

Baut Mutu Tinggi dengan Pola Keruntuhan pada Ulir Setelah Pengujian Tarik (*High Quality Bolts with Thread Failure Patterns After Tensile Testing*)

Pulung Priyo Pamungkas^{1*}, Doni Bramantyo², Gesit Sariyanto³, Tumingan⁴, FX Arif Wahyudianto⁵

^{1,2}PT. Ciriayasa Cipta Mandiri, Konsultan MK, Jakarta, Indonesia

³PT. Jaya Sentrikon Indonesia (Rimbo Peraduan), Padang, Indonesia

⁴Program Studi Magister Terapan (S2) Rekayasa Perawatan dan Restorasi Jembatan, Politeknik Negeri Samarinda, Indonesia

⁵Politeknik Negeri Semarang, Indonesia

*Corresponding Author: pulungpriyo2023@gmail.com

ABSTRAK

Kerusakan baut mutu tinggi pada sambungan rangka baja jembatan sering sulit terdeteksi secara dini akibat kurangnya pemeriksaan rutin. Penelitian ini bertujuan menganalisis pola keruntuhan baut mutu tinggi Grade 8.8, Grade 10.9, dan A325 setelah pengujian tarik serta mengevaluasi implikasinya terhadap strategi inspeksi jembatan. Pengujian dilakukan menggunakan Universal Testing Machine dengan minimal tiga spesimen untuk setiap mutu. Hasil menunjukkan bahwa baut Grade 8.8 dan Grade 10.9 mengalami keruntuhan berupa *thread stripping* (ulir rontok), sedangkan baut A325 mengalami putus pada badan baut. Pola *thread stripping* pada Grade 8.8 dan Grade 10.9 berpotensi lebih mudah dideteksi secara visual pada tahap awal dibandingkan keruntuhan mendadak pada A325. Temuan ini mendukung pentingnya pemeriksaan rutin kesehatan jembatan sesuai pedoman yang berlaku agar baut yang mengalami kelonggaran dapat diganti sebelum terjadi kegagalan sambungan.

Kata kunci: inspeksi jembatan, kerusakan baut, Grade 8.8, Grade 10.9, A325, *thread stripping*

ABSTRACT

High-strength bolt damage in steel truss bridge connections is often difficult to detect early due to the lack of routine inspections. This study aims to analyze the failure patterns of high-strength bolts Grade 8.8, Grade 10.9, and A325 after tensile testing and to evaluate their implications for bridge inspection strategies. Tests were conducted using a Universal Testing Machine with a minimum of three specimens for each grade. The results show that Grade 8.8 and Grade 10.9 bolts failed by thread stripping, whereas A325 bolts fractured in the shank. The thread stripping pattern of Grade 8.8 and Grade 10.9 bolts has the potential to be more easily detected visually at an early stage compared to the sudden fracture of A325 bolts. These findings support the importance of routine bridge health inspections in accordance with applicable guidelines so that loose bolts can be replaced before connection failure occurs.

Keywords: bridge inspection, bolt damage, Grade 8.8, Grade 10.9, A325, *thread stripping*

PENDAHULUAN

Kerusakan pada sambungan baut mutu tinggi struktur rangka baja jembatan merupakan salah satu permasalahan yang sering terjadi selama masa layanan. Identifikasi kerusakan atau kelonggaran baut sulit dilakukan jika tidak ada pemeriksaan kesehatan jembatan secara rutin. Sambungan baut yang mulai kendor setelah pemasangan dapat menimbulkan getaran berlebih pada struktur, yang pada akhirnya berpotensi menyebabkan retak parah pada dek beton jembatan (Sutmoko, 2021). Kondisi ini menunjukkan bahwa kinerja sambungan baut tidak hanya ditentukan oleh kekuatan material awal, tetapi juga oleh pemeliharaan dan pemantauan selama masa layanan.

Sambungan pada jembatan baja umumnya menggunakan baut mutu tinggi atau *High Strength Friction Grip Bolts* (HSFG) karena harus menahan gaya dinamis dan rentan terhadap kelelahan. Sesuai Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 14/SE/M/2015 tentang Pedoman Pemasangan Baut Jembatan, baut mutu tinggi direkomendasikan untuk pertemuan-pertemuan kritis

pada jembatan. Baut mutu tinggi didefinisikan sebagai baut baja struktural yang memiliki kuat tarik minimum di atas 800 MPa (Badan Standardisasi Nasional, 2017). Dalam praktik perawatan jembatan, penggantian baut yang hilang atau rusak sering menghadapi kendala, terutama pada jembatan yang telah beroperasi lebih dari 20 tahun. Baut pengganti harus memiliki mutu dan dimensi yang setara agar tidak mengurangi kapasitas sambungan.

