

ANALISIS PERBANDINGAN SIFAT FISIS DAN MEKANIS ALUMINIUM PADA BODY MOBIL LAND ROVER TAHUN 1982 YANG DI LAS DAN ROW MATERIAL

Aryananta Lufti¹, Budi Harjanto², Nurtjahyono³, Frangky Silitonga⁴

Teknik Mesin Pertahanan Akademi Militer Magelang^{1,2}, Sdirjianbang Akademi Militer Magelang³, Puslitapmas Politeknik Pariwisata Batam⁴

aryanantalufti@nikmesinhan.akmil.ac.id, budiharjanto@nikmesinhan.akmil.ac.id, nurcahyono644@gmail.com, frangky@btp.ac.id

Abstract

The main objectives of the research are stated in the documents provided, including: Knowing the strength of aluminum bodies, and analyzing the performance of bodies that frequently experience collisions. The scope of this research is the scope of this research includes evaluating the strength of aluminum and the welding process as well as tests carried out to evaluate the physical and mechanical properties of aluminum materials, including tensile, bending, hardness, composition and microstructural analysis tests. The research method used is a quantitative research method that emphasizes the results of experiments in a complete and measurable way, thereby providing a comprehensive understanding of the characteristics of aluminum in automotive applications. The results and findings of this research are. Overall, the research findings contribute to the understanding of aluminum characteristics in automotive applications, and offer implications for improving material selection, welding techniques, and structural design in the automotive sector. Opportunities that develop ahead utilizing the automotive industry can improve practices, products, and development processes, ultimately leading to advances in automotive engineering and design.

Keywords: Aluminum, Tensile Test, Bending Test, Hardness Test, Composition Test, Microstructure

Abstrak

Tujuan utama penelitian dituangkan dalam dokumen yang disediakan, antara lain: Mengetahui kekuatan bodi berbahan aluminium, dan menganalisis kinerja bodi yang sering terjadi benturan. Ruang lingkup penelitian ini adalah Ruang lingkup penelitian ini meliputi evaluasi kekuatan Aluminium dan proses pengelasan serta pengujian dilakukan untuk mengevaluasi sifat fisik dan mekanik bahan aluminium, termasuk uji tarik, tekuk, kekerasan, komposisi, dan analisis struktur mikro. Metode penelitian yang digunakan metode penelitian kwaitatif degan menekankan hasil eksperimen cara utuh an terukur, sehingga memberikan pemahaman komprehensif tentang karakteristik aluminium dalam aplikasi otomotif. Hasil dan temuan dari penelitian ini adalah. Secara keseluruhan, temuan penelitian berkontribusi pada pemahaman karakteristik aluminium dalam aplikasi otomotif, dan menawarkan implikasi untuk meningkatkan pemilihan material, teknik pengelasan, dan desain struktural di sektor otomotif. Peluang yang dikembangkan kedepan memanfaatkan industri otomotif dapat meningkatkan praktik, produk, dan proses pengembangan, yang pada akhirnya mengarah pada kemajuan dalam bidang teknik dan desain otomotif.

Kata kunci: Aluminium, Uji Tarik, Uji Bending, Uji Kekerasan, Uji Komposisi, Struktur Mikro

PENDAHULUAN

Akademi Militer yang merupakan lembaga pendidikan pencetak kader pimpinan TNI kedepan dan bahkan pimpinan Negara nantinya memiliki kegiatan yang cukup padat dalam peroses pembelajaran setiap harinya, selain dituntut memiliki kemampuan akademik, keperibadian dan jasmani yang baik. Didalam mendukung latihan luar para taruna, dibutuhkan kendaraan angkut guna mendukung latihan kendaraan yang digunakan adalah mobil land rover buatan Amerika tahun 1982, yang digunakan lembaga sebagai kendaraan pendukung latihan. Seringnya terjadi benturan pada body mobil land rover ini saat menjalankan tugasnya dimedan latihan yang berbatu memberikan saya ide selaku peneliti untuk meneliti kekuatan body mobil land rover yang berbahan aluminium ini, khususnya pada sambungan las yang ada. Proses pengelasan yang sering digunakan untuk pengelasan aluminium adalah gas metal arc welding (GMAW) atau yang lebih dikenal dengan las MIG (Gusthia, 2023). Jenis las ini sangat baik untuk menyambung logam aluminium karena proses las ini menggunakan prinsip di lingkungan gas mulia yang dilengkapi consumable metal elektroda Aluminium dan paduannya memiliki sifat mampu las yang kurang baik. Hal ini disebabkan oleh sifat aluminium itu sendiri seperti konduktivitas panas yang tinggi, koefisien muai yang besar, reaktif dengan udara membentuk lapisan aluminium oksida serta berat jenis dan titik cairnya yang rendah, paduan ini memiliki sifat baik dalam daya tahan korosi terutama korosi oleh air laut dan sifat mampu las (Mikail Rizki, 2018). Seperti pada body kendaraan land rover akmil produksi 1982 dengan bahan aluminium pada bodynya, sehingga ringan dan cukup mendukung dalam menuju tempat – tempat latihan bagi para taruna akmil.



LANDASAN TEORI

Aluminium merupakan bagian logam ringan yang memiliki berat jenis sekitar 2,65-2,8 kg/dm³. Sebagai pembanding air memiliki berat jenis 1 kg/dm³ dan besi sekitar 7,3 kg/dm³. Karena berat jenis aluminium relatif ringan, maka aluminium paling banyak digunakan untuk elemen konstruksi pada body kendaraan, transportasi, peralatan listrik dan lain-lain. Sedangkan kelemahan penggunaan bahan aluminium adalah bahwa bahan ini sering mengalami cacat keropos dan mudah membentuk rongga udara, sehingga akan mengakibatkan timbulnya “takik” pada bahan yang selanjutnya akan menyebabkan menurunnya kekuatan bahan. Hal ini disebabkan sifat yang dimiliki aluminium dalam keadaan cair, yaitu mudah untuk menyerap gas H₂ dan O₂ dan melepas kembali saat terjadi proses pembekuan, namun tidak semua dari gas yang terikat tersebut akan mampu dilepaskan (Andoko & Harjanto, 2023). Akan ada sebagian gas yang terperangkap dalam bahan yang diakibatkan oleh terhalang aluminium cair yang lebih awal membeku pada bagian permukaan luar dekat dengan cetakan. Gas yang terperangkap ini akan mengakibatkan cacat keropos pada bagian material. Aluminium murni memiliki sifat mampu cor dan mekanik yang jelek, sehingga jarang digunakan untuk keperluan rekayasa atau kebutuhan teknik yang membutuhkan ketelitian dan persyaratan kekuatan bahan yang tinggi. Oleh karena itu, kebanyakan aluminium digunakan dalam bentuk paduan. Hal ini dimaksudkan untuk memperbaiki sifat-sifat dan memperoleh kekuatan bahan yang sesuai dengan kebutuhan. Unsur-unsur paduan yang bisa ditambahkan pada aluminium adalah Cu, Si, Mg, Mn, Ni, Sn, Fe, dan Zn (Mikail Rizki, 2018). Unsur paduan yang ikut menempati struktur logam aluminium berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanis bahan sesuai dengan kadar unsur paduan tersebut. Karena pentingnya unsur paduan dalam menentukan kualitas logam aluminium, maka pembahasan berikut akan diuraikan tentang pengaruh unsur paduan terhadap karakteristik logam aluminium (Wei, 2024).

