

ANALISIS EKSPERIMEN PADA KOROSI PELAT BAJA YANG MENGALAMI BEBAN TEKUK

Lusman Sulaiman¹, Pang-jo Chun², Mitao Ohga³

¹Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Andi Djemma Palopo

^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Ehime University Jepang

¹lusman.sulaiman@ftunanda.ac.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sisa kapasitas kekuatan korosi pelat baja yang terlihat pada bagian struktur baja yang mengalami beban tekuk agar tetap pada kondisi layak digunakan, hingga perlu perbaikan atau rekonstruksi pada waktu yang tepat. Pelat baja ini diperoleh dari potongan girder jembatan yang mengalami korosi karena adanya reaksi kimia dengan lingkungan sekitarnya selama bertahun-tahun dan mereduksi ketebalannya serta membentuk permukaannya menjadi ireguler. Kemudian, spesimen uji tersebut dibentuk sesuai standar specimen pengujian *Japanese Industrial Standard JIS No. 5* dan dianalisis secara eksperimen untuk mengevaluasi sisa kapasitas kekuatannya. Parameter yang diperhitungkan pada pengujian ini yaitu nilai ketebalan minimum, permukaan ireguler korosi baja dan eksentrisitasnya. Dari hasil pengujian korosi pelat baja yang mengalami beban tekuk kompresi ini dapat disimpulkan bahwa konfigurasi permukaan dan eksentrisitasnya menurunkan kemampuan korosipelat baja dalam memikul beban.

Kata kunci: Korosi Pelat Baja, Permukaan Ireguler, Beban Tekuk, Metode Eksperimen.

PENDAHULUAN

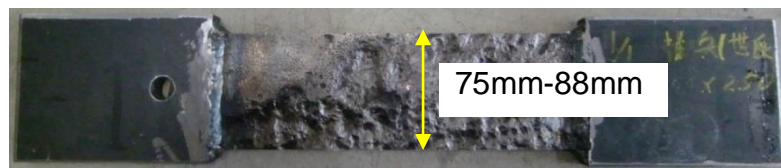
Di Jepang, banyak jembatan yang dibangun pada tahun 1960-1980. Lebih dari 50.000 jembatan baja untuk kereta api telah dibangun, dan sebagian telah digunakan selama 50 tahun serta telah melebihi standar rekomendasi penggunaan dan layanannya (Sugimotoetal 2006). Pada dasarnya, penyebab utama kerusakan pada struktur jembatan baja adalah korosi sehingga menghasilkan penurunan kapasitas struktur dan kinerja jembatan baja tersebut (Kayserdan Nowak 1989). Akibatnya, banyak jembatan baja memerlukan penguatan dan perbaikan secara substansial serta perlu adanya asesmen manajemen infrastruktur. Banyak jembatan memerlukan penguatan dan perbaikan secara substansi sebab korosi yang terjadi. Inspeksi detail dan terus-menerus diperlukan untuk menyakinkan bahwa keselamatan dan kenyamanan yang cukup dalam menentukan syarat manajemen infrastruktur jembatan (Appuhamy 2011). Oleh karena itu, penelitian ini dibangun dengan metode pendekatan secara eksperimen untuk mengevaluasi sifat dan sisa kekuatan actual korosi baja pada jembatan. Beberapa tahun terakhir, para peneliti telah banyak melakukan studi secara eksperimen untuk mengetahui sifat-sifat dan sisa hasil kekuatan korosi pelat baja yang mengalami beban tarik (Appuhamy 2012, Ohga 2011, dan Gavami 2006). Studi yang mereka lakukan terbatas pada hanya beban tarik yang dialami oleh korosi pelat baja. Sehingga, kami sangat perlu melakukan penelitian lebih lanjut untuk memahami sifat dan mengevaluasi sisa hasil kekuatan korosi pelat baja yang mengalami beban tekuk dengan memperhitungkan nilai ketebalan minimum, permukaan ireguler, dan eksentrisitas potongan penampang spesimen ujinya. Pelat baja yang mengalami korosi dan mengalami beban tekuk akan menghasilkan tekuk lokal pada daerah minimum luas potongan penampangnya (Sugimoto 2016). Selain itu, korosi pelat baja yang diberikan uji beban geser akan mengalami geser pada daerah korosi baja secara lokal pula (Kim 2013). Bukan hanya

hal tersebut, global korosi akan sangat berpengaruh menurunkan kekuatan plat baja dalam menahan beban (Khedmati 2010). Ini berarti bahwa kekuatan dalam menahan beban pada pelat baja yang mengalami korosi akan sangat berpengaruh terhadap korosi global dan lokal.

