

PERENCANAAN ALTERNATIF DESAIN JEMBATAN JURANG GEMPAL KABUPATEN WONOGIRI

Rafika Sari Dewi, Rini Pratiwi Annur, Moga Narayudha ^{*)}, Siti Hardiyati^{*)}

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Jembatan Pokoh dan Jembatan Jurang Gempal merupakan jembatan yang berada pada ruas Jalan Wonogiri – Ngadirojo, melintasi Sungai Bengawan Solo dan berfungsi sebagai penghubung antara Kabupaten Wonogiri – Kabupaten Ponorogo/Kabupaten Pacitan. Namun dalam 10 tahun terakhir, hanya satu jembatan saja yang beroperasi yaitu Jembatan Pokoh. Hal ini dikarenakan kondisi Jembatan Jurang Gempal yang sudah tidak layak karena jembatan tersebut dibangun pada masa colonial belanda, sehingga banyak konstruksi dari Jembatan Jurang Gempal yang sudah tidak berfungsi dengan baik. Hanya beroperasinya satu jembatan saja seringkali menyebabkan tingginya kepadatan lalu lintas pada jam-jam sibuk, Oleh karena itu, pengoperasian kembali Jembatan Jurang Gempal dapat menjadi solusi kepadatan lalu lintas yang terjadi. Akan tetapi perlu ada penggantian secara total pada struktur jembatan mengingat kondisi existing dan usia jembatan yang sudah sangat tua. Jembatan Jurang Gempal direncanakan berada pada lokasi eksisting dengan bentang jembatan 2x60 meter. Struktur atas jembatan menggunakan rangka baja dengan lebar 9,0 meter (2x3,5 meter lantai kendaraan dan 2x1,0 meter trotoar) dan tinggi 6,0 meter. Struktur bawah menggunakan abutment dengan tinggi 7,0 meter dan pilar dengan tinggi 9,0 meter. Posisi tanah keras berada pada kedalaman 10 meter dengan jenis tanah pasir sehingga digunakan Bored pile sebagai pondasi Jembatan Jurang Gempal.

kata kunci : *Jembatan Jurang Gempal, pengoperasian kembali, kondisi eksisting*

ABSTRACT

Pokoh and Jurang Gempal bridge are the bridges that are located on Wonogiri – Ngadirojo roads crossing over Bengawan Solo river connecting Wonogiri Regency and Ponorogo Regency/Pacitan Regency. But in the past 10 years, only one bridge operates and that is Pokoh Bridge. This is caused by the condition of Jurang Gempal Bridge that is no longer adequate since it was built in the colonial era, some parts of the construction aren't function properly. With only one bridge that is operating, it oftenly lead to a high traffic density on traffic hours. Thus, the re-operating of Jurang Gempal Bridge can be the solution of this traffic density problem that occurred. However, there is a need to do a total change on the bridge construction by seeing the existing condition and the age of the bridge that is already too old. Jurang Gempal Bridge was planned to be located in the existing location that is 2x60 meter in bridge length. The upper structure of this bridge is using steel frame that is 9.0 meter in width (2x3.5 meter vehicle floor and 2x1.0 meter

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

sidewalk) and 6.0 meter in height. Meanwhile, the sub-structure of this bridge is using an abutment that the height is 7.0 meter and a pier that is 9.0 meter in height. The hard soil that is positioned in 10 meter depth is the kind of a sand soil so the Bored Pile is used as the foundation of this Jurang Gempal Bridge.

keywords: *Jurang Gempal Bridge, re-operating, existing condition*

PENDAHULUAN

Jembatan Pokoh dan Jembatan Jurang Gempal merupakan jembatan yang berada pada Jalan Diponegoro Desa Giripurwo, Kecamatan / Kabupaten Wonogiri. Jembatan ini melintasi Sungai Bengawan Solo dan berfungsi sebagai penghubung antara Kota Surakarta – Kabupaten Wonogiri atau Kabupaten Wonogiri – Kabupaten Ponorogo / Kabupaten Pacitan. Jembatan ini terletak pada ruas jalan Wonogiri-Ngadirojo dengan tipe jalan 4/2 UD dan lebar masing-masing lajur sebesar 3,5 m. Sedangkan tipe jalan pada Jembatan Pokoh adalah 2/2 UD dengan lebar satu lajur 3,5 m. Pengurangan jumlah lajur ini dikarenakan Jembatan Jurang Gempal yang merupakan jembatan peninggalan zaman Belanda ini sudah sangat tua dan terdapat banyak lubang sepanjang lantai jembatan sehingga sudah tidak layak untuk dilalui kendaraan. Jumlah lajur yang berkurang dan semakin meningkatnya mobilitas warga yang melewati ruas jalan tersebut seringkali mengakibatkan terjadi kepadatan lalu lintas pada jam berangkat dan pulang kantor atau sekolah.

Jembatan Jurang Gempal memiliki panjang eksisting 114,5 m dan lebar 4 m. Selisih elevasi antara Jembatan Pokoh dan Jembatan Jurang Gempal adalah 2,5 m dengan Jembatan Pokoh berada pada elevasi yang lebih tinggi. Jarak antara Jembatan Pokoh dan Jurang Gempal adalah 6 m dari tepi luar.

