

Analisis dan Pemeringkatan Faktor Kritis yang Mempengaruhi Mutu Pengelasan Struktur Baja Menggunakan Relative Importance Index (RII)

Muhammad Firdaus*, Mardiaman

Magister Teknik Sipil Universitas Tama Jagakarsa, Jakarta Selatan, Indonesia

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

mutu pengelasan; struktur baja; Relative Importance Index; quality control; welding inspector.

***Correspondence email:**

mardi240967@gmail.com

Submitted: 07 Juni 2026

Revised: 16 Juni 2026

Accepted: 27 Juli 2026

Published: 01 Agustus 2026

ABSTRAK

Mutu pengelasan struktur baja sangat menentukan kekuatan sambungan, keamanan struktur, dan keberhasilan pekerjaan konstruksi. Cacat las dapat menimbulkan rework, keterlambatan, pemborosan biaya, dan penurunan keandalan struktur. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi dan memeringkat faktor kritis yang memengaruhi mutu pengelasan struktur baja menggunakan metode Relative Importance Index (RII). Data dikumpulkan melalui kuesioner berbasis Google Form yang disebarakan melalui WhatsApp kepada 100 responden pada Maret sampai April 2026. Responden terdiri atas engineer, juru las, quality control, konsultan pengawas, inspektor las, supervisor lapangan, dan praktisi proyek struktur baja. Instrumen penelitian terdiri atas 24 indikator faktor penyebab yang dikelompokkan ke dalam enam aspek, yaitu aspek teknis, dokumentasi, sumber daya manusia, pengawasan, manajemen, dan lingkungan kerja, serta lima indikator mutu hasil pengelasan sebagai variabel hasil. Hasil uji reliabilitas menunjukkan nilai Cronbach's Alpha keseluruhan sebesar 0,984, sehingga instrumen dinyatakan sangat reliabel. Hasil analisis RII menunjukkan lima faktor paling dominan, yaitu pengawasan quality control sebelum, selama, dan sesudah pengelasan, kebersihan area pengelasan dari kontaminan, kepatuhan terhadap standar AWS D1.1, ketersediaan welding inspector yang kompeten, serta kualitas peralatan las yang terkalibrasi dan terawat. Temuan ini menunjukkan bahwa mutu pengelasan tidak hanya dipengaruhi faktor teknis, tetapi juga sistem pengawasan, kompetensi personel, dan disiplin pelaksanaan prosedur mutu.

Keywords:

welding quality; structural steel; Relative Importance Index; quality control; welding inspector.

ABSTRACT

Welding quality plays a crucial role in determining the strength, safety, and long-term performance of structural steel construction. Welding defects may lead to rework, project delays, additional costs, and reduced structural reliability. Therefore, identifying and prioritizing the factors influencing welding quality is essential for improving construction performance and quality management practices. This study aims to identify and rank the critical factors affecting structural steel welding quality using the Relative Importance Index (RII) method. A quantitative survey approach was employed in this study. Data were collected from 100 construction professionals, including engineers, welders, quality control personnel, welding inspectors, supervisors, and project practitioners involved in structural steel works. The questionnaire was developed based on the AWS D1.1 standard and relevant literature and distributed through Google Forms via WhatsApp between March and April 2026. The research instrument consisted of 24 causal-factor indicators grouped into six dimensions, namely technical aspects, documentation, human resources, supervision, management, and work environment, as well as five welding-quality outcome indicators. Reliability testing showed that the overall instrument achieved a Cronbach's Alpha value of 0.984, indicating excellent internal consistency. The results of the Relative Importance Index analysis revealed that the five most influential factors affecting welding quality were quality control supervision before, during, and after welding activities, cleanliness of the welding area from contaminants, compliance with AWS D1.1 standards, availability of competent welding inspectors, and the use of calibrated and well-maintained welding equipment. These findings indicate that welding quality is influenced not only by technical factors but also by effective supervision systems, personnel competency, and adherence to quality management procedures. The study provides practical guidance for contractors, consultants, owners, and quality management teams in prioritizing quality improvement strategies for structural steel welding projects.

PENDAHULUAN

Struktur baja merupakan salah satu sistem konstruksi yang banyak digunakan pada pembangunan gedung industri, pabrik, gudang, fasilitas energi, jembatan, dan berbagai proyek infrastruktur modern karena memiliki kekuatan tinggi, berat yang relatif ringan, serta kecepatan pelaksanaan yang lebih baik dibandingkan beberapa material konstruksi lainnya. Penggunaan struktur baja pada bangunan industri terus meningkat karena menawarkan keunggulan dalam

kekuatan, kecepatan pelaksanaan, dan efisiensi konstruksi. Penelitian pada bangunan pabrik kelapa sawit menunjukkan bahwa keberhasilan pekerjaan baja sangat dipengaruhi oleh kualitas pelaksanaan dan pengendalian pekerjaan selama proses konstruksi (Silitonga et al., 2025).

Keberhasilan pelaksanaan konstruksi baja sangat dipengaruhi oleh kualitas sambungan yang menghubungkan elemen-elemen struktur. Salah satu metode penyambungan yang paling banyak digunakan adalah pengelasan. Oleh karena itu, mutu hasil pengelasan menjadi faktor penting yang menentukan kinerja, keamanan, dan keandalan struktur baja selama masa layan bangunan.

Kegagalan pada sambungan las dapat menyebabkan penurunan kapasitas struktur, meningkatnya biaya perbaikan, keterlambatan proyek, bahkan berpotensi menimbulkan kegagalan konstruksi yang membahayakan keselamatan pengguna bangunan. Berbagai cacat pengelasan seperti porosity, undercut, lack of fusion, crack, dan incomplete penetration sering ditemukan pada proyek konstruksi apabila proses pengelasan tidak dilaksanakan sesuai standar yang berlaku. Oleh sebab itu, pengendalian mutu pengelasan menjadi salah satu aspek yang memperoleh perhatian besar dalam manajemen mutu proyek konstruksi baja. Budaya mutu yang kuat dan didukung oleh kepemimpinan organisasi terbukti berperan penting dalam meningkatkan efektivitas pengendalian mutu pada proyek konstruksi. Organisasi yang menerapkan budaya mutu secara konsisten cenderung memiliki tingkat kepatuhan yang lebih tinggi terhadap prosedur teknis dan standar pekerjaan (Peli et al., 2024).

Dalam praktik konstruksi modern, standar pengelasan seperti AWS D1.1 telah menjadi acuan utama dalam pelaksanaan, inspeksi, dan penerimaan hasil pengelasan struktur baja. Standar tersebut mengatur berbagai aspek mulai dari prosedur pengelasan, kompetensi tenaga kerja, inspeksi visual, hingga pengujian non-destructive testing (NDT). Namun demikian, keberhasilan penerapan standar tersebut tidak hanya bergantung pada dokumen teknis, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor manusia, lingkungan kerja, pengawasan, manajemen proyek, ketersediaan peralatan, serta sistem dokumentasi yang diterapkan pada proyek. Penelitian terkini menunjukkan bahwa keberhasilan pengelasan juga dipengaruhi oleh kompetensi tenaga kerja, kondisi lingkungan kerja, kualitas peralatan, serta efektivitas sistem pengawasan yang diterapkan selama proses fabrikasi dan ereksi struktur baja (Deng et al., 2021; Fan et al., 2021; Hu et al., 2025).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kompetensi welder memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas hasil pengelasan. Penelitian yang dilakukan oleh Pereira & De Melo (2020) menyatakan bahwa keterampilan operator pengelasan merupakan salah satu determinan utama dalam menghasilkan sambungan las yang memenuhi persyaratan teknis. Kompetensi welder dan kepatuhan terhadap prosedur pengelasan merupakan faktor penting dalam menghasilkan sambungan las yang memenuhi persyaratan mutu. Sertifikasi welder digunakan untuk memastikan bahwa tenaga kerja memiliki kemampuan yang memadai dalam melaksanakan pengelasan sesuai prosedur dan standar yang berlaku (American Welding Society, 2020).

Selain faktor sumber daya manusia, sistem pengawasan mutu juga menjadi aspek penting dalam pengendalian kualitas pengelasan. Pengawasan yang dilakukan secara konsisten sebelum, selama, dan setelah proses pengelasan dapat membantu mendeteksi ketidaksesuaian sejak dini serta mengurangi potensi cacat hasil pekerjaan. Sementara itu, keberadaan welding inspector yang kompeten terbukti berperan penting dalam mendeteksi potensi cacat sejak tahap awal proses fabrikasi maupun ereksi struktur baja.

