

Perbandingan Biaya Pelaksanaan Perkerasan Kaku Metode *Cast in Situ* dan Metode *Precast-Prestressed Concrete Pavement* pada Proyek Jalan *Frontage Waru - Buduran*

Khafi Arsyia Sintya dan Achmad Faiz Hadi Prajitno

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: afaizhp@gmail.com

Abstrak—Infrastruktur merupakan roda penggerak pertumbuhan ekonomi serta memiliki peran yang signifikan dalam pengembangan suatu wilayah. Adanya infrastruktur yang memadai, aktivitas ekonomi menjadi semakin tinggi sehingga dapat meningkatkan pendapatan masyarakat. Provinsi Jawa Timur memiliki 5.495 perusahaan industri berdasarkan pada survei industri besar dan sedang tahun 2019. Banyaknya perusahaan industri mendorong perkembangan infrastruktur pada suatu daerah. Salah satunya yaitu Kabupaten Sidoarjo yang merupakan Kabupaten dengan jumlah industri terbanyak di Jawa Timur. Seiring berjalannya waktu, Sidoarjo sering mengalami kemacetan akibat meningkatnya volume kendaraan yang tidak diiringi dengan perluasan area jalan yang salah satunya terletak di Jalan Raya Aloha. Dengan adanya Proyek Pembangunan Jalan *Frontage Waru-Buduran* diharapkan mampu mengurangi kemacetan di daerah tersebut. Struktur jalan yang digunakan dalam proyek tersebut yaitu menggunakan perkerasan kaku metode *cast in situ*. Dalam tugas akhir ini, metode yang diajukan untuk pekerjaan perkerasan kaku yaitu metode *precast-prestressed concrete pavement* (PPCP) dimana memiliki kelebihan dalam efisiensi material dan durasi pengerjaan yang lebih cepat dari metode *cast in situ*. Perbandingan biaya pelaksanaan pada proyek ini dimulai dengan menyusun item pekerjaan, menghitung volume, menentukan metode pelaksanaan, menghitung produktivitas dan durasi, menghitung biaya pelaksanaan, menganalisis perbandingan biaya pelaksanaan, dan membuat *network planning* dan *bar chart*. Hasil analisis biaya dan waktu menunjukkan bahwa pada pekerjaan perkerasan kaku metode *cast in situ* membutuhkan waktu pelaksanaan selama 132,95 hari dengan biaya pelaksanaan sebesar Rp27.954.230.935 dan metode *precast-prestressed concrete pavement* membutuhkan waktu pelaksanaan selama 111,68 hari dengan biaya pelaksanaan sebesar Rp27.539.255.038. Selisih waktu sebesar 21,27 hari dan selisih biaya sebesar Rp414.975.898.

Kata Kunci—*Cast in situ*, Perkerasan Kaku, *Precast-Prestressed Concrete Pavement*, Rencana Anggaran Pelaksanaan.

I. PENDAHULUAN

INFRASTRUKTUR merupakan roda penggerak pertumbuhan ekonomi serta memiliki peran yang signifikan dalam pengembangan suatu wilayah. Ketersediaan sarana dan prasarana infrastruktur yang memadai akan berdampak pada perkembangan ekonomi di suatu wilayah. Adanya infrastruktur yang memadai, aktivitas ekonomi seperti mobilisasi faktor produksi dan aktivitas perdagangan menjadi semakin tinggi sehingga dapat meningkatkan pendapatan masyarakat [1].

Jawa Timur adalah salah satu provinsi yang mengalami perbaikan ekonomi berdasarkan pada laporan keuangan

triwulan I 2021. Berdasarkan triwulan laporan, ekonomi di Jawa Timur berkontraksi sebesar 0,44% (yoy) membaik dibandingkan dengan triwulan sebelumnya yang sebesar 2,64% (yoy) [2]. Diperkirakan, akselerasi ekonomi Jawa Timur pada tahun 2021 akan ditopang oleh lapangan usaha utama yaitu Industri Pengolahan, Perdagangan, Pertanian, Konstruksi, dan Penyediaan Akomodasi dan Makan Minum [2].

Provinsi Jawa Timur memiliki 5.495 perusahaan industri berdasarkan pada survei industri besar dan sedang tahun 2019. Sidoarjo, Gresik, dan Surabaya merupakan tiga Kabupaten/Kota yang memiliki jumlah perusahaan industri terbanyak di Jawa Timur. Kabupaten Sidoarjo memiliki 967 perusahaan industri, Kabupaten Gresik memiliki 675 perusahaan industri, dan Kota Surabaya memiliki 659 perusahaan industri [3].

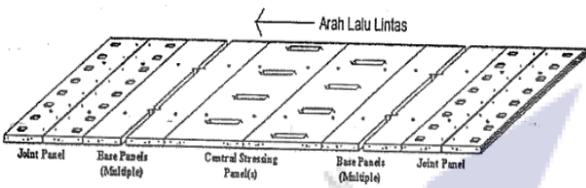
Banyaknya perusahaan industri mendorong perkembangan infrastruktur pada suatu daerah. Salah satunya yaitu Kabupaten Sidoarjo yang merupakan Kabupaten dengan jumlah industri terbanyak di Jawa Timur. Seiring berjalannya waktu, Sidoarjo sering mengalami kemacetan. Kemacetan di Sidoarjo diakibatkan karena meningkatnya volume kendaraan yang mendekati kapasitas jalan yang tidak diiringi dengan perluasan area jalan.