Pengoperasian kembali Jembatan Jurang Gempal dapat menjadi solusi kepadatan lalu lintas yang terjadi. Akan tetapi perlu ada penggantian secara total pada struktur jembatan mengingat kondisi *existing* dan usia jembatan yang sudah sangat tua. Dinas Bina Marga Provinsi Jawa Tengah berencana akan melakukan perombakan secara total terhadap Jembatan Jurang Gempal. Jembatan Jurang Gempal nantinya akan melayani arus lalu lintas dari arah Wonogiri ke Pacitan sedangkan Jembatan Jurang Pokoh akan melayani arus lalu lintas dari arah sebaliknya.

BATASAN MASALAH

Batasan masalah dalam penulisan tugas akhir pada perencanaan alternatif desain pengganti Jembatan Jurang Gempal adalah sebagai berikut.

1. Perencanaan hanya terbatas pada Jembatan Jurang Gempal dengan pertimbangan Jembatan Jurang Gempal dirombak total.
2. Tidak mengevaluasi kondisi struktur Jembatan Pokoh.
3. Hanya mengevaluasi lalu lintas dan ruang Jembatan Pokoh.

HASIL ANALISIS DATA

Analisis Jembatan Pokoh

Evaluasi lalu lintas pada Jembatan Pokoh menggunakan data primer dan data sekunder. Dari hasil survei lalu lintas diketahui bahwa jam puncak berada pada pukul 06.30-07.30 dengan volume jam puncak arah Ngadirojo – Wonogiri 1700,7 smp/jam dan arah Wonogiri – Ngadirojo 820 smp/jam. Sehingga volume kendaraan (Q) pada jam puncak dari kedua arah adalah 2520,7 smp/jam. Derajat kejenuhan didapat dengan membandingkan volume jam puncak dan kapasitas, diketahui bahwa derajat kejenuhan pada tahun 2015 adalah sebesar 0,921 yang berarti terjadi kepadatan lalu lintas pada Jembatan Pokoh.

Evaluasi menggunakan data sekunder bertujuan untuk membandingkan hasil dari data primer. Berdasarkan data sekunder digunakan data LHR tahun 2013 sebesar 46596,1 smp/hari. Jumlah arus lalu lintas yang digunakan untuk perhitungan derajat kejenuhan harus dalam satuan smp/jam, sehingga perlu dilakukan konversi satuan terlebih dahulu dari smp/hari menuju smp/jam. Derajat kejenuhan yang didapat berdasarkan data sekunder untuk tahun 2013 adalah sebesar 1,32 yang berarti terjadi kemacetan.

Dari nilai derajat kejenuhan berdasarkan data sekunder dan data primer diketahui bahwa terjadi kepadatan lalu lintas di Jembatan Pokoh.

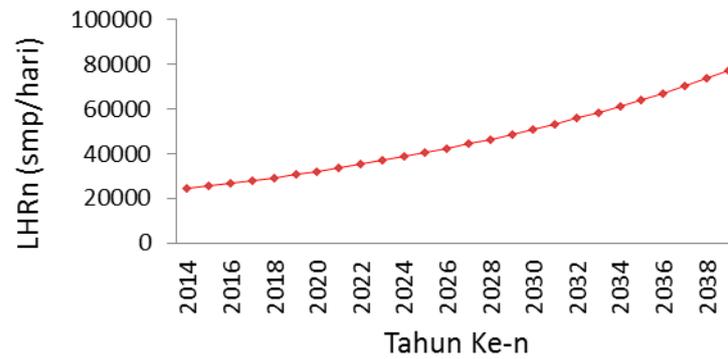
Analisis Topografi

Pada Perencanaan Alternatif Desain Jembatan Jurang Gempal ini trase yang digunakan adalah trase lama Jembatan Jurang Gempal. Pertimbangan ini diambil setelah melihat pada peta topografi diatas bahwa trase dari Jembatan Jurang Gempal tegak lurus terhadap sungai sehingga dapat menghasilkan bentang terpendek yang akan menekan biaya pengeluaran dan cukup jauh dengan anak sungai. Pertimbangan lainnya adalah kondisi sekitar lokasi jembatan yang berupa pemukiman, dimana nantinya dikhawatirkan akan menimbulkan kesulitan dalam pembebasan lahan. Selain itu pada trase lama Jembatan Jurang Gempal telah terdapat jalan penghubung, sehingga tidak diperlukan lagi untuk membangun jalan baru yang dapat mempercepat waktu dalam pengerjaan. Panjang Jembatan Jurang Gempal nantinya akan disejajarkan dengan Jembatan Pokoh yang berada disebelahnya, sehingga panjang Jembatan Jurang Gempal direncanakan sepanjang 120 m.

Analisis Lalu Lintas

Analisa lalu lintas diperlukan untuk menentukan lebar efektif jembatan. Lebar efektif didapat dari data sekunder maupun data primer berupa jumlah arus lalu lintas yang melewati jalur tersebut. Perhitungan pertumbuhan lalu lintas menggunakan metode eksponensial, dimana angka pertumbuhan ini (i) berfungsi untuk mengetahui prosentase kenaikan jumlah arus lalu lintas tiap tahunnya.

Dengan menggunakan data sekunder dari tahun 2009 - 2013 dan hasil perhitungan menggunakan metode eksponensial di dapat nilai pertumbuhan lalu lintas (i) sebesar 4,7% dan grafik pertumbuhan lalu lintas seperti gambar dibawah.



