

ANALISA STRUKTUR MIKRO PADA PROSES PENGELASAN BESI COR KELABU DENGAN VARIASI PENDINGINAN

Suyatno¹⁾ Anwar²⁾

¹⁾Staf Pengajar Program Studi Teknik Mesin

²⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri dan Kebumihan Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

Email : suyatnoarief@gmail.com

Abstrak

Tujuan penelitian untuk mengetahui struktur mikro akibat perlakuan panas dan pendinginan pada besi cor kelabu.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, dengan besi cor kelabu, besi cor diambil dari alat ragam yang di potong menggunakan gergaji, memotong menyerupai plat dengan lebar 55 mm, panjang 75 mm, tebal 5mm dan berjumlah enam spesimen tiap 1 spesimen menggunakan 2 plat yang akan disambung menggunakan pengelasan Shile Metal Arc Welding (SMAW), menggunakan jenis elektroda cast iron 7018 berdiamter 2,6 mm dengan ampere 100A sampai denga 110A. Sebelum pengelasan dilakukan pemanasan kelima spesimen dengan menggunakan elpiji kaleng sampai mencapai suhu 500°C, sambungan las dilakukan dengan menggunakan kampuh V dengan kemiringan 45°, pengelasan dilakukan dengan dua cara pengelasan normal atau langsung, dan cold weld dengan tujuan menjaga suhu agar tetap stabil di 500°C. proses pendingina dilakukan dengan menggunakan pasir yang dipanaskan dan asbes. Satu spesimen menggunakan udara bebas dilas tanpa pemanasan awal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode pengelasan yang baik pada besi cor kelabu menggunakan teknik cold weld, pengelasan yang dilas dengan setiap panjang 1cm dan dilanjutkan dengan arah berlawanan pada jalur lintasan lasnya. Untuk media pendinginan menggunakan tiga media pendinginan, pasir yang dipanaskan, asbes dan udara bebas, dari hasil pendinginan pasir yang dipanaskan memiliki pendinginan yang baik, struktur yang dihasilkan berupa serpihan grafit yang halus berukuran medium lebih baik dibandingkan dengan grafit yang kasar.

Kata kunci : Elektroda, pasir, asbes, udara bebas pendinginan, pengelasan, besi cor, kuat arus

1. PENDAHULUAN

Pengembangan teknologi dibidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan reparasi logam. Pengelasan (welding) adalah salah satu penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu. Proses pengelasan adalah lanjutan dari yang memanfaatkan fenomena metalurgi, permasalahannya biasanya terjadi crack dibagian lanjutan, dalam kejadian fenomena metalurgi pada pengelasan dibagian besi baja cor terjadi martensit dan fisura.

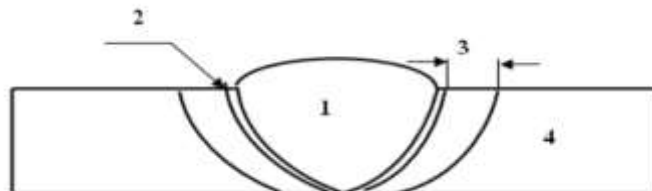
Proses preheating diperlukan dalam pengelasan besi cor. Hal ini dapat dilihat di daerah Haz dengan proses preheating terlihat banyak grafit pada logam las, sedangkan non preheating grafit cenderung mengumpul pada satu bagian. Dan didaerah logam las terlihat grafit lebih banyak pada proses pengelasan dengan proses preheating, sehingga adanya grafit tersebut memperkuat

sambungan pada besi cor yang dilas. Proses pendinginan dengan pasir terhadap besi cor yang sudah dipanaskan lebih baik dari pada pendinginan dengan udara bebas.

Besi cor merupakan paduan baja dengan carbon. Pada diagram Fe-Fe₃C, besi cor mengandung kadar carbon yang lebih besar dari persentase kelarutan austenit jenuh pada temperatur eutectic. Dengan demikian kadar carbon pada besi cor adalah 2 hingga 6.67 persen. Karena kadar carbon yang tinggi menyebabkan besi cor tersebut sangat getas, maka besi cor komersial diproduksi dengan rentang kadar carbon dari 2.5 hingga 4 persen.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur mikro dan perubahan struktur mikro akibat perlakuan panas dan pendinginan pada besi cor kelabu.

Menurut Deutche Industri Norman (DIN) pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair. Jadi pengelasan merupakan sambungan dari beberapa batang logam dengan memanfaatkan energi panas. Las listrik juga biasa disebut las busur listrik, yaitu proses penyambungan logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas. Jadi sumber panas pada las listrik ditimbulkan oleh busur api arus listrik, antara elektroda las dan benda kerja. Benda kerja merupakan bagian dari rangkaian aliran arus listrik las. Elektroda mencair bersama-sama dengan benda kerja akibat dari busur api arus listrik. Gerakan busur api diatur sedemikian rupa, sehingga benda kerja dan elektroda yang mencair, setelah dingin dapat menjadi satu bagian yang sukar dipisahkan. Dari pengertian tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa pengertian las adalah sebuah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Pengelasan (welding) 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. Proses pengelasan melibatkan proses pemanasan dan pendinginan, pada umumnya struktur mikro dan logam tergantung dari kecepatan pendinginannya dari temperature terbentuknya fasa awal sampai ketemperature kamar. Karena perubahan struktur ini dengan sendirinya sifat sifat mekanis yang dimilikinya juga berubah. Pada dasarnya daerah lasan terdiri dari tiga bagian yaitu logam lasan (weld metal), daerah terkena pengaruh panas yang sering disebut dengan Heat Affected Zone (HAZ), dan logam induk yang tak terpengaruh panas. Daerah pengaruh panas atau HAZ adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat. Logam induk tak terpengaruh panas adalah bagian logam dasar dimana panas dan temperature pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan teruktur dan sifat. Selain ketiga bagian itu masih ada bagian lain yaitu daerah yang membatasi antara logam las dan daerah HAZ yang disebut dengan batas las.



