

ANALISIS PEMBEBANAN KONSTRUKSI JEMBATAN RANGKA BAJA YANG DILAKUKAN SECARA BERTAHAP DENGAN TINJAUAN GAYA MOMEN PADA TIAP BATANG

Joko Triyanto¹, Zulfikar Djauhari², Monita Olivia³

Magister Teknik Sipil Program Pasca Sarjana Universitas Riau

E-mail: Jokotriyanto445@yahoo.com¹, Zulfikar.djauhari@lecture.unri.ac.id²,

Monita.olivia@lecture.unri.ac.id³

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konstruksi rangka baja apabila dilakukan pekerjaannya secara bertahap. Jembatan Birandang merupakan salah satu jembatan rangka baja di Provinsi Riau dengan panjang bentang 140 m dipilih sebagai contoh. Model elemen hingga jembatan dimodelkan menggunakan sap2000 menyesuaikan data jembatan. Variasi pembebanan dengan 2 permodelan jembatan yang berbeda dilakukan untuk mengetahui gaya momen dari suatu struktur. Analisis permodelan dengan atau tanpa tahap konstruksi hasilnya dibandingkan. Permodelan bertahap menggunakan nonlinear stage construction. Hasil analisis menunjukkan bahwa 2. Perilaku umum gaya dalam pada analisis jembatan konstruksi secara konvensional menghasilkan nilai momen lebih besar, bila dibandingkan dengan analisis jembatan konstruksi secara bertahap (stage).

Kata Kunci: Analisis Pembebanan, Konstruksi Jembatan Rangka Baja, Bertahap, Gaya momen

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Jembatan rangka baja (steel bridge) adalah suatu konstruksi yang dibuat dari susunan batang-batang baja yang membentuk kumpulan segitiga, dimana setiap pertemuan beberapa batang disambung pada alat pertemuan/simpul dengan menggunakan alat penyambung (baut, paku keeling dan las lumer). Jembatan Birandang merupakan salah satu jembatan rangka baja di Provinsi Riau dengan panjang bentang 140 m, dibangun dari dana APBD Provinsi Riau Tahun Anggaran 2012 sampai 2016 dan pembangunannya dilakukan secara bertahap.

Pada suatu pekerjaan jembatan rangka baja umumnya engineer dituntut untuk menjaga tingkat keamanan, kenyamanan, waktu, biaya dan tenaga. Dalam pelaksanaan pemasangan rangka baja diperlukan ketelitian engineer mengukur beban masing-masing komponen, dikarenakan pemasangannya dilakukan secara bertahap. Sehingga untuk menjaga keamanan struktur rangka baja saat pemasangan diperlukan analisa pembebanan struktur jembatan baik secara bertahap maupun menerus. Untuk memprediksi, permodelan dan analisis pembebanan bisa dilakukan dengan menggunakan bantuan software sap2000.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis konstruksi rangka baja apabila dilakukan pekerjaannya secara bertahap. Permasalahan yang akan dibahas adalah analisis konstruksi rangka baja apabila pengerjaannya dilakukan secara bertahap (stage). Penelitian ini memiliki batasan masalahnya antara lain :

- Tipe pemodelan jembatan rangka baja yang digunakan adalah jembatan rangka baja standar PU.
- Pemodelan dan analisis konstruksi rangka baja menggunakan bantuan software Sap2000.
- Pemodelan penampang struktur konstruksi jembatan rangka baja 3 dimensi.
- Pembebanan yang digunakan yaitu beban mati (berat sendiri bangunan), beban hidup, beban gempa dan beban angin.
- Pembebanan untuk jembatan rangka baja menggunakan standar SNI.
- Perbandingan 2 model konstruksi jembatan rangka baja.

KAJIAN PUSTAKA

Penelitian Terdahulu

M. Gunaydin, dkk (2012) melakukan penelitian analisis tahap konstruksi jembatan gantung Fatih Sultan Mehmet dengan menggunakan sifat material bergantung waktu. Permodelan jembatan dilakukan dengan menggunakan software Sap 2000. Permodelan dilakukan dengan membandingkan

konstruksi bertahap dan konstruksi tidak bertahap. Konstruksi jembatan dianalisis secara bertahap (stage) dengan total stage 33 dalam jangka waktu durasi pekerjaan 604 hari. Sifat material tergantung waktu dianalisis pada deck jembatan. Material deck jembatan adalah baja pratekan. Pembahasan penelitian yaitu terjadi deformasi pada tahapan (stage) konstruksi jembatan. Deformasi yang dibahas yaitu displacement (perpindahan) dan gaya momen lentur.

