

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan (*Welding*)

Pengelasan adalah sebuah ikatan karena adanya proses metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan cair. 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 ($\pm 541^{\circ}\text{C}$). Tujuan utamanya adalah untuk meningkatkan energi panas yang terkandung di dalam uap, sehingga efisiensi termal mesin akan ikut meningkatkan. Banyaknya kerusakan yang terjadi pada pipa superheater mendorong penulis untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pipa superheater tersebut. (Zikri Imannudin Arsyad 2023) pada proses pengelasan, salah satu parameter proses pengelasan yang harus di perhatikan adalah besar arus pengelasan. Kajian ini di lakukan untuk mengetahui besar kuat arus yang sesuai pada proses pengelasan material ST 37 menggunakan proses pengelasan MIG (Metal Inert Gas). Pengujian dilakukan dengan memvariasikan besar kuat arus pengelasan yaitu pada 90A, 100A, 110A serta 120A. Pengujian di lakukan terhadap hasil pengelasan tersebut. Hasil pengujian tarik menunjukkan, menggunakan kuat arus sebesar 110A memberikan nilai yang maksimum pada beberapa besaran pengujian. Untuk nilai tegangan Tarik σ memiliki nilai 16.9 kg/mm², modulus elastisitas, E, 3.14 kg/mm², serta Regangan ϵ , 5.42%. (Wenny Marthiana 2020)

2.2 MIG (Metal Inert Gas)

MIG adalah suatu metode pengelasan dimana gas disemburkan ke daerah yang dilas untuk melindungi busur, elektroda dan logam induk yang mencair terhadap pengaruh udara luar. Gas pelindung yang dipakai adalah gas yang tidak mudah bereaksi baik terhadap udara luar maupun logam yang mencair. Elektroda sekaligus berfungsi sebagai logam pengisi, diumpankan secara terus menerus dengan kecepatan konstan tertentu bergerak sepanjang sambungan las. Pada las MIG panas dihasilkan oleh arus yang bergerak melalui celah antara elektroda dengan benda kerja. Dengan adanya panas ini menyebabkan logam induk serta elektroda mencair yang kemudian membeku bersama-sama membentuk ikatan. Busur yang dihasilkan selalu runcing, inilah yang menyebabkan butir-butir logam cair menjadi halus dan pemindahannya berlangsung sangat cepat. Dalam las MIG ini gas yang digunakan adalah gas argon, helium atau campuran keduanya. Untuk memantapkan busur kadang-kadang ditambahkan gas O₂ antara 2% sampai 5% atau CO₂ antara 5% sampai 20%. Las MIG biasanya dilaksanakan secara otomatis atau semi otomatis dengan arus searah (DC) polaritas balik dan menggunakan kawat elektroda berdiameter 1,2 sampai 2,4 mm.

Peralatan Las *MIG*

Peralatan utama dalam las *MIG* adalah:

1. Mesin Las (welding machine)

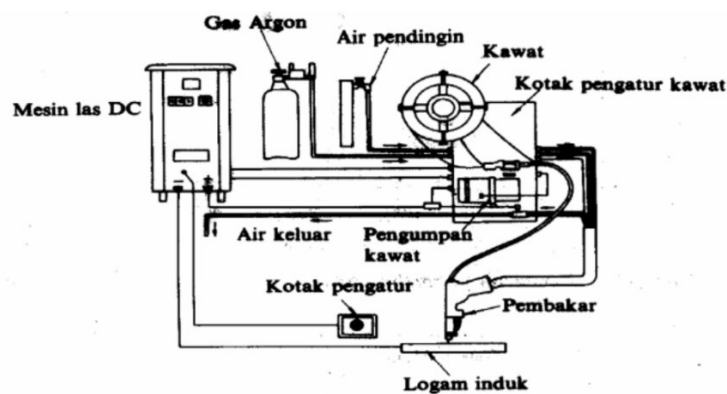
Mesin yang sering digunakan adalah jenis arus searah, karena hasilnya baik disebabkan busur yang dihasilkan lebih mantap sehingga sesuai untuk pengelasan pelat-pelat yang tipis.

2. Mekanisme pengumpan kawat elektrode (wire feeder)

Pengumpan kawat elektroda selalu konstan, yang sebelumnya diatur dari tombol wire feed speed. Beroperasinya pengumpan kawat elektroda ini bersamaan dengan mengalirnya gas pelindung dan mengalirnya arus listrik dengan cara menekan kontak triger yang terletak di torch.