Gambar 1. Sketsa Bahan dan Pengelasan

1. Logam Las (Weld Metal)
2. Fusion Line
3. Heat Affected Zone (HAZ)
4. Logam Induk (Parent Metal)

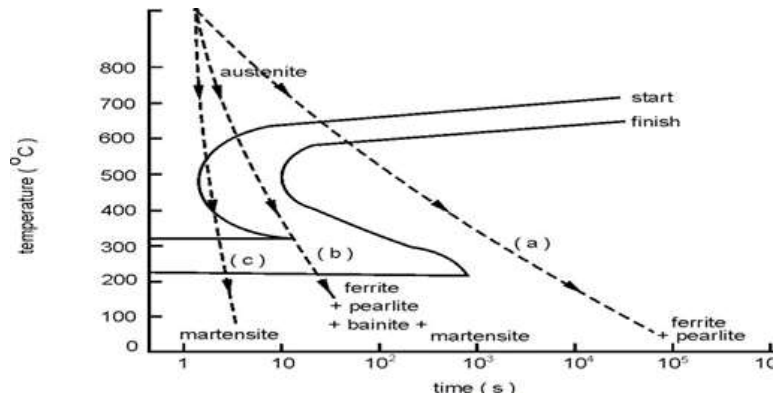
Proses pendinginan dilakukan secara bertahap yang dilakukan dengan tiga macam bahan pendinginan yaitu asbes, pasir yang dipanaskan dan udara bebas dengan menggunakan enam

spesimen. Media dalam pendinginan bisa berbeda-beda, perbedaan kemampuan pendinginan disebabkan oleh temperature, kekentalan, kadar larutan dan bahan dasar media pendinginan.

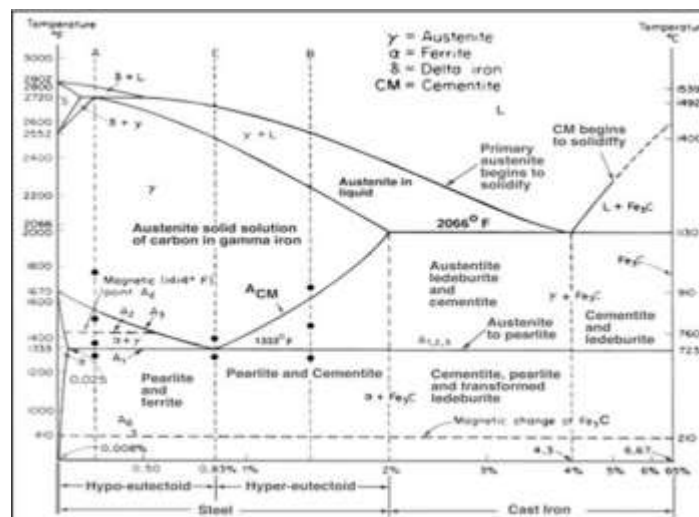
Struktur mikro adalah gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang dapat diamati melalui teknik metalografi. Struktur mikro suatu logam dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. Mikroskop yang dapat digunakan yaitu mikroskop optik dan mikroskop elektron. Sebelum dilihat dengan mikroskop, permukaan logam harus dibersihkan terlebih dahulu, kemudian reaksi dengan reagen kimia untuk mempermudah pengamatan. Proses ini dinamakan *etching*.

Continuous Cooling Transformation (CCT) diagram merupakan diagram yang menggambarkan hubungan antara laju pendinginan kontinyu dengan fasa atau struktur yang terbentuk setelah terjadinya transformasi fasa.

Pada proses pengelasan, transformasi austenit menjadi ferit merupakan tahap yang paling penting karena akan mempengaruhi struktur logam las, hal ini disebabkan karena sifat-sifat mekanis material ditentukan pada tahap tersebut. Faktor-faktor yang mempengaruhi transformasi austenit menjadi ferit adalah masukan panas, komposisi kimia las, kecepatan pendinginan dan bentuk sambungan las. Struktur mikro dari baja pada umumnya tergantung dari kecepatan pendinginannya dari suhu daerah austenit sampai suhu kamar. Karena perubahan struktur ini maka dengan sendirinya sifat-sifat mekanik yang dimiliki baja juga akan berubah.



