

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Dasar Pembangunan Rigid pavement Ruas Jalan

Perkerasan kaku, atau rigid pavement, merupakan konstruksi perkerasan di mana lapisan atasnya berupa pelat beton semen bisa bersambung tanpa tulangan atau bersambung dengan tulangan yang diletakkan langsung di atas pondasi atau tanah dasar (Frederik Irsan Delu., 2024). Dalam teori dasarnya, struktur ini dirancang untuk menahan tegangan yang timbul dari beban sumbu lalu lintas dengan menyalurkannya ke slab beton. Pelat beton berfungsi sebagai komponen utama yang menanggung beban, sedangkan lapisan pondasi bawah berperan sebagai penstabil dan pendukung slab serta mencegah intrusi partikel tanah. Konsep ini semakin diperkuat oleh metode perencanaan seperti AASHTO, yang menentukan tebal pelat berdasarkan beban ekuivalen dan umur rencana, sehingga semakin berat beban lalu lintas maka tebal beton yang direncanakan pun bertambah.

Beton sebagai material rigid pavement dipilih terutama karena kemampuannya dalam mendukung beban tinggi dan umur layanan jalan yang lebih panjang. Jalan beton memiliki modulus elastisitas yang tinggi sehingga struktur utama perkerasan mampu menahan beban langsung, sedangkan pada perkerasan lentur (flexible pavement) beban didistribusikan ke beberapa lapisan pondasi bawah sehingga jalan akan mengalami penurunan dan pergeseran pada tanah dasar (Setiawan, A., & Sugiyanto., 2021). Data proyeksi lalu lintas harian maupun beban kendaraan berat menjadi dasar untuk menentukan mutu beton (contohnya K-350) dan tebal lapisan permukaan serta pondasi beton standar

2.2 Struktur Rigid pavement Ruas jalan

Struktur rigid pavement ruas jalan terdiri atas pelat beton semen dengan atau tanpa tulangan yang diletakkan di atas lapisan pondasi bawah atau langsung di atas tanah dasar, serta dapat dilengkapi dengan lapisan permukaan beraspal. Lapisan pelat ini berfungsi utama untuk mereduksi tegangan dari beban lalu lintas dan mendistribusikannya ke tanah dasar dengan batas lendutan yang masih dapat diterima, sekaligus mengatasi pengaruh kembang susut, penurunan daya dukung tanah, dan kondisi lingkungan seperti iklim dan cuaca (Sumina, & Priyanto, K. J., 2020). Fungsi lapisan pondasi bawah lebih bersifat suportif mengendalikan deformasi tanah dan mencegah intrusi ke pelat beton namun kekuatan beton adalah faktor dominan dalam keberhasilan struktur perkerasan beton.

Perkerasan kaku (rigid pavement) umumnya menyusun struktur yang didominasi oleh pelat beton, sedangkan lapisan pondasi bawah dan tanah dasar

berperan sebagai elemen penopang dan penstabil yang mendistribusikan beban. Lapisan beton tersebut bisa berupa beton bersambung tanpa tulangan, beton bersambung dengan tulangan, beton menerus, atau beton prategang, tergantung perencanaan dan kondisi lalu lintas. Tebal pelat beton biasanya bervariasi antara 250–300 mm sesuai metode perhitungan (AASHTO, NAASRA, atau Bina Marga), dan struktur ini telah terbukti tahan lama, cocok untuk ruas jalan dengan beban lalu lintas berat dan kebutuhan drainase yang baik (Sidabutar, R. A., Saragi, Y. R., 2021).

2.3 Manajemen Proyek Dalam Konstruksi Rigid pavement Ruas Jalan

Pembangunan rigid pavement merupakan proyek infrastruktur yang kompleks dan sarat risiko, sehingga memerlukan manajemen proyek yang matang dari tahap perencanaan hingga pelaksanaan dan penyerahan. Dalam studi kasus pembangunan jalan rigid di Bojonegoro, digunakan metode FMEA (Failure Mode Effect and Analysis) untuk mengidentifikasi 12 faktor risiko, di mana 4 di antaranya seperti risiko politik, lingkungan, teknis, dan keselamatan dikategorikan signifikan sehingga harus ditangani secara sistematis dalam manajemen risiko proyek (Renda, C. F., Rodhi, N. N., 2023). Metode ini memastikan bahwa seluruh aspek kritis dikenali sejak awal dan tindakan mitigasi diarahkan untuk meminimalkan dampak terhadap kualitas, waktu, dan biaya pelaksanaan rigid pavement ruas jalan.