Peralatan Las MIG

Peralatan utama dalam las MIG adalah:



Gambar 2.1. Skematik Mesin las MIG

Sumber: (Wiryonosumarto, 2000)

3. Pemegang elektroda (torch)

Fungsi torch adalah penyalur kawat elektroda, gas pelindung dan arus listrik. Torch terdiri dari nozzle, kontak tube, kontak triger dan sebuah slang besar yang di dalamnya terdapat slang gas dan pembawa elektroda. Dimana nozzle mengontrol aliran gas pelindung, sedang kontak tube berfungsi sebagai pengantar arus listrik ke kawat elektroda. Kontak triger berfungsi untuk memulai dan mengakhiri pengaliran kawat elektroda, gas pelindung dan arus listrik. (Krishna Muku 2009).

2.3 Kawat Las (*MIG*)

Pada dasarnya terdapat lima faktor utama yang mempengaruhi pemilihan jenis elektroda pada proses pengelasan *MIG (metal inert gas)*, yaitu:

- a). Komposisi kimia benda kerja
- b). Properti mekanik benda kerja
- c). Jenis gas pelindung
- d). Jenis servis/layanan atau aplikasi yang dibutuhkan
- e). Jenis penyambungan las

Setelah kita ketahui faktor-faktor utama yang mempengaruhi pemilihan sebuah elektroda, berikut adalah macam-macam kandungan jenis elektroda sesuai dengan kegunaannya. Elektroda ferro Pada umumnya yang digunakan untuk proses pengelasan logam ferro adalah las MAG (*metal active gas*). Terdapat persamaan yang mendasar pada elektroda ferro MAG (*metal active gas*), setiap elektroda memiliki unsur paduan. Untuk mengelas besi karbon menggunakan proses pengelasan MAG (*metal active gas*), fungsi utama penambahan unsur paduan pada elektrodanya adalah untuk mengatur deoksidasi genangan las (*weld puddle*) dan untuk membantu menentukan properti mekaniknya. Deoksidasi adalah kombinasi elemen dengan oksigen dari genangan las menghasilkan slag atau formasi kaca (*glass formation*) pada permukaan.

Paduan silikon (Si) Silikon adalah elemen deoksidasi yang paling sering digunakan untuk paduan elektroda las MAG (*metal active gas*). Umumnya, elektroda mengandung 0,40 % hingga 1,00 % silikon. Dalam jangkauan persentase,

silikon menunjukkan kemampuan doksidasi yang baik. Memperbesar banyaknya silikon akan menaikkan kekuatan las dengan sedikit penurunan ketangguhan. Tetapi jika diatas 1 hingga 1,2 % silikon, logam las akan sangat sensitif terhadap retak (*crack*).

Paduan mangan Mangan juga digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan deoksidasi logam las. Elektroda mild-steel mengandung 1,00 hingga 2,00 % mangan. Dengan menaikkan banyaknya mangan akan meningkatkan kekuatan dan akan mengurangi sensitifitas keretakan karena panas dari logam las. Paduan alumunium (Al), Titanium Zirconium (Zr) Ketiga elemen ini merupakan elemen deoksidasi yang sangat kuat. Dengan penambahan yang sedikit dari ketiga elemen ini akan sedikit meningkatkan kekuatan. Komposisi jumlah keseluruhan dari ketiga elemen ini tidak lebih dari 0,2 %, Paduan karbon dan lainnya Karbon mempengaruhi struktur dan properti mekanik logam las lebih besar dibandingkan dengan elemen paduan lainnya.



Gambar 2.2 Kawat Las Mig
Sumber: (Samodrawatui, D. 2022)

Kawat Las Elektroda berlapis logam (*MIG/MAG*) atau MAG (Metal Active Gas) adalah jenis kawat las yang digunakan dalam proses pengelasan *MIG/MAG*.

MIG dan *MAG* adalah Teknik pengelasan yang menggunakan gas pelindung eksternal untuk melindungi pengelasan dari kontaminasi.

Mesin las *MIG* dapat digunakan untuk mengelas aluminium, stainless steel, baja karbon, baja campuran, lembaran logam, tembaga dan logam lainnya. Pengelasan mig juga sering digunakan untuk memperbaiki logam yang rusak dan jenis las ini cenderung bekerja paling baik pada bahan yang agak tipis.

2.4 Arus Pengelas Las *Mig*

Arus pengelasan adalah besarnya aliran atau arus listrik yang keluar dari mesin las mig. Besar kecilnya arus pengelasan dapat di atur dengan alat yang ada pada mesin las. Pada hal ini variasi kuat arus pengelasan sangat berpengaruh pada kekuatan kelenturan suatu material. Dimulai dari rapuh, yakni pada kauat aarus yang yang sangat rendah. Pada tahap ini, akibat kuat arus sangat rendah mengakibatkan ukuran butiran mengecil sehingga jarask antara butir semakin jauh, ikatan melemah, dan rapuh.