Klasifikasi Paduan Aluminium

Berdasarkan klasifikasinya aluminium dibagi dalam 7(tujuh) jenis, antara lain, sebagai berikut :

- a. Jenis Al – murni (seri 1000).
- b. Jenis paduan Al – Cu (seri 2000).
- c. Jenis paduan Al – Mn (seri 3000).
- d. Paduan jenis Al – Si (seri 4000).
- e. Paduan jenis Al – Mg (seri 5000).
- f. Paduan jenis Al – Mg – Si (seri 6000).
- g. Paduan jenis Al – Zn (seri 7000).

Pengelasan.

Pengelasan adalah proses penyambungan dua logam atau lebih dengan cara pemanasan, dengan atau tanpa logam pengisi, serta dengan atau tanpa tekanan. Dalam proses penyambungan ini disertai dengan tekanan dan material tambahan (*filler material*). Terwujudnya standar-standar teknik pengelasan akan membantu memperluas ruang lingkup pemakaian sambungan las dan memperbesar ukuran bangunan konstruksi yang dapat dilas. Dengan kemajuan yang dicapai sampai saat ini, teknologi las memegang peranan penting dalam masyarakat industri modern. Karena itu didalam pengelasan, pengetahuan harus turut serta mendampingi praktek, secara lebih terperinci dapat dikatakan bahwa perancangan konstruksi bangunan dan mesin dengan sambungan las, harus direncanakan pula tentang cara-cara pengelasan (Andoko & Harjanto, 2023). Dalam setiap proses pengelasan harus memenuhi standar tertentu yaitu ASME (*American Society of Mechanical Engineers*), API (*American Petroleum Institute*). Agar suatu pelaksanaan konstruksi las dikerjakan dengan benar dan berhasil, sehingga aman terhadap hasil yang dikerjakan, maka untuk setiap



pekerjaan las harus dimulai dengan pemilihan electrode las, proses pengelasan dan variabel penting lainnya seperti bentuk sambungan yang akan dikerjakan, baik di pabrikasi maupun dilapangan, serta perlakuan kusus yang akan dilakukan pada awal dan selesainya pengelasan, PHT (*Post Heat Treatment*), PWHT (*Post Weld Heat Treatment*), dan arus listrik yang digunakan untuk semua pekerjaan tersebut perlu adanya spesifikasi prosedur pengelasan, WPS (*Welding Procedure Specification*) (Kemenakertrans, 2018).

Pengelasan dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Pemanasan tanpa tekanan.
- b. Pemanasan dengan tekanan.
- c. Tekanan tanpa memberikan panas dari luar (panas diperoleh dari dalam material itu sendiri).

Disamping itu pengelasan juga dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut: Tanpa logam pengisi dan dengan logam pengisi.

Peroses pengelasan pada umumnya dilakukan dalam penyambungan logam, pengelasan merupakan proses yang penting baik ditinjau secara komersial maupun teknologi, karena :

1. Pengelasan merupakan penyambungan yang permanen. Sambungan las dapat lebih kuat daripada logam induknya, bila digunakan logam pengisi yang memiliki kekuatan lebih besar dari pada logam induknya
2. Pengelasan merupakan cara yang paling ekonomis dilihat dari segi penggunaan material dan biaya fabrikasi. Metode perakitan mekanik yang lain memerlukan pekerjaan tambahan (misalnya, penggurdian lubang) dan pengencang sambungan (misalnya, rivet dan baut)
3. Pengelasan dapat dilakukan di pabrik atau luar ruangan.

Metalurgi Las.

Pengelasan adalah proses penyambungan dengan menggunakan energi panas, karena proses ini maka logam disekitar lasan mengalami siklus termal cepat yang menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan metalurgi yang rumit, deformasi dan tegangan-tegangan termal. Hal ini sangat erat hubungannya dengan ketangguhan, cacat las, retak dan lain sebagainya yang umumnya mempunyai pengaruh yang fatal terhadap keamanan dan konstruksi las. Logam akan mengalami pengaruh pemanasan akibat pengelasan dan mengalami perubahan struktur mikro disekitar daerah lasan. Bentuk struktur mikro bergantung pada temperature tertinggi yang dicapai pada pengelasan, kecepatan pengelasan, dan laju pendinginan daerah lasan. Daerah logam yang mengalami perubahan struktur mikro akibat mengalami pemanasan karean pengelasan disebut daerah pengaruh panas (Boumerzoug, 2020).

Menurut W. Harsono, daerah lasan terdiri dari 3 (tiga) bagian, antara lain :

- a. Logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair kemudian membeku.
- b. Fusion Line, garis penggabungan atau garis batas cair antara logam lasan logam induk.

Daerah pengaruh panas disebut HAZ (*Heat Affected Zone*) adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las selama pengelasan mengalami pemanasan dan pendinginan yang cepat.

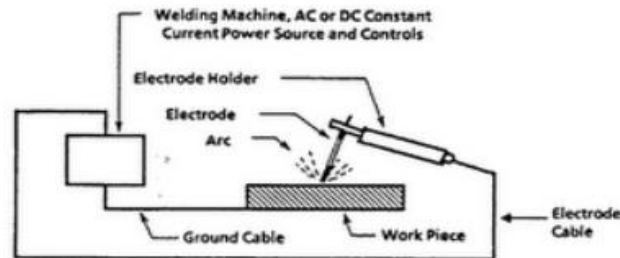
Proses-proses Pengelasan.

