

APLIKASI REKAYASA NILAI
(STUDI KASUS : PROYEK JALAN TOL SEMARANG – SOLO
RUAS SEMARANG – BAWEN SESI PENGGARON – BEJI)

The Application of Value Engineering

(Case Study: Semarang – Solo Toll Road Project Semarang – Bawen Segment Penggaron – Beji Section)

Saut Martua Hasiholan Saragih, Weny Saputri, Ir. M. Agung Wibowo MM, MSc, PhD,
Dr. Bagus Hario Setiadji, ST, MT

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk Indonesia yang semakin tinggi menyebabkan meningkatnya kebutuhan masyarakat di segala aspek kehidupan, termasuk kebutuhan akan sarana transportasi. Jalan Semarang-Solo sebagai salah satu jalur padat di Jawa Tengah, volume lalu lintasnya semakin hari semakin padat melebihi kapasitas jalan, hal ini menyebabkan tidak seluruh volume lalu lintas mampu dilayani oleh jalan tersebut. Pemerintah melalui PT. Trans Marga Jawa Tengah membangun jalan tol yang menghubungkan Kota Semarang dan Solo sepanjang 75,67 km sebagai solusi dari permasalahan tersebut. Pembangunan Jalan Tol Semarang-Solo Tahap I ruas Semarang Bawen sesi Penggaron-Beji menggunakan sistem perkerasan kaku cor (*Rigid pavement*) sebagai desain awal perkerasannya. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa desain perkerasan dengan sistem *rigid pavement* memiliki beberapa kelemahan, sehingga perlu ada desain inovasi untuk meminimalisir kelemahan tersebut. Melalui tahapan rekayasa nilai yaitu tahap informasi, spekulasi, analisis, pengembangan, presentasi dan implementasi diperoleh desain inovasi terpilih yaitu desain perkerasan dengan sistem beton prategang pracetak (PPCP). Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan sistem PPCP di proyek dapat mempersingkat waktu pelaksanaan selama 84 hari atau 21% dari desain awal.

Kata Kunci : Jalan Tol, Rekayasa Nilai, Perkerasan Kaku, PPCP.

1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk Indonesia yang semakin tinggi menyebabkan kebutuhan masyarakat di segala aspek kehidupan meningkat, termasuk didalamnya kebutuhan masyarakat akan sarana dan prasarana transportasi. Salah satu upaya pemerintah dalam mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menambah jumlah jalan, namun jumlah jaringan jalan yang saat ini ada di Indonesia belum mampu mengakomodasi kebutuhan masyarakat.

Permasalahan serupa di alami kota besar di Indonesia, tak terkecuali kota Semarang dan Solo. Kedua kota tersebut merupakan kota besar di Provinsi Jawa Tengah yang memiliki potensi besar dalam berbagai bidang, seperti perekonomian, sosial, budaya dan pariwisata yang dapat dikembangkan secara optimal. Sekarang ini jalan penghubung kota Semarang dengan Solo tidak mampu lagi menampung volume lalu lintas yang ada. Hal ini disebabkan oleh volume lalu lintas yang semakin padat. Sebagai solusi Pemerintah melalui PT. Trans Marga Jawa Tengah membangun jalan tol yang menghubungkan Kota Semarang dan Solo sepanjang 75,67 km yang diharapkan dapat

memperlancar arus lalu lintas, serta dapat memperlancar perekonomian dan meningkatkan potensi di bidang lainnya.

Proyek pembangunan jalan tol ini dibagi menjadi 2 tahap yaitu tahap I ruas Semarang-Bawen dan tahap II ruas Bawen-Solo. Pembangunan desain awal Jalan Tol Semarang-Solo Tahap I ruas Semarang Bawen sesi III Penggaron-Beji, menggunakan perkerasan kaku cor (*Rigid pavement*). Sifat perkerasan kaku lebih kuat dan lebih tahan lama dibandingkan dengan perkerasan lentur. Akan tetapi perkerasan kaku yang memiliki beberapa kelemahan, seperti pengecoran tergantung cuaca, pelaksanaan membutuhkan banyak tenaga, beton dapat digunakan setelah berumur 28 hari dan membutuhkan waktu pelaksanaan yang cukup lama.

Inovasi pada perkerasan jalan tol diperlukan untuk mendapatkan alternatif perkerasan guna mendapatkan nilai yang lebih optimal. Inovasi yang dapat digunakan diantaranya penggunaan beton prategang dan pracetak untuk struktur perkerasan jalan yang dikenal dengan istilah *Prestressed Prestrength Concrete Pavement* (PPCP). Berdasarkan uraian diatas timbul suatu permasalahan yang menarik untuk diteliti yaitu bagaimana pengaruh adanya inovasi dalam tahapan rekayasa nilai pada proyek jalan Tol Semarang-Solo sesi Penggaron-Beji.

Bertolak dari latar belakang tersebut, perumusan masalah pada penelitian ini adalah “Bagaimana pengaruh adanya inovasi dalam tahapan rekayasa nilai pada proyek jalan Tol Semarang-Solo sesi Penggaron-Beji?”.

Penelitian ini mempunyai tujuan mendeskripsikan, mengaplikasikan dan menganalisis rekayasa nilai beserta tahap-tahapannya pada proyek perkerasan jalan. Selain itu juga untuk mengetahui alternatif-alternatif perkerasan jalan hasil inovasi, mengetahui perbandingan desain proyek pada Proyek Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Semarang-Bawen Sesi Penggaron-Beji.

Analisis yang dilakukan meliputi aspek struktur perkerasan jalan, rencana anggaran biaya, metode pelaksanaan, sosial ekonomi, K3 dan lingkungan. Penerapan inovasi dalam tahap rekayasa nilai pada proyek jalan tol Semarang-Solo sesi Penggaron-Beji diharapkan dapat menghasilkan desain dan biaya yang optimal.