Salah satu titik yang sering mengalami kemacetan adalah Jalan Raya Aloha atau lebih tepatnya pintu masuk Bandara Juanda yang merupakan jalan utama penghubung kota Surabaya dan Kabupaten Sidoarjo. Jalan Raya Aloha memiliki volume kendaraan yang sangatlah tinggi dan juga senantiasa dilintasi oleh kendaraan berat. Maka dari itu, dilakukan adanya Proyek Pembangunan Jalan *Frontage Waru - Buduran* yang bertujuan untuk mengatasi kemacetan di daerah tersebut.

Rencana eksisting pada Proyek Pembangunan Jalan *Frontage Waru - Buduran* ini menggunakan perkerasan kaku (rigid pavement) dengan panjang jalan 1,6 km. Perkerasan kaku ini umumnya digunakan untuk lalu lintas yang tinggi dan didesain dengan umur rencana lebih lama daripada perkerasan lentur. Metode yang digunakan untuk pekerjaan perkerasan kaku yaitu dengan metode konvensional atau *cast in situ*. Penelitian ini merencanakan penggantian metode pelaksanaan pekerjaan perkerasan kaku yaitu dengan metode *precast-prestressed concrete pavement*. Hal tersebut bertujuan untuk mempercepat pekerjaan perkerasan kaku karena pada metode PPCP, jalan bisa langsung dibuka dan dilewati kendaraan tanpa harus menunggu umur beton seperti pada metode CIS sehingga masalah kemacetan pada Jalan



Gambar 1. Perkerasan kaku metode *precast-prestressed concrete pavement*.



Gambar 2. Pemasangan panel melintang.

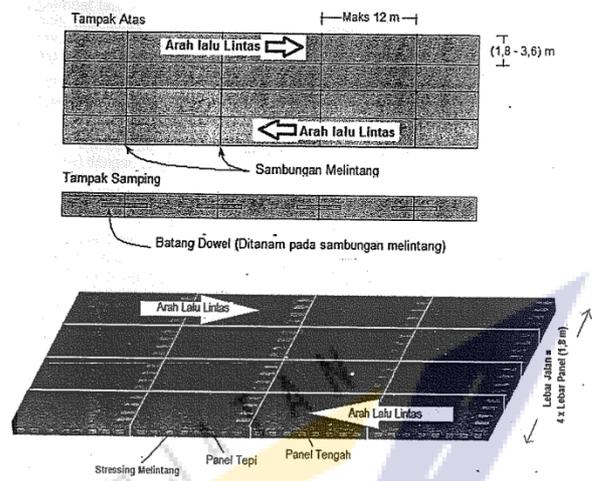
Raya Aloha segera teratasi. PPCP adalah sebuah metode perkerasan kaku dimana panel beton dipabrikasi di pabrik atau precast dan sudah diberi bisa juga belum diberi tegangan tekan sebelum beban hidup diaplikasikan. Metode PPCP sendiri memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode CIS yaitu memiliki kualitas beton yang lebih baik, mempercepat pembukaan lalu lintas, serta penggunaan material yang lebih efisien [4]. Selain itu dari segi struktur, PPCP mampu menahan beban berlebih karena adanya prategang, dapat meminimalisir adanya kerusakan sambungan karena PPCP memiliki segmen yang lebih panjang daripada metode konvensional sehingga jumlah sambungannya pun lebih sedikit daripada metode konvensional.

Berdasarkan pada permasalahan tersebut maka perlu dilakukan perencanaan tebal panel beton perkerasan kaku metode PPCP terlebih dahulu. Selanjutnya yaitu menghitung volume dan produktivitas, yang mana akan digunakan untuk perhitungan durasi dan biaya pelaksanaan. Perbandingan biaya pelaksanaan metode CIS dan metode PPCP bertujuan untuk mengetahui metode mana yang paling efektif dan efisien. Dari hasil yang diperoleh maka dapat dijadikan referensi dan inovasi dalam pekerjaan perkerasan kaku di Indonesia.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) Metode *Precast-Prestressed Concrete Pavement*

Precast-Prestressed Concrete Pavement (PPCP) merupakan jenis perkerasan jalan kaku yang dicetak dengan ukuran tertentu dan dilakukan prategang, baik dengan sistem pratarik maupun pasca tarik. Perkerasan kaku metode PPCP tertera pada Gambar 1. Panel beton umumnya dapat dipasang secara melintang dan memanjang. Untuk pemasangan panel beton secara melintang ditunjukkan pada Gambar 2 dan secara memanjang ditunjukkan pada Gambar 3 [5].



Gambar 3. Pemasangan panel memanjang.



Gambar 4. Panel beton SpRigWP.

pada jalan baru atau jalan lama dengan lalu-lintas yang dialihkan ke jalur lain atau menggunakan jalur sementara. Sedangkan pada pemasangan panel beton secara memanjang diterapkan jika lalu-lintas pada jalan tersebut tidak bisa ditutup untuk jangka waktu yang relatif lama karena padatnya volume kendaraan sehingga dilakukan sistem buka tutup lalu-lintas yang ada [5].

