

Review Pengujian Pengelasan Metode Non-Destructive Test

M. Naufal Alwahidi ^{a,1,*}, Salma Najibah F ^{b,2}, Bagaswara Afrizal ^{c,3}

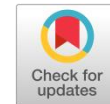
^{a,b,c} Politeknik Digital Boasch Indonesia, Kec. Citeureuo, Kab. Bogor 16810, Indonesia
¹mnaufalwahidi@gmail.com, ²salmanajibah185@gmail.com, ³sobatbagas@gmail.com,

* Penulis Korespondensi

Diterima 05 April 2026; Direvisi 08 April 2026; Diterima 13 April 2026

ABSTRAK

Pengelolaan sampah rumahan seringkali menghadapi kendala higienitas karena keengganan masyarakat untuk menyentuh tutup tempat sampah yang kotor dan berbau. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem tempat sampah otomatis berbasis mikrokontroler Arduino Uno sebagai solusi inovatif yang higienis dan efisien. Sistem ini menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi keberadaan objek dan motor servo SG-90 sebagai penggerak mekanis penutup sampah. Metode penelitian meliputi tahap perancangan perangkat keras, pengembangan program, dan pengujian fungsionalitas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi objek dengan akurat pada jarak 10 hingga 70 cm dengan waktu respon pembukaan tutup sekitar 2 detik. Alat ini beroperasi secara konsisten menggunakan suplai daya 5V, yang dapat bersumber dari adaptor maupun *power bank*. Kesimpulan dari penelitian ini adalah sistem otomatisasi berhasil meminimalisir interaksi fisik langsung dengan tempat sampah, sehingga meningkatkan standar higienitas di lingkungan rumah tangga. Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan integrasi panel surya sebagai sumber energi terbarukan dan sensor kapasitas untuk pemantauan volume sampah secara *real-time*.

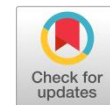


KATA KUNCI

Arduino Uno;
Tempat Sampah Otomatis;
Sensor Ultrasonik;
Higienitas;
Otomatisasi

ABSTRACT

Household waste management often faces hygiene challenges due to public reluctance to touch dirty and odorous trash can lids. This research aims to design and implement an automatic trash can system based on the Arduino Uno microcontroller as a hygienic and efficient innovative solution. The system utilizes an HC-SR04 ultrasonic sensor to detect objects and an SG-90 servo motor as the mechanical actuator for the lid. The research methodology includes hardware design, software development, and functional testing. The test results demonstrate that the system accurately detects objects within a range of 10 to 70 cm, with a lid-opening response time of approximately 2 seconds. The device operates consistently using a 5V power supply, which can be sourced from an adapter or a power bank. In conclusion, the automation system successfully minimizes direct physical interaction with the trash can, thereby improving hygiene standards in the household environment. Further development can be achieved by integrating solar panels as a renewable energy source and capacity sensors for real-time waste volume monitoring.



KEYWORD

Arduino Uno;
Automatic Trash Can;
Ultrasonic Sensor;
Hygiene;
Automation



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

1. Pendahuluan

Pengelasan (welding) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu [1]. Pengelasan merupakan salah satu proses penyambungan logam yang paling umum digunakan dalam berbagai sektor industri, seperti konstruksi, manufaktur, minyak dan gas, serta otomotif. Kualitas sambungan las sangat menentukan integritas struktural suatu komponen atau sistem. Oleh karena itu, evaluasi hasil pengelasan menjadi hal yang sangat penting untuk menjamin keselamatan dan kinerja produk akhir [2].

Pengujian sambungan las dapat dibedakan menjadi dua kategori utama, yaitu Destructive Testing (DT) dan Non-Destructive Testing (NDT) [3]. Pengujian NDT (Non Destructive Testing) adalah pengujian yang sering

dilakukan untuk pengujian kualitas suatu produk [3]. Metode DT melibatkan perusakan spesimen untuk mengevaluasi kekuatannya, sedangkan NDT dilakukan tanpa merusak komponen, sehingga memungkinkan inspeksi pada produk akhir yang akan digunakan. Karena alasan efisiensi, keamanan, dan biaya, metode NDT lebih banyak digunakan dalam aplikasi industri [3]. Dengan pendekatan ini, inspeksi dapat dilakukan secara menyeluruh tanpa memengaruhi fungsi komponen. NDT digunakan terutama dalam dunia industri untuk mendeteksi kecacatan, retak dan rongga dalam objek yang digunakan dalam berbagai struktur dan material yang berbeda-beda jenisnya [4].

Berdasarkan jenis keberadaan cacat pada material, pengujian non-destruktif (NDT) dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yaitu inside crack (retakan dalam) dan surface crack (retakan permukaan). Untuk mendeteksi inside crack, metode seperti Radiographic Testing (RT) dan Ultrasonic Testing (UT) umumnya digunakan, sedangkan surface crack dapat diperiksa menggunakan metode Visual Testing (VT), Penetrant Testing (PT), dan Magnetic Particle Testing (MT) [3], [5]. Metode NDT ini sangat beragam dan masing-masing memiliki prinsip kerja, keunggulan, serta keterbatasan tersendiri dalam mendeteksi cacat pada hasil lasan, seperti porositas, retakan, maupun incomplete fusion [6]. Oleh karena itu, pemilihan metode yang tepat sangat bergantung pada jenis material, ketebalan komponen, serta standar industri yang berlaku.