Menurut (*Raharjo 2020*), Kuat arus pengelasan sangat berpengaruh pada kekuatan Tarik suatu material. Pada variasi kuat arus yang sangat rendah, material menjadi rapuh. Menurutnya, kuat arus yang sangat rendah mengakibatkan ukuran butir mengecil sehingga jarak antara butir semakin jauh, ikatan melemah, dan rapuh. Kondisi ini menyebabkan material amat mudah patah, sehingga energi yang di butuhkan untuk menarik dan mematahkannya sangat kecil pula. Selanjutnya dengan bertambahnya kuat arus pengelasan maka ukuran butir makin membesar sehingga jaraknya semakin dekat dan ikatannya menguat sehingga kekuatan tarik dan ketangguhannya meningkat.

2.5 Standar pengelasan

1. SNI (*Standar Nasional Indonesia*)

Standar Nasional Indonesia yang berlaku secara nasional di Indonesia.

2. ANSI (*American National Standard Institute*)

ANSI merupakan organisasi non-profit Amerika yang membuat standar untuk produk, pelayanan, proses, system, dan pelayanan.

3. ASTM (*American Society for Testing and Materials*).

ASTM Adalah organisasi standar internasional yang membuat dan menerbitkan standar Teknik material.

4. AWS (*American Welding Society*).

Dibentuk sebagai lembaga Pendidikan dan Penelitian dan penelitian, standarisasi, dan sertifikasi yang difokuskan pada bidang pengelasan.

5. DIN (*German Institute for Standardization*).

Organisasi pembuat standar nasional Jerman bernama DIN.

6. JIS (*Japan Industrial Standards*)

Jepang membentuk standar JIS untuk standar aktivitas industri di dalam negeri.

7. ISO (*International Organization for Standardization*).

ISO adalah organisasi independen yang membuat standar internasional dan memfasilitasi.

2.6 Sifat-sifat Material

Material yang digunakan dalam industri sangat banyak. Masing-masing material memiliki ciri-ciri yang berbeda, yang sering disebut dengan sifat material. Pemilihan dan penggunaan material untuk sebuah produk, umumnya berdasarkan

sifat dari material tersebut. Sifat material dapat dibedakan menjadi beberapa golongan.

A. Sifat Fisis

Sifat fisis adalah sifat yang berhubungan dengan perubahan fisis zat itu juga sifat fisis dapat digunakan untuk menerangkan penampilan sebuah benda. Sifat-sifat yang tergolong sifat fisis antara lain:

1. Warna berhubungan dengan panjang gelombang yang dipantulkan oleh permukaan zat.
2. Bau berhubungan dengan gas atau uap yang dikeluarkan oleh zat.
3. Rasa berhubungan dengan komposisi zat dalam zat.
4. Kerapatan banyaknya massa per satuan volume, dinyatakan dalam g/ml.
Misalnya, kerapatan suatu zat 0,5 g/ml, artinya tiap 1 ml zat tersebut massa sebesar 0,5 gram. Harga kerapatan identik dengan harga massa jenis.
5. Titik didih suhu terendah suatu zat cair ketika mulai mendidih.
6. Titik lebur suhu terendah suatu zat padat ketika mulai melebur.
7. Titik beku suhu terendah suatu zat cair ketika mulai membeku.
8. Daya hantar berhubungan dengan kemampuan suatu zat untuk menghantarkan panas atau arus listrik.
9. Kemagnetan berhubungan dengan kemampuan suatu zat untuk dipengaruhi oleh suatu medan magnet.
10. Kelarutan berhubungan dengan kemampuan suatu zat untuk melarut dalam suatu pelarut.
11. Kekerasan berhubungan dengan keras lunaknya suatu zat.

A. Sifat Kimia

Ketahaan suatu bahan atau material terhadap lingkungan terutama dari sifat asam dan basa. Contoh :

1. Ketahanan terhadap korosi
2. Ketahanan terhadap panas
3. Beracun

B. Sifat Mekanik

Sifat mekanik material, merupakan salah satu faktor terpenting yang mendasari pemilihan bahan dalam suatu perancangan. Sifat mekanik dapat diartikan sebagai respon atau perilaku material terhadap pembebanan yang diberikan, dapat berupa gaya torsi atau gabungan keduanya. Dalam prakteknya pembebanan pada material terbagi dua yaitu beban statik dan beban dinamik. Perbedaan antara keduanya hanya pada fungsi waktu dimana beban statik tidak dipengaruhi oleh fungsi waktu sedangkan beban dinamik dipengaruhi oleh fungsi waktu. Untuk mendapatkan sifat mekanik material, biasanya dilakukan pengujian mekanik. Pengujian mekanik pada dasarnya bersifat merusak (*destructive test*), dari pengujian tersebut akan dihasilkan kurva atau data yang mencirikan keadaan dari material tersebut. Setiap material yang diuji dibuat dalam bentuk sampel kecil atau spesimen. Spesimen pengujian dapat mewakili seluruh material apabila berasal dari jenis, komposisi dan perlakuan yang sama. Pengujian yang tepat hanya didapatkan pada material uji yang memenuhi aspek ketepatan pengukuran, kemampuan mesin, kualitas atau jumlah cacat pada material dan ketelitian dalam membuat spesimen. Sifat mekanik tersebut meliputi antara lain: kekuatan tarik,

ketangguhan, kelenturan, keuletan, kekerasan, ketahanan aus, kekuatan impact, kekuatan tarik, kekuatan tekan.