B. *SpRigWP (Sistem Perkerasan Rigid Waskita Precast)*

SpRigWP merupakan suatu inovasi baru perkerasan kaku beton bertulang menerus dengan pratekan *unbonded* yang dibuat dalam bentuk modul panel-panel pracetak. Panel-panel pracetak yang disusun menjadi perkerasan kaku menerus ini menggunakan suatu sistem sambungan khusus hasil inovasi terbaru yang disebut dengan dowel aktivator. SpRigWP ini diproduksi oleh PT. Waskita Beton Precast Tbk. Panel beton SpRigWP tertera pada Gambar 4. Desain SpRigWP dari PT. Waskita Beton Precast Tbk adalah sebagai berikut :

1. Beton tebal 15-25 cm dengan tulangan diperhitungkan pada kondisi *handling* ereksi, kemampuan menahan beban rencana.
2. Beton mutu tinggi > K500.
3. Penggunaan dowel aktivator, agar jika ada beban *overload*, kerusakan terpusat dihilangkan sehingga mudah diperbaiki.
4. Jenis sambungan adalah sambungan lemah, dimana bila terjadi beban lebih, kerusakan terjadi pada sambungan (dowel sebagai sikring).
5. Baja tulangan yang dimiliki mencegah retak susut.
6. Memiliki sistem pratekan *unbonded* per panel, sehingga apabila ada kerusakan salah satu panel maka panel lainnya tidak akan kehilangan gaya pratekan dan mampu

Tabel 1.
Efisiensi operasional alat dan pemeliharaan

| Kondisi Operasi Alat | Pemeliharaan Alat | | | | |
|----------------------|-------------------|------|--------|-------|--------------|
| | Baik Sekali | Baik | Sedang | Buruk | Buruk Sekali |
| Baik sekali | 0,83 | 0,81 | 0,76 | 0,70 | 0,63 |
| Baik | 0,78 | 0,75 | 0,65 | 0,65 | 0,60 |
| Sedang | 0,72 | 0,69 | 0,60 | 0,60 | 0,54 |
| Buruk | 0,63 | 0,61 | 0,57 | 0,52 | 0,45 |
| Buruk Sekali | 0,52 | 0,50 | 0,47 | 0,42 | 0,32 |

Tabel 2.
Faktor operator dan mekanik

| Kualifikasi | Identitas | Nilai |
|-------------|-------------------------------|-------|
| Terampil | a. Pendidikan STM/Sederajat | 0,80 |
| | b. Sertifikasi SIMP/SIPP(III) | |
| | c. Pengalaman >6000 jam | |
| Cukup | a. Pendidikan STM/Sederajat | 0,70 |
| | b. Sertifikasi SIMP/SIPP(III) | |
| | c. Pengalaman 4000-6000 jam | |
| Sedang | a. Pendidikan STM/Sederajat | 0,65 |
| | b. Sertifikasi SIMP/SIPP(III) | |
| | c. Pengalaman 2000-4000 jam | |
| Kurang | a. Pendidikan STM/Sederajat | 0,50 |

Tabel 3.
Faktor cuaca

| Kondisi Cuaca | Operator dan Mekanik | | | |
|------------------------|----------------------|-------|-------|--------|
| | Terampil | Baik | Cukup | Sedang |
| Terang, segar | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,75 |
| Terang, panas, berdebu | 0,83 | 0,783 | 0,737 | 0,691 |
| Mendung | 0,75 | 0,708 | 0,666 | 0,624 |
| Gelap | 0,666 | 0,629 | 0,592 | 0,555 |

mereparasi bila terjadi deformasi akibat beban berlebih [6].

C. Perencanaan Tebal Panel Beton PPCP (Precast-Prestressed Concrete Pavement)

Perhitungan tebal panel beton PPCP menggunakan metode ACI (American Concrete Institute). Parameter perancangan tebal panel beton PPCP yang direkomendasikan ACI 325 yang didasarkan atas persamaan Sargious 1975 [4].

$$(ft + fp) > (f((c + w)) + fF + fL)$$

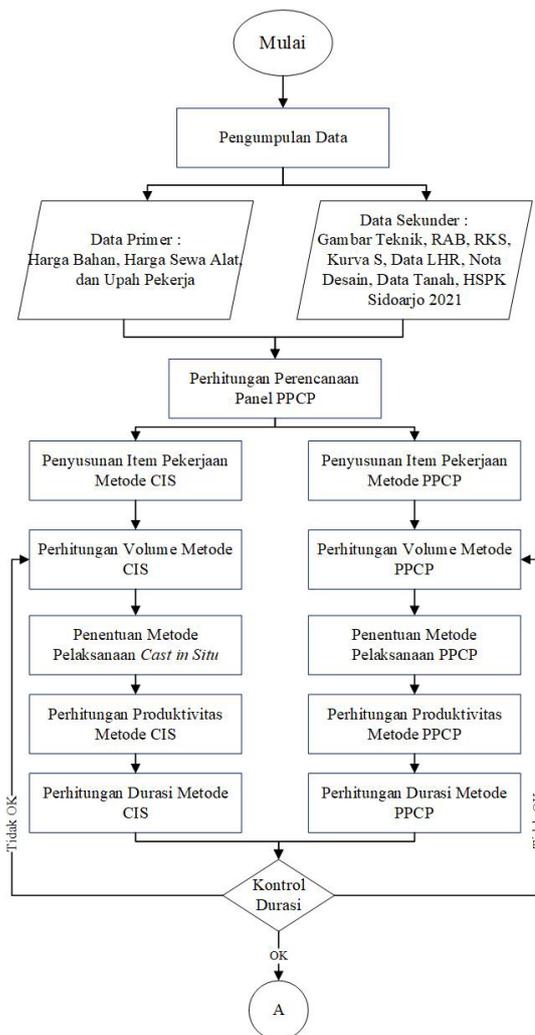
Keterangan :