Penerapan NDT pada sambungan las telah terbukti meningkatkan keandalan produk sekaligus meminimalkan potensi kecelakaan akibat cacat tersembunyi [7]. Sehingga menjadikan NDT sebagai standar wajib dalam sertifikasi hasil pengelasan, terutama dalam proyek-proyek berskala besar dan berisiko tinggi; di sisi lain, meskipun proses pengelasan memiliki banyak keunggulan, hasil pengelasan logam tidak selalu memuaskan karena dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik yang disengaja maupun tidak, sehingga untuk memastikan hasil yang aman dan sesuai harapan diperlukan inspeksi melalui metode yang tidak merusak. Seperti NDT, yang merupakan cara aman untuk memeriksa material, komponen, atau rakitan tanpa menyebabkan kerusakan pada material tersebut, serta mampu mencegah kecelakaan, meningkatkan produktivitas, dan menjamin kualitas produk, dengan lebih dari 50 metode yang telah dikembangkan, salah satunya adalah penetrant test [4], [8].

Penetrant test merupakan pengujian untuk mendeteksi cacat terbuka yang terjadi pada permukaan bahan padat dan tidak berpori dengan menggunakan gaya kapiler [9]. Di mana metode ini termasuk dalam jenis Non Destructive Testing (NDT) yang dikenal sebagai liquid penetrant test dan memiliki cakupan aplikasi yang sangat luas, seperti pada pemeriksaan lapisan las maupun permukaan benda kerja lainnya untuk mendeteksi diskontinuitas terbuka.

Penetrant test mampu mendeteksi cacat permukaan dengan ukuran hingga 0,01 mm tetapi tidak mampu mendeteksi cacat secara tertutup, cacat di dalam material, dan material yang berpori. Prinsip kerja penetrant test adalah saat material yang cacat diberikan penetrant cairan maka cairan tersebut akan masuk ke dalam cacat dan developer digunakan untuk mengangkat cairan penetrant tersebut agar terlihat secara visual [10]. Di mana prinsip ini memanfaatkan kapilaritas untuk menunjukkan letak cacat pengelasan yang terjadi. Metode Liquid Penetrant Test (dye penetrant) merupakan metode NDT yang paling sederhana namun paling banyak digunakan karena keunggulan kecepatan dan akurasi dalam mendeteksi cacat pada permukaan. Serta bersifat praktis dan ekonomis karena dapat mencegah perusahaan pengujian dari pengeluaran biaya tambahan akibat penggantian material yang rusak. Melalui metode ini, cacat pada material akan terlihat lebih jelas dengan melihat diskontinuitas pada permukaan material setelah disemprotkan developer yang kemudian dianalisis dan pengujian ini umumnya dilaksanakan setelah proses pengelasan untuk mengidentifikasi ketidakteraturan mikroskopis seperti retakan, lubang, dan kebocoran.

Artikel ini menghadirkan tinjauan terbaru dan terintegrasi mengenai berbagai metode Non- Destructive Testing (NDT) yang digunakan untuk menguji kualitas pengelasan tanpa merusak material. Kebaruan dari artikel ini terletak pada pendekatan komparatif antar metode NDT berdasarkan jenis cacat yang dapat dideteksi, efisiensi, serta kesesuaiannya dengan kondisi industri di Indonesia. Selain itu, artikel ini juga menyoroti perkembangan teknologi terkini dalam penerapan NDT, dengan menggabungkan analisis teknis dan relevansi praktis, artikel ini memberikan kontribusi baru dalam mendukung peningkatan mutu pengelasan di era industri modern.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Konsep Dasar Pengelasan dan Kualitas Sambungan

Pengelasan (welding) didefinisikan sebagai teknik penyambungan logam yang bekerja dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi, baik dengan atau tanpa tekanan serta logam penambah, untuk menghasilkan sambungan yang kontinyu. Sebagai salah satu proses manufaktur yang paling dominan di sektor konstruksi, otomotif, serta minyak dan gas, kualitas sambungan las menjadi parameter utama dalam menentukan integritas struktural suatu komponen. Evaluasi hasil pengelasan sangat krusial untuk menjamin keselamatan kerja dan kinerja produk akhir agar sesuai dengan standar yang ditetapkan.

2.2. Klasifikasi Pengujian Logam: DT dan NDT

Secara garis besar, pengujian sambungan las dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu:

- a. Destructive Testing (DT): Metode pengujian yang dilakukan dengan merusak spesimen guna mengevaluasi kekuatan mekanik material.
- b. Non-Destructive Testing (NDT): Metode pengujian kualitatif yang dilakukan tanpa merusak komponen sedikitpun.

