

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi dan Pengertian Perlakuan Panas**

Perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat dengan tujuan mengubah sifat-sifat mekanik, struktur mikro dari logam tersebut. Suatu material yang memiliki komposisi kimia yang sama. Kualitas suatu material ditentukan berdasarkan komposisi kimia dan struktur mikro. Dengan adanya perubahan struktur mikro maka material tersebut akan memiliki bentuk struktur, sifat fisik dan sifat mekanik yang juga berbeda. Untuk melakukan hal tersebut salah satunya dengan melakukan perlakuan panas.

Perlakuan panas dilakukan hampir pada semua material yang akan dilakukan pengerjaan lanjut, dengan kata lain perlakuan panas menyiapkan material setengah jadi untuk dilakukan pengerjaan selanjutnya. Sebagai contoh pada pembuatan poros dari baja yang telah dilakukan *cold working* sehingga baja tersebut pada permukaan keras untuk dilakukan proses permesinan (*manchining*), baja tersebut perlu dilakukan perlunakan dengan perlakuan panas, sehingga mudah untuk dilakukan proses permesinan. Suatu material di cor, dilakukan *cold working* atau *hot working* akan memiliki sifat bentuk ketidakteraturan tegangan atau terjadinya tegangan sisa dan sifat-sifat lain yang tidak kita inginkan. Untuk merubah sifat-sifat tersebut perlu dilakukan perlakuan panas.

Untuk memahami teori perlakuan panas tersebut maka diperlukan dasar-dasar metalografi, diagram fase dan transformasi serta struktur kristal.

## 2.2 Dasar - dasar konsep metalografi

Metalografi menyatakan struktur dari logam dan mempunyai peranan penting untuk memahami lebih jauh hubungan antara struktur dan sifat-sifat baja.

Untuk memahami proses perlakuan panas, diperlukan pengetahuan keseimbangan fase dan transformasi fase. Dalam hal ini karena material yang akan diuji adalah ferro maka disini dimulai dari pemahaman transformasi ferro itu sendiri.

## 2.3 Transformasi dan Struktur Kristal Dari Besi

Pada pemanasan besi murni dari temperature ruang akan memperlihatkan dua jenis *allotropic* yang berbeda yaitu ketika besi dipanaskan berubah dari suatu bentuk fasa ke bentuk fase yang lain selama pemanasan dan temperature konstan terhadap waktu maka disebut dengan panas laten.

Apabila suatu sample besi dipanaskan pada temperature yang terus meningkat, ketika suhu tertahan maka transformasi dimulai. Temperature akan kembali konstan sampai transformasi lengkap. Begitu juga apabila dilakukan pendinginan akan mengalami sifat yang hampir sama pada pemanasan.

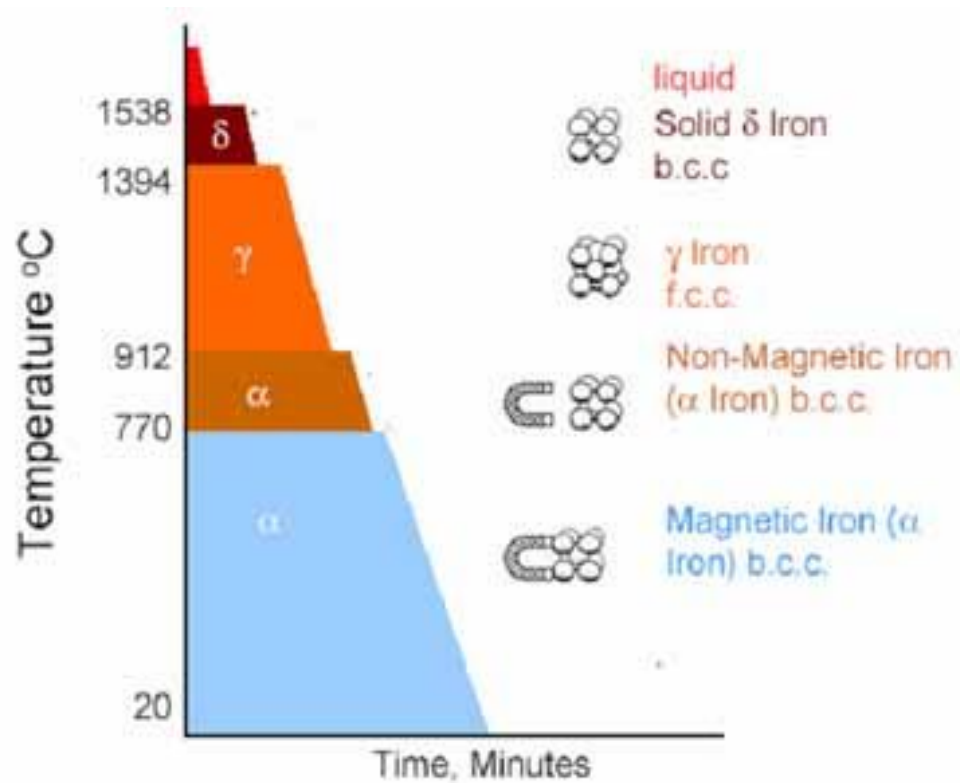
Dua bentuk *allotropic* yang akan terjadi yaitu fase ferrit dan fase austenite dan diantaranya daerah stabil. Transformasi pemanasan dan pendinginan yang dilalui pada besi murni seperti pada gambar dibawah ini.