- fp = tegangan tekan beton akibat prategang;
- ft = tegangan fleksural beton ijin = (modulus of rupture, MR)/(faktor keamanan, SF);
- f(c + w) = tegangan fleksural kritis akibat curling dan warping;
- fF = tegangan tarik kritis akibat friksi tanah dasar;
- fL = tegangan fleksural ijin akibat beban lalu lintas.

D. Item Pekerjaan

Item pekerjaan perkerasan kaku baik metode CIS maupun metode PPCP yaitu pertama pekerjaan tanah dan geosintetik. Terdiri dari pekerjaan pembersihan dan pengupasan lahan, pekerjaan penyiapan badan jalan, pekerjaan galian, pekerjaan cerucuk bambu, pekerjaan timbunan pilihan, pekerjaan timbunan pasir, pekerjaan pemadatan, pekerjaan geotextile woven, pekerjaan pemasangan batu.

Selanjutnya yaitu pekerjaan lapis pondasi agregat, terdiri dari penghamparan dan pemadatan LPA kelas B, penghamparan dan pemadatan LPA kelas A. selanjutnya pekerjaan lean concrete, terdiri dari pemasangan bekisting lean concrete, pengecoran lean concrete, pembongkaran bekisting lean concrete. Selanjutnya, pekerjaan perkerasan



Gambar 5. Metodologi penelitian.

beton metode CIS, terdiri dari pabrikan sambungan, pekerjaan pemasangan bekisting rigid, pekerjaan pemasangan sambungan, pekerjaan pemasangan wiremesh, pekerjaan pengecoran beton rigid, dan pekerjaan pembongkaran bekisting rigid.

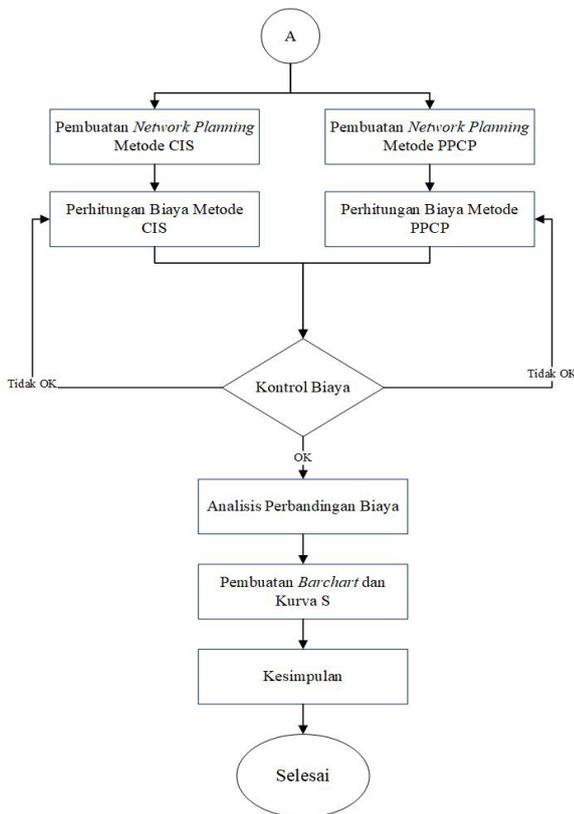
Terakhir yaitu pekerjaan perkerasan beton metode PPCP, terdiri dari instalasi panel, pekerjaan pemasangan dowel aktivator, pekerjaan grouting.

E. Alat Berat dan Alat Penunjang

Alat berat merupakan faktor penting di dalam proyek terutama untuk konstruksi dengan skala besar karena dapat membantu manusia dalam mengerjakan pekerjaan pembangunan suatu struktur. Pemilihan alat berat haruslah tepat, baik dari jenis, ukuran, dan jumlahnya untuk memperlancar jalannya suatu proyek [7].

Perhitungan produktivitas alat berat berdasarkan pada Peraturan Menteri PUPR No.28 Tahun 2016. Efisiensi alat dan pemeliharaan tertera pada Tabel 1. Alat berat yang digunakan untuk kedua metode yaitu :

1. Excavator
2. Bulldozer
3. Vibro Roller
4. Water Tank Truck
5. Dump Truck
6. Mobile Crane
7. Concrete Vibrator
8. Bar Cutter



Gambar 6. Metodologi penelitian (Lanjutan).