2. Tinjauan Pustaka

Pengertian Rekayasa Nilai

Rekayasa nilai adalah usaha yang terorganisasi secara sistematis dan mengaplikasikan suatu teknik yang telah diakui, yaitu teknik mengidentifikasi fungsi produk atau jasa yang bertujuan memenuhi fungsi yang diperlukan dengan harga yang terendah atau yang paling ekonomis. (Soeharto, 1995)

Tahapan Rekayasa Nilai

Terdapat beberapa pendapat mengenai tahapan rekayasa nilai, hasil perbandingan dari masing-masing tahapan rekayasa nilai disajikan dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 1. Perbandingan Tahapan Rekayasa Nilai (Saragih, 2013)

| Soeharto (2001) | Value Standard and Body of Knowledge (2007) | Value Engineering Policies and Procedures (1998) | Kopelousos (2009) | Mandelbbaum dan Reed (2006) |
|-----------------------|---|--|-----------------------|-----------------------------|
| 1. Tahap Informasi | 1. Tahap Informasi | 1. Tahap Informasi | 1. Tahap Informasi | 1. Tahap Orientasi |
| 2. Tahap Spekulasi | 2. Tahap Analisis | 2. Tahap Spekulasi | 2. Tahap Analisis | 2. Tahap Informasi |
| 3. Tahap Analisis | 3. Tahap Kreatif | 3. Tahap Analisis | 3. Tahap Kreatif | 3. Tahap Analisis |
| 4. Tahap Pengembangan | 4. Tahap Evaluasi | 4. Tahap Pengembangan | 4. Tahap Evaluasi | 4. Tahap Kreatif |
| 5. Tahap Penyajian | 5. Tahap Pengembangan | 5. Tahap Pelaporan | 5. Tahap Pengembangan | 5. Tahap Evaluasi |
| | 6. Tahap Presentasi | | 6. Tahap Presentasi | 6. Tahap Pengembangan |
| | | | | 7. Tahap Presentasi |
| | | | | 8. Tahap Implementasi |

Dari Perbandingan mengenai beberapa tahapan dapat diketahui secara garis besar tahapan pada Rekayasa Nilai adalah sebagai berikut:

1. Tahap Informasi
2. Tahap Spekulasi
3. Tahap Analisis
4. Tahap Pengembangan
5. Tahap Presentasi
6. Tahap Implementasi

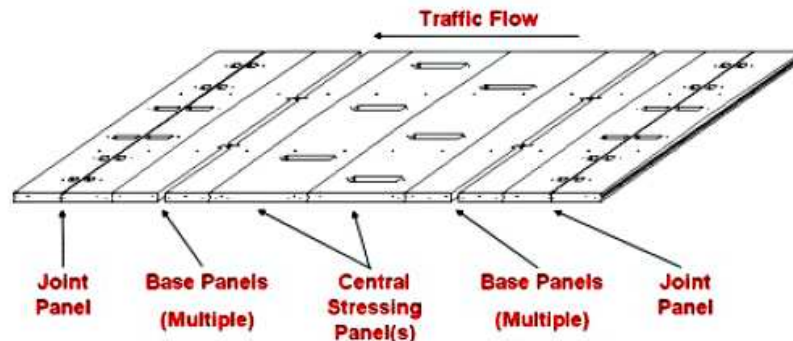
Precast Prestress Concrete Pavement (PPCP)

Precast Prestress Concrete Pavement (PPCP) didefinisikan sebagai suatu perkerasan yang penekanan horisontalnya secara permanen diterapkan sebelum beban hidup diaplikasikan (Balitbang P.U., 2009).

Metode PPCP telah digunakan di Amerika sejak tahun 1978, bahkan pada tahun 1988 komite ACI 325 (*American Concrete Institute*) telah mengeluarkan rekomendasi dalam hal prestress concrete. Rekomendasi tersebut tertuang dalam ACI 325.7R-88 “*Recommendations for Designing Prestressed Concrete Pavements*”. Studi perencanaan PPCP di Indonesia perlu dilakukan, mengingat beban lalu lintas yang terjadi di Indonesia adalah *overload*. Berbeda halnya dengan di Amerika, beban lalu lintas tidak ada yang *overload*. Oleh karena itu perencanaan PPCP rekomendasi dari ACI 325.7R-88 tidak dapat langsung diterapkan di Indonesia, perlu adanya perencanaan yang sesuai dengan karakteristik beban lalu lintas yang ada di Indonesia. Karena keterbatasan penerapan metode PPCP di Indonesia, sangat perlu dilakukan studi-studi yang terkait dengan metode PPCP sehingga dapat membantu perkembangan ilmu dalam penyediaan infrastruktur jalan di Indonesia.

Secara umum PPCP terdiri dari 3 *panel*, yaitu *base panel*, *joint panel* dan *central panel*. Dari ketiga *panel* tersebut, disusun beberapa *base panel*, satu *central panel* dan dua

Joint panel pada setiap ujung segmen sehingga terbentuk satu segmen yang akan dihubungkan dengan segmen yang lainnya hingga tercapai suatu panjang jalan yang dikehendaki.



Gambar 1. Segmen PPCP

Penerapan PPCP di Indonesia

Di Indonesia sendiri, PPCP ini sendiri sudah diterapkan pada Jalan Tol Kanci-Pejagan yang kemudian namanya diganti dengan ACPS (*Adhi Concrete Pavement System*). Sistem ACPS merupakan beton precast yang diberi tekanan arah melintang *pretension* di pabrik, dan arah memanjang *post-tension* di lokasi proyek. Karena diberi *prestressing*, dalam setiap kondisi beton selalu dalam keadaan tertekan dan tidak pernah menahan tarik, sehingga secara teoritis umurnya jauh lebih lama. Selain itu, sistem ACPS mampu menahan beban 80 kN ESAL (*Equivalent Single Axle Load*) dengan ketebalan beton 20 cm. Sedangkan pada perkerasan kaku memerlukan ketebalan 30 cm dan dilaksanakan pengecoran secara konvensional dimana pada setiap 5 meter ada *expansion joint*.

