

ANALISA PERBANDINGAN BIAYA DAN WAKTU PERKERASAN KAKU METODE *CAST IN SITU* (CIS) DAN METODE *PRECAST PRESTRESSED CONCRETE PAVEMENT* (PPCP)

(Studi Kasus Pada Proyek Jalan Tol X Di Jawa Timur)

Rakmat Dwi Anugrah Putra¹, Sugiharti²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

E-mail: racha.ramore@gmail.com

Abstract

Concrete cracks on pavement occurred at X Toll Road implementation before the pavement attained the expected time. Consequently, it must be removed and it caused cost and time loss. CIS is a method in which fresh concrete is cured in site, and PPCP is the one in which the pavement is stressed by stretching the steel tendon and anchor into the fresh concrete before live load is applied.

The objective of the study is to compare method between the two from cost and time. California Bearing Ratio (CBR), technical drawing, daily passing vehicle rate, concrete, and itemized work cost were employed. National Association of Australian State Road Authorities (NAASRA) was employed to implement the rigid pavement; American Concrete Institute (ACI) was based on PPCP for the pavement depth design.

The calculations result in 27 cm deep of CIS and 20 cm deep of PPCP; IDR 216.336.692.351,25 and 208 workday for CIS ; IDR 222.068.995.407,73 and 158 workdays for PPCP

Keywords : cast in situ, cost and time, rigid pavement, prestressed precast concrete pavement

1. PENDAHULUAN

Pada pembangunan jalan tol banyak diterapkan menggunakan konstruksi perkerasan dengan menggunakan beton atau lebih dikenal Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*). Konstruksi perkerasan kaku banyak diterapkan pada jalan tol di Indonesia karena mempunyai umur pakai yang lebih panjang dan juga biaya perawatan yang rendah walaupun pada kenyataannya biaya awal konstruksi lebih tinggi.

Pada pelaksanaan pembangunan jalan tol tersebut mengalami kendala pada konstruksi perkerasan kaku yaitu pada saat setelah pengecoran untuk badan jalan, beton mengalami keretakan pada hasil permukaan sehingga beton harus dibongkar. Hal ini tentu merugikan dari segi biaya dan waktu bagi kontraktor. Seiring dengan perkembangan teknologi dalam dunia teknik sipil, muncul suatu inovasi dalam bidang konstruksi perkerasan jalan yaitu *Precast Prestressed Concrete Pavement* (PPCP). PPCP yaitu suatu perkerasan berupa panel pracetak yang diberikan penekanan horisontal secara permanent sebelum beban hidup diaplikasikan. Berdasarkan masalah tersebut maka perlu dilakukan perbandingan antara metode pelaksanaan di lapangan yaitu *Cast in Situ* (CIS) dengan metode PPCP untuk mengetahui metode mana yang paling efektif dan efisien ditinjau dari aspek biaya dan waktu. Dari hasil yang diperoleh maka dapat dijadikan alternative untuk inovasi pekerjaan perkerasan kaku di Indonesia.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkerasan Kaku *Cast in Situ* (CIS)

Perkerasan kaku adalah struktur badan jalan yang terdiri atas pelat beton yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar (Affandi, Furqon, dkk, 2002: 7). Sedangkan pengertian *Cast in Situ* (CIS) yaitu pelaksanaan pengecoran yang dilakukan di lapangan atau di tempat.

Perkerasan kaku mempunyai karakteristik yang berbeda dengan perkerasan lentur. Beban yang didistribusikan pada perkerasan kaku melalui subgrade memiliki daerah yang luas karena sifat pelat beton yang memiliki kekakuan dan ketebalan yang tipis. Adapun susunan dari konstruksi perkerasan kaku terdiri dari tanah dasar, lapis pondasi, dan pelat beton dengan atau tanpa tulangan sambungan.

2.2. Perencanaan Perkerasan Kaku *Cast in Situ* (CIS)

Prosedur perencanaan perkerasan kaku didasarkan atas perencanaan yang dikembangkan oleh NAASRA (*National Association of Australian State Road Authorities*). Metode perencanaan yang diambil untuk menentukan tebal lapisan perkerasan berdasarkan pada perkiraan sebagai berikut:

1. Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama usia rencana
 Adapun langkah-langkah perhitungan data lalu lintas sebagai input data untuk perencanaan tebal perkerasan kaku adalah sebagai berikut:
 - a. Menghitung volume lalu lintas (LHR) yang diperkirakan akan menggunakan jalan tersebut pada akhir umur rencana.
 - b. Menghitung jumlah kendaraan niaga (JKN) selama umur rencana (n) dengan Persamaan 1.

$$JSKN = 365 \times JSKNH \times R \tag{1}$$

dimana:

JSKNH = Jumlah sumbu kendaraan niaga harian pada saat jalan dibuka

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas yang tergantung pada pertumbuhan lalu lintas tahunan (i) dan umur rencana (n)

Sumber : DPU, Petunjuk Perencanaan Perkerasan Kaku (Beton Semen), 1985

- c. Menghitung presentase masing – masing kombinasi konfigurasi beban sumbu terhadap jumlah sumbu kendaraan niaga harian (JSKNH)
- d. Menghitung jumlah repetisi kumulatif tiap – tiap kombinasi konfigurasi beban sumbu pada lajur rencana dengan cara mengalikan JSKN dengan persentase tiap - tiap kombinasi terhadap JSKNH dan koefisien distribusi lajur rencana dengan Persamaan 2.

