

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Baja**

Baja pada dasarnya ialah besi (Fe) dengan tambahan unsur karbon (C) sampai dengan 1.67% (maksimal). Bila kadar unsur karbon (C) lebih dari 1.67%, maka material tersebut biasanya disebut sebagai besi cor (Cast Iron).

Makin tinggi kadar karbon dalam baja, maka akan mengakibatkan hal- hal sbb:

- a. Kuat leleh dan kuat tarik baja akan naik,
- b. Keliatan / elongasi baja berkurang,
- c. Semakin sukar dilas.

Oleh karena itu adalah penting agar kita dapat menekan kandungan karbon pada kadar serendah mungkin untuk dapat mengantisipasi berkurangnya keliatan dan sifat sulit dilas diatas, tetapi sifat kuat leleh dan kuat tariknya tetap tinggi.

Penambahan unsur-unsur ini dikombinasikan dengan proses heat treatment akan menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi, tetapi keuletan dan keliatan serta kemampuan khusus lainnya tetap baik. Unsur-unsur tersebut antara lain: Mangan (Mn), Chromium (Cr), Molybdenum (Mo), Nikel (Ni) dan Tembaga (Cu).

Tetapi proporsional pertambahan kekuatannya tidak sebesar karbon. Pertambahan kekuatannya semata-mata karena unsur tersebut memperbaiki struktur mikro baja. Untuk memahami pengaruh komposisi kimia dan heat treatment terhadap sifat akhir baja, maka kita perlu menganalisis faktor-faktor sebagai berikut:

#### 2.1.1. Struktur mikro

Unsur Fe dan C menyusun diri dalam suatu struktur berulang dalam pola tiga dimensi yang dinamakan dengan kristal. Kristal-kristal yang berorientasi (arah pengulangan/susunan) sama disebut sebagai butir. Susunan kumpulan butir satu dengan yang lain pada suatu fasa tertentu dinamakan struktur mikro, contoh struktur mikro antara lain: ferit, perlit dan sementit.

#### 2.1.2. Ukuran butir

Penghalusan butir baja akan menghasilkan peningkatan kuat leleh (yield strength) perbaikan sifat keuletan (toughness) dan keliatan (ductility). Penghalusan butiran dapat dilakukan dengan penambahan unsur Niobium, Vanadium dan Aluminium dengan jumlah maksimal 0.05% atau dengan heat treatment.

#### 2.1.3. Kandungan unsur-unsur non logam

Unsur-unsur non-logam yang umumnya dibatasi jumlahnya didalam produk baja adalah Sulfur (S) dan Fosfor (P). Kedua unsur tersebut dapat menurunkan keliatan (ductility) baja dan meningkatkan kemungkinan retak pada sambungan las. Pada baja khusus mampu las, kandungan kedua unsur diatas dibatasi kurang dari 0.05%.

#### 2.1.4. Endapan di permukaan antar butiran

Unsur-unsur lain yang juga dapat menurunkan keuletan baja antara lain: Timah (Sn),

Antimon (Sb) dan Arsen (As) hingga baja menjadi getas. Sifat getas ini ditimbulkan oleh pengendapan atau berkumpulnya unsur-unsur di atas pada bidang batas antar butir baja dalam suhu 500 °C–600 °C .

#### 2.1.5. Kandungan unsur-unsur non logam

Baja yang mengandung gas terlarut dalam kadar yang tinggi terutama Oksigen (O) dan Nitrogen (N) dapat menimbulkan sifat getas. Untuk mengurangi kadar gas tersebut biasa digunakan unsur yang dapat mengikat kedua unsur gas di atas agar menjadi senyawa yang cukup ringan sehingga senyawa tersebut akan mengapung ke permukaan baja yang masih panas dan cair. Unsur-unsur pengikat gas N dan O biasanya digunakan unsur Silicon (Si) atau aluminium (Al) yang fungsinya disebut sebagai Deoxidant.