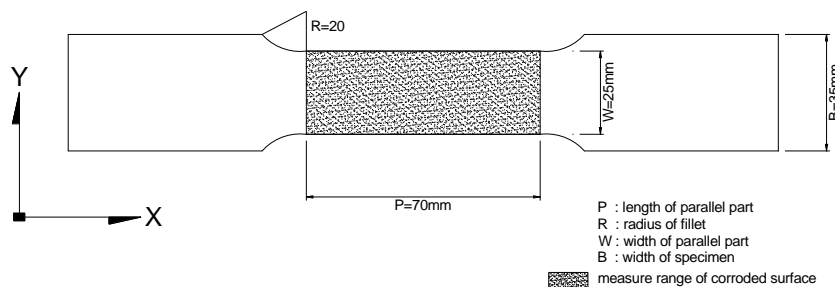
Investigasi Spesimen Uji

1) Konfigurasi Spesimen Uji

Spesimen uji dalam penelitian ini diperoleh dari gelagar baja Jembatan Amarube yang terletak di Prefektur Hyogo, Jepang dan telah digunakan selama 98 tahun. Dalam penelitian ini, Sembilan spesimen uji (AF1-AF9) dibuat untuk digunakan dalam uji tekuk. Sebelum melakukan pengukuran dimensinya, karat dan cat yang masih melekat pada kedua permukaannya dihilangkan dan dibersihkan secara hati-hati dengan menggunakan sikat kawat listrik dan palu. Kemudian, dua potongan pelat baja SM490A dengan lubang baut yang disambung dan dilas pada kedua ujung spesimen uji berfungsi sebagai tempat cengkaman mesin kompresi seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Selain itu, tiga spesimen uji biasa, (JIS No.5) seperti ditunjukkan pada Gambar 2, diuji untuk memperjelas sifat dari bahan spesimen uji, yang hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 1. Di sini, lebar spesimen uji berkisar antara 75 mm-88mm. Kemudian, spesimen uji dengan permukaan irregular tersebut diukur dengan menggunakan *two-dimensional laser displacement sensor*.



Gambar 1. Korosi spesimen uji dengan permukaan irregular



Gambar 2. Spesimen Uji JIS No. 5

2) Pengukuran Ketebalan Pelat Spesimen Uji

Akurasi, mudah digunakan, portabilitas dan ringan adalah keunggulan yang diperlukan dari seperangkat alat ukur untuk pengukuran permukaan irregular pada korosi spesimen di lapangan. Oleh karena itu, system pengukuran dengan menggunakan alat *two-dimensional laser displacement sensor* dipilih untuk pengukuran dimensi spesimen uji pada penelitian ini dan dikombinasikan dengan *head sensor* serta perangkat actuator listrik. Dari seperangkat alat tersebut, ketebalan spesimen uji kemudian dapat diukur dengan interval 2 mm dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$t_1 = \Delta h_1' + t_a - \Delta h_1$$

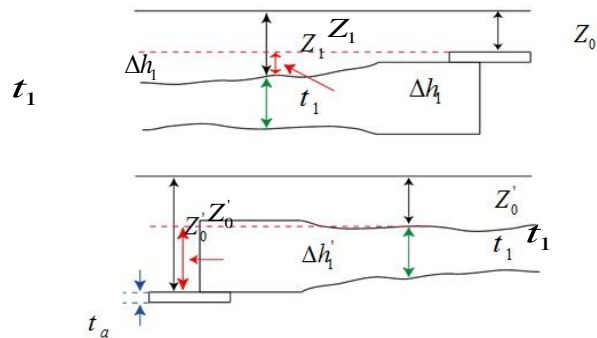
Tabel 1. Material Properties Spesimen Uji

Specimen	Elastic modulud/(Gpa)	Poisson's ratio	Yield stress/(Mpa)	Tensile strength/(Mpa)	Elongation after breaking
FM-1	203.3	0.287	257.85	383.36	41.4
FM-2	199.3	0.283	281.06	386.4	38.52
FM-3	200.3	0.282	269.09	390.59	39.23
SS400 JIS	200	0.3	245"	400"510	21"

dimana $\Delta h_1'$ dan Δh_1 adalah jarak antara setiap titik dengan pelat referensi masing-masing dan t_a adalah tebal pelat refrensi yang telah ditentukan seperti pada Gambar 3. Tabel 2 merangkum hasil pengukuran rata-rata tebal pelat t_{avg} , tebal minimum pelat t_{min} , tebal Maksimum pelat t_{max} dan rata-rata tebal pertengahan pelat.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Tebal Pelat Spesimen Uji

Specimen	Average thickness plate t_{avg} (mm)	Minimum thickness plates t_{min} (mm)	Maximum thickness plate t_{max} (mm)	Minimum average thickness plate (mm)	Central average thickness plate (mm)
AF-1	14.788	11.175	15.9	13.697	15.4
AF-2	11.084	7.426	15.217	9.603	11.544
AF-3	10.164	5.242	14.407	9.122	10.171
AF-4	13.732	8.626	15.9	12.552	13.028
AF-5	14.544	9.347	15.9	13.047	14.711
AF-6	14.61	10.707	15.9	13.629	14.512
AF-7	13.994	10.078	15.9	11.147	14.209
AF-8	12.737	8.465	15.9	10.704	13.678
AF-9	15.399	11.127	15.9	14.617	15.542