$$JSKNH = JSKN \times \% \text{ komb. trhdp JSKNH} \times Cd \tag{2}$$

Cd = koefisien Distribusi (Tabel 1)

Tabel 1. Koefisien Distribusi Lajur Rencana (Cd)

Jumlah Lajur	Kendaraan Niaga	
	1 arah	2 arah
1 lajur	1	1
2 lajur	0,7	0,5
3 lajur	0,5	0,475
4 lajur		0,45
5 lajur		0,425
6 lajur		0,4

Sumber : DPU, Petunjuk Perencanaan Perkerasan Kaku (Beton Semen) 1985

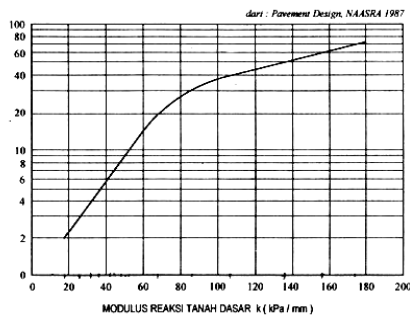
Sebagai besaran rencana beban sumbu untuk setiap konfigurasi harus dikalikan dengan faktor keamanan (FK) seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Faktor Keamanan

Peranan Jalan	Faktor Keamanan
Jalan Tol	1,2
Jalan Arteri	1,1
Jalan Kolektor/Lokal	1

Sumber : DPU, Petunjuk Perencanaan Perkerasan Kaku (Beton Semen) 1985

2. Kekuatan lapisan tanah dasar (CBR) atau Modulus Reaksi Tanah Dasar (k)
 Nilai k dapat diperoleh dari hasil korelasi dengan CBR seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik korelasi hubungan antara nilai (k) dan CBR
(Sumber : Hendarsin, Shirley, 2000: 215)

3. Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan ditentukan dengan:
 - a. Untuk setiap kombinasi konfigurasi dan beban sumbu serta suatu harga k tertentu, maka tegangan lentur yang terjadi pada pelat beton ditentukan dengan menggunakan nomogram korelasi beban sumbu dan harga k. Terdapat 3 nomogram/ grafik perencanaan, untuk sumbu tunggal roda tunggal (STRT), sumbu tunggal roda ganda (STRG) dan sumbu ganda roda ganda (SGRG)
 - b. Perbandingan tegangan dihitung dengan membagi tegangan lentur yang terjadi pada pelat dengan kuat lentur tarik (MR) beton.
 - c. Mencari total *fatigue* dengan menjumlahkan persentase *fatigue* dari seluruh kombinasi konfigurasi beban sumbu

2.3 Precast Prestressed Concrete Pavement (PPCP)

Precast Prestressed Concrete Pavement (PPCP) adalah suatu perkerasan berupa pelat beton pracetak yang diberi penekanan horisontal secara permanent sebelum beban hidup diaplikasikan (Balitbang P.U., 2009). Prosedur *prestressed* umumnya dengan menarik tendon baja (kawat atau *strand*) dan angkur ke dalam beton, agar tahan terhadap pemendekan setelah diangkur dan menghasilkan transfer tekanan kompresi pada beton.

Secara umum, sistem PPCP memiliki 3 panel yang dihubungkan sehingga akan terbentuk badan jalan. Dimana pada tiap segmen badan jalan, terdiri dari panel- panel yaitu:

1. Panel Dasar (*Base Panel*): merupakan panel dasar tipikal yang terdapat pada sebagian besar seluruh badan jalan, dengan tebal 20 cm panjang 7,75 m dan lebar 2,50 meter.
2. Panel Tengah (*Central Panel*): merupakan panel yang terdapat di tengah dari panjang tiap segmen yang direncanakan. Di tempat ini terdapat beberapa base panel disatukan dalam arah memanjang dengan *prestress*. Terdapat lubang-lubang yang merupakan lokasi penarikan kabel *prestressed* di arah longitudinal.
3. Panel Penghubung (*Joint Panel*): merupakan panel yang berfungsi untuk menghubungkan tiap segmen dengan jumlah base panel tertentu yang sebelumnya sudah dihubungkan dengan central panel, dengan tebal dan panjang sama dengan *Base panel* dan *Central panel*, tetapi lebarnya 1,25 meter.

3. METODE PEMBAHASAN

3.1 Jenis Kajian dan Objek Pembahasan

Kajian ini berupa analisa perbandingan (komparatif) biaya dan waktu dari 2 objek yang akan ditentukan alternatif yang efektif dan efisien. Objek pembahasan yaitu pada Proyek Pembangunan Jalan Tol X di Jawa Timur STA. 21+000 – STA. 15+000 (6 Km).

3.2. Jenis Data

Data yang digunakan terdiri dari:

1. Data primer berupa pengamatan langsung di lapangan mengenai permasalahan yang terjadi pada pelaksanaan perkerasan kaku *Cast in Situ* dan metode pelaksanaan yang dilakukan.