#### 2.1.6. Sifat tahan panas dan tahan korosi

Sifat-sifat khusus baja dapat dicapai dengan penambahan unsur-unsur utama yaitu Chrom (Cr), Nikel (Ni) dan molybdenum (Mo). Baja tahan karat umumnya mengandung unsur Chrom lebih dari 12%, dimana pada kondisi seperti itu baja akan bersifat pasif terhadap proses oksidasi. Baja tahan karat dapat dibedakan sesuai struktur mikronya yaitu: baja tahan karat martensit, baja tahan karat ferit dan baja tahan karat austenit. Baja tahan karat martensit mengandung chrom 13%. Kuat leleh dan tariknya diperoleh dari proses pendinginan pada kondisi udara luar, sesuai untuk lingkungan korosif ringan, serta biasanya digunakan untuk saluran dan rumah-rumah turbin. Baja tahan karat ferit mengandung chrom 16%, sesuai untuk lingkungan korosif terutama terhadap bahan kimia asam nitrat, serta biasanya digunakan untuk

komponen–komponen dalam industri kimia. Baja karat austenit mengandung chrom-nikel 18%, dimana sifat tahan karatnya didapat melalui pemanasan pada suhu 1000–1100<sup>0</sup> lalu didinginkan dengan direndam kedalam air, sesuai untuk lingkungan yang mengandung garam, serta biasanya digunakan untuk baling–baling kapal. Baja tahan panas biasanya dinamakan untuk baja yang tahan pada suhu 650<sup>0</sup>, dimana sifat itu didapat pada kondisi kadar chrom dan nikel yang cukup tinggi. Berbeda dengan baja tahan karat adalah umunya kandungan karbonnya lebih tinggi. Umumnya digunakan pada ketel uap, boiler, tungku dan lain–lain.

## **2.2 Baja Karbon**

Baja dengan kadar Mangan kurang dari 0,8 % Silicon kurang dari 0.5 % dan unsur lain sangat sedikit, dapat dianggap sebagai baja karbon. Mangan dan Silicon sengaja di tambahkan dalam proses pembuatan baja sebagai *deoxidizer* untuk mengurangi pengaruh buruk dari beberapa unsur pengotoran. Baja karbon diproduksi dalam bentuk balok, profil, lembaran dan kawat. Baja karbon dapat di golongan menjadi tiga bagian berdasarkan jumlah kandungan karbon yang terdapat di dalam baja tersebut, penggolongan yang dimaksud adalah sebagai berikut :

### **2.2.1 Baja karbon rendah**

Baja karbon rendah adalah baja yang mengandung 0,022–0,3 %C yang dibagi menjadi empat bagian menurut kandungannya yaitu :

- a. Tidak responsif terhadap perlakuan panas yang bertujuan membentuk martensit
- b. Metode penguatannya dengan cold working

- c. Relatif lunak, ulet dan tangguh
- d. Mampu lasnya baik
- e. Harga murah.

### 2.2.2 Baja karbon menengah

(Amanto,1999) Baja karbon ini memiliki sifat-sifat mekanik yang lebih baik dari pada baja karbon rendah. Baja karbon menengah mengandung 0,3–0,6 %C dan memiliki cirri-ciri sebagai berikut :

- a. Lebih kuat dan keras dari pada baja karbon rendah.
- b. Tidak mudah di bentuk dengan mesin.
- c. Lebih sulit di lakukan untuk pengelasan.
- d. Dapat dikeraskan (*quenching*) dengan baik.

### 2.2.3. Baja karbon tinggi.

(Amanto,1999) Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon antara 0,6–1,7 %C karbon dan memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- a. Kuat sekali.
- b. Sangat keras dan getas/rapuh.
- c. Sulit dibentuk mesin.
- d. Mengandung unsur sulfur ( S ) dan posfor ( P ).
- e. Mengakibatkan kurangnya sifat liat.
- f. Dapat dilakukan proses *heat treatment* dengan baik.

Baja paduan dihasilkan dengan biaya yang lebih mahal dari pada baja karbon karena bertambahnya biaya untuk penambahannya yang khusus yang di lakukan dalam industri atau pabrik. Baja paduan didefinisikan sebagai suatu baja yang dicampur dengan satu atau lebih unsur campuran. Seperti nikel, kromium, molibden, vanadium, mangan atau wolfram yang berguna untuk memperoleh sifat-sifat yang di kehendaki ( kuat, keras, liat), tetapi unsur karbon tidak di anggap sebagai salah satu unsur campuran.