- 9. Grouting Pump
- 10. Stressing Jack

F. Perhitungan Durasi

Perhitungan durasi pada masing-masing pekerjaan dilakukan untuk mengetahui waktu pengerjaan proyek secara keseluruhan dapat diselesaikan. Persamaan berikut merupakan rumus perhitungan durasi secara umum.

$$Durasi = \frac{volume}{Produktivitas Alat \text{ atau } Grup}$$

G. Perhitungan Biaya Pelaksanaan

Perhitungan rencana anggaran biaya pelaksanaan dilakukan untuk mengetahui ketepatan estimasi biaya sebelum dimulainya konstruksi “taksiran biaya” dengan biaya sebenarnya “actual cost” suatu proyek konstruksi [8]. Faktor operator dan mekanik tertera pada Tabel 2 dan faktor cuaca tertera pada Tabel 3. Tiga hal yang diperhitungkan dalam penentuan biaya pelaksanaan proyek yaitu :

- 1) Biaya Pekerja
Biaya Pekerja = Durasi x Jumlah Pekerja x Upah
- 2) Biaya Material
Biaya Material = Volume x Harga Material
- 3) Biaya Peralatan
Biaya Peralatan = Durasi x Jumlah Alat x Harga Sewa

H. Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek merupakan alat yang digunakan untuk menentukan waktu dalam pengerjaan suatu kegiatan. Penjadwalan proyek haruslah tepat dalam pelaksanaan proyek agar terhindar dari kerugian yang besar seperti bengkaknya biaya konstruksi, keterlambatan penyerahan proyek [9].

Tabel 4. Analisis biaya metode Cast in Situ

| Uraian Pekerjaan | BIAYA |
|---|-------------------------|
| A. Segmen 1 (STA 2+930 – 3+850) | |
| A.1 Pekerjaan Tanah dan Geosintetik | Rp8.606.465.725 |
| A.2 Pekerjaan Lapis Pondasi Agregat | Rp869.719.547 |
| A.3 Pekerjaan Lean Concrete | Rp896.577.387 |
| A.4 Pekerjaan Perkerasan Beton Metode CIS | Rp7.486.808.621 |
| B. Segmen 2 (STA 3+850 – 4+575) | |
| A.1 Pekerjaan Tanah dan Geosintetik | Rp1.695.556.337 |
| A.2 Pekerjaan Lapis Pondasi Agregat | Rp1.251.192.966 |
| A.3 Pekerjaan Lean Concrete | Rp528.965.736 |
| A.4 Pekerjaan Perkerasan Beton Metode CIS | Rp7.322.264.303 |
| TOTAL | Rp25.181.835.583 |
| TOTAL (DENGAN PPN 11%) | Rp27.951.837.498 |

Tabel 5.

Analisis biaya metode precast-prestressed concrete pavement

| Uraian Pekerjaan | BIAYA |
|--|-------------------------|
| A. Segmen 1 (STA 2+930 – 3+850) | |
| A.1 Pekerjaan Tanah dan Geosintetik | Rp8.606.465.725 |
| A.2 Pekerjaan Lapis Pondasi Agregat | Rp869.719.547 |
| A.3 Pekerjaan Lean Concrete | Rp896.577.387 |
| A.4 Pekerjaan Perkerasan Beton Metode PPCP | Rp6.449.169.024 |
| B. Segmen 2 (STA 3+850 – 4+575) | |
| A.1 Pekerjaan Tanah dan Geosintetik | Rp1.695.556.337 |
| A.2 Pekerjaan Lapis Pondasi Agregat | Rp1.251.192.966 |
| A.3 Pekerjaan Lean Concrete | Rp528.965.736 |
| A.4 Pekerjaan Perkerasan Beton Metode PPCP | Rp4.512.492.951 |
| TOTAL | Rp24.810.139.673 |
| TOTAL (DENGAN PPN 11%) | Rp27.539.255.038 |

1) Microsoft Project

Microsoft Project adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk membantu dalam mengembangkan proyek, menetapkan sumber daya untuk tugas pelacakan kemajuan, mengelola anggaran, dan menganalisis beban kerja [10].

2) Barchart

Barchart atau diagram batang adalah salah satu teknik penjadwalan yang berupa sekumpulan aktivitas yang ditempatkan pada kolom vertikal sedangkan waktu ditempatkan pada kolom horizontal. Balok horizontal di bagian sebelah kanan dari setiap aktivitas digunakan untuk menunjukkan kapan waktu mulai dan selesai beserta durasi setiap kegiatan. [9].

III. METODOLOGI

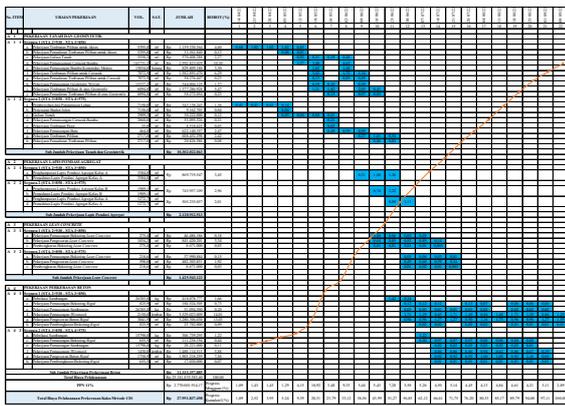
Bab ini menjelaskan tentang metode penelitian. Secara detail metodologi penelitian tertera pada Gambar 5 dan Gambar 6.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