Letak kelemahan perkerasan kaku adalah di *expansion joint* tersebut, dimana seringnya seringkali lepas keluar akibat adanya tekanan roda kendaraan, yang mempengaruhi tanah dasarnya. Sehingga terjadi rongga dan air bisa merembes masuk. Pada sambungan tersebutlah yang menyebabkan kegagalan beton. Akibat tanah dasarnya tergerus sehingga beton menggantung, dan ketika beton menerima beban maka beton menjadi patah. Faktor kegagalan lainnya pada sistem perkerasan kaku konvensional, yaitu pada saat pengecoran di tempat, dimana truck mixer cenderung naik ke atas *lean concrete* sehingga *lean concrete* pecah sebelum dirigid. Selain itu konsistensi beton dan proses curing sangat tergantung kondisi cuaca di lapangan (terutama suhu) dan bisa terjadi inkonsistensi yang menyebabkan hasil yang kurang baik. Sementara pada sistem ACPS, *expansion joint* pada setiap 100 meter dan kemungkinan seperti yang terjadi pada *expansion joint* perkerasan kaku menjadi 20 kali lebih kecil.

Kelebihan sistem ACPS siap digunakan setelah selesai *distressing* (maksimal 3 hari), sedangkan pada perkerasan kaku karena dikerjakan secara konvensional harus menunggu sampai beton mencapai kekuatan rencana (28 hari). Selain itu, kelebihan sistem ACPS dapat dilaksanakan siang atau malam hari, dalam cuaca baik maupun cuaca buruk tanpa mengurangi kualitas pekerjaan. Jadi penundaan pekerjaan akibat kondisi alam dapat

diminimalkan. Pada saat di lapangan sedang melakukan pekerjaan tanah, produksi ACPS di pabrik bisa dilakukan secara bersamaan. Sistem ACPS dapat digunakan secara jangka panjang, karena semakin baik kontrol saat pengecoran dan curing di *casting yard*, yaitu dengan menjaga campuran beton secara konsisten dan memastikan semua *panel* dicuring dengan benar, hal itu dapat meminimalkan permasalahan, antara lain *built in curl/warp, surface strength loss, inadequate air-entrainment*.

Kelemahan ACPS adalah menuntut presisi pada sambungan pelat beton, dan juga menuntut kerataan penggunaan beton. Pekerjaan produksi *panel* ACPS juga perlu diperhatikan yaitu tentang ketelitian masalah akurasi, yang dituntut untuk bisa memenuhi dimensi toleransi yang sangat ketat karena penyimpangan ketebalan beton maksimum 2 mm. Adanya penyimpangan akan mempengaruhi pemasangan di lapangan dan masalah tersebut bisa teratasi dengan proses *quality control* yang ketat. Faktor *safety* pada saat pemasangan ACPS harus menjadi perhatian utama karena selain menggunakan alat Mobile Crane yang memerlukan area bebas untuk manuver, juga di lapangan dilakukan *stressing* untuk post *tension* cablenya.

Dari sisi inovasi, ACPS merupakan sistem baru setelah pada masa lalu kita mendengar adanya teknik konstruksi cakar ayam dan teknik arjuna sasrabahu. Dari sisi teknik pengerasan jalan, orang melihat ACPS sebagai pengayaan. Penganjur teknik ACPS mengaku bahwa teknik ini menghasilkan waktu konstruksi lebih cepat, hasil lebih bermutu dan lebih awet, menggunakan tenaga lebih sedikit, serta total biaya konstruksi dan pemeliharaan lebih kompetitif.

3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan alur penelitian sebagai berikut:

| TahapanRekayasaNilai (Value Engineering) | MetodologiPenelitian | |
|---|--|------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> Bahan Penelitian Metode Pengumpulan Data | Pra-Pene- |
| Tahapan Informasi | Melakukan identifikasi masalah, mengumpulkan studi pustaka untuk rekayasa nilai dan perancangan jalan. | penelitian |
| Tahap Spekulasi | Mengumpulkan informasi inovasi yaitu <i>Precast Prestressed Concrete Pavement (PPCP)</i> | |
| Tahap Analisis | Melakukan perbandingan antara desain awal dengan desain inovasi meliputi aspek struktur perkerasan, metode pelaksanaan, rencana anggaran biaya, waktu pelaksanaan, sosial ekonomi dan K3 lingkungan. | |
| Tahap Pengembangan | melakukan perhitungan <i>Life Cycle Cost</i> | |
| Tahap Presentasi | Melakukan evaluasi perbandingan antara desain awal dengan desain inovasi. | |
| Tahap Implementasi | Hasil evaluasi perbandingan desain awal dengan desain inovasi. | |

Gambar 2. Metode Penelitian

4. Analisis dan Pembahasan

Deskripsi Proyek

Jalan tol Semarang-Solo merupakan salah satu bagian jalan tol trans Jawa. Untuk wilayah Jawa Tengah' Jalan Tol Trans Jawa meliputi jalan Tol ruas Kanci-Pejagan ($\pm 38,10$ km), Ruas Pejagan-Pemalang ($\pm 57,53$ km), Ruas Pemalang-Batang ($\pm 39,20$ km), ruas Batang-Semarang (± 75 km), ruas Semarang-Solo ($\pm 75,20$ km) dan ruas Solo-Mantingan (± 55 km).

Proyek Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Semarang-Bawen Sesi Penggaron-Beji direncanakan kontraktor selesai dalam waktu 395 hari kalender dengan lebar lajur lalu lintas tahap 1 wal 2 lajur $3,6 \text{ m} \times 2$ dengan jalur pelebaran 3 lajur $3,6 \text{ m} \times 2$ Jalur , lebar Bahu Jalan 3 m, dan lebar bahu dalam 1,5 m.