Dimana :

A = Arreter/delay (penundaan)

C = Chaufer/heating (pemanasan)

r = Refroider/cooling (pendinginan)

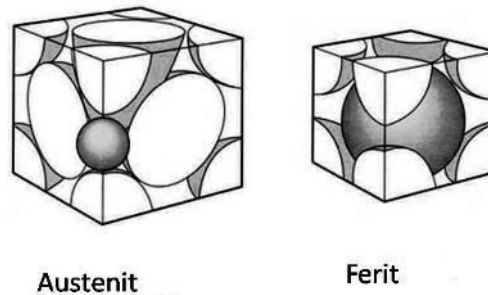


Gambar 2.1 Pemanasan dan pendinginan besi murni

Ferrit stabil dibawah temperature 912 °C, pada temperature 1394 °C atau titik melting fase yang terbentuk adalah *a-iron* dan  *$\beta$ -iron*. Austinite ditandai dengan  *$\gamma$ -iron* stabil antara temperature 912 °C sampai 1394 °C, besi bersifat ferromagnetic pada temperature 770 °C pada titik *curie*.

Atom-atom metal dibentuk pada bentuk anguler 3 dimensi yang disebut dengan struktur Kristal. Pada besi digambarkan sebagai bentuk kubik yang tertumpuk atom-atom pada sudut sisi-sisinya, sehingga pada satu kubus terdapat delapan atom pada masing-masing sudut sisinya yang saling bertumpuk dengan kubus lainnya, ini tersebut adalah 2,87 Amstrong =  $10^{-10}$  m. austenite memiliki sel satuan Face Center Cubic Lattice (FCC) dengan panajang sisi 3,57 Amstrong yang di extrapolasi pada temperature 20 °C. Struktur dari unit sel pada *a-iron* dan  *$\gamma$ -iron* seperti terlihat pada gambar 2.3 pada  *$\gamma$ -iron* memiliki unit sel yang lebih panjang dari pada *a-iron* tetapi kandungan atom yang dimiliki  *$\gamma$ -iron* memiliki

density yang lebih besar  $8,22 \text{ gram/cm}^3$  untuk  $\gamma\text{-iron}$  pada  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  dan  $7,93 \text{ gram/cm}^3$  untuk  $\alpha\text{-iron}$ .



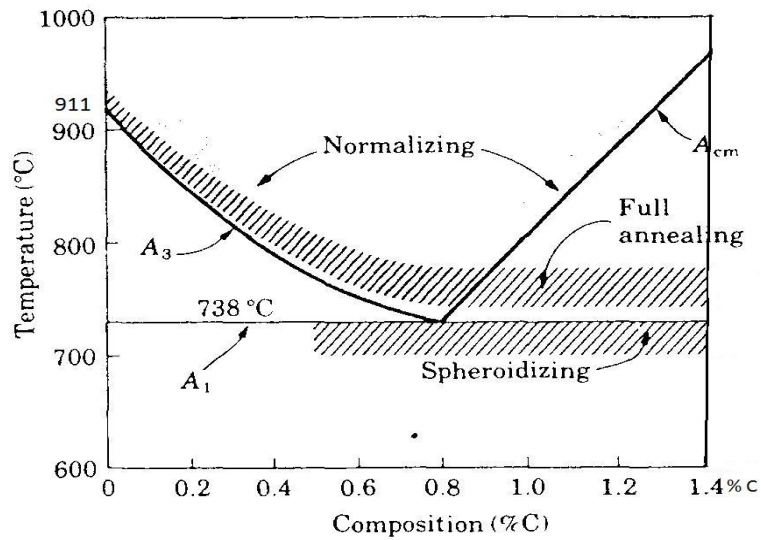
Gambar 2.2 Struktur Kristal dari Ferrite dan Austenite