Gambar 2. Diagram CCT

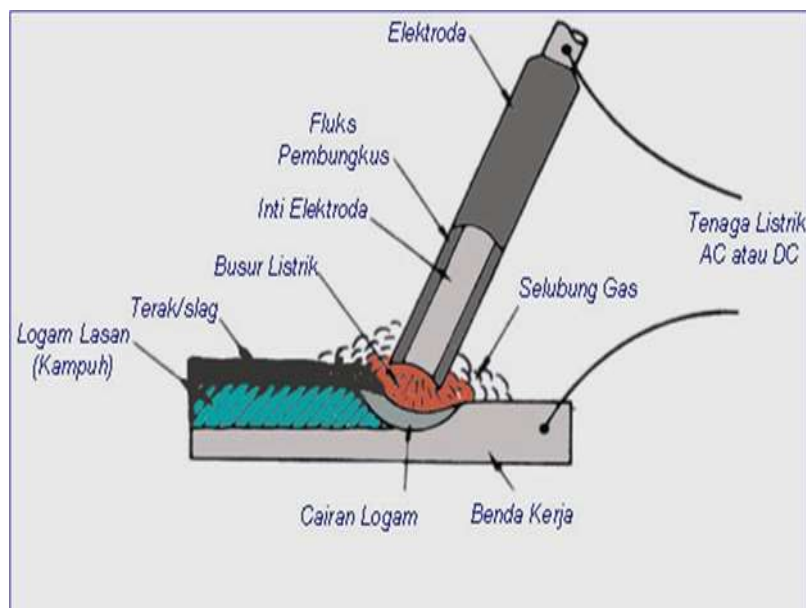


Gambar 3. Diagram fasa

Diagram fasa adalah diagram yang menampilkan hubungan antara temperatur dimana terjadi perubahan fasa selama proses pendinginan dan pemanasan yang lambat dengan kadar karbon. Diagram ini merupakan dasar pemahaman untuk semua operasi perlakuan panas. Diagram fasa memudahkan memilih temperatur pemanasan yang sesuai untuk setiap proses perlakuan panas baik proses anil, normalizing maupun proses pengerasan. Baja adalah paduan besi dengan karbon maksimal sampai sekitar 1,7%. paduan besi diatas 1,7% disebut cast iron. Perlakuan panas bertujuan untuk memperoleh struktur mikro dan sifat yang di inginkan. Struktur mikro dan sifat yang diinginkan dapat diperoleh melalui proses pemanasan dan proses pendinginan pada temperatur tertentu. Diagram fase Fe-Fe₃C merupakan diagram untuk kombinasi karbon dengan besi pada keadaan solid solution. Diagram fase ini termasuk diagram fase binary karena menunjukkan hubungan antara dua variable yaitu hubungan antara temperatur dan kandungan karbon (%C) selama pemanasan lambat.

Shield Metal Arc Welding (SMAW)

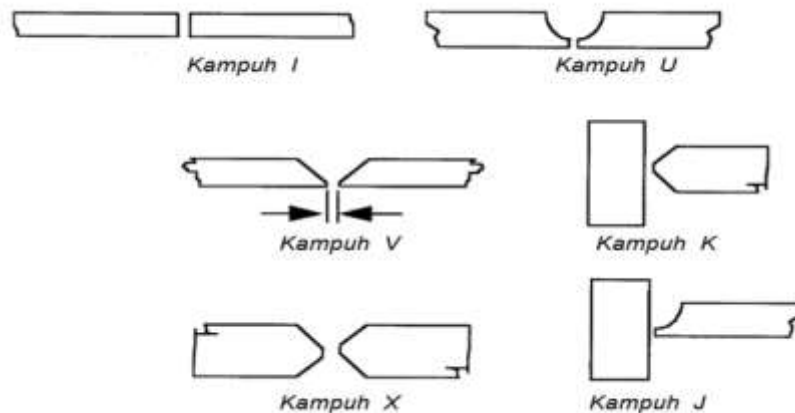
Shield Metal Arc Welding (SMAW) merupakan suatu teknik pengelasan dengan menggunakan arus listrik yang membentuk busur arus dan elektroda berselaput. Di dalam pengelasan SMAW ini terjadi gas pelindung ketika elektroda terselaput itu mencair, sehingga dalam proses ini tidak diperlukan tekanan/pressure gas inert untuk menghilangkan pengaruh oksigen atau udara yang dapat menyebabkan korosi atau gelembung-gelembung didalam hasil pengelasan. Proses pengelasan terjadi karena adanya hambatan arus listrik yang mengalir diantara elektroda dan bahan las yang menimbulkan panas mencapai 3000°C, sehingga membuat elektroda dan bahan yang akan dilas mencair.



Gambar 4. Proses SMAW

Kampuh Las

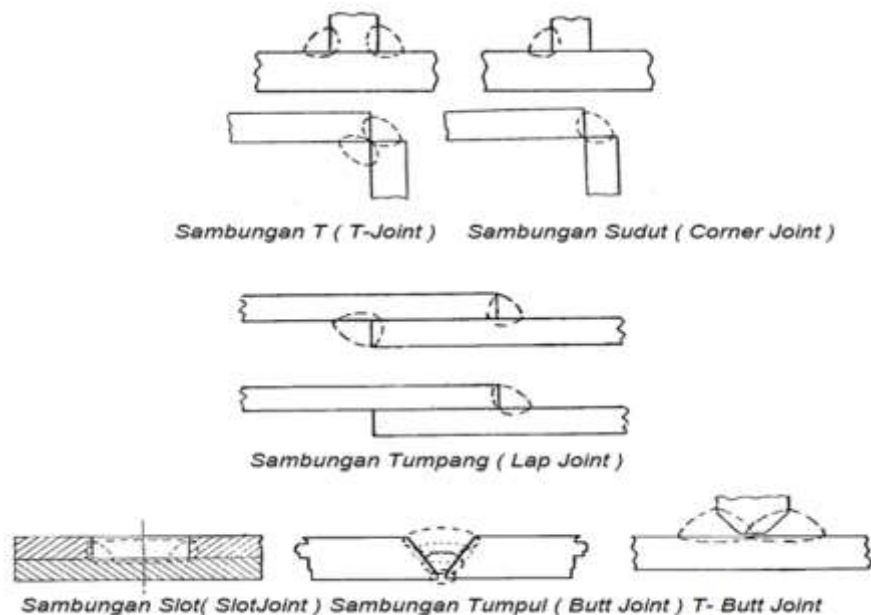
Kampuh las adalah bentuk persiapan pada suatu sambungan. Umumnya hanya ada pada sambungan tumpul, namun ada juga pada beberapa bentuk sambungan sudut tertentu untuk memenuhi persyaratan kekuatan suatu sambungan sudut.



Gambar 5. Kampuh Las

Bentuk-bentuk Sambungan Las

Secara umum sambungan las ada dua macam, yaitu sambungan sudut (fillet) dan sambungan tumpul (butt).



Gambar 6. Sambungan Las

Besi cor

Besi cor merupakan paduan baja dengan carbon. Pada diagram Fe-Fe₃C, besi cor mengandung kadar carbon yang lebih besar dari persentase kelarutan austenit jenuh pada temperatur eutectic. Dengan demikian kadar carbon pada besi cor adalah 2 hingga 6.67 persen. Karena kadar carbon yang tinggi menyebabkan besi cor tersebut sangat getas, maka besi cor komersial diproduksi dengan rentang kadar carbon dari 2.5 hingga 4 persen.