Desain Awal Jalan

a. Aspek Perkerasan Jalan

Perhitungan tebal perkerasan :

| | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Sumber data beban | : hasil perhitungan |
| Jenis perkerasan | : BBDT dengan Ruji |
| Umur rencana | : 20 tahun |
| JSKN rencana | : $7,77 \times 10^7$ |
| Faktor keamanan beban | : 1,2 |
| Kuat tarik lentur beton umur 28 hari | : 3 Mpa |
| Jenis dan tebal pondasi | : <i>Lean Mix Concrete</i> t = 15 cm |
| CBR tanah dasar | : 2% |
| CBR efektif | : 5% |
| Tebal taksiran | : 26 cm |

Tabel 2. Analisis Fatik dan Erosi

| Jenis Sumbu | Beban Sumbu ton (Kn) | Beban Rencana Per Roda (kN) | Repetisi yang Terjadi | Faktor Tegangan dan Erosi | Analisa Fatik | | Analisa Erosi | |
|-------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| | | | | | Repetisi Ijin | Persen Rusak (%) | Repetisi Ijin | Persen Rusak (%) |
| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7]=[4]*100/6 | [8] | [9]=[4]*100/[8] |
| STRT | 6 (60) | 33 | 4.62E+06 | TE = 0,73 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 5 (50) | 27.5 | 1.15E+07 | FE = 1,89 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 4 (40) | 22 | 1.58E+07 | FRT = 0,24 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 3 (30) | 16.5 | 5.13E+06 | | TT | 0 | TT | 0 |
| | 2 (20) | 11 | 4.63E+06 | | TT | 0 | TT | 0 |
| STRG | 8 (80) | 22.2 | 5.80E+06 | TE = 1,26 | 6.00E+06 | 96.66 | TT | 0 |
| | 6 (60) | 16.5 | 1.58E+07 | FE = 2,49 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 5 (50) | 13.75 | 5.13E+06 | FRT = 0,42 | TT | 0 | TT | 0 |
| STdRG | 3 (30) | 8.25 | 4.63E+06 | | | 0 | TT | 0 |
| | 14 (140) | 19.25 | 4.62E+06 | TE = 1,18 FE = 2,69 FRT = 0,39 | TT | 0 | 1.00E+07 | 46.15 |
| Total | | | | | 96,67%<100% | | 46,1%<100% | |

Keterangan : TE : Tegangan Ekuivalen, FRT : Faktor RasioTegangan, FE : Faktor Erosi, TT : Tidak Terbatas. Karena % rusak fatik (telah) lebih kecil (mendekati) 100% maka teal pelat diambil 26 cm.

b. Aspek Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan struktur perkerasan dengan metode *rigid pavement* adalah :

- Pekerjaan tanah
- Pekerjaan *lean concrete*
- Pekerjaan pembesian
- Pekerjaan konstruksi sambungan
- Pekerjaan perkerasan beton

c. Aspek Rencana Anggaran Biaya

Tabel 3. Rencana Anggaran Biaya *Rigid Pavemnt*

| No | Uraian Pekerjaan | Sat | Volume | Harga Satuan (Rp) | Harga Total (Rp) |
|----------|--|-------|--------------|-------------------|---------------------------|
| A | Pekerjaan Persiapan | | | | |
| 1 | Pembersihan dan pembongkaran | m2 | 393,750.00 | 19,663.97 | 7,742,687,466.94 |
| 2 | Pembersihan lahan | m2 | 393,750.00 | 191.00 | 75,206,250.00 |
| B | Pekerjaan Tanah | | | | |
| 1 | Galian tanah untuk konstruksi | m3 | 3,266,396.63 | 22,600.00 | 73,820,563,860.60 |
| 2 | Urugan bekas tanah galian | m3 | 186,450.51 | 5,500.00 | 1,025,477,788.50 |
| C | Sub Grade | | | | |
| 1 | Penyiapan tanah dasar | m2 | 393,750.00 | 532.90 | 209,829,375.00 |
| D | Lapis Pondasi Agregat (Sub Base) bahu jalan | | | | |
| 1 | Lapisan pondasi agregat kelas B | m3 | 13,162.50 | 153,044.00 | 2,014,441,650.00 |
| 2 | <i>Asphalt Treated Base (ATB) t= 15 cm</i> | m3 | 7,593.75 | 831,003.20 | 6,310,430,550.00 |
| | <i>Lapis Prime Coat</i> | Liter | 30,746.73 | 10,904.85 | 335,288,478.64 |
| E | Perkerasan | | | | |
| 1 | <i>Lean mix concrete t=15 cm</i> | m3 | 13,338.00 | 747,166.67 | 9,965,709,000.00 |
| 3 | Perkerasan beton t=26 cm | m3 | 23,119.20 | 1,139,225.00 | 26,337,970,620.00 |
| | Total Rencana Anggaran Biaya | Rp | | | 127,837,605,039.68 |

d. Aspek Waktu Pelaksanaan

Berdasarkan perhitungan *Bar Chart* (terlampir) , didapat waktu pelaksanaan untuk metode *rigid pavement* adalah 400 hari.

e. Aspek Sosial Ekonomi

Pada aspek sosial maka kontraktor berkewajiban memperhatikan kondisi sosial yang mengacu pada Analisis Mengenai Dampak Lingkungan. (AMDAL). Menurut Permen LH No. 11 Tahun 2006 untuk pembangunan jalan tol dengan panjang ≥ 5 km mengacu pada Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) karena mempunyai dampak sosial.

Penggunaan *rigid pavement* yang merupakan metode perkerasan konvensional yang banyak digunakan untuk proyek pembangunan jalan, dapat menyerap tenaga kerja disekitar proyek. Untuk beberapa jenis pekerjaan membutuhkan tenaga kerja yang bersumber dari lingkungan sekitar lokasi proyek. Hal ini dapat membuka kesempatan kerja bagi masyarakat sekitar lokasi proyek.

f. Aspek K3 dan Lingkungan

Aspek Lingkungan diperhatikan dengan jalan kontraktor dalam melaksanakan kegiatan fisik di lapangan harus mengacu pada Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL). Sesuai dengan Permen LH No. 11 Tahun 2006 yang menyatakan bahwa jika pembangunan jalan tol dengan panjang ≥ 5 km dan melewati lebih dari 1 daerah sensitif maka analisis K3 dan lingkungan digunakan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL). Pada proyek ini lokasi proyek banyak melewati sungai dan sumber mata air serta beberapa desa. Daerah pemukiman dan kawasan sekitar mata air adalah daerah sensitif menurut Permen LH No. 11 Tahun 2006. Selain mengacu pada AMDAL, aspek lingkungan juga mengacu pada ISO 14004 tentang prosedur pengembangan kesadaran lingkungan.