C. Sifat Teknologi

Selanjutnya sifat yang sangat berperan dalam pemilihan material adalah sifat teknologi yaitu kemampuan material untuk dibentuk atau diproses. Produk dengan kekuatan tinggi dapat dibuat dengan proses pembentukan, misalnya dengan pengerolan atau penempaan. Produk dengan bentuk yang rumit dapat dibuat dengan proses pengecoran. Mengetahui dari pada hal yang menyangkut tentang sifat-sifat teknologi diantaranya sifat mampu las material terdiri dari, sifat mampu cor, sifat mampu mesin dan sifat mampu bentuk. Sifat-sifat mekanik yang merupakan sifat material terhadap pengaruh yang berasal dari luar serta sifat-sifat fisik yang ditentukan oleh komposisi yang dikandung oleh material itu sendiri dengan cara yang modern dari wilayah tersendiri serta dengan sifatnya yang berlaku.

2.7 Klasifikasi Material

Material adalah segala sesuatu yang mempunyai massa dan menempati ruang untuk perancangan dan perancangan di bidang teknik.

A. Logam

Logam adalah material yang mempunyai daya hantar listrik yang tinggi dengan sifat konduktor yang baik dan tahan terhadap temperatur tinggi, mempunyai titik didih tinggi, keras, mengkilap, tidak tembus cahaya, dan dapat dideformasi sehingga banyak digunakan pada banyak konstruksi. Jenis logam juga terbagi menjadi 2 jenis yaitu logam *ferro* dan non *ferro* dan jenis material teknik yang

dipakai secara luas dalam teknologi modern adalah baja. Baja adalah material logam yang dapat dipakai secara fleksibel dan mempunyai beberapa karakteristik. Material ini kuat dan siap dibentuk menjadi bermacam-macam keperluan teknik. Material ini berspektrum luas dan mempunyai kemampuan berdeformasi secara permanen yang merupakan modal penting dalam menentukan harga tegangan luluh pada berbagai beban.

B. Keramik

Keramik merupakan campuran antara unsur logam dan nonlogam, kebanyakan dalam bentuk oksida, nitrida dan karbida. Material yang termasuk dalam kelompok ini tersusun atas *clay*, semen dan gelas. Material ini bersifat insulator terhadap listrik dan panas dan lebih tahan pada temperatur tinggi dan lingkungan.

C. Polymer

Polimer adalah molekul rantai panjang yang mengandung beberapa ikatan mer. Mer dalam sebuah polimer adalah sebuah molekul hidrokarbon tunggal seperti etilen (C_2H_4). Karet dan plastik termasuk dalam kelompok ini. Kebanyakan berupa senyawa organik yang secara kimia tersusun atas unsur karbon, hidrogen, dan nonlogam lainnya. Density yang rendah dan fleksibilitas yang tinggi merupakan ciri khas material ini. Pemakaian plastik juga sangat luas, mulai peralatan rumah tangga, interior mobil, kabinet radio/televisi, sampai konstruksi mesin.

D. Komposit

Komposit merupakan material hasil kombinasi dari dua material atau lebih, yang sifatnya sangat berbeda dengan sifat masing-masing material asalnya.

Komposit selain dibuat dari hasil rekayasa manusia, juga dapat terjadi secara alamiah, misalnya kayu, yang terdiri dari serat selulose yang berada dalam matriks lignin. Komposit saat ini banyak dipakai dalam konstruksi pesawat terbang, karena mempunyai sifat ringan, kuat dan non magnetik.

2.8 Ketangguhan (*impack*)

Menurut Dieter, George E (1998) uji impak di gunakan dalam menentukan kecenderungan material untuk rapuh atau ulet berdasarkan sifat ketangguhannya. Sejumlah uji impak batang uji bertakik dengan berbagai desain telah di lakukan dalam menentukan perpatahan rapuh pada logam. Metode yang telah menjadi standar untuk uji impak ini ada 2, yaitu uji impak metode Charpy dan metode Izod. Metode charpy di gunakan di Amerika Serikat, sedangkan metode izod lebih sering di gunakan di sebagian besar dataran Eropa. Batang uji metode charpy memiliki spesifikasi, luas penampang 10 mm x 10 mm, takik berbetuk V. Proses pembebanan uji impak pada metode charpy dan metode izod dengan sudut 45°, kedalam takik 2 mmdengan radius pusat 0.25 mm.

