

BAB II

TINJAUAN LITERATUR

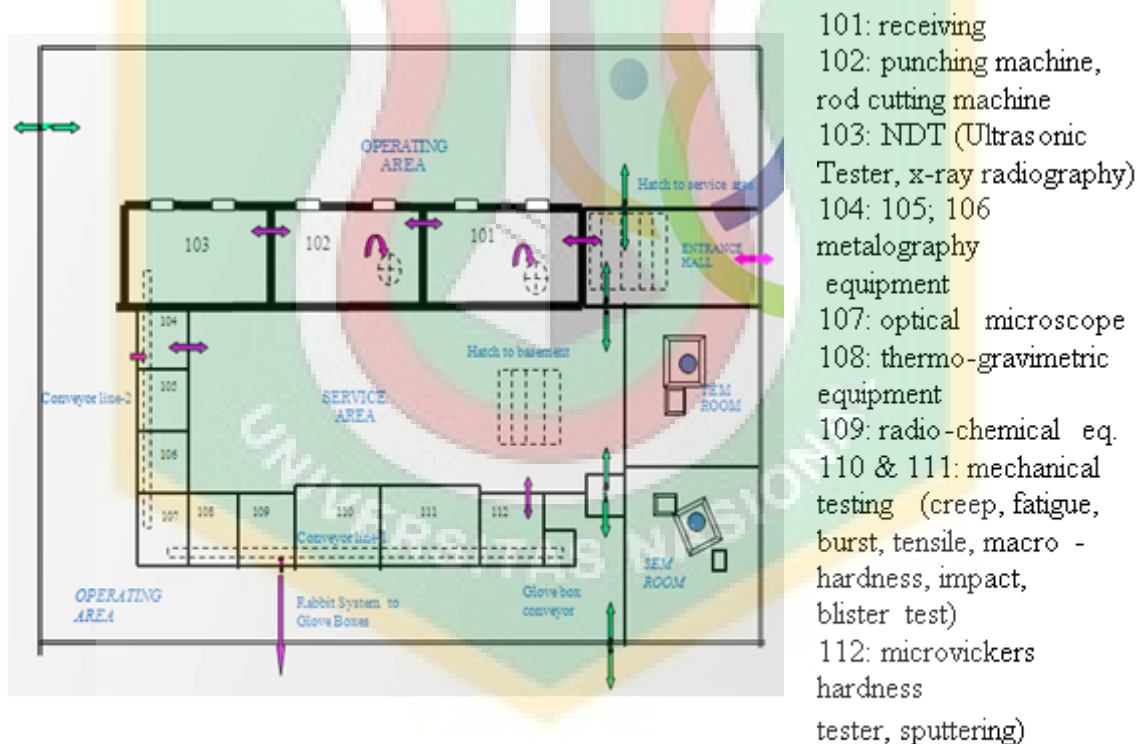
2.1 Hotcell Intalasi Radiometalurgi

Hot cell IRM merupakan salah satu fasilitas yang dimiliki Pusat Riset Teknologi Daur Bahan Bakar Nuklir (PRTDBBNLR), Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang digunakan untuk uji pasca iradiasi bahan bakar nuklir dan bahan struktur. Hasil uji pasca iradiasi tersebut digunakan sebagai acuan untuk mengetahui kualitas produk elemen bakar nuklir. Instalasi radiometalurgi digunakan untuk uji pasca iradiasi bahan bakar reaktor riset, bahan bakar reaktor daya dan bahan struktur. Pada saat ini, IRM sedang melakukan pengujian pasca iradiasi terhadap bahan bakar silisida dengan densitas $2,96 \text{ g/cm}^3$ dengan fraksi bakar 56% dan $4,8 \text{ g/cm}^3$ dengan fraksi bakar 20 %, 40 %, 60%, serta densitas $5,2 \text{ g/cm}^3$ pra iradiasi, U-7Mo/Al dan U-6Zr/Al serta Pin bahan bakar reaktor tipe *Pressurized Water Reactors* (PWR). Rencana ke depan, fasilitas IRM dikembangkan untuk dapat menguji kualitas bahan bakar reaktor daya seperti bahan bakar PWR dengan pengkayaan 2-5% U^{235} , bahan bakar Kernel untuk *High Temperatur Gas Cooled Reactors* (HTGR), bahan bakar *Small Modular Reactors* (SMR). dan bahan bakar reaktor daya lainnya.