Tahap Rekayasa Nilai

a. Tahap Informasi

Jalan Tol Semarang Solo sisi Penggaron Beji sepanjang 5,625 km ini terletak pada STA 8+475 sampai dengan STA 14+100, dimana desain awal, sesuai dengan perhitungan pada bab IV, jalan tol ini menggunakan struktur perkerasan kaku dengan tebal 26 cm dan lean *mix concrete* setebal 15 cm. Dan biaya yang diperlukan yaitu sebesar Rp 114.480.828.182,52 (untuk detail bisa dilihat pada tabel 3)

b. Tahap Spekulasi

Tabel 4. Kelebihan dan kekurangan alternatif perkerasan

| No | PERINCIAN | PERKERASAN KAKU MENERUS DENGAN TULANGAN | PERKERASAN KOMPOSIT | PPCP |
|----|------------------------------------|--|--|--|
| 1 | Kenyamanan | bising kurang baik untuk lalu lintas | cukup baik | tidak begitu nyaman |
| 2 | Ketahanan | kuat | kuat | kuat |
| 3 | Kekakuan | lebih tinggi | tinggi | lebih tinggi |
| 4 | Kelas konstruksi | kelas tinggi | kelas tinggi | kelas tinggi |
| 5 | Keawetan | awet | awet | awet |
| 6 | Pemeliharaan | kecil, ringan | kecil, ringan | kecil |
| 7 | Kemampuan penyebaran gaya ke bawah | efektif | efektif | efektif |
| 8 | Tebal lapisan konstruksi | tipis | tipis | lebih tipis |
| 9 | Biaya konstruksi | awal tinggi, pemeliharaan rendah, total cukup tinggi | awal tinggi, pemeliharaan rendah, total lumayan tinggi | awal rendah, pemeliharaan rendah, total rendah |
| 10 | Metode pelaksanaan | non pabrikasi | non pabrikasi | pabrikasi |

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa perkerasan dengan menggunakan metode PPCP memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode perkerasan yang lain

c. Tahap Analisis

Hasil pengamatan *Precast Prestressed Concrete Pavement* terhadap kriteria yang didasarkan pada penelitian Saptono (2007) dapat disajikan dalam bentuk tabel 5 sebagai berikut :

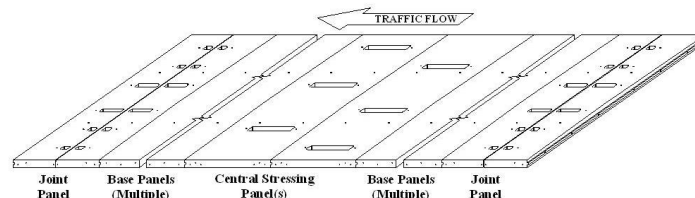
Tabel 5. Hasil pengamatan kriteria pada *Precast Prestressed Concrete Pavement*

| No | Kriteria | Hasil Pengamatan dan Wawancara |
|----|-------------------------------|--|
| 1 | Kemudahan pelaksanaan | Penggunaan dengan beton pracetak akan lebih cepat, tebal slab relatif lebih tipis daripada cara konvensional, gangguan terhadap lalu lintas dapat diperkecil, kualitas beton dapat dikendalikan secara maksimal, kerataan permukaan beton lebih sempurna, dapat diproduksi lebih panjang dan mengurangi jumlah sambungan. |
| 2 | Waktu pelaksanaan | Waktu pelaksanaannya lebih cepat 32 % (Jatmikanto, 2011) karena Tidak bergantung pada cuaca dan bisa dilaksanakan setelah proses pabrikasi selesai. |
| 3 | Kekuatan dan mutu | Kekuatan perkerasan yang diperkuat dengan prategang secara signifikan bertambah dalam melayani beban. Sedangkan mutunya dapat terkendali karena hasil pabrikasi. |
| 4 | Teknologi | Tegangan tarik beton pada kondisi pembebanan tertentu dihilangkan atau dikurangi sampai batas aman dengan pemberian gaya tekan permanen dan baja prategang dilakukan pra-tarik (pre-tension) sebelum beton mengeras atau dilakukan pasca tarik (post-tension) setelah beton mengeras. Dengan prategang tebal perkerasan beton lebih tipis 35-40 % dari beton konvensional. |
| 5 | Sarana kerja dan tenaga kerja | Penggunaan sarana kerja dan tenaga kerja pada metode ppcp ini lebih efisien. Karena menggunakan proses pabrikasi sehingga saat dilapangan tidak terlalu banyak membutuhkan tenaga kerja. |
| 6 | Pabrikasi | Panel-panel yang digunakan diproduksi secara massal dengan mutu yang terkendali |
| 7 | Biaya Awal | Rp 117.000.000.000,- |
| 8 | Biaya Pemeliharaan | Rp 1.700.000.000,- |

Sumber: Wicaksana (2012) dan Jatmikanto (2011)

d. Tahap Pengembangan

Secara umum *panel Precast Prestressed Concrete Pavement* ini terdiri dari 3 *panel* utama, yaitu *base panel*, *central panel* dan *joint panel* seperti terlihat pada gambar di bawah ini.