Proyek rigid pavement jalan memerlukan pengendalian mutu yang terstruktur melalui pembuatan Job Mix Formula (JMF), persiapan alat dan sumber daya, serta pengawasan proses mulai pengecoran hingga curing dan finishing, misalnya pengecekan ketebalan dan kerataan slab beton (Hasanah, S. N., & Suwardo., 2018). Selain itu, manajemen proyek juga mencakup ruang lingkup, tanggung jawab para pemangku kepentingan, serta pertemuan pra-konstruksi dan review desain (pre-construction meeting, design review, site meeting) sebagaimana diuraikan dalam panduan manajemen proyek konstruksi jalan dan jembatan. Melalui mekanisme ini, proyek betonisasi dapat dijalankan sesuai kualitas, jadwal, dan anggaran yang direncanakan, serta memenuhi standar teknis yang ditetapkan.

2.4 Metode Pelaksanaan Konstruksi Betonisasi Ruas

Metode pelaksanaan konstruksi rigid pavement ruas jalan umumnya mengikuti tahapan terstruktur dimulai dari mobilisasi peralatan, material, dan personel yang diperlukan, dilanjutkan dengan persiapan tanah dasar (subgrade preparation) yang meliputi pembersihan lokasi dan pemadatan sesuai spesifikasi, kemudian lapisan pondasi agregat, dan selanjutnya pengecoran pelat beton (rigid pavement) diakhiri dengan proses finishing seperti grooving, pemotongan sambungan (cutting), serta penyegelan menggunakan joint sealant, diikuti tahap curing dan perawatan beton selama minimal 7 hari (Sulistya, D., & Mokhtar, A., 2021). Jika metode pelaksanaan

diterapkan secara terstruktur maka akan dapat meningkatkan efisiensi biaya dan waktu dalam pembangunan proyek konstruksi.

Metode pelaksanaan pada proyek Pembangunan rigid pavement Ruas Jalan Gedangan-Betro yang dilaksanakan oleh PT. Berlian Karya Teknik terdiri dari beberapa tahapan pekerjaan yaitu:

2.4.1 Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan adalah tahap awal yang dilakukan sebelum proyek konstruksi dimulai, berfungsi untuk menyiapkan area proyek agar siap digunakan. Tahap ini melibatkan beberapa kegiatan seperti pembersihan lahan, pembuatan akses jalan, pemasangan papan proyek, dan penyediaan fasilitas sementara. Tujuan utama dari pekerjaan ini adalah untuk memastikan lingkungan kerja yang aman dan mendukung kelancaran selama proses konstruksi. Untuk dokumentasi pekerjaan persiapan dapat dilihat pada Gambar 2.1 & 2.2



Gambar 2.1 Kegiatan Pembersihan dan Pengupasan Lahan
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)



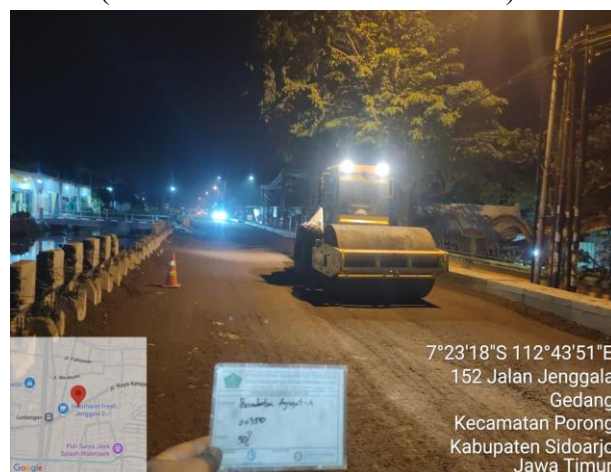
Gambar 2.2 Kegiatan Pemasangan Rambu Peringatan
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