Keuletan besi cor sangat rendah dan tidak bisa di roll, dan dibentuk dengan pengerjaan dingin pada temperatur kamar. Mayoritas besi cor tidak lunak pada seluruh temperatur. Tetapi dalam keadaan cair dapat dibentuk dengan bentuk yang rumit kemudian di mesin untuk memperoleh dimensi akhir. Karena hanya proses pengecoran yang cocok untuk paduan ini, maka paduan ini dinamakan besi cor. Besi cor merupakan paduan besi-karbon dengan kandungan C diatas 2% (pada umumnya sampai dengan 4%). Paduan ini memiliki sifat mampu cor yang sangat baik namun memiliki elongasi yang relatif rendah. Oleh karenanya proses pengerjaan bahan ini tidak dapat dilakukan melalui proses pembentukan, melainkan melalui proses pemotongan (pemesinan) maupun pengecoran. Dari warna patahan, dapat dibedakan 3 jenis besi cor yaitu besi cor putih yang terdiri dari struktur ledeburit (coran keras), struktur campuran antara perlit dengan ledeburit yang disebut besi cor meliert dan struktur perlit dan atau ferit serta ledeburit masih terdapat sejumlah unsur karbon dalam bentuk koloni grafit yang disebut besi cor kelabu. Jenis dari ketiga besi cor tersebut sangat tergantung dari kandungan dan komposisi antara C dan Si serta laju pendinginannya, dimana laju pendinginan yang tinggi akan menghasilkan struktur besi cor putih sedangkan laju pendinginan yang lambat akan menghasilkan pembekuan kelabu.

Paduan biner besi-karbon pada pendinginan normal akan membeku secara metastabil sehingga pada pada komposisi hipoeutektik akan menghasilkan struktur ledeburit (perlit + sementit sekunder), sedangkan pada komposisi hipereutektik terdiri dari sementit primer dan ledeburit. Barulah pada laju pendinginan yang amat sangat lambat, atau dengan kandungan Si yang cukup tinggi, pembekuan akan berlangsung secara stabil, dimana sementit (Fe_3C /besikarbida) pada temperatur tinggi akan terurai menjadi $Fe_3C \rightarrow 3Fe + C$. Dalam hal ini C merupakan unsur elementer yang berkoloni membentuk grafit (penggrafitan tak langsung), serta tidak menutup kemungkinan bahwa grafit telah pula terbentuk langsung dari cairan (penggrafitan langsung). Dengan demikian paduan tidak lagi menganut sistem besi-besikarbida, melainkan besi-grafit. Akibat dari terjadinya undercooling, terdapat sebagian kecil dari karbon yang tertransformasi menjadi besikarbid setelah sebagian besar dari cairan tertransformasi menjadi besi dan grafit. Pembentukan grafit sangat tergantung dari jumlah inti-inti grafit. Sementara itu grafit memiliki kecenderungan kuat untuk saling mengelompok serta menjadi bentuk lembaran-lembaran grafit. Peristiwa ini terjadi pada saat sisa cairan mencapai konsentrasi eutektiknya yang diikuti dengan segregasi grafit, dimana pada stiap laju pendinginan yang lebih rendah, maka pertumbuhan lembaran grafit tersebut akan semakin kasar, bahkan hingga menjadi grafit batas butiran.

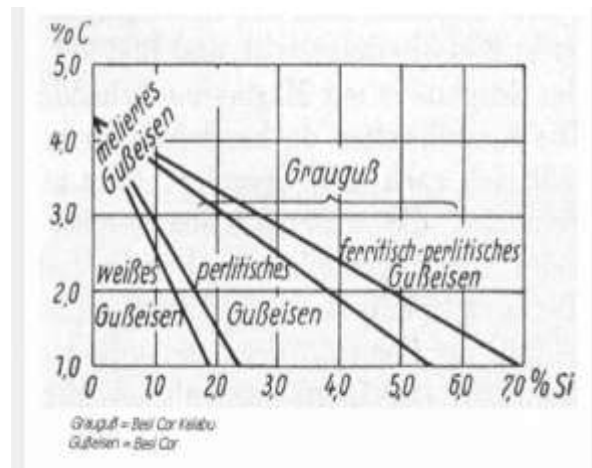
Tabel 1. Perbandingan struktur pada sistem metastabil dengan stabil

Sistem Metastabil ($Fe-Fe_3C$)	Sistem Stabil ($Fe-C$)
Ledeburit (austenit + sementit)	Grafit eutektik (austenit + grafit)
Perlit (ferit + sementit)	Grafit eutektoid (ferit + grafit)
Sementit primer (sepanjang garis CD)	Grafit primer (sepanjang garis C'D')
Sementit sekunder (sepanjang garis SE)	Grafit segregat (sepanjang garis S'E')

Secara umum proses pembekuan dari besi cor dengan kandungan C antara 2% sampai 4% adalah sebagai berikut: Dari cairan (kemungkinan pada saat ini telah terdapat inti-inti grafit) akan terbentuk kristal g-primer yang dengan demikian konsentrasi C didalam sisa cairan akan meningkat menuju kekomposisi eutektik. Sisa cairan kemudian akan tertransformasi secara eutektik menjadi ledeburit dan sejumlah grafit. Pada pendinginan selanjutnya sementit pada ledeburit akan tertransformasi menjadi austenit dan grafit dan untuk selanjutnya grafi-grafit akan tersegregasi keluar

dari austenit (serpanjang garis E'S' diagram biner besi-karbon). Grafit-grafit sekunder ini terbentuk menempel pada grafit primer yang oleh karenanya tumbuh semakin besar.

Hal yang sangat penting sehubungan dengan struktur dasar (matriks) besi cor adalah pengaruh unsur Si terhadap besikarbida (Fe_3C), dimana Si akan mengakibatkan besikarbida terurai menjadi besisilikat dan karbon (grafit) sebagaimana reaksi $Fe_3C + Si \rightarrow Fe_3Si + C$. Kandungan Si yang tinggi memiliki pengaruh yang mirip dengan kandungan C yang dinaikkan serta mengakibatkan perlambatan laju pendinginan sehingga mengarah ke sistim stabil besi-grafit.



