

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pengelasan

Pengelasan 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 kontinu. Dari pengertian tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa pengertian las adalah sebuah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Superheater adalah bagian dari boiler yang berfungsi sebagai tempat mengalirnya uap jenuh ($\pm 304^{\circ}\text{C}$) hingga menjadi uap superpanas ($\pm 541^{\circ}\text{C}$). (Felani, F. N., Kosjoko, K., & Finali, A. (2017).

Tujuan utamanya adalah untuk meningkatkan energi panas yang terkandung di dalam uap, sehingga efisiensi termal mesin akan ikut meningkat. Banyaknya kerusakan yang terjadi pada pipa superheater mendorong penulis untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pipa superheater tersebut, maka dari itu tujuan dari tugas akhir ini adalah mengetahui struktur mikro dan makro pada pipa superheater, mengetahui distribusi kekuatan di daerah pengelasan dan mengetahui parameter pengelasan dengan batasan pengelasan tersebut menggunakan elektroda E7016 dan E7018 posisi 2G Arsyad, Z. I. 2019

Pengelasan secara umum adalah suatu proses penyambungan logam menjadi satu akibat pemanasan tinggi dengan atau tanpa pengaruh tekanan baik logam induk dengan logam induk, logam induk dengan logam tambah maupun logam tambah dengan logam tambah, dapat juga didefinisikan sebagai ikatan

metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara atom. Menurut “Welding handbook ” Pengelasan adalah proses penyambungkan bahan yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanaskannya dengan suhu yang tepat dengan atau tanpa pemakaian bahan pengisi (Junus, S. (2011).

2.2 Las Mig

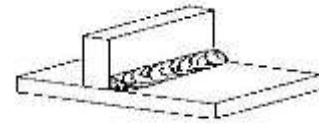
Las MIG (Metal Inert Gas) dan Las MAG (Metal Active Gas), adalah juga las busur listrik dimana panas yang ditimbulkan oleh busur listrik antara ujung elektroda dan bahan dasar, karena adanya arus listrik dan menggunakan elektrodanya berupa gulungan kawat yang berbentuk rol yang gerakannya diatur oleh pasangan roda gigi yang digerakkan oleh motor listrik Kecepatan gerakan elektroda dapat diatur sesuai dengan keperluan Akhmadi, A. N., & Qurohman, M. T. 2020.

Las MIG (Metal Inert Gas) yaitu merupakan proses penyambungan dua material logam atau lebih menjadi satu melalui proses pencairan material dengan menggunakan elektroda gulungan (filler metal) yang sama dengan logam dasarnya (base metal) dan menggunakan gas pelindung (inert gas). Elektroda tersebut berupa gulungan kawat (rol) yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Las ini menggunakan gas “argon” dan “helium” sebagai pelindung busur dan logam mencair dari pengaruh atmosfer . Las MIG disebut juga las busur. Humaidi, M. H., Suryono, A. F., & Hestiawan, H. (2022)

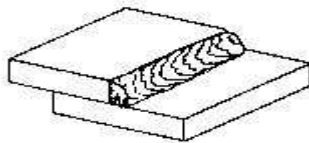
2.3 Tipe-Tipe Sambungan Las



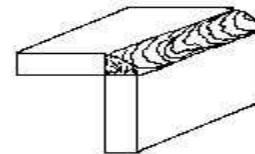
Sambungan Temu (*Butt Joint*)



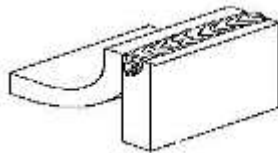
Sambungan Tee (*Tee Joint*)



Sambungan Tumpang (*Lap Joint*)



Sambungan Sudut (*Corner Joint*)



Sambungan Tepi (*Edge Joint*)

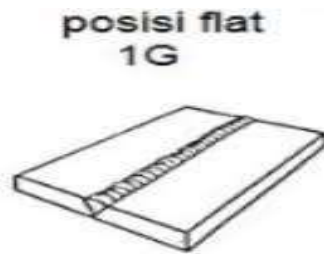
Gambar 2.1 Tipe-Tipe Sambungan Las

Sumber: (Bahri, M. H. (2025).