### Diagram Keseimbangan Besi Karbon (Diagram Fasa)

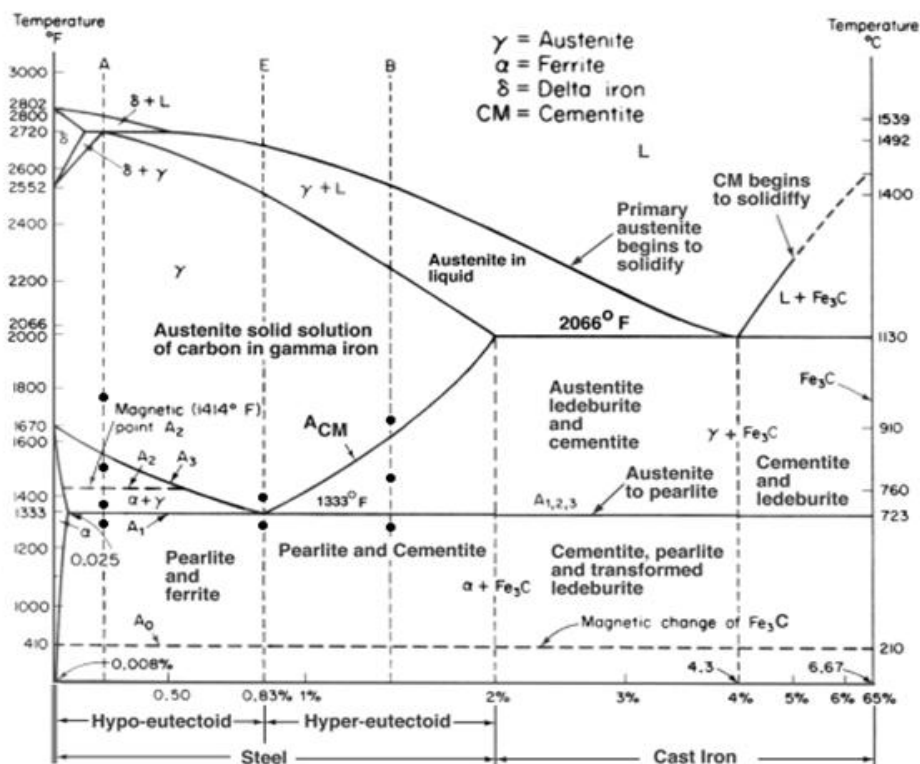
Paduan yang penting dari baja adalah karbon, hal ini dapat dijelaskan bahwa material ini memiliki sifat-sifat yang sangat luas dan yang membuat material ini sering digunakan dan banyak kegunaannya dalam kehidupan sehari-hari. Pada temperature ruang pembekuan dari karbon pada  $\alpha\text{-iron}$  sangat lambat dan atom-atom karbon jarang ditemukan diantara atom-atom besi itu sendiri. Sebagai pengganti karbon dikombinasikan dengan besi karbida yang disebut dengan sementite besi karbida meungkin hadir sebagai lamel-lamel dengan lamel-lamel ferrite yang keduanya membentuk fasi baru yang bernama peralite. Pada besi dengan kandungan karbon 0,8% proporsi peralite dapat dicapai 100% proporsi peralite pada struktur meningkat dengan meningkatnya kandungan karbon pada baja sampai 0,8%. Karbon yang berlebihan jumlahnya akan terbentuk sebagai *grain boundry karbida* baja yang mengandung 0,8% karbon disebut baja eutectoid. Jika karbon dipadu dengan transformasi dari besi dengan range temperature dan kandungan karbon yang memiliki dapat dilihat pada gambar 2.4.