Gambar 7. Diagram Maurer

Maurer mengembangkan suatu diagram besi cor dengan kandungan C dan Si berbeda-beda pada suatu laju pendinginan tertentu (yaitu pada spesimen cor diameter 30 mm) yang memperlihatkan perbedaan matriks pada setiap kandungan C dan Si.

Besi cor putih.

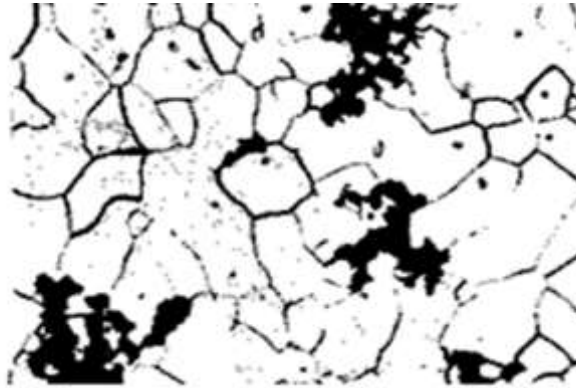
Perubahan mulai terjadi pada saat solidifikasi (pembekuan) dan urutan pendinginan pada diagram Fe- Fe_3C . Seluruh besi cor putih merupakan paduan hypoeutectic. Besi cor putih memiliki kekerasan yang tinggi dibandingkan besi cor lainnya. Kekerasannya disebabkan oleh atom karbon yang tidak sempat keluar membentuk grafit, sehingga masih berupa sementit, permukaannya akan berwarna putih.



Gambar 8. Struktur mikro besi cor putih

Besi cor maleabel.

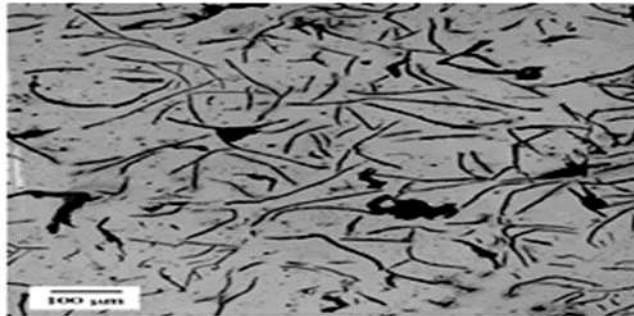
Merupakan fasa metastabil. Maka terdapat kecenderungan sementit untuk terurai menjadi besi dan carbon, tetapi pada kondisi normal, cenderung bertahan tanpa batas dalam bentuk aslinya. Maka pada kondisi ini, sementit dapat dianggap sebagai fasa stabil, kecenderungan membentuk carbon bebas tersebut sebagai dasar untuk manufakktur besi cor maleabel. Besi cor malleable adalah besi cor putih yang telah mengalami perlakuan panas dengan suhu berkisar antara 800-900 0 C, menyebabkan penguraian sementit menjadi grafit.



Gambar 8. Struktur mikro besi cor maleabel

Besi cor kelabu.

Memiliki kandungan silicon relative tinggi yaitu antara satu sampai tiga persen, dengan silicon sebesar ini, besi cor akan membentuk grafit dengan mudah sehingga fasa karbida Fe_3C tidak terbentuk. Grafit serpih ini terbentuk saat proses pembekuan, besi cor kelabu memiliki kandungan karbon antara 2,5% - 4,0% kandungan mangan antara 0,2% - 1,0. Sedangkan kandungan fosfor antara 0,002% - 1,0% dan sulfur antara 0,02% – 0,025%.

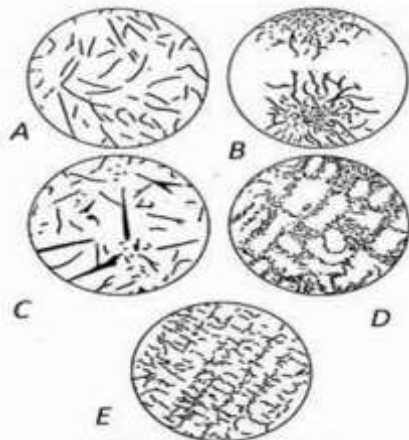


Gambar 9. Struktur mikro besi cor kelabu

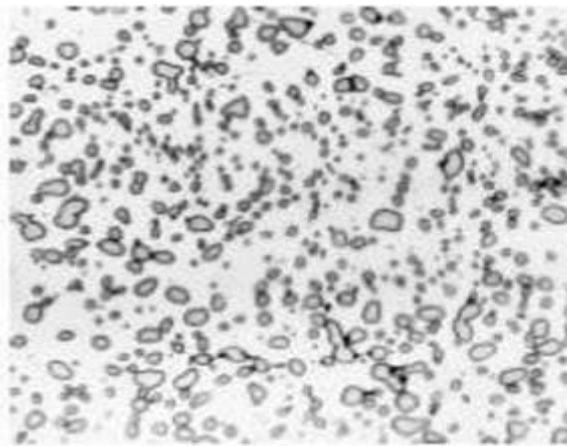
Jika kadar silicon sulfur, mangan dan pospor dikontrol dengan jumlah yang tepat, maka variabel yang mempengaruhi kekuatan besi cor kelabu adalah hanya grafit yang berbentuk serpih. Karena grafit tersebut lunak dan rapuh, maka ukuran, bentuk dan distribusinya akan menentukan sifat mekanik besi cor. Reduksi ukuran grafit dan kenaikan distribusinya akan menaikkan kualitas besi cor kelabu. Ukuran grafit yang besar merupakan masalah yang besar karena dapat memutuskan kontinuitas matriks perlit, sehingga akan mengurangi kekuatan dan keuletan besi cor kelabu. Ukuran grafit yang kecil akan mengurangi kerusakan, sehingga secara umum ukuran grafit yang kecil lebih diharapkan.