2.4 POSISI 1 G

Posisi pengelasan 1G merujuk pada posisi pengelasan di mana benda kerja dilas dalam posisi horizontal, dengan permukaan pengelasan berada di atas (posisi pengelasan atas). Posisi ini digunakan saat melakukan pengelasan pada benda kerja yang terletak secara horizontal, dengan posisi pengelasan menghadap ke atas. Pengelasan 1G biasanya lebih mudah dilakukan karena gravitasi membantu mengendalikan aliran logam cair.

Secara umum, pengelasan 1G digunakan untuk proses pengelasan pada permukaan horisontal, seperti pada pengelasan pipa atau plat yang diletakkan horizontal.



Gambar 2.3 Posisi Las 1 G
Sumber: (*Bahri, M. H. (2025).*

2.5 Material

Material adalah sesuatu bahan yang disusun atau dibuat oleh bahan (Calister & William, 2004). Pengertian material adalah bahan baku yang diolah perusahaan industri dapat diperoleh dari pembelian local impor atau pengolahan yang dilakukan sendiri (Mulyadi, 2000).

2.6 Baja ST 40

Baja ST 40 adalah baja yang memiliki gaya Tarik maksimal 40.00 Psi, baja ST 40 termasuk dalam baja karbon rendah yaitu memiliki kandungan karbon antara 0,025 % - 0,25 % C, setiap 1 ton baja karbon rendah memiliki 10-30 kg karbon (Purwanto 2012) Baja ST 40 adalah salah satu jenis baja karbon yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi industri, terutama yang memerlukan kekuatan dan ketahanan yang baik. Berikut adalah spesifikasi umum baja ST 40:

1. Komposisi Kimia:

1. Karbon (C): 0,37% - 0,44%
2. Mangan (Mn): 0,60% - 0,90%

3. Silikon (Si): 0,15% - 0,35%
4. Belerang (S): Maks. 0,035%
5. Fosfor (P): Maks. 0,035%
6. Kromium (Cr): Tidak ada
7. Nikel (Ni): Tidak ada

2.Sifat Mekanik:

1. Tegangan tarik (Tensile Strength): 560 - 750 MPa
2. Kekuatan luluh (Yield Strength): 350 MPa
3. Kekerasan: sekitar 170 - 210 HB (Hardness Brinell)
4. Elongasi: 18% (untuk panjang ujian 50 mm)
3. Aplikasi:
 1. Baja ST 40 digunakan dalam berbagai aplikasi yang membutuhkan kekuatan dan ketahanan yang lebih baik, seperti:
 2. Pembuatan struktur mesin
 3. Komponen otomotif (misalnya, poros, roda gigi)
 4. Pembuatan alat berat
 5. Komponen yang terkena beban berat dan benturan

4. Proses Pembuatan:

Baja ST 40 umumnya diproduksi melalui proses pencairan baja dan pembentukan yang kemudian mengalami perlakuan panas (heat treatment) untuk mencapai sifat mekanik yang diinginkan, seperti pengerasan dan tempering.

5. Karakteristik:

1. Daya tahan terhadap korosi: Tidak sebaik baja tahan karat, namun cukup baik dalam lingkungan yang tidak terlalu korosif.
2. Kemampuan pengelasan: Baja ST 40 memiliki kemampuan pengelasan yang cukup baik jika dibandingkan dengan baja karbon lainnya.

2.7 Struktur Mikro

Struktur Mikro adalah struktur terkecil yang terdapat dalam suatu bahan yang keberadaannya tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, tetapi harus menggunakan alat pengamat struktur mikro diantaranya: mikroskop cahaya, microscope electron, microscope field ion, microscope fiel emission, dan mikroskop sinar-X Mohruni, A. S., & Kembaren, B. H. (2013)

Struktur mikro dalam proses pengelasan MIG (Metal Inert Gas) atau sering disebut juga sebagai GMAW (Gas Metal Arc Welding) biasanya terdiri dari beberapa elemen yang berbeda tergantung pada material yang dilas dan parameter pengelasan yang digunakan. Berikut adalah beberapa komponen umum yang dapat ditemukan dalam struktur mikro las MIG