A. C. Altunisik, dkk (2010) melakukan penelitian analisis tahap konstruksi jembatan balance cantilever Komurhan dengan menggunakan sifat material bergantung waktu. Permodelan jembatan dilakukan dengan menggunakan software Sap 2000. Permodelan dilakukan dengan membandingkan konstruksi bertahap dan konstruksi tidak bertahap. Konstruksi jembatan dianalisis secara bertahap (stage) dengan total stage 51 dalam jangka waktu durasi pekerjaan 10000 hari. Sifat material tergantung waktu dianalisis pada deck jembatan. Material deck jembatan adalah beton prategang. Pembahasan penelitian yaitu terjadi deformasi pada tahapan (stage) konstruksi jembatan. Deformasi yang dibahas yaitu displacement (perpindahan) dan gaya momen lentur.

M. Gunaydin, dkk (2014) melakukan penelitian analisis tahap konstruksi jembatan gantung Bosporus dengan menggunakan sifat material bergantung waktu pada kondisi tanah yang berbeda-beda. Permodelan jembatan dilakukan dengan menggunakan software Sap 2000. Permodelan dilakukan dengan membandingkan konstruksi bertahap dan konstruksi tidak bertahap. Konstruksi jembatan dianalisis secara bertahap (stage) dengan total stage 31 dalam jangka waktu durasi pekerjaan 800 hari untuk tanpa mempertimbangkan kondisi tanah dan durasi pekerjaan 950 hari dengan mempertimbangkan kondisi tanah. Sifat material tergantung waktu dianalisis pada deck jembatan. Material deck jembatan adalah baja pratekan. Pembahasan penelitian yaitu terjadi deformasi pada tahapan (stage) konstruksi jembatan. Deformasi yang dibahas yaitu displacement (perpindahan) dan gaya momen lentur.

I. Hidayat (2011), melakukan penelitian analisis tahap konstruksi jembatan Cable Stayed Suramadu dengan menggunakan sifat material bergantung waktu. Permodelan jembatan dilakukan dengan menggunakan software Midas/civil. Permodelan dilakukan dengan membandingkan forward assemblage analysis dan backward disassemblage analysis. Untuk forward assemblage analysis pelat dimodelkan sebagai non komposit serta menggunakan standar CEB-FIP dan ACI Konstruksi jembatan dianalisis secara bertahap (stage) dengan total stage 89 dalam jangka waktu durasi pekerjaan 3000 hari. Pembahasan penelitian yaitu terjadi penurunan besaran lendutan pada gelagar dan gaya kabel.

Jembatan Rangka Baja

Jembatan rangka baja (steel bridge) adalah suatu konstruksi yang dibuat dari susunan batang-batang baja yang membentuk kumpulan segitiga, dimana setiap pertemuan beberapa batang disambung pada alat pertemuan/simpul dengan menggunakan alat penyambung (baut, paku keling dan las).

Jembatan rangka (truss bridges) memiliki tipe yang cukup banyak dan telah berkembang sejak lama. Ada beberapa tipe jembatan rangka (truss bridges) yang dapat digunakan diantaranya yaitu pratt truss, parker pratt truss, baltimore pratt truss, pennsylvania-petit pratt truss, warren truss, subdivided warren truss, howe truss, witchert truss dan cantilever through top truss.

Tipe jembatan rangka baja yang umum digunakan diindonesia adalah tipe warren. Salah satu tipe warren yang diproduksi diindonesia yaitu Transfield (Trans-Bakrie) yang berasal dari Australia, Waagner Biro yang berasal dari Austria, Callender Hamilton (CH) yang berasal dari Inggris dan Standar Dinas Pekerjaan Umum (PU).

Pemodelan Konstruksi Secara Bertahap

Dari rujukan penelitian terdahulu, pemodelan konstruksi jembatan rangka baja dilakukan dengan model bertahap (stage) dan tidak bertahap (konvensional) Model elemen hingga menggunakan program perangkat lunak Sap2000. Program tersebut digunakan untuk menganalisis linier dan non linier, statis dan dinamis.

Pada penelitian ini, menggunakan data Jembatan Birandang untuk permodelan. Total tahapan (stage) untuk konstruksi bertahap adalah 3 stage. Analisis dilakukan untuk mendapatkan perilaku dari jembatan rangka baja yang diberikan beban. Perilaku yang ditinjau yaitu gaya momen.

Konsep Analisis Struktur

Konsep-konsep dasar analisis struktur yang dipakai untuk identifikasi permodelan adalah deformasi aksial (axial deformation) terjadi akibat gaya aksial P yang bekerja, batang akan mengalami deformasi (perubahan bentuk) aksial dan menimbulkan perpindahan (displacement) berupa translasi searah sumbu batang (Δ).

Deformasi lentur (flexural deformation) terjadi akibat momen lentur M yang bekerja, batang akan mengalami deformasi lentur dan menimbulkan perpindahan (displacement) berupa translasi searah tegak lurus sumbu batang (Δ) dan rotasi terhadap sumbu yang tegak lurus bidang struktur (θ).

