

PERENCANAAN DAN ESTIMASI BIAYA PELAKSANAAN UNTUK JALAN PENGHUBUNG DI KAWASAN SURABAYA TIMUR

Bryan Widarno¹, Irvian Dinata², Indriani Santoso³, Johanes Indrojono Suwono⁴

ABSTRAK : Pesatnya pertumbuhan penduduk kota Surabaya menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan tempat tinggal. Di samping itu, dibutuhkan juga infrastruktur jalan sebagai akses penghubungnya. Perencanaan ini merupakan suatu perencanaan infrastruktur yang disesuaikan dengan situasi dan kondisi suatu lokasi, khususnya di Surabaya Timur. Perencanaan ini bertujuan untuk menghitung tebal perkerasan lentur jalan dengan menggunakan metode AASHTO 1993 kemudian membuat estimasi biaya konstruksinya dengan menggunakan Standar Satuan Harga Dasar Konstruksi dan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Tahun Anggaran 2011 untuk wilayah Provinsi Jawa Timur serta merencanakan infrastruktur jembatan sebagai pelengkap dari jalan dengan berpedoman pada BMS'92 di komplek perumahan di kawasan Surabaya Timur.

Pada perencanaan ini menunjukkan bahwa metode AASHTO 1993 dapat diaplikasikan di Indonesia. Estimasi biaya yang dilakukan dalam perencanaan ini hanya untuk perkerasan jalan saja, tidak termasuk galian dan urugan tanah, perencanaan bahu jalan, trotoar, dan median jalan.

KATA KUNCI : perencanaan jalan, perkerasan lentur, AASHTO 1993, estimasi biaya perkerasan, *initial cost*, rencana anggaran biaya, perencanaan jembatan, BMS'92, jembatan rangka baja.

1. PENDAHULUAN

Pesatnya pertumbuhan penduduk kota Surabaya akibat urbanisasi menyebabkan kota Surabaya harus menyediakan permintaan masyarakat akan tempat tinggal. Salah satu pengembang terkemuka di Surabaya membangun komplek perumahan di kawasan Surabaya Timur. Suatu komplek perumahan membutuhkan infrastruktur untuk akses calon penghuninya. Untuk merencanakan infrastruktur salah satu komplek perumahan di kawasan Surabaya Timur ini, maka perlu direncanakan tebal perkerasan jalan pada komplek perumahan tersebut termasuk juga pelengkap berupa jembatan untuk melintasi sungai yang ada.

Perencanaan ini bertujuan untuk menghitung tebal perkerasan lentur dan membuat estimasi biaya pelaksanaan serta merencanakan infrastruktur jembatan yang diperlukan sebagai jalan penghubung di kawasan Surabaya Timur. Perencanaan ini menggunakan metode AASHTO 1993 (*American Associate of State Highway and Transportation Officials* 1993) untuk perhitungan tebal perkerasan lenturnya. Sedangkan untuk perencanaan jembatan digunakan BMS'92 (*Bridge Management System*'92) sebagai pedoman perencanaannya. Untuk perhitungan estimasi biaya, digunakan Standar Satuan Harga Dasar Konstruksi dan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Tahun Anggaran 2011 untuk wilayah Provinsi Jawa Timur yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur sebagai perhitungan analisa harga satuan.

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, bryanwidarno@gmail.com

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, vian_thomas@yahoo.com

³Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Krsiten Petra, indriani@petra.ac.id