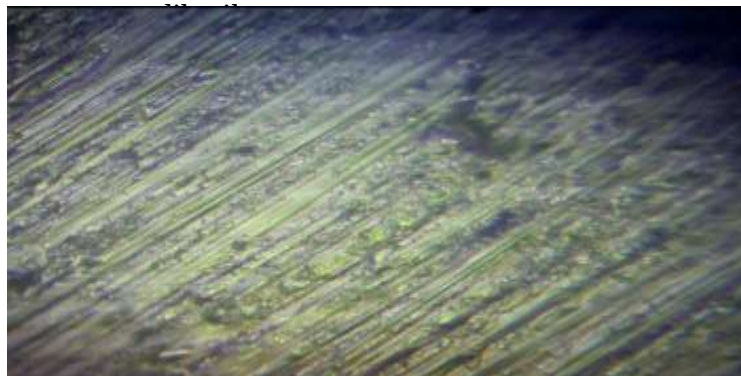
Struktur mikro yang dihasilkan dalam las MIG dapat bervariasi tergantung pada beberapa faktor seperti jenis material yang dilas, arus pengelasan, tegangan, kecepatan pengelasan, jenis gas pelindung, dan sebagainya. Pengaturan parameter pengelasan yang tepat dan penggunaan bahan tambahan yang sesuai dapat menghasilkan struktur mikro yang diinginkan untuk aplikasi tertentu.

Pengujian struktur mikro sangat diperlukan guna menentukan sifat yang dialami oleh suatu material setelah digunakan pengelasan MIG, diperlukan pengelasan

tertentu pada material tersebut. Dalam pengelasan MIG ini Spesimen di las dengan 3 Variasi media pendingin yaitu Garam (NaCl) ,Minyak Nabati (Magnesium) dan Oli SAE 20. Pada pengujian struktur mikro maka akan menunjukkan Mg_2Al_3 dan Mg_2Si .

Hal ini di sebabkan karena setiap perbedaan gerak akan mengakibatkan terjadinya transformasi fasa di daerah las. Karena itu pada variasi media pendingin Oli SAE 20 memiliki fasa Mg_2Al_3 yang lebih dominan, sedangkan pada variasi normal lebih banyak Mg_2Si di bandingkan dengan Mg_2Al_3 .

Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk mengetahui dan membedakan struktur mikro antara logam induk yang diberikan pada saat proses perlakuan panas (Yudo dkk, 2008). Sifat fisis logam dapat diketahui melalui struktur mikro yang didapatkan dari hasil foto mikro. Struktur mikro dalam logam paduan ditunjukkan dengan besar, bentuk dan orientasi butiranya, jumlah fasa, proporsidan kelakuan dimana semua tersusun dan terdistribusi. Struktur mikro dari paduan tergantung dari beberapa faktor seperti elemen paduan, konsentrasi dan perlakuan



Gambar 2.5 Struktur Mikro
(sumber: Junus Salaudin 2011)

2.8 Uji Ketangguhan

Uji Ketangguhan adalah ketahanan bahan terhadap beban tumbukan atau kejutan. Ketangguhan juga dapat diartikan jumlah energi yang diserap bahan sampai terjadi perpatahan (Djaprie.1992).

Pengujian Ketangguhan (Impact)

Ketangguhan adalah material yang menggambarkan kemampuannya untuk menyerap energi dan mengalami penyelesaian plastis sebelum akhirnya patah atau retak. Dengan kata lain, ketangguhan mengukur kemampuan material untuk menahan beban atau tekanan eksternal tanpa mengalami kerusakan permanen, terutama ketika mengalami beban mendadak atau perubahan suhu ekstrem. Ketangguhan sering diukur dalam kondisi yang lebih ekstrem, seperti suhu rendah atau pengaruh getaran, di mana material dapat lebih mudah rapuh. Dalam konteks pengelasan, ketangguhan sambungan las sangat penting, terutama untuk memastikan bahwa sambungan yang dihasilkan memiliki daya tahan yang baik terhadap berbagai kondisi kerja.