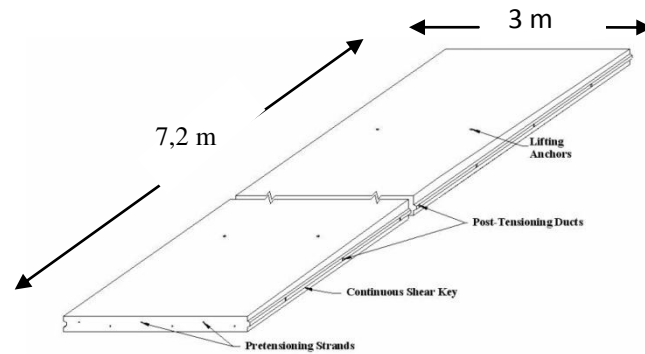


Gambar 3. Susunan PPCP

Secara rinci penjelasan bagian-bagian PPCP adalah sebagai berikut :

1. *Base panel*

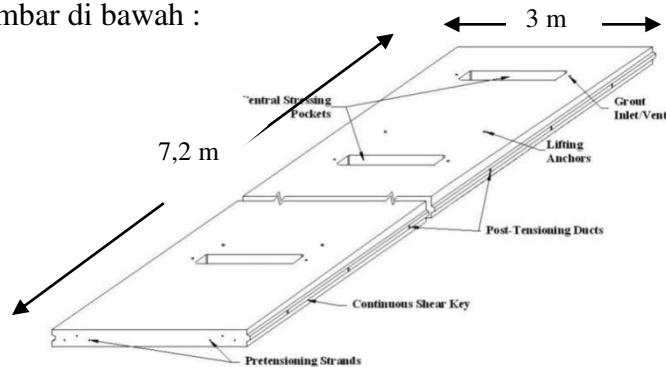
Merupakan *panel* dasar tipikal yang merupakan *panel* terbanyak yang terdapat pada seluruh badan jalan. Ukuran dimensinya 3 m x 7,2m. Secara umum dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 4. *Base panel*

2. *Central Panel*

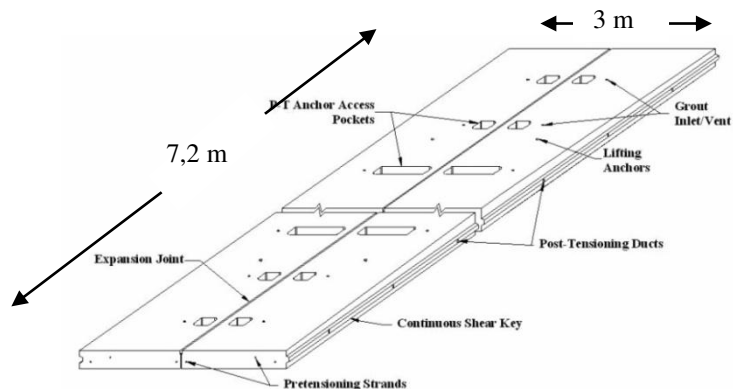
Merupakan *panel* yang terdapat di tengah dari panjang tiap segmen yang direncanakan. Ukuran *central panel* adalah 3 m x 7,2 m. *Central panel* ini digunakan sebagai tempat *stressing* longitudinal. Secara umum bentuknya dapat dilihat seperti gambar di bawah :



Gambar 5. *Central panel*

3. *Joint Panel*

Merupakan *panel* yang menghubungkan tiap segmen PPCP. Ukuran *joint panel* adalah 3 m x 7,2 m. Model *joint panel* dapat dilihat pada gambar 5.4



Gambar 6. *Joint Panel*

4. Segmen

Dari ketiga *panel* tersebut disusun sehingga menjadi satu segmen sepanjang 125 m. Urutan pemasangan satu segmen adalah 1 *joint panel*, 19 *base panel*, 1 *central panel*, 19 *base panel*, 1 *joint panel*. Pada Jalan Tol Semarang-Solo sesi Penggaron-Beji panjang jalannya adalah 5,625 km 2 lajur x 3.6 m x 2 jalur + pelebaran 1 lajur x 3,6 m STA 11+900 s/d 14.+100 . Sehingga pada jalan ini dibutuhkan kurang lebih 45 segmen, yang terdiri dari :

STA 8+475 s/d14 +100 (5,625 km) 2 lajur x 3.6 m x 2 jalur

- $(5,625 \text{ km} / 125 \text{ m}) \times 2 \text{ jalur} = 90$ segmen
- $2 \text{ joint panel} \times 90 = 180$ buah *joint panel*
- $38 \text{ base panel} \times 90 = 3420$ buah *base panel*
- $1 \text{ central panel} \times 90 = 90$ buah *central panel*

Pelebaran STA 11+900 s/d 14.+100 1 lajur x 3,6 m

- $2,200 \text{ km} / 125 \text{ m} = 18$ segmen. Karena pelebaran mempunyai lebar jalan hanya 3,6 m sementara panel PPCP mempunyai panjang 7,2 m maka diasumsi segmen pelebaran di kali 0,5. maka jumlah segmen = 9 segmen
- $2 \text{ joint panel} \times 9 = 18$ buah *joint panel*
- $38 \text{ base panel} \times 9 = 342$ buah *base panel*
- $1 \text{ central panel} \times 9 = 9$ buah *central panel*

Maka jumlah total panel keseluruhan adalah sebagai berikut :

- Segmen = 99 segmen
- *Joint panel* = 198 *panel*
- *Base panel* = 3762 *panel*
- *Central panel* = 99 *panel*

e. Tahap Presentasi

Desain struktur perkerasan yang terpilih yaitu struktur perkerasan dengan metode PPCP, dimana fungsi dan kinerja jalan tol akan sama seperti desain awal. Pada desain baru ini jumlah total biaya lebih besar dari pada desain lama, namun apabila dilihat dari hasil observasi metode PPCP ini lebih baik dan efisien dibandingkan perkerasan *rigid pavement* biasa

f. Tahap Implementasi

Pada tahap ini akan dilakukan analisis perhitungan struktur perkerasan jalan metode PPCP, RAB, *Life cycle cost*, Metode pelaksanaan, waktu pelaksanaan, social Ekonomi dan K3 dan lingkungan pada desain PPCP.

