

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja

Baja merupakan salah satu material logam yang terdapat dalam kehidupan sehari-hari. Jenis material logam ini juga dapat mengalami korosi. Baja merupakan paduan dari besi (Fe) sebagai unsur utamanya dan karbon (C) sebagai unsur paduan utamanya. Terdapat dua kelompok besar dalam mengklasifikasikan jenis dari baja yaitu baja karbon dan baja paduan. Baja yang tidak mengandung unsur-unsur paduan dapat disebut baja karbon, dalam arti lain yaitu unsur yang dipakai adalah karbon (C) sebagai unsur yang utama dalam menentukan sifat-sifat dari baja. Sedangkan baja paduan adalah baja dengan penambahan unsur paduan seperti; karbon (C), Nikel (Ni), kromium (Cr), molibdenum (Mo), silikon (Si), wolfram (W), dan vanadium (V). Tujuan dari penggunaan unsur-unsur ini adalah untuk memperoleh material baja yang memiliki karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan pasar. Karakteristik baja yang diinginkan adalah karakteristik baik secara mekanik maupun kimia. Kekuatan kimia yang dimaksud dapat berupa ketahanan korosi pada suatu material, Sedangkan korosi sendiri merupakan peristiwa penurunan kualitas logam yang dapat diakibatkan oleh faktor eksternal seperti pengaruh lingkungan yang bersifat asam, basa, dan bahan kimia lainnya. Korosi dapat menyebabkan kerusakan pada material sehingga penggunaan dari

material ini kurang optimal. Oleh karena itu sebelum baja digunakan, penting untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dan sifat kimia dari baja.

Berdasarkan kandungan karbon yang terdapat dalam baja, baja karbon dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu:

1. Baja karbon rendah (*low carbon steel*), baja yang memiliki kandungan karbon sangat rendah yaitu kurang dari 0,3%. Baja jenis ini memiliki keuletan yang tinggi dan bersifat lunak serta memiliki nilai kekerasan yang rendah. Baja karbon rendah dapat diaplikasikan untuk konstruksi jembatan, komponen mesin, pelat, kawat, mur, baut, pipa, dan sebagainya.
2. Baja karbon sedang (*medium carbon steel*), baja yang memiliki kandungan karbon antara 0,3%-0,6%. Baja karbon sedang memiliki kekuatan dan kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan baja karbon rendah. Penggunaannya hampir sama dengan baja karbon rendah.
3. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*), baja yang memiliki kandungan karbon sekitar 0,6%-1,5%. Nilai kekerasan dan kekuatan yang dimiliki baja jenis ini lebih tinggi dibandingkan dengan jenis baja yang lainnya. Namun, baja karbon tinggi memiliki keuletan yang rendah. Contoh penggunaannya adalah pahat dan kikir [8].

2.2 *Stainless Steel*

Stainless steel merupakan jenis dari baja paduan yang mengandung sedikitnya 10,5% kromium berdasar beratnya. *Stainless steel* memiliki sifat tidak

mudah terkorosi sebagaimana logam baja yang lain. Baja karbon akan mudah terkorosi ketika berada pada udara terbuka. Lingkungan akan bereaksi dengan baja karbon membentuk besi oksida. *Stainless steel* berbeda dari baja karbon biasa berdasarkan kandungan krom yang dimilikinya. Kandungan krom pada *stainless steel* lebih besar jika dibandingkan dengan baja karbon biasa. Kandungan kromium yang memadai akan membentuk lapisan yang dapat menahan terjadinya korosi pada material.

Penambahan kromium pada material sebanyak 13 hingga 26 persen biasanya dilakukan agar mendapatkan material yang memiliki ketahanan terhadap oksidasi. Penambahan kromium ini berguna untuk membentuk lapisan pasif *chromium oxide*. Lapisan pasif chromium(III) oxide (Cr_2O_3) yang terbentuk tidak akan mempengaruhi penampilan dari *stainless steel* dikarenakan lapisan yang terbentuk sangat tipis dan tidak kasat mata. Ketika *stainless steel* mengalami goresan, lapisan ini akan terbentuk kembali sehingga tidak diperlukan perlindungan logam khusus untuk menahan reaksi antara material dengan lingkungan. Peristiwa ini biasa disebut dengan pasivasi, yang dapat dijumpai pula pada logam lain misalnya aluminium dan titanium.

Jenis unsur paduan dapat mempengaruhi karakteristik dari *stainless steel*. Ketika nikel ditambahkan sebagai campuran, maka kegetasan dari *stainless steel* pada temperatur rendah akan berkurang. Nikel pada *stainless steel* merupakan penstabil *austenite* yang dapat diartikan bahwa semakin tinggi kandungan nikel pada spesimen maka *austenite* akan semakin stabil pada temperatur kamar[3]. Apabila diinginkan sifat mekanik yang lebih kuat dan keras, maka dibutuhkan penambahan karbon. *Stainless steel* juga dapat dibedakan berdasarkan struktur

kristalnya menjadi: *austenitic stainless steel*, *ferritic stainless steel*, *martensitic stainless steel*, *precipitation-hardening stainless steel*, dan *duplex stainless steel*[9].