Faktor teknis juga menjadi perhatian dalam berbagai penelitian pengelasan. Kualitas material baja, kondisi elektroda, parameter pengelasan, serta kondisi peralatan yang digunakan merupakan faktor-faktor yang secara langsung memengaruhi kualitas sambungan las. Penelitian oleh Mvola et al., (2016) menjelaskan bahwa ketidaksesuaian material dan parameter pengelasan dapat meningkatkan probabilitas terjadinya cacat internal yang sulit dideteksi tanpa pengujian khusus. Selain itu, penelitian lain menunjukkan bahwa kondisi lingkungan kerja seperti kelembapan, suhu, dan kecepatan angin dapat memengaruhi stabilitas busur las dan kualitas hasil pengelasan, terutama pada pekerjaan lapangan yang dilakukan pada area terbuka.

Meskipun berbagai penelitian telah mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi mutu pengelasan, sebagian besar penelitian terdahulu lebih berfokus pada evaluasi teknis terhadap cacat las, analisis parameter pengelasan, atau pengujian material secara laboratorium. Penelitian yang mengintegrasikan aspek teknis, sumber daya manusia, pengawasan, dokumentasi, manajemen, dan lingkungan kerja dalam satu kerangka analisis masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian terdahulu berfokus pada deteksi cacat pengelasan menggunakan radiografi, ultrasonic testing, machine vision, dan pendekatan deep learning, sedangkan penelitian yang mengidentifikasi dan memeringkat faktor-faktor kritis mutu pengelasan berdasarkan persepsi praktisi proyek masih relatif sedikit dilakukan (Elhendawy & El-Taybany, 2025; Virkkunen et al., 2022; Zhang et al., 2025).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa cacat pengelasan seperti porosity, crack, undercut, dan lack of fusion masih menjadi penyebab utama kegagalan sambungan pada struktur baja. Oleh karena itu, penerapan sistem inspeksi dan pengendalian mutu yang efektif menjadi kebutuhan penting untuk menjamin keandalan struktur (Hou et al., 2020; Palma-Ramírez et al., 2024; Sun et al., 2023). Selain itu, sebagian besar penelitian sebelumnya belum memberikan

prioritas yang jelas mengenai faktor mana yang paling dominan memengaruhi mutu pengelasan berdasarkan persepsi praktisi konstruksi yang terlibat langsung dalam pelaksanaan proyek.

Keterbatasan lain yang ditemukan dalam penelitian terdahulu adalah minimnya pendekatan kuantitatif yang digunakan untuk menghasilkan pemeringkatan faktor secara sistematis. Sebagian besar studi hanya mengidentifikasi faktor-faktor penyebab tanpa menentukan tingkat kepentingan relatif masing-masing faktor. Akibatnya, pengambil keputusan proyek sering menghadapi kesulitan dalam menentukan prioritas tindakan pengendalian mutu yang harus dilakukan ketika sumber daya proyek terbatas. Padahal, informasi mengenai faktor yang paling dominan sangat diperlukan untuk meningkatkan efektivitas alokasi sumber daya pengawasan dan pengendalian mutu.

Berdasarkan kondisi tersebut, terdapat kesenjangan penelitian (research gap) yang perlu diatasi. Pertama, masih terbatas penelitian yang mengkaji mutu pengelasan struktur baja menggunakan pendekatan multidimensi yang mencakup aspek teknis, dokumentasi, sumber daya manusia, pengawasan, manajemen, dan lingkungan kerja secara bersamaan. Kedua, masih sedikit penelitian yang menggunakan metode Relative Importance Index (RII) untuk menentukan tingkat prioritas faktor-faktor yang memengaruhi mutu pengelasan berdasarkan pengalaman praktisi konstruksi. Ketiga, belum banyak penelitian yang menghasilkan pemeringkatan faktor dominan yang dapat digunakan secara langsung sebagai dasar penyusunan strategi peningkatan mutu pengelasan pada proyek konstruksi struktur baja.

Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada penggunaan pendekatan Relative Importance Index (RII) untuk mengidentifikasi dan memeringkat faktor-faktor kritis yang memengaruhi mutu pengelasan struktur baja berdasarkan persepsi praktisi yang memiliki pengalaman langsung pada proyek konstruksi. Penelitian ini mengintegrasikan enam kelompok faktor utama yang terdiri atas aspek teknis, dokumentasi, sumber daya manusia, pengawasan, manajemen, dan lingkungan kerja ke dalam satu model analisis yang komprehensif. Pendekatan ini memungkinkan diperolehnya informasi yang lebih jelas mengenai faktor-faktor prioritas yang harus menjadi fokus utama dalam program pengendalian mutu pengelasan.

Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu kontraktor, konsultan pengawas, owner, quality control engineer, dan welding inspector dalam menentukan strategi peningkatan mutu yang lebih efektif. Informasi mengenai faktor dominan yang diperoleh melalui pemeringkatan Relative Importance Index dapat digunakan sebagai dasar dalam penyusunan prosedur pengawasan, program pelatihan tenaga kerja, pengadaan peralatan, pengelolaan lingkungan kerja, serta pengembangan sistem manajemen mutu pengelasan yang lebih terintegrasi.

Berdasarkan uraian tersebut, tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi mutu pengelasan struktur baja dan menentukan peringkat faktor-faktor kritis berdasarkan nilai Relative Importance Index (RII). Hasil penelitian diharapkan memberikan kontribusi teoritis dalam pengembangan kajian manajemen mutu konstruksi serta memberikan kontribusi praktis bagi peningkatan kualitas pekerjaan pengelasan pada proyek struktur baja di Indonesia.

Mutu Pengelasan Struktur Baja

Pengelasan merupakan proses penyambungan logam yang menghasilkan ikatan metalurgi melalui pemberian panas, tekanan, atau kombinasi keduanya. Dalam konstruksi struktur baja, kualitas sambungan las menjadi faktor penting karena berfungsi sebagai media transfer gaya antar elemen struktur. Kegagalan pada sambungan las dapat menyebabkan penurunan kapasitas struktur, deformasi berlebih, meningkatnya biaya perbaikan, bahkan kegagalan struktur secara keseluruhan.

Mutu pengelasan umumnya dievaluasi berdasarkan kemampuan sambungan memenuhi persyaratan desain, standar teknis, dan spesifikasi proyek. Menurut Purnomo et al., (2023), evaluasi mutu pengelasan tidak hanya dilakukan melalui inspeksi visual tetapi juga melalui berbagai metode non-destructive testing seperti penetrant test, ultrasonic testing, radiographic testing, dan magnetic particle testing untuk memastikan tidak terdapat cacat internal maupun eksternal pada sambungan las.

Menurut standar AWS D1.1, kualitas hasil pengelasan dapat dinilai melalui pemeriksaan visual, pengukuran dimensi sambungan, serta pengujian non-destructive testing (NDT) seperti Ultrasonic Testing (UT), Magnetic Particle Testing (MT), Radiographic Testing (RT), dan Penetrant Testing (PT). Keberhasilan pengendalian mutu pengelasan tidak hanya bergantung pada kualitas hasil akhir, tetapi juga pada pengendalian seluruh proses pengelasan sejak tahap persiapan hingga inspeksi akhir.

Dalam proyek konstruksi modern, mutu pengelasan menjadi bagian penting dari sistem manajemen mutu karena memiliki hubungan langsung dengan keselamatan struktur, biaya proyek, produktivitas pekerjaan, dan keberhasilan pelaksanaan konstruksi secara keseluruhan. Oleh karena itu, identifikasi faktor-faktor yang memengaruhi mutu pengelasan menjadi kebutuhan penting bagi praktisi konstruksi maupun akademisi.

Standar AWS D1.1 dalam Pengendalian Mutu Pengelasan

AWS D1.1 Structural Welding Code–Steel merupakan salah satu standar internasional yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan pengelasan struktur baja. Standar ini memberikan pedoman mengenai prosedur pengelasan, kualifikasi welder, inspeksi, pengujian, dan kriteria penerimaan hasil pengelasan.

Penerapan AWS D1.1 bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh tahapan pengelasan dilakukan secara konsisten sehingga mampu menghasilkan sambungan yang memenuhi persyaratan kekuatan dan keamanan struktur. Standar ini menekankan pentingnya Welding Procedure Specification (WPS), Procedure Qualification Record (PQR), serta sertifikasi tenaga kerja yang terlibat dalam proses pengelasan.