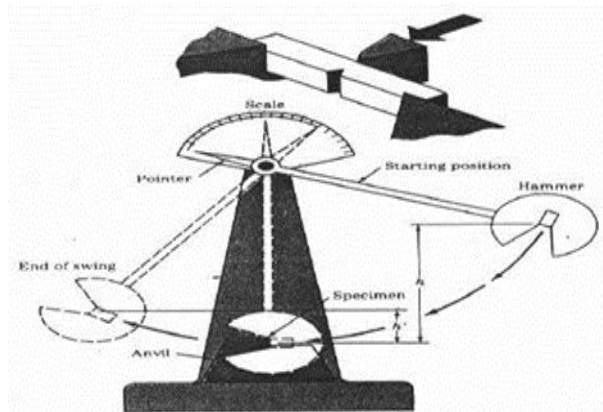
Batang uji charpy kemudian di letakkan horizontal pada batang penumpu dan diberi beban secara tibatiba di belakang sisi takik oleh pendulum berat berayun (kecepatan pembebanan ± 5 m/s). Batang uji izod, lebih banyak dipergunakan saat ini, memiliki luas penampang berbeda dan takik berbentuk v yang lebih dekat pada ujung batang. Dua metode ini juga memiliki perbedan pada proses pembebanan. (Dieter, George E., 1998)

Pengujian impak Charpy (juga di kenal sebagai tes charpy vnotch) merupakan standar pengujian laju regangan tinggi yang menentukan jumlah energi

yang di serap oleh bahan selama terjadi patahan. Energi yang di serap adalah ukuran ke tangguhan bahan tertentu dan bertindak sebagai alat untuk belajar bergantung pada suhu transisi ulet getas. Metode ini banyak di gunakan pada industri dengan keselamatan yang kritis, karena mudah untuk di persiapkan dan di lakukan kemudian hasil pengujian dapat di peroleh dengan cepat dan murah,

Tes ini di kembangkan pada 1905 oleh ilmuwan Perancis Georges Charpy. Pengujian ini penting di lakukan dalam memahami masalah patahan kapal selama perang dunia II. Metode pengujian metode ini sekarang di gunakan di banyak industri untuk menguji material yang digunakan dalam pembangunan kapal, jembatan, dan menentukan bagaimana keadaan alam (badai, gempa bumi, dan lainlain), akan mempengaruhi bahaya yang di gunakan dalam berbagai aplikasi industri, Tujuan uji impact charpy adalah untuk mengetahui kegetasan atau keuletan suatu bahan (spesimen) yang akan di uji dengan cara pembebanan secara tibatiba terhadap benda yang akan di uji secara statik.

Dimana benda uji di buat takikan terlebih dahulu sesuai dengan standar ASTM E23 05 dan hasil pengujian pada benda uji tersebut akan terjadi perubahan bentuk seperti bengkokan atau pahatan sesuai dengan keuletan atau kegetasan terhadap benda uji tersebut. Percobaan uji impact charpy di lakukan dengan cara pembebanan secara tibatiba terhadap benda uji yang akan di uji secara statik, dimana pada benda uji di buat terlebih dahulu sesuai dengan ukuran standar ASTM E23 05.



Gambar 2.3 Ilustrasi Pengujian *Impact Charpy*
Sumber : (Pyra Labs,2003)

$$K = \frac{W}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

W : energi yang diserap (*Joule*)

A : luas area penampang dibawah takik (mm²)

K : nilai *impact* (J/mm²)

2.9 Struktur Mikro

Struktur mikro adalah struktur terkecil yang terdapat dalam suatu bahan yang keberadaanya tidak dapat di lihat dengan mata telanjang, tetapi harus menggunakan alat pengamat struktur2.3 mikro di antarannya mikroskop electron, mikroskop field emission dan mikroskop sinar-x. pengujian mikrostruktur adalah suatu pengujian mengenai struktur bahan melalui pembesaran dengan menggunakan mikroskop khusus metalografi. Bentuk struktur mikro bergantung pada temperature tertinggi yang di capai pada pengelasan kecepatan laju dan laju pendiginan daerah lasan. Pada saat proses pemanasan benda kerja akan mengembang dan akan mengkerut pada prosese pendiginan. Keseimbangan kecepatan pengembangan dan pengkerutan dapat mempengaruhi sifat bahan dan