Gambar 1. Grafik Pertumbuhan Lalu Lintas

Dari grafik didapatkan LHR pada akhir tahun rencana, yaitu 76901,2318 smp/hari. Setelah didapatkan LHR pada akhir tahun rencana, kinerja lalu lintas dapat diukur berdasarkan nilai Degree of Saturation atau perbandingan antara volume lalu lintas dengan kapasitas jalan yang direncanakan. Besarnya DS pada tahun ke 25 memenuhi persyaratan (DS ideal adalah $\leq 0,75$) yaitu sebesar 0,4088. Klasifikasi Penggantian Jembatan Jurang Gempal dipergunakan jalan 2 lajur 1 arah (2/1) dengan lebar jembatan 9,0 m (Jalur lalu lintas 7,0 m dan trotoar 2,0 m) serta kecepatan rencana (V_r) 60 km/jam.

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi diperhitungkan untuk menentukan debit banjir rencana dan elevasi muka air banjir. Dengan mengetahui hal tersebut maka dapat direncanakan tinggi jembatan, bentang ekonomis jembatan, struktur bawah dan pondasi jembatan. Data yang digunakan adalah data yang didapat dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo, diawali dengan perhitungan curah hujan rencana menggunakan metode dari E.J Gumbel. Curah hujan bulanan diambil dari data sepuluh tahun terakhir yaitu tahun 2005-2014 sebagai berikut.

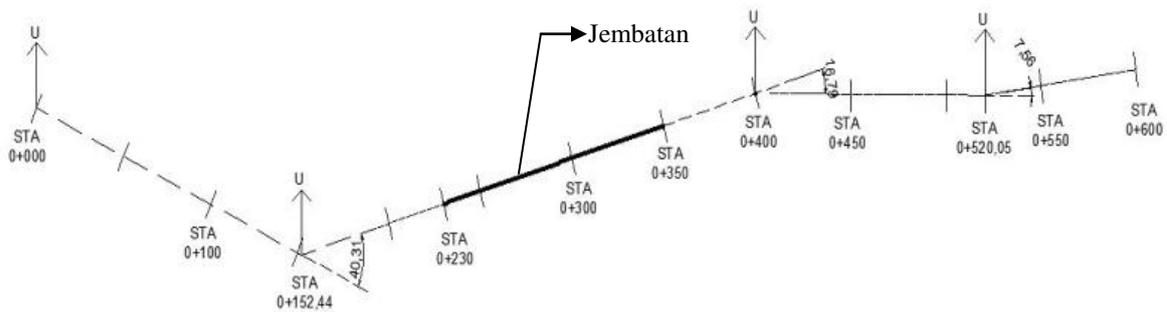
Tabel 1. Curah Hujan Rata-Rata Maksimum

Tahun	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
2005	97	10.2	104.04
2006	67	-19.8	392.04
2007	71	-15.8	249.64
2008	159	72.2	5212.84
2009	71	-15.8	249.64
2010	70	-16.8	282.24
2011	81	-5.8	33.64
2012	65	-21.8	475.24
2013	85	-1.8	3.24
2014	102	15.2	231.04
Jumlah	868		7233.6

Sumber: Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo

Analisa debit banjir direncanakan dengan periode ulang 50 tahun. Perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode Rational Menonobe didapat nilai sebesar 354,27 m³/s. Berdasarkan nilai debit banjir ini didapat tinggi muka air banjir sebesar 8,0 m, dan tinggi minimum jembatan mennjadi 9,0 m. Sehingga elevasi Jembatan Jurang Gempal menjadi +193,648. Namun dengan pertimbangan ekonomis demi memanfaatkan jalan akses yang tersedia dan untuk menghindari galian pada jalan akses maka elevasi untuk Jembatan Jurang Gempal tetap mempertahankan elevasi eksisting yaitu pada elevasi +197,036.

Analisis Geometri



Gambar 2. Trase Jembatan Jurang Gempal

Berdasarkan perhitungan dalam perencanaan alinyemen horisontal ditetapkan :

1. Tikungan 1 (STA 0+152,44 ; $\Delta = 40^{\circ}18'37,53''$)
 Jenis tikungan : S-C-S
 Jari-jari Tikungan : 130 m
 Pelebaran perkerasan : 1,0425 m
 Tangen : 4,1897 m (dari STA ST₁ ke STA jembatan)

2. Tikungan 2 (STA 0+400 ; $\Delta = 16^{\circ}47'15,56''$)
 Jenis tikungan : S-S
 Jari-jari Tikungan : 159 m
 Pelebaran perkerasan : 0,9004 m
 Tangen : 0,0517 m (dari STA akhir jembatan ke STA TS₂)

3. Tikungan 3 (STA 0+520,05 ; $\Delta = 7^{\circ}33'27,93''$)
 Jenis tikungan : F-C
 Jari-jari Tikungan : 716 m
 Pelebaran perkerasan : 0,73246 m
 Tangen : 22,8101 m (dari STA ST₂ ke STA CT₃)
 Berdasarkan perhitungan tidak terjadi overlap antara tikungan dengan jembatan.

Analisis Data Tanah

Penyelidikan tanah yang dilakukan berupa uji sondir dengan kode S1, S2 dan uji boring dengan kode BM1, BM2 dan BM3. Lokasi pengujian berada pada area *abutment* dan pilar Jembatan Jurang Gempal yang akan dibangun.