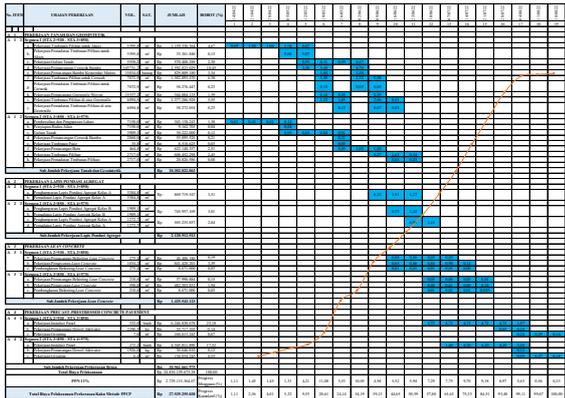
A. Preliminary Design Panel Beton PPCP

Penentuan dimensi panel beton PPCP didasarkan pada geometri jalan. Pada Proyek Jalan Frontage Waru – Buduran terbagi menjadi 2 segmen yaitu segmen 1 (STA 2+930 – 3+850) memiliki lebar jalan 11 meter dan segmen 2 (STA 3+850 – 4+575) memiliki lebar jalan 8 meter. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan dimensi panel beton PPCP yang akan digunakan yaitu :

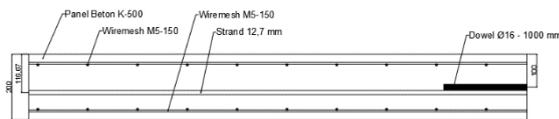
1. Panel Tipe 1 (2,75 x 10,35 m – 80 buah)
2. Panel Tipe 2 (2,75 x 10,98 m – 252 buah)



Gambar 7. Kurva S metode *Cast in Situ*.



Gambar 8. Kurva S metode *precast-prestressed concrete pavement*.



Gambar 9. Detail penulangan panel.

3. Panel Tipe 3 (2,00 x 10,50 m – 264 buah)
4. Panel Tipe 4 (2,00 x 10,75 m – 8 buah)

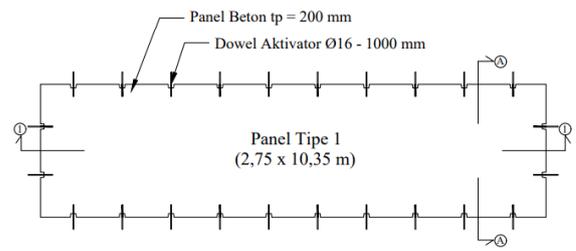
B. Perhitungan Tebal Panel Beton PPCP

Perhitungan tebal panel beton dilakukan pada setiap tipe panel. Tegangan tarik di atas dan di bawah permukaan panel diambil yang paling kritis dan dilakukan kontrol ketebalan panel. Pada penentuan tebal panel beton dilakukan permodelan di SAP2000 dan menghitung besar gaya prategang beserta kehilangan prategang. Dari analisis tersebut didapatkan tebal panel beton sebesar 200 mm untuk setiap tipe panel beton.

C. Perhitungan Kebutuhan Penulangan Panel Beton PPCP

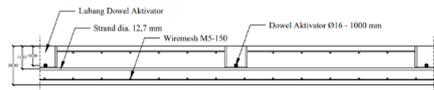
Penulangan panel beton PPCP meliputi tulangan prategang, tulangan non prategang, dan tulangan dowel (sambungan). Perhitungan tulangan non prategang berdasarkan SNI 7833 – 2012. Berikut adalah penulangan panel beton PPCP pada tiap panel.

1. Panel Tipe 1 (2,75 x 10,35 m)
 Tulangan prategang: *strand* dia 12,7 mm (2 buah)
 Tulangan *wiremesh*: M5 – 150 mm
 Tulangan dowel : Ø16 – 1000 mm
2. Panel Tipe 2 (2,75 x 10,98 m)
 Tulangan prategang: *strand* dia 12,7 mm (2 buah)
 Tulangan *wiremesh*: M5 – 150 mm
 Tulangan dowel : Ø16 – 1000 mm

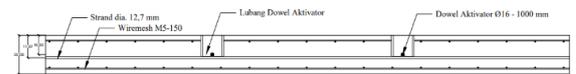


TAMPAK ATAS PANEL TIPE 1
Skala 1:62

Gambar 10. Panel tipe 1 (2,75 x 10,35 m).

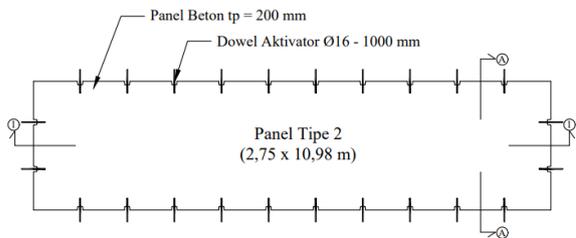


POTONGAN 1-1 PANEL TIPE 1
Skala 1:10



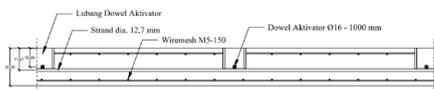
POTONGAN A-A PANEL TIPE 1
Skala 1:10

Gambar 11. Penulangan panel tipe 1 (2,75 x 10,35 m).