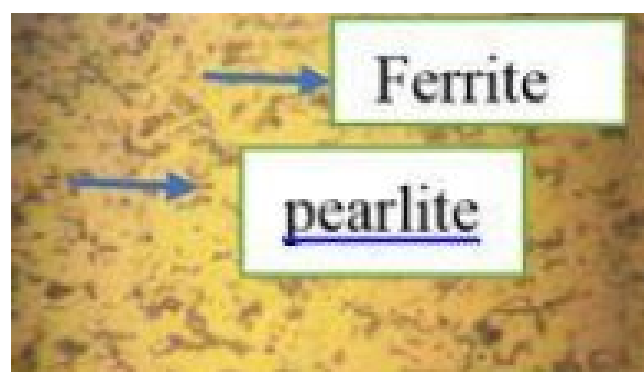
meninggalkan beban dalam benda kerja. Di samping terjadinya perubahan bentuk struktur mikro yang dengan sendirinya terjadi tegangan yang sifatnya tetap yang disebut dengan tegangan sisa. Tegangan sisa dapat menurunkan sifat-sifat bendah (Winardy, Y. 2020).

1. Ferrit

Memiliki bentuk sel satuan BCC terbentuk pada proses pendinginan lambat dari *austensite* baja hipoeuction (baja dengan kandungan karbo $< 0,8\%$), bersifat lunak, memiliki kekerasan (70-100) BHN dan konduktivitas thermalnya (Agung Prayogi dkk 2019).

2. Perlit

Perlit adalah campuran ferit dan campuran cementit berlapis dalam suatu struktur butir, memiliki nilai (10-30) HRC. Pendinginan lambat menghasilkan *perlit* kasar, sedangkan struktur mikro *perlit* halus terbentuk dari hasil pendinginan cepat. Baja yang memiliki struktur mikro *perlit* kasar kekuatannya lebih rendah bila di bandingkan dengan baja yang memiliki struktur mikro *perlit* halus (Agung Prayogi 2019).



Gambar 2.4 Ferrite Dan Pearlite
sumber : (Winardi, Y 2020)

2.10 Baja (steli)

Baja adalah logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2% hingga 2,1% berat sesuai grade yang dimilikinya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah mangan (*manganese*), krom (*chromium*), (*vanadium*), dan nikel. Dengan bervariasi kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) kekuatan tariknya (*tensile strength*) ketangguhan (*impact*). (Formanto Paliling, Yulianus Marampa Rombeallo 2023).

Baja adalah logam panduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya.



Gambar 2.5 Baja plat
Sumber : (Anwar, B. 2020)

Baja merupakan paduan, yang terdiri dari besi, karbon dan unsur lainnya. Dapat dibentuk melalui pengecoran, pencainan atau penempaan. Karena penggunaannya, kekuatannya, menurut struktur mikro dan menurut komposisi kimianya baja antara lain menurut komposisi kimianya baja dapat dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu baja karbon dan baja paduan.

Baja karbon juga mengandung unsur lain selain besi dan karbon, seperti mangan, silikon, dan unsur-unsur lainnya seperti fosfor dan sulfur.

Secara garis besar baja karbon dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Baja karbon rendah : kadar karbon (C) < 0.30%
2. Baja karbon sedang : kadar karbon (C) < 0.30-0.7%
3. Baja karbon tinggi : kadar karbon (C) < 0.70-40%

Kandungan karbon dalam baja berkisaran antara 0,2% sehingga 2,1% berat sesuai gradenya. Fungsi karbon dalam baja adalah unsur pengeras. Unsur paduan yang biasa di tambahkan selain karbon adalah mangan (maganese), krom (chromium) vadanadim, dan nikel. Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas aja dapat di dapatkan. Penambahan kandungan karbon pada baja meningkatkan kekerasan (hardness) kekuatan tariknya (tensile strenght), namun disisi lainnya membuat menjadi getas (brittle) serta menurunkan keuletannya (ductility).

Pengaruh utama dari kandungan karbon dalam baja adalah pada kekuatan, kekerasan, dan sifat mudah dibentuk. Kandungan karbon yang besar dalam baja meningkatnya keke rasan tetapi baja tersebut akan rapuh dan tidak mudah dibentuk.

1. Klrarifikasi Baja Karbon (Carbon Steel)

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P,S, dan Cu. Sifat baja karbon sangat tergantung poada kadar karbon, bila kadar karbon naik maka kekuatan dan kekerasan juga akan bertambah tinggi. Karena itu baja karbon dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnta (*Wiryusumarto, 2004*).

a. Baja karbon Rendah

Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon dibawah 0,3%. Baja karbon rendah sering disebut dengan baja ringan (Mild Steel) atau baja perkakas.