2.2.1 Pengaruh Unsur Paduan

a. *Chromium* (Cr)

Chromium merupakan paduan yang penting dan dapat meningkatkan ketahanan korosi pada *stainless steel*. Semua jenis *stainless steel* mengandung setidaknya 10,5% Cr. Peningkatan ketahanan korosi berbanding lurus dengan peningkatan jumlah kandungan Cr

b. *Nickel* (Ni)

Tujuan penambahan *nickel* adalah untuk meningkatkan struktur *austenitic*. Semakin tinggi unsur nikel yang terkandung di dalam spesimen maka struktur *austenite* akan semakin stabil pada temperatur ruang. Nikel umumnya dapat meningkatkan keuletan dan ketatngguhan serta dapat mengurangi laju korosi.

c. *Molybdenum* (Mo)

Molybdenum dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi seragam dan korosi lokal. Penambahan *molybdenum* sering ditemukan pada *stainless steel* yang digunakan untuk lingkungan ekstrem.

d. *Copper* (Cu)

Copper dapat meningkatkan ketahanan korosi pada asam tertentu dan dapat mendorong pembentukan struktur mikro *austenitic*.

Penambahan *copper* juga dapat digunakan untuk meningkatkan sifat mampu bentuk pada material.

e. *Manganese* (Mn)

Mangan umumnya digunakan pada stainless steel dengan tujuan untuk meningkatkan keuletan.

f. *Silicon* (Si)

Silicon dapat menyebabkan material memiliki ketahanan terhadap oksidasi, baik pada temperatur tinggi maupun temperatur rendah.

g. *Carbon* (C)

Carbon merupakan pembentuk *austenite* dan juga dapat meningkatkan kekuatan mekanis secara signifikan. Namun, carbon juga dapat mengurangi ketahanan terhadap korosi yang disebabkan oleh pembentukan karbida

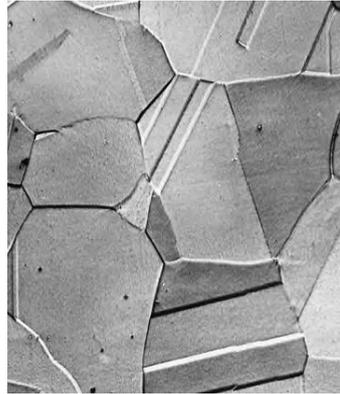
h. *Nitrogen* (Ni)

Nitrogen merupakan salah satu pembentuk *austenite* dan juga dapat meningkatkan kekuatan mekanik pada material secara signifikan. Nitrogen juga dapat meningkatkan ketahanan korosi lokal jika dikombinasikan dengan molybdenum.

2.3 *Austenitic Stainless Steel*

Dalam dunia industri dan non-industri, *austenitic stainless steel* merupakan material yang sering digunakan. *Austenitic stainless steel* banyak digunakan karena memiliki beberapa kelebihan yang tidak terdapat pada logam jenis lain seperti memiliki ketahanan korosi yang sangat baik, sifat mampu bentuk

yang baik, dan kemampuan las yang cukup baik. *Austenitic stainless steel* memiliki struktur mikro *austenite* pada temperatur kamar. Struktur mikro *austenite* yang stabil ini dapat terbentuk akibat penambahan unsur nikel yang menjadi penstabil *austenite* pada temperatur kamar.



Gambar 2. 1 Fasa *Austenite*[10]

SS316L merupakan salah satu jenis dari *Austenitic stainless steel* dengan komposisi kimia (16,2% Cr; 10,3% Ni; 2,06 % Mo; 0,033 %P; 0,021% C; 1,48% Mn; 0,43% Si; 0,43% Cu; Fe *Balance*)[11]. *Stainless steel* tipe 316L memiliki keunggulan pada ketahanan korosi yang baik, sifat fisik, sifat mekanik, dan permukaan yang mudah dibersihkan sehingga banyak digunakan. *Stainless steel* 316L telah banyak dikembangkan untuk memperoleh struktur *austenite* yang stabil sehingga memiliki banyak keuntungan, yaitu: baja *austenitic stainless steel* memiliki struktur FCC yang memiliki kepadatan atom kristalografi yang lebih tinggi sehingga lebih unggul dari *ferritic stainless steel* dalam ketahanan terhadap korosi, rasio kekuatan luluh dan kekuatan tarik yang sangat rendah dan mampu bentuk yang tinggi. *Stainless steel* 316L sudah banyak digunakan pada dunia rekayasa material seperti pada industri petrokimia, pembangkit listrik tenaga

nuklir, dan biomedik karena memiliki ketahanan korosi yang tinggi sehingga umum digunakan untuk material implant [2]. *Stainless Steel 316L* merupakan material yang dilindungi oleh lapisan oksida tipis yang tak kasat mata sehingga dapat mencegah terjadinya reaksi logam tersebut dengan lingkungannya. Lapisan yang biasa disebut lapisan *passive* tersebut memiliki ikatan kimia dalam bentuk kromium oksida Cr_2O_3 . Lapisan ini dapat bertindak sebagai penghalang antara permukaan logam dengan lingkungan walaupun hanya memiliki ketebalan beberapa nanometer saja [12].