Selain memenuhi persyaratan kuat tarik minimum, pola keruntuhan baut setelah pengujian tarik juga perlu diamati secara teliti. Pengamatan terhadap bentuk kerusakan tidak hanya mengandalkan data numerik kuat tarik putus di laboratorium, tetapi juga pada mekanisme keruntuhan yang terjadi (Dewobroto, 2016). Keruntuhan berupa *thread stripping* (ulir rontok) berbeda karakteristiknya dengan putus pada penampang badan baut. Perbedaan pola ini memiliki implikasi terhadap kemudahan deteksi dini di lapangan. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa baut Grade 8.8 cenderung mengalami *stripping*, sedangkan baut A325 lebih sering putus pada penampang (Dewobroto, 2016).

Namun, kajian yang secara khusus mengaitkan pola keruntuhan tersebut dengan strategi inspeksi jembatan masih terbatas, terutama untuk mutu Grade 10.9 yang juga banyak digunakan.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola keruntuhan baut mutu tinggi Grade 8.8, Grade 10.9, dan A325 setelah pengujian tarik, serta mengevaluasi implikasinya terhadap kemudahan deteksi dini kerusakan pada pemeriksaan kesehatan jembatan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan masukan praktis bagi pengelola jembatan dalam pemilihan dan pemantauan baut mutu tinggi sesuai Pedoman Pemeriksaan Jembatan No. 01/P/BM/2022.

METODE

Penelitian ini bersifat eksperimental dengan tujuan mengidentifikasi pola keruntuhan baut mutu tinggi setelah pengujian tarik. Spesimen yang diuji terdiri atas tiga mutu baut, yaitu Grade 8.8, Grade 10.9, dan A325. Pengambilan contoh benda uji dilakukan minimal sebanyak tiga buah untuk setiap mutu sesuai ketentuan umum pengujian material struktural.

Pengujian tarik putus dilaksanakan menggunakan Universal Testing Machine (UTM). Pengujian dilakukan di dua laboratorium, yaitu Laboratorium Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang, dan Laboratorium Detek Profesional, Cikupa, Tangerang. Selama pengujian, dicatat beban

tarik maksimum, tegangan putus, serta mode keruntuhan yang terjadi (putus pada badan baut atau *thread stripping* pada ulir).

Hasil pengujian dibandingkan dengan persyaratan kuat tarik minimum baut mutu tinggi yang tercantum dalam SNI 8458:2017 tentang Metode Uji Pengencangan Baut Mutu Tinggi serta Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 14/SE/M/2015 tentang Pedoman Pemasangan Baut Jembatan. Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan pola keruntuhan antar mutu baut. Temuan pola keruntuhan kemudian dikaitkan dengan kemudahan deteksi dini kerusakan pada pemeriksaan jembatan sesuai Pedoman Pemeriksaan Jembatan No. 01/P/BM/2022.

Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi: (1) kuat tarik putus; (2) bentuk dan lokasi keruntuhan; serta (3) implikasi praktis terhadap strategi inspeksi sambungan baut pada struktur rangka baja jembatan.

HASIL

Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa seluruh spesimen baut Grade 8.8, Grade 10.9, dan A325 memenuhi persyaratan kuat tarik minimum di atas 800 MPa sehingga dapat dikategorikan sebagai baut mutu tinggi sesuai SNI 8458:2017 dan Surat Edaran Nomor 14/SE/M/2015. Perbandingan sifat mekanik antar mutu disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1
Sifat Mekanik Baut Mutu Tinggi

Mutu Baut	Tegangan Leleh Minimum (MPa)	Tegangan Tarik Minimum (MPa)	Tegangan Proof Load (MPa)
A325	660	830	600
Grade 8.8	640 (1) / 660 (2)	800 (1) / 830 (2)	580 (1) / 600 (2)
Grade 10.9	940	1040	830
A490	940	1040–1210	830
F10T	900	1000–1200	–

keterangan. (1) dan (2) menunjukkan variasi nilai berdasarkan sumber data.

Sumber: Diolah dari hasil pengujian dan Surat Edaran 14/SE/M/2015.

Pengamatan visual terhadap spesimen setelah pengujian tarik memperlihatkan perbedaan pola keruntuhan yang jelas. Baut Grade 8.8 dan Grade 10.9 mengalami keruntuhan berupa *thread stripping* (ulir rontok), sedangkan baut A325 mengalami putus pada badan baut. Pola ini konsisten dengan temuan Dewobroto (2016) yang melaporkan bahwa keruntuhan Grade 8.8 didominasi oleh *stripping*, sementara A325 lebih sering putus pada penampang. Perbedaan pola keruntuhan diduga dipengaruhi oleh geometri ulir, toleransi *fit* antara baut dan mur, serta karakteristik material masing-masing mutu.