Dalam dunia industri modern, metode NDT lebih diutamakan karena efisiensi biaya, keamanan, dan kemampuannya untuk menginspeksi produk akhir secara menyeluruh tanpa memengaruhi fungsi komponen tersebut. NDT berfungsi untuk mendeteksi berbagai jenis diskontinuitas seperti retakan, rongga, porositas, maupun *incomplete fusion* yang dapat melemahkan struktur.

2.3. Kategorisasi Metode NDT Berdasarkan Jenis Cacat

Pemilihan metode NDT sangat bergantung pada posisi cacat pada material. Berdasarkan lokasinya, cacat diklasifikasikan menjadi:

- Inside Crack (Retakan Dalam): Dideteksi menggunakan metode seperti *Radiographic Testing* (RT) dan *Ultrasonic Testing* (UT).
- Surface Crack (Retakan Permukaan): Dideteksi menggunakan metode *Visual Testing* (VT), *Magnetic Particle Testing* (MT), dan *Penetrant Testing* (PT). Setiap metode memiliki prinsip kerja dan keterbatasan yang berbeda, sehingga pemilihan teknik harus disesuaikan dengan jenis material, ketebalan, serta standar industri yang berlaku untuk meminimalkan potensi kegagalan struktur.

2.4. Liquid Penetrant Test (PT)

Liquid Penetrant Test merupakan salah satu metode NDT yang paling luas aplikasinya karena sifatnya yang praktis, cepat, dan ekonomis. Metode ini dirancang khusus untuk mendeteksi cacat yang terbuka ke permukaan pada bahan padat yang tidak berpori.

- Prinsip Kerja: Prinsip utama metode ini adalah gaya kapiler. Cairan penetrant diaplikasikan pada permukaan material sehingga meresap ke dalam celah cacat (hingga ukuran 0,01 mm). Setelah sisa penetrant dibersihkan, cairan *developer* disemprotkan untuk mengangkat kembali cairan yang terjebak di dalam celah agar muncul ke permukaan dan dapat diamati secara visual.
- Keunggulan dan Limitasi: Keunggulan utamanya terletak pada kemampuannya mengidentifikasi ketidakteraturan mikroskopis seperti lubang dan kebocoran secara akurat tanpa memerlukan biaya penggantian material. Namun, metode ini memiliki keterbatasan yaitu tidak mampu mendeteksi cacat di dalam material (*sub-surface*) atau digunakan pada material yang memiliki pori-pori besar.

2.5. Peran NDT dalam Penjaminan Mutu Industri

Penerapan NDT telah menjadi standar wajib dalam sertifikasi hasil pengelasan, terutama pada proyek berskala besar dan berisiko tinggi. Mengingat hasil pengelasan dipengaruhi oleh banyak faktor variabel, penggunaan NDT menjadi instrumen penting untuk mencegah kecelakaan, meningkatkan produktivitas, serta memastikan bahwa setiap sambungan memenuhi spesifikasi teknis dan standar keselamatan yang diharapkan.

3. Metodologi Penelitian

Pengujian NDT dilakukan untuk mengevaluasi kualitas hasil pengelasan tanpa merusak material yang diuji. Metodologi yang digunakan meliputi identifikasi area pengelasan, pemilihan metode NDT yang sesuai

(misalnya: *Ultrasonic Test, Metalography, atau Dye Penetrant Test*), serta pelaksanaan pengujian secara sistematis berdasarkan standar industri. Data hasil pengujian dianalisis untuk menentukan adanya cacat seperti retak, porositas, atau ketidaksempurnaan las. Proses ini bertujuan untuk memastikan integritas sambungan las dan kelayakan komponen secara teknis. Berikut adalah tahapan tahapan metodologi yang di gunakan.



Gambar 1. Metodologi penelitian yang dirancang

3.1 Tujuan Metodologi

Tujuan dari metodologi ini adalah untuk memperoleh pemahaman yang mendalam dan sistematis mengenai berbagai metode Non-Destructive Testing (NDT) yang digunakan dalam pengujian hasil pengelasan, khususnya dengan pendekatan point to point inspection. Melalui kajian pustaka, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi, mengklasifikasikan, dan membandingkan keefektifan masing-masing metode NDT dalam mendeteksi cacat las pada titik-titik kritis sambungan. Selain itu, metodologi ini juga ditujukan untuk menggali informasi teknis mengenai prinsip kerja, kelebihan, keterbatasan, serta cakupan penggunaan metode-metode seperti Ultrasonic Testing (UT), Magnetic Particle Testing (MT), dan Penetrant Testing (PT). Dengan menggunakan pendekatan literatur, diharapkan penelitian ini dapat menyajikan referensi yang komprehensif dan relevan sebagai dasar pertimbangan dalam pemilihan metode NDT yang tepat dalam praktik pengelasan industri, tanpa harus melakukan pengujian langsung di lapangan.