Selain itu, AWS D1.1 mengatur pelaksanaan inspeksi visual dan NDT sebagai bagian dari sistem quality assurance. Implementasi standar secara konsisten dapat membantu mengurangi tingkat cacat pengelasan, meningkatkan traceability pekerjaan, dan memperkuat sistem pengendalian mutu proyek. Oleh karena itu, kepatuhan terhadap AWS D1.1 sering digunakan sebagai indikator utama keberhasilan manajemen mutu pengelasan pada proyek konstruksi baja.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Mutu Pengelasan Struktur Baja

Mutu hasil pengelasan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berinteraksi. Berdasarkan model penelitian, faktor-faktor tersebut dikelompokkan menjadi enam aspek utama.

a. Aspek Teknis

Aspek teknis meliputi kepatuhan terhadap standar pengelasan, kualitas material baja, kondisi peralatan las, penggunaan elektroda yang sesuai, dan pelaksanaan pengujian NDT. Faktor-faktor ini secara langsung memengaruhi kualitas fisik dan mekanis sambungan las.

Kualitas material yang tidak sesuai spesifikasi dapat menyebabkan ketidaksesuaian sifat mekanik sambungan. Demikian pula peralatan yang tidak terkalibrasi dapat menghasilkan parameter pengelasan yang tidak stabil sehingga meningkatkan risiko cacat pengelasan. Oleh karena itu, aspek teknis menjadi fondasi utama dalam pengendalian mutu pengelasan.

Mursid et al., (2023) menjelaskan bahwa kualitas material dan kesesuaian spesifikasi baja terhadap desain merupakan faktor utama yang menentukan keberhasilan proses pengelasan dan kinerja struktur baja secara keseluruhan.

Aspek Dokumentasi

Dokumentasi merupakan elemen penting dalam sistem quality assurance. Ketersediaan Welding Procedure Specification (WPS), laporan inspeksi, hasil pengujian NDT, dan dokumen pengendalian mutu lainnya memungkinkan proses pengelasan dapat ditelusuri kembali apabila terjadi permasalahan kualitas.

Dokumentasi yang lengkap meningkatkan transparansi proses pengendalian mutu serta mendukung proses audit dan sertifikasi mutu proyek. Sebaliknya, dokumentasi yang tidak lengkap dapat menghambat proses verifikasi dan evaluasi kualitas pekerjaan.

Aspek Sumber Daya Manusia

Kualitas sumber daya manusia memiliki pengaruh besar terhadap mutu hasil pengelasan. Kompetensi welder, pengalaman kerja, pelatihan, sertifikasi profesi, kompetensi quality control, dan ketersediaan welding inspector menjadi faktor yang menentukan keberhasilan pelaksanaan pengelasan.

Welder yang memiliki sertifikasi dan pengalaman yang memadai cenderung menghasilkan kualitas sambungan yang lebih baik dibandingkan tenaga kerja yang belum memiliki kompetensi yang cukup. Selain sertifikasi, pelatihan berkelanjutan diperlukan untuk meningkatkan kemampuan welder dalam memahami WPS, mengendalikan parameter pengelasan, dan menerapkan prosedur kerja sesuai standar yang berlaku.

Aspek Pengawasan

Pengawasan merupakan mekanisme pengendalian yang bertujuan memastikan seluruh tahapan pengelasan dilaksanakan sesuai standar dan spesifikasi proyek. Pengawasan mencakup inspeksi sebelum pengelasan, selama proses pengelasan, dan setelah pengelasan selesai dilakukan.

Efektivitas pengawasan berpengaruh terhadap kemampuan proyek dalam mendeteksi dan memperbaiki ketidaksesuaian sejak dini. Semakin baik sistem pengawasan yang diterapkan, semakin kecil kemungkinan terjadinya cacat pengelasan yang berpotensi menyebabkan rework.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Putri et al., (2024) yang menyatakan bahwa sistem quality assurance dan quality control yang konsisten mampu meningkatkan kualitas pekerjaan konstruksi serta menurunkan risiko ketidaksesuaian hasil pekerjaan.

Aspek Manajemen

Faktor manajemen meliputi komunikasi proyek, koordinasi antar pihak, kejelasan kriteria penerimaan hasil pengelasan, serta tekanan jadwal proyek. Faktor-faktor ini berpengaruh secara tidak langsung terhadap mutu pekerjaan.

Tekanan waktu yang tinggi sering menyebabkan percepatan pekerjaan yang berpotensi mengurangi efektivitas pengawasan dan kepatuhan terhadap prosedur mutu. Sebaliknya, komunikasi dan koordinasi yang baik mampu meningkatkan efektivitas penyelesaian masalah kualitas selama pelaksanaan proyek.

Aspek Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja merupakan faktor eksternal yang dapat memengaruhi kualitas hasil pengelasan. Kondisi suhu, kelembapan, kecepatan angin, kebersihan area kerja, akses kerja, serta posisi pengelasan memiliki pengaruh terhadap stabilitas proses pengelasan.

Pekerjaan pengelasan yang dilakukan pada lingkungan dengan kondisi tidak terkendali dapat meningkatkan risiko terjadinya porosity, hydrogen cracking, maupun cacat lainnya. Oleh karena itu, pengendalian kondisi lingkungan kerja menjadi bagian penting dalam program quality control pengelasan.

Temuan ini mendukung penelitian Palma-Ramírez et al., (2024) yang menunjukkan bahwa kontaminasi permukaan material merupakan salah satu penyebab utama munculnya porosity dan cacat permukaan pada sambungan las.

Relative Importance Index (RII)

Relative Importance Index (RII) merupakan metode analisis yang banyak digunakan dalam penelitian manajemen konstruksi untuk menentukan tingkat kepentingan relatif suatu faktor berdasarkan persepsi responden. Metode ini memungkinkan peneliti mengurutkan faktor-faktor penelitian berdasarkan tingkat pengaruhnya terhadap suatu fenomena (Sipala et al., 2026).

$$RII = \frac{\sum W}{A \times N} \quad (1)$$

dengan: RII = Relative Importance Index, $\sum W$ = total bobot jawaban responden, A = bobot tertinggi skala Likert (5)
N = jumlah responden

Nilai RII berada pada rentang 0 hingga 1. Semakin tinggi nilai RII menunjukkan semakin besar tingkat kepentingan faktor tersebut menurut responden. Keunggulan metode RII adalah kemampuannya menghasilkan pemeringkatan yang mudah dipahami dan dapat digunakan secara langsung dalam pengambilan keputusan.

Dalam bidang konstruksi, metode RII telah banyak digunakan untuk mengidentifikasi faktor keterlambatan proyek, faktor risiko konstruksi, faktor keberhasilan proyek, serta faktor yang memengaruhi kualitas pekerjaan. Oleh karena itu, metode ini dianggap sesuai untuk menentukan faktor-faktor dominan yang memengaruhi mutu pengelasan struktur baja.

Kerangka Konseptual Penelitian

Penelitian ini didasarkan pada asumsi bahwa mutu hasil pengelasan struktur baja dipengaruhi oleh enam kelompok faktor utama, yaitu aspek teknis, dokumentasi, sumber daya manusia, pengawasan, manajemen, dan lingkungan kerja. Masing-masing aspek diwakili oleh sejumlah indikator yang diperoleh dari standar AWS D1.1, literatur pengelasan, serta praktik pengendalian mutu pada proyek konstruksi baja.

Melalui analisis Relative Importance Index (RII), seluruh indikator dievaluasi berdasarkan persepsi praktisi yang memiliki pengalaman dalam pekerjaan pengelasan struktur baja. Hasil analisis digunakan untuk menentukan peringkat faktor-faktor kritis yang memiliki pengaruh terbesar terhadap mutu hasil pengelasan.

Kerangka penelitian ini mengasumsikan bahwa faktor dengan nilai RII tertinggi merupakan faktor yang harus memperoleh prioritas utama dalam penyusunan strategi pengendalian mutu pengelasan pada proyek konstruksi struktur baja.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode survei untuk mengidentifikasi dan menentukan peringkat faktor-faktor yang memengaruhi mutu pengelasan pada pekerjaan struktur baja. Pendekatan kuantitatif dipilih karena mampu memberikan gambaran objektif mengenai tingkat kepentingan masing-masing faktor berdasarkan persepsi praktisi yang terlibat langsung dalam pekerjaan pengelasan struktur baja. Analisis dilakukan menggunakan metode Relative Importance Index (RII) untuk menghasilkan pemeringkatan faktor dominan yang memengaruhi mutu pengelasan.