Variasi mikrostruktur pada besi karbon dapat dilakukan dengan cara perlakuan panas. Untuk kelengkapan dari diagram fasa yang memiliki kandungan karbon jauh lebih tinggi sampai 6% C (Karbon) dapat dilihat pada gambar 2.5 dimana

kita lihat bahwa pada pembekuan dari besi karbon yang lebih dari 0,8% fase austenite lebih banyak terbentuk dibanding ferrite.



Gambar 2.3 Diagram Temperature Komposisi Karbon Terhadap Proses Perlakuan Panas



Gambar 2.4 Diagram Keseimbangan Besi Karbon

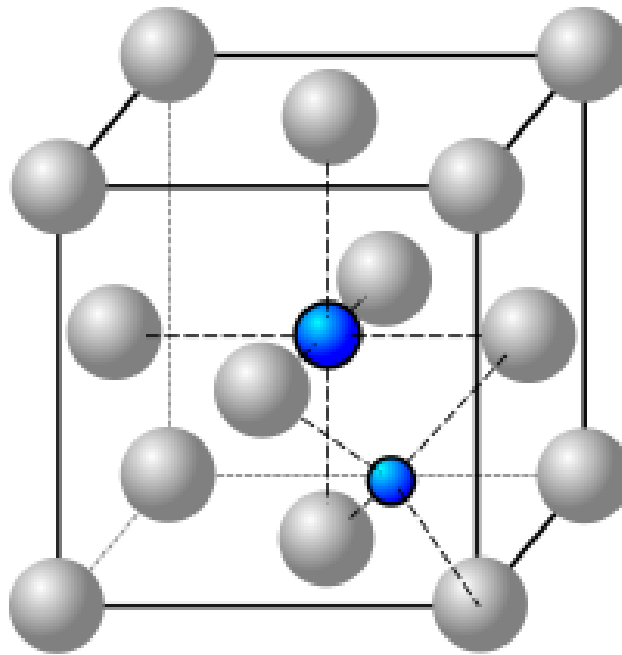
## 2.4 Pemanasan & Pendinginan

### 2.4.1 Pemanasan

Fase yang paling awal pada komposisi 0,8% karbon bertransformasi dari  $\alpha$ -iron ke  $\gamma$ -iron yang dipanaskan pada suhu 727 °C. ini dapat dilihat dengan mengamati pada suhu menstabil axis dari kurva pada gambar 2.4 dan 2.5 di atas. Baja dengan kandungan karbon 0,8% (*Steel eutectoid*) bertansformasi dilakukan mulai kira-kira pada temperature 727 °C. Temperature pada  $\alpha$ -iron,  $\gamma$ -iron dan sementiti ada pada diagram keseimbangan ditandai dengan garis PK pada diagram atau AI. Baja yang mengandung sedikit disebut dengan hypoeutectiod, baja ini mulai bertansformasi dari pearlit ke austenite PS dan GS adalah austenite. Austenite dibentuk dari pearlit dan tanpa berubah ke ferrit. Transformasi tidaklah sempurna sampai temperature  $A_3$  atau diatas garis GS. Dan diatas garis itu hanya fase austenite.

Apabila kandungan karbon lebih dari 0,8%, baja disebut hypereutectoid. Pada baja ini juga pearlit bertansformasi ke austenite pada temperature 727 °C, tetapi simentit (besi karbon) tidak hilang secara sempurna sampai temperature diatas garis keseimbangan SE atau  $A_{cm}$ . Pada pemanasan 727 °C kita dapatkan transformasi ke austenite dimulai untuk baja yang memiliki kandungan karbon lebih dari 0,025%. Ini berarti bahwa atom-atom berkonfigurai berubah dari ferrit ke austenite yang mana atom-atom karbon lebih soluble. Posisi atom-atom carbon pada austenite, semua karbon yang dimiliki dilarutkan dan terdistribusi keluar menjadi austenite.