⁴Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, jsuwono@petra.ac.id

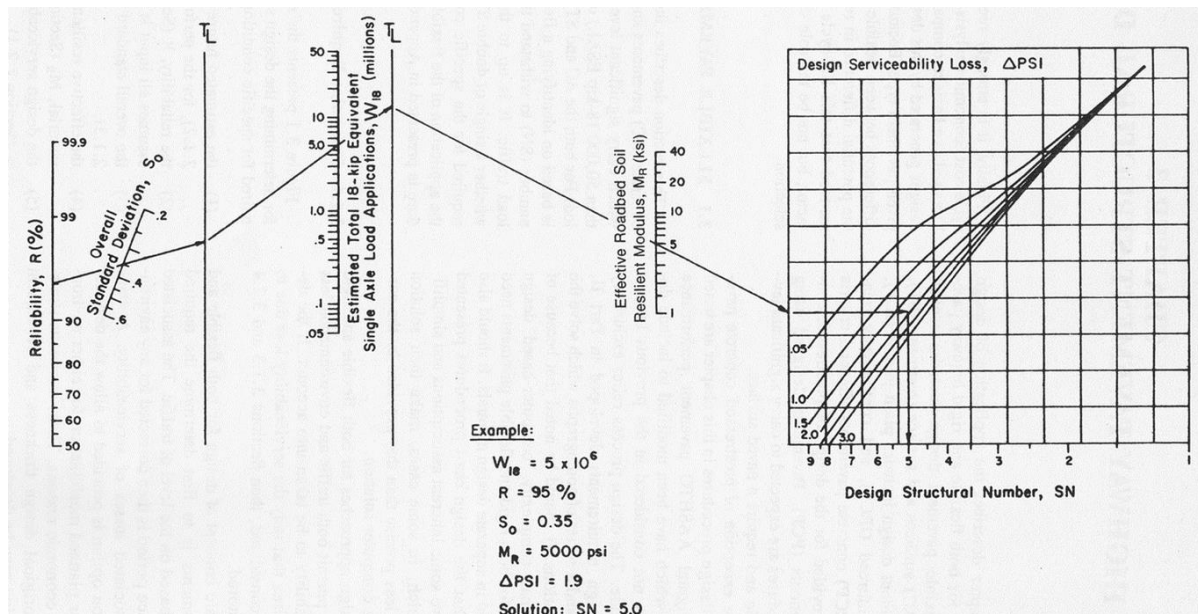
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkerasan Lentur

Paluta (2011) mengatakan perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan bahan ikat aspal, yang sifatnya lentur terutama pada saat panas. Aspal dan agregat ditebar pada suhu tinggi (sekitar 100°C). Perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan, yaitu lapisan permukaan (*surface*), lapisan pondasi atas (*base*), lapisan pondasi bawah (*sub-base*), dan lapisan tanah dasar (*sub-grade*). Perencanaan tebal perkerasan lentur didasarkan pada metode *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO 1993). Variabel-variabel yang mempengaruhi perencanaan perkerasan lentur; seperti batasan waktu, beban lalu lintas, *reliability*, *serviceability*, faktor lingkungan, tanah dasar.

Material yang digunakan untuk perkerasan lentur sangat mempengaruhi perhitungan tebal perkerasan. Berdasarkan jenis dan spesifikasi material yang digunakan maka kemudian dicari nilai koefisien setiap lapisan perkerasan dari grafik-grafik yang sesuai. Perhitungan tebal perkerasan lentur menggunakan nomogram pada **Gambar 1**. atau persamaan berikut (AASHTO, 1993):

$$\log_{10} W_{18} = Z_R \times S_o + 9,36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0,2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4,2-1,5}\right)}{0,4 + \frac{1,094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log_{10} M_R - 8,07$$



Gambar 1. Nomogram untuk Menentukan Nilai *Structural Number*
Sumber : AASHTO (1993, p.II-32)

Dari persamaan di atas didapat nilai *Structural Number* (SN) yang akan digunakan untuk menghitung tebal lapis perkerasan dengan persamaan, $SN = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$. Tebal setiap lapis perkerasan yang dihasilkan dari persamaan tersebut harus disesuaikan lagi dengan syarat tebal lapis perkerasan minimum.