2.4.2 Pekerjaan Pemadatan Lapis Pondasi Agregat A

Pekerjaan pemadatan lapis pondasi agregat A merupakan salah satu tahapan penting dalam konstruksi betonisasi ruas jalan yang berfungsi sebagai dasar kuat untuk menahan beban dari pelat beton di atasnya. Proses ini dimulai dengan penebaran agregat kelas A (berupa batu pecah dengan gradasi tertentu) di atas tanah dasar, kemudian diratakan dan dipadatkan. Ketebalan setiap lapis hamparan harus dikontrol agar sesuai dengan rencana, dan kepadatan minimum yang harus dicapai umumnya $\geq 100\%$ dari kepadatan maksimum Modified Proctor. Pemadatan yang tidak optimal dapat menyebabkan penurunan (*settlement*) atau retak pada pelat beton di kemudian hari, sehingga pengujian kepadatan lapangan seperti *sand cone* atau nuclear densitometer sangat diperlukan untuk memastikan kualitas lapis pondasi tersebut. Pemadatan LPA dilakukan $\pm 6-8$ lintasan vibratory roller tetapi jumlah pastinya ditentukan oleh hasil uji kepadatan lapangan hingga memenuhi 100% kepadatan yang disyaratkan. Untuk dokumentasi pemadatan lapis pondasi agregat A dapat dilihat pada Gambar 2.3-2.5



Gambar 2.3 Pekerjaan Penghamparan LPA Kelas A
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)



Gambar 2.4 Pekerjaan Pemadatan LPA Kelas A
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)



Gambar 2.5 Test *Sand Cone*
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

2.4.3 Pekerjaan Lantai Kerja (LC)

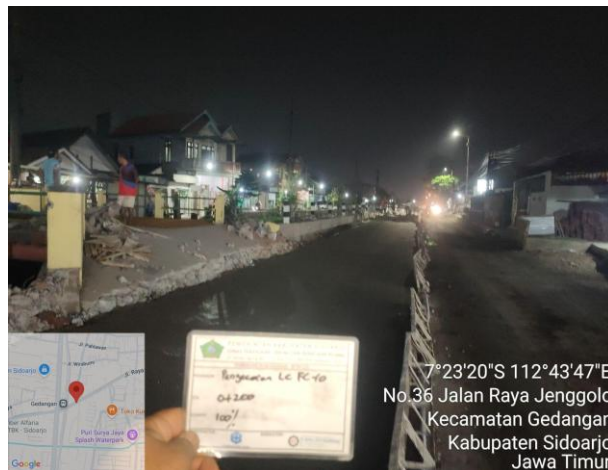
Pekerjaan Lantai Kerja (Lean Concrete/LC) dalam proyek konstruksi betonisasi ruas jalan adalah lapisan beton tipis yang berfungsi sebagai alas sementara di bawah pelat beton utama (rigid pavement), yang bertujuan untuk memberikan permukaan kerja yang rata dan bersih serta mencegah kontaminasi antara pelat beton struktural dengan tanah atau lapisan pondasi di bawahnya. Lantai kerja umumnya menggunakan mutu beton rendah, K-100, dengan ketebalan 10 cm, sedangkan pada proyek pembangunan betonisasi ruas jalan Gedangan-Betro menggunakan LC dengan ketebalan 10 cm. Selain sebagai lapisan pelindung, LC juga mempermudah proses pemasangan bekisting, tulangan dowel atau tie bar, serta mencegah kehilangan air semen dari pelat beton utama saat proses pengecoran. Untuk dokumentasi pekerjaan LC dapat dilihat pada Gambar 2.6 - 2.8



Gambar 2.6 Kegiatan Pemasangan Bekisting LC
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)



Gambar 2.7 Kegiatan Pemasangan Plastik Polythene
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)



Gambar 2.8 Pekerjaan Pengecoran LC
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Pekerjaan ((Lean Concrete/LC) ini memiliki ketebalan 10 Cm untuk penegetesan dimensi ketebalan rigid bisa dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9 Dimensi Pengecoran LC
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