([http://en.wikipedia.org/wiki/Eutectic\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Eutectic_system)) Menyatakan “ketika solusi atas titik transformasi solid bukan cair, transformasi eutektoid analog dapat terjadi. Misalnya, dalam sistem besi-karbon, fase austenit dapat mengalami transformasi eutektoid untuk memproduksi ferit dan sementit sering dalam struktur pipih seperti perlit dan bainit. Ini titik eutektoid terjadi pada 727 °C dan sekitar 0,8% karbon”



Gambar 2.5 Contoh Posisi Karbon Pada Astenite

#### 2.4.2 Pendinginan

Pada temperature full austenite jika temperature dari baja karbon diturunkan dibawah temperature  $727\text{ }^{\circ}\text{C}$  tranformasi dari *a-iron* ke  *$\beta$ -iron* mulai terbentuk dan sebagai konsekwensinya karbon bergerak keluar dari lattice dan terbentuk simentiti. Secara lengkap pendinginan ke temperature ruang baja hanya memiliki struktur pearlite.

### 2.5 Perlakuan Panas

Perlakuan panas adalah proses menaikkan suhu logam sampai pada temperature tertentu sehingga terjadi perubahan fase, lalu di dinginkan dengan menggunakan media tertentu sehingga terjadi perubahan struktur mikro. Akibat perubahan struktur mikro ini maka terjadi perubahan sifat mekanik. Tingkat temperature pemanasan sangat tergantung pada komposisi kimia specimen dan perubahan yang terjadi ditunjukkan pada diagram fasa dari unsur-unsur pembentuk material

logam tersebut. Pemanasan dilakukan hingga terjadi perubahan fase dari ferrit menjadi austenite dan dilakukan penahanan pada waktu tertentu pada temperature pemanasan konstan, agar perubahan struktur mikro yang terjadi seragam.

#### 2.5.1 Full Annealing

Proses *full annealing* dilakukan dengan melakukan pemanasan logam hingga 15 sampai 40 °C diatas garis temperature kritis  $A_3$  dan  $A_1$ . Lalu dilakukan penahanan pada temperature konstan yang lamanya tergantung pada dimensi specimen. Kemudian dilakukan pendinginan didalam tungku hingga tungku mencapai temperature kamar.

Struktur mikro yang terjadi adalah struktur berbutir halus yang terdiri atas ferrit dan pearlit.

#### 2.5.2 Normalizing

Proses *normalizing* dilakukan dengan memanaskan specimen hingga 55 sampai 85 °C diatas garis temperature kritis  $A_3$  dan  $A_1$ . Setelah dilakukan penahanan pada temperature pemanasan konstan, specimen didinginkan di udara. Maka akan didapat struktur mikro ferrit dan pearlit yang halus. Sifat logam yang di *normalizing* adalah lebih tangguh dari material yang tidak di *normalizing*.

#### 2.5.3 Pendinginan Cepat (*Quenching*)

Pada proses ini, material yang dipanaskan hingga temperature austenite dan di tahan pada temperature konstan didinginkan dengan media air dengan cara celup cepat. Akibatnya struktur mikro yang terbentuk adalah martensit yang keras dan getas. Struktur mikro yang terbentuk adalah martensit dengan sel satuan BCC.

### 2.6 Sifat Mampu Keras Logam

Sifat mampu keras logam diuji dengan pengujian Jominy. Pengujian ini mula-mula dilakukan oleh Jominy dengan menggunakan specimen baja.

Pengujian ini menunjukkan bahwa setiap paduan baja mempunyai sifat mekanik yang berbeda, tergantung pada kecepatan pendinginannya. Dengan kata



lain, mampu keras (*hardenability*) adalah ukuran kedalaman terhadap suatu paduan dapat dikeraskan. Kekerasan ini tergantung pada jumlah martensit yang berbentuk terhadap kecepatan pendinginan.

Setelah specimen dingin, maka salah satu sisinya dikikir untuk memberikan tempat bagi pengujian kekerasan dengan menggunakan metode Rockwell. Pengujian kekerasan ini dilakukan dari ujung specimen yang bersentuhan dengan air hingga mendekati kepala specimen.

Hasil pengujian kekerasan digambarkan pada kurva mampu keras.

## **2.7 Dasar-dasar Pemilihan Bahan**

Sebelum melakukan perencanaan suatu alat atau mesin, seorang perencana tentunya terlebih dahulu harus mengetahui dan memahami bagaimana langkah-langkah atau proses-proses tertentu didalam pembuatan alat yang direncanakan, untuk kemudahan didalam menentukan bahan yang akan digunakan dengan selalu berlandaskan kepada dasar-dasar kekuatan bahan dan sumber pengadaan serta penyediaan bahan.