2. Data sekunder berupa data volume lalu lintas harian (LHR), data CBR, data beton, gambar kerja, analisa harga satuan pekerjaan dan satuan harga bahan, upah serta alat.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan secara langsung dengan tahapan yaitu:

1. Pengamatan langsung di lapangan mengenai permasalahan yang terjadi pada pekerjaan perkerasan kaku pada proyek X di Jawa Timur
2. Pengambilan data proyek, data LHR, harga satuan pekerjaan dan gambar dari proyek
3. Pengambilan data CBR Lapangan STA 24+000 sampai STA 16+000, dan data beton dari bagian laboratorium proyek.
4. Mendapatkan metode perencanaan tebal perkerasan kaku dari beberapa referensi.

3.4 Metode Perencanaan Perkerasan dan Perbandingan Biaya dan Waktu

Dalam perhitungan perencanaan perkerasan kaku *CIS* menggunakan peraturan *NAASRA* dengan langkah yang terdiri dari:

1. Mengumpulkan data mengenai perencanaan perkerasan kaku
Data yang tersedia adalah nilai CBR (8%), pertumbuhan lalu lintas tiap untuk seluruh kendaraan (Bus, Truck dan Trailer) rata-rata 6,6 % per tahun dan mutu beton K-450 pada umur 28 hari.
Pada perencanaan perkerasan kaku, digunakan metode *CIS* yang berdasarkan pada *NAASRA* (*National Association of Australian State Road Authorities*).
Dengan ketentuan perencanaan tebal perkerasan untuk jalan baru yaitu:
 - a. Peranan jalan : Jalan Tol
 - b. Tipe Jalan : 4 Lajur 2 Arah terbagi (4/2 B)
 - c. Usia Rencana : 25 tahun
 - d. Rencana Jenis Perkerasan : Kaku (*Rigid*)

2. Menghitung mutu beton rencana

Ditentukan dengan Modulus Keruntuhan Lentur Beton (f_r) dengan rumus:

$$f_r = 0,62 \sqrt{f_c} \text{ (dengan hasil minimum yang disarankan } > 3,5 \text{ MPa)}$$

- a. Menghitung beban lalu lintas rencana
- b. Menghitung kekuatan tanah dasar
- c. Menghitung kekuatan pelat beton
- d. Menghitung kebutuhan tulangan

Sedangkan *PPCP* menggunakan peraturan *ACI* dan referensi dari PT. Adhi Karya dengan langkah perencanaan sebagai berikut:

- a. Menentukan design dimensi panel *PPCP*
- b. Menghitung kekuatan pelat saat pengangkatan
- c. Momen, dihitung ditinjau dari momen maksimum
- d. Gaya prategang, dengan menggunakan rumus : $P_i = 0,80f_{pu} \cdot A$
- e. Kontrol tegangan serat atas dan bawah dengan Persamaan 3.

$$f_{b,a} = -\frac{P}{A} \pm \frac{M}{W} \text{ dengan } W = \frac{I}{y}, y = y \text{ atas dan } y \text{ bawah} \quad (3)$$

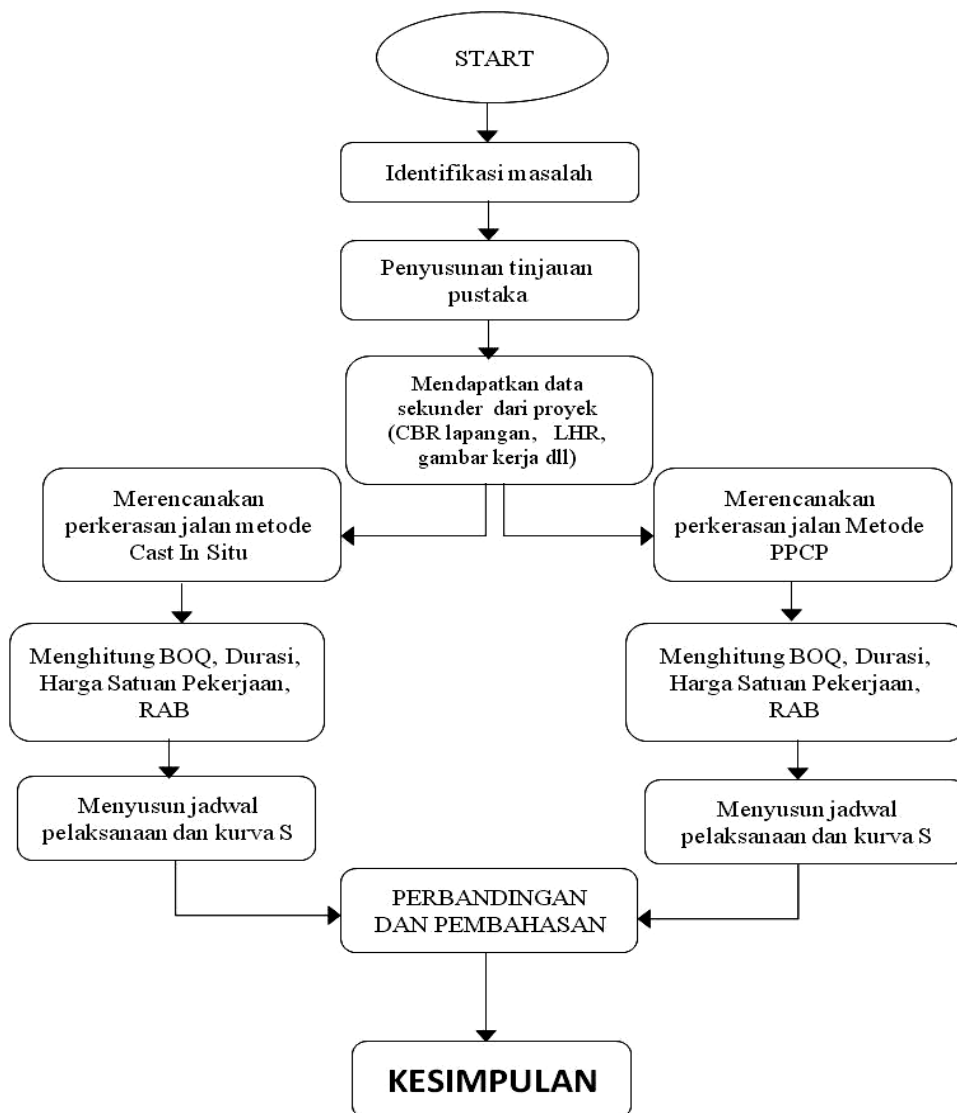
3.5 Metode Perhitungan Perbandingan Biaya dan Waktu

