

Pengaruh Pengurangan Penampang Terhadap Kerusakan Rangka Baja

Hajar Dwianandha Octariasari.¹, Winda Tri Wahyuningtyas.² dan M. Farid Ma'ruf.³

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember
hajardwioctariasari@gmail.com

² Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember
windratri.teknik@unej.ac.id

² Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Farid.teknik@unej.ac.id

ABSTRAK

Rangka baja sering diaplikasikan dengan jembatan pada saat ini. Jembatan merupakan struktur yang membutuhkan penanganan secara dini untuk mengetahui kerusakan dan meyakinkan bahwa jembatan aman untuk dilintasi kendaraan. Kerusakan element struktur jembatan akan mempengaruhi perilaku jembatan secara menyeluruh. Penyebab kerusakan jembatan yang sering terjadi yaitu pengurangan penampang (akibat korosi) dan penurunan mutu material. Kerusakan yang terjadi perlu adanya pemantauan secara tepat untuk menghindari terjadinya kegagalan struktur. Pemantauan sangat dibutuhkan untuk penanganan secara cepat dan tepat.

Analisa dilakukan dengan program bantu struktur untuk memodelkan pengurangan penampang sebesar 5%,10%,15% dan 20%. Rangka baja dimodelkan dengan beban $P = 3\text{kg}$. Model kerusakan dibatasi dengan 8 kasus pengurangan penampang batang. Pengurangan penampang akan mengakibatkan penurunan kekakuan pada struktur, sehingga mengakibatkan perubahan nilai *displacement* dan gaya dalam (gaya geser) yang terjadi.

Nilai *displacement* meningkat 3%-5% saat dilakukan pengurangan terhadap penampang batang. Join 4 (tengah bentang) memiliki nilai kerusakan terbesar jika dibandingkan join lain yaitu sebesar -0.000003489 m pada join tumpuan (1,7) nilai *displacement* 0. Pada berbagai skenario kerusakan terbesar akibat pengurangan batang C (batang Tarik) dimana kenaikan nilai *displacement* dan gaya dalam signifikan. Gaya dalam yang ditinjau yaitu gaya geser. Rangka pada batang yang tanpa dirusak dan yang mengalami kerusakan pada batang C menunjukkan adanya perbedaan batang yang mengalami geser terbesar. Saat batang C mengalami kerusakan akan mengakibatkan kenaikan gaya geser sebesar 6% pada batangnya. Batang yang mengalami gaya geser terbesar yaitu batang D (tepat sisi C) kemudian diikuti dengan batang – batang area tumpuan dan batang yang mengalami kerusakan itu sendiri.

Kata kunci : *kerusakan rangka, displacement, pengurangan penampang, gaya dalam*

ABSTRACT

Truss frames are often applied with bridges. Bridges are structures that require early handling to find out the damage and ensure that the bridge is safe. The damage to the bridge element will affect the overall behavior of the bridge. Common cause of bridge damage is reduction of cross section (due to corrosion) and material quality decrease. Damage that occurs need monitoring to avoid the occurrence of structural failure, monitoring is needed.

The analysis with program to model the reduction of cross-section by 5%, 10%, 15% and 20%. Truss frames are modeled with a load of $P = 3\text{kg}$. The damage model is limited by 8 cases for section reduction. The reduction of the cross section will result in a decrease in the stiffness of the structure, resulting in changes in displacement values and shear forces occurring.

The displacement increased by 3% -5% when a reduction was made to the cross section. Join 4 (the middle of the span) has the greatest damage value when compared to other joints of -0.000003489 m, at number 1,7 displacement value is 0 m. In various scenarios the greatest damage is due to the reduction of C rod where the displacement and force increases significance. When the C rod is damaged shear force is increases 6% . The rod that experiences the largest shear force of the D rod (right side C) is then followed by the rods of the support area and the rod that is damaged itself.