3.2 Kriteria Pemilihan Literatur

Dalam penelitian ini, memilih sumber-sumber referensi, penulis menerapkan beberapa tolak ukur penting agar informasi yang didapatkan benar-benar sesuai dan bermutu tinggi. Prioritas pertama adalah memilih sumber dari jurnal-jurnal kredibel, baik yang diakui di Indonesia maupun di kalangan internasional, khususnya yang terindeks dalam basis data ilmiah semacam Scopus, Web of Science, atau jurnal nasional yang sudah memiliki akreditasi SINTA. Selanjutnya, demi memastikan bahwa data serta informasi yang dipakai menggambarkan perkembangan teknologi terkini, penulis mengutamakan publikasi yang terbit dalam kurang waktu sepuluh tahun terakhir saja (2014–2024). Kriteria utama lainnya adalah fokus pada artikel atau publikasi yang secara spesifik membahas evaluasi hasil dari proses pengelasan memakai metode Non-Destructive Testing seperti Ultrasonic Testing (UT), Penetrant Testing (PT), Magnetic Particle Testing (MT). Dengan menerapkan kriteria ini, diharapkan literatur yang dianalisis betul-betul relevan, terbaru, dan mendukung pemeriksaan efektivitas metode NDT dengan pendekatan point to point dalam pengujian pengelasan.

3.3 Sumber Data

Sumber Informasi yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari berbagai sumber, termasuk database keilmuan bereputasi, baik dari Indonesia maupun mancanegara, yang menyediakan karya tulis bermutu tinggi. Artikel-artikel tersebut dikumpulkan dengan menelusuri platform seperti ScienceDirect, IEEE Xplore, dan Google Scholar sebagai database nasional. Tujuan memakai beragam database ini adalah untuk mendapatkan referensi seluas dan seberagam mungkin, baik dari sudut pandang global maupun lokal. Proses penelusuran pustaka dijalankan dengan memakai kata kunci yang berhubungan dengan topik, contohnya “Pengujian Tak Merusak”, “inspeksi pengelasan”, “welding inspection”, “UT”, “MT”, “PT”, dan “non-destructive testing”. Kata kunci ini disesuaikan dalam Bahasa Inggris dan Bahasa Indonesia untuk memperluas area pencarian serta menjangkau karya tulis dari peneliti dalam dan luar negeri. Hasil pencarian kemudian diseleksi berdasar kriteria yang sesuai dan relevan dengan fokus riset ini, yaitu analisis metode pengujian NDT pada sambungan las menggunakan pendekatan point to point.

3.4 Perbandingan dan Sintesis Temuan

Proses pengenalan dan pemilihan literatur dalam penelitian ini dilaksanakan dengan cara sistematis untuk memastikan bahwa hanya artikel yang tepat dan berkualitas tinggi yang digunakan dalam analisis. Artikel yang diperoleh dari sejumlah basis data ilmiah diseleksi berdasarkan beragam kriteria, yaitu relevansi topik, kualitas metodologi penelitian, serta dampaknya terhadap praktik pengujian pengelasan, terutama yang berhubungan dengan metode Non-Destructive Testing (NDT). Pemilihan awal dilakukan dengan meninjau judul dan ringkasan untuk menilai kesesuaian dengan fokus penelitian. Artikel yang berhasil melewati tahap awal selanjutnya dianalisis lebih mendalam melalui telaah isi lengkap untuk menilai keabsahan ilmiah, rincian teknis, dan kelengkapan pembahasan. Untuk menyokong pendekatan yang lebih formal dan sistematis, proses seleksi ini dapat dijelaskan menggunakan kerangka PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Metode PRISMA membantu menyusun alur pemilihan dengan jelas melalui tahap identifikasi, penyaringan (screening), kelayakan (eligibility), dan inklusi (inclusion), sehingga keseluruhan proses dapat dipertanggungjawabkan dari segi metodologi dan ilmiah

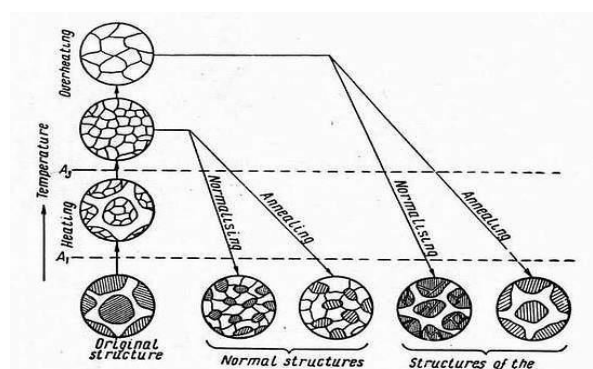
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil

1) Pengujian Metalografi


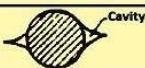








Pengujian non-destruktif (NDT) dengan metode metalografi menjadi salah satu teknik penting dalam menganalisis struktur mikro hasil pengelasan. Secara umum, pengujian ini dilakukan untuk melihat adanya perubahan struktur butiran logam, batas butir, atau cacat mikroskopis seperti porositas dan retakan mikro [17] Dalam praktiknya, metalografi dilakukan dengan cara memotong bagian spesimen las, kemudian dipoles dan diberi etsa kimia agar struktur mikro dapat terlihat jelas di bawah mikroskop optik atau mikroskop electron. Pengamatan ini sangat bermanfaat untuk mengetahui apakah sambungan las telah mengalami proses pendinginan yang terlalu cepat atau terlalu lambat, yang dapat menyebabkan fasa tidak merata [19] Metalografi dapat menunjukkan zona HAZ (*heat affected zone*), *fusion line*, dan *base metal* dengan kontras visual yang tinggi [20]