Las busur adalah suatu proses pengelasan dimana panas dihasilkan oleh busur listrik diantara elektroda dengan benda kerja. Pada pengelasan dengan arus DC, benda kerja dihubungkan dengan kutub negatif dan elektroda dengan kutub positif, sedangkan pada pengelasan dengan polaritas lurus, benda kerja dihubungkan dengan kutub positif dan elektroda dengan kutub negatif. Adapun proses-proses pengelasan, antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Shielded Metal Arc Welding (SMAW).



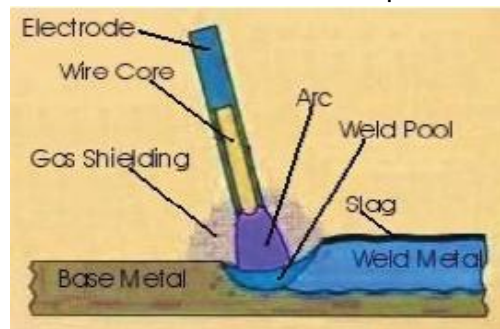
SMAW adalah proses las busur manual dimana panas pengelasan dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda terumpan berpelingung flux dengan benda kerja.



Gambar 2.1 Bentuk Rangkaian Pengelasan SMAW

www.trainingengineering.com

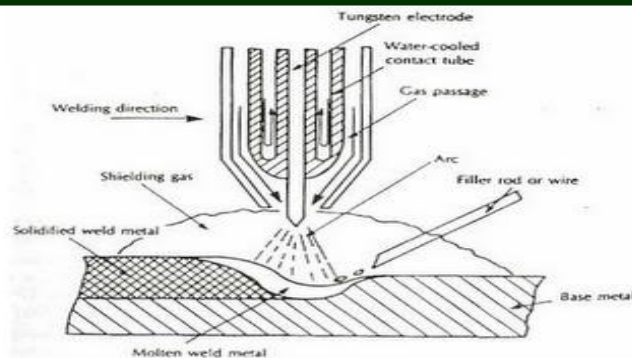
Bagian ujung elektroda, busur, cairan logam las dan daerah-daerah yang berdekatan dengan benda kerja, dilindungi dari pengaruh atmosfer oleh gas pelindung yang terbentuk dari hasil pembakaran lapisan pembungkus elektroda. Perlindungan tambahan untuk cairan logam las diberikan oleh cairan flux atau *slag* yang terbentuk. *Filler metal* atau logam tambahan disuplai oleh inti kawat elektroda terumpan, atau pada elektroda-elektroda tertentu juga berasal dari serbuk besi yang dicampur dengan lapisan pembungkus elektroda. Gambar 2.4.2 memperlihatkan prinsip dasar proses SMAW.



Gambar 2.2 Proses Pengelasan SMAW

b. Gas Tungsten Arc Welding (GTAW).

Pada pengelasan dengan proses GTAW, panas dihasilkan dari busur yang terbentuk dalam perlindungan *inert gas* (gas mulia) antara elektroda tidak terumpan dengan benda kerja. GTAW mencairkan daerah benda kerja di bawah busur tanpa elektroda tungsten itu sendiri ikut meleleh. Gambar 100 - 3 memperlihatkan peralatan untuk proses GTAW. Proses ini bisa dikerjakan secara manual atau otomatis. GTAW disebut juga dengan Heliarc yaitu istilah yang berasal dari merk dagang Linde Company atau Tig (tungsten inert gas). Filler metal ditambahkan ke dalam daerah las dengan cara mengumpulkan sebatang kawat polos. Teknik pengelasan sama dengan yang dipakai pada oxyfuel gas welding atau OAW, tetapi busur dan kawah las GTAW dilindungi dari pengaruh atmosfer oleh selimut inert gas, biasanya argon, helium atau campuran keduanya. Inert gas disemburkan dari *torch* dan daerah-daerah disekitar elektroda tungsten. Hasil pengelasan dengan proses GTAW mempunyai permukaan halus, tanpa slag dan kandungan hydrogen rendah.



Gambar 2.3 Proses Pengelasan GTAW
ptbn/php/pdf-publikasi/presentasi-2007

c. Gas Metal Arc Welding (GMAW).

Proses las GMAW dikerjakan dengan mempergunakan elektroda solid atau tubular sesuai dengan komposisi yang diinginkan, yang diumpankan melalui suatu spool atau gulungan. Elektroda ini diumpankan secara kontinyu dari sebuah *gun* atau *torch* sambil mempertahankan busur yang terbentuk antara ujung elektroda dengan base metal.

Ada tiga jenis proses GMAW yang banyak dipakai yaitu:

a. *Short-circuiting* (GMAW-S).

Short-circuiting atau hubungan singkat adalah suatu jenis transfer busur (disebut juga dengan *short arc* atau *dip transfer*). Pada GMAW jenis ini, cairan logam dari ujung kawat elektroda menyentuh genangan kawah las, sehingga terbentuk hubungan singkat. Pada awal siklus hubungan singkat, ujung elektroda cair berbentuk bola kecil, yang bergerak menuju benda kerja. Ketika cairan logam ini menyentuh benda kerja, terjadi hubungan singkat. Bola cair ini kemudian terlepas dari kawat, memutuskan jembatan cair antara kawat elektroda dengan benda kerja. Busur kemudian menyala kembali dan siklus berulang lagi. Logam ditransferkan hanya selama hubungan singkat, yang terjadi dalam frekwensi 20 hingga 200 kali per detik. Pengelasan bisa dilakukan secara otomatis atau semi otomatis.

b. *Spray* atau *globular transfer* GMAW.