2.4 Case Hardening

Case hardening adalah sebuah proses pengerasan logam paduan yang menyebabkan terjadinya pengerasan pada lapisan permukaan sehingga menjadi lebih keras dibandingkan dengan bagian dalam. Proses pengerasan ini terjadi karena lapisan permukaan dari suatu logam paduan diubah dengan penambahan karbon, nitrogen, atau keduanya. *Case hardening* yang paling sering digunakan adalah *carburizing*, *cyaniding*, *carbonitriding*, dan *nitriding* [13].

Carburizing adalah proses menambahkan karbon ke dalam permukaan logam paduan dengan memanaskan material yang bersentuhan dengan yang mengandung karbon hingga temperature tertentu dan dilakukan penahanan pada temperature tersebut. Proses *carburizing* dipengaruhi oleh temperatur, waktu tahan, dan komposisi *carburizing agent*. Tujuan utama dari proses *carburizing* adalah untuk meningkatkan kekerasan permukaan logam dengan inti yang relatif memiliki nilai kekerasan yang lebih rendah. Logam yang biasanya digunakan dalam proses *carburizing* adalah baja dengan kandungan karbon rendah (*max*

0,25%C) dengan atau tanpa unsur paduan di dalamnya. Setelah proses *carburizing* biasanya diikuti oleh proses pendinginan untuk memperkuat lapisan permukaan. Pendinginan yang biasa digunakan yaitu pendinginan secara langsung dari temperatur karburasi, cara ini dapat mengeraskan permukaan dan inti dari material[13].

2.5 *Pack Carburizing*

Pack carburizing merupakan salah satu proses *surface hardening* dimana permukaan baja karbon rendah akan dimasukkan ke dalam campuran karbon aktif dan katalis seperti BaCO_3 , CaCO_3 , dan NaCO_3 sebanyak 10%-40%[14]. Penggunaan katalis ini dapat mempercepat proses karburasi. *Pack carburizing* masih banyak digunakan karena prosesnya terbilang mudah[15]. *Pack carburizing* merupakan proses difusi karbon ke dalam permukaan baja karbon rendah yang terjadi pada temperatur *austenitic*, umumnya antara 850°C sampai 950°C. Peningkatan kandungan karbon pada permukaan baja berbanding lurus dengan nilai kekerasan pada permukaan material tersebut[16].

Bahan baku yang dapat digunakan menjadi karbon aktif adalah semua bahan yang memiliki kandungan karbon didalamnya, baik berasal dari tumbuhan, binatang, maupun barang tambang. Bahan-bahan tersebut adalah berbagai jenis kayu, sekam padi, tulang binatang, batu-bara, tempurung kelapa, kulit biji kopi. Tempurung kelapa merupakan bahan yang memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi sehingga dapat dibuat menjadi karbon aktif[17]. Pemanfaatan tempurung kelapa sebagai sumber karbon dalam proses *pack carburizing* selain memberikan biaya produksi yang rendah juga dapat menyelesaikan permasalahan

sampah tempurung kelapa yang terbuang sia-sia. Indonesia memiliki ketersediaan tempurung kelapa yang melimpah karena merupakan salah satu negara tropis sehingga mampu menjamin ketersediaan bahan dasar arang tempurung kelapa sebagai sumber bahan karbon aktif[5].

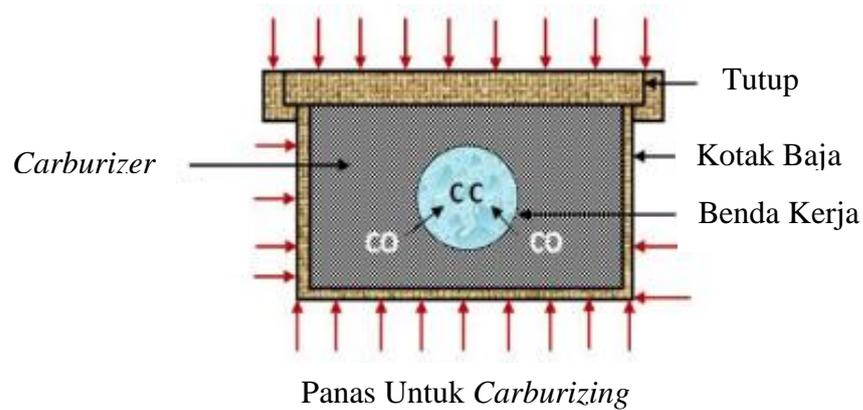
Pada proses *pack carburizing*, material dan media karburasi yang telah berbentuk serbuk akan dimasukkan ke dalam sebuah kotak dan kemudian dilakukan proses pemanasan hingga temperatur tertentu sehingga karbon yang terdapat dalam media karburasi akan terdifusi ke dalam permukaan spesimen. Akibatnya, media karburasi akan teroksidasi menghasilkan gas CO₂ dan CO. Gas CO akan bereaksi dengan permukaan baja sehingga atom karbon akan berdifusi ke dalam material sesuai dengan persamaan berikut



Gas CO₂ hasil dari proses oksidasi ini sebagian akan bereaksi kembali dengan karbon dari media karburasi membentuk CO dan sebagian lagi akan menguap. Setelah proses *pack carburizing*, unsur karbon dalam media karburasi akan berkurang sehingga media karburasi yang sudah dipakai tidak efektif jika akan digunakan sebagai media karburasi kembali[4].