Struktur Mikro besi Cor

Struktur dari besi cor akan mempengaruhi pada sifat – sifat mekanik dan juga sifat fisik dari besi tersebut. Beberapa struktur yang ada dalam besi cor adalah grafit, simentit, austenite, ferit dan perlit, bainit, martensite.



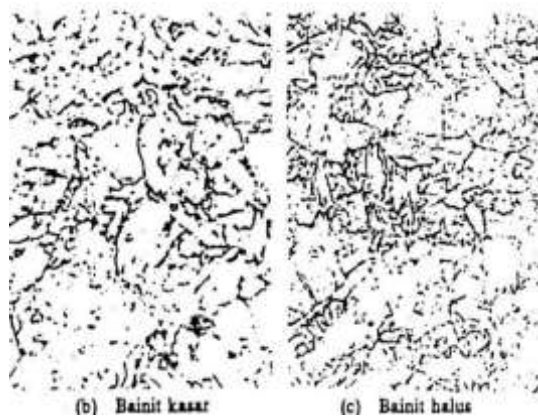
Gambar 10. Distribusi Grafit



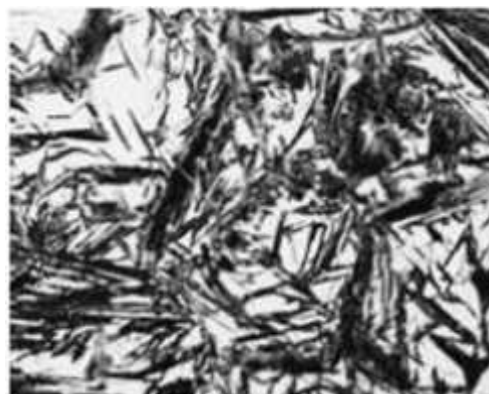
Gambar 11. Simentit



Gambar 12. Perlit dan Ferit



Gambar 13. Struktur Bainit



Gambar 14. Struktur Martensi

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan menggunakan 6 spesimen, 4 spesimen diberikan panas 500 °C sebelum dilas dan 2 spesimen lainnya akan di las tanpa di berikan perlakuan panas. Terhadap 4 spesimen yang diberikan panas, 2 spesimen dilas dengan metode selang seling, dengan pengelasan cold weld dan normal. Cold weld pengelasan secara bergantian dengan panjang pengelasan tiap 1 cm dan 2 spesimen lainnya akan dilas tanpa henti sampai satu kawat elektroda habis. 2 spesimen akan didinginkan dengan menggunakan pasir yang dipanaskan, dan 2 spesimen lainnya akan didinginkan dengan menggunakan asbes, dan 2 spesimen didinginkan menggunakan udara bebas, tujuan penelitian ini untuk mengetahui perubahan struktur mikro antara 6 spesimen tersebut yang dianalisa perubahan struktur mikronya.

Alat dan bahan yang digunakan :



Gambar 15. Mikroskop Optik



Gambar 16. Termometer Inframerah



Gambar 17. Mesin Las



Gambar 18. Elpiji kaleng



Gambar 19. Stopwatch

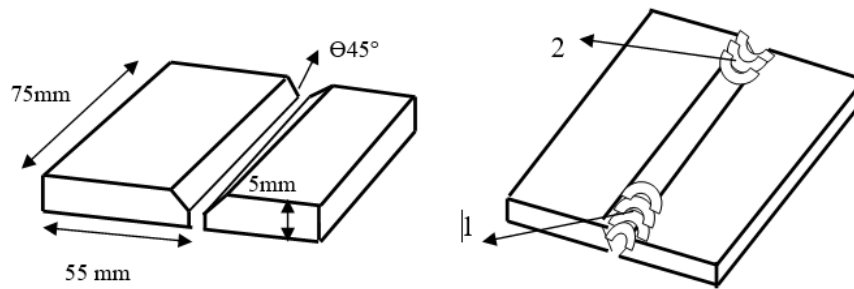


Gambar 20. Asbes



Gambar 21. Elektroda

Spesimen Benda Uji



Tabel 2. Diameter Elektroda dan Arus

Diameter Elektroda (mm)	Arus (Ampere)
2,5	60-90
2,6	60-90
3,2	80-130
4,0	150-190
5,0	180-250

Variabel Penelitian

Ada tiga variabel dalam penelitian ini yaitu :

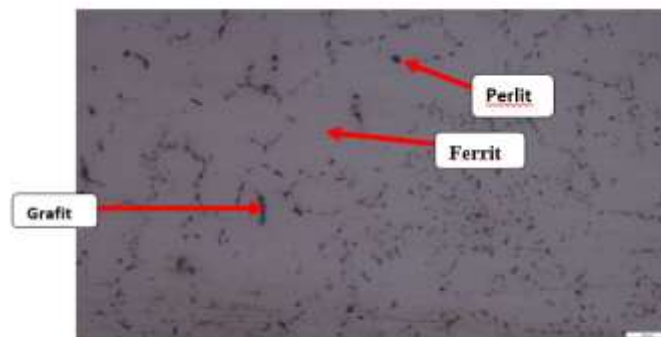
- Variabel terikat (dependent variable): Variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan oleh peneliti yaitu : struktur mikro pada besi cor
- Variabel terkontrol : Variabel yang ditentukan oleh peneliti, dan nilai selalu konstan yaitu : diameter elektroda yang digunakan, besar arus dan pendingin.
- Variabel bebas : Variabel yang memiliki perlakuan bebas, proses pengelasannya/teknik ditentukan oleh orang yang mengelas spesimen

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Pemeriksaan Struktur Mikro Pada Daerah Las

Pemeriksaan pengelasan menggunakan beberapa metode yaitu metode pengelasan cold weld dan normal dengan pendinginan yang berbeda, pendinginan menggunakan udara bebas, asbes dan pasir.