Pada *spray transfer* GMAW, pemindahan logam melintasi busur, seperti aliran tetesan-tetesan kecil dengan diameter sama atau lebih kecil dari diameter kawat elektroda, *Spray transfer* hanya terjadi pada gas pelindung argon tinggi (80 % argon atau lebih). Transfer yang terjadi di atas arus minimum, disebut arus transisi, tergantung pada komposisi dan diameter filler metal. Misalnya arus transisi untuk filler metal baja diameter 0,045 inci adalah 220 amper. Apabila arus di bawah arus transisi, ukuran tetesan menjadi lebih besar dari diameter kawat elektroda, dan menjadi *globular transfer*. *Globular transfer* GMAW selalu dilakukan dengan memakai gas pelindung CO₂. GMAW *Spray transfer* menghasilkan percikan las paling sedikit dari berbagai jenis transfer logam. Panas masukan yang tinggi menghasilkan penetrasi yang bagus dan laju pengisian tinggi, tetapi aplikasi proses *spray transfer* ini hanya terbatas pada pengelasan posisi datar dan horizontal saja. GMAW *globular transfer* dengan tetesan besar, membuat pengelasan pada posisi-posisi sulit menjadi lebih sukar dan percikan las menjadi lebih banyak.

c. *Pulsed arc* (GMAW-P).

Proses las *pulsed arc* atau GMAW-P dilakukan dengan sumber listrik tegangan tetap (*constant voltage*). Dengan sumber listrik CV ini, arus listrik diatur secara otomatis untuk mencairkan elektroda dengan kelajuan tertentu, bergerak menuju benda kerja. Apabila tinggi busur lebih pendek atau lebih panjang, sumber listrik akan merubah arus output untuk memperbesar atau memperkecil



pembakaran elektroda sambil menjaga jarak busur dan tegangan tetap konstan. *Pulsed arc welding* adalah sebuah proses las transfer sembur yang menggunakan sumber listrik khusus (*pulsed* atau *synergic MIG*), yang dapat merubah arus las antara arus pulsa tinggi dan tingkat arus back ground rendah, berulang-ulang kali setiap detik. Selama pulsasi ini, terjadi transfer logam las melalui busur.

Mobil Land Rover.

Land rover adalah merk kendaraan 4x4 (all terrain vehicle) legendaris asli buatan inggris. Kendaraan land rover ini muncul tidak lama setelah jeep yang diproduksi oleh Amerika dan terkenal sebagai kendaraan yang sangat tangguh digunakan pada segala jenis kondisi jalan. Land rover merupakan bagian dari rangkaian produk "Rover Company", yaitu sebuah pabrik mobil yang biasa memproduksi mobil mewah dan mahal. Pemerintah inggris pada saat itu memegang kebijakan untuk memprioritaskan supply logam kepada perusahaan konstruksi, industri, atau produk yang dapat diekspor secara luas untuk mendapatkan devisa bagi Negara.



Gambar 2.4 Mobil Land Rover tahun 1982

Rancangan bangun land rover pertama kali didesain pada tahun 1948, oleh Maurice Wilks (kepala desainer di perusahaan mobil Rover) di Britania Raya. Tepatnya berada di peternakan pribadinya yang berada di Newborough, dipulau Anglesey, lepas pantai Wales. Tetapi Maurice Wilks sendiri mengakui, bahwa desain Land Rover memang terinspirasi oleh Jeep. Saat Maurice Wilks sedang berlibur saat musim panas, memang ada sebuah mobil Jeep yang digunakannya untuk berkeliling. Pada saat produksi pertamanya Land Rover dikembangkan oleh sebuah tim yang dipimpin oleh insinyur Arthur Goddard. Pengujian yang dilakukan pada produk percobaan ini dapat menunjukkan bahwa kendaraan ini memang tangguh dan serbaguna. Demikian juga mengenai warna cat mobil ini, yang hanya diproduksi dengan satu warna yaitu hijau muda. Hal ini disebabkan karena cat yang digunakan adalah kelebihan stokcat untuk kokpit pesawat militer. Konsep asli land rover memang perpaduan antara truk ringan dan traktor. Konsep ini sama dengan Unimog, satu jenis kendaraan yang dikembangkan di Jerman selama periode ini.

Uji Tarik.

Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan (dieter, 1987). Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu, dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji (davis, troxell, dan wiskocil, 1955). Kurva tegangan regangan rekayasa diperoleh dari pengukuran perpanjangan benda uji. Tegangan yang dipergunakan pada kurva adalah tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik yang diperoleh dengan membagi beban dengan luas awal penampang melintang benda uji.

Uji kekerasan.

kekerasan atau hardness adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis

sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal, artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuknya semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban identasi atau penetrasi (penekanan). Didunia teknik, umumnya pengujian kekerasan menggunakan 4 macam metode pengujian kekerasan, yakni :

a. Brinell (HB / BHN)

Pengujian kekerasan dengan metode Brinell bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (identor) yang ditekan pada permukaan material uji tersebut (spesimen). Idealnya, pengujian Brinell diperuntukan untuk material yang memiliki permukaan yang kasar dengan uji kekuatan berkisar 500-3000 kgf. Identor (Bola baja) biasanya telah dikeraskan dan diplating ataupun terbuat dari bahan Karbida Tungsten.

b. Rockwell (HR / RHN)

Pengujian kekerasan dengan metode Rockwell bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap indentor berupa bola baja ataupun kerucut intan yang ditekan pada permukaan material uji tersebut. Tabel dibawah ini merupakan skala yang dipakai dalam pengujian Rockwell skala dan range uji dalam skala Rockwell.

Tabel 1 Rockwell Hardness Scales

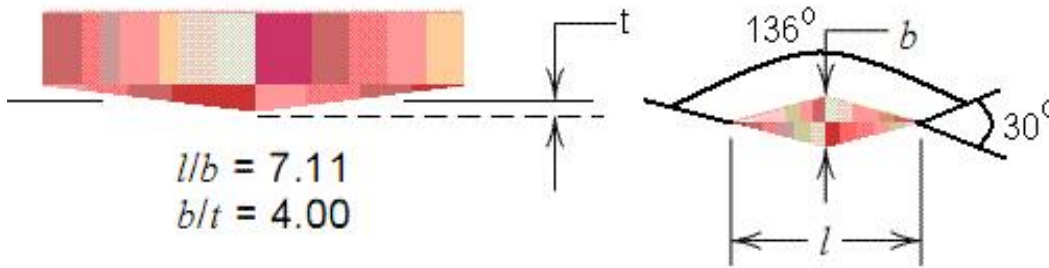
Scale	Indentor	F0 (kgf)	F1 (kgf)	F (kgf)	E	Jenis Material Uji
A	Diamond cone	10	50	60	100	Extremely hard materials, tugsen carbides, dll
B	1/16" steel ball	10	90	100	130	Medium hard materials, low dan medium carbon steels, kuningan, perunggu, dll
C	Diamond cone	10	140	150	100	Hardened steels, hardened and tempered alloys
D	Diamond cone	10	90	100	100	Annealed kuningan dan tembaga
E	1/8" steel ball	10	90	100	130	Beryllium copper, phosphor bronze, dll
F	1/16" steel ball	10	50	60	130	Alumunium sheet
G	1/16" steel ball	10	140	150	130	Cast iron, alumunium alloys
H	1/8" steel ball	10	50	60	130	Plastik dan soft metals seperti timah
K	1/8" steel ball	10	140	150	130	Sama dengan H scale
L	1/4" steel ball	10	50	60	130	Sama dengan H scale
M	1/4" steel ball	10	90	100	130	Sama dengan H scale
P	1/4" steel ball	10	140	150	130	Sama dengan H scale
R	1/2" steel ball	10	50	60	130	Sama dengan H scale
S	1/2" steel ball	10	90	100	130	Sama dengan H scale
V	1/2" steel ball	10	140	150	130	Sama dengan H scale