Pada hasil pengujian dengan metalografi sambungan las *SMAW* (*Shielded Metal Arc Welding*), terlihat bahwa struktur mikro di daerah HAZ mengalami perubahan bentuk butiran menjadi lebih kasar dibandingkan daerah logam induk [21] Hal ini menunjukkan bahwa suhu tinggi saat pengelasan memengaruhi struktur mikro dan dapat menurunkan kekuatan mekanik jika tidak dikendalikan dengan benar, seperti yang dijelaskan pada **Gambar 1**[22].



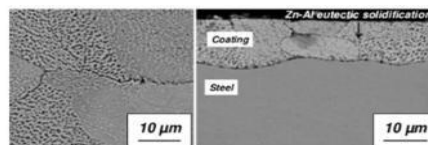
Gambar 2. Suhu tinggi saat pengelasan mempengaruhi struktur mikro

Selain itu, pengamatan juga memperlihatkan adanya segregasi di beberapa titik akibat laju pendinginan yang tidak merata [23]. Dalam kasus tertentu, ditemukan juga inklusi non-logam yang bisa menjadi titik awal terjadinya kegagalan struktural, seperti yang dijelaskan dalam **Gambar 2** [24].

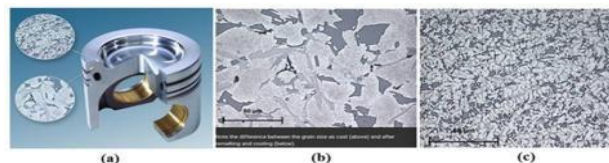
Behaviour of inclusions during deformation			
Type	Description	Before rolling	After rolling
(a)	A hard inclusion under rolling conditions		
(b)	A hard crystalline inclusion broken during rolling		
(c)	A hard inclusion cluster strung out during rolling		
(d)	An inclusion composed of hard crystals dispersed in a soft matrix		
(e)	A soft inclusion under rolling conditions		

Gambar 3. Inklusi non-logam yang bisa menjadi titik awal terjadinya kegagalan struktural [24]

Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengamatan metalografi sangat penting sebagai pelengkap pengujian makro dan mekanik karena dapat mengidentifikasi cacat internal yang tidak kasat mata [25].



Gb 5. Hasil pengamatan metalografi terhadap lapisan Zn-Al pada lembaran baja



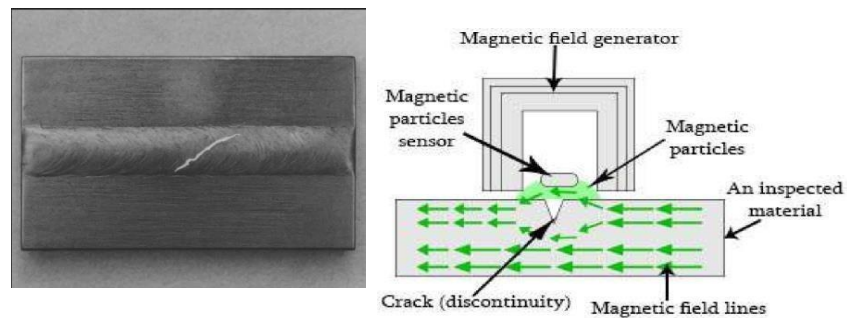
Gb 6. Perbedaan mikrostruktur pada permukaan piston (paduan Al) yang mengalami proses pemanasan dan pendinginan cepat

Gambar 4. Pengamatan metalografi sebagai pelengkap uji makro dan mekanik

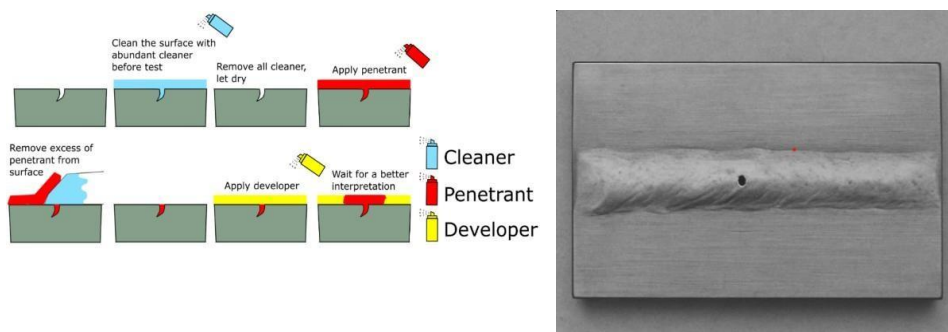
Berdasarkan berbagai penelitian dan praktik laboratorium, metode metalografi dapat memberikan pemahaman mendalam terhadap kualitas pengelasan yang tidak bisa dideteksi oleh metode NDT lain seperti penetrasi cair atau radiografi. Sebagai mahasiswa teknik pada semester awal, penting memahami bahwa struktur mikro merupakan cerminan dari proses termal dan kualitas pengerjaan suatu sambungan las. Oleh karena itu, metalografi juga sangat berguna dalam riset material dan pengembangan teknik pengelasan modern yang mengutamakan kontrol mutu dan keamanan. Pengujian ini sangat direkomendasikan dalam lingkungan industri kritis seperti minyak dan gas, pesawat, serta pembangkit listrik, di mana setiap sambungan harus bebas dari cacat internal mikro.