TAMPAK ATAS PANEL TIPE 2
Skala 1:62

Gambar 12. Panel Tipe 2 (2,75 x 10,98 m).



POTONGAN 1-1 PANEL TIPE 2
Skala 1:10



POTONGAN A-A PANEL TIPE 2
Skala 1:10

Gambar 13. Penulangan Panel Tipe 2 (2,75 x 10,98 m).

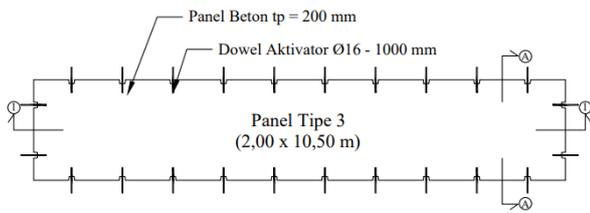
3. Panel Tipe 3 (2,00 x 10,50 m)
 Tulangan prategang: *strand* dia 12,7 mm (2 buah)
 Tulangan *wiremesh*: M5 – 150 mm
 Tulangan dowel : Ø16 – 1000 mm
4. Panel Tipe 4 (2,00 x 10,75 m)
 Tulangan prategang: *strand* dia 12,7 mm (2 buah)
 Tulangan *wiremesh*: M5 – 150 mm
 Tulangan dowel : Ø16 – 1000 mm

D. Metode Pelaksanaan Precast-Prestressed Concrete Pavement (PPCP)

Metode pelaksanaan pekerjaan perkerasan kaku metode *precast-prestressed concrete pavement* (PPCP) sebagai berikut:

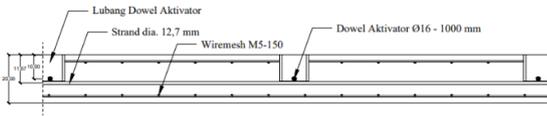
1) *Pekerjaan Instalasi Panel*

Alat dan bahan yang digunakan adalah *Mobile Crane 25 Ton* dan Panel Beton PPCP. Urutan Pekerjaan yaitu pertama penempatan alat berat *mobile crane* di area pekerjaan yang



TAMPAK ATAS PANEL TIPE 3
Skala 1:62

Gambar 14. Panel Tipe 3 (2,00 x 10,50 m).



POTONGAN 1-1 PANEL TIPE 3
Skala 1:10



POTONGAN A-A PANEL TIPE 3
Skala 1:10

Gambar 15. Penulangan Panel Tipe 3 (2,00 x 10,50 m).

akan dipasang panel beton PPCP. Pastikan *mobile crane* yang digunakan sesuai dengan berat produk yang akan dipasang. Kedua, pemasangan *lifting hook* pada masing-masing *lifting point* dibantu dengan beberapa pekerja. Sebelum pemasangan panel, pastikan dowel aktivator sudah ada di dalam lubang dowel aktivator. Selanjutnya, penurunan panel dan penempatan panel pada lokasi pekerjaan yang telah disiapkan dengan dibantu beberapa pekerja.

2) Pekerjaan Pemasangan Dowel Aktivator

Alat yang digunakan yaitu Dowel Aktivator (Diameter 16 mm). Urutan Pekerjaan yaitu penarikan dowel aktivator yang sudah ada di dalam panel masuk ke dalam lubang dowel pada panel disebelahnya dengan bantuan beberapa pekerja.

3) Pekerjaan Grouting

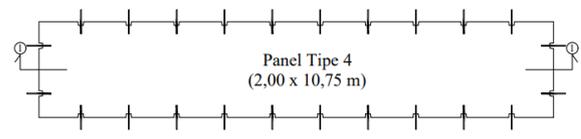
Alat dan bahan yang digunakan yaitu *Grouting pump* dan Material *grouting*. Urutan Pekerjaan yaitu *Grouting* lubang dowel aktivator dan *under panel* melalui lubang *lifting point* dengan menggunakan *grouting pump*. Pastikan *grouting* pada panel hingga penuh dan keluar dari sisi panel (*outlet*).

E. Perhitungan Waktu dan Biaya

Dari perhitungan volume dapat dihitung durasi pekerjaan dan biaya pekerjaan. Biaya pekerjaan meliputi upah pekerja, biaya material, dan biaya alat. Sedangkan pada perhitungan durasi pekerjaan dan penjadwalan menggunakan program bantu *Microsoft Project*. Analisis biaya metode *Cast in Situ* tertera pada Tabel 4. Kurva S metode *Cast in Situ* tertera pada Gambar 7. Analisis biaya metode *precast-prestressed concrete pavement* tertera pada Tabel 5. Kurva S metode *precast-prestressed concrete pavement* tertera pada Gambar 8.

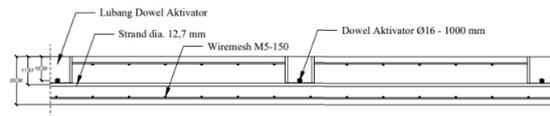
V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil analisis dua metode antara *cast in situ* dan *precast-prestressed concrete pavement* sebagai berikut : perencanaan perkerasan jalan beton dengan metode PPCP (*Precast-Prestressed Concrete Pavement*) didapatkan

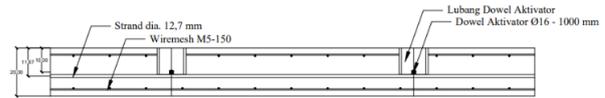


TAMPAK ATAS PANEL TIPE 4
Skala 1:62

Gambar 16. Panel Tipe 4 (2,00 x 10,75 m).