c. Vickers (HV / VHN).

Pengujian kekerasan dengan metode Vickers bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap indentor intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid. Angka kekerasan Vickers (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dengan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) dari indentor(diagonalnya) (A) yang dikalikan dengan $\sin(136^\circ/2)$. Rumus untuk menentukan besarnya nilai kekerasan dengan metode vickers (Lufti et al., 2022).

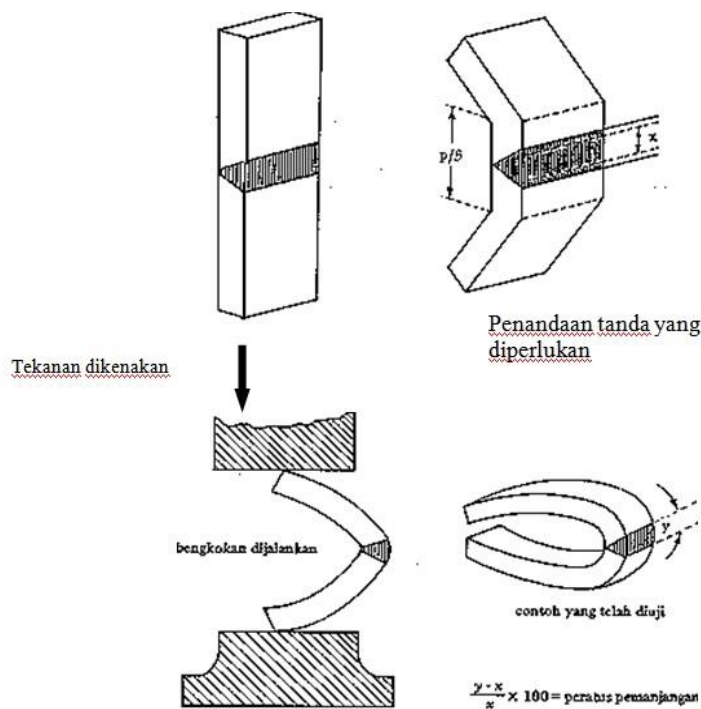
d. Micro Hardness (*knoop hardness*).

Mikrohardness test tahu sering disebut dengan *knoop hardness* testing merupakan pengujian yang cocok untuk pengujian material yang nilai kekerasannya rendah. Knoop biasanya digunakan untuk mengukur material yang getas seperti keramik.



Gambar 2.12
 Bentuk indenter Knoop (Callister, 2001)

Pengujian Bengkok (Bending Test).



Gambar 2.13
 Pengujian bengkok (bending test)

Tujuan pengujian bengkok adalah mengetahui ketahanan bengkok suatu bahan. Pengujian dapat dilakukan terhadap logam keras/getas seperti besi cor atau terhadap logam liat/ulet. Benda uji berbentuk penempang bulat berukuran 20 mm atau 30 mm ,sepanjang 450 mm atau 650 mm ,ditumpu pada kedua ujungnya dengan jarak tumpu 400 mm atau 600 mm, kemudian pada tengah batang uji tersebut diberikan beban dengan tekanan alat penekan. Hidrolik beban bertambah secara teratur pelaksanaan pengujian logam keras/getas dilakukan sampai benda uji patah, kemudian dihitung ketahanan bengkoknya, sedangkan untuk logam liat pengujian dilaksanakan samapi benda uji bengkok mencapai sudut tertentu (biasanya 30,60 atau 900) atau sampai benda uji berbentuk U. Pada kondisi pembengkokan seperti diatas benda uji tidak boleh retak atau patah (Rover, 2023).

Uji komposisi.

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui unsur – unsur pokok dan tambahan apa saja yang terkandung didalam aluminium. Dari hasil penelitian nanti akan didapatkan kandungan serta komposisi dalam jumlah persen dan banyaknya unsur dalam jumlah persen tersebut. Selain itu juga

dapat digunakan untuk proses perlakuan yang dapat diterapkan pada bahan tersebut untuk mendapatkan sifat – sifat yang diinginkan sesuai kebutuhan bahan tersebut. Proses pengujian komposisi ini dilakukan di Kampus Universitas Gadjah Mada (UGM) laboratorium bahan Fakultas Teknik Mesin.

Uji struktur mikro.

Struktur mikro yang terkandung didalam hasil analisis yang dilakukan dengan pengamatan secara mikroskopis. Tujuan dari pengujian struktur mikro adalah untuk mengamati strukturnya dibawah mikroskop sehingga akan diketahui kualitas dari bahan tersebut, selain itu dapat pula diamati cacat dan ketidak seragaman permukaan akibat proses perlakuan panas. Mikroskop yang digunakan adalah mikroskop mikro agar didapat pembesaran yang tinggi. Dalam pengujian struktur mikro, kualitas dan mutu bahan ditentukan dengan mengamati struktur dibawah mikroskop, disamping itu pula dapat mengamati cacat dan bagian yang tidak teratur. Mikroskop yang digunakan menggunakan pembesaran yang tinggi dalam hal tertentu dipakai alat khusus yaitu mikroskop pirometri yang gunanya adalah untuk mengamati perubahan – perubahan yang disebabkan yang diakibatkan perbedaan temperatur atau perubahan temperatur untuk mengamati kotoran kecil yang ada dalam stuktur, dengan ini pula dapat diteliti permukaan specimen yang telah dipolis

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan Penelitian.