Gambar 3. Perhitungan Tebal pelat spesimen uji

3) Set-up Alat Penguji

Kapasitas mesin kompresi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2940kN seperti pada Gambar 4. Tes tekuk dilakukan dengan mengendalikan kecepatan bebandimana spesimen uji dengan korosi ringan sebesar 0.15kN/detik, dan 0.05kN/detik untuk korosi parah, yang dimaksudkan untuk menghindari kegagalan dinamis pada spesimen uji. Aparatur yang melekat pada kedua ujung spesimen uji

adalah perletakan roll yang dimaksudkan agar kedua ujungnya dapat memutar secara bebas seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Alat Pengujian



Gambar 5. Set-up Spesimen Uji

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada umumnya, perhitungan beban tekuk Euler P_{cr} dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2 di mana E adalah modulus elastisitas, I adalah momen inersia, k adalah faktor panjang efektif yang tergantung pada ujung tumpuan spesimen uji, dan L adalah panjang spesimen uji. Rumus tersebut juga digunakan sebagai metode analisis sederhana. Namun, sejak rumus beban tekuk Euler tidak sesuai untuk fenomena tekuk dan perilaku spesimen korosi baja, yang merupakan metode analisis sederhana. Sehingga itu hanya digunakan sebagai perhitungan acuan dasar untuk mendapatkan sisa kekuatan tekuk dari korosi pelat baja yang disajikan dalam penelitian ini.

$$P_{cr} = \frac{k\pi^2 EI}{L^2}$$

Tabel 3 menunjukkan hasil kuat tekuk yang berasal dari percobaan eksperimen, bersama dengan beban tekuk Euler, dan panjang tekuk efektif. Juga dari hasil analisis eksperimen mengungkapkan bahwa kuat tekuk rata-rata benda uji lebih rendah dari kuat tekuk Euler. Hal tersebut dikarenakan hilangnya luas potongan penampang spesimen uji dan adanya lokalisasi akibat korosi sehingga mengurangi kekuatan tekuk.

Lebih lanjut, model spesimen uji untuk diselidiki adalah AF-4 dan AF-9, dimana terlihat bahwa eksentrisitas AF-4 lebih besar dari AF-9. Sehingga, hasil pengujian secara eksperimen dari hubungan *load-displacement* kedua spesimen uji ini dapat diperlihatkan masing-masing pada Gambar. 6(a) dan 6(b). Ditemukan bahwa beban maksimum AF-9 jauh lebih tinggi dari AF-4 karena eksentrisitas mempengaruhi beban tekuk sangat besar.

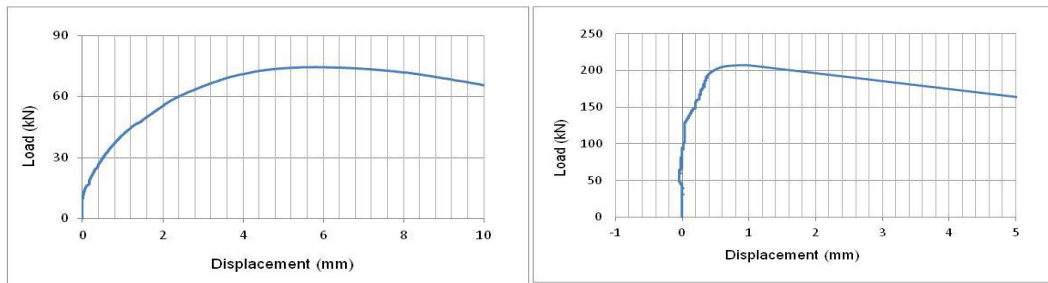
Selain itu, investigasi hubungan *load-strain* antara spesimen uji dari AF-4 dan AF-9 dapat ditunjukkan masing-masing pada Gambar. 7(a) dan 7(b). Gambar 7(a), mengungkapkan bahwa *strain* pada bagian spesimen uji dengan tebal minimum adalah jauh lebih besar daripada di bagian lain ketika tekuk lokal terjadi. Sebaliknya, Gambar. 7(b), mengungkapkan bahwa kurva *strain* pada bagian spesimen uji dengan tebal minimum terlihat mirip dengan bagian lain ketika tekuk global yang terjadi.