Dari sudut pandang praktis, pola *thread stripping* pada Grade 8.8 dan Grade 10.9 memiliki keunggulan dalam konteks inspeksi jembatan. Kerusakan pada ulir berpotensi terdeteksi secara visual

lebih dini melalui pengamatan kelonggaran atau deformasi ulir sebelum terjadi kegagalan total sambungan. Sebaliknya, keruntuhan pada badan baut A325 cenderung lebih mendadak dan lebih sulit diprediksi hanya dari pemeriksaan visual biasa. Oleh karena itu, pemeriksaan rutin sesuai Pedoman Pemeriksaan Jembatan No. 01/P/BM/2022 menjadi sangat penting untuk mengidentifikasi baut yang mengalami kelonggaran dan melakukan penggantian tepat waktu sesuai tipe dan dimensi yang digunakan pada jembatan.

Temuan ini menunjukkan bahwa penilaian kinerja baut mutu tinggi tidak cukup hanya berdasarkan kuat tarik minimum, tetapi juga perlu mempertimbangkan pola keruntuhan yang terjadi. Dengan demikian, pemilihan mutu baut pada perawatan

jembatan dapat disesuaikan dengan kebutuhan kemudahan deteksi dini kerusakan di lapangan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian tarik dan analisis pola keruntuhan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Seluruh spesimen baut Grade 8.8, Grade 10.9, dan A325 memenuhi persyaratan kuat tarik minimum di atas 800 MPa sehingga memenuhi kriteria baut mutu tinggi sesuai SNI 8458:2017 dan Surat Edaran Nomor 14/SE/M/2015.
2. Baut Grade 8.8 dan Grade 10.9 menunjukkan pola keruntuhan berupa *thread stripping* (ulir rontok), sedangkan baut A325 mengalami putus pada badan baut. Perbedaan pola ini konsisten dengan temuan penelitian sebelumnya dan dipengaruhi oleh karakteristik geometri ulir serta material masing-masing mutu.
3. Pola *thread stripping* pada Grade 8.8 dan Grade 10.9 berpotensi lebih mudah dideteksi secara visual pada tahap awal melalui pemeriksaan kelonggaran atau deformasi ulir, sehingga mendukung strategi deteksi dini kerusakan pada sambungan rangka baja jembatan. Sebaliknya, keruntuhan pada badan baut A325 cenderung lebih mendadak dan lebih sulit diprediksi hanya dari pengamatan visual biasa.
4. Ketiga mutu baut dapat digunakan sebagai sambungan pada struktur rangka baja jembatan. Namun, pemeriksaan rutin kesehatan jembatan sesuai Pedoman Pemeriksaan Jembatan No. 01/P/BM/2022 sangat diperlukan untuk mengidentifikasi baut yang mengalami kelonggaran dan melakukan penggantian tepat waktu sesuai tipe serta dimensi yang digunakan.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji pengaruh variasi diameter, panjang ulir dalam grip, jumlah spesimen yang lebih banyak, serta pengujian kelelahan (*fatigue*) dan kondisi korosi terhadap pola keruntuhan dan kinerja sambungan baut mutu tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI 8458:2017 Metode uji pengencangan baut mutu tinggi*. Badan Standardisasi Nasional.
- Dewobroto, W. (2016). Studi Karakteristik Baut Mutu Tinggi (A325 dan Grade 8.8) Terhadap Tarik dan Pengaruhnya pada Perencanaan Sambungan. *Conference: Seminar & Pameran Himpunan Ahli Konstruksi 2016 - Innovations in Structural Engineering and Construction*, Jakarta
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). *Surat Edaran Nomor 14/SE/M/2015 tentang Pedoman Pemasangan Baut Jembatan*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2022). *Pedoman Pemeriksaan Jembatan No. 01/P/BM/2022*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Satmoko, T. A. (2021) Evaluasi Jembatan dengan Metode *Bridge Management Sistem (Bms)* (Studi Kasus: Jembatan Bogem, Prambanan) (*Bridge Evaluation Using Bridge Management Sistem (Bms)*) (Study Case: Bogem Bridge, Prambanan), Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia

Wen, J., Li, Z., Hu, T., & Liu, L. (2018). Simple analysis on failure of high strength bolts in Chongqing Chaotianmen Bridge. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 439(4), 042060. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/439/4/042060>