Penelitian dilaksanakan pada periode Maret hingga April 2026. Pengumpulan data dilakukan secara daring menggunakan platform Google Forms. Metode ini dipilih karena mampu menjangkau responden yang tersebar di berbagai lokasi proyek konstruksi secara efisien serta memudahkan proses pengolahan data secara digital.

Penyusunan Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian berupa kuesioner terstruktur yang disusun berdasarkan kajian literatur, standar AWS D1.1 Structural Welding Code–Steel, hasil penelitian terdahulu, serta pengalaman praktis dalam pelaksanaan pekerjaan pengelasan struktur baja. Penyusunan indikator juga mempertimbangkan faktor-faktor yang umum digunakan dalam sistem quality control dan quality assurance pekerjaan pengelasan pada proyek konstruksi.

Sebelum disebarkan kepada responden, instrumen penelitian terlebih dahulu dilakukan telaah isi (content validity) untuk memastikan kesesuaian antara indikator penelitian dengan tujuan penelitian. Seluruh pertanyaan disusun dalam bentuk pernyataan tertutup menggunakan skala Likert lima tingkat, yaitu:

1 = Sangat Tidak Setuju; 2 = Tidak Setuju; 3 = Netral; 4 = Setuju; 5 = Sangat Setuju

Skala tersebut digunakan untuk mengukur tingkat persepsi responden terhadap pengaruh masing-masing faktor terhadap mutu hasil pengelasan struktur baja.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian terdiri atas enam kelompok faktor independen yang diduga memengaruhi mutu hasil pengelasan struktur baja, serta satu variabel dependen berupa mutu hasil pengelasan. Kelompok faktor independen terdiri atas aspek teknis, dokumentasi, sumber daya manusia, pengawasan, manajemen, dan lingkungan kerja. Secara keseluruhan, terdapat 24 indikator faktor penyebab yang dianalisis menggunakan Relative Importance Index (RII). Selain itu, lima indikator mutu hasil pengelasan digunakan sebagai indikator hasil untuk menggambarkan kondisi mutu pengelasan, tetapi tidak dimasukkan dalam pemeringkatan faktor penyebab.

Pemilihan variabel dilakukan berdasarkan sintesis berbagai penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh kombinasi faktor teknis, manusia, manajerial, lingkungan, dan sistem pengendalian mutu yang diterapkan pada proyek konstruksi.

Tabel 1. Variabel Penelitian dan Indikatornya

Aspek Teknis	
A1	Kepatuhan terhadap standar AWS D1.1/D1.1M:2020 dalam pelaksanaan pengelasan memengaruhi kualitas sambungan las.
A2	Kualitas material baja yang sesuai dengan mill certificate dan spesifikasi desain berpengaruh terhadap hasil las
A3	Kualitas peralatan las (mesin las, kabel, torch) yang terkalibrasi dan terawat berpengaruh terhadap stabilitas proses pengelasan
A4	Ketersediaan elektroda las yang sesuai spesifikasi dan disimpan dalam oven dengan suhu yang tepat mempengaruhi kualitas las
A5	Dilakukannya NDT (Penetrant Test, UT, MT, RT) berpengaruh terhadap deteksi cacat las
Aspek Dokumentasi	
B1	Ketersediaan WPS (Welding Procedure Specification) yang lengkap dan telah disahkan berpengaruh terhadap mutu hasil pengelasan
B2	Dokumentasi lengkap (WPS, inspection report) berpengaruh terhadap traceability dan quality assurance
B3	Laporan inspeksi pengelasan (visual, dimensional, dan NDT) terdokumentasi dengan lengkap dan ditandatangani oleh personel berwenang
Aspek Lingkungan Kerja	
F1	Kondisi lingkungan kerja (kelembapan, suhu, kecepatan angin) berpengaruh terhadap kualitas proses pengelasan
F2	Kebersihan area pengelasan dari kontaminan (minyak, cat, karat) sebelum pengelasan berpengaruh terhadap hasil las
F3	Posisi pengelasan yang sulit (overhead, vertical up) pada ketinggian berpengaruh terhadap kualitas hasil dan tingkat kesulitan
F4	Akses kerja dan ruang kerja yang memadai mempengaruhi kemudahan dan kualitas proses pengelasan
Aspek Sumber Daya Manusia	
C1	Kualifikasi dan sertifikasi welder (BNSP/KEMENAKER/PERTAMINA/MIGAS/PGN) berpengaruh signifikan terhadap kualitas hasil las
C2	Pengalaman kerja welder di proyek pengelasan struktur baja mempengaruhi tingkat keterampilan dan kualitas hasil
C3	Training dan pelatihan rutin untuk welder tentang teknik pengelasan dan standar AWS berpengaruh terhadap peningkatan mutu
C4	Ketersediaan Welding Inspector (WI) yang kompeten berpengaruh terhadap pengawasan dan penerimaan hasil las
C5	Kompetensi personel QC dalam melakukan inspeksi visual dan interpretasi hasil NDT berpengaruh terhadap identifikasi cacat
C6	Kondisi kesehatan dan kesiapan fisik welder saat bekerja mempengaruhi konsentrasi dan kualitas hasil pengelasan
Aspek Pengawasan	
D1	Pengawasan QC yang dilakukan sebelum, selama, dan sesudah proses pengelasan berpengaruh terhadap pencegahan cacat
D2	Frekuensi inspeksi visual dan pengujian NDT sesuai sampling rate AWS berpengaruh terhadap identifikasi cacat secara dini
D3	Penanganan NCR (Non-Conformance Report) dan tindakan korektif yang cepat berpengaruh terhadap perbaikan mutu
Aspek Manajemen	
E1	Kejelasan kriteria penerimaan hasil pengelasan dalam RKS proyek mempengaruhi konsistensi penilaian mutu
E2	Komunikasi dan koordinasi yang baik antara tim proyek (kontraktor, konsultan, owner) berpengaruh terhadap penyelesaian masalah mutu
E3	Schedule pressure (tekanan waktu proyek) berpengaruh negatif terhadap kualitas proses pengelasan
Aspek Mutu Hasil Pengelasan	
Y1	Hasil pemeriksaan visual menunjukkan bahwa sambungan las bebas dari cacat mayor (crack, undercut >1mm, porosity berlebihan)
Y2	Hasil pengujian NDT (Penetrant Test/UT/RT) menunjukkan acceptance sesuai kriteria AWS D1.1 untuk pekerjaan struktur baja
Y3	Dimensi sambungan las harus (throat thickness, leg length, profil las) sesuai dengan spesifikasi desain
Y4	Tingkat rework (perbaikan) hasil pengelasan secara umum berada pada batas yang rendah dan masih dalam toleransi yang dapat diterima, sehingga tidak berdampak signifikan terhadap kinerja mutu dan waktu pelaksanaan pekerjaan.
Y5	Secara keseluruhan, mutu hasil pengelasan pada proyek struktur Baja harus memenuhi standar AWS D1.1 dan RKS proyek

Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian adalah seluruh praktisi konstruksi yang memiliki pengalaman pada pekerjaan fabrikasi, ereksi, inspeksi, dan pengendalian mutu pengelasan struktur baja. Mengingat jumlah populasi yang tidak dapat diketahui secara pasti, penelitian menggunakan teknik purposive sampling.

Kriteria responden yang dipilih meliputi:

1. Pernah terlibat dalam pekerjaan pengelasan struktur baja.
2. Memiliki pengalaman kerja minimal satu tahun pada proyek konstruksi.
3. Terlibat dalam fungsi pelaksanaan, pengawasan, inspeksi, atau pengendalian mutu pekerjaan pengelasan.
4. Bersedia mengisi kuesioner penelitian secara lengkap.

Sebanyak 100 responden berhasil mengisi kuesioner secara lengkap dan memenuhi kriteria penelitian. Jumlah tersebut telah memenuhi ketentuan minimum penelitian berbasis survei yang menggunakan analisis pemeringkatan faktor dengan metode Relative Importance Index.

Berdasarkan data karakteristik responden, mayoritas responden memiliki pengalaman kerja pada proyek konstruksi baja yang beragam, mulai dari tingkat pelaksana lapangan hingga manajemen proyek. Keberagaman pengalaman tersebut diharapkan mampu memberikan representasi yang baik terhadap kondisi aktual pelaksanaan pengelasan struktur baja di lapangan.