Tabel 3. *Buckling Load, Euler Buckling Load, Effective Buckling Length dan Buckling Type*

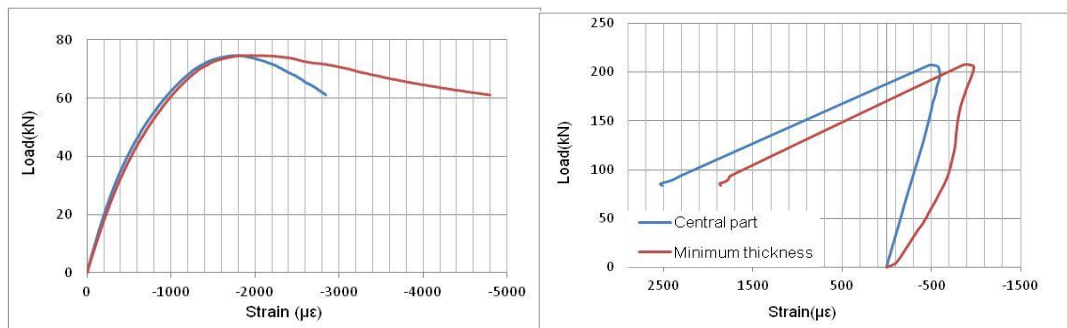
Specimen	Buckling Load (kN)	Euler buckling load (kN)	Width	Effective buckling length (mm)	Buckling type
AF-1	81.6	129.7	78.0	636	Global buckling
AF-2	43.3	149.7	87.8	628	Global buckling
AF-3	41.3	121.6	74.9	646	Global buckling
AF-4	74.6	132.7	81.9	644	Local buckling
AF-5	60.6	117	85.8	702	Global buckling
AF-6	92.8	140	88.0	650	Global buckling
AF-7	60.7	141.2	85.5	650	Global buckling
AF-8	79.7	132.7	81.9	638	Global buckling
AF-9	207.1	138.4	83.8	644	Global buckling

(a) AF-4

(b) AF-9



Gambar 6. Perbandingan Load-Displacement Untuk Kurva (a) Spesimen Uji AF-4 (b) Spesimen Uji AF-9



(a) AF-4

(b) AF-9

Gambar 7. Hubungan load-strain (a) AF-4 (tekuk lokal) (b) AF-9 (tekuk global)

KESIMPULAN

Pada penelitian ini, uji tekuk pada pelat baja yang mengalami korosi dilakukan secara eksperimen. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa sifat tekuk lokal dan global terjadi sepanjang pengujian spesimen dilakukan dan memperlihatkan bahwa permukaan irreguler dan eksntrisitas dari kerusakan karena korosi yang dialami pelat baja sangat mempengaruhi dan mengurangi kemampuannya dalam memikul beban tekuk. Oleh karena itu, metode ini dikembangkan untuk diharapkan dapat membantu para pemilik jembatan dan insinyur teknik untuk memahami sifat mekanik baja yang mengalami korosi. Sehingga, akan dapat membantu mereka untuk membangun strategi perbaikan yang tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Appuhamy, J.M.R.S., Kaita, T., Ohga, M. and Fujii, K. (2011), "Prediction of residual strength of corroded tensile steel plates.", *International Journal of Steel Structures.*, Vol.11, No.1, 65-79.
- Appuhamy, J.M.R.S., Ohga, M., Dissanayake, P.B.R. and Wijesundara, K.K. (2012), "Develoepment of brisk finite element analytical method of predicting tensile strength reduction due to corrosion.", *SITAM Research Symposium on Engineering Advancements (SAITAM-RSEA 2012)*.
- Ghavami, K. and Khedmati, M.R. (2006), "Numerical and experimental investigations on the compression behavior of stiffened plates.", *Journal of Constructional Steel Research.*, Vol.62, 1087-1100.
- Kayser, J.R. and Nowak, A.S. (1989), "Reliability of corroded steel girder bridges.", *Journal of Structural Safety*, Vol. 6(1) 53-63.
- Kim, I., Lee, M. and Ahn, J., Kainuma, S. (2013), "Experimental evaluation of shear buckling behaviors and strength of locally corroded web.", *Journal of Constructional Steel Research.*, Vol. 83(1), 75-89.
- Khedmati, M.R., Roshanali, M.M. and Nouri, Z. H. M. E. (2010), "Strength of steel plates with both-sides randomly distributed with corrosion wastage under uniaxial compression.", *Thin-Walled Structures.*, Vol. 49(1), 325-342.
- Ohga, M., Appuhamy, J.M.R.S., Chun, P., Furukawa, S. and Dissayanake, R. (2011), "Effects of corrosion on degradation of tensile strength of steel bridge members.", *Proceeding of the International Conference on Structural Engineering Construction and Management (ICSEM-2011)*.
- Sugimoto, I., Kobayashi, Y. and Ichikawa, A. (2006), "Durability evaluation based on buckling characteristics of corroded steel deck girders.", *Vol. 57, No. 3.*