2.2. Estimasi Biaya Perkerasan

Estimasi biaya merupakan suatu kegiatan memperkirakan jumlah biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Proses estimasi biaya terdiri dari 3 tahapan utama, yaitu perhitungan kuantitas pekerjaan, analisa harga satuan pekerjaan, dan rencana anggaran biaya. Perhitungan kuantitas pekerjaan dibutuhkan agar dapat memperoleh daftar jumlah material, alat, dan pekerja yang dibutuhkan dalam setiap pekerjaan. Setelah dilakukan perhitungan kuantitas setiap pekerjaan, selanjutnya dilakukan analisis harga satuan bahan, pekerja, dan alat. Analisa harga satuan pekerjaan

berpedoman pada Standar Satuan Harga Dasar Konstruksi dan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Tahun Anggaran 2011 yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur. Biaya perkerasan adalah kuantitas pekerjaan dikalikan dengan harga satuan pekerjaan.

Selain itu, terdapat 3 komponen utama dari estimasi biaya perkerasan yaitu material, pekerja, dan peralatan. Penggunaan material disesuaikan dengan desain perkerasan yang digunakan dan data yang tercantum dalam spesifikasi teknis baik mengenai jenis, kuantitas, kualitas, maupun komposisinya. Adapun untuk lapis pondasi bawah dan atas digunakan material yaitu agregat kelas A dan B, sedangkan untuk lapis permukaan digunakan agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal. Untuk tenaga kerja dibayar menggunakan sistem hari orang atau jam orang. Besarnya biaya tenaga kerja dipengaruhi oleh jenis perkerasan yang akan dikerjakan dan lokasi pekerjaan, termasuk juga dipengaruhi oleh produktivitas tenaga kerja. Sedangkan penggunaan alat berkaitan dengan spesifikasi teknis, jenis perkerasan jalan, dan metode pelaksanaan konstruksi.

2.3. Perencanaan Jembatan

Sebuah jembatan rangka baja adalah jembatan yang struktur elemen–elemennya terhubung membentuk unit–unit segitiga dan terbuat dari baja. Secara umum bagian dari konstruksi jembatan dapat dibedakan menjadi 2 bagian utama, yaitu konstruksi bagian atas (*superstructure*) dan konstruksi bagian bawah (*substructure*) (Suwono,2006). Departemen Pekerjaan Umum (1992) menyatakan bahwa struktur atas jembatan merupakan bagian yang secara langsung menerima beban, baik beban mati (*dead load*) atau pun beban hidup (*life load*). Beban mati yang biasanya diperhitungkan dalam perencanaan jembatan adalah beban sendiri dan beban mati tambahan. Sedangkan beban hidup yang diperhitungkan dalam perencanaan jembatan, meliputi beban lajur, beban truk, dan gaya rem dari kendaraan. Struktur atas jembatan tersebut meliputi trotoar pejalan kaki, sandarannya, plat lantai trotoar, plat lantai jembatan, balok gelagar, ikatan pengaku, perletakan, dan lain–lain. Konstruksi bagian bawah merupakan konstruksi yang menghantarkan beban yang diterima struktur atas jembatan sebelum diterima oleh tanah dasar. Struktur bagian bawah ini meliputi perencanaan pilar jembatan, *abutment*, *poer*, dan pondasinya.

3. METODOLOGI PERENCANAAN

Perencanaan yang akan dilakukan merupakan suatu perencanaan infrastruktur yang disesuaikan dengan situasi dan kondisi suatu lokasi, khususnya jalan utama kompleks perumahan di kawasan Surabaya Timur yang digunakan sebagai obyek perencanaan ini. Survei yang dilakukan untuk mendapatkan data lalu lintas dilakukan di jalan utama kompleks perumahan di kawasan Surabaya Timur pada hari Kamis, 28 Agustus 2014 selama satu jam (jam puncak), yaitu pukul 07.15 – 08.15 WIB. Setiap metodologi perencanaan mencakup proses pengambilan data dan proses pengolahan datanya. Metodologi perencanaan untuk perencanaan infrastruktur ini dibedakan menjadi tiga, yaitu untuk perhitungan tebal lapis perkerasan lentur, untuk estimasi biaya perkerasan, dan untuk perencanaan jembatannya.