Teknik Pengumpulan Data

Data primer diperoleh melalui penyebaran kuesioner menggunakan Google Forms. Tautan kuesioner kemudian didistribusikan kepada responden melalui aplikasi WhatsApp secara bertahap selama periode Maret hingga April 2026. Metode distribusi melalui WhatsApp dipilih karena merupakan media komunikasi yang paling banyak digunakan oleh praktisi konstruksi sehingga dapat meningkatkan tingkat respons dan efisiensi pengumpulan data.

Selain data primer, penelitian ini menggunakan data sekunder berupa standar AWS D1.1 dan artikel ilmiah terkait sebagai dasar penyusunan indikator kuesioner. Data sekunder tersebut tidak dianalisis sebagai data kuantitatif utama, melainkan digunakan untuk memperkuat landasan konseptual dan memastikan indikator penelitian relevan dengan praktik pengendalian mutu pengelasan struktur baja.

Uji Validitas Instrumen

Uji validitas dilakukan untuk memastikan bahwa setiap indikator penelitian mampu mengukur variabel yang dimaksud secara tepat. Pengujian dilakukan menggunakan korelasi Pearson Product Moment antara skor setiap item dengan skor total variabel.

Kriteria pengambilan keputusan dilakukan dengan membandingkan nilai r -hitung terhadap r -tabel pada tingkat signifikansi 5%. Suatu indikator dinyatakan valid apabila nilai r -hitung lebih besar daripada r -tabel dan memiliki nilai signifikansi kurang dari 0,05.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh indikator penelitian memiliki nilai r -hitung yang memenuhi kriteria validitas sehingga seluruh item dapat digunakan pada tahap analisis berikutnya. Hasil ini menunjukkan bahwa instrumen penelitian mampu merepresentasikan konstruk yang diukur secara memadai.

Uji Reliabilitas Instrumen

Setelah uji validitas dilakukan, tahap berikutnya adalah pengujian reliabilitas untuk mengetahui tingkat konsistensi jawaban responden terhadap seluruh indikator penelitian.

Pengujian reliabilitas dilakukan menggunakan metode Cronbach's Alpha dengan bantuan perangkat lunak statistik. Kriteria reliabilitas mengacu pada nilai Cronbach's Alpha lebih besar dari 0,70 yang menunjukkan bahwa instrumen memiliki tingkat konsistensi internal yang baik.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh variabel penelitian memiliki nilai Cronbach's Alpha di atas batas minimum yang dipersyaratkan. Dengan demikian, instrumen penelitian dinyatakan reliabel dan layak digunakan untuk proses analisis lebih lanjut.

Analisis Relative Importance Index (RII)

Analisis Relative Importance Index (RII) digunakan untuk menentukan tingkat kepentingan relatif setiap faktor yang memengaruhi mutu pengelasan struktur baja. Metode ini dipilih karena mampu menghasilkan pemeringkatan faktor secara sederhana, sistematis, dan mudah diinterpretasikan.

Perhitungan RII dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$RII = \frac{\sum W}{A \times N} \quad (2)$$

dengan: RII = Relative Importance Indeks, ΣW = total bobot jawaban responden, A = bobot tertinggi skala Likert (5)
N = jumlah responden

Nilai RII berada pada rentang 0 hingga 1. Semakin mendekati nilai 1 menunjukkan bahwa faktor tersebut dianggap semakin penting oleh responden.

HASIL

Karakteristik Responden

Penelitian ini melibatkan 100 responden yang memiliki pengalaman pada pekerjaan pengelasan struktur baja. Responden berasal dari berbagai latar belakang profesi yang terlibat langsung dalam proses fabrikasi, ereksi, inspeksi, pengawasan, dan pengendalian mutu pekerjaan baja. Jabatan responden meliputi site engineer, quality control engineer, welding inspector, supervisor, project engineer, project manager, dan pelaksana lapangan.

Keberagaman latar belakang responden memberikan keuntungan dalam penelitian ini karena memungkinkan diperolehnya perspektif yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor yang memengaruhi mutu pengelasan. Selain itu, sebanyak 80% responden memiliki pengalaman kerja tiga tahun atau lebih pada proyek konstruksi. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar responden telah memiliki pengalaman yang memadai dalam pekerjaan konstruksi baja.

Tabel 2. Karakteristik Responden Berdasarkan Jabatan

No	Jabatan	Jumlah	Persentase (%)
1	Engineer	22	22
2	Juru Las	19	19
3	Quality Control	16	16
4	Konsultan Pengawas	15	15
5	Inspektor Las	12	12
6	Supervisor Lapangan	10	10
7	Site Manager	2	2
8	Tim Leader	1	1
9	Owner	1	1
10	Manajer Bidang Perencanaan dan Pengendalian	1	1
11	Inspector	1	1
Total		100	100

Sumber: Olahan data (2026)

Tabel 3. Karakteristik Responden Berdasarkan Pengalaman Kerja

No	Pengalaman Kerja	Frekuensi (Orang)	Persentase (%)
1	< 3 tahun	20	20
2	3–10 tahun	52	52
3	> 10 tahun	28	28
Total		100	100

Sumber: Olahan data (2026)

Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas

Sebelum dilakukan analisis Relative Importance Index (RII), seluruh indikator penelitian diuji validitas dan reliabilitasnya untuk memastikan bahwa instrumen penelitian mampu mengukur variabel yang diteliti secara akurat dan konsisten. Selanjutnya, pengujian reliabilitas menggunakan Cronbach's Alpha menunjukkan bahwa seluruh variabel memiliki nilai alpha di atas 0,70. Hasil ini menunjukkan bahwa instrumen penelitian memiliki tingkat konsistensi internal yang baik dan dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut. Hasil uji validitas menunjukkan bahwa seluruh 29 indikator memiliki nilai r-hitung lebih besar daripada r-tabel pada taraf signifikansi 5%. Dengan jumlah responden 100 orang, nilai r-tabel yang digunakan adalah 0,195. Nilai r-hitung seluruh indikator berada di atas batas minimum tersebut dan nilai signifikansi seluruh item < 0,05. Dengan demikian, seluruh indikator A1–A5, B1–B3, C1–C6, D1–D3, E1–E3, F1–F4, dan Y1–Y5 dinyatakan valid dan dapat digunakan dalam analisis selanjutnya. Analisis pemeringkatan RII dilakukan terhadap 24 indikator A–F, sedangkan indikator Y1–Y5 dianalisis secara deskriptif sebagai indikator mutu hasil pengelasan.

Tabel 4. Hasil Uji Reliabilitas Instrumen

Variabel	Jumlah Indikator	Cronbach's Alpha	Keterangan
Aspek Teknis (A)	5	0,930	Sangat Reliabel
Aspek Dokumentasi (B)	3	0,891	Reliabel
Aspek Sumber Daya Manusia (C)	6	0,923	Sangat Reliabel
Aspek Pengawasan (D)	3	0,895	Reliabel
Aspek Manajemen (E)	3	0,829	Reliabel
Aspek Lingkungan Kerja (F)	4	0,881	Reliabel
Mutu Hasil Pengelasan (Y)	5	0,908	Sangat Reliabel
Keseluruhan Instrumen	29	0,984	Sangat Reliabel

Uji reliabilitas dilakukan menggunakan metode Cronbach's Alpha untuk mengevaluasi tingkat konsistensi internal instrumen penelitian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh variabel memiliki nilai Cronbach's Alpha di atas 0,80. Nilai reliabilitas tertinggi diperoleh pada variabel Aspek Teknis ($\alpha = 0,930$), diikuti Aspek Sumber Daya Manusia ($\alpha = 0,923$) dan Mutu Hasil Pengelasan ($\alpha = 0,908$). Sementara itu, nilai reliabilitas terendah terdapat pada variabel Aspek Manajemen ($\alpha = 0,829$), namun masih berada di atas batas minimum yang dipersyaratkan yaitu 0,70.

Secara keseluruhan, instrumen penelitian memperoleh nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,984, yang menunjukkan tingkat konsistensi internal yang sangat tinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa instrumen penelitian secara keseluruhan memiliki konsistensi internal dan tingkat keandalan yang sangat baik. Dengan demikian, instrumen penelitian dinyatakan reliabel dan layak digunakan untuk analisis lebih lanjut menggunakan metode Relative Importance Index (RII).