2.4.4 Pekerjaan Rigid

Pekerjaan Rigid dalam proyek konstruksi betonisasi ruas jalan adalah tahapan utama berupa pembuatan lapisan perkerasan kaku (rigid pavement) menggunakan beton semen portland yang dirancang untuk menahan beban lalu lintas secara langsung. Proses ini mencakup pengecoran pelat beton di atas lantai kerja atau pondasi agregat yang telah dipadatkan, dengan ketebalan dan mutu beton yang disesuaikan dengan klasifikasi jalan dan beban rencana. Pada proyek pembangunan betonisasi ruas jalan Gedangan-Betro menggunakan rigid dengan ketebalan 30 cm, sedangkan untuk penggunaan mutu beton minimal memakai K-300 atau lebih tinggi. Pekerjaan rigid melibatkan tahapan penting seperti pemasangan bekisting, penempatan dowel dan tie bar, pengecoran beton, perataan dan finishing permukaan, pemotongan sambungan (joint cutting), serta perawatan (curing) untuk menjaga kelembaban beton selama masa pengerasan. Untuk dokumentasi pekerjaan rigid dapat dilihat pada Gambar 2.10-2.13



Gambar 2.10 Kegiatan Pemasangan Besi Wiremesh
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)



Gambar 2.11 Pekerjaan Pengecoran Rigid
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)



Gambar 2.12 Pekerja Pemasangan dengan Screed atau Vibrator
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)



Gambar 2.13 Kegiatan Grooving Rigid
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

2.5 Persyaratan Teknis Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)

Persyaratan teknis perkerasan kaku (rigid pavement) pada proyek peningkatan jalan Gedangan–Betro, Sidoarjo mengacu pada standar yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga. Perkerasan kaku menggunakan lapisan beton semen Portland (Portland Cement Concrete/PCC) sebagai struktur utama yang menanggung beban lalu lintas, untuk beton yang digunakan harus memiliki mutu minimal K-350. Pada Proyek jalan rigid pavement gedangan-betro menggunakan mutu beton $f'c$ 45 MPa, dengan slump dan waktu ikat yang sesuai untuk memastikan kualitas permukaan yang rata dan kuat. Ketebalan slab beton ditentukan berdasarkan hasil analisis beban lalu lintas dan kondisi tanah dasar (subgrade), sedangkan pada Proyek jalan rigid pavement gedangan-betro menggunakan beton ketebalan 30 cm. Tulangan baja atau dowel bar juga dipasang pada sambungan melintang dan memanjang untuk mengontrol retak serta menjamin distribusi beban antar pelat beton secara merata.

Selain itu, persyaratan teknis mencakup penerapan lapisan pondasi bawah (lean concrete atau LMC) yang berfungsi sebagai alas dan penopang utama pelat beton agar tidak mengalami penurunan diferensial. Permukaan beton harus dikerjakan dengan teknik finishing yang baik untuk menghasilkan tekstur anti selip, serta dilakukan curing minimal tujuh hari agar kekuatan tekan optimal tercapai. Sambungan (joint) harus dirancang dan dipasang secara presisi untuk mengakomodasi pemuaian dan penyusutan beton akibat perubahan suhu. Seluruh tahapan pekerjaan wajib mengikuti pedoman pengendalian mutu (Quality Control) seperti uji slump, uji silinder beton, dan pengukuran elevasi permukaan agar jalan rigid pavement yang dihasilkan memenuhi standar kekuatan, ketahanan, dan kenyamanan bagi pengguna jalan di koridor logistik padat Gedangan–Betro.

2.5.1 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:

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT).
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG).
- Sumbu tandem roda ganda (STdRG).
- Sumbu tridem roda ganda (STrRG).

2.5.1.1 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 2.1

Tabel 2.1 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana.

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,60	0,50	0,70	0,50
3	0,40	0,40	0,50	0,475
4	-	0,30	-	0,45

5	-	0,25	-	0,425
6	-	0,20	-	0,40

2.5.1.2 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.