Baja dengan kandungan karbon yang rendah memiliki sifat keuletan yang tinggi namun berbanding terbalik dengan nilai kekerasannya sehingga tidak tahan aus. Kekerasan baja karbon rendah ini dapat ditingkatkan dengan cara memberi lapisan pada permukaannya. Salah satu cara yang dapat digunakan ialah teknik *pack carburizing*. Teknik ini merupakan proses pemanasan spesimen pada

temperatur austenitnya di dalam sebuah wadah yang mengandung serbuk karbon dan ditahan dalam waktu beberapa saat. Proses ini biasanya diikuti oleh pendinginan untuk meningkatkan nilai kekerasannya.



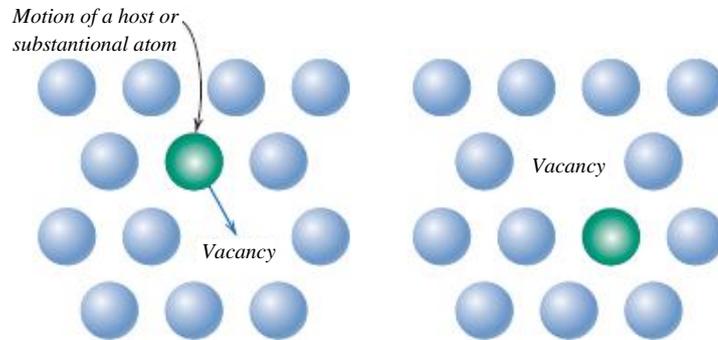
Gambar 2. 2 Proses Pack Carburizing[18]

Dari gambar 2.2 dapat dilihat skema dari proses *pack carburizing*. Proses *pack carburizing* dilakukan dengan memanaskan spesimen yang dikelilingi oleh *carburizer* di dalam wadah tertutup yang biasanya terbuat dari kotak baja. Perlakuan ini akan menyebabkan atom karbon yang berada pada *carburizer* akan terdifusi ke dalam permukaan spesimen sehingga terjadi penambahan unsur karbon pada permukaan spesimen.

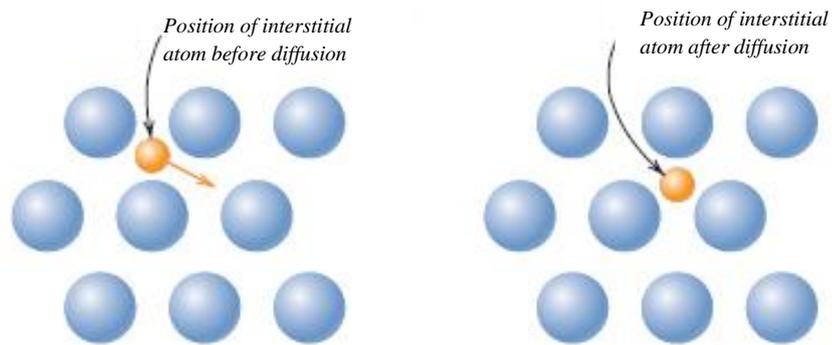
2.6 Difusi

Proses difusi terjadi pada saat proses *pack carburizing* dilakukan. Dimana, karbon yang berasal dari media karburasi terdifusi ke dalam permukaan spesimen sehingga spesimen mengalami penambahan unsur karbon pada bagian permukaannya. Penambahan unsur karbon ini dapat meningkatkan nilai kekerasan

pada spesimen. Difusi merupakan proses perpindahan atom dari konsentrasi yang tinggi menuju konsentrasi yang lebih rendah[10].



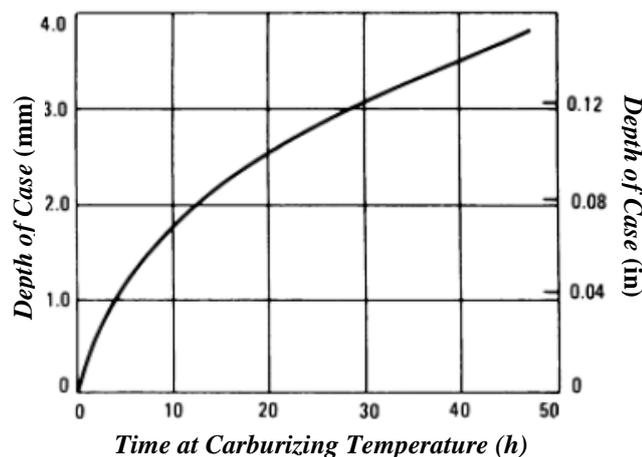
Gambar 2. 3 Proses Difusi Atom (*vacancy diffusion*)



Gambar 2. 4 Proses Difusi Atom (*interstitial diffusion*)