Hasil Analisis Relative Importance Index (RII)

Analisis Relative Importance Index (RII) digunakan untuk menentukan tingkat kepentingan masing-masing faktor yang memengaruhi mutu pengelasan struktur baja. Semakin tinggi nilai RII menunjukkan semakin besar pengaruh faktor tersebut terhadap kualitas hasil pengelasan berdasarkan persepsi responden.

Analisis RII dilakukan terhadap 24 indikator faktor penyebab yang dikelompokkan ke dalam enam aspek, yaitu aspek teknis, dokumentasi, sumber daya manusia, pengawasan, manajemen, dan lingkungan kerja. Lima indikator mutu hasil pengelasan tidak dimasukkan dalam pemeringkatan faktor penyebab karena berfungsi sebagai indikator hasil, bukan sebagai faktor independen yang memengaruhi mutu pengelasan.

Tabel 5. Ranking Faktor Penyebab Mutu Pengelasan Struktur Baja Berdasarkan Nilai RII

Ranking	Kode	Indikator	Nilai RII	Kategori
1	D1	Pengawasan QC sebelum, selama, dan sesudah proses pengelasan	0,890	Sangat Tinggi
2	F2	Kebersihan area pengelasan dari kontaminan	0,880	Sangat Tinggi
3	A1	Kepatuhan terhadap standar AWS D1.1	0,874	Sangat Tinggi
4	C4	Ketersediaan Welding Inspector yang kompeten	0,872	Sangat Tinggi
5	A3	Kualitas peralatan las yang terkalibrasi dan terawat	0,870	Sangat Tinggi
6	B3	Laporan inspeksi pengelasan terdokumentasi lengkap	0,870	Sangat Tinggi
7	B1	Ketersediaan WPS yang lengkap dan disahkan	0,868	Sangat Tinggi
8	A2	Kualitas material baja sesuai mill certificate dan spesifikasi desain	0,866	Sangat Tinggi
9	C3	Training dan pelatihan rutin welder	0,864	Sangat Tinggi
10	A4	Ketersediaan elektroda las sesuai spesifikasi	0,862	Sangat Tinggi
11	C2	Pengalaman kerja welder	0,858	Sangat Tinggi
12	C5	Kompetensi personel QC dalam inspeksi visual dan interpretasi NDT	0,856	Sangat Tinggi
13	E2	Komunikasi dan koordinasi antar tim proyek	0,856	Sangat Tinggi
14	C1	Kualifikasi dan sertifikasi welder	0,854	Sangat Tinggi
15	C6	Kondisi kesehatan dan kesiapan fisik welder	0,852	Sangat Tinggi
16	F3	Posisi pengelasan yang sulit	0,852	Sangat Tinggi
17	E1	Kejelasan kriteria penerimaan hasil pengelasan dalam RKS	0,848	Tinggi
18	E3	Schedule pressure	0,846	Tinggi
19	D3	Penanganan NCR dan tindakan korektif	0,846	Tinggi
20	F1	Kondisi lingkungan kerja	0,846	Tinggi
21	F4	Akses kerja dan ruang kerja memadai	0,846	Tinggi
22	D2	Frekuensi inspeksi visual dan NDT	0,844	Tinggi
23	B2	Dokumentasi lengkap WPS dan inspection report	0,844	Tinggi
24	A5	Dilakukannya NDT	0,832	Tinggi

Sumber : Olahan data (2026)

Tabel 6. Deskripsi Indikator Mutu Hasil Pengelasan

Kode	Indikator Mutu Hasil Pengelasan	Nilai RII	Interpretasi
Y5	Mutu hasil pengelasan memenuhi standar AWS D1.1 dan RKS proyek	0,870	Sangat Tinggi
Y3	Dimensi sambungan las sesuai spesifikasi desain	0,864	Sangat Tinggi
Y4	Tingkat rework berada pada batas rendah	0,848	Tinggi
Y2	Hasil NDT memenuhi kriteria penerimaan AWS D1.1	0,848	Tinggi
Y1	Pemeriksaan visual bebas dari cacat mayor	0,832	Tinggi

Sumber : Olahan data (2026)

Untuk memudahkan interpretasi hasil, lima faktor dengan nilai RII tertinggi ditampilkan pada Tabel 7. Indikator Y1–Y5 tidak dimasukkan ke dalam pemeringkatan faktor penyebab karena indikator tersebut merepresentasikan mutu hasil pengelasan. Oleh karena itu, indikator Y hanya disajikan secara deskriptif untuk menggambarkan persepsi responden terhadap kondisi mutu hasil pengelasan, sedangkan pemeringkatan faktor penyebab dilakukan terhadap 24 indikator A–F.

Tabel 7. Lima Faktor Dominan yang Mempengaruhi Mutu Pengelasan Struktur Baja

Ranking	Kode	Indikator	RII
1	D1	Pengawasan QC sebelum, selama, dan sesudah proses pengelasan	0,890
2	F2	Kebersihan area pengelasan dari kontaminan (minyak, cat, karat)	0,880
3	A1	Kepatuhan terhadap standar AWS D1.1 dalam pelaksanaan pengelasan	0,874
4	C4	Ketersediaan Welding Inspector (WI) yang kompeten	0,872
5	A3	Kualitas peralatan las yang terkalibrasi dan terawat	0,870

Sumber : Olahan data (2026)

Hasil analisis RII terhadap 24 indikator faktor penyebab menunjukkan bahwa seluruh faktor memiliki nilai RII di atas 0,80. Hal ini menunjukkan bahwa aspek teknis, dokumentasi, sumber daya manusia, pengawasan, manajemen, dan lingkungan kerja secara umum dipersepsikan penting dalam memengaruhi mutu pengelasan struktur baja. Namun demikian, terdapat beberapa faktor yang memperoleh nilai RII lebih tinggi sehingga dapat dikategorikan sebagai faktor prioritas dalam pengendalian mutu pengelasan.

Secara umum, hasil penelitian mengindikasikan bahwa keberhasilan pengendalian mutu pengelasan tidak hanya ditentukan oleh kemampuan welder semata, tetapi juga oleh efektivitas sistem pengawasan, kepatuhan terhadap standar pengelasan, kondisi lingkungan kerja, dan dukungan peralatan yang memadai. Temuan ini menjadi dasar dalam penyusunan strategi peningkatan mutu pengelasan yang lebih terarah pada faktor-faktor yang memiliki tingkat kepentingan tertinggi.

Lima faktor dengan nilai RII tertinggi adalah pengawasan QC sebelum, selama, dan sesudah proses pengelasan (D1), kebersihan area pengelasan dari kontaminan (F2), kepatuhan terhadap standar AWS D1.1 (A1), ketersediaan Welding Inspector yang kompeten (C4), dan kualitas peralatan las yang terkalibrasi dan terawat (A3). Temuan ini menunjukkan bahwa mutu pengelasan sangat dipengaruhi oleh kombinasi sistem pengawasan, kebersihan area kerja, kepatuhan standar, kompetensi inspeksi, dan kesiapan peralatan.

Pembahasan

Pengawasan QC Sebelum, Selama, dan Sesudah Pengelasan (D1)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor pengawasan quality control sebelum, selama, dan sesudah proses pengelasan memperoleh nilai RII tertinggi. Temuan ini menunjukkan bahwa keberhasilan pengendalian mutu pengelasan sangat dipengaruhi oleh efektivitas sistem pengawasan yang diterapkan di lapangan.

Pengawasan yang dilakukan secara berkelanjutan memungkinkan potensi ketidaksesuaian teridentifikasi sejak tahap awal sehingga tindakan korektif dapat segera dilakukan sebelum berkembang menjadi cacat yang lebih serius. Selain itu, pengawasan yang efektif mampu memastikan bahwa seluruh prosedur pengelasan dilaksanakan sesuai Welding Procedure Specification (WPS), standar AWS D1.1, serta spesifikasi proyek.

Temuan ini menunjukkan bahwa investasi pada sistem pengawasan yang kuat dapat memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan mutu hasil pengelasan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Suryawan (2023) yang menunjukkan bahwa implementasi Total Quality Management (TQM) dan pengawasan mutu yang konsisten mampu meningkatkan kualitas hasil pekerjaan konstruksi serta mengurangi potensi ketidaksesuaian selama pelaksanaan proyek

Kebersihan Area Pengelasan dari Kontaminan (F2)

Faktor kedua yang memiliki tingkat kepentingan tertinggi adalah kebersihan area pengelasan. Responden menilai bahwa keberadaan minyak, karat, cat, debu, dan kontaminan lainnya dapat menyebabkan berbagai cacat pengelasan seperti porosity, slag inclusion, dan lack of fusion. Hasil ini menunjukkan bahwa kualitas pengelasan tidak hanya

dipengaruhi oleh kemampuan welder, tetapi juga oleh kondisi permukaan material sebelum proses pengelasan dilakukan. Permukaan yang bersih akan menghasilkan kualitas penetrasi yang lebih baik serta meningkatkan kualitas ikatan metalurgi antara logam induk dan logam las. Temuan ini memperkuat pentingnya penerapan prosedur surface preparation sebagai bagian dari quality control pekerjaan pengelasan.