Salah satu persyaratan utama untuk mendapatkan izin BAPETEN terkait penggunaan bahan bakar reaktor nuklir adalah data uji pasca iradiasi (*post irradiation examination/PIE*) yang memenuhi kriteria keberterimaan sebagai bahan bakar reaktor nuklir. Untuk mendapatkan data PIE maka PEB $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ pasca iradiasi tersebut harus dilakukan uji di fasilitas *hot cell* IRM, guna mengetahui kualitas produk elemen bakar nuklir tersebut. Hasil litbang PRTDBBNLR yaitu PEB $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ densitas $2,96 \text{ g/cm}^3$ telah dihilirisasi dan diproduksi PT. INUKI (Persero) untuk digunakan sebagai bahan

bakar Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy sejak tahun 2006 hingga saat ini. Pelat Elemen Bakar U_3Si_2/Al tersebut juga direncanakan sebagai pengganti bahan bakar $UZrH$ yang saat ini digunakan Reaktor TRIGA Bandung.

Hot cell terdiri dari 3 (tiga) sel beton (*concrete cell*) yaitu *hot cell* 101, 102, 103 dan 9 (sembilan) sel baja (*steel cell*) yaitu *hot cell* 104, 105, 106, 107, 109, 110, 111 dan 112. *Hot cell* 101 sebagai *hot cell* penerima material uji, *hot cell* 102 untuk pembongkaran dan pemotongan sampel material uji, dan *hot cell* 103 digunakan untuk fasilitas uji tak merusak (*non destructive test*), sedangkan sel baja yang terdiri dari *hot cell* 104 hingga 112 digunakan untuk fasilitas uji merusak (*destructive test*). Secara skematik *hot cell* IRM ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Layout *hot cell* Instalasi Radiometalurhi

Hotcell IRM beroperasi sejak 1991. Namun, manipulator atau tangan robotik di bagian fasilitas uji tak rusak mengalami kerusakan pada tahun 2003. Pada 2013, Batan membeli seperangkat tangan robotik baru dari Jerman dan meningkatkan kompetensi peneliti serta perekayasanya hingga menguasai teknologi tangan robotik. Indonesia merupakan satu-satunya negara ASEAN yang memiliki fasilitas uji pasca iradiasi (*hot cell*). Di Asia, fasilitas serupa hanya ada di Jepang, Korea Selatan, China, dan India.

2.2 Ms-Manipulator

Ms-manipulator merupakan peralatan dukung di *hotcell* yang merepresentasikan tangan operator dalam melakukan kegiatan di dalam *hot cell*. uji pasca iradiasi dan pengelolaan fasilitas tersebut. Manipulator merupakan alat *handling* utama yang dioperasikan secara *remotely* untuk menangani sampel uji, mengoperasikan alat pengelolaan sampel material uji pasca iradiasi dan limbah, perbaikan alat, penataan bahan nuklir dan lainnya. Mengingat fungsi alat tersebut, maka selayaknya *Ms-manipulator* mendapat perhatian khusus yang merupakan bagian dari pengelolaan IRM atau fasilitas uji pasca iradiasi.



Gambar 2.1 Manipulator terpasang di salah satu *hot cell*

Instalasi Radiometalurgi menggunakan 34 unit *Ms-manipulator* buatan Hans Walischmiller GmbH (HWM) dengan tipe A100 (KAEL), tahun 1988. *Ms-manipulator* tipe A100 ini telah dikembangkan di HWM sejak tahun 1963. Di IRM, *concrete cell* uji (nomor 01 s/d 03) menggunakan 12 *Ms-manipulator* dengan panjang lengan *slave arm* 1370 mm (E) dan tebal dinding (W) 1200 mm. Untuk *Ms-manipulator* lainnya (22 unit) panjang lengan *slave arm* 980 mm (E) tetapi dengan tebal dinding perisai radiasi gamma (W) yang berbeda. *Hotcell* uji nomor 08, 09, 10, 11 dan 12 dengan W sebesar 350 mm dan *hotcell* uji nomor 04, 05, 06 dan 07 (8 unit *Ms-manipulator*) dengan W sebesar 425 mm.