2) Pengujian Penetrasi dan Magnetik

Pengujian Non-Destructive Testing (NDT) merupakan metode penting untuk memeriksa sambungan las tanpa merusak material. Dua teknik dasar yang sering digunakan adalah metode *Liquid Penetrant Testing* (LPT) dan *Magnetic Particle Testing* (MPT) [30]. LPT digunakan untuk mendeteksi cacat permukaan seperti retakan kecil atau pori-pori terbuka pada logam non-magnetik, sedangkan MPT digunakan untuk memeriksa logam feromagnetik dan dapat mendeteksi cacat permukaan maupun cacat dangkal di bawah permukaan. Proses LPT melibatkan pembersihan permukaan, aplikasi cairan penetrasi, waktu tunggu, pembersihan sisa cairan, aplikasi developer, dan observasi visual. Sementara itu, MPT dilakukan dengan magnetisasi benda uji, kemudian diberikan partikel magnetik yang akan membentuk pola di sekitar cacat [33]. Dari hasil pengujian pada beberapa sambungan las baja karbon, MPT mampu mengidentifikasi retakan melintang yang tidak tampak oleh mata [34]



Gambar 5. Hasil pengujian terlihat adanya retakan melintang yang tidak tampak oleh mata, namun berhasil dideteksi dengan bantuan partikel magnetik



Gambar 6. Hasil pengujian terlihat adanya cacat porositas terbuka yang muncul sebagai titik gelap di permukaan las. Cacat ini terdeteksi karena cairan penetrasi meresap ke dalam rongga kecil pada permukaan logam

LPT memberikan hasil yang lebih jelas pada logam *non-ferro*, sementara MPT sangat efektif dalam mendeteksi cacat mikro pada logam seperti baja dan besi cor [36]. Kelebihan MPT adalah kecepatan deteksi dan sensitivitas

tinggi terhadap retakan dangkal, namun hanya terbatas pada bahan yang bisa dimagnetisasi. Sebaliknya, LPT lebih fleksibel dalam jenis material, tetapi tidak dapat mendeteksi cacat di bawah permukaan. Pemilihan metode harus disesuaikan dengan karakteristik material dan jenis cacat yang dicari.

Secara keseluruhan, penerapan LPT dan MPT sebagai metode NDT dalam inspeksi pengelasan sangat membantu dalam menjaga kualitas sambungan las, terutama dalam industri otomotif, konstruksi, dan perminyakan. Kombinasi kedua metode ini memungkinkan pemeriksaan yang lebih menyeluruh, terutama untuk komponen-komponen penting seperti pipa tekanan tinggi, tangki bahan bakar, atau rangka baja struktur.



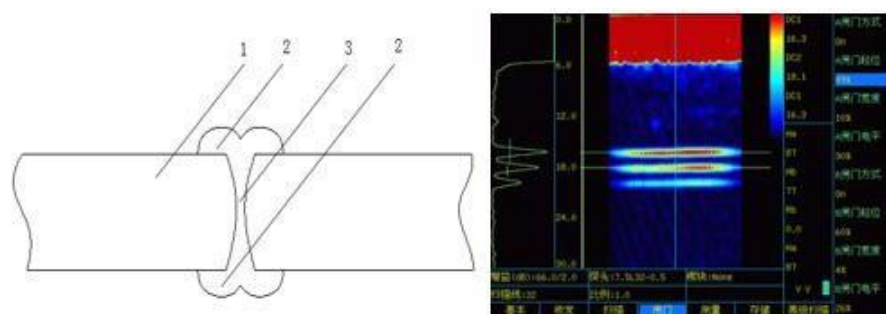
Gambar 7. hasil pengujian Liquid Penetrant Testing (LPT) dan Magnetic Particle Testing (MPT)

Hasil pengujian menggunakan LPT dan MPT dapat digunakan sebagai dasar evaluasi kelayakan komponen yang telah dilas sebelum digunakan secara operasional. Dengan memahami cara kerja dan aplikasi kedua metode ini, mahasiswa teknik dapat memperoleh dasar kuat untuk melakukan inspeksi pengelasan secara profesional dan akurat di lapangan.