Uji sondir : Dari hasil pengujian sondir diperoleh hasil pada titik S1 tanah keras berada pada kedalaman -2,60 m dari muka tanah asli dengan nilai *conus resistant* (q_c) 200 kg/cm² dan jumlah hambatan pelekat(JHP) 140 kg/cm dan pada titik S2 tanah keras berada pada kedalaman -5,00 m dari muka tanah asli dengan nilai *conus resistant* (q_c) 205 kg/cm² dan jumlah hambatan pelekat (JHP) 316 kg/cm.

Uji boring : Dari pengujian boring diketahui profil tanah dasar pada lokasi BM.1 sampai kedalaman – 22,00 m adalah sebagai berikut :

Kedalaman 0,00 m – 1,00 m tanah berupa Lempung terdapat sedikit pasir, cokelat kekuningan.

Kedalaman 1,00 m – 3,00 m tanah berupa Pasir berlanau hitam keabuan lunak.

Kedalaman 3,00 m – 6,50 m tanah berupa Pasir terdapat sedikit bebatuan, sedikit kerikil terdapat sedikit batu koral, cokelat kehitaman, agak lunak.

Kedalaman 6,50 m – 11,50 m tanah berupa Pasir terdapat sedikit bebatuan koral, sedikit kerikil, cokelat kekuningan, agak keras.

Kedalaman 11,50 m – 16,50 m tanah berupa Pasir berlanau, cokelat kekuningan, terdapat sedikit bintik putih, keras.

Kedalaman 16,50 m – 22,00 m tanah berupa Cadas, terdapat sedikit pasir, cokelat sedikit keabuan, keras ke keras.

Pemilihan Tipe Jembatan

Bangunan Atas

Dengan memperhatikan faktor – faktor yang mempengaruhi pemilihan tipe bangunan dan menganalisis tiap jenis struktur atas jembatan serta berdasarkan dengan kondisi lapangan yang ada, maka ditetapkan jenis yang akan digunakan adalah konstruksi Rangka Baja, dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. tipe ini dapat mencapai panjang bentang 60 m dalam satu pilar.
2. pelaksanaan relatif cepat dan mudah dikarenakan profil baja dibuat fabrikasi sehingga di lapangan hanya dilakukan pemasangan.
3. biaya pembuatan lebih murah pada jembatan bentang panjang.
4. lokasi jembatan mudah dijangkau.

Bangunan Bawah

- Abutment

Abutment Jembatan Jurang Gempal direncanakan bersebelahan dengan Jembatan Pokoh yaitu dimundurkan beberapa meter dari kondisi eksisting. Berdasarkan analisa hidrologi dengan memperhatikan ketinggian muka air banjir diketahui bahwa ketinggian minimum jembatan adalah 9 meter dari dasar sungai dengan elevasi +184,648. Untuk memudahkan pelaksanaan dan kenyamanan bagi pengendara sehingga elevasi Jembatan Jurang Gempal disamakan dengan elevasi eksisting. Berdasarkan pertimbangan tersebut tinggi *abutment* yang direncanakan adalah 7 meter. Dengan pertimbangan tinggi *abutment* rencana maka untuk *abutment* dipilih bentuk tembok penahan kontrafort.

- Pilar

Pilar direncanakan berada pada area kering jika muka air normal. Sehingga kecil kemungkinan pilar akan dilalui oleh aliran sungai. Namun untuk pencegahan perlu

direncanakan bentuk pilar yang aman untuk aliran sungai. Ketinggian pilar adalah 9 meter dengan pertimbangan sama halnya dengan *abutment* menyamakan dengan elevasi Jembatan Pokoh. Dengan pertimbangan tinggi pilar rencana maka untuk pilar dipilih bentuk kolom tunggal. Selain pertimbangan tinggi bentuk ini juga lebih aman jika dilalui oleh aliran sungai.

- Pondasi

Dari hasil penyelidikan tanah diketahui bahwa jenis tanah pada lokasi jembatan adalah tanah butir kasar yaitu jenis pasir, kerikil dan koral dengan tanah keras berada pada kedalaman 10 meter. Dengan mempertimbangkan kedalaman tanah keras maka dipilih pondasi *bored pile* sebagai jenis pondasi yang digunakan dalam perencanaan Jembatan Jurang Gempal.

PERHITUNGAN KONSTRUKSI

Data Perencanaan

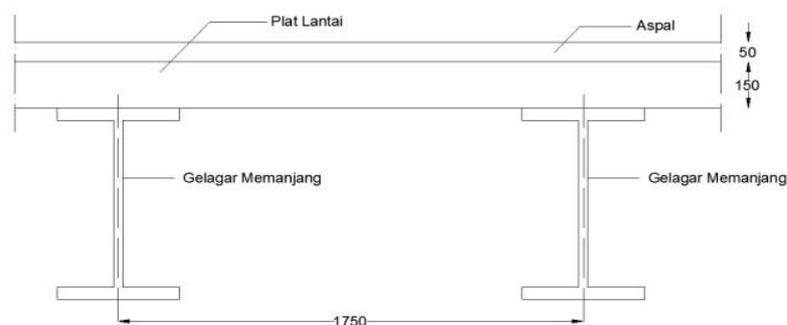
1. Nama Jembatan = Jembatan Jurang Gempal
2. Panjang Jembatan = 2 x 60 m
3. Lebar Jembatan = 9 m
4. Lebar Plat Lantai = 2 x 3,50 m
5. Lebar Trotoar = 2 x 1,0 m
6. Sambungan = Baut
7. Konstruksi Atas =
Struktur rangka = Rangka baja
Lantai jembatan = Lapis aspal beton
Perikatan angin = Tertutup
8. Konstruksi bawah =
Abutment = Kontrafort
Pilar = Kolom Tunggal
9. Pondasi = Bored Pile

Perhitungan Struktur Atas

Perhitungan struktur atas mengacu pada SNI Standar Pembebanan Untuk Jembatan T-02–2005 dimana terdiri dari aksi tetap, aksi transien, dan aksi lingkungan (lainnya).