2.3 Cara Kerja Ms-Manipulator

Manipulator Master-Slave mekanis (MS-Manipulator) awalnya dikembangkan untuk *hotcell*, yang dirancang untuk penelitian dan pengembangan elemen bahan bakar Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). MS-manipulator saat ini banyak digunakan dalam instalasi nuklir lainnya, seperti instalasi daur ulang elemen bahan bakar, stasiun penanganan limbah dan dekomisioning fasilitas nuklir.

Manipulator ini menirukan/memanipulasi/mereproduksi gerakan tangan dan lengan operator melalui transmisi mekanis, yang dipasang pada perisai atau dinding pengungkung.

Master arm adalah lengan yang terletak di luar *hotcell* dan dilengkapi dengan pegangan tempat operator bertindak. Slave arm adalah lengan yang terletak di dalam *hotcell* dan dilengkapi dengan penjepit untuk memegang benda-kerja. Secara mekanis memungkinkan dilakukan pemisahan bagian utama yang tergabung, seperti diskoneksi slave arm unit atau master arm unit dari wall tube unit. Booting atau gaiter adalah komponen fleksibel dengan profil khusus yang dirancang untuk melindungi bagian

slave arm dari kontaminan. Hand grip adalah komponen yang dipasang pada ujung master arm dan dipegang oleh operator, yang memudahkan kendali gerakan manipulator. MS-manipulator dipasang pada dinding hotcell. Manipulator ini terdiri dari tiga komponen utama, master arm, slave arm dan wall tube yang dilengkapi dengan elemen mekanis yang memastikan koneksi antara master arm dan slave arm. Pipa koneksi pada wall tube umumnya dipasang horisontal menembus dinding hotcell. Pipa ini harus dikonstruksi sedemikian rupa sehingga setiap gerakan, gaya, dan torsi, yang dilakukan oleh lengan operator pada pegangan master arm, dapat ditransmisikan ke slave arm dan penjepitnya atau tong.

2.4 Komponen Utama Manipulator

Komponen utama dari MS-Manipulator, adalah Slave Arm dan Master Arm. Slave arm unit dari MS-manipulator (Master-Slave manipulator) merupakan bagian manipulator yang berada di dalam hotcell, sedangkan wall tube unit berada di dalam dinding hotcell dan master arm unit yang berada di luar hotcell (operating area).

Manipulator di hotcell pada fasilitas uji pasca iradiasi seperti Instalasi Radiometalurgi (IRM) merupakan representasi dari tangan operator dalam melakukan kegiatan uji pasca iradiasi dan pengelolaan fasilitas tersebut sehingga merupakan peralatan vital untuk melakukan kegiatan di dalam hotcell termasuk pengelolaan fasilitas hotcell itu sendiri. Pengelolaan di dalam hotcell meliputi pengelolaan material uji pasca iradiasi dan limbah, perbaikan alat dan dekontaminasi (remotely), penataan bahan nuklir dan lainnya. Dengan fungsinya tersebut maka MS-manipulator layak mendapat perhatian khusus yang merupakan bagian dari pengelolaan IRM atau fasilitas uji pasca iradiasi.

2.5 Karakteristik Umum *Ms-Manipulator*

Beberapa data mengenai spesifikasi teknis dari *Ms-manipulator* di IRM disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 2. Kemampuan angkat maksimum secara vertikal dari *Ms-manipulator* tersaji pada baris no.1 dan 2 dari Tabel 1, serta data berat setiap bagian utama dari *Ms-manipulator*. Data berat ini dapat dijadikan salah satu dari kriteria desain dari perancangan *stager Ms-manipulator* (500 kg), dengan berat maksimum *Ms-manipulator* utuh sekitar 310 kg ditambah perkiraan berat personel (dua orang) di atas *stager* tersebut sehingga perkiraan total beban *stager Ms-manipulator* sebesar 500 kg. Pada Tabel 2 berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat spesifikasi utama dari panjang lengan *slave arm* dan *master arm* dari masing-masing *Ms-manipulator* di *hotcell* IRM.