3) Pengujian Ultrasonik

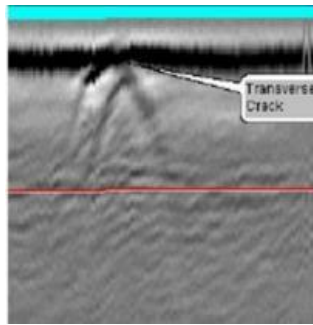
Pengujian ultrasonik adalah salah satu metode Non-Destructive Testing (NDT) yang sangat efektif untuk mendeteksi cacat dalam sambungan las tanpa merusak material. Dalam pengujian ini, gelombang suara frekuensi tinggi dikirim ke dalam logam, dan pantulannya akan menunjukkan keberadaan cacat seperti retakan dalam, porositas, dan lack of fusion. Ultrasonik digunakan secara luas karena mampu mendeteksi cacat dalam hingga ke inti material, tidak seperti metode visual atau penetrasi yang hanya terbatas di permukaan. Mahasiswa teknik semester awal perlu memahami bahwa alat utama dalam metode ini adalah probe ultrasonik dan layar osiloskop yang menampilkan pantulan gelombang. Bila ada cacat, gelombang akan dipantulkan lebih awal dan ditunjukkan sebagai sinyal berbeda di layar.

Hasil pengujian ultrasonik pada berbagai jenis sambungan las menunjukkan bahwa teknik ini mampu mendeteksi cacat kecil sekalipun seperti micro-crack yang sering luput dari pengamatan visual.



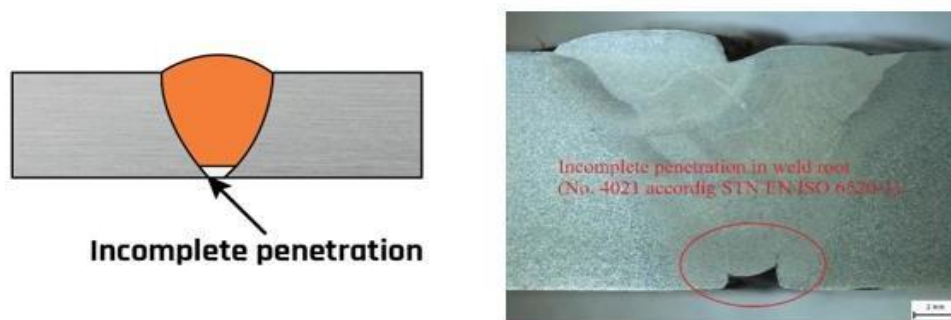
Gambar 8. Hasil Pengujian Ultrasonik

Dalam pengelasan pelat baja, gelombang ultrasonik berhasil mengidentifikasi retakan transversal pada kedalaman tertentu yang tidak terdeteksi oleh metode lain. Hal ini menunjukkan sensitivitas tinggi dari metode ultrasonik dalam mendeteksi cacat internal, seperti retakan mikro atau delaminasi, yang sering kali tersembunyi di bawah permukaan logam.



Gambar 9. Adanya retakan transversal dalam pengelasan pelat baja

Selain itu, pengujian ultrasonik sangat berguna untuk mendeteksi *incomplete penetration* yang sering terjadi akibat parameter pengelasan yang tidak optimal, seperti kecepatan pengelasan, arus listrik, dan posisi elektroda. Cacat ini kerap sulit terdeteksi secara visual maupun melalui metode lain seperti radiografi, terutama jika terjadi pada bagian dalam sambungan.



Gambar 10. *Incomplete penetration* muncul sebagai cacat ketika logam las tidak sepenuhnya menyatu dengan logam dasar di akar las, sehingga mengakibatkan diskontinuitas

Keunggulan lain dari metode ini adalah dapat digunakan pada berbagai ketebalan material dan posisi pengelasan, baik pada pelat tipis maupun komponen tebal yang memiliki akses terbatas. Hal ini menjadikan ultrasonic testing sebagai metode yang fleksibel dan adaptif di berbagai kondisi lapangan. Namun, teknik ini juga memiliki keterbatasan, seperti memerlukan operator yang terlatih dan hasil yang bisa keliru jika permukaan kasar atau bentuk geometri kompleks. Kesalahan interpretasi dapat terjadi apabila sinyal pantulan terganggu oleh kebisingan akustik, ketidakteraturan permukaan, atau adanya variasi material. Selain itu, kalibrasi peralatan yang tidak tepat juga dapat memengaruhi akurasi deteksi.

Secara keseluruhan, pengujian ultrasonik sangat penting dalam industri teknik, terutama untuk memastikan bahwa sambungan las memenuhi standar keselamatan. Penggunaan metode ini sangat cocok untuk komponen kritis seperti bejana tekan, struktur jembatan, dan pipa migas yang tidak boleh mengalami kegagalan. Oleh karena itu, mahasiswa teknik perlu mengenali cara kerja, kelebihan, dan batasan pengujian ultrasonik sebagai bagian dari kontrol mutu pengelasan. Penerapan metode ultrasonik yang tepat dapat mengurangi risiko kecelakaan kerja akibat sambungan las yang cacat. Dengan pemahaman dasar ini, mahasiswa akan lebih siap menghadapi praktik pengujian di industri nyata.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Dari hasil kajian literatur mengenai berbagai metode Non-Destructive Testing (NDT) dalam pengujian pengelasan, dapat disimpulkan bahwa setiap metode memiliki karakteristik dan keunggulan spesifik tergantung pada jenis material dan posisi cacat yang ingin dideteksi. Ultrasonic Testing (UT) unggul dalam

mendeteksi cacat internal secara mendalam, Magnetic Particle Testing (MT) efektif untuk logam feromagnetik dengan retakan dangkal, sementara Penetrant Testing (PT) sangat ideal untuk mendeteksi cacat terbuka pada permukaan logam non-pori. Metalografi memberikan informasi mendalam tentang struktur mikro yang tidak terlihat oleh metode lain, sehingga sangat berguna sebagai pelengkap uji mekanik. Kombinasi beberapa metode NDT terbukti meningkatkan akurasi deteksi cacat dan keandalan inspeksi, yang secara keseluruhan dapat memperkuat mutu sambungan las, mencegah kegagalan struktural, serta menjamin keselamatan dan efisiensi dalam proses produksi industri.