2.5.1.3 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 pertama (faktor pertumbuhan lalu lintas) sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{e \log (1+i)} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan :

- 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 2.2 dibawah ini:

Tabel 2.2 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	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3

25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

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

$$R = \frac{(1+i)^{UR}}{i} + (UR - UR_m)\{(1+i)^{UR_m} - 1\} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan:

- R = Faktor pertumbuhan lalu lintas
- I = Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %.
- UR_m = Waktu tertentu dalam tahun, sebelum UR selesai.

2.5.1.4 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 survei beban.

Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus ketiga (JSKN) Sebagai berikut:

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan:

- $JSKN$ = 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 (1) atau Tabel 2 atau Rumus (2), yang besarnya tergantung dari pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana.

2.5.1.5 Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (F_{KB}). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan seperti terlihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Faktor keamanan beban (F_{KB})

No.	Penggunaan	Nilai F_{KB}
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 menengah.	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah.	1,0

2.5.2 Bahu

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 mengurangi tebal pelat Yang dimaksud dengan bahu beton semen dalam pedoman ini adalah bahu yang dikunci dan diikatkan dengan lajur lalu-lintas dengan lebar minimum 1,50 m, atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu-lintas selebar 0,60 m, yang juga dapat mencakup saluran dan kereb.

2.5.3 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

- Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenteng serta beban lalu-lintas.
- Memudahkan pelaksanaan.

- Mengakomodasi gerakan pelat.

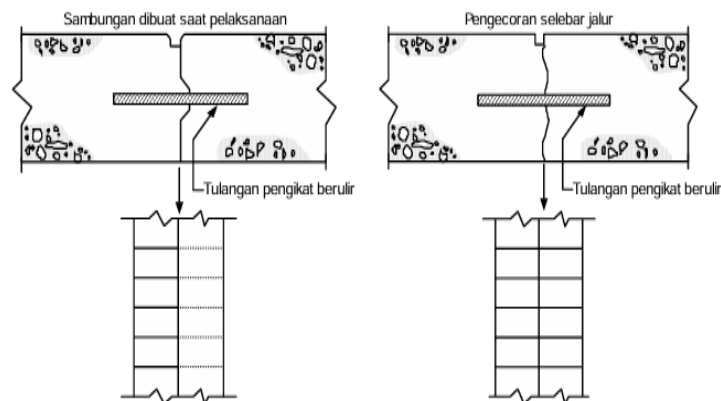
Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain :

- Sambungan memanjang
- Sambungan melintang
- Sambungan isolasi

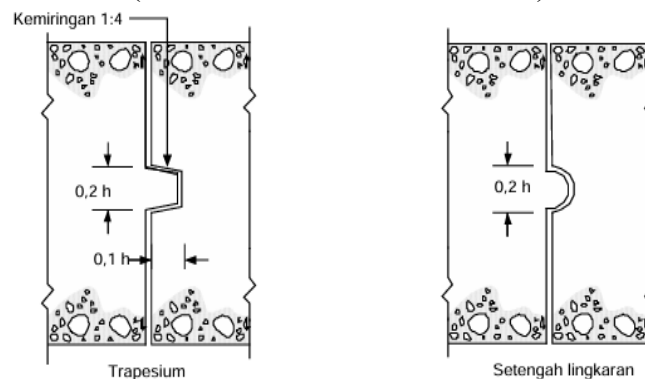
Semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (joint sealer), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu harus diberi bahan pengisi (joint filler).

2.5.3.1 Sambungan pelaksanaan memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.14-2.15



Gambar 2.14 Tipikal sambungan memanjang
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)



Gambar 2.15 Ukuran standar penguncian sambungan memanjang
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

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.