Proses difusi atom terbagi menjadi dua cara seperti gambar diatas. Cara pertama yaitu *vacancy diffusion* dimana terjadi difusi atom dengan ukuran besar ke dalam logam induk dengan cara mengisi ruang kosong yang ada. Cara selanjutnya adalah *interstitial diffusion* yang merupakan difusi atom dengan ukuran lebih kecil daripada atom logam induk dimana atom yang lebih kecil akan mengisi kekosongan diantara atom-atom logam induk. Saat proses *pack carburizing*, jumlah karbon yang dapat didifusikan ke permukaan baja karbon

rendah sangat bergantung pada potensial karbon, temperatur dan waktu *carburizing*, serta komposisi kimia dari material [19]. Karbon yang dihasilkan oleh media karburasi sangat berpengaruh terhadap pembentukan karbon monoksida yang nantinya akan bereaksi dengan spesimen sehingga terjadi proses difusi atom karbon ke dalam permukaan spesimen. Terjadi peningkatan kedalaman difusi dari proses *pack carburizing* seiring dengan peningkatan waktu tahan pada saat proses *pack carburizing* dilakukan. Hal ini dapat diartikan bahwa waktu memiliki peranan yang sangat penting dalam proses *pack carburizing* seperti yang dijelaskan dalam gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Pengaruh Waktu Karburasi Terhadap *Case Depth* Pada Temperatur 925°C[19]

Proses difusi merupakan proses perpindahan atom menuju konsentrasi yang lebih rendah dari konsentrasi yang lebih tinggi. Jumlah karbon yang dapat terdifusi ke dalam permukaan spesimen sangat bergantung pada kadar karbon yang terdapat pada media karburasi, sesuai hukum Fick. Hukum Fick I menyatakan bahwa Pergerakan partikel dari konsentrasi tinggi menuju konsentrasi rendah berbanding lurus dengan gradien konsentrasi partikel.

$$J = -D \left(\frac{dC}{dx} \right) \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana, J = Fluks atom (jumlah atom)
 D = Koefisien difusi
 $\frac{dC}{dx}$ = Gradien konsentrasi

2.7 Arang Tempurung Kelapa

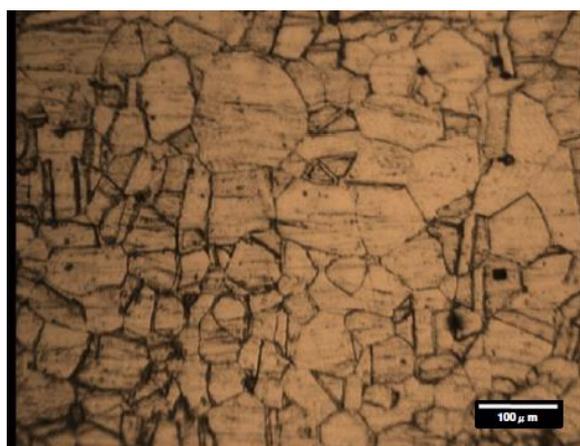


Gambar 2. 6 Arang Tempurung Kelapa [5].

Kelapa atau *cocos nucifera* adalah tanaman yang mempunyai batang yang lurus tinggi dengan buah yang besar. Indonesia termasuk negara penghasil kelapa terbesar di dunia yang merata tumbuh di seluruh wilayah Indonesia. Buah kelapa merupakan hasil utama dari tanaman kelapa, pada bagian buah ini terdapat daging kelapa, sabut, dan tempurung kelapa. Tempurung kelapa merupakan bagian yang berfungsi sebagai pelindung inti buah. Tempurung kelapa terletak pada bagian dalam kelapa setelah sabut, dan merupakan lapisan yang keras dengan ketebalan 3-5mm[20]. Jika dihitung berdasarkan berat keringnya,

tempurung kelapa memiliki kandungan air sekitar 9-10%. Secara kimiawi tempurung kelapa memiliki komposisi kimia yang hampir serupa dengan kayu yaitu tersusun dari lignin ($C_9H_{10}O_3$), cellulose ($C_6H_{10}O_5$), dan hemicellulose ($C_5H_8O_4$). Tempurung kelapa seringkali di gunakan sebagai bahan bakar sehari hari. Sudah banyak metode yang dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomi tempurung kelapa seperti souvenir, tas dan sebagainya. Pengembangan inovasi pemanfaatan tempurung kelapa yang lainnya adalah dengan memanfaatkan tempurung kelapa menjadi karbon aktif[21]. Perubahan tempurung kelapa menjadi arang dapat menghasilkan kandungan karbon yang tinggi dengan sedikit kenaikan kandungan abu, menghilangkan kandungan *moisture* dan pengurangan kandungan *volatile*. Arang dengan bahan dasar berupa tempurung kelapa memiliki kandungan karbon sekitar 76,32% yang mana lebih besar jika dibandingkan dengan kandungan karbon dari arang bahan alami lainnya[5].

