Samsat Polda Kalbar.

Tabel 6. Pertumbuhan kendaraan niaga di pontianak

| Tahun | I (%) |
|-------------|--------|
| 2008 – 2009 | 7,09 |
| 2009 – 2010 | 19,892 |
| 2010 – 2011 | 14,284 |
| 2011 – 2012 | 9,806 |
| 2012 – 2013 | 7,462 |
| 2013 – 2014 | 5,975 |
| 2014 – 2015 | 4,859 |
| 2015 – 2016 | 3,828 |
| 2016 - 2017 | 4,234 |
| Rata - Rata | 8,603 |

$$R = \frac{(1+i)^{ur}-1}{i} = \frac{(1+0,08603)^{20}-1}{0,08603} = 48,936 \approx 49$$

4.1. Perencanaan Perkerasan Umur Rencana 20 Tahun

Jumlah Kendaraan Niaga (JKN) selama umur rencana = $922 \times 49 = 45178$ buah

Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) selama umur rencana :

$$JSKN = 184 \times 49 \times 0,7 = 63249,2 \text{ buah}$$

Tabel 8. Repetisi Umur Rencana 20 Tahun

| Konfigurasi Sumbu | Beban Sumbu (Ton) | Perentase Konfigurasi Sumbu | Jumlah Repetisi Selama Umur Rencana |
|-------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| STRT | 2 | 112 : 224 = 50% | 3.842,388 |
| STRT | 4 | 50% | 3.842,388 |
| STRT | 5 | 112 : 224 = 50% | 27.782,211 |
| STRG | 8 | 50% | 27.782,211 |
| | | 810 : 1620 = 50% | |
| | | 810 : 1620 = 50% | |
| Jumlah | | | 63249,2 |

Tabel 7. Angka Pertumbuhan Kendaraan

| Jenis Sumbu | Beban Sumbu ton (kN) | Beban Rencana Per Roda (kN) | Repetisi yang terjadi | Faktor Tegangan | Analisa Fatik | |
|-------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|-------------------|
| | | | | | Repetis Ijin | Persen Rusak (%) |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7)=(4)*(100)/(6) |
| STRT | 2 (20) | 10 | 3842,388 | TE = 1,39 FRT=0,33 | Tak Terhingga | 0 |
| STRT | 4 (40) | 20 | 3842,388 | TE = 1,39 FRT=0,33 | Tak Terhingga | 0 |
| STRT | 5 (50) | 25 | 27.782,211 | TE = 1,39 FRT=0,33 | Tak Terhingga | 0 |
| STRG | 8(80) | 20 | 27.782,211 | TE = 2,17 FRT=0,52 | 200.000 | 13.891 % |
| Total | | | | | | 13.891 % < 100 % |

Didapatkan :

- sebesar 8,603 %

Untuk perhitungan tebal pelat beton sebagai berikut :

- K : K-350
- f_{cf} : 4,1
Mpa
- FK (Faktor Keamanan) : 1
- CBR tanah dasar : 6 %
- CBR Effectip : 25 %
- Beban Rencana per-roda :
- $STRT = \frac{20}{2} X 1 = 10 \text{ kN}$
- $STRT = \frac{40}{2} X 1 = 20 \text{ kN}$
- $STRT = \frac{50}{2} X 1 = 25 \text{ kN}$
- $STRG = \frac{80}{4} X 1 = 20 \text{ kN}$
- $TE_{STRT} = 1,39$; $FRT = \frac{TE}{f_{cf}} = \frac{1,39}{4,1} = 0,33$
- $TE_{STRG} = 2,17$; $FRT = \frac{TE}{f_{cf}} = \frac{2,17}{4,1} = 0,52$

Karena % rusak fatik lebih kecil dari 100% maka tebal pelat diambil 160 mm.

4.2 Perencanaan Dowel Bars

Dowel bars merupakan sepotong baja polos dan lurus yang digunakan sebagai perangkat transver beban, dengan diameter dan panjang yang telah ditetapkan, yang tercantum pada peraturan Bina Marga 2003. Adapun dowel bars yang digunakan adalah Sambungan susut melintang dipasang setiap jarak 5m dengan ukuran:

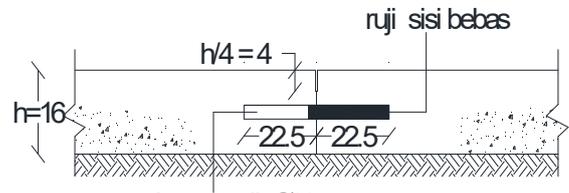
- Diameter (D) = 29 mm = 2,9 cm
- Panjang (L) = 450 mm = 45 cm
- Jarak (S) = 300 mm = 30 cm

Banyak dowel yang digunakan

- (N) : $\frac{Ly}{S} = \frac{3500}{300} = 11,67 = 12$
- Dipakai 12 buah dowel bars

Panjang jarak pemasangan dari tepi = $\frac{Ly - (n-1)S}{2} = \frac{3500 - (12-1).300}{2} = 100 \text{ mm}$

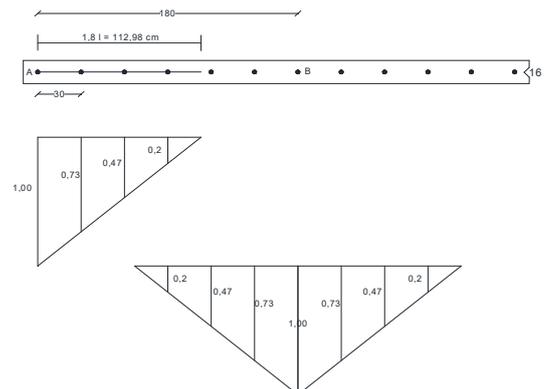
Untuk batang pengikat digunakan baja ulir Φ 29 mm, panjang 45 cm dengan jarak 30 cm.