Jenis baja yang digunakan umum dan banyak digunakan adalah jenis *cold roll steel* dengan kandungan karbon 0,08%-0,30% yang biasa digunakan untuk body kendaraan (Sack, 1997).

b. Baja karbon sedang

Baja karbon sedang merupakan baja yang memiliki kandungan karbon 0,30%-0,6%. Baja karbon sedang mempunyai kekuatan yang lebih dari baja karbon rendah dan mempunyai kualitas perlakuan panas yang tinggi. Baja karbon sedang bisa di las dengan las busur listrik elektroda terlindung dan proses pengelasan yang lain. Untuk hasil yang terbaik maka dilakukan pemanasan mula sebelum pengelasan dan normalizing setelah pengelasan (Sack, 1997).

c. Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon paling tinggi jika di bandingkan dengan baja karbon yang lain yakni 0,6%-1,7%. Kebanyakan baja karbon tinggi sukar untuk di las jika di bandingkan dengan baja karbon rendah dengan sedang (Sack 1997).

2.11 Media Pendingin

Media pendingin (*Cooling Media*) adalah sekumpulan komponen tambahan pada mesin untuk mencegah terjadinya *engine overheat*. Melalui sistem ini, *temperature* mesin akan dijaga agar tidak berlebihan. Sehingga, meski mesin dipacu dalam RPM tinggi serta dihidupkan dalam waktu yang lama, *temperature* mesin tidak akan berlebihan. Ini akan membuat mesin bekerja secara efektif dan aman dalam jangka waktu lama. Umumnya, media yang digunakan adalah air serta udara. Ketika suhu mesin tinggi, panas didalam mesin tersebut akan diserap oleh

media pendinginan. Lalu media pendinginan tersebut akan disalurkan kedalam sebuah komponen bernama radiator (Anwar& Mufarrih, 2018).

Fungsi media pendingin pada umumnya ialah:

1. Mengurangi temperatur mesin saat terdeteksi temperatur yang berlebihan.
2. Menjaga temperature mesin tetap pada suhu kerja
3. Memindahkan panas dari mesin ke luar atau untuk *heater system*
4. Membantu mendistribusikan panas mesin secara merata

A. Prinsip kerja media pendingin

Media pendingin bekerja dengan prinsip perpindahan panas. Kita tahu kalau panas itu merupakan salah satu bentuk energi, dan energi ini tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, Sehingga, untuk mengurangi suhu pada mesin panas tersebut tidak dihilangkan melainkan dipindahkan. Panas dari mesin, akan dipindahkan ke udara bebas melalui serangkaian mekanisme yang kita sebut sebagai sistem pendingin. Proses perpindahan panas ini, memerlukan bantuan sebuah media yang bisa menyerap, menyimpan dan melepaskan panas, umumnya media yang dipakai adalah air dan udara.

B. Komponen utama media pendingin.

1. Selubung air

Selubung air atau biasa disebut *water jacket* adalah saluran air yang terbentuk didalam blok silinder. Saluran ini ada di sekitar blok silinder, fungsinya sebagai tempat air bersirkulasi didalam mesin. Saat air berairkulasi didalam selubung air, maka proses penyerapan panas dari mesin ke media pendinginan akan berlangsung.

2. Sistem pendingin

Media pendinginan adalah zat yang dipakai untuk memindahkan panas dari mesin ke komponen pelepas panas (radiator). Media pendinginan harus memiliki sifat yang mudah menyerap panas, dan mudan melepaskan panas.

3. Radiator

Radiator adalah komponen yang digunakan untuk melepaskan panas yang ada didalam media pendinginan ke udara bebas. Cara kerja radiator, adalah dengan memasukan air ke dalam selang pipah yang memiliki jumlah banyak. Sehingga, begitu ada udara melewati selang pipih ini panas dari media pendinginan akan ikut terbawa aliran udara.

4. Kipas pendingin

Kipas pendingin adalah komponen yang digunakan untuk mengalirkan udara agar melewati radiator. Saat udara mengalir melewati radiator maka panas yang ada didalam radiator akan ikut terbawa aliran udara. Sehingga suhu radiator menjadi lebih rendah dan tetap bisa menyerap panas yang dibawa media pendinginan.

C. Jenis-Jenis media pendingin

1. Sistem pendingin udara (alami)

Pendinginan udara merupakan media pendingin yang digunakan untuk perlakuan panas yang memerlukan pendinginan yang lebih lambat. Dalam hal ini, udara yang disirkulasikan ke dalam ruangan pendingin umumnya digerakkan dengan kecepatan rendah. Penggunaan udara sebagai pendingin memberikan kesempatan bagi logam untuk membentuk struktur kristal dan mungkin mengikat

usur-unsur lain dari udara. Namun, pendinginan udara terbuka dapat menyebabkan oksidasi oleh oksigen dalam udara terhadap material yang diproses.