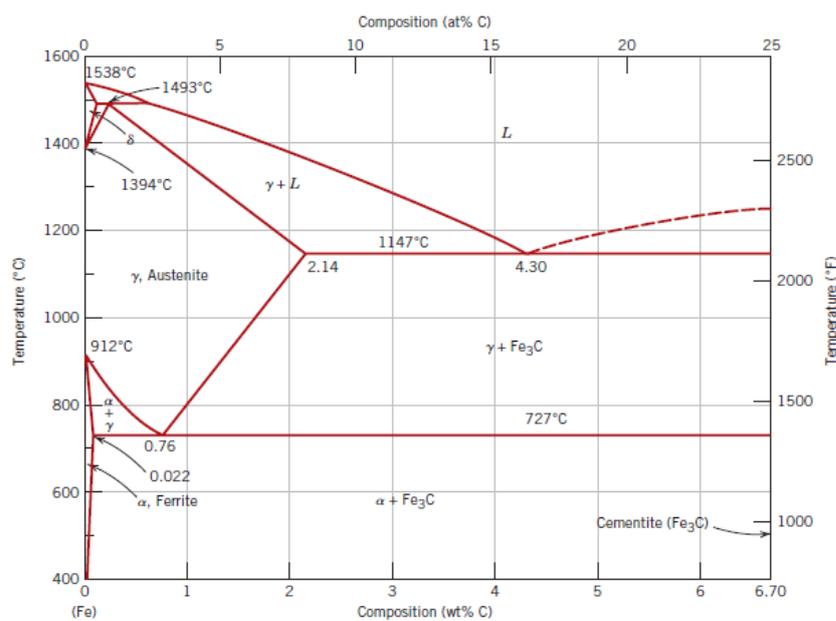
2.8 Struktur Mikro



Gambar 2. 7 Struktur Mikro AISI 316L Tanpa Perlakuan[12]

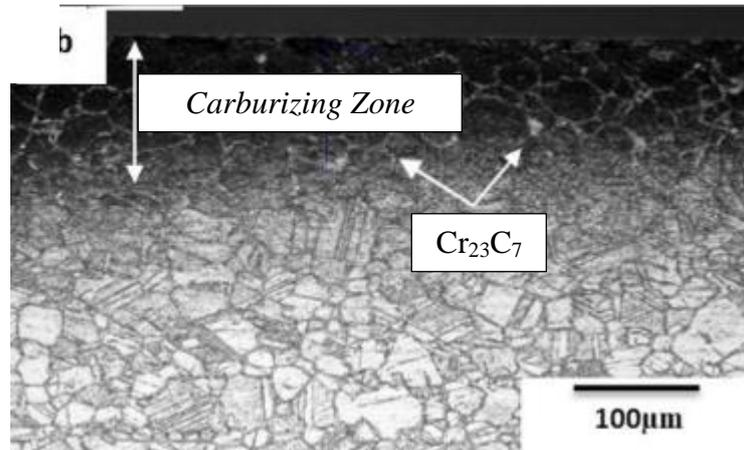
Pada gambar 2.7 dapat dilihat struktur mikro dari spesimen AISI 316L tanpa dikenai perlakuan apapun. Struktur mikro merupakan butiran-butiran atau kristal logam dengan ukuran yang sangat kecil. Diperlukan bantuan alat khusus untuk melihat struktur mikro dari suatu material dikarenakan struktur mikro tidak dapat dilihat dengan mata secara langsung. Mikroskop elektron merupakan salah satu alat yang biasa digunakan untuk melihat struktur mikro suatu material untuk pemeriksaan butiran-butiran logam tersebut. Struktur material berkaitan dengan komposisi serta sifat mekaniknya. Analisa struktur mikro dapat digunakan sebagai parameter untuk menentukan struktur yang berada dalam spesifikasi tertentu. Struktur mikro yang terdapat pada material dapat digunakan untuk menganalisa sifat fisis dan sifat mekanik dari material tersebut. Struktur mikro yang dapat terlihat dalam logam ditunjukkan dengan besar, bentuk dan orientasi butirnya, jumlah fasa, proporsi dan kelakuan dimana mereka tersusun atau terdistribusi. Elemen paduan, konsentrasi dan perlakuan panas yang diberikan merupakan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi struktur mikro[22]. Terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan dalam proses pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik yaitu mempersiapkan sampel uji dengan cara memotong spesimen, pemegangan (*mounting*), ampelas (*grinding*), pemolesan (*polishing*), etsa (*etching*) dan setelah itu baru dilakukan proses pengamatan menggunakan mikroskop untuk mendapatkan bagaimana struktur mikro yang terbentuk dalam suatu logam. Proses *mounting* dilakukan agar spesimen dengan ukuran kecil dapat dengan mudah dipegang saat proses *grinding* dan *polishing*. Tahapan ampelas (*grinding*) dan pemolesan (*polishing*) merupakan tahapan yang sangat penting pada proses uji metalografi maka permukaan sampel uji harus

benar-benar halus dan mengkilat seperti kaca. Proses ini juga menghilangkan ketidakteraturan sampel setelah itu dapat dilakukan etsa (*etching*) dan pengamatan dengan mikroskop optik. Proses ampelas (*grinding*) merupakan proses pengampelasan pada permukaan spesimen uji yang memiliki permukaan yang tidak rata. Proses selanjutnya yaitu pemolesan (*polishing*) yang merupakan proses terakhir dari preparasi spesimen. Proses ini dilakukan hingga permukaan benda menjadi halus. Tahapan *grinding* dan *polishing* dilakukan menggunakan mesin poles metalografi yang mempunyai piringan berputar dan menggunakan kertas abrasif. Dalam metalografi dan metalurgi, *polishing* digunakan untuk membuat plat rata, membuat permukaan benda kerja bebas dari cacat sehingga memudahkan dalam pemeriksaan struktur mikro logam dengan mikroskop. Proses *polishing* juga sering diaplikasikan pada benda kerja agar terlihat mengkilap, halus, mencegah kontaminasi peralatan medis, menghilangkan oksidasi atau mencegah korosi pada pipa.