Tabel 2.1 Data Teknis Desain Standard MS-manipulator A-100

No.	Kapasitas dan Berat per Bagian Utama	Data Teknis
1.	Kapasitas angkat vertikal dengan jepitan jari 25 kg. Penanganan pada posisi <i>slave arm</i> tidak tegak lurus kurang dari 25 kg.	0 s/d 25 kg
2.	Kapasitas angkat maksimum, tegak lurus menggunakan kaitan beban (<i>hook</i> khusus untuk MS- manipulator), bukan dijepit dengan jari.	25 s/d 80 kg
3.	Berat <i>master arm</i> (tergantung dari ukurannya).	135 s/d 190 kg
4.	Berat <i>slave arm</i> (tergantung dari ukurannya).	28 s/d 36 kg
5.	Berat tabung tipe <i>gastight</i> tanpa Pb sebagai perisairadiasi (<i>shielding</i>).	80 kg
6.	Berat tabung tipe <i>non-gastight</i> tanpa Pb sebagai perisai radiasi (<i>shielding</i>).	60 kg

Tabel 2.2 Data teknis berdasarkan Tabel 2.1

No	MS-manipulator pada <i>hotcell</i> uji nomor;	E (mm)	G (mm)	M (mm)	L (mm)	A (mm)	W (mm)
1.	01, 02 dan 03	1370 ^[3]	990	1730	740	3160	1200
2.	04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12	980 ^[3]	670	1470	800	2520	300 (08 s/d 12) & 350 (04 s/d 07)

2.6 Rumus-rumus Perhitungan Kontruksi Holder

Rumus yang digunakan dalam perhitungan ini dengan menggunakan rumus sebagai berikut : statika struktur, mekanika bahan yang diambil dari berbagai buku dan referansi yang lainnya.

1. Momen lentur maksimum

$$M_{max} = M_Q + M_P \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana: M_{max} = momen lentur maksimum (Nmm)
 M_P = momen lentur dinamis (Nmm)
 M_Q = momen lentur statis (Nmm)

2. Momen lentur akibat beban konstan/statis

$$M_Q = Q \frac{L}{8} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana: M_Q = momen lentur statis (Nmm)
 Q = berate girder atau konstan (N)
 L = panjang batang girder (mm)

3. Momen lentur akibat beban bergerak atau dinamis

$$M_P = \frac{P}{2L} \left(L - \frac{b}{2} \right) \dots\dots\dots(2.3)$$

- Dimana: M_p = momen lentur dinamis (Nmm)
 b = jarak antar roda troli (mm)
 P = berat hoist ditambah beban hook (dinamis) (N)
 L = panjang batang profil girder (mm)

4. Tegangan geser izin

$$\bar{\tau} = \frac{\sigma_B}{Sf_{k1} \cdot Sf_{k2}} \dots\dots\dots(2.4)$$

- Dimana: $\bar{\tau}$ = tegangan geser izin (N/mm)
 σ_B = kekuatan Tarik maksimum bahan (N/mm^2)
 Sf_{k1} = faktor keamanan
 Sf_{k2} = faktor kekerasan permukaan

5. Tegangan geser

$$\bar{\tau} = \frac{R_{max}}{A} \leq \bar{\tau} \dots\dots\dots(2.5)$$

- Dimana: $\bar{\tau}$ = tegangan geser izin (N/mm)
 R_{max} = reaksi maksimum (N)
 A = luas penampang (mm^2)

6. Kekuatan sambungan las

$$p = t \cdot L \cdot \sigma_B \dots\dots\dots(2.6)$$

- Dimana: P = kekuatan sambungan las (N)
 t = tebal las (mm)
 L = panjang lasan (mm)
 σ_B = kekuatan Tarik (N/mm^2)

7. Panjang lasan

$$L = \frac{b}{\sin \alpha} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana: b = Lebar bahan (*mm*)

α = sudut pengelasan (*mm*)

2.7 Material

Material atau bahan adalah zat atau benda yang dari mana sesuatu dapat dibuat darinya, atau barang yang dibutuhkan untuk membuat sesuatu. Material adalah sebuah masukan dalam produksi. Material sering kali adalah bahan mentah - yang belum diproses, tetapi kadang kala telah diproses sebelum digunakan untuk proses produksi lebih lanjut. Umumnya, dalam masyarakat teknologi maju, material adalah bahan konsumen yang belum selesai. Sedangkan material teknik adalah jenis material yang banyak dipakai dalam proses rekayasa dan industri.