Pada perhitungan tebal lapis perkerasan lentur, pertama–tama ditentukan terlebih dahulu variabel–variabel yang mempengaruhi proses perhitungan tebal perkerasan; seperti volume lalu lintas harian rata–rata (LHR), klasifikasi jalan, dan kondisi lingkungannya. Untuk memperoleh data tersebut, maka dilakukan survei lokasi di kawasan perumahan di Surabaya Timur. Survei yang dilakukan untuk menghitung LHR dengan mengambil sampel volume lalu lintas pada jam puncak, kemudian mengkonversi hasil survei tersebut menjadi LHR. Setelah data yang diperlukan sudah didapatkan, kemudian data tersebut mulai diolah. Awalnya dilakukan konversi dari LHR menjadi *Equivalent Single Axle Load* (ESAL). Konversi ini dilakukan karena dalam desain yang berpedoman pada AASHTO 1993 digunakan beban ESAL. Kemudian menghitung SN menggunakan nomogram atau persamaan. Dari nilai SN yang didapat dan material yang sudah direncanakan untuk digunakan pada perencanaan tersebut, maka dapat diketahui tebal masing–masing lapis perkerasan.

Untuk estimasi biaya perkerasan, pengambilan data dilakukan dengan menentukan item pekerjaan yang dibutuhkan terlebih dahulu sambil mencari harga satuan pekerja dan peralatan yang terkini. Data

yang didapat kemudian diolah. Pertama, dihitung kuantitas material untuk setiap pekerjaan. Kemudian, menganalisa harga satuan pekerjaan per m³ jalan berdasarkan Standar Satuan Harga Dasar Konstruksi dan Analisa Harga Satuan Pekerjaan 2011. Yang terakhir, membuat Rencana Anggaran Biaya (RAB) analisa biaya perkerasan jalan.

Untuk perencanaan jembatan, pengambilan data dilakukan dengan survei lokasi pembuatan jembatan di komplek perumahan kawasan Surabaya Timur. Data yang didapatkan, antara lain jenis kendaraan yang melintasi kawasan tersebut beserta dengan jumlahnya, lebar sungai untuk menentukan bentang jembatan, karakteristik tanah di kawasan tersebut. Pada pengolahan data, menentukan geometri jembatan dan tipe jembatan yang akan digunakan. Selanjutnya, menentukan dan memodelkan beban lalu lintas yang diterima jembatan. Semua beban yang telah dimodelkan kemudian dikombinasikan untuk mendesain konstruksi jembatan.

4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Perkerasan Lentur

Data lalu lintas didapat dengan melakukan survei langsung di lapangan pada tanggal 28 Agustus 2014 selama 1 jam (*peak hour*), mulai pukul 07.15 sampai 08.15. Survei dilakukan di Jalan utama suatu komplek perumahan di kawasan Surabaya Timur.

Data lalu lintas selama *peak hour* 1 arah:

| | |
|-----------------------------|--------------|
| Mobil penumpang (2 ton) | 677 kend/jam |
| Truk kecil 2 sumbu (12 ton) | 46 kend/jam |
| Truk besar 2 sumbu (16 ton) | 4 kend/jam |
| Truk besar 3 sumbu (26 ton) | 8 kend/jam |
| Bus (9 ton) | 3 kend/jam |

Perkerasan lentur direncanakan menggunakan metode AASHTO 1993 untuk jalan kolektor 6 lajur 2 arah dengan median jalan. Data lalu lintas di atas dikonversikan ke beban lalu lintas harian lalu dikonversikan ke beban *Equivalent Single Axle Loads* dengan asumsi nilai *structural number* sebesar 3. Perhitungan untuk konversi beban lalu lintas harian menjadi *Equivalent Single Axle Loads* dapat dilihat pada **Tabel 1**. Variabel yang mempengaruhi perkerasan lentur diantaranya, faktor distribusi lajur diambil 80 %, faktor distribusi arah diambil 0,5, pertumbuhan lalu lintas 5 %, umur rencana 10 tahun, nilai *reliability* 95 %, nilai $PSI_{traffic}$ 2,45, dan *resilient modulus* tanah dasar sebesar 31500 psi. Selanjutnya untuk komponen perkerasan, lapis permukaan menggunakan lapisan aspal beton dengan nilai modulus elastisitas sebesar 250.000 psi pada temperatur 68°F, koefisien lapis permukaan $a_1 = 0,33$; lapis pondasi atas menggunakan agregat dengan nilai CBR 80 %, koefisien lapis pondasi atas $a_2 = 0,133$; dan lapis pondasi bawah menggunakan agregat dengan nilai CBR 50 %, koefisien lapis pondasi bawah $a_3 = 0,125$.