Kepatuhan terhadap Standar AWS D1.1 (A1)

Faktor kepatuhan terhadap AWS D1.1 menempati posisi ketiga dalam ranking RII. Hasil ini menunjukkan bahwa standar pengelasan masih menjadi acuan utama dalam menjamin kualitas pekerjaan struktur baja.

AWS D1.1 memberikan pedoman yang jelas mengenai parameter pengelasan, prosedur inspeksi, kualifikasi personel, dan kriteria penerimaan hasil pekerjaan. Oleh karena itu, tingkat kepatuhan terhadap standar tersebut berpengaruh langsung terhadap konsistensi mutu hasil pengelasan. Semakin tinggi tingkat kepatuhan terhadap standar, semakin kecil kemungkinan terjadinya ketidaksesuaian yang dapat menurunkan kualitas sambungan las. Temuan ini konsisten dengan (American Welding Society, 2020) yang menegaskan bahwa kepatuhan terhadap prosedur pengelasan dan kriteria penerimaan hasil pekerjaan merupakan fondasi utama dalam sistem pengendalian mutu pengelasan struktur baja.

Ketersediaan Welding Inspector yang Kompeten (C4)

Ketersediaan welding inspector yang kompeten menjadi faktor dominan berikutnya. Welding inspector memiliki peran penting dalam memastikan bahwa seluruh tahapan pekerjaan pengelasan dilaksanakan sesuai prosedur yang telah ditetapkan. Inspector yang kompeten mampu melakukan verifikasi dokumen, inspeksi visual, interpretasi hasil NDT, serta evaluasi ketidaksesuaian secara tepat. Keberadaan personel yang kompeten juga meningkatkan efektivitas sistem quality assurance karena setiap potensi permasalahan dapat dideteksi lebih awal.

Temuan ini menunjukkan bahwa kompetensi sumber daya manusia tetap menjadi elemen penting dalam keberhasilan pengendalian mutu pengelasan. Hasil ini mendukung penelitian Torres-Torres et al., (2026) yang menunjukkan bahwa kompetensi inspector berpengaruh langsung terhadap efektivitas deteksi cacat dan akurasi keputusan penerimaan hasil pengelasan.

Kualitas Peralatan Las yang Terkalibrasi dan Terawat (A3)

Faktor kelima yang memperoleh nilai RII tertinggi adalah kualitas peralatan las yang terkalibrasi dan terawat dengan baik. Mesin las yang tidak terkalibrasi dapat menghasilkan arus dan tegangan yang tidak stabil sehingga meningkatkan risiko terjadinya cacat pengelasan.

Selain itu, kondisi kabel, torch, grounding system, dan perlengkapan pendukung lainnya juga memengaruhi kualitas proses pengelasan. Peralatan yang terawat akan menghasilkan parameter pengelasan yang lebih konsisten sehingga mutu hasil pengelasan dapat dipertahankan sesuai spesifikasi yang ditetapkan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa program pemeliharaan dan kalibrasi peralatan perlu menjadi bagian integral dari sistem manajemen mutu proyek konstruksi baja. Secara teknis, peralatan las yang terkalibrasi dan terawat diperlukan untuk menjaga kestabilan arus, tegangan, grounding, dan parameter pengelasan lainnya. Ketidakstabilan parameter pengelasan dapat meningkatkan risiko cacat las, sehingga program kalibrasi dan pemeliharaan peralatan perlu diterapkan secara berkala dalam sistem pengendalian mutu pekerjaan struktur baja.

Implikasi Penelitian

Secara teoritis, penelitian ini memperluas kajian mengenai mutu pengelasan struktur baja dengan mengintegrasikan faktor teknis, dokumentasi, sumber daya manusia, pengawasan, manajemen, dan lingkungan kerja dalam satu model analisis.

Secara praktis, hasil penelitian memberikan dasar bagi kontraktor, konsultan pengawas, dan pemilik proyek untuk memprioritaskan sumber daya pada faktor-faktor yang memiliki pengaruh terbesar terhadap mutu pengelasan. Fokus pada pengawasan quality control, kepatuhan terhadap standar AWS D1.1, peningkatan kompetensi welding inspector, kebersihan area kerja, dan pemeliharaan peralatan diharapkan mampu meningkatkan kualitas pekerjaan serta mengurangi risiko rework pada proyek konstruksi struktur baja.

Meskipun penelitian ini menunjukkan bahwa pengawasan quality control merupakan faktor paling dominan, beberapa penelitian terbaru menunjukkan bahwa perkembangan teknologi inspeksi otomatis berbasis machine vision dan deep learning berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap inspeksi manual. Sistem otomatis tersebut mampu meningkatkan kecepatan dan akurasi identifikasi cacat pengelasan pada tahap inspeksi (Elhendawy & El-Taybany, 2025; Liang et al., 2025; Zhang et al., 2025). Namun demikian, implementasi teknologi tersebut pada proyek konstruksi di Indonesia masih relatif terbatas sehingga kompetensi inspector dan efektivitas pengawasan lapangan tetap menjadi faktor yang sangat penting.

SIMPULAN

Penelitian ini mengidentifikasi dan memeringkat faktor-faktor kritis yang memengaruhi mutu pengelasan struktur baja menggunakan metode Relative Importance Index (RII). Berdasarkan survei terhadap 100 praktisi konstruksi, diperoleh bahwa faktor-faktor yang memengaruhi mutu pengelasan dapat dikelompokkan ke dalam enam aspek, yaitu teknis, dokumentasi, sumber daya manusia, pengawasan, manajemen, dan lingkungan kerja. Analisis RII terhadap 24 indikator faktor penyebab menunjukkan bahwa lima faktor paling dominan adalah pengawasan quality control sebelum, selama, dan sesudah proses pengelasan, kebersihan area pengelasan dari kontaminan, kepatuhan terhadap standar AWS D1.1, ketersediaan welding inspector yang kompeten, serta kualitas peralatan las yang terkalibrasi dan terawat.

Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan mutu pengelasan struktur baja tidak cukup hanya berfokus pada kemampuan teknis welder, tetapi juga harus didukung oleh sistem pengawasan yang konsisten, penerapan standar pengelasan, kompetensi personel inspeksi, kebersihan area kerja, serta kesiapan peralatan. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi kontraktor, konsultan pengawas, owner, dan tim quality control dalam menentukan prioritas strategi pengendalian mutu pengelasan pada proyek konstruksi baja.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan pengendalian mutu pengelasan tidak hanya ditentukan oleh kemampuan teknis welder atau kualitas material yang digunakan, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh efektivitas sistem pengawasan, disiplin penerapan standar, kompetensi personel inspeksi, dan kesiapan lingkungan kerja. Faktor-faktor tersebut terbukti menjadi prioritas utama yang harus diperhatikan oleh seluruh pihak yang terlibat dalam pelaksanaan proyek konstruksi baja.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa pendekatan Relative Importance Index (RII) mampu memberikan gambaran yang jelas mengenai tingkat kepentingan relatif masing-masing faktor. Melalui metode ini, pengambil keputusan dapat menentukan prioritas tindakan pengendalian mutu secara lebih terarah berdasarkan faktor-faktor yang memiliki pengaruh terbesar terhadap kualitas hasil pengelasan.

Secara teoritis, penelitian ini memperkaya kajian mengenai manajemen mutu konstruksi khususnya pada bidang pengelasan struktur baja dengan mengintegrasikan enam kelompok faktor dalam satu model evaluasi. Secara praktis, hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar penyusunan strategi peningkatan mutu pengelasan yang lebih efektif dan berorientasi pada faktor-faktor yang memiliki dampak paling signifikan terhadap kualitas pekerjaan.

Rekomendasi Praktis

Berdasarkan hasil penelitian, kontraktor dan pelaksana proyek disarankan untuk memperkuat sistem pengawasan quality control pada seluruh tahapan pengelasan, mulai dari pemeriksaan material, persiapan permukaan, pelaksanaan pengelasan, hingga inspeksi akhir. Pengawasan yang konsisten akan membantu mengurangi potensi terjadinya cacat pengelasan dan pekerjaan perbaikan (rework).