Pelat Lantai

Tinggi plat lantai yang direncanakan adalah 150 mm.

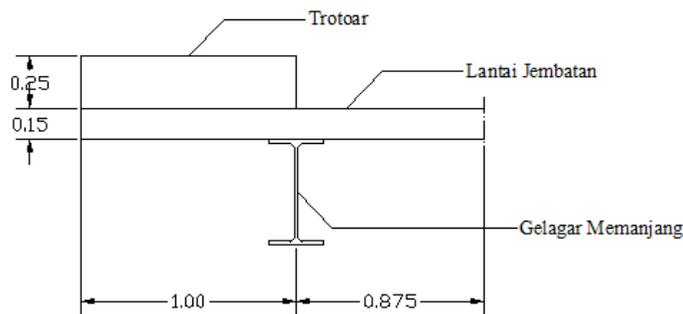


Gambar 3. Plat Lantai Jembatan

Perhitungan plat lantai dihitung berdasarkan momen lentur akibat beban mati dengan total 6,5136 kN/m dan beban “T” sebesar 112,5 kN, dimana besarnya nilai beban “T” tersebut harus disebarakan melalui bidang kontak roda dengan meninjau dua kondisi yaitu kondisi 1 (1 roda berada ditengah plat) dan kondisi 2 (2 roda berdekatan). Berdasarkan perhitungan analisa struktur didapat bahwa diperlukan tulangan susut untuk arah x dan y dengan ukuran Ø10 – 250 mm, sedangkan untuk tulangan utama fungsinya telah digantikan oleh deck baja dengan tipe combideck 870.

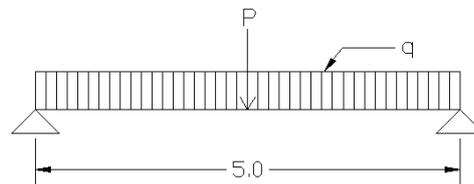
Gelagar Memanjang

- Gelagar Tepi



Gambar 4. Pembebanan Gelagar Tepi

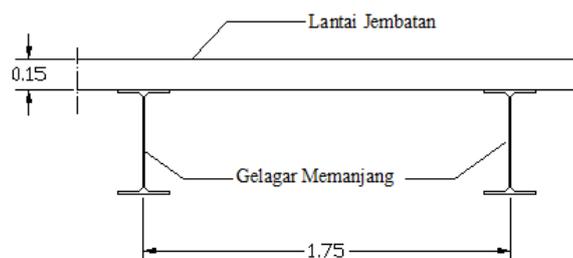
Beban yang diperhitungkan dalam perencanaan gelagar tepi adalah beban mati berupa berat trotoar, setengah berat plat lantai, berat air hujan dan berat deck baja, serta beban hidup yang dinyatakan dalam beban terbagi rata “q” dan beban garis “P”.



Gambar 5. Pembebanan Akibat Beban hidup

Berdasarkan perhitungan analisa struktur dari beban-beban diatas didapat gaya lintang sebesar 6370,458 kg dan momen sebesar 9302,915 kgm, dengan melakukan kontrol terhadap lendutan, tegangan lentur dan tegangan geser diketahui bahwa profil yang direncanakan yaitu IWF 300.200.8.12 aman digunakan dan mampu menahan gaya-gaya yang terjadi.

- Gelagar Tengah



Gambar 6. Pembebanan Gelagar Tengah

Beban yang diperhitungkan dalam perencanaan gelagar tepi adalah beban mati berupa berat plat lantai, berat perkerasan, berat air hujan dan berat deck baja, serta beban hidup yang dinyatakan dalam beban terbagi rata “q” dan beban garis “P”.

Berdasarkan perhitungan analisa struktur dari beban-beban diatas didapat gaya lintang sebesar 9612,425 kg dan momen sebesar 17374,906 kgm, dengan melakukan kontrol terhadap lendutan, tegangan lentur dan tegangan geser diketahui bahwa profil yang direncanakan yaitu IWF 300.200.8.12 aman digunakan dan mampu menahan gaya-gaya yang terjadi.

Gelagar Melintang

- Kondisi Pre Komposit

Kondisi pre komposit merupakan kondisi saat gelagar melintang dan pelat beton belum menjadi satu kesatuan struktur komposit karena pelat beton belum mengeras. Pada kondisi pre komposit beban yang bekerja hanya beban mati pelat beton, gelagar memanjang dan gelagar melintang saja.