Material yang di gunakan dalam perancangan konstruksi rangka stager *Ms-Manipulator* antara lain adalah

1. Besi Cor

Besi konstruksi, atau yang lebih umum dikenal dengan Besi Cor merupakan salah satu jenis besi yang terdiri dari 2%-6,67% carbon (C), 1-3% silicon (S), 0,25-15% Magnesium/Mangan (Mg), 0,05 – 1,5% Phosphor (p), dan 1,5% Sulfur (s). Besi cor adalah besi yang memiliki titik lebur sebesar 1.150 derajat celcius – 1.300 derajat celcius dan dapat dituang ke dalam bentuk-bentuk yang cukup rumit.

2. Baja

Baja atau keluli, juga dikenali sebagai besi baja atau besi waja (Bahasa Inggrisi: *Steel*) adalah logam panduan, logam besi yang berfungsi sebagai unsur dasar dicampur dengan beberapa elemen lainnya, termasuk unsur karbon. Besi dapat terbentuk menjadi dua bentuk kristal yaitu *Body Center Cubic* (BCC) dan *Face Center Cubic* (FCC), tergantung dari temperaturnya ketika ditempa. Dalam susunan bentuk BCC, ada atom besi ditengah-tengah kubus atom, dan susunan FCC memiliki atom besi disetiap sisi pada enam sisi kubus atom. Interaksi alotropi yang terjadi antara logam besi dengan elemen pepadu, seperti karbon, yang membuat baja dan besi tuang memiliki ciri khas yang ada pada diri mereka.

3. Alumunium

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan koroosi yang baik. Aluminium ialah unsur kimia. Lambang aluminium ialah Al, dan nomor atomnya 13. Aluminium ialah logam paling berlimpah. Aluminium bukan merupakan jenis logam berat, tetapi merupakan elemen yang berjumlah sekitar 8% dari permukaan bumi dan paling berlimpah ketiga. Aluminium terdapat dalam penggunaan aditif makanan, antasida, buffered aspirin, astringents, semprotan hidung, antiperspirant, air minum, knalpot mobil, asap tembakau, penggunaan aluminium foil, peralatan masak, kaleng, keramik, dan kembang api.

2.8 Konsep Tegangan Regangan

Secara umum konsep tegangan regangan teknik dibagi menjadi dua, yaitu sebagai berikut :

1. Konsep Tegangan

Pada dasarnya tegangan dapat didefinisikan sebagai besaran gaya yang bekerja pada suatu satuan luas. Dirumuskan sebagai berikut :

Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

σ : Tegangan (N/m²)

F : Gaya yang bekerja (N)

A : Luas bidang (m²)

Pada suatu bidang yang dikenai suatu gaya akan terdapat dua jenis tegangan yang mempengaruhi bidang tersebut, yaitu tegangan normal dan tegangan geser.

Tegangan normal adalah tegangan yang tegak lurus terhadap permukaan benda yang ditimbulkan oleh gaya aksial dan momen lentur. Sedangkan tegangan geser adalah tegangan yang sejajar terhadap permukaan benda yang ditimbulkan oleh gaya geser, gaya puntir dan torsi. Bila benda tersebut mendapat gaya maka akan menghasilkan tegangan pada material benda tersebut.

Suatu tegangan normal, secara matematis dapat didefinisikan sebagai : Tegangan normal terbagi menjadi dua macam, yaitu tegangan normal yang menghasilkan suatu tarikan (*tension*) pada permukaan suatu benda. Tegangan normal yang menghasilkan suatu dorongan (*compression*) pada permukaan benda.