Untuk menentukan presentase perbandingan biaya dan waktu dari metode *CIS* dan metode *PPCP* dengan cara:

1. Presentase efisiensi biaya didapat dari presentase perbandingan antara selisih biaya antar kedua metode terhadap metode *CIS*
2. Presentase efisiensi waktu didapat dari presentase perbandingan antara selisih waktu antar kedua metode terhadap metode *CIS*

3.6 Bagan Alir Pembahasan

Alur pembahasan yang dilakukan seperti pada Gambar 2



Gambar 2. Bagan alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Perencanaan Perkerasan Kaku dengan metode *Cast in Situ* (CIS)

Berdasarkan hasil analisa diperoleh:

1. Mutu Beton Rencana
Digunakan beton dengan kuat tekan 28 hari sebesar 450 kg/cm^2
Didapat fr sebesar $4,1 \text{ MPa} > 3,5 \text{ MPa}$ (syarat terpenuhi) sehingga untuk perencanaan beton dengan K-450 termasuk aman.
2. Beban Lalu Lintas Rencana
Untuk perencanaan Beban Lalu Lintas Rencana terdiri dari:
 - a. Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga
Jumlah sumbu untuk setiap kendaraan dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Jumlah sumbu dan konfigurasi sumbu kendaraan

Jenis Kendaraan	Konfigurasi sumbu	Beban sumbu	Jumlah Kendaraan	Jumlah Sumbu
1	2	3	4	5
BUS	STRT	3,06	3818	7636
	STRG	5,94		
TRUK 2 AS	STRT	4,47	6362	12724
	STRG	10,36		
TRUK 3 AS	STRT	7,01	1273	3819
	STRG	11,20		
	SGRG	11,15		
TRUK 4 AS	STRT	4,05	1485	5940
	STRG	11,25		
	STRG	10,00		
	SGRG	10,00		
TRAILER	STRT	5,88	637	3185
	STRG	10,00		
	SGRG	10,07		
	SGRG	7,00		
JUMLAH			13575	33304

Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) didapatkan JSKN sebesar 635.140.772,6

b. Jumlah Repetisi Kumulatif

Hasil repetisi kumulatif seperti pada Tabel 4

Tabel 4. Jumlah Repetisi Kumulatif

Konfigurasi sumbu	Beban sumbu	Persen Konfigurasi Sumbu %	Jumlah repetisi selama usia		
1	2	3	4	5	6
STRT	3,06	3818	33304	11,46%	32765894,83
STRG	5,94	3818	33304	11,46%	32765894,83
STRT	4,47	6362	33304	19,10%	54598382,11
STRG	10,36	6362	33304	19,10%	54598382,11
STRT	7,01	1273	33304	3,82%	10924825,59
STRG	11,20	1273	33304	3,82%	10924825,59
SGRG	11,15	1273	33304	3,82%	10924825,59
STRT	4,05	1485	33304	4,46%	12744199,53
STRG	11,25	1485	33304	4,46%	12744199,53
STRG	10,00	1485	33304	4,46%	12744199,53
SGRG	10,00	1485	33304	4,46%	12744199,53
STRT	5,88	637	33304	1,91%	5466703,77
STRG	10,00	637	33304	1,91%	5466703,77
STRG	10,07	637	33304	1,91%	5466703,77
SGRG	7,00	637	33304	1,91%	5466703,77
SGRG	7,25	637	33304	1,91%	5466703,77

3. Kekuatan Tanah Dasar

Didapat nilai CBR rencana sebesar 8 %.