Desain Akhir Jalan

a. Aspek Struktur Perkerasan

Data teknis perencanaan Jalan Tol Semarang Solo sesi Penggaron Beji dengan metode PPCP adalah sebagai berikut :

- Fungsi Jalan : Jalan Tol
- Panjang jalan utama : 5,625 m (STA.8+475 s/d STA.14+100)
- Lebar lajur lalu lintas : 2 lajur x 3,6 x 2 jalur
- Spesifikasi beton :

- Beton : Mutu K350
- f_c' : 33,2 MPa
- E : 1000000 MPa
- Berat jenis : 25 KN/m³
- σ tekan ijin : 14,94 MPa
- σ tarik ijin : 2,88 Mpa

Sepesifikasi baja prategang :

- Tipe : 7 wiro low relaxation
- A : 140 mm²
- E : 195000 Mpa
- f_{pu} : 1860 Mpa
- f_{py} : 1670 Mpa

- asumsi panjang slab = 125 m

- tebal plat PPCP = 0,65 x tebal beton *rigid pavement*

$$= 0,65 \times 26 \text{ cm}$$

$$= 16,9 \text{ cm} \approx 17 \text{ cm}$$

Ket : 0,65 = merupakan angka konversi dari *rigid pavement* ke PPCP berdasarkan ACI 325

b. Aspek Rencana Anggaran Biaya

Tabel 6. Rencana Anggaran Biaya *Precast Prestressed Concrete Pavement*

| No | Uraian Pekerjaan | Sat | Volume | Harga Satuan (Rp) | Harga Total (Rp) |
|----------|--|----------------|--------------|-------------------|-------------------|
| A | Pekerjaan Persiapan | | | | |
| 1 | Pembersihan dan pembongkaran | m ² | 393,750.00 | 19,663.97 | 7,742,687,466.94 |
| 2 | Pembersihan lahan | m ² | 393,750.00 | 191.00 | 75,206,250.00 |
| B | Pekerjaan Tanah | | | | |
| 1 | Galian tanah untuk konstruksi | m ³ | 3,266,396.63 | 22,600.00 | 73,820,563,860.60 |
| 2 | Urugan bekas tanah galian | m ³ | 186,450.51 | 5,500.00 | 1,025,477,788.50 |
| C | Sub Grade | | | | |
| 1 | Penyiapan tanah dasar | m ² | 393,750.00 | 532.90 | 209,829,375.00 |
| D | Lapis Pondasi Agregat (Sub Base) bahu jalan | | | | |
| 1 | Lapisan pondasi agregat kelas B | m ³ | 8,606.25 | 153,044.00 | 1,317,134,925.00 |
| 2 | Asphalt Treated Base (ATB) t= 15 cm | m ³ | 7,593.75 | 831,003.20 | 6,310,430,550.00 |
| | Lapis Prime Coat | Liter | 30,746.73 | 10,904.85 | 335,288,478.64 |
| E | Perkerasan | | | | |
| 1 | Lean mix concrete t=15 cm | m ³ | 13,338.00 | 747,166.67 | 9,965,709,000.00 |
| F | Panel PPCP | | | | |
| 1 | Joint Panel | unit | 198 | 3226195 | 638,786,610.00 |
| 2 | Base Panel | unit | 3,762 | 6015432 | 22,630,055,184.00 |
| 3 | Central Panel | unit | 99 | 6418452 | 635,426,748.00 |

| No | Uraian Pekerjaan | Sat | Volume | Harga Satuan (Rp) | Harga Total (Rp) |
|--------------|-------------------------|--------|--------|-------------------|---------------------------|
| G | Pemasangan Panel | | | | |
| 1 | Instal Panel | unit | 4,059 | 327,048.19 | 1,327,488,603.21 |
| 2 | Pekerjaan stressing | segmen | 99 | 35,525,934.00 | 3,517,067,466.00 |
| 3 | Pekerjaan grouting | segmen | 99 | 1,001,980.00 | 99,196,020.00 |
| TOTAL | | | | | 129,650,348,325.89 |

c. Aspek Metode Pelaksanaan

- Pekerjaan Tanah
- Pekerjaan *Lean Concrete*
- Instalasi Panel
 - ❖ Unloading Panel
 - ❖ Epoxy *panel*, memasukkan kabel *strand* dan *Turn Buckle*
 - ❖ Stressing Longitudinal
- Grouting

d. Aspek Waktu Pelaksanaan

Berdasarkan perhitungan *Bar Chart* (terlampir) metode PPCP mempunyai waktu pelaksanaan selama 316 hari.

e. Aspek Sosial Ekonomi

Pada aspek sosial maka kontraktor berkewajiban memperhatikan kondisi sosial yang mengacu pada Analisis Mengenai Dampak Lingkungan. (AMDAL). Menurut Permen LH No. 11 Tahun 2006 untuk pembangunan jalan tol dengan panjang ≥ 5 km mengacu pada Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) karena mempunyai dampak sosial.

Metode PPCP merupakan metode perkerasan baru di Indonesia. Metode PPCP membutuhkan sedikit tenaga kerja dibandingkan dengan metode *rigid pavement*. Metode ini tidak membutuhkan banyak tenaga kerja termasuk tenaga kerja yang bersumber dari masyarakat di sekitar lokasi proyek. Hal ini menyebabkan kesempatan kerja untuk masyarakat sekitar lokasi proyek tidak sebanyak metode *rigid pavement*

f. Aspek K3 dan Lingkungan

Aspek Lingkungan diperhatikan dengan jalan kontraktor dalam melaksanakan kegiatan fisik di lapangan harus mengacu pada Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL). Sesuai dengan Permen LH No. 11 Tahun 2006 yang menyatakan bahwa jika pembangunan jalan tol dengan panjang ≥ 5 km dan melewati lebih dari 1 daerah sensitif maka analisis K3 dan lingkungan digunakan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL). Pada proyek ini lokasi proyek banyak melewati sungai dan sumber mata air serta beberapa desa. Daerah pemukiman dan kawasan sekitar mata air adalah daerah sensitif menurut Permen LH No. 11 Tahun 2006. Selain mengacu pada AMDAL, aspek lingkungan juga mengacu pada ISO 14004 tentang prosedur pengembangan kesadaran lingkungan