### **2.7.1 Fungsi Bahan**

Fungsi bahan yang dimaksud adalah merupakan fungsi di setiap komponen yang direncanakan, dimana bahanyang dipergunakan harus mampu menahan beban yang terjadi padanya. Selain itu bagian-bagian utamanya harus di prioritaskan dengan menempatkan bahan yang keras terhadap bagian lain (bagian yang lunak). Sehingga apabila suatu ketika mengalami kerusakan. Dengan demikian kita cukup mengganti bagian yang lebih lunaknya tanpa harus mengganti bagian utama (yang lebih keras).

### **2.7.2 Bahan Mudah Didapat**

Dalam hal perencanaan suatu mesin, kita perlu mempertimbangkan apakah bahan yang kita inginkan mudah diperoleh dipasaran. Walaupun bahan yang kita rencanakan telah diperhitungkan dengan baik, namun apabila tidak didukung dengan persediaan bahan dipasaran, maka perencanaan yang kita buat sulit

menjadi kenyataan. Oleh karena itu kita juga harus mengetahui bahan yang dapat menggantikan bahan yang kita rencanakan tersebut, untuk menjaga apabila bahan yang kita rencanakan tersebut sulit terdapat dipasaran.

### 2.7.3 Efisiensi Setinggi Mungkin

Elemen yang kita rencanakan selalu kita harapkan untuk memiliki efisiensi dalam penggunaannya yang sebaik mungkin. Tingkat efisiensi ini baru dapat ditentukan setelah melalui tahap perhitungan. Oleh karena itu diharapkan perencanaan akan mencapai tingkat efisiensi yang tinggi.

### 2.7.4 Tahap Pengaruh Lingkungan

Elemen yang direncanakan harus tahan terhadap lingkungan dimana mesin atau alat tersebut dioperasikan sehingga tidak mengalami korosi. Oleh karena itu penggunaan bahan pelindung seperti cat, sangat baik digunakan. Serta diusahakan menggunakan bahan-bahan yang tahan terhadap korosi.

## 2.8 Bahan Yang Digunakan

Didalam perencanaan alat bantu Hardenability Test material baja, bahan-bahan yang diperlukan adalah sebagai berikut :

### 2.8.1 Kerangka dudukan tangki dan pompa

Kerangka dudukan tangki dan pompa dibuat dari baja profil siku ST.37 yaitu baja dengan kekuatan tarik  $37 \text{ kg/mm}^2$ . Adapun pertimbangan memilih bahan tersebut adalah :

- Mudah dilakukan pengelasan
- Mudah diperoleh dipasaran
- Biaya relatif murah

### 2.8.2 Tangki Air

Untuk tangki air digunakan drum dengan bahan plastic dengan pertimbangan sebagai berikut :

- Tahan terhadap korosi
- Ringan
- Mudah diperoleh dipasaran
- Biaya relatif murah

### 2.8.3 Pompa

Karena untuk system ini diperlukan pompa air yang biasa digunakan untuk rumah tangga dengan alasan sebagai berikut :

- Biaya relatif murah
- Mudah diperoleh dipasaran
- Tidak memerlukan perawatan khusus

### 2.8.4 Konstruksi Penyangga Material

Untuk penyangga material digunakan baja profil siku dan plat. Baja profil siku dengan pengikat baut kemudian dipasangkan dibagian atas tangki dan pelat digunakan untuk menumpu material uji.

### 2.8.5 Pipa

Pada system pengaliran air ini menggunakan pipa PVC (Poly Vinil Chlorida) dengan ukuran 1" dan ½" Alasan menggunakan pipa model ini adalah :

- Konstruksi ringan
- Tahan korosi
- Ekonomis
- Kuat

### 2.8.6 Penyambung pipa dan katup

Untuk menyambung pipa digunakan elbow PVC (Poly Vinil Chlorida) dengan ukuran 1" dan ½". Dan untuk katup by pass digunakan katup dengan bahan dasar plastik yang berukuran 1" dan ½" dengan alasan katup tersebut awet dan tahan lama. Dan katup T digunakan sebagai nozel penyemprot dengan ukuran ½"