POTONGAN 1-1 PANEL TIPE 4
Skala 1:10



POTONGAN A-A PANEL TIPE 4
Skala 1:10

Gambar 17. Penulangan Panel Tipe 4 (2,00 x 10,75 m).

tebal panel beton sebesar 200 mm dan 4 tipe panel. Detail penulangan panel tertera pada Gambar 9. Untuk detail struktur masing-masing tipe panel tercantum pada gambar perencanaan. Untuk tipe 1 tertera pada Gambar 10 dan penulangan panelnya tertera pada Gambar 11, sedangkan untuk tipe 2 tertera pada Gambar 12 dan penulangan panelnya tertera pada Gambar 13, selanjutnya untuk tipe 3 tertera pada Gambar 14 dan penulangan panelnya tertera pada Gambar 15, dan untuk tipe 4 tertera pada Gambar 16 dan penulangan panelnya tertera pada Gambar 17.

Panel beton PPCP diletakkan di atas lapisan *lean concrete*. Adapun metode pelaksanaannya meliputi pertama instalasi panel. Pekerjaan instalasi panel dilakukan dengan menggunakan *mobile crane* berkapasitas 25 Ton. Sebelum panel diturunkan, dilakukan pemasangan *lifting hook* dan pengecekan dowel aktivator sudah ada di dalam lubang dowel.

Kedua, pemasangan dowel aktivator. Pekerjaan pemasangan dowel aktivator yaitu dengan melakukan penarikan dowel aktivator yang sudah ada di dalam panel masuk ke dalam lubang dowel pada panel disebelahnya dengan bantuan beberapa pekerja.

Ketiga, *Grouting Panel*. Pekerjaan *grouting* dilakukan pada setiap lubang dowel aktivator dan *under panel*. Untuk *grouting under panel* dilakukan melalui lubang *lifting point* hingga lubang terisi penuh. Alat yang digunakan yaitu *grouting pump*.

Perkerasan jalan beton metode *cast in situ* membutuhkan waktu pelaksanaan selama 132,95 hari dengan biaya pelaksanaan sebesar Rp. 27.951.837.498 dan metode *precast-prestressed concrete pavement* membutuhkan waktu pelaksanaan selama 111,68 hari dengan biaya pelaksanaan sebesar Rp. 27.539.255.038. Selisih waktu sebesar 21,27 hari (16% lebih cepat dari metode CIS) dan selisih biaya sebesar Rp. 412.582.460 (1,48% lebih murah dari metode CIS). Hal tersebut dikarenakan metode PPCP lebih cepat dalam pekerjaan perkerasan beton semen yang mana panel beton langsung dipasang di atas lapisan *lean concrete*, sehingga durasi pekerjaan semakin cepat. Dari segi biaya, kebutuhan besi pada metode PPCP lebih sedikit daripada metode CIS

karena adanya pengaruh prategang pada panel beton PPCP sehingga hasil yang didapatkan adalah lebih murah metode PPCP.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Waskita Beton Precast, Tbk (Plant Prambon) dan Proyek Pembangunan Jalan dan Jembatan *Frontage Road* Waru-Buduran PT. Mitra Cipta Engineering dan PT. Gorip Nanda Guna yang telah memberikan waktu dan ilmunya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Sukwika, "Peran pembangunan infrastruktur terhadap ketimpangan ekonomi antarwilayah di Indonesia," *J. Wil. dan Lingkung.*, vol. 6, no. 2, pp. 115--130, 2018.
- [2] Bank Indonesia Jawa Timur, *Laporan Perekonomian Provinsi Jawa Timur Mei 2021*. Surabaya: Bank Indonesia, 2022.
- [3] BPS Jatim, "Jumlah Perusahaan Tenaga Kerja, Investasi, dan Nilai Produksi pada Industri Besar dan Sedang Provinsi Jawa Timur," *Industri*, 2019.
- [4] L. Chang, Y. Chen, and S. Lee, "Using Precast Concrete Panels for Pavement Construction in Indiana," West Lafayette: Purdue University, 2004.
- [5] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, *Pedoman Pelaksanaan Perkerasan Beton Semen Pracetak-Prategang*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015.
- [6] D. O. Prihadi, "PT. Waskita Beton Precast Tbk: Penelitian, Pengembangan, dan Penerapan Sistem Jalan Pracetak SpRigWP," *SIBIMA Konstruksi*, 2017.
- [7] S. F. Rostiyanti, *Alat Berat untuk Proyek Konstruksi*, 2nd ed. Jakarta: Rineka Cipta, 2008.
- [8] A. Soedrajat, *Analisa (cara modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan*. Bandung: NOVA, 1984.
- [9] I. Widiasanti, *Manajemen Konstruksi*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya, 2013.
- [10] S. Tamba and D. M. Hutaaruk, "Optimasi biaya dan waktu akibat penjadwalan ulang pada proyek perumahan menggunakan microsoft project," *J. Civ. Eng. Build. Transp.*, vol. 2, no. 1, pp. 34--41, 2018.