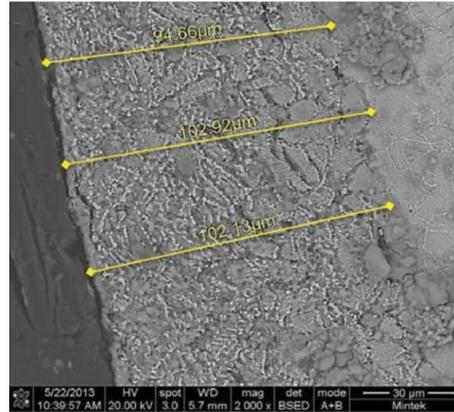
Gambar 2. 8 Diagram Fe-Fe₃C[10]

Dari gambar 2.8 dapat diketahui hubungan antara temperatur dimana terjadi perubahan fasa selama proses pendinginan dan pemanasan yang lambat dengan kadar karbon tertentu. Diagram tersebut merupakan dasar pemahaman untuk semua operasi-operasi perlakuan panas.



Gambar 2. 9 Struktur Mikro *Austenitic Stainless Steel* Setelah Karburasi[23]

Pada gambar 2.9 dapat dilihat struktur mikro dari spesimen *austenitic stainless steel* setelah proses karburasi. Proses *pack carburizing* yang dilakukan pada temperatur cukup tinggi mengakibatkan media karburasi akan teroksidasi menghasilkan gas CO₂ dan gas CO. Gas CO akan bereaksi dengan permukaan baja yang menyebabkan atom karbon akan terdifusi kedalam permukaan spesimen sehingga akan bereaksi dengan kromium yang terdapat didalam spesimen. Presipitasi karbida terbentuk pada batas butir. Pembentukan karbida ini merupakan akibat dari penipisan unsur kromium[23].



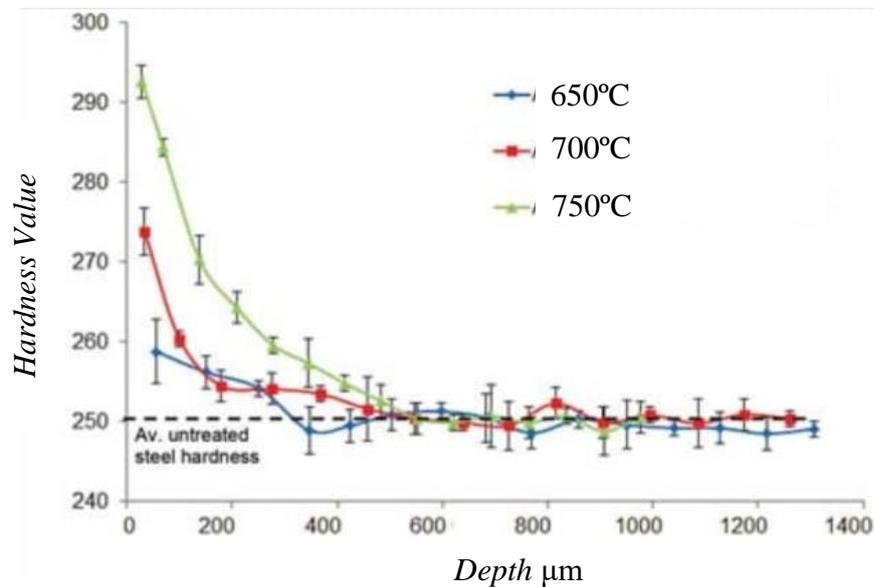
Gambar 2. 10 SEM *Stainless Steel* 316L Setelah Proses Karburasi [24]

Pada gambar 2.10 terlihat difusi yang terjadi setelah proses karburasi. Pada proses *pack carburizing*, karbon yang berada pada media karburasi akan terdifusi ke dalam permukaan spesimen. Terdifusinya karbon ini akan menyebabkan unsur karbon pada bagian permukaan spesimen meningkat. Penambahan unsur ini akan menyebabkan perubahan struktur mikro pada permukaan spesimen.

2.9 Kekerasan

Kekerasan adalah salah satu sifat mekanik dari material yang dapat diartikan sebagai kemampuan sebuah material atau benda kerja untuk menahan penetrasi dari material lain. Kekerasan merupakan suatu sifat dari material yang dapat dipengaruhi oleh unsur-unsur paduan serta perlakuan yang diberikan kepada material tersebut seperti *cold working* dan *heat treatment*[8]. Untuk komponen yang saling bergesekan dibutuhkan material yang memiliki kekerasan yang sesuai. Kekerasan suatu material dapat ditingkatkan dengan melalui proses *heat treatment*. namun terdapat beberapa jenis material yang tidak bisa dikeraskan langsung melalui proses *heat treatment*. Hanya baja yang memiliki kandungan