4. Kekuatan Pelat Beton

Didapat pelat beton dengan tebal 27 cm dengan nilai fatigue pada Tabel 5

Tabel 5. Perhitungan Presentase *Fatigue* untuk tebal 27 cm

Koef. Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Beban Rencana FK = 1,2	Repetisi Beban	Tegangan yg terjadi (Mpa)	Perbandingan Tegangan	Jumlah Repetisi Beban yang diijinkan	Persentase <i>Fatigue</i> (%)
STRT	3,06	3,67	32765894,83	-	-	-	-
STRG	5,94	7,13	32765894,83	-	-	-	-
STRT	4,47	5,36	54598382,11	-	-	-	-
STRG	10,36	12,43	54598382,11	1,46	0,36	-	-
STRT	7,01	8,41	10924825,59	-	-	-	-
STRG	11,20	13,44	10924825,59	1,60	0,39	-	-
SGRG	11,15	13,38	10924825,59	-	-	-	-
STRT	4,05	4,86	12744199,53	-	-	-	-
STRG	11,25	13,50	12744199,53	1,61	0,39	-	-
STRG	10,00	12,00	12744199,53	1,40	0,34	-	-
SGRG	10,00	12,00	12744199,53	-	-	-	-
STRT	5,88	7,06	5466703,77	-	-	-	-
STRG	10,00	12,00	5466703,77	1,40	0,34	-	-
STRG	10,07	12,08	5466703,77	1,41	0,34	-	-
SGRG	7,00	8,40	5466703,77	-	-	-	-
SGRG	7,25	8,70	5466703,77	-	-	-	-
Jumlah							0

Dengan tebal pelat = 27 cm, ternyata jumlah *fatigue* 0 % < 100 % (aman). Maka untuk tebal perkerasan kaku tebal 27 cm memenuhi persyaratan dan dinyatakan layak.

5. Perhitungan Tulangan

a. Tulangan Memanjang

As = 103,53 mm²/m lebar

Luas tulangan Minimum (SNI) = 0,14 %

As minimum = 0,0014 (270) (1000) = 378 mm²/m lebar

Digunakan tulangan D19-500 As = 567 mm²/m lebar

b. Tulangan Melintang

Diperoleh As = 74,54 mm²/m pias

Digunakan tulangan D13-250 As = 507 mm²/m pias

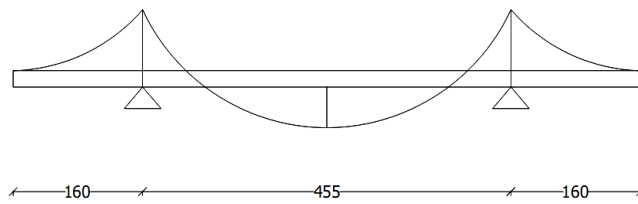
4.2. Hasil Perencanaan *Precast Prestressed Concrete Pavement (PPCP)*

Perencanaan Perkerasan Kaku metode *PPCP* mengacu pada *American Concrete Institute (ACI) 325.7R-88 "recommendation designing prestressed concrete pavement"* dan juga berdasarkan referensi dari kontraktor yang telah menerapkan metode ini di Indonesia. Didapat *Preliminary design* dengan panel *PPCP* sebagai berikut:

1. Tebal Panel: 19,5 cm ≈ 20 cm
2. Lebar panel: panel yang digunakan ditinjau dari panel yang digunakan oleh kontraktor yang telah menerapkan metode *PPCP* di Indonesia dengan lebar panel 2,5 meter.
3. Panjang panel: ditinjau dari perencanaan yang dipakai oleh kontraktor yang telah menerapkan metode *PPCP* di Indonesia yaitu dengan panjang 7,75 meter difungsikan sebagai lebar jalan tol untuk 2 lajur.
4. Perhitungan Kekuatan Plat Saat Pengangkatan

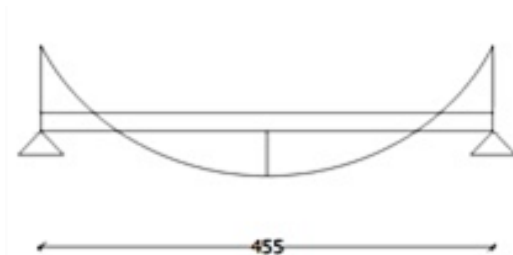
a. Momen

Pada perhitungan kekuatan plat perlu dihitung momen yang terjadi pada plat beton saat pengangkatan. Pemodelan pelat saat pengangkatan digambarkan seperti Gambar 3 dan Gambar 3, dimana dengan jarak angkur L₁ = 4,55 dan L₂ = 1,6. Pelat ditinjau sebagai pelat beton satu arah dengan daerah pengaruh 20 x 25 cm dan beban mati yaitu 150 kg/m



Gambar 3. Momen maksimum kondisi 1

Dari Gambar 3 diperoleh M_{max} sebesar 196,17 kg.m
 Untuk keamanan, maka momen ditinjau seperti pada Gambar 4:



Gambar 4. Momen maksimum kondisi 2

Dari Gambar 4 diperoleh M_{max} sebesar 388,17 kg.m

b. Gaya prategang

Gaya prategang ditinjau pada pelat dengan dimensi 25 x 20 cm, dan jumlah tendon sebanyak 1 buah dengan $A_s = 143 \text{ mm}^2$ dan diperoleh gaya prategang sebesar 200,200 KN

c. Kontrol Tegangan Pelat

Didapatkan Kontrol tegangan serat atas sebesar $-6,5 \text{ MPa} < -f_c'$ (-45 MPa) dan serat bawah sebesar $-1,6 \text{ MPa} < 0,15 f_c'$ ($8,25 \text{ MPa}$)

Dapat disimpulkan bahwa untuk Panel PPCP termasuk aman, karena kontrol tegangan serat atas dan bawah tidak lebih dari tegangan yang diijinkan.