- Pengelasan normal dan coul weld dengan pendinginan udara bebas



Gambar 22. Normal, Daerah Logam Las dengan pembesaran 500x



Gambar 23. WM, Cold Weld Daerah Logam LAS dengan pembesaran 500x

Pada gambar 22 dengan metode pengelasan normal struktur yang terjadi pada daerah lasan diakibatkan temperature yang berlebih dan pendinginan yang cepat, semua grafit menjadi halus membentuk ferrit dan perlit. Jika dibandingkan dengan gambar 23 struktur yang terjadi disebabkan karena pendinginan lanjut, pada waktu pendinginan grafit menjadi halus, atau biasa disebut eutetik atau grafit panas lanjut, sehingga kekerasan pada besi cor menjadi lebih tinggi tetapi kurang ulet.

b. Pengelasan normal dan coul weld dengan pendinginan udara bebas



Gambar 24. WM, Normal, Daerah logam Las dengan Pembesaran 500x

Pada gambar 24 dengan media pendingin udara bebas struktur yang terjadi tidak beda jauh dengan metode sebelumnya yaitu asbes yang perubahannya terjadi pengaruh panas tinggi dan pendinginan yang cepat. Jika gambar 25 dengan metode pengelasan cold weld dengan gambar 23 dengan metode pengelasan yang sama, perubahan terjadi berbeda dikarenakan media pendinginan memiliki laju pendinginan yang berbeda.



Gambar 25. WM. Cold Weld, Daerah Logam Las dengan Pembesaran 500x

c. Pengelasan Normal dan Cold Weld Dengan Pendinginan Pasir



Gambar 26. WM, Normal, Daerah Logam Las dengan Pembesaran 500x



Gambar 27. WM, Cold Weld, Daerah Logam Las dengan Pembesaran 500x

Pada gambar 27 dengan media pendingin pasir yang dipanaskan grafit yang terbentuk terjadi karena potongan-potongan grafit eutektik yang halus, yang mengkristal kristal mula dari austenit karena pendinginan lanjut (*undercooling*) pada pembekuan eutektik. Keadaan ini umumnya diperbaiki dengan pemberian perlakuan panas. Distribusi grafit semacam ini kadang-kadang muncul pada besi cor yang teroksidasi. Pada gambar 26 perubahan yang terjadi hampir sama gambar dengan pendinginan dengan udara bebas dikarenakan pengelasan yang terus menerus mengakibatkan panas melebihi dari 500°C karena panas yang berlebih perubahan struktur tidak dapat terhindarkan.

3.2. Pemeriksaan Struktur Mikro Daerah HAZ

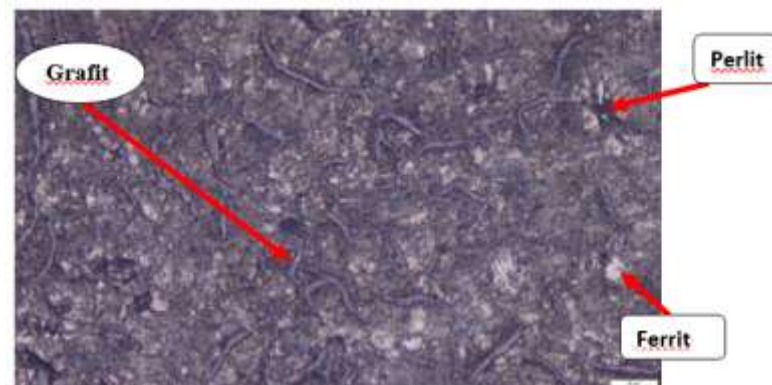
Heat Affected Zone (HAZ) merupakan daerah yang dipengaruhi panas dan juga logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat, sehingga terjadi perubahan struktur akibat pemanasan tersebut disebabkan daerah yang mengalami pemanasan yang cukup tinggi.

a. Pengelasan Normal dan Cold Weld dengan Pendinginan Asbes

Gambar pada daerah HAZ dengan pengelasan normal dan cold weld bisa dilihat bentuk grafitnya pada gambar 28 grafit primer mengristal secara kasar, memberikan sifat mekanis yang rendah. Pada gambar 29 adalah struktur yang bagus karena struktur menunjukkan grafit yang berukuran medium.



Gambar 28. Normal, Daerah Haz dengan Pembesaran 500x



Gambar 29. Cold Weld, Daerah HAZ dengan Pembesaran 500x

b. Pengelasan Normal Dan Cold Weld Dengan Pendinginan Udara Bebas

Untuk media pendinginan udara bebas hasilnya struktur yang mengristal kasar dipengaruhi media pendingin yang kurang baik, jika dilihat pada gambar 30 dan gambar 31 yang membedakan banyaknya jumlah grafit yang mengristal.



Gambar 30. Normal, Daerah HAZ Dengan Pembesaran 500x



Gambar 31. Cold Weld, Daerah HAZ Dengan Pembesaran 500x

c. Pengelasan Normal dan Cold Weld dengan Pendinginan Pasir

Untuk media pendinginan pasir yang dipanaskan dilihat pada gambar 33 menunjukkan struktur yang paling sesuai grafit yang terdiri dari feerit dan perlit, pada ummnya besi cor kelabu. Struktur yang paling banyak digunakan karena struktur yang menunjukkan serpih grafit yang mempunyai panjang medium terdistribusikan. Sedangkan pada gambar 32 grafit terbentuk secara kasar dan pertumbuhan ferrit semakin banyak mengakibatkan ketahanan besi cor berkurang.



Gambar 32. Normal, Daerah HAZ dengan Pembesaran 500x



Gambar 33. Cold Weld, Daerah HAZ dengan Pembesaran 500x

3.3. Pengujian Struktur Mikro Logam Induk

Daerah logam induk yang hanya terpengaruh dari pemanasan dan panas setelah melakukan pengelasan.

a. Pengelasan Normal Dan Cold Weld dengan Pendinginan Asbes

Gambar struktur pada daerah logam induk, pada gambar 34 dan gambar 35 membedakan jumlah dari grafit yang terbentuk akibat perlakuan panas yang terjadi.