5. Perbandingan Desain Awal dan Akhir Jalan

Tabel 7. Perbandingan *Rigid Pavement* dengan *Precast Prestressed Concrete Pavement*

| No | Aspek Perbandingan | <i>Rigid pavement</i> | PPCP |
|----|------------------------|---|--|
| 1 | Struktur Perkerasan | <ul style="list-style-type: none"> • Tebal LC = 15 cm • Tebal Perkerasan atas = 26 cm • Panjang segmen 5 m • Pengerasan cor di tempat | <ul style="list-style-type: none"> • Tebal LC = 15 cm • Tebal <i>Panel</i> 17 cm • Panjang segmen 125 m • Instalasi <i>panel-panel</i> |
| 2 | Metode Pelaksanaan | <ul style="list-style-type: none"> • Pekerjaan tanah • Pekerjaan <i>lean concrete</i> • Pekerjaan pembesian • Pekerjaan sambungan • Pekerjaan pemebtonan | <ul style="list-style-type: none"> • Perjaan tanah • Pekerjaan <i>lean concrete</i> • Instalasi <i>panel</i> • <i>grouting</i> |
| 3 | Rencana Anggaran Biaya | <ul style="list-style-type: none"> • Rp.. 127.837.605.039,- | <ul style="list-style-type: none"> • Rp.129.650.348.325,- |
| 4 | Waktu Pelaksanaan | <ul style="list-style-type: none"> • 400 hari | <ul style="list-style-type: none"> • 316 hari |
| 5 | Sosial Ekonomi | <ul style="list-style-type: none"> • Metode perkerasan konvensional membutuhkan banyak tenaga kerja termasuk sumber daya dari masyarakat di sekitar lokasi proyek. | <ul style="list-style-type: none"> • Metode perkerasan baru di Indonesia yang membutuhkan sedikit tenaga kerja. Hal ini menyebabkan sumber daya manusia dari masyarakat sekitar lokasi proyek tidak dibutuhkan. |
| 6 | K3 dan Lingkungan | <ul style="list-style-type: none"> • Limbah beton hasil pengecoran • Polusi alat berat | <ul style="list-style-type: none"> • Polusi alat eras |

6. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis rekayasa nilai yang telah dilakukan pada Proyek Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Semarang-Bawen Sesi Penggaron-Beji, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Tahapan-tahapan rekayasa nilai yang dilakukan pada Proyek Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Semarang-Bawen Sesi Penggaron-Beji adalah tahap informasi, tahap spekulasi, tahap analisis, tahap pengembangan, tahap presentasi dan tahap implementasi.
2. Berdasarkan hasil dari tahapan rekayasa nilai yang dilakukan, alternatif desain struktur perkerasan jalan yang dipilih adalah struktur perkerasan dengan metode *Precast Prestressed Concrete Pavement* (PPCP) karena memiliki keunggulan daripada metode *rigid pavement*.
3. Dari hasil analisis, perkerasan *Precast Prestressed Concrete Pavement* (PPCP) menjadi lebih tipis, bertambahnya dalam melayani beban, *panel* diproduksi di pabrik yang kemudian diinstalasi di lapangan, mutu yang dihasilkan terjamin, pelaksanaan tidak bergantung cuaca, siap digunakan setelah *distressing* 3 hari, pemeliharaan lebih kecil dari *rigid pavement* biasa, sumber daya manusia dan waktu yang digunakan lebih sedikit sehingga dapat menghemat pengeluaran, serta mempunyai tingkat pencemaran lingkungan lebih sedikit. Biaya yang dibutuhkan pada *rigid pavement* adalah Rp. 127.837.605.039,- sedangkan metode PPCP sebesar

Rp. 129.650.348.325,-. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan *rigid pavement* adalah 400 hari sedangkan metode PPCP 316 hari. Ini berarti pada metode PPCP pelaksanaannya lebih singkat 84 hari atau 21% dari penyelesaian dengan menggunakan *rigid pavement*.

4. Berdasarkan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dapat dilihat bahwa secara total, perkerasan yang menggunakan PPCP menghabiskan biaya yang lebih besar dibandingkan dengan perkerasan dengan *rigid pavement*. Namun selisih biaya yang dihabiskan tersebut tidak terlalu signifikan yaitu sebesar 1,4%.

Saran

1. Dalam melakukan analisis rekayasa nilai harus mengikuti tahapan-tahapan rekayasa yang telah ada berdasarkan penelitian terdahulu.
2. Untuk mendapatkan hasil analisis yang akurat maka untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menganalisis aspek sosial dan ekonomi, K3 dan lingkungan secara detail.
3. Perlu adanya pedoman untuk penyusunan perkerasan jalan dengan metode *precast prestressed* di Indonesia sebagai acuan dalam pelaksanaan pekerjaan jalan di Indonesia.
4. Perlu adanya pedoman tentang tahapan-tahapan rekayasa nilai di Indonesia yang dapat digunakan sebagai acuan baku dalam pelaksanaan evaluasi proyek pekerjaan.

7. Daftar Pustaka

- Anonim, 2004. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK GUIDE)*. USA. *Project Management Institute*.
- Dachlan, A.T. 2011. *Kajian Perancangan Perkerasan Jalan Beton Prategang* Bandung: Pusjatan.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2003. *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*. Pd T-14-2003. Jakarta: Departemen Kimpraswil.
- Kertzner, H, 1995. *Project Management : A system Approach to Planning, Schedulling, And Controlling. Fifth Edition* , NY . Van Nostrand Reinhold.
- Kodoatie, Robert J. 1995. *Analisis Ekonomi Teknik*. Yogyakarta. Andi
- Krezner, Harold. 2006. *Project Manajement A System Approach to planing, Schedulling, and, Controlling*. Canada John Wiley &Sond.
- Na, LJ, Ofori, G and Park. 2006. *Stimulating Contruction Innovation in Singapore through the National System of innovation, Journal of Construction Engginerring and Management*. ASCE, 118 (3). 507-525.
- Slaughter, E.S. 1998. *Models for Construction Innovation. Journal of Constructionl Enggineering and Management* ASCE.
- Soeharto, Imam. 2001. *Management Proyek Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Soeharto, Iman. 1999. *Manajemen Proyek (Dari Konseptual sampai operasional)*. Jakarta: Erlangga.
- Zimmerman, LW & Glen D . 1982. *Value Engineering A Practical Approach For Owner, Designers And Contractors*. NY. Van Nostrand Reinhold.