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Ketangguhan Komposisi Kimia Material Material yang lebih keras atau lebih kuat cenderung memiliki ketangguhan yang lebih rendah. Oleh karena itu, material dengan keseimbangan antara kekuatan dan kelenturan akan lebih tangguh.

jenis-jenis patahan

Adapun patahan sebagai berikut:

1. Patahan ulet (Ductile Fracture)

Patahan ulet adalah patahan tipe patahan yang muncul akibat beban statis pada material. Jika beban tersebut di hilangkan, retakan tidak akan meluas. Patahan ulet di tandai dengan penyerapan energi yang tinggi dan perubahan bentuk yang signifikan di sekitar area patahan, menghasilkan permukaan patahan yang kasar, berserat, dan berwarna abu-abu selain beban, komposisi material juga berpengaruh pada jenis patahan yang terbentuk.

Adapun ciri-ciri patahan ulet sebagai berikut:

1. Terjadi pengurangan luas penampang patahan akibat tegangan uniaksial.
2. Waktu yang di perlukan untuk terjadinya patahan lebih lama.
3. Perkembangan retak berlangsung perlahan, tergantung pada beban.
4. Permukaan patahan menunjukkan garis-garis serat berserabut (fibrois), berserat, menyerap cahaya dan tampilannya buram.
5. Patahan getas (Brittle fracture)

Patahan getas adalah jenis patahan pada material yang di mulai dengan retakan yang cepat berkembang, tanpa ada perubahan bentuk sebelumnya dan terjadi dalam waktu singkat. Patahan getas di anggap lebih berbahaya dari pada patahan ulet karena sering terjadi tiba-tiba tanpa peringatan. Umumnya, patahan getas terjadi pada material dengan struktur martensit atau yang mengandung karbon yang tinggi, membuatnya sangat kuat tetapi rapuh.

1. Permukaannya tampak terbentuk butiran, mengkilap, dan memantulkan cahaya.
2. Terjadinya secara mendadak tanpa deformasi plastis sebelumnya, sehingga tidak menunjukkan gejala-gejala akan terjadi patahan.

3. Waktu terjadinya patahan lebih singkat.
4. Bidang patahan relatif sejajar dengan tegangan tarik.
5. Tidak terjadi pengurangan patahan, akibat tegangan multiaksi.

Patahan lelah (fatigue)

Patahan lelah (fatigue) merupakan salah satu penyerap utama kegagalan bahan dalam konstruksi kelelahan material mengacu pada proses perubahan dinamis (tegangan – regangan) yang dapat menyebabkan retak atau patah. Mekanisme patah lelah di mulai dengan pembentukan inti retak yang di sebabkan oleh pergerakan dislokasi. Siklik, kemudian berkembang menjadi mikro retak, dan akhirnya memanjang (propagasi) hingga menyebabkan patah lelah. Umur lelah material dapat diperpanjang melalui proses normalizing atau karbonisasi ulang, dan spesimen ini kemudian menjaga normalizing. Kegagalan material dapat di bedakan menjadi dua kategori utama yaitu, kegagalan yang tergantung pada waktu yang tidak tertentu, dengan patahan lelah termasuk dalam kategori kegagalan yang bergantung pada waktu.



Gambar 2.4. Mesin ketangguhan (Impact)
Sumber: (Safrijal (2017))

Rumus uji ketangguhan (Impact) sebagai berikut:

$$k = \frac{W}{A}$$

Dimana: k = ketangguhan

W = kerja patah (joule)

A = luas penampang (mm^2)

Spesifikasi kawat las 4043

Kawat las 4043 adalah jenis kawat las yang terbuat dari paduan aluminium-silikon. Kawat las ini sering digunakan untuk proses pengelasan pada bahan aluminium, terutama pada aplikasi yang membutuhkan ketahanan terhadap korosi dan daya tahan yang baik.