4.3. Metode Pelaksanaan

Pada pembahasan ini, penulis akan menjelaskan urutan metode pelaksanaan untuk Perkerasan Kaku metode CIS dan metode PPCP, antara lain terdiri dari:

A. Metode pelaksanaan Perkerasan Kaku metode CIS:

1. Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan dilaksanakan sebelum pekerjaan fisik dimulai. Adapun pekerjaan-pekerjaan yang dilaksanakan dalam pekerjaan persiapan tersebut, yaitu:

- a. Pekerjaan pematokan dan pengukuran (*Surveying*)
- b. Survey kelayakan struktural konstruksi perkerasan.
- c. Penyiapan akses keluar masuk

2. Pembersihan tempat kerja

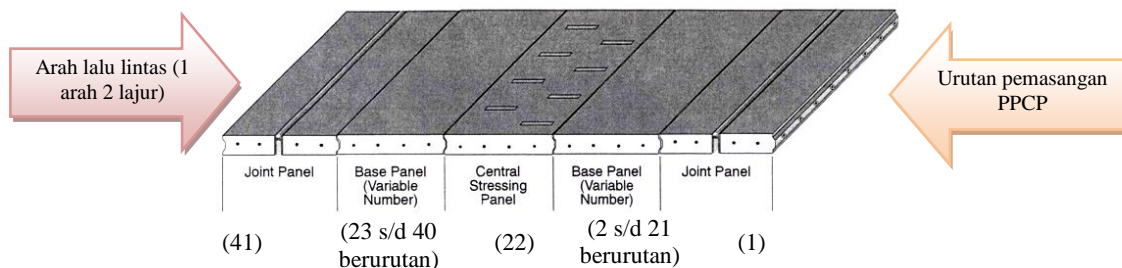
Pekerjaan ini meliputi:

- a. Pembersihan, pembongkaran dan pembuangan lapisan tanah permukaan.
- b. Pembersihan dan pembuangan tumbuh-tumbuhan diameter kurang dari 20 cm dan puing-puing di dalam area kerja.

3. Galian biasa untuk dibuang

Pekerjaan ini meliputi penggalian tanah permukaan dengan kedalaman lebih dari 20 cm, pemindahan, pemuatan, pengangkutan, penimbunan dan penyempurnaannya atau pembuangan, pembentukan bidang galian dan penyempurnaan bidang galian yang terbuka (*exposed*).

4. Timbunan /*Borrow material*) dan Lapis Pondasi Base B
 5. Pekerjaan Pembuatan lapisan timbunan yang dipadatkan lapis demi lapis maksimal tebal 20 cm per layer.
 6. Lantai Kerja/ *Lean concrete* (t = 10 cm)
 7. Lean Concrete mencakup seluruh lebar badan jalan yang menggunakan perkerasan beton untuk lantai kerja.
 8. Perkerasan beton/ *Rigid Pavement* (t = 27cm)
 9. Pekerjaan Perkerasan Kaku *Cast in Situ* mencakup seluruh lebar badan jalan yang menggunakan perkerasan beton dengan menggunakan *Slipform Paver*.
- B. Metode Pelaksanaan Kegiatan Perkerasan Kaku metode PPCP:
1. Pekerjaan Persiapan
 2. Pembersihan tempat kerja
 3. Galian biasa untuk dibuang
 4. Timbunan /*Borrow material*) dan Lapis Pondasi Base B
 5. Lantai Kerja/ *Lean concrete* (t = 5 cm)
 6. *Install/Unloading Panel PPCP*
Install/Unloading panel yaitu proses penurunan panel pada posisi rencana yang dilakukan dengan menggunakan *Mobile Crane* kapasitas 35 Ton dan dibantu oleh pekerja untuk mengarahkan saat penurunan panel. Sebelum proses install, kondisi *Lean concrete* harus bersih dan diberi plastik lembaran. Urutan penginstallan tiap panel terlihat pada Gambar 5.
 7. *Epoxy Panel*
Epoxy panel yaitu kegiatan yang dimaksudkan untuk merekatkan dan memperkuat sambungan antara segmen *male* dan *female* pada panel *PPCP* sehingga menjadi sambungan yang kuat. Dalam hal ini, *Epoxy* yang digunakan adalah jenis *Epoxy Type I Grade 3 Class B + C*.
 8. *Grouting*
Grouting adalah suatu proses dimana suatu cairan campuran antara semen dan air diinjeksikan dengan tekanan ke dalam rongga, pori, rekahan dan retakan batuan yang selanjutnya cairan tersebut dalam waktu tertentu akan menjadi padat secara fisika maupun kimiawi. Dalam hal ini, proses *grouting* dilakukandengan cara pengisian semen dan adiktif pada panel. Proses ini dilakukan setelah panel tersambung dalam 1 segmen (41 Panel) dengan tujuan untuk mengisi rongga yang terjadi di bawah panel. Bahan *grouting* yang digunakan adalah semen dan bahan adiktif *Cebex Fosroc*.