Keywords: truss frame damage, *displacement*, cross section reduction, shear force

1. PENDAHULUAN

Rangka baja diaplikasikan sebagai jembatan rangka baja. Kerusakan element struktur pada rangka baja akan berpengaruh terhadap perilaku jembatan secara menyeluruh. Identifikasi kerusakan elemen untuk mengetahui kerusakan yang terjadi dan pengaruhnya terhadap element lain serta membantu untuk perbaikan struktur kedepannya. Kerusakan yang terjadi pada jembatan akan mengakibatkan perubahan nilai kekakuan struktur secara mendadak (Maung et al,2011). Oleh sebab itu monitoring yang dilakukan secara berkala dibutuhkan untuk meyakinkan bahwa struktur telah aman. Salah satu monitoring jembatan yaitu menggunakan metode non-destruktif secara visual sehingga dapat memprediksi kerusakan pada struktural jembatan tetapi hal tersebut membutuhkan waktu yang lama dan mahal (Chang et al., 2008).

Penelitian sebelumnya tentang studi perilaku jembatan dengan melakukan pengurangan kekuatan akibat retak pada sambungan plat buhul dengan asumsi beban truk yang berlebihan sehingga dapat menyebabkan perubahan nilai defleksi (Khusaibi., 2007). Kerusakan juga dapat dimodelkan dengan pengurangan luas penampang akibat dari adanya korosi, model kerusakan dilakukan pada balok sederhana jembatan dengan pengurangan luas penampang, momen inersia dan radius rotasi dengan adanya pengurangan tersebut sehingga mempengaruhi stabilitas pada balok tersebut (Kelly,2005). Nyarko (2011) telah melakukan penelitian pada jembatan rangka baja dengan mengurangi satu cross section. Jembatan dimodelkan dengan skala laboratorium. Mendeteksi kerusakan dengan menggunakan analisa FEM (Finite Element Method) dengan program bantu. Hasil yang didapat pada penelitian ini antara lain mengetahui batang yang paling kritis, mengetahui nilai deformasi serta perubahan gaya – gaya dalam jembatan.

Analisa kerusakan disimulasikan dengan pengembangan pola kerusakan sehingga dapat membantu proses identifikasi dengan tepat dan cepat. Kerusakan akan dimodelkan dengan pengurangan penampang sebesar 5%,10%,15 dan 20% dengan sekenario kerusakan batang sebanyak 10 skenario kerusakan. Simulasi dengan program bantu SAP 2000.14 untuk mengetahui pengaruh kerusakan terhadap nilai *displacement* dan gaya dalam.

2. DASAR TEORI

2.1 Kerusakan Rangka Baja

Rangka baja sering diaplikasikan pada struktur jembatan, kerusakan pada jembatan rangka baja yaitu retak, *fatigue*, korosi maupun pengurangan pada baut. Lokasi kerusakan yang berbeda menyebabkan perubahan nilai frekuensi alami pada struktur, perubahan tersebut dapat untuk mendeteksi lokasi kerusakan dengan adanya perubahan *mode shape*. Pengukuran dengan menggunakan frekuensi alami ini biasanya mengalami eror lebih dari 1%. (Zhu et al,2011). Salah satu untuk mendeteksi kerusakan jembatan yaitu dengan SHMS (*Structural Health Monitoring System*) teknik ananalisa ini memberikan informasi yaitu deteksi keruskan, lokasi kerusakan, tipe kerusakan dan kerusakan sejauh mana.

2.2 Identifikasi Kerusakan

Liu (2009) mendefinisikan kerusakan sebagai perubahan dari material, sifat geometris serta termasuk adanya perubahan pada kondisi batas sehingga akan mempengaruhi terhadap struktur. Nyarko (2011) membentuk pola kerusakan dengan pengurangan penampang sebesar 20% pada salah satu batang, pengurangan batang dilakukan untuk menentukan pola kerusakan. Identifikasi kerusakan dilakukan dengan metode FEM. FEM salah satu metode analisa numerik yang dapat digunakan untuk menganalisis karakteristik pada struktur. Rahmatalla et al (2013) FEM dapat digunakan untuk mengidentifikasi *stress* dan *strain* pada frekuensi alami.

3. METODE

3.1 Penentuan Pola Kerusakan

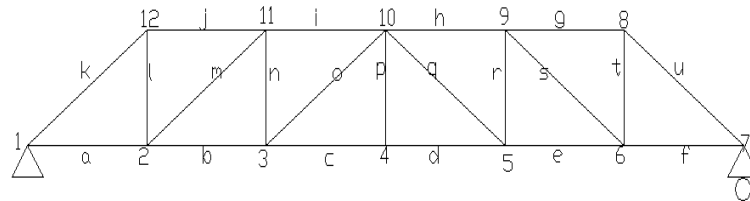
Pola keruskan direncanakan untuk mengetahui pengaruh kerusakan terhadap kondisi menyeluruh pada rangka baja. Pada penelitian sebelumnya Nyarko (2011) kerusakan penampang sebesar 20% tetapi pada penelitian ini kerusakan dimodelkan dengan adanya pengurangan penampang dengan interval kerusakan sebesar 5%,10%,15% dan 20%. Sekenario kerusakan di rencanakan 8 kasus dengan adanya pengurangan penampang.