2.5.3.2 Sambungan susut melintang (dowel)

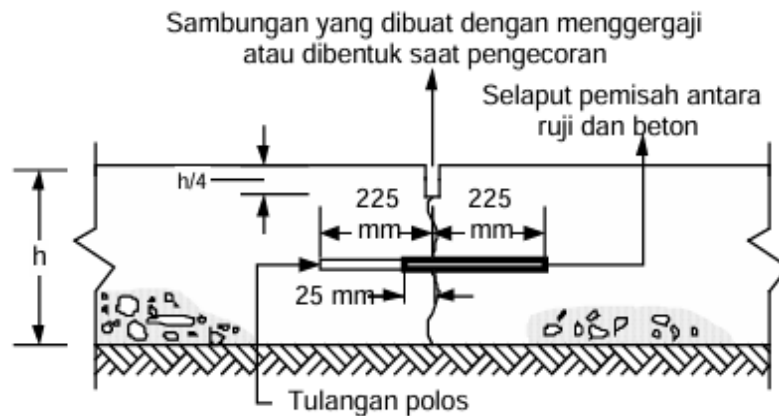
Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.16 dan 2.17. Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung 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 2.4 dan gambar sambungan susut melintang dapat dilihat di 2.16 - 2.17

Tabel 2.4 Diameter ruji (dowel)

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



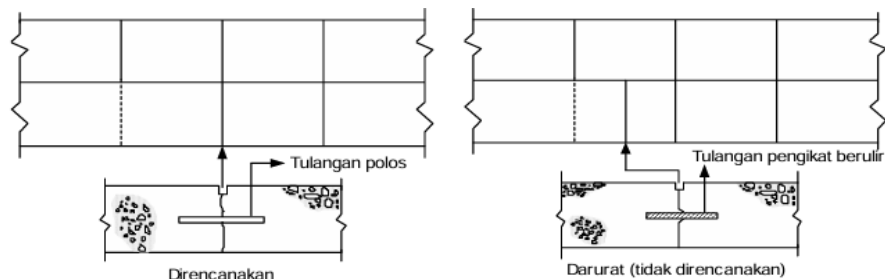
Gambar 2.16 Sambungan susut melintang tanpa ruji
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)



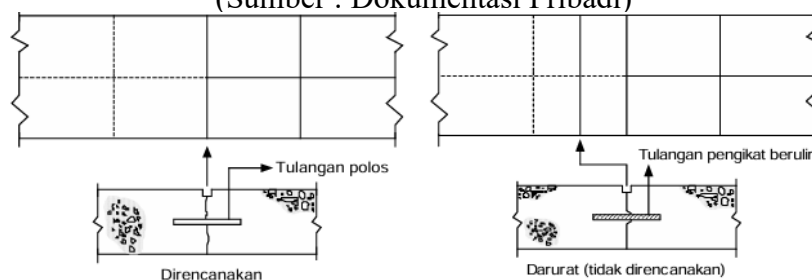
Gambar 2.17 Sambungan susut melintang dengan ruji
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

2.5.3.3 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 5 dan Gambar 6. 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 sambungan pelaksanaan melintang dapat dilihat di 2.18 - 2.19



Gambar 2.18 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan untuk pengecoran
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)



Gambar 2.19 Sambungan pelaksanaan tidak direncanakan untuk pengecoran
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

2.6 Perhitungan Menggunakan Metode NAASRA 1987

Metode NAASRA (1987) adalah metode yang dikembangkan oleh National Association of Australian State Road Authorities pada tahun 1987. Metode ini digunakan untuk menilai kekuatan struktur perkerasan jalan (pavement evaluation) dan menentukan kebutuhan pemeliharaan atau rehabilitasi jalan berdasarkan hasil uji lendutan menggunakan alat Benkelman Beam. Metode NAASRA menggunakan nilai lendutan balik (rebound deflection) hasil pengukuran di lapangan. Nilai lendutan ini dibandingkan dengan nilai standar (deflection criteria) untuk menilai apakah perkerasan masih cukup kuat atau perlu perkuatan. Dengan menggunakan beberapa perhitungan sebagai berikut