Untuk mengetahui kualitas tertentu dari suatu produk bahan logam, maka diperlukan pengujian – pengujian atau pemeriksaan mulai dari bahan baku, proses produksi hingga pada tahapan siap untuk dipakai, sehingga harus diperlukan sifat – sifat tertentu yang sesuai (Joko et al., 2023).

Pengujian bahan dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

- Pengujian yang harus merusak benda uji. Benda uji akan mengalami kerusakan setelah dilakukan pengujian, misalkan pada pengujian tarik, impac, puntir, serta geser dan puntir.
- Pengujian yang tidak merusak benda uji. Benda uji tidak mengalami kerusakan yang berarti setelah mengalami pengujian, misalkan pada pengujian struktur mikro, kekerasan manufaktur dan lainnya.
- Analisis uji kekerasan. Pengujian Brinell diperuntukan untuk material yang memiliki permukaan yang kasar dengan uji kekuatan berkisar 500-3000 kgf. Identor (Bola baja) biasanya telah dikeraskan dan diplating ataupun terbuat dari bahan Karbida Tungsten.
- Uji komposisi bahan dengan menganalisis komposisi material yang ada pada aluminium setelah dilakukan pengujian. Pengujian komposisi dimaksudkan untuk mengetahui unsur – unsur pokok dan tambahan apa saja yang terkandung didalam aluminium. Dari kandungan tersebut akan didapatkan komposisi dalam jumlah persen banyaknya unsur didalam bahan tersebut.

Data percobaan uji komposisi

Langkah pembuatan benda uji untuk specimen ini adalah sebagai berikut:

- Poros dipotong tegak lurus terhadap sumbunya dengan metacut.
- Pemotongan specimen dengan menggunakan gergaji tangan karena nantinya bagian ini yang akan diuji unsur – unsurnya.
- Pembuatan mounting untuk benda kerja.
- Pengampelasan benda kerja.

Pelaksanaan penelitian dilaksanakan di Universitas Gadjah Mada Fakultas teknik mesin Laboratorium bahan, hal ini dikarenakan alat yang diperlukan dalam melaksanakan pengujian seluruhnya ada di sana.



HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Percobaan Uji Tarik

Pelaksanaan pengujian tarik dilakukan pada mesin uji tarik dengan kekuatan hidrolis sampai 20 Ton (20 KN). Benda uji tarik standar ditempatkan pada alat pencekam di kedua ujungnya. Pembebanan tarik dilakukan searah sumbu benda uji tarik, laju pembebanan diatur melalui panel kontrol hidrolis, penarikan dilakukan sampai benda uji putus. Data hasil pengujian akan terekam pada grafik hasil uji tarik, berupa besar pembebanan, penambahan panjang (elongation), Pengcilan Penampang (Reduction of area) dan elastisitas bahan.



Gambar 4.1 Hasil Uji tarik

Data Specimen yaitu :

- Panjang specimen = 98,8 mm
- Titik tengah = 44,4 mm
- Panjang ukur = 30 mm
- Tebal benda = 4,05 mm
- Lebar benda = 12,30 mm
- Luas penampang lintang 4,3 mm x 12,30 mm = 52,89 mm

1) Hasil pengujian tarik aluminium yang masih raw material dengan beban 4 ton adalah:

$$\begin{aligned} \text{Percobaan 1: Tegangan patah } 40,4\% &= \frac{40,4}{100} \times 4000 \text{ kg} = 1776 \text{ kg} \\ \text{Tegangan luluh } 37,7\% &= \frac{37,7}{100} \times 4000 \text{ kg} = 1508 \text{ kg} \\ \text{Regangan} &= \frac{34,29 - 30}{30} = 33,29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Percobaan 2: Tegangan patah } 41,2\% &= \frac{41,2}{100} \times 4000 \text{ kg} = 1648 \text{ kg} \\ \text{Tegangan luluh } 37,6\% &= \frac{37,6}{100} \times 4000 \text{ kg} = 1504 \text{ kg} \\ \text{Regangan} &= \frac{34,29 - 30}{30} = 33,29 \end{aligned}$$

Dari hasil data percobaan yang dilakukan di atas terlihat bahwa aluminium patah pada saat ditarik dengan kekuatan 1776 kg, dan selanjutnya tegangan rata – rata pada daerah landing sebelum benar – benar memasuki fase deformasi plastis atau yang sering dikenal dengan nama tegangan luluh dengan kekuatan 1508 kg. Selanjutnya pada percobaan kedua kekuatan yang dibutuhkan sampai benda uji mengalami patah adalah 1648 kg dan dengan tegangan di daerah landing sebelum memasuki daerah deformasi plastis adalah 1504 kg.

2) Hasil pengujian tarik aluminium yang dilas dengan beban 4 ton adalah:

$$\text{Percobaan 1: Tegangan patah } 33,7\% = \frac{33,7}{100} \times 4000 \text{ kg} = 1348 \text{ kg}$$





$$\begin{aligned} \text{Tegangan luluh } 27,1\% &= \frac{27,1}{100} \times 4000 \text{ kg} = 1084 \text{ kg} \\ \text{Regangan} &= \frac{28,32-30}{30} = 27,32 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Percobaan 2: Tegangan patah } 32,2\% &= \frac{32,2}{100} \times 4000 \text{ kg} = 1288 \text{ kg} \\ \text{Tegangan luluh } 26,8\% &= \frac{26,8}{100} \times 4000 \text{ kg} = 1072 \text{ kg} \\ \text{Regangan} &= \frac{26,80-30}{30} = 28,32 \end{aligned}$$

Pada percobaan menggunakan specimen yang di las, percobaan pertama pada aluminium dengan kekuatan 1348 kg benda uji mengalami patah, dan tegangan rata – rata pada daerah landing sebelum memasuki daerah deformasi plastis atau yang biasa disebut dengan tegangan luluh dengan kekuatan 1084 kg. Selanjutnya pada percobaan yang kedua benda uji mengalami patah pada saat mendapatkan kekuatan tarik 1288 kg dan tegangan rata – rata pada daerah landing sebelum memasuki daerah deformasi plastis adalah 1072 kg.

Tabel 2 Hasil perbandingan

No	Row material			Las		
	Patah	Luluh	Regang	Patah	Luluh	Regang
1	1176	1508	33,29	1348	1084	27,32
2	1648	1504	33,29	1288	1072	28,32

Pengujian kekerasan.