Tabel 1. Perhitungan Equivalent Single Axle Load

| No. | Kendaraan | DTV | Konfigurasi (ton) | Konfigurasi (kips) |
|-----|--------------------|-------|-------------------|--------------------|
| 1 | Mobil penumpang | 11284 | 1 + 1 | 2,2 + 2,2 |
| 2 | Truk kecil 2 sumbu | 767 | 3 + 9 | 6,6 + 19,8 |
| 3 | Truk besar 2 sumbu | 67 | 6 + 10 | 13,2 + 22 |
| 4 | Truk 3 sumbu | 134 | 6 + 10.10 | 13,2 + 22.22 |
| 5 | Bus | 34 | 3 + 6 | 6,6 + 13,2 |

| No. | Kendaraan | Faktor ekivalen | ESAL/hari (W_{18}) |
|-------|--------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 1 | Mobil penumpang | $0,00067 + 0,00067 = 0,00134$ | 15,12 |
| 2 | Truk kecil 2 sumbu | $0,0272 + 1,441 = 1,4682$ | 1126,11 |
| 3 | Truk besar 2 sumbu | $0,331 + 2,17 = 2,501$ | 167,57 |
| 4 | Truk 3 sumbu | $0,331 + 2,99 = 3,321$ | 445,01 |
| 5 | Bus | $0,0272 + 0,331 = 0,3582$ | 12,18 |
| Total | | | 1765,99 |

\hat{W}_{18} = faktor ekivalen x jumlah kendaraan

$$\log_{10}(5.323.287) = -1,645 \times 0,35 + 9,36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0,2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{1,54}{4,2-1,5}\right)}{0,4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log_{10}(31500) - 8,07$$

Persamaan di atas menghasilkan $SN = 2,45 \approx 3$. Selanjutnya nilai SN dimasukkan ke persamaan seperti berikut:

$$3 = 0,4 D_1 + 0,133 D_2 + 0,125 D_3$$

Dengan menggunakan tebal minimum, didapat tebal D_1 (lapis permukaan) = 9 cm; tebal D_2 (lapis pondasi atas) = 15 cm; tebal D_3 (lapis pondasi bawah) = 21 cm.

4.2. Estimasi Biaya Perkerasan

Terdapat tiga komponen untuk melakukan estimasi biaya perkerasan, yaitu perhitungan kuantitas, analisa harga satuan untuk setiap pekerjaan, dan rencana anggaran biaya keseluruhan. Selain itu dibutuhkan juga indeks koefisien tenaga kerja, bahan, dan peralatan untuk setiap pekerjaan yang didapat dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur (2011). Jenis – jenis pekerjaan yang dilakukan antara lain pekerjaan lapis pondasi bawah, pekerjaan lapis pondasi atas, dan pekerjaan lapis permukaan. Pada perencanaan ini jalan dibangun di atas tanah dasar yang elevasinya sama, sehingga tidak ada pekerjaan penggalian ataupun pengurugan tanah.