2.6.1 Persyaratan Teknis Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)

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

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

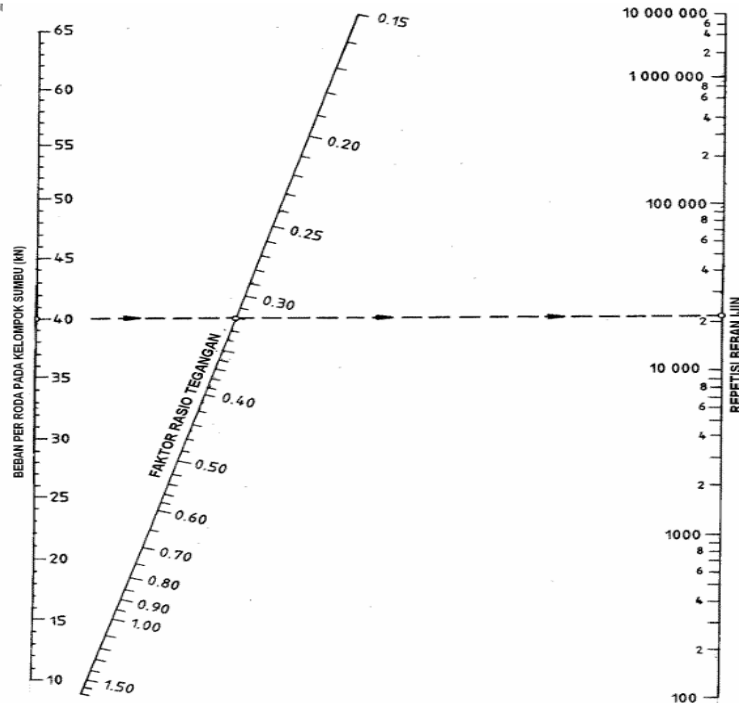
Prosedur ini mempertimbangkan ada tidaknya ruji pada sambungan atau bahu beton. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan dianggap sebagai perkerasan bersambung yang dipasang ruji. Data lalu-lintas yang diperlukan adalah jenis sumbu dan distribusi beban serta jumlah repetisi masing-masing jenis sumbu/kombinasi beban yang diperkirakan selama umur rencana.

2.6.2 Perencanaan tebal pelat

Penentuan tebal perkerasan jalan dilakukan melalui proses iteratif berdasarkan analisis kerusakan akibat beban lalu lintas selama umur rencana. Proses dimulai dengan menentukan tebal pelat taksiran, yaitu tebal awal yang diperkirakan mampu menahan beban lalu lintas rencana. Selanjutnya, dilakukan perhitungan total kerusakan fatik dan erosi berdasarkan komposisi lalu lintas selama umur rencana serta karakteristik material perkerasan. Kerusakan fatik menggambarkan penurunan kekuatan lapisan akibat beban berulang yang menyebabkan retak halus pada lapisan aspal, sedangkan kerusakan erosi menunjukkan penurunan stabilitas struktur akibat pergerakan material pondasi atau subbase yang dipicu oleh gaya geser dan infiltrasi air.

Setelah nilai kerusakan dihitung, hasilnya dinyatakan dalam persentase total. Jika total kerusakan fatik atau erosi melebihi 100%, berarti tebal lapisan yang direncanakan tidak cukup untuk menahan beban selama umur rencana, sehingga tebal pelat perlu ditingkatkan dan proses perhitungan diulang kembali. Sebaliknya, apabila

total kerusakan fatik dan erosi kurang dari atau sama dengan 100%, maka tebal tersebut dianggap cukup dan dapat digunakan sebagai tebal rencana. Dengan demikian, tebal rencana akhir adalah tebal taksiran paling kecil yang masih menghasilkan nilai total kerusakan fatik dan/atau erosi tidak melebihi 100%. Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 2.20



Gambar 2.20 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan,
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

2.6.3 Perencanaan tulangan

Tujuan utama penulangan 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
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.

2.6.3.1 Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan

Luas penampang tulangan dapat dihitung dengan persamaan rumus keempat (luas penampang tulangan baja) berikut :

$$A_s = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan:

- As = luas penampang tulangan baja (mm²/m lebar pelat)
 Fs = kuat-tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya 0,6 kali tegangan leleh.
 g = gravitasi (m/detik²).
 h = tebal pelat beton (m)
 L = jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi bebas pelat (m)
 M = berat per satuan volume pelat (kg/m³)
 μ = koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah.
 Luas penampang tulangan berbentuk anyaman empat persegi panjang dan bujur sangkar ditunjukkan pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Ukuran dan berat tulangan polos anyaman las