Berdasarkan perhitungan analisa struktur dari beban-beban diatas didapat gaya lintang sebesar 15442,565 kg dan momen sebesar 33725,69 kgm, dengan melakukan kontrol terhadap lendutan, tegangan lentur dan tegangan geser diketahui bahwa profil yang direncanakan yaitu IWF 700.300.13.24 aman digunakan dan mampu menahan gaya-gaya yang terjadi.

- Kondisi Post Komposit

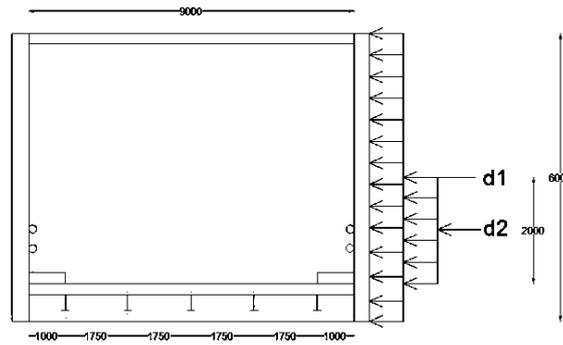
Kondisi post komposit merupakan kondisi saat pelat beton telah mengeras sehingga gelagar melintang dan pelat beton telah menjadi satu kesatuan struktur komposit dan beban hidup, perkerasan dan lain-lain sudah bekerja.

Berdasarkan perhitungan analisa struktur dari beban-beban diatas didapat gaya lintang sebesar 52169,33 kg dan momen sebesar 124901,619 kgm, dengan melakukan kontrol terhadap lendutan, tegangan lentur dan tegangan geser diketahui bahwa profil yang direncanakan yaitu IWF 700.300.13.24 aman digunakan dan mampu menahan gaya-gaya yang terjadi.

Ikatan Angin

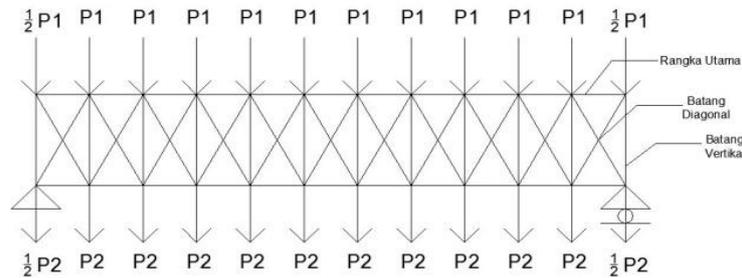
Ikatan angin berfungsi untuk menahan gaya akibat tekanan angin horizontal, dan sebagai pengikat antara struktur rangka induk sehingga struktur lebih kaku.

Menurut RSNI-T-02-2005 tentang standart pembebanan untuk jembatan, luas ekuivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang masif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Untuk jembatan rangka luas ekivalen ini dianggap 30 % dari luas yang dibatasi oleh batang-batang bagian terluar. Apabila suatu kendaraan sedang berada diatas jembatan beban garis merata tambahan arah horisontal harus diterapkan pada permukaan lantai.



Gambar 7. Penyebaran Beban Ikatan Angin

Beban yang terjadi kemudian disalurkan ke tiap-tiap joint pada ikatan angin.



Gambar 8. Penyebaran Beban dan Pemodelan Struktur Ikatan Angin

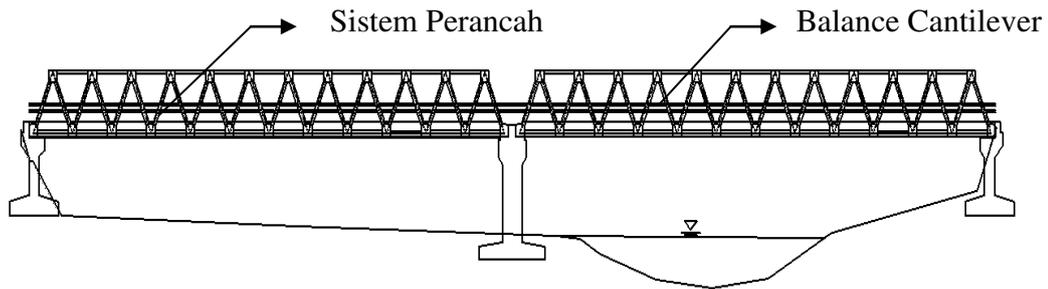
Analisa Perhitungan menggunakan software SAP 2000 dimana didapat gaya batang terbesar yang kemudian dilakukan kontrol terhadap kekuatan dan kelangsingan profil. Profil yang digunakan adalah profil IWF 200.100.5,5.8 untuk batang vertikal ikatan angin atas, profil L 110.110.12 untuk batang diagonal ikatan angin atas dan profil L120.120.15 untuk batang diagonal ikatan angin bawah, diketahui bahwa profil-profil tersebut aman dalam menerima gaya-gaya yang terjadi.