Perhitungan kuantitas diambil setiap 1 m³ untuk pekerjaan lapis pondasi bawah (agregat kelas B, CBR 50 %) setebal 0,21 meter, lapis pondasi atas (agregat kelas A, CBR 80 %) setebal 0,15 meter, dan lapis permukaan (laston) setebal 0,09 meter. Kuantitas pekerjaan lapis pondasi bawah, sebesar 1 x 10,5 x 0,21 = 2,205 m³, kuantitas pekerjaan lapis pondasi atas, sebesar 1 x 10,5 x 0,15 = 1,575 m³, dan kuantitas lapis permukaan, sebesar 1 x 10,5 x 0,09 = 0,945 m³.

Analisa harga satuan pekerjaan merupakan jumlah biaya yang dikeluarkan untuk pekerja, bahan, dan peralatan. Biaya tersebut merupakan hasil kali dari indeks koefisien dengan satuan tertentu sesuai pada buku pedoman. Analisa harga satuan untuk pekerjaan lapis pondasi bawah dapat dilihat pada **Tabel 2.**, analisa harga satuan untuk pekerjaan lapis pondasi atas dapat dilihat pada **Tabel 3.**, analisa harga satuan untuk pekerjaan lapis permukaan dapat dilihat pada **Tabel 4.** Analisa Harga Satuan Pekerjaan (HSP) lapis permukaan dihitung dalam satuan Rupiah/ton, sehingga harus dikonversi menjadi harga Rupiah/m³, sehingga untuk berat volume aspal beton 2,34 ton/m³, maka HSP aspal beton 944.424 x 2,34 = Rp 2.209.953 / m³.

Tabel 2. Analisa Harga Satuan untuk 1 m³ Pekerjaan Lapis Pondasi Bawah

| No. | Komponen | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|--------------------|--|----------------|-----------|-------------------|-------------------|
| A TENAGA | | | | | |
| 1 | Pekerja | Jam | 0,2201 | 7.500 | 1.651 |
| 2 | Mandor | Jam | 0,0314 | 12.500 | 393 |
| B BAHAN | | | | | |
| 1 | Agregat Kelas B | m ³ | 1,2000 | 140.000 | 168.000 |
| C PERALATAN | | | | | |
| 1 | Wheel Loader | Jam | 0,0314 | 375.000 | 11.775 |
| 2 | Dump Truck | Jam | 0,1655 | 150.000 | 24.825 |
| 3 | Motor Grader | Jam | 0,0092 | 355.000 | 3.266 |
| 4 | Vibratory Loader | Jam | 0,0080 | 316.365 | 25.310 |
| 5 | Pneumatic Tire Loader | Jam | 0,0115 | 345.725 | 3.976 |
| 6 | Water Tanker | Jam | 0,0383 | 153.240 | 5.870 |
| 7 | Alat Bantu | LS | 1,0000 | | |
| D | Harga Satuan Pekerjaan (Rp/m³) | | | | 245.066 |

Rencana anggaran biaya merupakan komponen akhir dari estimasi biaya perkerasan. Hasil yang tercantum pada rencana anggaran biaya didapat dari perkalian kuantitas pekerjaan dengan analisa harga satuan setiap pekerjaan. Kemudian hasil akhirnya berupa jumlah harga dari setiap pekerjaan yang dilakukan. Rincian rencana anggaran biaya dapat dilihat pada **Tabel 5**. Jadi, Harga pekerjaan perkerasan lentur selebar 10,5 m di Surabaya saat ini (Desember 2014) untuk 1 meter panjang, seharga Rp 3.071.456,00 / m'

Tabel 3. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Lapis Pondasi Atas

| No. | Komponen | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|----------|--|----------------|-----------|-------------------|-------------------|
| A | TENAGA | | | | |
| 1 | Pekerja | Jam | 0,2201 | 7.500 | 1.651 |
| 2 | Mandor | Jam | 0,0314 | 12.500 | 393 |
| B | BAHAN | | | | |
| 1 | Agregat Kelas A | m ³ | 1,2000 | 170.000 | 204.000 |
| C | PERALATAN | | | | |
| 1 | Wheel Loader | Jam | 0,0314 | 375.000 | 11.775 |
| 2 | Dump Truck | Jam | 0,1655 | 150.000 | 24.825 |
| 3 | Motor Grader | Jam | 0,0092 | 355.000 | 3.266 |
| 4 | Vibratory Loader | Jam | 0,0080 | 316.365 | 25.310 |
| 5 | Pneumatic Tire Loader | Jam | 0,0115 | 345.725 | 3.976 |
| 6 | Water Tanker | Jam | 0,0383 | 153.240 | 5.870 |
| 7 | Alat Bantu | LS | 1,0000 | | |
| D | Harga Satuan Pekerjaan (Rp/m³) | | | | 281.066 |