Tulangan Memanjang		Tulangan Melintang		Luas Penampang Tulangan		Berat per Satuan Luas (kg/m ²)
Diameter (mm)	Jarak (mm)	Diameter (mm)	Jarak (mm)	Memanjang (mm ² /m)	Melintang (mm ² /m)	
Empat Persegi Panjang						
12,5	100	8	200	1227	251	11,606
11,2	100	8	200	986	251	9,707
10	100	8	200	785	251	8,138
9	100	8	200	636	251	6,967
8	100	8	200	503	251	5,919
7,1	100	8	200	396	251	5,091
9	200	8	250	318	201	4,076
8	200	8	250	251	201	3,552
Bujur sangkar						
8	100	8	100	503	503	7,892
10	200	10	200	393	393	6,165
9	200	9	200	318	318	4,994
8	200	8	200	251	251	3,946
7,1	200	7,1	200	198	198	3,108
6,3	200	6,3	200	156	156	2,447
5	200	5	200	98	98	1,542
4	200	4	200	63	63	0,987

2.7 Perencanaan Lapis Tambah Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)

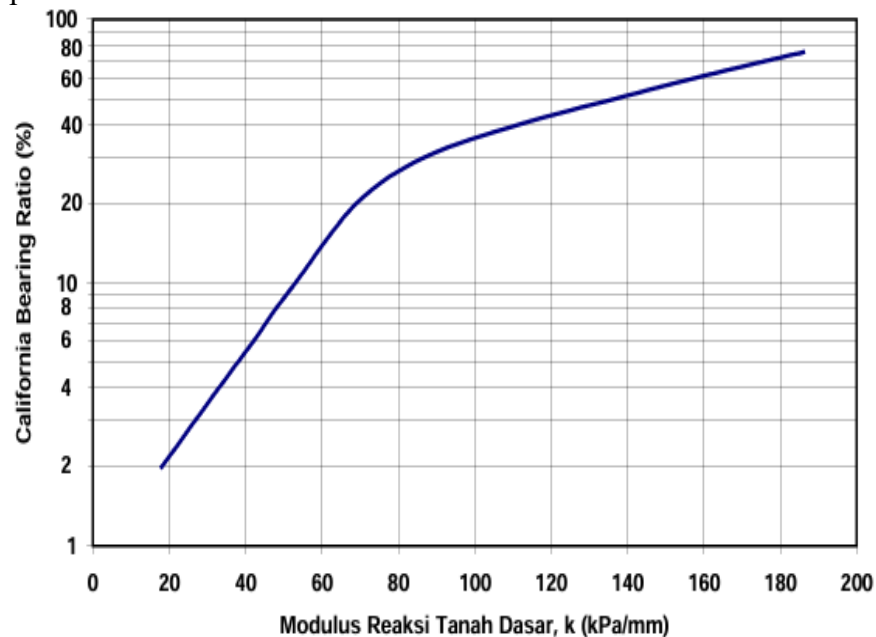
Pelapisan tambahan pada perkerasan beton semen dibedakan atas :

1. Pelapisan tambahan perkerasan beton semen di atas perkerasan lentur.
2. Pelapisan tambahan perkerasan beton semen di atas perkerasan beton semen.

3. Pelapisan tambahan perkerasan lentur di atas perkerasan beton semen.

2.7.1 Pelapisan tambahan perkerasan beton semen di atas perkerasan beton aspal

Tebal lapis tambahan perkerasan beton semen di atas perkerasan lentur dihitung dengan cara yang sama seperti perhitungan tebal pelat beton semen pada perencanaan baru yang telah diuraikan sebelumnya. Modulus reaksi perkerasan lama (k) diperoleh dengan melakukan pengujian pembebanan pelat (plate bearing test) menurut AASHTO T.222-81 di atas permukaan perkerasan lama yang selanjutnya dikorelasikan terhadap nilai CBR menurut Gambar 8. Bila nilai k lebih besar dari 140 kPa/mm (14 kg/cm³), maka nilai k dianggap sama dengan 140 kPa/mm (14 kg/cm³) dengan nilai CBR 50%. Gambar hubungan antara CBR dan modulus reaksi tanah dasar dapat dilihat di 2.21



Gambar 2.21 Hubungan antara CBR dan Modulus Reaksi Tanah Dasar
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)