Suatu kombinasi antara dua atau lebih unsur campuran, misalnya baja yang di campur dengan unsur kromium dan molibden, akan menghasilkan baja yang mempunyai sifat keras yang baik dan sifat kenyal (sifat logam ini membuat baja dapat di bentuk dengan cara dipalu, ditempa, digiling dan ditarik tanpa mengalami patah atau retak-retak). Jika di campurkan dengan krom dan molibden akan menghasilkan baja dengan sifat keras yang baik dan sifat kenyal yang memuaskan serta tahan terhadap panas.

Tabel 2.1 Klasifikasi baja karbon berdasar kandungan karbon

	<b>Jenis baja karbon</b>	<b>Prosentase unsur karbon (% C)</b>
1	Baja karbon rendah	< 0,25 %
2	Baja karbon medium	0,25 % - 0,55 %
3	Baja karbon tinggi	> 0,55 %

Sedangkan unsur pembentuk lainnya seperti Mn tidak lebih dari 0,8%, Si tidak lebih dari 0,5%, demikian pula unsur Cu tidak lebih dari 0,6%. Di samping jenis baja

karbon berdasarkan kandungan karbonnya, juga dikelompokkan berdasarkan komposisi prosentasi unsur pemandu karbonnya. Baja hypoeutektoid kurang dari 0,8% C, baja eutektoid 0,8% C, sedangkan baja hypereutektoid lebih besar dari 0,8%

### **2.3 Pelapisan Dengan Metode Pencelupan (*Hot Dipping*)**

Pelapisan *hot dipping* adalah pelapisan logam dengan cara mencelupkan pada sebuah material yang terlebih dahulu dilebur dari bentuk padat menjadi cair pada sebuah pot atau tangki, menggunakan energi dari gas pembakaran atau menggunakan energi listrik. Titik lebur yang digunakan pada pelapisan material ini adalah biasanya beberapa ratus derajat Celcius (tidak melebihi 1000 °C). Yang harus dilakukan untuk mengerjakan proses *hot dipping* adalah persiapan permukaan, komposisi kimia yang berhubungan dengan larutan kimia yang berhubungan dengan material logam (kemurnian dan komposisi campuran) dan temperatur.

Chamberlain (1991) Dalam metode *hot dipping* ini, struktur material yang akan dilapisi dicelupkan ke dalam bak berisi lelehan logam pelapis. Antara logam pelapis dan logam yang dilindungi terbentuk ikatan metalurgi yang baik karena terjadinya perpaduan proses antarmuka (*interface alloying*). Bila dibandingkan dengan proses lain, proses *hot dipping* memerlukan perhatian yang lebih teliti pada proses pelapisannya. Pengaturan tebal lapisan dalam proses ini sulit, lapisan cenderung tidak merata, yaitu tebal pada permukaan sebelah bawah tetapi tipis pada permukaan sebelah atas. Meskipun demikian, seluruh permukaan yang terkena lelehan logam itu akan terlapisi. Proses *hot dipping* terbatas untuk logam-logam yang memiliki titik lebur rendah, misalnya; timah, seng dan aluminium.

Gambreel (2009), sebelum proses *hot dipping* benda harus dibersihkan atau disemprot, disikat dengan larutan berupa HCl dengan konsentrasi tertentu untuk membersihkan agar bebas dari minyak dan kotoran lainnya dan diakhiri dengan mencelupkan benda kerja ke dalam *fluxes* atau menyemprotkan *fluxes* ke benda yang akan dilapisi. *Fluxes* adalah cairan yang digunakan untuk lebih merekatkan pelapisan logam. *Fluxes* yang biasa digunakan terdiri dari campuran *zinc amonium chloride*.

Bahan logam yang bisa digunakan untuk melapisi pada proses *hot dipping* adalah timah, seng, aluminum, timah hitam dan campuran lain.