Gambar 34. Normal, Daerah logam Induk dengan Pembesaran 500x



Gambar 35. Cold Weld, Daerah Logam Induk dengan Pembesaran 500x

b. Pengelasan Normal dan Cold Weld Dengan Pendinginan udara

Untuk media pendingin udara bebas kristal grafit yang terbentuk akan memberikan sifat mekanik yang rendah, serta olah laju pendinginan pada waktu pembekuan. Pada gambar 36 grafit yang kasar dan sedikit pertumbuhan perlit dan ferrit mengakibatkan besi cor kurang ulet dari besi cor kelabu pada umumnya.



Gambar 36. Normal ,Daerah Logam Induk Dengan pembesaran 500x



Gambar 37. Cold Weld, Daerah Logam Induk dengan Pembesaran 500x

c. Pengelasan Normal dan Cold Weld dengan Pendinginan Pasir

Media pendinginan pasir bisa dilihat pada gambar 38 logam induk yang dilas dengan pengelasan normal membentuk grafit yang mengkristal kasar membuat sifat mekanis yang rendah. Pada gambar 39 grafit yang terbentuk berukuran medium yang tidak berbedah jauh pada umumnya besi cor kelabu.



Gambar 38. Normal, Daerah Logam Induk Dengan Pembesaran 500x



Gambar 39. Cold Weld, Daerah Logam Induk Dengan Pembesaran 500x

Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Hasil pengujian dengan pendinginan asbes dengan metode pengelasan normal dan cold weld dapat dilihat perbedaan struktur ferit dan perlit untuk pengelelasan normal dapat dilihat lebih bnyak mengandung ferit dibandingkan dengan perlit. sedangkan untuk pengelasan cold weld mengandung lebih banyak grafit dibandingkan ferit. Jadi pengelasan dengan metode cold weld akan lebih banyak mengandung grafit dibandingkan dengan pengelasan normal dikarenakan pengaruh panas yang berlebih saat terjadinya pengelasan, yang membuat daerah logam las lebih keras dibandikan dengan pengelasan normal.

Dari tiga media pendinginan yang mampu menjaga struktur mikro pada besi cor kelabu, yang didominasi oleh grafit dan ferit perlit sangat disarankan menggunakan pasir yang dipanaskan, karena pasir dapat mengontrol laju pendinginan secara perlahan dibandingkan dengan asbes maupun udara bebas.

Jika pengelasan dilakukan dengan metode normal, panas yang dihasilkan dari elektroda akan mencapai 800°C , jika dikaitkan dengan diagram CCT perubahan struktur yang terdiri dari grafit Akan berubah menjadi austenite, dan pendinginan yang dapat merubah austenit menjadi ferrit perlit.

Proses cold weld dilakukan agar menjaga temperature disuhu 500°C jika dilihat pada diagram fasa pada besi cor kelabu terdiri dari Fe_3C , grafit pearlit ferrit, jika pendinginan menggunakan udara bebas dan asbes akan berubah menjadi keseluruhan ferrit dan jika pendinginan menggunakan pasir struktur yang terjadi grafit yang berukuran medium dan ferrit perlit.

4. KESIMPULAN

1. Berdasarkan analiisa perubahan struktur mikro besi cor kelabu akibat dua metode pengelasan, hasil yang didapat berupa gambar struktur yang terdiri dari grafit, perlit, ferrit, yang terjadi akibat proses pengelasan pemanasan dan pengelasan. Dapat disimpulkan kalau proses pengelasan dengan menggunakan pemanasan awal 500° dapat mempengaruhi perubahan struktur mikro. Dan pengaruh perubahan yang paling besar dikarenakan pengelasan normal, karena pengelasan yang terus mengakibatkan panas yang berlebih. Jika dibandingkan dengan metode cold weld, pengaruh panas yang terjadi tidak berlebih dikarenakan pengelasan yang dilakukan dengan panjang 1cm dan dihentikan, diteruskan dengan pengelasan diarah berlawanan dengan panjang 1cm. pengelasan yang dilakukan secara bergantian itu untuk menjaga panas agar tidak melebihi ketetapan yang sudah ditentukan.

2. Dari media pendinginan menggunakan tiga macam media pendinginan yaitu asbes, pasir yang dipanaskan, dan udara bebas dapat disimpulkan yang memiliki pengaruh perubahan paling besar terjadi dengan media pendinginan udara bebas karena pendinginan yang cepat merubah struktur mikro jadi kurang baik untuk digunakan. Sedangkan untuk media pendinginan asbes perubahan yang terjadi pembentukan grafit yang sedikit lebih kasar dibandingkan dengan media pendinginan pasir yang dipanaskan. Perubahan yang terjadi grafit yang halus dan berukuran medium yang memiliki elastisitas yang lebih baik dibandingkan grafit yang kasar. Dari hasil laju pendinginan yang baik adalah pasir yang dipanaskan karena memiliki laju pendinginan yang sangat baik karena pembentukan Grafitnya untuk besi cor kelabu.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ismet Eka Putra, 2013. Pengaruh Perlakuan Panas dan Perlakuan Pendinginan Pada Proses Pengelasan Besi Cor dengan Las Busur Listrik SMAW Terhadap Struktur Mikro. *Jurnal Momentum*, Vol.14 No.1 Februari 2013 ISSN: 1693-752X
- Muhammad Al Amin, 2015. Pengaruh Pemanasan Awal Terhadap Kekerasan, Ketangguhan Dan Struktur Mikro Pada Pengelasan Besi Cor. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, Vol 1 No 1. 2015.
- Surdia, Tata & Shinroku Saito, 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suroto, A. & Sudiby, B. 2000. *Ilmu Logam dan Metalurgi*, ATMI, Surakarta.
- Wahyudi Darmandi, 2015. Pengaruh Media Pendingin Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Pada Besi Cor. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Muhammadiyah Surakarta.
- William & David, 2011. *Materials Science and Engineering*. John Wiley & Son. Asia
- Wirjosumarto Harsono, Okumura Toshie, 1981. *Teknologi Pengelasan Logam*. PT. Pradiya Paramita. Jakarta.