Tabel 3.1 Skenario Pengurangan Penampang

| Kondisi awal | Kondisi awal tanpa beban |
|----------------|---------------------------------------|
| Kasus 1 | Kondisi awal dengan beban P |
| Kasus 2 | Kerusakan batang C : 5%,10%,15%,20% |
| Kasus 3 | Kerusakan batang P : 5%,10%,15%,20% |
| Kasus 4 | Kerusakan batang O : 5%,10%,15%,20% |
| Kasus 5 | Kerusakan batang I : 5%,10%,15%,20% |
| Kasus 6 | Kerusakan batang C,P : 5%,10%,15%,20% |
| Kasus 7 | Kerusakan batang C,O : 5%,10%,15%,20% |
| Kasus 8 | Kerusakan batang P,O : 5%,10%,15%,20% |

3.2 Model Analisis

Permodelan rangka baja dengan bantuan program struktur. Model rangka baja menggunakan penelitian sebelumnya Nyarko (2011) dengan dimensi dan bahan yang sama. Pada penelitian sbelumnya rangka baja dengan ukuran laboratorium dengan beban terpusat $P = 3\text{kg}$ yang dibebankan pada rangka. Beban diletakkan pada titik join 4 searah beban grafitasi. Rangka baja dengan kondisi batas pada batang akhir berupa sendi – rol. Model struktur seperti pada gambar 3.1 dan *material properties* rangka baja pada table 3.2.



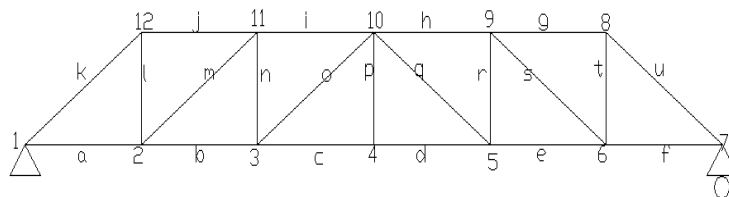
Gambar 3. 1 Model Rangka Baja

Tabel 3. 2 *Material Properties*

| | Batang | Satuan |
|--|-----------------------|----------------|
| <i>Cross Section Area (A)</i> | 4.01×10^{-4} | m^2 |
| <i>Young's Modulus (E)</i> | 2×10^{10} | N/m^3 |
| <i>Inertia (I)</i> | 1.64×10^{-6} | m^4 |
| <i>Unit Weight (ρ)</i> | 78500 | N/m^3 |