Pengujian kekerasan dengan menggunakan metode *micro vickers hardnes tester* dengan beban pengujian yaitu beban Indentasi adalah 613 Newton dan Diameter Indentor adalah 2,5 mm. Keuntungan dari metode ini adalah tidak perlu mengukur kedalaman injakan, hanya dengan diagonal bekas injakan dan bekas yang ditimbulkan memiliki bentuk geometris yang sama. Dari pengujian ini diharapkan dapat diketahui pola pengeasan yang terjadi dan bagian - bagian mana yang mengalami pengerasan.



Gambar 4.2 Pengujian kekerasan

Pengujian ini dilakukan menggunakan 3 titik untuk tiap – tiap specimennya yaitu sepecimen yang dilas dan tidak dilas.

Sedangkan $d_1 = D_1 : 15$ dan $d_2 = : 15$, karena pengukuran diagonal bekas penetrator intan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40 kali, maka panjang pengukuran dibagi 15. Hal ini disebabkan karena 1 strip pada mikroskop adalah 1/15 mm.

1) Hasil penelitian benda uji yang dilas :

$$\begin{aligned} d_1 = 33 \text{ strip} &= 2,2 \text{ mm} \\ d_2 = 29 \text{ strip} &= 1,9 \text{ mm} \\ d_3 = 28 \text{ strip} &= 1,8 \text{ mm} \end{aligned}$$



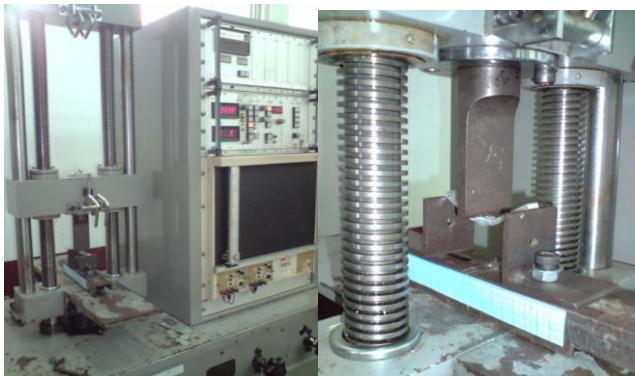


- (a) $HB = 24,12 \text{ kg/mm}^2$
 (b) $HB = 36,23 \text{ kg/mm}^2$
 (c) $HB = 41,39 \text{ kg/mm}^2$
- 2) Hasil penelitian benda uji yang Row material :
- $d_1 = 24 \text{ strip} = 1,6 \text{ mm}$
 $d_2 = 23 \text{ strip} = 1,5 \text{ mm}$
 $d_3 = 24 \text{ strip} = 1,6 \text{ mm}$
- (a) $HB = 55,06 \text{ kg/mm}^2$
 (b) $HB = 63,77 \text{ kg/mm}^2$
 (c) $HB = 55,06 \text{ kg/mm}^2$

Tabel 3 perbandingan uji kekerasan dengan brinell

NO	HB 1	HB 2	HB 3
Row Material	55,06	63,77	55,06
Las	24,12	36,23	41,39

c. Uji bending.



Gambar 4.3 pengujian bending

Data specimen :

- Panjang = 98,8 mm
- Titik tengah = 44,4 mm
- Panjang ukur = 30 mm
- Tebal = 4,05 mm
- Lebar = 9,94 mm
- Luas penampang = $4,3 \times 9,94$
= 42,74 mm



Gambar 4.4 Hasil uji Bending

Perhitungan : Specimen row material.

$$\text{Percobaan 1 : } \tau l = \frac{D_{\max}}{T \times L} = \frac{66,1}{40,257} = 1,641 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Percobaan 2 : } \tau l = \frac{D_{\max}}{T \times L} = \frac{65,7}{39,892} = 1,646 \text{ kg/mm}^2$$

Tabel 4 specimen row material

No	T (tebal)	L (lebar)	Dmax	τl
1	4,05	9,94	66,1	1,641
2	4,05	9,85	55,7	1,646

Perhitungan : Specimen di las

$$\text{Percobaan 1 : } \tau l = \frac{D_{\max}}{T \times L} = \frac{40,9}{40,257} = 1,015 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Percobaan 2 : } \tau l = \frac{D_{\max}}{T \times L} = \frac{41,3}{39,892} = 1,035 \text{ kg/mm}^2$$

Tabel 5 specimen di las

NO	T (TEBAL)	L (LEBAR)	DMAX	τL
1	4,05	9,94	40,9	1,015
2	4,05	9,85	41,3	1,035

d. Pengujian Komposisi

Unsur – unsur utama yang terkandung dalam aluminium antara lain: (Si) Silikon, (Fe) ferum, (Mg) magnesium, (Cu) tembaga, (Cr) krom. Komposisi paduan yang paling banyak pada aluminium yang saya teliti adalah magnesium (Mg).

Tabel 6 hasil analisis

Unsur	%
Si	0.56
Fe	0.2554
Cu	0.1980
Mn	0.0730
Mg	0.7815
Ti	0.0245

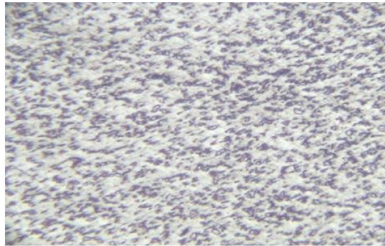
Cr	0.1921
Pb	0.0044
Sn	0.0030
Ni	0.0010
Zn	0.0442
Al	97.87

Dari data tabel 4 diatas dapat dilihat bahwa paduan aluminium yang paling tinggi adalah magnesium, yaitu 0,730%. Jenis aluminium ini adalah jenis Al – Mg – Si (seri 6000). Paduan ini termasuk jenis yang dapat diperlakukan – panaskan, dan mempunyai sifat mampu potong mampu las dan daya tahan korosi yang cukup baik.

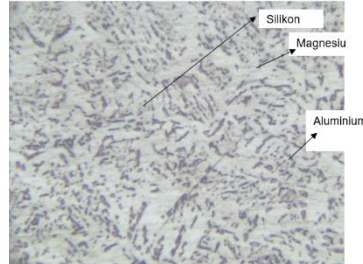
e. Struktur mikro.