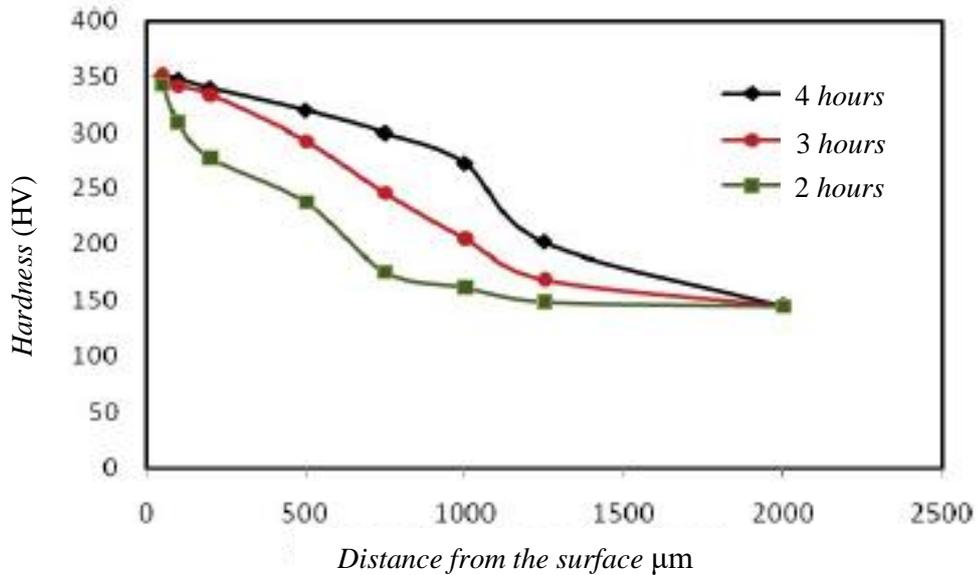
karbon diatas 0,35% saja yang dapat dilakukan pengerasan secara langsung. Sementara untuk baja dengan kandungan karbon lebih rendah perlu dilakukan proses penambahan unsur lain agar kekerasannya dapat meningkat.



Gambar 2. 11 Pengaruh Temperatur Terhadap Kekerasan [24]

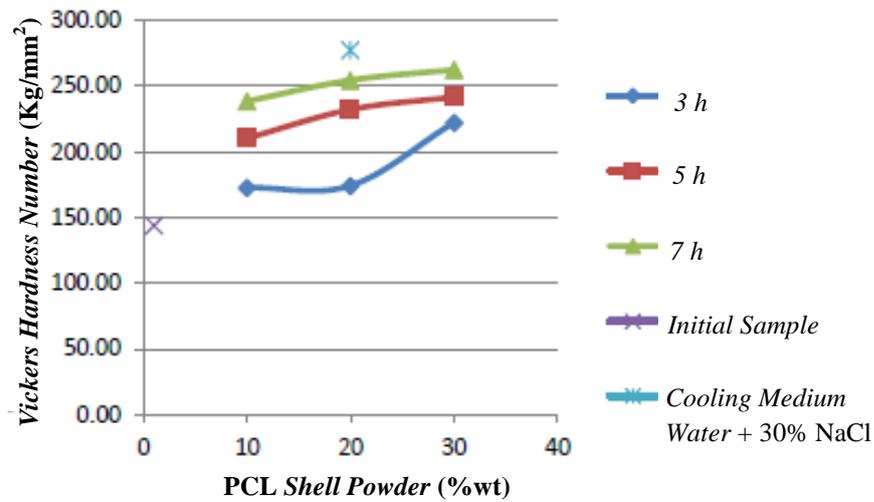
Pada gambar 2.11 dapat dilihat bahwa temperatur pada saat proses *pack carburizing* merupakan salah satu variabel yang dapat mempengaruhi kekerasan suatu material. Dapat dilihat pada gambar diatas bahwa kenaikan temperatur akan meningkatkan kekerasan suatu spesimen. Hal ini dapat terjadi karena pada proses pemanasan akan menghasilkan energi yang mana energi tersebut akan mengakibatkan atom dapat bergerak lebih cepat sehingga jarak antar atom semakin lebar. Selain dipengaruhi oleh temperatur, kekerasan juga dipengaruhi oleh *holding time* dan komposisi media karburasi yang digunakan pada saat proses *pack carburizing* dilakukan. Nilai kekerasan spesimen hasil *pack carburizing* cenderung menurun saat mendekati inti baja. Pada bagian inti

spesimen memiliki nilai kekerasan lebih rendah dibandingkan dengan permukaan spesimen hal ini dikarenakan tidak adanya tambahan atom karbon pada bagian tersebut[14]. Ini merupakan ciri yang umum pada spesimen hasil *pack carburizing*[25].



Gambar 2. 12 Profil Kekerasan Bahan Karburasi[25]

Pada gambar 2.12 dapat dilihat bahwa nilai kekerasan pada suatu material yang telah dikarburasi dipengaruhi oleh waktu proses *pack carburizing*. *Holding time* dapat mempengaruhi nilai kekerasan yang terdapat pada spesimen hasil *pack carburizing*. Hal ini dikarenakan semakin lama *holding time* maka proses difusi yang terjadi saat *pack carburizing* akan lebih lama sehingga atom karbon memiliki waktu yang lebih lama untuk terdifusi kedalam permukaan spesimen yang mana atom karbon tersebut akan meningkatkan kekerasan pada spesimen.



Gambar 2. 13 Pengaruh Komposisi Media Karburasi[14]

Pada gambar 2.13 dapat dilihat bahwa komposisi media karburasi berperan penting dalam proses *pack carburizing*[14]. Media karburasi yang digunakan akan mengalami oksidasi sehingga terbentuk gas CO_2 dan CO . Gas CO yang dihasilkan akan bereaksi dengan permukaan baja membentuk atom karbon yang kemudian berdifusi ke dalam permukaan spesimen.