Sumber : Nyarko, 2011

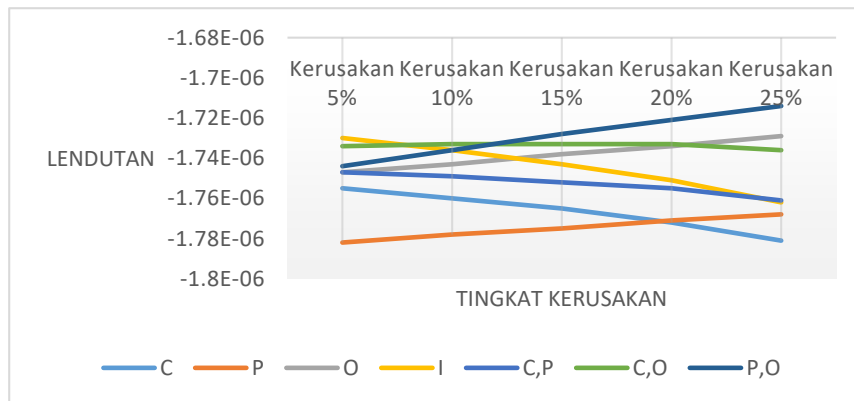
4. HASIL DAN PEMBAHASAN



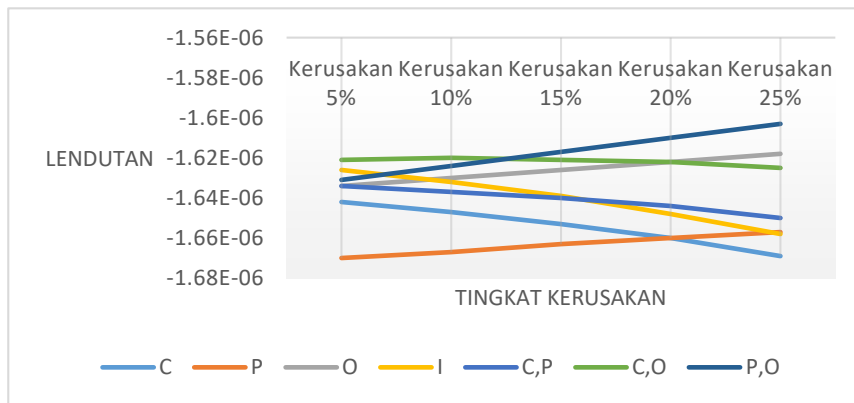
Gambar 4.1 Model Rangka Baja

Model rangka baja seperti pada gambar 4.1 dengan kondisi batas pada batang akhir yaitu sendi – rol. Pengurangan penampang sebesar tanpa adanya kerusakan, 5%,10%,15% dan 20% untuk mengetahui pengaruh

pengurangan penampang terhadap struktur. Beban yang diberikan sebesar $P = 3\text{kg}$ pada tengah bentang untuk diketahui pengaruh kerusakan berupa nilai *displacement* dan gaya dalam.



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Tingkat Kerusakan Pada Batang Dengan Lendutan Pada Join 4



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Tingkat Kerusakan Pada Batang Dengan Lendutan Pada Join 17

Kenaikan prosentase kerusakan pada penampang mempengaruhi nilai *displacement* pada masing – masing join yang ditinjau. Gambar 4.2 menunjukkan hasil analisa join yang di tinjau yaitu pada tengah bentang (join 4) pada setiap tingkat kerusakan. Grafik menunjukkan nilai *displacement* mengalami kenaikan pada setiap pengurangan penampang, kenaikan nilai *displacement* rata – rata yaitu sebesar 3% - 5% dari nilai awal. Pengurangan penampang akan mengakibatkan penurunan nilai kekakuan yang mengakibatkan kenaikan nilai *displacement* pada hampir semua join yang ditinjau. Kenaikan nilai *displacement* signifikan dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3. Nilai *displacement* terbesar yaitu -0.000001781 m akibat dari pengurangan penampang pada batang C. Sedangkan Gambar 4.2 menunjukkan nilai *displacement* pada tiap tingkat kerusakan dan skenario, menunjukkan nilai *displacement* terbesar yaitu -0.000001669 akibat pengurangan batang C.

Tabel 4.1 Ranking Nilai Lendutan Akibat Pengurangan Penampang Pada Joint

| No.rank | U3 | Kerusakan | Kerusakan | Kerusakan | Kerusakan |
|---------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 5% | 10% | 15% | 20% |
| | | No.Joint | No.Joint | No Join | No Join |
| 1 | -0.000001644 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 2 | -0.000001644 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 3 | -0.000001754 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 4 | -0.000001754 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 5 | -0.00000291 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| 6 | -0.00000291 | 9 | 9 | 9 | 9 |

| | | | | | |
|----|--------------|----|----|----|----|
| 7 | -0.000002978 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 8 | -0.000002978 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 9 | -0.000003426 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 10 | -0.000003489 | 4 | 4 | 4 | 4 |

Pada hampir semua skenario kerusakan batang didapatkan urutan nilai *displacement* tertinggi yaitu pada tengah bentang (join 4) yang mengalami nilai tertinggi sedangkan untuk daerah perletakan memiliki nilai 0 dan dekat perletakan (join 12 atau join 8) memiliki nilai yang lebih rendah. Kerusakan batang pada setiap kasus menunjukkan nilai yang konsisten untuk nilai *displacement* nya. Pada skenario kerusakan menunjukkan bahwa dengan kerusakan tiap 5% nilai *displacement* mengalami kenaikan dengan titik join yang sama pada.