Prinsip superposisi hanya terbatas berlakunya pada kondisi dimana hubungan antara aksi dengan displacements adalah elastis-linier. Pengaruh beberapa pembebanan pada struktur dapat diperoleh dengan menjumlahkan pengaruh masing-masing pembebanan yang dikerjakan sendiri-sendiri secara terpisah.

Pembebanan

Pada peraturan pembebanan untuk jembatan Standar Nasional Indonesia 1725 : 2016 aksi-aksi (beban) digolongkan berdasarkan sumbernya yaitu:

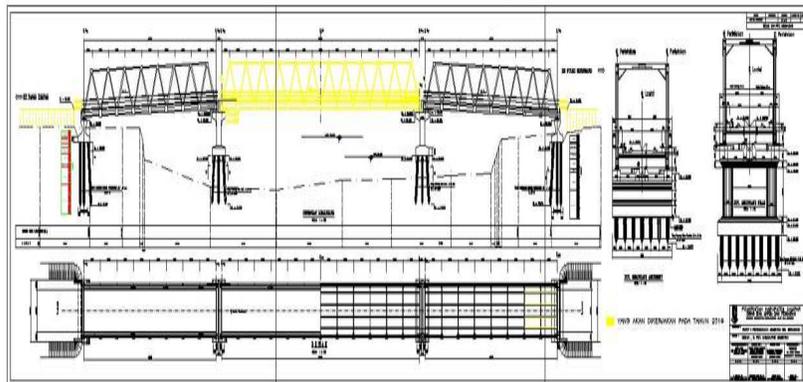
- Beban Mati**
Beban mati adalah semua beban tetap yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur. tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya.
- Beban hidup**
Beban hidup adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak/lalu lintas dan/atau pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan.
- Beban Angin**
Beban angin yang diperhitungkan yaitu tekanan angin atas, tekanan angin bawah, tekanan angin pada struktur, dan tekanan angin pada kendaraan
- Beban Gempa**
Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respons elastic (C_{sm}) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan factor modifikasi respons (R_d).

METODOLOGI PENELITIAN

Deskripsi jembatan Birandang

Jembatan Birandang merupakan jembatan rangka baja yang dibangun oleh Dinas Bina Marga Provinsi Riau dengan sumber dana Anggaran Pendapatan Belanja Daerah (APBD) Pemerintah Provinsi Riau mulai tahun 2012 hingga tahun 2016. Nama jembatan birandang berasal dari daerah tempat pembangunan jembatan yaitu di desa Pulau Birandang kecamatan Kampar Timur kabupaten Kampar provinsi Riau. Gambar detail jembatan Birandang ditunjukkan pada Gambar 1.

Jenis konstruksi jembatan Birandang merupakan jembatan rangka baja standar klas B. Panjang bentang utama jembatan adalah $40\text{ m} + 60\text{ m} + 40\text{ m} = 140\text{ m}$. Panjang bentang pendekat $\pm 200\text{ m}$. Struktur terdiri atas 2 abutment dan 2 pilar. Jenis pondasi abutment adalah tiang pancang beton $\varnothing 45\text{ cm}$ dan pondasi pilar adalah pipa baja $\varnothing 50\text{ cm}$. Tinggi muka air banjir jembatan $22,88\text{ m}$. Lebar jembatan adalah 6 m , lebar trottoar adalah $2 \times 0,5\text{ m}$ dan tinggi jembatan adalah $6,5\text{ m}$.



Gambar 1. Gambar detail jembatan Birandang
(Sumber : Dinas PU Provinsi Riau)

Material yang penyusun utama jembatan rangka baja Birandang yaitu beton dan baja. Mutu beton yang dipakai untuk lantai jembatan adalah beton mutu K-350 ($f_c' = 30$), sedangkan mutu baja yang dipakai untuk konstruksi rangka baja jembatannya yaitu BJ-37.

Dimensi masing-masing penampang batang rangka baja yaitu bottom chord (WF.400.300.12.12), stringer (WF.400.150.12.12), cross girder (WF.840.300.12.12), top chord (WF.400.300.12.12), diagonal (WF.400.300.12.12), end portal (WF.150.150.6.6), dan top bracing (WF.150.150.6.6). Pipa sandaran (railing) memakai pipa galvanis Ø 4”.

Perhitungan beban Jembatan Rangka Baja

Dalam menghitung beban untuk jembatan rangka baja menyesuaikan SNI sesuai literatur. Faktor pembebanan untuk kombinasi (konvensional) dan bertahap (stage) dirincikan pada Tabel 1.