#### **2.4 Prinsip Dasar *Hot Dipping***

Sebelum dilapisi dalam proses *hot dipping* permukaan benda kerja harus bersih dari kotoran seperti lemak, oksida dan kotoran lain. Lapisan yang terbentuk relatif tipis.

Dalam pelaksanaan proses ini haruslah dipenuhi persyaratan antara lain:

2.4.1 Permukaan benda kerja yang dilapisi harus bersih dan bebas dari kotoran.

Oleh karena itu harus dibersihkan terlebih dahulu dengan larutan pembersih yang digunakan untuk *hot dipping*.

2.4.2 Logam yang akan dilapisi harus mempunyai titik lebur yang lebih tinggi dan untuk logam pelapis (timah, seng atau aluminum) mempunyai titik lebur yang lebih rendah

2.4.3 Jumlah deposit logam yang akan melapisi permukaan benda hendaknya proposional.

## **2.5 Perencanaan *Hot Dipping***

Penentuan ketebalan suatu lapisan *hot dipping* tergantung pada lingkungan operasi yang diinginkan. Beberapa aplikasi tertentu telah ditentukan spesifikasi yang diijinkan. Dalam pelapisan dengan *hot dipping* ketebalan yang benar - benar merata sulit dicapai. Ketebalan yang diperoleh dalam satuan waktu tertentu sangat ditentukan oleh kemampuan logam yang akan dilapisi untuk mengikat logam cair yang akan melapisi. Hal ini disebabkan oleh rancangan benda dengan berbagai bentuk dan juga pengaruh logam pelapis dan logam yang dilindungi untuk membentuk ikatan metalurgi yang baik karena terjadinya perpaduan proses antarmuka (*interface alloying*).

## **2.6 Tahap Persiapan Pelapisan**

Sebelum melakukan pelapisan terlebih dahulu harus dipastikan bahwa permukaan benda yang dilapisi sudah bersih dan bebas dari kotoran. Dalam tahap persiapan ini selain dimaksudkan untuk menghilangkan pengotor juga mendapatkan keadaan fisik yang baik. Bila tahap persiapan dikerjakan dengan baik dan benar, biasanya akan menghasilkan proses *hot dipping* dengan kualitas baik. Oleh karena itu tahap persiapan penting untuk diperhatikan dalam proses *hot dipping* yaitu ;

### **2.6.1 Cleaning**

Yang dimaksud dengan *cleaning* yaitu pembersihan permukaan logam yang dimaksudkan untuk menghilangkan kontaminasi, kotoran dan membentuk

struktur permukaan spesimen yang baik. Dalam hal ini ada beberapa proses yang dilakukan antara lain :

#### 2.6.2 Proses *Polishing*

Adalah proses penggosokan pada logam yang menggunakan amplas dari 200-1000.

#### 2.6.3 Proses Pencucian Lemak

Pencucian lemak dengan menggunakan etanol dimaksudkan agar benda kerja bebas dari lemak atau minyak yang dapat mengganggu daya rekat hasil pelapisan.

#### 2.6.5 Proses Pembilasan

Proses pembilasan dengan menggunakan air yang berfungsi untuk menghilangkan sisa-sisa etanol yang masih ada pada permukaan benda kerja.

#### 2.6.6 *Pickling*

Proses *pickling* adalah proses pembersihan material setelah proses cleaning dengan menggunakan bahan kimia yang mengandung asam.

Dalam hal ini ada beberapa proses yang dilakukan antara lain pencucian dengan  $NaOH$  dan  $H_3PO_4$ . Proses pencucian dilakukan pada permukaan benda kerja yang masih mengandung lemak atau minyak. Merendam benda kerja kedalam larutan  $NaOH+H_3PO_4$ +air dengan perbandingan 1 : 1 : 1.

#### 2.6.7 *Fluxing*

Proses ini dilakukan baja difluxing dengan aluminium flux tujuan dari proses *fluxing* ini adalah agar logam dapat tertutupi semua bagian luarnya sehingga

oksidasi dengan udara luar tidak terjadi dan sebagai katalisator. Tahap akhir perlakuan awal ini adalah pengeringan baja tersebut di dalam udara dengan temperatur kamar.