Struktur mikro dari suatu bahan pada proses pembuatannya sangat dibutuhkan oleh unsur – unsur paduan perlakuan panas atau dingin, laju pendingin atau pembekuan. Dari laju pembekuan yang cepat menghasilkan butiran yang luas, dan untuk laju pembekuan yang lambat akan menghasilkan butiran yang kasar. Sebelum dilakukan pengamatan struktur mikro, benda uji harus di persiapkan terlebih dahulu. Benda uji yang dipersiapkan untuk pengujian struktur mikro sama dengan pada pengujian kekerasan. Pengujian dari struktur mikro adalah untuk mengamati strukturnya di bawah mikroskop sehingga akan diketahui kualitas dari bahan tersebut, selain itu dapat pula diamati cacat dan ketidak seragaman permukaan yang diakibatkan oleh proses perlakuan panas. Mikroskop yang digunakan adalah mikroskop mikro, agar mendapatkan pembesaran yang tinggi. Pengujian

dilakukan untuk mengetahui struktur – struktur apa saja yang terdapat pada bahan aluminium, yang mana nantinya akan berhubungan erat dengan sifat – sifat mekanis dan fisis dari bahan tersebut. Laju pembekuan yang cepat akan menghasilkan butiran yang halus, dan untuk laju pembekuan yang lambat akan menghasilkan butiran yang kasar. Pada peroses pengujian ini menggunakan perbesaran mickroskop 40x dengan tujuan didapatkan hasil yang lebih jelas dan mudah untuk diamati, dari hasil gambar mikroskop dengan perbesaran 40x dapat dilihat hasil data gambar 4.6, 4.7, dan 4.8.



Gambar 4.7 Row material (perbesar 40x)



Gambar 4.6 Haz halus (perbesar 40x)

SIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan dan pengujian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a) Dari pengujian tarik yang dilakukan menggunakan beban 4 ton, hasil yang didapat pada penelitian ini adalah dengan dua kali pengujian dimulai dari specimen yang dilas dengan metode GMAW, dan di dapatkan specimen yang row material lebih kuat dibandingkan yang di las.
- b) Dari penelitian uji kekerasan didapatkan specimen yang dilas memiliki diameter yang rata – rata lebih kecil dibandingkan row material, sehingga didapatkan hasil yang dilas lebih keras dibandingkan row material. Beban yang dibutuhkan pada specimen yang di las adalah 40,9 kg dan 41,3 kg, sedangkan pada specimen yang masih row material adalah dengan tekanan sebesar 66,1 kg dan 55,7 kg. Specimen row material lebih kuat karena dibutuhkan beban yang lebih besar
- c) Dari pengujian komposisi yang dilakukan kandungan komposisi yang paling tinggi adalah Mangan (Mg) yaitu sebesar 0,7815, Silikon (Si) 0,56, Ferum (Fe) 0,2554, Cuprum (Cu) 0,1980, dan Crom (Cr) 0,1921. mempunyai sifat mampu potong mampu las dan daya tahan korosi yang cukup baik.
- d) Dari pengujian struktur mikro yang dilakukan pada peroses pengujian ini menggunakan perbesaran mickroskop 40x, dengan tujuan didapatkan hasil yang lebih jelas dan mudah untuk diamati. Prosentase warna putih yang luas dan sangat liat yaitu (Al) aluminium, lalu dapat dilihat juga penyebaran (Mg) magnesium yang banyak dengan ukuran dan warna yang gelap, dan (Si) silikon.

Saran

Adapun saran dari penulis dalam penelitian ini adalah: Dalam pelaksanaan penelitian sebaiknya menggunakan specimen yang lebih banyak contohnya adalah seperti benda uji yang lebih banyak agar keakuratan dalam penelitian akan lebih maksimal dan akan didapatkan data yang valid, pada pengujian kekerasan alangkah lebih baik lagi bila titik – titik yang ada lebih banyak lagi sehingga data dari penelitian lebih banyak lagi sehingga akan dapat dipertanggung jawabkan kevalidanya.



Daftar Pustaka

- Andoko, A., & Harjanto, B. (2023). Analisis Struktur Hasil Repair Welding Tentang Sifat dan Mekanik Pada Cast Wheel Aluminium Dengan Metode Pengelasan MIG. *International Journal of Research in Science, Commerce, Arts, Management and Technology*, 410–421. <https://doi.org/10.48175/ijarsct-13062>
- Boumerzoug, Z. (2020). Heat Affected Zone in Welded Metallic Materials. *Modern Concepts in Material Science*, 3(4), 3–6. <https://doi.org/10.33552/mcms.2020.03.000566>
- Gusthia, I. (2023). GMAW (Gas Metal Arc Welding)_ *Teknologi Pengelasan yang Efisien*. Garudasystrain. <https://www.garudasystrain.co.id/gmaw-gas-metal-arc-welding-teknologi-pengelasan-yang-efisien/>
- Joko, D., Tegor, & Silitonga, F. (2023). *Metode Penelitian Terapan*. Deepublish.
- Kemenakertrans. (2018). Mengidentifikasi Welding Procedure Specification (WPS). In *Buku Informasi* (pp. 1–45). Kemenakertrans. <https://disnaker.mageetan.go.id/wp-content/uploads/2021/06/C.24LAS01.022.1-MENGIDENTIFIKASI-WELDING-PROCEDURE-SPECIFICATION-WPS.pdf>
- Lufti, A., Harjanto, B., Silitonga, F., Mesin, T., Akademi Militer, P., & Universitas Karimun, T. I. (2022). Peranan Udara Pantai Terhadap Korosi Baling-Baling Helikopter Hughes-300c. *Mekanikasista*.
- Mikail Rizki, A. (2018). Analisis Pengaruh Variasi Elektroda Pada Pengelasan Aluminium 5083 Dengan 6061 Terhadap Sifat Mekanik , Struktur Mikro , dan Prediksi Korosi [Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya]. In *Teknik ITS*. https://repository.its.ac.id/52231/2/0431144000011-Undergraduate_Theses.pdf
- Rover, J. L. (2023). Land Rover Defender. *Automotive Engineer*, 37(1), 8–9.
- Wei, H. (2024). *Klasifikasi Dan Penunjukan Material Aluminium*. Hw-Alu. <https://hw-alu.com/id/blog/classification-and-designation-of-aluminum-materials.html>