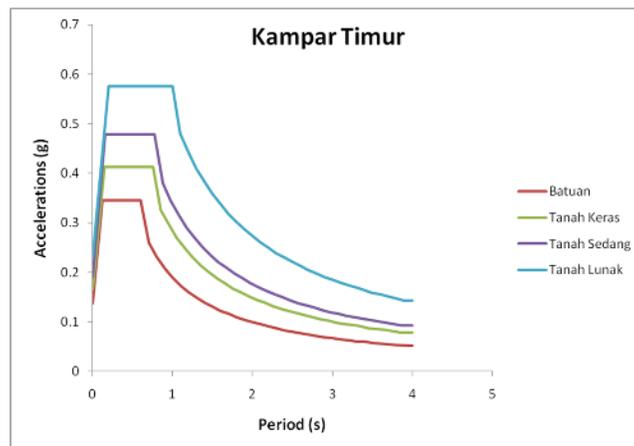
Tabel 1. Faktor beban kombinasi dan stage untuk analisis permodelan

Aksi/Beban	Faktor Beban	Kombinasi				Stage		
		1	2	3	4	1	2	3
1. Aksi Tetap								
Berat sendiri	KMS	1.3	1.3	1.3	1.3	1	1	1
Beban Mati Tambahan	KMA	2	2	2	2			
2. Aksi Transien								
Beban Lajur "D" (UDL+KEL)	KTD	2	1	1				
Gaya Rem	KTB	2	1	1				
Beban Trotoar	KTP		2					
3. Aksi Lingkungan								
Pengaruh Temperatur	KET	1	1.2	1.2				
Beban Angin	KEW	1		1.2				
Beban Gempa	KEQ				1			

Hasil perhitungan beban sesuai SNI didapat nilai yaitu aksi tetap (berat sendiri (QMS) = 2.907 kN/m; beban mati tambahan (qMA) = 2.69 kN/m²)

Aksi transien (beban lajur D = beban merata (UDL) pada lantai jembatan = qTD = 5.933 kN/m²; beban garis (KEL) pada lantai jembatan = PTD = 58.530 kN/m; gaya rem tersebut di distribusikan ke setiap joint pertemuan balok lantai jembatan dengan jumlah joint, n = 203. Gaya rem pada setiap joint, TTB = 3.94 kN; pembebanan untuk pejalan kaki = QTP = 1.76 kN/m

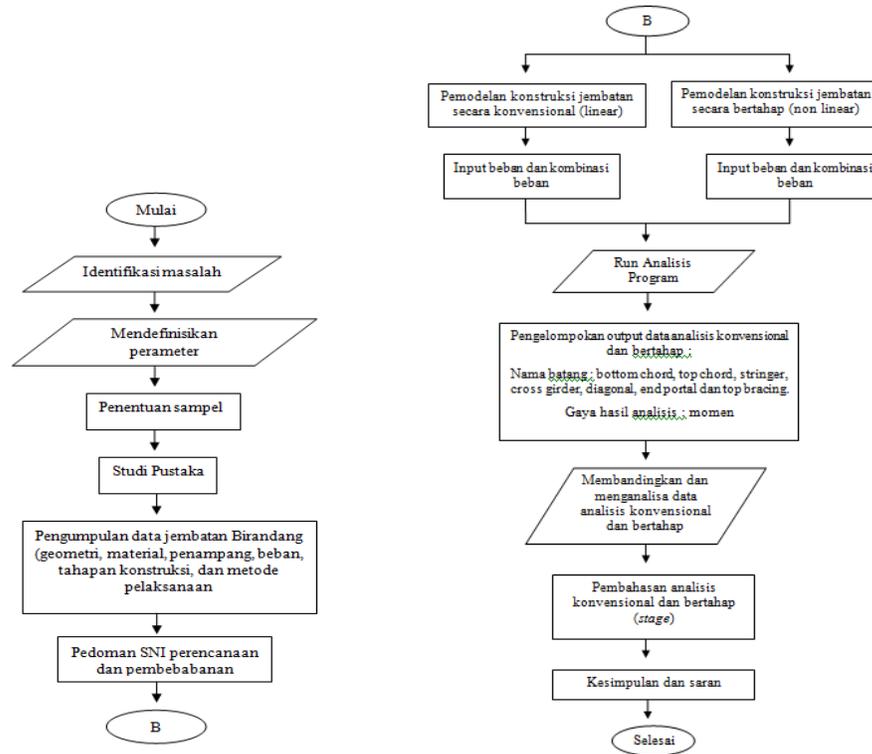
Aksi lingkungan (pengaruh Temperatur = ΔT = 15 °; beban angin penampang terbesar rangka batang bagian memanjang jembatan (TEW) = 0.276 kN/m, transfer beban angin ke lantai jembatan (T'EW) = 1.05 kN/m; Beban gempa menggunakan metode dinamik response spectrum. Metode ini didapat melalui website.puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spectra_indonesia_2011/. Daerah yang digunakan untuk mencari nilai respons spectrum sesuai contoh permodelan yaitu di Kecamatan Kampar Timur Kabupaten Kampar – Riau. Nilai response spectrum yang digunakan untuk permodelan yaitu jenis tanah yang berbatuan. Sumbu yang di pakai permodelan yaitu sumbu X (U1) dan Y (U2) dengan skala factor 1. Analisis dinamik dilakukan dengan metode superposisi spectrum response, dengan kombinasi dinamis (CQC method). Grafik Respons Spektrum Kampar Timur ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Respons Spektrum Kampar Timur

Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Bagan alir penelitian

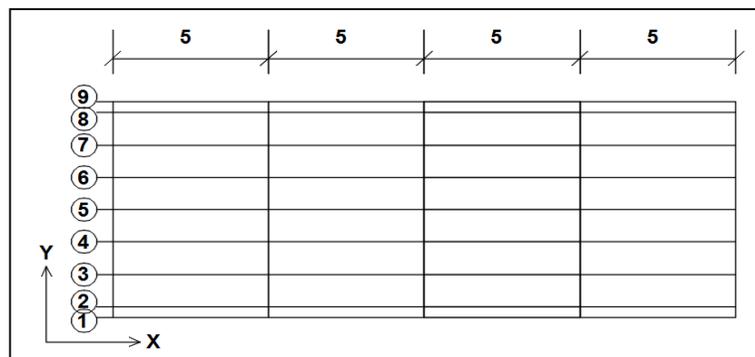
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Pembebanan Konstruksi Konvensional dan Konstruksi Bertahap (stage)

Analisis pembebanan jembatan rangka baja dengan konstruksi konvensional dilakukan dengan memberikan beban pada model jembatan dan mengkombinasikan beban tersebut untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Analisis pembebanan jembatan rangka baja dengan konstruksi bertahap (stage) dilakukan dengan menggunakan salah satu fitur non-linear staged construction, yaitu dimana jembatan dirancang bertahap menyesuaikan bentang yang ada dengan total panjang bentang jembatan 140 m. Tahap 1 dimulai dengan bentang 40 m, tahap ke 2 bentang 40 m sedangkan tahap ke 3 yaitu bentang 60 m. Setiap tahapan diberikan beban sesuai dengan beban perhitungan manual.

Analisis konvensional dan bertahap secara otomatis dihitung melalui program sap2000. Dari hasil pemodelan, pembebanan dan analisis, selanjutnya dilakukan pengumpulan data nilai maksimum dari momen lentur.

Pembahasan secara detail perbandingan nilai momen analisis konstruksi jembatan rangka baja konvensional dan bertahap dijelaskan dengan meninjau masing-masing rangka batang dari model jembatan rangka baja. Skema pembahasan masing-masing batang sesuai grid (baris) ditunjukkan pada Gambar 4.

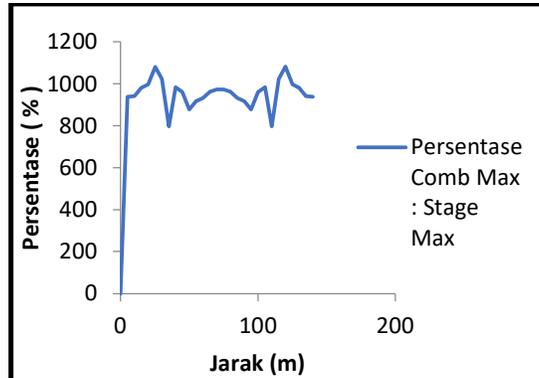


Gambar 4. Sketsa baris (grid) untuk pembahasan hasil analisis

Hasil perbandingan gaya momen analisis konvensional dan bertahap (stage) dirincikan sesuai jenis rangka batang. Untuk pembahasan nilai perbandingan analisis konvensional dan bertahap (stage) disetiap rangka batang yang jumlah letak rangkanya lebih dari 1, maka dipakai nilai perbandingan yang terbesar untuk mewakili batang yang lainnya.