#### 2.6.8 *Dipping*

Proses *dipping* adalah proses akhir dilaksanakan dengan mencelup baja dalam Al cair. Untuk waktu pencelupan yang akan dilakukan dalam proses pelapisan ini adalah dengan 3 variasi waktu tahan berbeda yaitu 9 detik, 16 detik dan 25 detik

#### 2.6.9 Proses pendinginan (*cooling*)

Proses ini adalah proses pendinginan material yang telah melalui proses *dipping* dengan meletakkan specimen pada kondisi suhu ruangan agar lapisan logam yang melapisi segera mendingin.

Zat pengotor yang dianggap mempengaruhi proses pelapisan hot dipping antara lain :

- Senyawa organik, minyak, lemak dan lapisan polimer.
- Partikel-partikel halus yang tersuspensi didalam senyawa organik tersebut diatas.
- Senyawa oksida atau produk korosi lainnya.

### **2.7 Hot Dipping Aluminium**

Townsend (1994), dalam pemanfaatan logam terutama aluminium untuk pelapisan, ada dua jenis pelapisan *hot dipping* aluminium, yaitu:

2.7.1 Pelapisan Aluminum Type 1 (Pelapisan Al-Si) Lapisan tipe ini adalah lapisan yang tipis yaitu dengan ketebalan menurut kelasnya. Untuk kelas 40 tebal lapisannya adalah 20–25  $\mu\text{m}$  dan untuk kelas 25 biasanya untuk kepentingan tertentu yaitu tebal pelapisan 12  $\mu\text{m}$ . Silicon yang dicampurkan pada pelapisan tipe 1 ini rata – rata adalah 5–11% untuk perintah mencegah pembentukan lapisan tebal antara logam besi–aluminum, dimana akan merusak pelekatan lapisan dan kemampuan untuk membentuk.

2.7.2 Pelapisan Aluminum Type 2 (Al Murni) Lapisan ini adalah lapisan yang tebal dengan ketebalan pelapisan adalah 30–50  $\mu\text{m}$ . Aluminum yang digunakan adalah aluminum murni. Produk yang dihasilkan biasanya digunakan pada konstruksi luar ruangan yaitu atap rumah, pipa air bawah tanah, menara yang memerlukan perlindungan terhadap ketahanan korosi udara dan juga lingkungan perairan laut, karena pelapisan ini sangat baik ketahanannya terhadap korosi celah.

## **2.8 Pelapisan Alumunium Pada Baja Karbon Sedang**

Baja karbon sedang yang mengalami pelapisan dengan cara pencelupan kedalam alumunium yang dicairkan pada suhu 700 °C akan mengalami penambahan. Hasil penelitian dari Chaur-Jeng Wang (2009) menunjukkan bahwa lapisan alumunium terdiri atas lapisan luar alumunium yaitu  $\text{FeAl}_3$  dan lapisan utamanya  $\text{Fe}_2\text{Al}_5$ . Baja karbon sedang yang mengalami proses *hot dipping* dengan menggunakan alumunium umumnya menggunakan tungku pada temperatur lingkungan, yang berkaitan dengan

pembentukan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang baik sebagai lapisan permukaan pada baja karbon sedang. Hal ini berguna untuk mencegah proses oksidasi ketika baja digunakan pada temperatur yang tinggi .

Lapisan yang melindungi baja karbon sedang tergantung pada komposisi saat pencelupan baja ke dalam alumunium yang mengalami proses interdifusi sepanjang proses pencelupan. Dalam pengujian pelapisan alumunium pada baja karbon sedang bertujuan untuk mengetahui ketebalan lapisan dari proses *hot dipping* dengan waktu tahan yang telah ditentukan akan didapat tebal lapisan, yang menunjukkan dimana untuk tiap stripnya mewakili  $2,5\mu\text{m}$ . Dari ketebalan yang akan diperoleh akan menghasilkan ketahanan terhadap korosi yang akan terjadi.