Rangka Induk

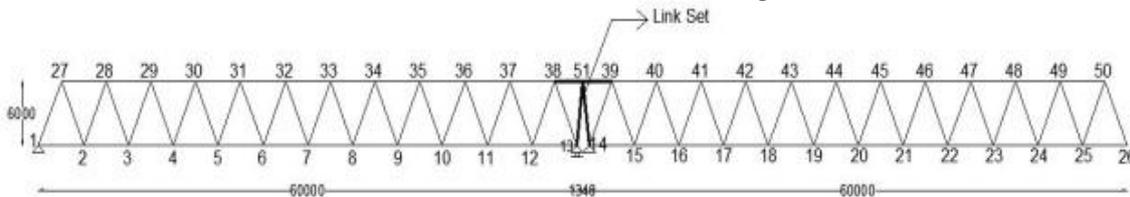
Rangka induk berfungsi sebagai penopang seluruh beban yang terjadi pada struktur atas dan menyalurkannya ke abutment dan pilar. Perhitungan pendimensian rangka induk mempertimbangkan dua kondisi yaitu saat konstruksi dan pasca konstruksi.

- Saat konstruksi

Perhitungan saat konstruksi disesuaikan dengan metode pelaksanaan yang digunakan, dalam perencanaan alternatif desain Jembatan Jurang Gempal metode pelaksanaan yang digunakan adalah semi kantilever yaitu metode dengan satu bentang menggunakan sistem perancah dan satu bentang lainnya menggunakan balance cantilever. Sistem perancah digunakan untuk 60 m bentang pertama, sedangkan balance cantilever digunakan untuk 60 m pada bentang kedua. Pada saat konstruksi perhitungan pembebanan hanya akan memperhitungkan beban mati struktur (Rangka, gelagar dan ikatan angin) dan beban pekerja sebagai beban hidupnya, sedangkan beban hidup akibat beban lalu lintas dan beban mati struktur termasuk berat plat, sandaran serta trotoar diperhitungkan ketika struktur rangka induk jembatan telah terpasang seutuhnya.

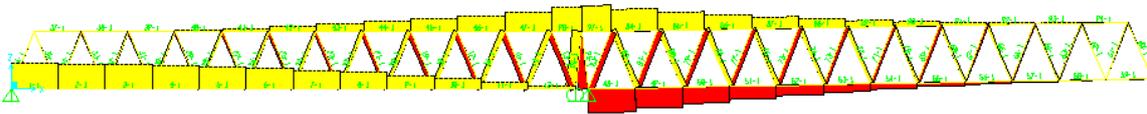


Gambar 9. Metode Pelaksanaan Rangka Induk



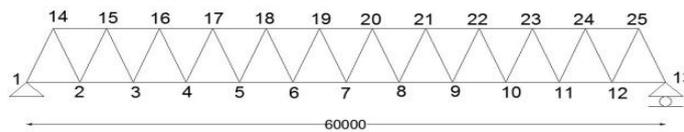
Gambar 10. Pemodelan Struktur Rangka Induk Saat Konstruksi

Analisa struktur menggunakan software SAP 2000 dimana didapat kesimpulan bahwa gaya tarik semakin membesar menuju tumpuan pada batang horisontal bawah bentang pertama dan pada batang link set, selain itu semua batang horisontal atas pada bentang pertama mengalami gaya tarik, sedangkan batang tekan semakin membesar menuju tumpuan pada batang horisontal bawah bentang kedua. Hal ini menunjukkan bahwa pada bentang pertama mengalami gaya tarik yang cukup besar akibat perilaku balance cantilever.



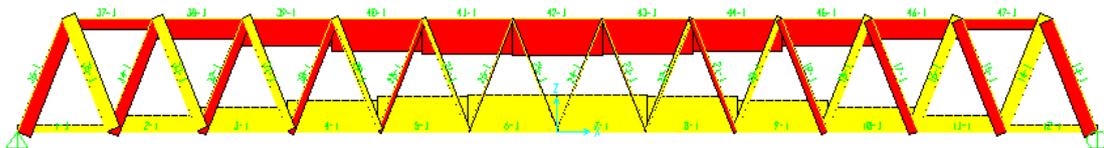
Gambar 11. Output Sap 2000 Rangka Induk saat Konstruksi

- Pasca konstruksi



Gambar 12: Pemodelan Struktur Rangka Induk Pasca Konstruksi

Pada kondisi ini beban lalu lintas sudah diperhitungkan untuk diterima oleh jembatan. Berdasarkan hasil analisa SAP 2000 menunjukkan bahwa gaya tarik semakin membesar menuju tengah bentang pada batang horisontal bawah dan gaya tekan semakin membesar mendekati tengah bentang pada batang horisontal atas.



Gambar 13. Output SAP 2000 Rangka Induk Pasca Konstruksi

Selanjutnya, dilakukan kontrol terhadap kekuatan dan kelangsingan profil dengan gaya batang terbesar dari dua kondisi diatas pada tiap-tiap batang. Profil yang digunakan adalah profil IWF 428.407.20.35, diketahui bahwa profil tersebut aman digunakan dan mampu menahan gaya-gaya yang terjadi. Sambungan yang digunakan antara rangka induk dengan rangka induk, antara rangka induk dengan gelagar melintang, antara rangka induk dengan ikatan angin dan antara ikatan angin dengan ikatan angin serta antara gelagar melintang dengan gelagar memanjang adalah sambungan baut, sedangkan untuk sambungan antara *shear connector* ke gelagar melintang dan *deck* baja menggunakan sambungan las.

Perhitungan Struktur Bawah

Struktur bawah jembatan berfungsi menyalurkan beban yang diterima dari struktur atas ke pondasi. Perhitungan struktur bawah meliputi plat injak, wing wall, abutment, pilar serta pondasi bored pile.