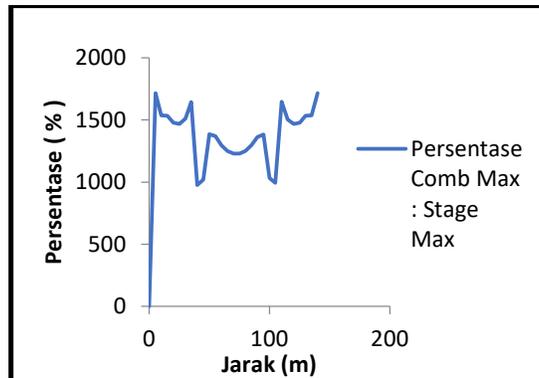
Gaya Momen Bottom Chord Grid 9

Grafik Gambar 5 adalah grafik persentase perbandingan gaya momen analisis konvensional dengan bertahap rangka Bottom Chord grid 9. Persentase perbandingan gaya momen maksimum pada bentang 0 sampai 40 adalah 1081.324 %. Untuk bentang 40 sampai 100 persentasenya adalah 973.597 %. Sedangkan untuk bentang 100 sampai 140 persentasenya adalah 1081.197 %. Nilai rata-rata persentase perbandingan gaya momen analisis konvensional dengan bertahap rangka Bottom Chord grid 9 adalah 954.698 %.



Gambar 5. Grafik persentase perbandingan gaya Momen analisis konvensional dan bertahap rangka Bottom Chord Grid 9

Gaya Momen Stringer Grid 5



Gambar 6. Grafik persentase perbandingan gaya Momen analisis konvensional dan bertahap rangka Stringer Grid 5

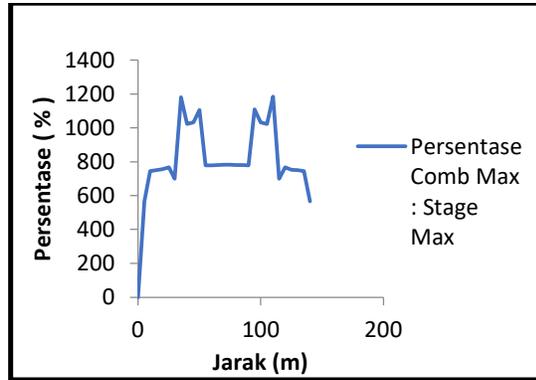
Grafik Gambar 6 adalah grafik persentase perbandingan gaya momen analisis konvensional dengan bertahap rangka Stringer grid 5. Persentase perbandingan gaya momen maksimum pada bentang 0 sampai 40 adalah 1716.861 %. Untuk bentang 40 sampai 100 persentasenya adalah 1386.465 %. Sedangkan untuk bentang 100 sampai 140 persentasenya adalah 1716.861 %. Nilai rata-rata persentase perbandingan gaya momen analisis konvensional dengan bertahap rangka Stringer grid 5 adalah 1387.597 %.

Gaya Momen Stringer Grid 8

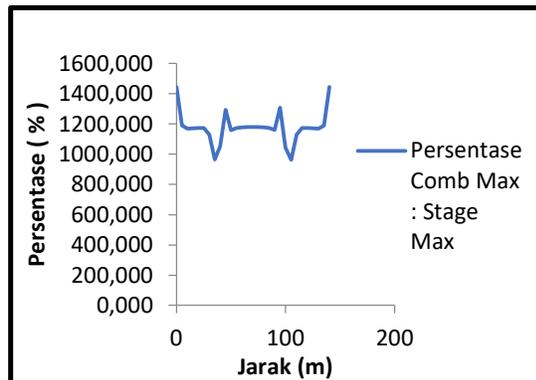
Grafik Gambar 7 adalah grafik persentase perbandingan gaya momen analisis konvensional dengan bertahap rangka Stringer grid 8. Persentase perbandingan gaya momen maksimum pada bentang 0 sampai 40 adalah 1181.084 %. Untuk bentang 40 sampai 100 persentasenya adalah 1108.264 %. Sedangkan untuk bentang 100 sampai 140 persentasenya adalah 1184.610 %. Nilai rata-rata persentase perbandingan gaya momen analisis konvensional dengan bertahap rangka Stringer grid 8 adalah 838.790 %.

Gaya Momen Cross Girder

Grafik Gambar 8 adalah grafik persentase perbandingan gaya momen analisis konvensional dengan bertahap rangka Cross Girder. Persentase perbandingan gaya momen maksimum pada bentang 0 sampai 40 adalah 1444.663 %. Untuk bentang 40 sampai 100 persentasenya adalah 1306.817 %. Sedangkan untuk bentang 100 sampai 140 persentasenya adalah 1444.675 %. Nilai rata-rata persentase perbandingan gaya momen analisis konvensional dengan bertahap rangka Cross Girder adalah 1175.059 %.