5.2 Saran

Untuk meningkatkan kualitas dan keandalan hasil pengelasan, disarankan agar proses pengujian NDT dilakukan secara menyeluruh dan mempertimbangkan kombinasi metode sesuai karakteristik material dan kebutuhan inspeksi. Penggunaan UT, MT, dan PT secara komplementer mampu memberikan gambaran lengkap terhadap kondisi sambungan las. Selain itu, pengembangan kemampuan teknis sumber daya manusia melalui pelatihan intensif sangat penting, terutama dalam mengoperasikan alat uji NDT yang membutuhkan interpretasi hasil secara akurat. Dalam konteks pendidikan vokasi dan industri, integrasi metode NDT ke dalam kurikulum praktikum dan SOP inspeksi mutu menjadi langkah strategis untuk menjawab tantangan industri modern yang mengutamakan presisi, keamanan, dan efisiensi. Penelitian lanjutan juga perlu dilakukan untuk mengkaji pemanfaatan teknologi NDT terkini berbasis digital dan otomasi guna mendukung inspeksi las yang lebih cepat dan akurat.

Daftar Pustaka

- [1] A. P. Dewanto, W. Amiruddin, and H. Yudo, "Analisa Kekuatan Mekanik Sambungan Las Metode MIG (Metal Inert Gas) Dan Metode FSW (Friction Stir Welding) 800 Rpm Pada Aluminium Tipe 5083," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 4, no. 3, 2016.
- [2] A. Hikbal, M. B. Nugroho, and A. M. Bachtari, "Review Pengujian Pengelasan Metode Destructive Test," *J. Mema (Jurnal Mesin dan Manufaktur)*, vol. 2, no. 1, pp. 11–20, 2025.
- [3] M. N. Alwahidi and B. Afrizal, "Review Pengujian Pengelasan Metode Non-Destructive Test," *J. Mema (Jurnal Mesin dan Manufaktur)*, vol. 2, no. 1, pp. 30–42, 2025.
- [4] A. Arista and R. Prasetyo, "Identifikasi Faktor Penyebab Keretakan Pada Platform Module (H-Beam) Menggunakan Metode NDT (Non Destructive Test) Di Pt Multi Gunung Mas Batam," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 4, no. 1, pp. 40–49, 2018.
- [5] M. Haifan, S. Makosim, and D. Utomo, "ANALISIS NON DESTRUCTIVE TEST (NDT) PADA PENGELASAN SAMBUNGAN INSTALASI PIPA DENGAN METODE RADIOGRAPHY: STUDI KASUS DI PROYEK RIFENERY DEVELOPMENT MASTER PLAN (RDMP) BALIKPAPAN," 2024.
- [6] F. Widyawati and L. Marano, "Identifikasi Cacat Lasan Fcaw Pada Fondasi Mesin Kapal Menggunakan Metode Ultrasonic Testing," *J. Tambora*, vol. 5, no. 2, pp. 53–58, 2021.
- [7] K. Anwar, M. S. Hamzah, S. Chandrabakty, B. Bakri, and M. Rusdi, "Peningkatan Kompetensi Pengelasan Karyawan Bengkel Las di Desa Sibedi Kecamatan Marawola Kabupaten Sigi," *J. Abmas Negeri*, vol. 5, no. 2, pp. 197–206, 2024.
- [8] B. Nur Alamsyah and D. Suastianti, "ANALISIS KERUSAKAN PRODUK PENGELASAN SHIELDED METAL ARC WELDING (SMAW) BERBASIS MATERIAL PLAT BAJA ASTM A36 UNTUK APLIKASI BODY KAPAL," 2025.
- [9] T. S. Wibowo, Z. K. Rizky, D. N. Fauzaan, and A. B. Listyawan, "Deteksi Cacat Las pada Kerangka Atap Masjid Agung Jawa Tengah di Magelang dengan Metode Liquid Penetrant Test," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil UMS*, 2024, pp. 298–301.
- [10] Y. G. Wicaksono, H. F. Rahmatullah, R. Artika, S. Ismarwanti, and R. Sigit, "Simulasi Uji Tak Merusak Pelat Elemen Bakar Pasca Iradiasi Menggunakan Metode Penetrant Test," *Urania J. Ilm. Daur Bahan Bakar Nukl.*, vol. 28, no. 3, pp. 143–152, 2022.