Gambar 5. Urutan pemasangan panel tiap segmen

4.4. Analisa Volume Pekerjaan

Pada perhitungan volume pekerjaan Perkerasan Kaku metode *CIS* digunakan data data proyek Pembangunan Jalan Tol Mojokerto - Kertosono seksi II. Perbedaan volume antara metode *CIS* dengan *PPCP* yaitu pada volume *lean concrete* dan perkerasan beton, sedangkan untuk pekerjaan pembersihan lokasi, galian, timbunan dan lapis pondasi, memiliki volume yang sama.

a. Volume Pekerjaan Perkerasan Kaku Metode *CIS*

Volume pekerjaan perkerasan kaku metode *CIS* dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel 6. Tabel volume pekerjaan perkerasan kaku metode CIS

Section	Pembersihan Lokasi	Galian Tanah	Timbunan	Lapis Pondasi Base B	Lean Concrete	Rigid Pavement
	m3	m3	m3	m3	m3	m3
STA 15+000 - 16+000	30000	65865,73	117081,6068	3580	1550	4185
STA 16+000 - 17+000	30000	61394,347	89191,0128	3580	1550	4185
STA 17+000 - 18+000	30000	91515,5759	132679,4141	3580	1550	4185
STA 18+000 - 19+000	30000	59188,1479	73967,06328	3580	1550	4185
STA 19+000 - 20+000	30000	84084,2668	76946,0608	3580	1550	4185
STA 20+000 - 21+000	30000	81669,2014	90447,07613	3580	1550	4185
Total	180000	443717,2704	580312,2339	21480	9300	25110

b. Volume Pekerjaan Perkerasan Kaku Metode PPCP

Volume pekerjaan perkerasan kaku metode PPCP dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Tabel volume pekerjaan perkerasan kaku metode PPCP

Section	Pembersihan Lokasi	Galian Tanah	Timbunan	Lapis Pondasi Base B	Lean Concrete	Panel PPCP
	m3	m3	m3	m3	m3	Panel
STA 15+000 - 16+000	30000	65865,73	117081,6	3580	775	820
STA 16+000 - 17+000	30000	61394,35	89191,01	3580	775	820
STA 17+000 - 18+000	30000	91515,58	132679,4	3580	775	820
STA 18+000 - 19+000	30000	59188,15	73967,06	3580	775	820
STA 19+000 - 20+000	30000	84084,27	76946,06	3580	775	820
STA 20+000 - 21+000	30000	81669,20	90447,08	3580	775	820
Total	180000	443717,27	580312,23	21480,00	4650,00	4920,00

4.5. Analisa Biaya Pekerjaan

Dalam perhitungan biaya pekerjaan dilakukan dengan cara mengalikan volume setiap pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan, maka didapat jumlah harga tiap pekerjaan. Kemudian dari jumlah harga tiap pekerjaan dijumlahkan dan didapatkan total biaya keseluruhan proyek. Hasil analisa biaya pekerjaan tiap metode dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 8. Rencana Anggaran Biaya Perkerasan Kaku Metode CIS

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah Harga-Harga (Rupiah)
b	c	d	e	f	g
1	Pembersihan Lokasi	m2	180000	Rp 18.562,60	Rp 3.341.267.179,18
2	Galian Tanah	m3	443717,3	Rp 84.104,28	Rp 37.318.522.844,90
3	Timbunan	m3	580312,2	Rp 207.751,77	Rp 120.560.892.225,94
4	Lapis Pondasi Base B	m3	21480	Rp 491.284,83	Rp 10.552.798.151,13
5	Lean Concrete	m3	9300	Rp 974.328,80	Rp 9.061.257.844,81
6	Perkerasan Kaku Cast in Sit	m3	25110	Rp 1.413.857,19	Rp 35.501.954.105,28
TOTAL BIAYA					Rp 216.336.692.351,25

Tabel 9. Rencana anggaran biaya perkerasan kaku metode PPCP

No	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah Harga-Harga (Rupiah)
b	c	d	e	f	g
1	Pembersihan Lokasi	m3	180000	18562,59544	3.341.267.179,18
2	Galian Tanah	m3	443717,27	84.104,28	37.318.522.844,90
3	Timbunan	m3	580312,2	207.751,77	120.560.892.225,94
4	Lapis Pondasi Base B	m3	21480	491.284,83	10.552.798.151,13
5	Lean Concrete	m3	4650	974.328,80	4.530.628.922,41
6	Panel PPCP				
	- Base Panel	panel	4560	9.101.704,92	41.503.774.432,94
	- Central Panel	panel	120	9.672.649,92	1.160.717.990,34
	- Joint Panel	panel	240	4.942.069,66	1.186.096.719,04
7	Install Panel	panel	4920	365.232,72	1.796.944.981,85
8	Grouting	segmen	120	977.933,00	117.351.960,00
TOTAL BIAYA					222.068.995.407,73

4.6. Analisa Waktu Pekerjaan

Didapat durasi tiap pekerjaan dari kedua metode pada Tabel 10 dan Tabel 11.