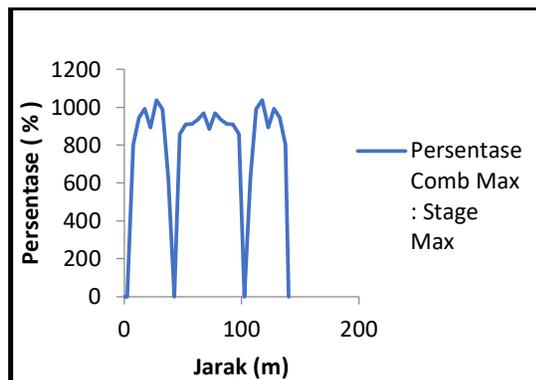
Gambar 7. Grafik persentase perbandingan gaya Momen analisis konvensional dan bertahap rangka Stringer Grid 8



Gambar 8. Grafik persentase perbandingan gaya Momen analisis konvensional dan bertahap rangka Cross Girder

Gaya Momen Top Chord Grid 9

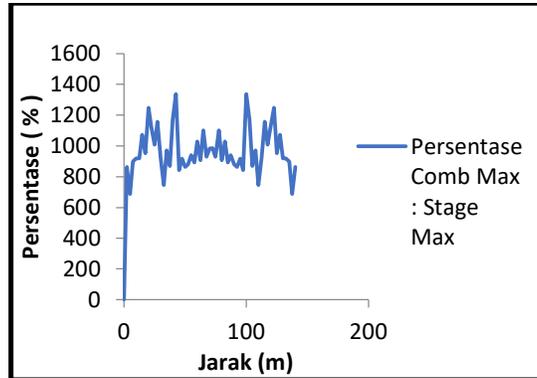
Grafik Gambar 9 adalah grafik persentase perbandingan gaya momen analisis konvensional dengan bertahap rangka Top Chord grid 9. Persentase perbandingan gaya momen maksimum pada bentang 0 sampai 42.5 adalah 1037.869 %. Untuk bentang 42.5 sampai 102.5 persentasenya adalah 967.590 %. Sedangkan untuk bentang 102.5 sampai 140 persentasenya adalah 1037.970 %. Nilai rata-rata persentase perbandingan gaya momen analisis konvensional dengan bertahap rangka Top Chord grid 9 adalah 904.422 %.



Gambar 9. Grafik persentase perbandingan gaya Momen analisis konvensional dan bertahap rangka Top Chord Grid 9

Gaya Momen Diagonal Grid 9

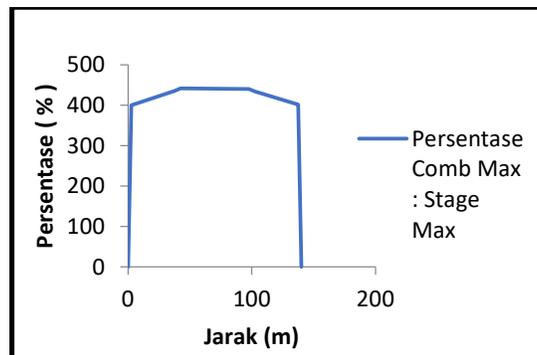
Grafik Gambar 10 adalah grafik persentase perbandingan gaya momen analisis konvensional dengan bertahap rangka Diagonal grid 9. Persentase perbandingan gaya momen maksimum pada bentang 0 sampai 40 adalah 1173.029 %. Untuk bentang 42.5 sampai 100 persentasenya adalah 1337.194 %. Sedangkan untuk bentang 102.5 sampai 140 persentasenya adalah 1249.085 %. Nilai rata-rata persentase perbandingan gaya momen analisis konvensional dengan bertahap rangka Diagonal grid 9 adalah 970.017 %.



Gambar 10. Grafik persentase perbandingan gaya Momen analisis konvensional dan bertahap rangka Diagonal Grid 9

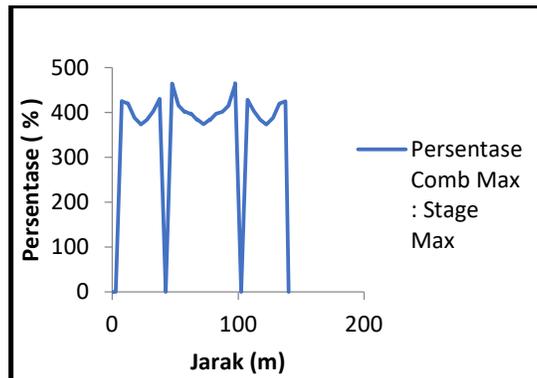
Gaya Momen End Portal

Grafik Gambar 11 adalah grafik persentase perbandingan gaya momen analisis konvensional dengan bertahap rangka End Portal. Persentase perbandingan gaya momen maksimum pada bentang 0 sampai 40 adalah 435.472 %. Untuk bentang 40 sampai 100 persentasenya adalah 441.864 %. Sedangkan untuk bentang 100 sampai 140 persentasenya adalah 434.234%. Nilai rata-rata persentase perbandingan gaya momen analisis konvensional dengan bertahap rangka End Portal adalah 425.477%.