2. Sistem pendingin air

Air adalah senyawa kimia dengan rumus kimia H_2O . Artinya suatu molekul air tersusun atas dua atom *hydrogen* yang terikat secara kovalen pada suatu atom oksigen. Air titik beku $0^{\circ}C$ dan titik didih $100^{\circ}C$. Air memiliki koefisien viskositas sebesar 0,001 pa.s pada temperatur $20^{\circ}C$ (Giancoli Barreto et al., 2003) , pendinginan menggunakan air akan memberikan daya pendinginan yang cepat dibandingkan dengan oli (minyak) karena air dapat dengan mudah menyerap panas yang dilewatinya dan panas yang terserap akan cepat menjadi dingin. Kemampuan panas yang dimiliki air besarnya 10 kali dari minyak (Prastiyo, 2019), Sehingga akan dihasilkan kekerasan air menyebabkan tegangan dalam, distorsi dan retak. (Giancoli Barreto et al., 2003), pendinginan menggunakan air akan memberikan daya pendinginan yang cepat dibandingkan dengan oli (minyak) karena air dapat dengan mudah menyerap panas yang dilewatinya dan panas yang terserap akan cepat menjadi dingin. Kemampuan panas yang dimiliki air besarnya 10 kali dari minyak (Soedjono, 1978). Sehingga akan dihasilkan kekerasan air menyebabkan tegangan dalam, distorsi dan retak.

3. Oli SAE 40

Oil cooler, mungkin anda pernah mendengar. Sistem pendingin oli pada dasarnya hanya berfungsi mendinginkan oli mesin juga bisa berperan sebagai media pendinginan karena oli mampu menyerap dan melepaskan panas. Sirkulasi oli akan dilewatkan pada sebuah *oil cooler*. *Oil cooler* adalah komponen seperti

radiator yang berfungsi melepas panas yang dibawa oli mesin ke udara bebas. Dari tiga jenis sistem pendingin diatas, tentu yang paling banyak digunakan adalah sistem pendingin air.

2.12 Baja ST 40

Baja ST 40 adalah baja yang memiliki kekuatan tarik maksimal 40 kg/mm² yang termasuk dalam baja karbon rendah. Anwar & Widodo, (2017:69) menyebutkan bahwa, “baja ST 40 merupakan material yang umum dipakai dalam industri, pemesinan, perkapalan, perkakas rumah tangga dan lain-lain.” Pada bidang pemesinan, baja ST 40 biasa digunakan untuk untuk bahan baku pembuatan poros. Poros ini nantinya akan dirangkai pada komponen lain, seperti contoh bearing. Oleh karena itu poros haruslah memiliki kekasaran permukaan yang halus karena berhubungan dengan keausan suatu material.

2.13 Jurnal Rujukan

Baja merupakan paduan, yang terdiri dari besi, karbon dan unsur lainnya. Baja dapat dibentuk melalui pengecoran, pencanaian atau penempaan. Karena penggunaannya sangat luas maka berbagai pihak sering mengklasifikasikan baja antara lain menurut cara pembuatannya, penggunaannya, kekuatannya, menurut struktur mikro dan menurut komposisi kimianya. Menurut komposisi kimianya baja dapat dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu baja karbon dan baja paduan.

Baja karbon juga mengandung unsur lain selain besi dan karbon, seperti mangan, silikon, dan unsur-unsur lainnya seperti fosfor dan sulfur.

Secara garis besar baja karbon dapat dikelompokkan sebagai berikut :

1. Baja karbon rendah : kadar karbon (C) $< 0.30\%$
2. Baja karbon sedang : kadar karbon (C) $< 0.30-0.70\%$
3. Baja karbon tinggi : kadar karbon (C) $< 0.70-1.40\%$

(Eko Wahyudi 2019). Struktur mikro merupakan struktur yang dapat di amati di bawah mikroskop optik. Struktur mikro suatu logam dapat memberikan pengetahuan mengenai sifat-sifat atau perilaku dari logam ketika akan di gunakan untuk tujuan tertentu.

Pada umumnya struktur mikro dari baja tergantung dari kecepatan pendinginya dari suhu daerah austenit sampai suhu kamar. Karena perubahan struktur ini maka dengan sendirinya sifat-sifat mekanik yang di miliki juga berubah. Hubungan antara antara kecepatan pendingin dan struktur mikro yang terbentuk biasanya di gambarkan dalam diagram yang menghubungkan waktu, suhu dan transformasi (*Countinius Cooling Transformation*). Di samping

hubungannya dengan kekuatan, ternyata bahwa besar butir juga mempengaruhi energi patah (*uji charpy*). Dan perambatan retak. Penelitian-penelitian menunjukkan bahwa makin halus kristal, makin rendah suhu transisi ulet getasnya. Struktur ini tidak dapat di lihat dengan mata telanjang tetapi harus menggunakan alat misalnya mikroskop optik. Ada beberapa struktur mikro dari baja yang kita kenal yaitu: ferit, perlit, sementit, austenit, martensit.