Selain nilai *displacement* yang ditinjau, pengaruh pengurangan penampang terhadap gaya dalam juga di analisa sesuai dengan Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Ranking Gaya Geser Akibat Penurunan Cross Section Pada Batang C

| Rank | Tanpa dirusak | 5% | 10% | 15% | 20% |
|------|---------------|----|-----|-----|-----|
| 1 | J | D | D | D | D |
| 2 | G | G | G | G | G |
| 3 | A | B | B | B | B |
| 4 | F | J | J | J | J |
| 5 | D | A | A | A | A |
| 6 | H | F | F | F | F |
| 7 | C | C | C | C | C |
| 8 | I | I | I | I | I |
| 9 | E | H | H | H | H |
| 10 | B | E | E | E | E |
| 11 | K | K | K | K | K |
| 12 | M | M | M | M | M |
| 13 | O | O | O | O | O |
| 14 | Q | Q | Q | Q | Q |
| 15 | L | L | L | L | L |
| 16 | N | N | N | N | N |
| 17 | P | P | P | P | P |

Tabel 4.2 menunjukkan ranking kenaikan nilai gaya geser saat batang C mengalami kerusakan. Perubahan nilai kuat geser terlihat pada tabel saat terjadi pengurangan penampang, saat belum terjadi pengurangan penampang nilai geser terbesar yaitu mendekati tumpuan dari struktur rangka yaitu pada batang J,G,A dan F. Tetapi saat terjadi pengurangan penampang nilai geser terbesar yaitu tepat pada batang disamping yang mengalami kerusakan yaitu batang D kemudian diikuti oleh batang dekat tumpuan J,G,A dan F dan dilanjutkan pada batang C sendiri. Pada batang C nilai gaya geser mengalami kenaikan 6% saat penampang mengalami kerusakan 5% dan seterusnya untuk setiap nilai kerusakan. Batang kritis yang mengalami nilai geser tertinggi yaitu pada ujung dekat tumpuan serta batang yang mengalami kerusakan itu sendiri.

5. KESIMPULAN

Kerusakan di modelkan dengan adanya pengurangan penampang dimana akibat pengurangan penampang mengakibatkan penambahan nilai *displacement* rata – rata sebesar 3%-5% dibandingkan kondisi awal. Nilai *displacement* terbesar yaitu pada titik join 4 (tengah bentang) sebesar -0.000003489 m sedangkan nilai *displacement* area tumpuan (1,7) adalah 0. Dengan adanya skenario kerusakan pada batang menunjukkan nilai *displacement* yang konsisten terhadap tiap kerusakan penampang. Gaya dalam yang

ditinjau hanya gaya geser pada batang C yang mengalami kerusakan menunjukkan kenaikan nilai gaya geser pada masing – masing batang. Rangka pada batang yang tanpa dirusak dan yang mengalami kerusakan pada batang C menunjukkan adanya perbedaan batang yang mengalami geser terbesar. Saat batang C mengalami kerusakan akan mengakibatkan kenaikan gaya geser sebesar 6% pada batangnya. Batang yang mengalami gaya geser terbesar yaitu batang D (tepat sisi C) kemudian diikuti dengan batang – batang area tumpuan dan batang yang mengalami kerusakan itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Chang, P. C., Flatau, A., dan Liu, S. C. 2003. *Health Monitoring of Civil Infrastructure*. Acoustics, Speech, and Signal Processing Newsletter, IEEE. *Structural Health Monitoring* 2003; 2; 257.
- He, K dan Zhu, W.D. (2011). “*Structural Damage Detection Using Changes in Natural Frequencies: Theory and Application*”. 9th International Conference on Damage Assessment of Structures 2011.
- Khusaibi, H. A. 2007. *Truss Bridge Analysis – Truck Weights*. Department Of Civil And Environmental Engineering. Engineering Mechanics 461.
- Nyarko, Otchere dan Kwabena, Jeremiah (2011). “*Model Test and Numerical Simulation for Structural Health Monitoring of Truss Bridge*”. Thesis for Civil and Environmental .2005.
- Rahmatalla, S. Hudson, K. Lie, Ye. Eun, Hee Chang. (2013). “*Finite Element Modal Analysis and Vibration Waveform in Health Inspection of Old Bridge*”. Journal Elsevier 2013.