Abutment

Abutment merupakan struktur bawah jembatan yang berada di ujung-ujung jembatan. pada umumnya abutment dilengkapi dengan konstruksi sayap (*wing wall*) yang berfungsi penahan tanah pada arah tegak lurus as jembatan dan menyalurkan beban dari plat injak ke abutment. Berikut langkah-langkah perhitungan *abutment*.

1. Menentukan bentuk dan dimensi rencana penampang abutment serta mutu beton dan tulangan yang akan digunakan.
2. Menentukan pembebanan yang terjadi pada *abutmen* :
 - Beban mati berupa berat sendiri, berat tanah timbunan dan berat bangunan yang berada diatasnya.
 - Beban hidup bangunan atas.
 - Beban primer lainnya berupa beban kejut dan tekanan tanah.
 - Beban sekunder berupa rem dan gesekan pada tumpuan.
 - Beban gempa.
3. Menghitung momen, gaya normal dan gaya geser yang terjadi akibat kombinasi dari beban – beban yang bekerja.
4. Kontrol stabilitas *abutment* terhadap guling, geser, eksentrisitas dan daya dukung tanah.

$$\text{- Kontrol Guling (Fg)} = \frac{\sum MV}{\sum MH} \geq SF \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{- Kontrol Geser (Fs)} = \frac{\sum V \times \tan \delta + Ca \times B}{\sum H} \geq SF \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{- Eksentrisitas (e)} = \frac{B}{2} - \frac{\sum Mv - \sum Mh}{\sum V} < \frac{B}{6} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{- Daya dukung tanah } \sigma = \frac{\sum V}{A} \pm \frac{\sum MV + \sum MH}{W} \leq \sigma_{all} = 1/3Qult \dots\dots\dots (4)$$

5. Menghitung kebutuhan tulangan berdasarkan gaya-gaya yang terjadi.

Pilar

Pilar identik merupakan struktur jembatan yang berada di tengah bentang dan memiliki kemiripan dengan abutment. Perbedaan kedua struktur ini berada pada letak dan konstruksinya. Fungsi pilar adalah untuk memperpendek bentang bentang jembatan yang

terlalu panjang oleh karena itu tidak semua panjang memiliki pilar. Pilar hanya didesain untuk jembatan panjang dan jumlah pilar juga tergantung kepada panjang jembatan.

Langkah-langkah perencanaan pilar sama dengan perencanaan abutment. Pada perencanaan jembatan yang melintasi sungai atau perairan yang memiliki aliran maka perlu dipertimbangkan bentuk dinding pilar. Bentuk yang lebih ekonomis adalah bentuk bulat atau oval karena tidak ada perubahan pengaruh jika arah arus berubah meskipun sulit dalam pelaksanaannya.

Pondasi

Perhitungan pondasi diawali dengan perhitungan daya dukung tiang dengan menggunakan dua data yaitu data SPT dan *summary of soil* dari kedua data tersebut diambil daya dukung tiang yang terkecil. Selanjutnya, menghitung kekuatan tiang dalam group. Daya dukung ini yang digunakan untuk kontrol terhadap gaya-gaya yang terjadi. Berdasarkan perhitungan didapat jumlah pondasi untuk 1 abutment sebanyak 12 buah (2 lajur 6 baris) sedangkan pada pilar 18 Buah (3 lajur 6 baris).

KESIMPULAN

Dari proses perencanaan Jembatan Jurang Gempal diperoleh hasil sebagai berikut.

1. Lokasi Jembatan Jurang Gempal menggunakan lokasi lama dengan bentang jembatan 2x60 meter dan lebar jembatan 9 meter dengan lebar ruas jalan 2x3,5 meter lebar trotoar 2x1 meter.
2. Struktur atas menggunakan rangka baja dengan komponen struktur terdiri dari rangka induk profil IWF 428.407.20.35, gelagar melintang 700.300.13.24, gelagar memanjang 300.200.8.12 dan plat lantai kendaraan tebal 15 cm serta ikatan angin atas dan bawah.
3. Konstruksi antar gelagar melintang dan plat lantai kendaraan dibuat komposit dengan menggunakan *shear connector* sebagai penghubung geser dan deck baja untuk mempertahankan struktur komposit menjadi satu kesatuan.
4. Struktur bawah menggunakan dua *abutment* tinggi 7 meter dan satu pilar tinggi 9 meter. Digunakan plat injak dan wingwall sebagai penunjang fungsi bangunan bawah.
5. Berdasarkan hasil pengujian bor diketahui bahwa tanah dasar merupakan jenis pasir dengan tanah keras berada ada kedalaman 10 meter sehingga direncanakan menggunakan pondasi bored pile.

DAFTAR PUSTAKA

- Soemarto, C.D., 1999. *Hidrologi Teknik*, Erlangga, Jakarta.
- Pudjianto, Bambang, dkk, 2004. *Buku Ajar Perencanaan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro*, Semarang.
- Dinas Pekerjaan Umum, 1992. *Bridge Design Manual Section 3 Selection and Design of Superstructure, Substructure and Foundation*, Direktorat Jendral Bina Marga.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN), Standar *Pembebanan Untuk Jembatan (RSNI T02–2005)*
- Setiawan, Agus, 2013. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD Edisi Kedua*, Erlangga, Jakarta.
- K.H, Sungono, 1984. *Buku Teknik Sipil*, Nova, Bandung.