Tabel 10. Perhitungan waktu perkerasan kaku metode CIS

No	Item Pekerjaan	Satuan	Volume	Alat Berat yang menentukan produktifitas	Produktifitas (jam)	Produktifitas (/hari)	Kebutuhan Alat Berat (Unit)	Produktifitas (/hari)	Durasi pekerjaan
a	b	c	d	e	f	g	h	i = g x h	j = d : i
1	Pembersihan Lokasi	m2	180000	Bulldozer	47,5023046	332,5161323	7	2327,612926	78
2	Galian Tanah	m3	443717,27	Excavator	92,32	646,24	6	3877,430594	115
3	Timbunan	m3	580312,234	Vibrator Roller	63,47	444,28	6	2665,670994	218
4	Lapis Pondasi Base B	m3	21480	Tandem Roller	21,44	150,09	4	600,37635	36
5	Lean Concrete	m3	9300	Concrete mixer	1,01	7,06	15	105,9487676	88
6	Perkerasan Kaku Cast in Situ	m3	25110	Slitform Paver	83,37	166,73	1	166,7330892	151
TOTAL DURASI KESELURUHAN (Penjadwalan dengan Ms. Project)									208

Tabel 11. Perhitungan waktu perkerasan kaku metode PPCP

No	Uraian	Satuan	Volume	Alat Berat yang menentukan produktifitas	Produktifitas 1 alat berat (/hari)	Kebutuhan Alat Berat (Unit)	Produktifitas (/hari)	Durasi pekerjaan (Ms. Project)	
a	b	c	d	e	f	g	h = g x h	i = d : i	
1	Pembersihan Lokasi	m2	180000	BULLDOZER	47,50	332,52	7	2.328	78
2	Galian Tanah	m3	443717,27	EXCAVATOR	92,32	646,24	6	3.877	115
3	Timbunan	m3	580312,234	VIBRATOR ROLLER	63,47	444,28	6	2.666	218
4	Lapis Pondasi Base B	m3	21480	TANDEM ROLLER	21,44	150,09	4	600	36
5	Lean Concrete	m3	4650	CONCRETE MIXER	1,01	7,06	15	106	44
6	Install Panel	panel	4920	MOBILE CRANE	3,00	21,00	2	42	118
7	Grouting	segmen	120	PUMP GROUTING		2,00	4	8	15
TOTAL DURASI KESELURUHAN (Penjadwalan dengan Ms. Project)								158	

4.7. Perbandingan Waktu dan Biaya

Dari perhitungan waktu dan biaya Perkerasan Kaku metode *Cast in Situ* dan metode *PPCP* pada Jalan Tol X terlihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Perbandingan biaya dan waktu metode *cast in situ* dan PPCP

Metode	Biaya (Rp)	Waktu (hari)
<i>Cast In Situ</i>	Rp 216.336.692.351,25	208
<i>PPCP</i>	Rp 222.068.995.407,73	158
selisih	Rp 5.732.303.056,48	50

Dari Tabel 12 terlihat bahwa biaya Perkerasan Kaku *CIS* lebih rendah dibanding metode *PPCP* dengan selisih Rp 5.732.303.056,48 dengan efisiensi sebesar 2,60 %. tetapi metode *PPCP* memiliki waktu yang lebih cepat dengan selisih 50 hari dengan efisiensi sebesar 24,03 %

5. PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil pembahasan skripsi ini, yaitu sebagai berikut:

1. Pada Jalan Tol X STA 15+000 sampai STA 21+000 dengan panjang jalan 6 km untuk perencanaan tebal perkerasan kaku dengan menggunakan metode *CIS* diperoleh tebal lapis perkerasan beton 27 cm, sambungan memanjang menggunakan besi D19-500 dan sambungan melintang menggunakan besi D 13-250. Sedangkan perkerasan kaku metode *PPCP* menggunakan tebal 20 cm.
2. Metode pelaksanaan untuk Perkerasan kaku metode *CIS* terdiri dari:
 - a. Pekerjaan Persiapan
 - b. Pembersihan tempat kerja
 - c. Galian biasa untuk dibuang
 - d. Timbunan (*Borrow material*) dan Lapis Pondasi
 - e. Lantai Kerja $t = 10$ cm
 - f. Perkerasan beton/ *Rigid Pavement* ($t = 27$ cm)
 Sedangkan untuk metode Perkerasan kaku metode *PPCP* terdiri dari:
 - a. Pekerjaan Persiapan
 - b. Pembersihan tempat kerja
 - c. Galian biasa untuk dibuang
 - d. Timbunan (*Borrow material*) dan Lapis Pondasi
 - e. Lantai Kerja $t = 5$ cm
 - f. *Install/Unloading Panel PPCP*
 - g. *Epoxy Panel*
 - h. *Grouting*
3. Biaya pekerjaan metode *CIS* sebesar Rp. 216.336.692.351,25 sedangkan untuk biaya perkerasan kaku metode *PPCP* sebesar Rp. 222.068.995.407,73
4. Waktu pelaksanaan metode *CIS* selama 208 hari sedangkan untuk metode *PPCP* selama 158 hari.
5. Pada perencanaan ini tidak selamanya dapat diterapkan pada proyek lain yang sejenis karena mempertimbangkan kondisi lapangan, waktu dan biaya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, Furqon, dkk, 2000. Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen. Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah
- Dinas Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, 1985. Petunjuk Perencanaan Perkerasan NAASRA (*National Association of Australian State Road Authorities*). 1987. *Pavement Design*