Tabel 4. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Lapis Permukaan

| No. | Komponen | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|----------|--|----------------|-----------|-------------------|-------------------|
| A | TENAGA | | | | |
| 1 | Pekerja | Jam | 0,1687 | 7.500 | 1.266 |
| 2 | Mandor | Jam | 0,0241 | 12.500 | 302 |
| B | BAHAN | | | | |
| 1 | Agregat Kasar | m ³ | 0,3795 | 220.000 | 83.490 |
| 2 | Agregat Halus | m ³ | 0,3434 | 170.000 | 58.378 |
| 3 | Filler | Kg | 22,0000 | 1.500 | 33.000 |
| 4 | Aspal | Kg | 63,0000 | 9.678 | 609.714 |
| C | PERALATAN | | | | |
| 1 | Wheel Loader | Jam | 0,0082 | 375.000 | 3.075 |
| 2 | AMP | Jam | 0,0241 | 3.880.338 | 93.517 |
| 3 | Dump Truck | Jam | 0,2711 | 150.000 | 40.665 |
| 4 | Asphalt Finisher | Jam | 0,0301 | 215.353 | 6.483 |
| 5 | Tandem Roller | Jam | 0,0317 | 183.609 | 5.821 |
| 6 | Pneumatic Tire Loader | Jam | 0,0252 | 345.725 | 8.713 |
| 7 | Alat Bantu | LS | 1,0000 | | |
| D | Harga Satuan Pekerjaan (Rp/ton) | | | | 944.424 |

Tabel 5. Rencana Anggaran Biaya untuk 1 m' Pekerjaan Perkerasan Lentur

| No. | Jenis Pekerjaan | Kuantitas | Harga Satuan (Rp/m ³) | Jumlah Harga (Rp) |
|--------------|---------------------|----------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 1 | Lapis pondasi bawah | 2,205 m ³ | 245.066 | 540.371 |
| 2 | Lapis pondasi atas | 1,575 m ³ | 281.066 | 442.679 |
| 3 | Lapis permukaan | 0,945 m ³ | 2.209.953 | 2.088.406 |
| Total | | | | 3.071.456 |

4.3 Perencanaan Jembatan

Jembatan direncanakan menggunakan rangka baja model *through truss* dengan bentang 32 meter dan ketinggian 6 meter. Bangunan atas meliputi pelat lantai kendaraan, gelagar memanjang, gelagar melintang, ikatan angin, dan rangka induk jembatan. Sedangkan bangunan bawah terdiri dari pelat injak, elastomer, poer, balok *tie beam*, dan pondasi tiang pancang. Untuk kenyamanan pengemudi jembatan diberi lapisan laston setebal 5cm. Hasil akhir perencanaan jembatan berupa spesifikasi elemen struktural jembatan dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Spesifikasi Jembatan