## 2.9 Rumus Perhitungan Dalam Perencanaan Alat

Dalam perencanaan Alat Bantu Hardenability Test Material Baja ini diperlukan teori-teori yang mendukung dalam perhitungan, dan rumus-rumus yang digunakan dalam pembuatan Alat Bantu Hardenability Test Material Baja. Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan :

### 2.9.1 Rumus-rumus yang dipakai dalam perencanaan kekuatan konstruksi.

- a. Rumus perhitungan volume drum

$$\begin{aligned} \text{volume drum} &= L \text{ alas} \times \text{tinggi drum} \\ &= L \text{ lingkaran} \times \text{tinggi} \\ &= \pi r^2 \times t \\ &= \pi r^2 t \dots (\text{Drs. J Untoro hal 191:2000}) \end{aligned}$$

- b. Rumus perhitungan tekanan air dalam drum.

$$P = \rho \times g \times h \dots (\text{Bruce R. Munson:2004})$$

Dimana :

$P$  = tekanan air ( $\text{kg m/s}^2$ )

$\rho$  = massa jenis cairan ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$h$  = kedalaman zat cair (m)

- c. Rumus perhitungan berat air pada drum

$$W = A \times \ell \times \rho \dots (\text{Suwarno, Sunarroso, Suyatman:2007})$$

Dimana :

$W$  = berat air (kg)

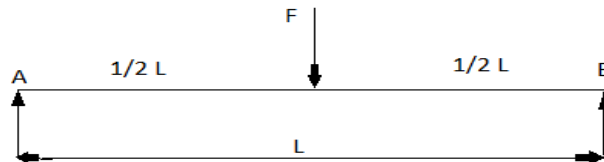
$A$  = luas bidang tekan ( $\text{m}^2$ )

$\ell$  = tinggi drum (m)

$\rho$  = massa jenis cairan ( $\text{kg/m}^3$ )

- d. Rumus perhitungan tegangan bengkok pada plat penyangga spesimen

$$IX = \frac{1}{12} \times b \times t^3 \dots\dots\dots(Sularso:2002)$$



$$\Sigma MA = 0$$

$$RB \cdot L - F \cdot \frac{1}{2} L = 0$$

$$RB = \frac{F \cdot \frac{1}{2} L}{L} \dots\dots(kg)$$

$$\Sigma MB = 0$$

$$RA \cdot L - F \cdot \frac{1}{2} L$$

$$RA = \frac{F \cdot \frac{1}{2} L}{L} \dots\dots(kg)$$

$$\Sigma MC = RA \cdot \frac{1}{2} L \dots\dots(kg \text{ mm}) = \text{momen bengkok}$$

$$\sigma b = \frac{MB}{WB} \dots\dots(kg/mm^2) \dots\dots\dots(Sularso:2002)$$

$$\text{dimana : } WB = \frac{IX}{y}$$

$$\bar{\sigma} b = \frac{ST}{V} \dots\dots(kg/mm^2)$$

Dimana :

ST = kekuatan bahan

V = faktor keamanan

Jika  $\bar{\tau} b > \tau b$  berarti pelat penyangga spesimen aman dari bengkok

- e. Rumus perhitungan massa poros roda

$$m = t \times V \dots\dots\dots(Sularso:2002)$$

Dimana :

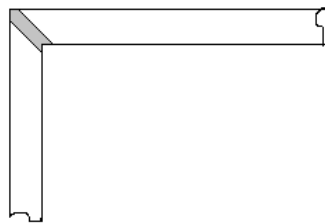
$m$  = massa (kg)

$t$  = massa jenis baja ( $7,83 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^2$ )

$V$  = volume poros

$$= \frac{\pi}{4} d^2 \cdot L$$

f. Rumus perhitungan kekuatan pengelasan



Rumus yang digunakan adalah :

$$\sigma = \frac{p}{\ell \cdot t} \dots (\text{kg/mm}^2) \dots \dots \dots (\text{Harsono Wiryosumatro}$$

Ttoshie Okumura:2010)

Dimana :

$P$  = beban benda yang ditahan (kg)

$\ell$  = panjang pengelasan

$t$  = tebal pengelasan

g. Rumus perhitungan pada pompa

– Daya Pompa

$$N = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \dots (\text{Fritz Dietzel, Dakso Sriyono:1980})$$