Gambar 11. Grafik persentase perbandingan gaya Momen analisis konvensional dan bertahap rangka End Portal

Gaya Momen Top Bracing



Gambar 12. Grafik persentase perbandingan gaya Momen analisis konvensional dan bertahap rangka Top Bracing

Grafik Gambar 12 adalah grafik persentase perbandingan gaya momen analisis konvensional dengan bertahap rangka top bracing. Persentase perbandingan gaya momen maksimum pada bentang 0 sampai 40 adalah 429.952 %. Untuk bentang 40 sampai 100 persentasenya adalah 464.952 %. Sedangkan untuk bentang 100 sampai 140 persentasenya adalah 428.508 %. Nilai rata-rata persentase perbandingan gaya momen analisis konvensional dengan bertahap rangka Top Bracing adalah 405.549 %.

KESIMPULAN

Hasil analisis yang didapatkan dengan menggunakan software elemen hingga, adalah sebagai berikut :

1. Rata-rata persentase perbandingan antara gaya momen analisis konvensional terhadap analisis bertahap (stage) untuk rangka batang Bottom Chord (Grid 9) 954.698 %, Stringer (Grid 5) 1387.597 %, Cross Girder 1175.059 %, Top Chord (Grid 9) 904.422 %, Diagonal (Grid 9) 970.017 %, End Portal 425.477 % dan Top Bracing 405.549 %
2. Perilaku umum gaya dalam pada analisis jembatan konstruksi secara konvensional menghasilkan nilai momen lebih besar, bila dibandingkan dengan analisis jembatan konstruksi secara bertahap (stage).

SARAN

Saran untuk dilakukan penelitian lanjutan, antara lain :

1. Metode konstruksi bertahap (stage) diterapkan pada jembatan rangka tipe yang lain maupun jenis jembatan yang berbeda.
2. Diperlukan analisis perhitungan gaya-gaya dalam struktur (gaya aksial) dan deformasi (displacement).

REFERENSI

- Altunisik A. C, Bayraktar A, Sevim B, Adanur S, Domanic A . 2010. “*Construction stage analysis of Komurhan Highway Bridge using time dependent material properties*”. Structural Engineering and Mechanics 36-2 : 207-223.
- Asli N, Ahmad B. H. _____ . “*Analysis and Design of Continuous Prestressed Concrete Bridge based on Construction Sequence*”. Universiti Teknologi Malaysia. 204-212.
- BSN. 2005. *T-02-2005 tentang “Standar Pembebanan untuk Jembatan”*. Jakarta.
- BSN. 2005. *T-03-2005 tentang “Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan”*. Jakarta.
- BSN. 2008. *SNI 2833:2008 tentang “Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan”*. Jakarta.
- BSN. 2016. *SNI 1725:2016 tentang “Pembebanan Untuk Jembatan”*. Jakarta.
- Dipohusodo, I. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen PU. 2005. *Pedoman 07-BM-2005 tentang “Gambar standar rangka baja bangunan atas jembatan kelas A dan B”*. Jakarta.
- Gunaydin M, Adanur S, Altunisik A. C, Sevim B. 2012. “*Construction stage analysis of fatih sultan mehmet suspension bridge*”. Structural Engineering and Mechanics 42-4 : 489-505.
- Gunaydin M, Adanur S, Altunisik A. C, Sevim B, Turker E. 2014. “*Determination of structural behavior of Bosphorus suspension bridge considering construction stages and different soil conditions*”. Steel and Composite Structures 17-4 : 000-000.
- Hidayat, I. 2011. *Analisa Konstruksi Jembatan Cable-Stayed Menggunakan Metode Kantilever (Studi Kasus Jembatan Suramadu)*. Tesis Program Magister Teknik Sipil. UI: Depok.
- Mahmud, H. M .I., Omar, M.A.I., Noor, M. A. 2010. “*Effects of construction sequences on a continuous bridge*”. IABSE-JSCE Joint Conference on Advances in Bridge Engineering-II. Bangladesh, 8-10 August 2010.
- Pangestuti, A., Sandy, D.A., Mustholih., . 2015. *Jembatan Struktur Rangka Baja (Steel Truss Bridge) Pemodelan Jembatan Rangka “DAM BRIDGE”*. Bridge 2-2 : 101-116.

- Schodek, D.L. 1999. *Struktur*. Edisi Kedua. Erlangga: Jakarta.
- Septiawan H. G, Irawan D. 2013. *Desain Jembatan Baru Pengganti Jembatan Kutai Kartanegara dengan Sistem Busur*. Jurnal Teknik Sipil POM ITS 1-1 : 1-12.
- Setiawan, A. 2009. *Perencanaan Struktur Baja dengan metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Erlangga: Jakarta.
- Sub Direktorat Teknik Jembatan. 2008. *Perkuatan Struktur dan Lantai Jembatan Rangka Baja*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Suhendro, B. 2001. *Analisis Struktur Metode Matrix*. Yogyakarta : Beta Offset.