| Elemen Struktural | Beban | Spesifikasi |
|---------------------------|---|---|
| Pelat beton | $M_{lx} = 64,45 \text{ kNm}$ $M_{tx} = -87,70 \text{ kNm}$ | $f_c' = 25 \text{ MPa}$ Tebal 15 cm |
| Gelagar memanjang | $M_u = 154,6 \text{ kNm}$ | WF 250.125.5.8 |
| Gelagar melintang | $M_u = 1338,3 \text{ kNm}$ | Dir 70 |
| Ikatan angin atas | $N_u = \pm 3,4 \text{ kN}$ | L 70.70.7 |
| Ikatan angin bawah | $N_u = \pm 8,6 \text{ kN}$ | L 120.120.11 |
| Rangka induk (horisontal) | $N_u = 2686 \text{ kN}$ $N_u = -2773 \text{ kN}$ | WF 400.400.13.21 |
| Rangka induk (horizontal) | $N_u = 1921 \text{ kN}$ $N_u = -1913 \text{ kN}$ | WF 400.400.13.21 |
| Elastomer | $N_u = 2341 \text{ kN}$ | $400 \times 600 \times 39 \text{ mm}^3$ |
| Poer | $M_{ux} = M_{uy} = 777,6 \text{ kNm}$ | $F_c' = 30 \text{ MPa}$ $3,0 \times 3,0 \text{ m}^2$ tebal 0,7 m |
| Pondasi | $N_u = 2341 \text{ kN}$ | Tiang pancang 16 Ø 30 |

5. KESIMPULAN

Perencanaan infrastruktur jalan harus memperhatikan pertumbuhan kendaraan, umur rencana, kondisi tanah, jenis perkerasan yang digunakan, dan sebagainya. Dengan menggunakan metode AASHTO 1993 dan berdasarkan aspek-aspek di atas, perkerasan yang dibutuhkan untuk jalan penghubung di kawasan Surabaya Timur yaitu lapis permukaan berupa laston setebal 9 cm, lapis pondasi atas berupa agregat kelas A dengan CBR 50 % setebal 15 cm, dan lapis pondasi bawah berupa agregat kelas B dengan CBR 80 % setebal 21 cm. Untuk penerapan di Indonesia, metode AASHTO 1993 perlu penyesuaian pada faktor lingkungan. Faktor lingkungan yang dipertimbangkan dalam perhitungan cenderung diperuntukkan untuk negara dengan empat musim, sedangkan Indonesia hanya memiliki dua musim saja. Tentu saja suhu udara di negara empat musim yang secara ekstrim berubah-ubah lebih cepat merusak perkerasan daripada di Indonesia yang suhunya relatif lebih stabil. Selibuhnya variabel lain dapat diterapkan secara langsung karena sesuai dengan kondisi di Indonesia.

Perhitungan estimasi biaya untuk perkerasan jalan saja, tidak termasuk galian dan urugan tanah, perencanaan bahu jalan, trotoar, dan median jalan. Dengan lebar jalan 10,5 meter didapat Harga Satuan Pekerjaan (HSP) untuk perkerasan lentur 1 meter panjang yaitu Rp 3.071.456 dengan perincian sebagai berikut, lapis permukaan Rp 2.088.406, lapis pondasi atas Rp 442.679, dan lapis pondasi bawah Rp 540.371. Biaya terbesar perkerasan lentur terletak pada biaya lapis permukaan yaitu sebesar 68 % dari biaya total.

Jembatan sungai direncanakan menggunakan rangka baja dengan berdasarkan pada Bridge Management System 1992. Jembatan didukung oleh gelagar memanjang WF 250.125.5.8 dan gelagar melintang DiR 70. Beban disalurkan ke rangka induk jembatan yang menggunakan WF 400.400.13.21. Bangunan bawah jembatan menggunakan 16 buah tiang pancang dengan diameter 30 cm dan kedalaman 25 meter. Sedangkan untuk perkerasan di atas jembatan menggunakan pelat beton 15 cm dan ditutup laston 5 cm.

6. DAFTAR REFERENSI

- American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*.
- Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur. (2011). *Standar Satuan Harga Dasar Konstruksi dan Analisa Harga Satuan Pekerjaan*.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1992). *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan*.
- Suwono, Johannes Indroyono. (2006). *Jembatan*, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Paluta, S., B., dan Thomas, I., D. (2011). *Perhitungan Tebal Perkerasan Menggunakan Metode Perkerasan Lentur AASHTO dan Beton Semen serta Estimasi Biayanya*. Skripsi, Universitas Kristen Petra, Surabaya.