Berikut adalah spesifikasi umum kawat las 4043:

1. Komposisi Kimia

1. Silicon (Si): 4.5 – 6.0%
2. Aluminium (Al): Sisanya (90-92%)
3. Magnesium (Mg): Maks. 0.3%
4. Zinc (Zn): Maks. 0.1%
5. Iron (Fe): Maks. 0.5%
6. Copper (Cu): Maks. 0.05%
7. Manganese (Mn): Maks. 0.1%

2. Aplikasi Umum

1. Pengelasan aluminium dan paduan aluminium.
2. Biasanya digunakan untuk pengelasan aluminium 3003, 5052, 6061, dan lainnya.
3. Pengelasan pipa, komponen otomotif, serta peralatan yang terbuat dari aluminium.

3. Karakteristik

1. Keunggulan: Memberikan hasil las yang bersih dengan daya tahan yang baik terhadap korosi.
2. Kemampuan Mengisi Celah: Kawat las ER 70S-6 memiliki kemampuan pengisian celah yang baik karena kandungan silikon yang lebih tinggi, yang membantu menciptakan ikatan las yang kuat dan tahan lama.
3. Pengelasan dengan Suhu Rendah: Dapat digunakan dalam proses pengelasan dengan suhu rendah.
4. Daya tahan terhadap suhu tinggi: Kawat ini sangat baik dalam pengelasan bagian yang terkena suhu tinggi karena kemampuannya dalam tahan terhadap oksidasi.

4. Metode Pengelasan

1. Kawat las ER 70S-6 umumnya digunakan untuk pengelasan menggunakan mesin las MIG (Metal Inert Gas) atau TIG (Tungsten Inert Gas).

5. Fitur Fisik

1. Diameter Umum: Tersedia dalam berbagai ukuran mulai dari 0.8 mm hingga 3.2 mm atau lebih, tergantung pada kebutuhan pengelasan.

2. Warna: Kawat las ini umumnya berwarna abu-abu atau perak.

6. Kelebihan

1. Daya tahan terhadap korosi yang sangat baik.
2. Hasil pengelasan yang bersih dengan ikatan las yang kuat.
3. Dapat digunakan untuk berbagai jenis paduan aluminium.

7. Batas Tegangan Tarik (Tensile Strength)

1. Batas tegangan tarik sekitar 230 MPa (megapascal), namun ini bisa bervariasi tergantung pada kondisi pengelasan dan paduan yang dilas.

Dengan komposisi kimia ini, kawat las 4043 sangat cocok digunakan dalam pengelasan pada aplikasi aluminium yang memerlukan kekuatan dan ketahanan korosi yang baik, serta daya lekat yang tinggi.

Rujukan Jurnal

Proses pengelasan adalah salah satu proses 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. Menurut “Welding Handbook” pengelasan adalah proses penyambungan bahan yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanaskannya dengan suhu yang tepat dengan atau tanpa pemberian tekanan dan dengan atau tanpa pemakaian bahan pengisi. Pengelasan adalah suatu proses penggabungan logam dimana logam menjadi satu akibat panas las, dengan atau tanpa pengaruh tekanan, dan dengan atau tanpa logam pengisi. (*Amiruddin, Wilma; 2016*).

Pada umumnya, kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi dan merupakan ukuran ketahanan logam terhadap deformasi plastik atau deformasi permanen. Pada para insinyur perancang, kekerasan sering diartikan sebagai ukuran kemudahan dan kuantitas khusus yang menunjukkan sesuatu mengenai kekuatan dan perlakuan panas dari suatu logam (*Dieter, 1988*).

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik serta sifat-sifat baik lainnya sebagai sifat logam. Adanya penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni dan sebagainya akan meningkatkan kekuatan mekanik aluminium (*Tata Surdia, 1999*).

Pengujian menggunakan *Precision Hardness Tester-GNEM OM-150* mendapatkan data primer berupa besarnya diameter indentasi yang terjadi pada permukaan benda uji sesuai dengan metode Brinell tentunya sesuai dengan keperluan penelitian. Metode pengujian Brinell, data yang didapatkan adalah besaran diameter indentasi baik diameter pada bidang horizontal maupun diameter pada bidang vertikal. Dimensi diameter horizontal dan vertikal dirata-ratakan untuk menghitung besarnya nilai kekerasan *Brinell*. (*Andoko, A (2012*