Perusahaan konstruksi juga perlu memastikan bahwa seluruh pekerjaan pengelasan dilaksanakan sesuai standar AWS D1.1 dan prosedur Welding Procedure Specification (WPS) yang telah disetujui. Upaya ini dapat dilakukan melalui pelatihan berkala, audit mutu internal, dan peningkatan kompetensi personel yang terlibat dalam proses pengelasan.

Selain itu, keberadaan welding inspector yang memiliki kompetensi dan sertifikasi yang sesuai harus menjadi prioritas dalam sistem pengendalian mutu proyek. Peningkatan kompetensi inspector akan membantu proses identifikasi ketidaksesuaian secara lebih cepat dan akurat sehingga tindakan korektif dapat segera dilakukan.

Program pemeliharaan dan kalibrasi peralatan las juga perlu diterapkan secara berkala untuk memastikan stabilitas parameter pengelasan selama pekerjaan berlangsung. Di sisi lain, kebersihan area kerja harus menjadi bagian dari prosedur standar sebelum pengelasan dilakukan guna meminimalkan risiko cacat akibat kontaminasi permukaan material.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menginterpretasikan hasil penelitian. Pertama, penelitian menggunakan pendekatan persepsi responden sehingga hasil yang diperoleh masih dipengaruhi oleh pengalaman dan penilaian subjektif masing-masing individu. Kedua, jumlah responden terbatas pada 100 praktisi konstruksi sehingga hasil penelitian belum sepenuhnya mewakili seluruh proyek konstruksi baja yang ada di Indonesia. Ketiga, penelitian hanya menggunakan metode Relative Importance Index (RII) sehingga belum mengevaluasi hubungan kausal antarvariabel secara statistik.

Agenda Penelitian Masa Depan

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan model yang lebih komprehensif dengan menggunakan metode statistik lanjutan seperti Structural Equation Modeling (SEM), Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM), atau Analytic Hierarchy Process (AHP) untuk mengidentifikasi hubungan kausal dan tingkat pengaruh antar faktor secara lebih mendalam.

Selain itu, penelitian dapat diperluas dengan melibatkan jumlah responden yang lebih besar dan mencakup berbagai jenis proyek konstruksi seperti gedung bertingkat, jembatan baja, pabrik industri, dan infrastruktur energi sehingga diperoleh model yang lebih representatif terhadap kondisi industri konstruksi nasional. Penelitian masa depan juga dapat mengintegrasikan data inspeksi aktual, hasil pengujian NDT, dan tingkat rework pengelasan sehingga hubungan antara persepsi praktisi dan kinerja mutu aktual dapat dianalisis secara lebih objektif.

DAFTAR PUSTAKA

- American Welding Society. (2020). AWS D1.1/D1.1M:2020 An American National Standard. In *American Welding Society*.
- Deng, H., Cheng, Y., Feng, Y., & Xiang, J. (2021). SS symmetry Industrial Laser Welding Defect Detection and Image Defect. *Symmetry*, 13(9), 1731.
- Elhendawy, G. A., & El-Taybany, Y. (2025). Machine Vision-Assisted Welding Defect Detection System with Convolutional Neural Networks. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 26(12), 3185–3194. <https://doi.org/10.1007/s12541-025-01281-y>
- Fan, K., Peng, P., Zhou, H., Wang, L., & Guo, Z. (2021). Real-time high-performance laser welding defect detection by combining acgan-based data enhancement and multi-model fusion. *Sensors*, 21(21). <https://doi.org/10.3390/s21217304>
- Hou, W., Zhang, D., Wei, Y., Guo, J., & Zhang, X. (2020). Review on computer aided weld defect detection from radiography images. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(5), 1–16. <https://doi.org/10.3390/app10051878>
- Hu, T., Huang, X., Yang, Z., Liu, Z., Zhao, J., & Xu, Z. (2025). Vision-based welding quality detection of steel bridge components in complex construction environments. *Urban Lifeline*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s44285-025-00038-3>
- Liang, Y., Yu, B., Ding, M., Hu, W., Jin, Y., & Yuan, Y. (2025). WELD-DETR: A Real-Time Welding Defect Detection Framework with Multi-Scale Feature Fusion and Multi-Kernel Perception Optimization. *Sensors*, 25(22), 1–30. <https://doi.org/10.3390/s25227024>
- Mursid, M., Nurwidyaningrum, D., & Setiawan, Y. (2023). Asesmen Kelayakan Material Praktek Konstruksi Baja di Teknik Sipil PNJ untuk Menghasilkan Produk Layak Jual. *Journal of Research and Inovation in Civil Engineering as Applied Science (RIGID)*, 1(1), 1–5. <https://doi.org/10.58466/rigid.v1i1.1178>
- Mvola, B., Kah, P., Martikainen, J., & Suoranta, R. (2016). Dissimilar high-strength steels: Fusion welded joints, mismatches, and challenges. *Reviews on Advanced Materials Science*, 44(2), 146–159.
- Palma-Ramírez, D., Ross-Veitia, B. D., Font-Arriosa, P., Espinel-Hernández, A., Sanchez-Roca, A., Carvajal-Fals, H., Nuñez-Alvarez, J. R., & Hernández-Herrera, H. (2024). Deep convolutional neural network for weld defect classification in radiographic images. *Heliyon*, 10(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30590>
- Peli, M., Ariani, V., Khadavi, K., & Roza, F. (2024). Kerangka Pengembangan dan Kepemimpinan Budaya Mutu dalam Konstruksi di Indonesia: Tinjauan Studi Literatur. *Jurnal Talenta Sipil*, 7(2), 725. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v7i2.511>
- Pereira, A. B., & De Melo, F. J. M. Q. (2020). Quality assessment and process management of welded joints in metal construction—A review. *Metals*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/met10010115>
- Purnomo, T. W., Danitasari, F., & Handoko, D. (2023). Weld Defect Detection and Classification based on Deep Learning Method: A Review. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Informasi (Journal of Computer Science and Information)*, 16(1), 77–87.
- Putri, M. D. A., Devia, Y. P., & Anwar, M. R. (2024). Importance Factor Analysis of Quality Assurance for Contractor Competitiveness. *Rekayasa Sipil*, 18(3), 281–288. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2024.018.03.14>
- Silitonga, D., Mardiaman, M., & Indriasari, I. (2025). Evaluasi Produktivitas Angkat Baja pada Bangunan Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Talenta Sipil*, 8(2), 681. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v8i2.957>
- Sipala, L. O. M. A., Mardiaman, & Sukahar, A. G. (2026). Analisis Faktor Dominan Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek Rumah Susun Di Papua Barat Daya. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 21(2), 59–66. <https://doi.org/10.21009/jmenara.v21i2.65421>
- Sun, H., Ramuhalli, P., & Jacob, R. E. (2023). Machine learning for ultrasonic nondestructive examination of welding defects: A systematic review. *Ultrasonics*, 127, 106854. <https://doi.org/10.1016/j.ultras.2022.106854>
- Suryawan, M. A. (2026). Implementasi Total Quality Management (TQM) dalam Pengendalian Kualitas pada Proyek Pembangunan Gedung Bertingkat Tinggi di Jakarta. *Jurnal Talenta Sipil*, 9(1), 730–735. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v9i1.1106>
- Torres-Torres, M., Soto-Diaz, R., Escorcía-Gutierrez, J., & Valls, A. (2026). Comparative evaluation of visual inspection and two-dimensional machine vision for the detection of discontinuities in GMAW welds of AISI 304 stainless steel. *MRS Advances*, March(1), 1–11. <https://doi.org/10.1557/s43580-026-01566-y>
- Virkkunen, I., Fridolf, P., Rosell, A., & Barsoum, Z. (2022). Automated defect detection in digital radiography of

Firdaus*, Mardiaman: *Analisis dan Pemeringkatan Faktor Kritis yang Mempengaruhi Mutu Pengelasan Struktur Baja Menggunakan Relative Importance Index (RII)*

aerospace. 643–671.

Zhang, W., Liu, W., Yu, X., Kang, D., Xiong, Z., Lv, X., Huang, S., & Li, Y. (2025). Deep Learning-Based Automated Detection of Welding Defects in Pressure Pipeline Radiograph. *Coatings*, 15(7), 1–14. <https://doi.org/10.3390/coatings15070808>