Gambar 3. Potongan Pelat Boeton

- Lebar truk = 180 cm = 70,86 in
- Nilai k (modulus daya dukung tanah) didapat dari lampiran 9 = 4,1 kg/cm²
- E (modulus elastisitas pelat) = $9600 \sqrt{350} = 1,79 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$
- P = 8000 kg = 17639,98 lb
- l (radius kekakuan relatif) = $4 \sqrt{\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)k}} = 4 \sqrt{\frac{(1,79 \cdot 10^5) \cdot (16)^3}{12(1-0,2^2) \cdot (4,1)}} = 62,76 \text{ cm}$

Untuk perhitungan dowel ini menggunakan Analisis Frieberg yang diambil dalam buku Principles of Pavement Design (E.J Yoder & M.W.Witczak).



Gambar 4. Distribusi Beban Roda

- $P_t = \frac{50\% \cdot P}{D_e}$
- $D_e = \text{Dowel Efektif}$
- Beban di A : $D_e = 2,4$
- Beban di B : $D_e = 3,8$

Pt terbesar terjadi pada beban di

- A → De terkecil
- $Pt = \frac{50\% \cdot 17636,98}{2,4} = 3674,37 \text{ lb}$

Kekakuan relatif dowel :

- $\beta = \sqrt[4]{\frac{K, b}{4 E I}}$
- K (Modulus daya dukung dowel) = $1,5 \cdot 10^6 \text{ pci}$
- b (diameter dowel) = $29 \text{ mm} = 1,14 \text{ in}$
- E (Modulus Elastisitas Dowel) = $29 \cdot 10^6 \text{ pci}$
- I = Momen inersia dowel
- $= \frac{\pi \cdot r^4}{4}$
- r = jari-jari dowel = $1,14/2 = 0,57 \text{ in}$
- $I = \frac{3,14 \cdot 0,57^4}{4} = 0,082 \text{ in}^4$
- $\beta = \sqrt[4]{\frac{(1,5 \cdot 10^6) \cdot 1,14}{4 \cdot (29 \cdot 10^6) \cdot (0,082)}} = 0,65/\text{in}$

Lendutan pada joint :

- $Y_o = \frac{Pt}{4 \cdot \beta^3 \cdot EI} (2 + \beta \cdot z)$
- z = lebar bukaan sambungan = $0,2 \text{ in}$
- $Y_o = \frac{3674,37}{4 \cdot (0,65)^3 \cdot (29 \cdot 10^6) \cdot (0,082)} (2 + 0,65 \cdot 0,2) = 0,00299 \text{ in}$

Bearing stress pada beton di permukaan dowel :

- $\sigma = K \cdot Y_o$
- $= 1,5 \cdot 10^6 \cdot 0,00299$
- $= 4485 \text{ pci}$

Bearing stress yang diizinkan :

- $fb = \left(\frac{4-b}{3}\right) fc$
- $fc = 350 \text{ kg/cm}^2 = 4977 \text{ psi}$
- $fb = \left(\frac{4-1,14}{3}\right) 4977 = 4744,74 \text{ psi}$

$\sigma < fb$ maka dowel dengan diameter 29 mm, panjang 450 mm dan jarak 300 mm memenuhi syarat untuk digunakan pada sambungan melintang.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- Dari hasil perhitungan setiap bab pada perencanaan perkerasan kaku ruas jalan Paralel Sungai Raya Dalam sepanjang 3100 meter dapat ditarik kesimpulan :
- Dalam perhitungan perencanaan perkerasan kaku dalam penelitian ini yang memiliki umur rencana 20 tahun didapat tebal pelat 160 mm atau 16 cm, dan didapatkan dowel dengan diameter 29 mm, panjang 450 mm dan jarak 300 mm, dengan mutu beton K – 350.
- Dalam penelitian ini didapatkan bahwa perencanaan Jalan Paralel Sungai Raya Dalam memiliki tebal pelat yang lebih tipis daripada yang ada di lapangan saat ini, yaitu 200 mm, dan diameter dowel yang lebih besar daripada yang ada dilapangan saat ini, yaitu 19 mm dengan mutu beton yang sama.
- Perbedaan tebal pelat dan diameter dowel antara hasil analisa dengan yang ada dilapangan saat ini di karenakan perbedaan data CBR dan beban kendaraan yang digunakan dalam analisa perhitungan.

5.2 Saran

Untuk Perencanaan Jalan Paralel Sungai Raya Dalam ini disarankan untuk menggunakan Tebal pelat setebal 160 mm agar dapat mengurangi biaya pelaksanaan. Dan menggunakan dowel dengan diameter 29 mm guna menahan beban transfer sebesar 8 ton.

DAFTAR PUSTAKA

Direktorat Jenderal Bina Marga. 2003. *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*. Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

- Hendarsin, S. L. (2000). *Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- Nikmah, A. 2013. Tugas Akhir. *Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Jalan Purwodadi – Kudus 198*. Semarang: Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang.
- Saodang, H. (2005). *Perancangan Perkerasan Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Simamora, H Y. 2016. Skripsi. *Analisa Perhitungan Rehab Jalan M. Sohor Menggunakan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)*. Pontianak: Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura.
- Yoder, E. J., & Witczak, M. W. (1959). *Principles Of Pavement Design*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.