Dimana :

$N$  = Daya pompa (watt)

$\rho$  = Massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = Percepatan gravitasi ( $\text{m/det}^2$ )

$H$  = Tinggi angkat

$Q$  = Kapasitas ( $\text{m}^3/\text{det}$ )

– Kerugian Hambatan karena Kecepatan

Menurut Hukum kekekalan energi, Energi kinetik diubah menjadi energi potensial yang besarnya sama yaitu :

$$\mathbf{m.g.h = \frac{1}{2}.m. V^2} \dots\dots(\text{Fritz Dietzel, Dakso Sriyono:1980})$$

Kerugian tinggi tekan karena kecepatan :

$$h_v = \frac{V^2}{2.g} \quad (\text{mka}) \text{ untuk air}$$

Data empiris  $V$  isap = 0,8 – 1,0 m/det →

$$h_{vi} = 0,033 – 0,051 \text{ m/det}$$

$V$  tekan = 1,0 – 2,0 m/det →  $h_{vt} = 0,051 – 0,100$  m/det

– Kerugian Hambatan karena Gesekan

Bila jumlah faktor hambatan gesekan ( $z$ ) maka jumlah hambatan gesekan

$$\mathbf{hg = z. hv} \quad \rightarrow \quad h_g = \frac{z.V^2}{2.g}$$

$$\text{Untuk pipa lurus, harga } z_p = \frac{\lambda.l}{d}$$

$$\rightarrow \lambda = 0,02 + \frac{0,018}{\sqrt{V.d}}$$

Dimana :

$h_v$  : kerugian tinggi isap/tekan karena kecepatan ( m )

$h_g$  : kerugian tinggi isap/tekan karena gesekan ( m )

$V$  : kecepatan aliran fluida (m/det)

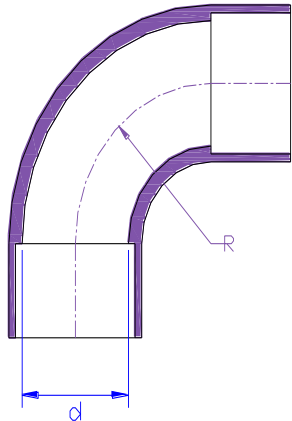
$d$  : diameter pipa penghantar ( m )

$l$  : panjang pipa penghantar ( m )

$z$  : faktor hambatan karena gesekan

$\lambda$  : koefisien gesek fluida

Tabel 2.1 Faktor Hambatan Elbow 90°

BELOKAN 90°	d/R	FAKTOR HAMBATAN (z)
	0,4	0,13
	0,6	0,18
	0,8	0,25
	1,0	0,40
	1,2	0,64
	1,4	1,01
	1,6	1,55
	1,8	2,07
	2,0	3,23

## 2.9.2 Rumus rumus yang dipakai untuk waktu pengerjaan

### a. Pengerjaan pada mesin milling

Rumus yang digunakan :

$$V = \frac{a \times b \times z}{1000}$$

$$s = \frac{V \times 1000}{a \times b}$$

$$T_m = \frac{L}{z}$$

Untuk pengerjaan halus :

$$L = l + d + 4$$

Untuk pengerjaan kasar :

$$L = l + \frac{1}{2}d + 4$$

Dimana :

V = kecepatan potong (m/mnt)



$d$  = diameter benda kerja (mm)

$T_m$  = waktu pengerjaan (mnt)

$L$  = panjang benda kerja (mm)

$z$  = kecepatan pemakanan (mm/mnt)

$a$  = kedalaman pemakanan (mm)

$b$  = lebar pemakanan (mm)

#### b. Pengerjaan pada mesin bor

Rumus perhitungan putaran mesin

$$N = \frac{1000 Vc}{\pi d} \dots\dots (Yefri Chan : 2001)$$

Dimana:

$Vc$  = kecepatan potong (m/menit)

$d$  = diameter benda kerja (mm)

$N$  = banyak putaran (rpm)

Rumus perhitungan waktu pengerjaan

$$T_m = \frac{L}{S_r . N}$$

Dimana:

$T_m$  = Waktu pengerjaan (menit)

$L$  = Diameter lubang (mm)

$S_r$  = Ketebalan Pemakanan (mm/ putaran)