2. Konsep Regangan

Regangan dinyatakan sebagai pertambahan panjang persatuan panjang. Hukum Hooke menyatakan bahwa dalam batas-batas tertentu, tegangan pada suatu bahan adalah berbanding lurus dengan regangan. Secara matematis, regangan dapat ditulis :

Regangan

$$\varepsilon = \frac{\dot{\delta}}{L} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

E : Regangan

$\dot{\delta}$: Pertambahan panjang total (m)

L : Panjang mula-mula (m)

Hubungan tegangan dan regangan dapat ditulis sebagai :

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \dots \dots \dots (2.3)$$

1. Momen lentur maksimum

$$M_{max} = M_Q + M_P \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana M_{max} = momen lentur maksimum (Nmm)

M_P = momen lentur dinamis (Nmm)

M_Q = momen lentur statis (Nmm)

2. Momen lentur akibat beban konstan/statis

$$M_Q = Q \frac{L}{8} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana M_Q = momen lentur statis (Nmm)

Q = berat girder atau konstan (N)

L = panjang batang girder (mm)

3. Momen lentur akibat beban bergerak atau dinamis

$$M_P + \frac{P}{2L} \left(L - \frac{b}{2} \right) \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana M_p = momen lentur dinamis (Nmm)

b = jarak antar roda troli (mm)

P = berat poist ditambah beban hook (dinamis) (N)

L = panjang batang profil girder (mm)

4. Tegangan geser izin

$$F = \frac{\sigma_b}{Sf_{ksatu}Sf_{k2}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana f = tegangan geser izin (N/mm²)

σ_B = kekuatan tarik maksimum beban (N/mm²)

Sf_{ksatu} = faktor keamanan

Sf_{k2} = faktor kekerasan permukaan

5. Tegangan geser

$$\tau = \frac{R_{max}}{A} \leq \tau \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana τ = tegangan geser izin (N/mm)

R_{max} = reaksi maksimum (N)

A = luas penampang (mm²)

6. Kekuatan sambungan las

$$p = t.L.\sigma_B \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana P = kekuatan sambungan las (N)

T = tebal las (mm)

L = panjang lasan (mm)

σ_B = kekuatan tarik (N/mm²)

7. Panjang lasan

$$L = \frac{a}{\sin \alpha} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana b = lebar bahan (mm)

a = sudut pengelasan (mm)

2.9 Momen

Dalam mendesain dan menganalisis rangka sangat penting untuk menghitung nilai-nilai maksimum dari gaya geser dan momen. Hal ini dilakukan dengan menggunakan sistem grafis yang disebut diagram gaya geser dan diagram momen. Diagram momen biasanya digambar dibawah diagram gaya geser. Garis utama momen menunjukkan momen nol, digambar sejajar garis utama gaya geser. Berikut hal-hal berkenaan dengan diagram momen :

- Momen pada ujung-ujung tumpuan sederhana akan selalu berharga nol.
- Dengan beban reaksi vertikal ke bawah momen pada ujung bebas rangka selalu berharga nol, dan momen maksimum terjadi pada ujung tetap.
- Momen tekuk selalu positif pada rangka tumpuan sederhana dan negatif pada rangka, dengan asumsi semua beban vertikal ke bawah.
- Momen maksimum selalu terjadi pada titik dengan gaya geser nol atau diagram gaya geser melalui nilai nol.

Jika sebuah rangka dikenai beban luar dan mengakibatkan reaksi maka akan terjadi tegangan dalam, tegangan ini disebut tegangan geser. Metode yang digunakan untuk menentukan gaya geser dan momen dengan memperlihatkan kondisi kesetimbangan. Gaya geser merupakan jumlah dari beban luar yang bekerja pada penampang sebuah benda. Definisi gaya ini dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$V_{(x)} = (\Sigma Y)$$

2.10 Geseran Dan Momen

Bila gelagar dipotong pada suatu penampang pada jarak $X = XI$, diperlakukan sebagai suatu benda bebas, maka suatu gaya geser dan momen harus bekerja pada

permukaan potongan untuk menjamin kesetimbangan. Gaya geser dan momen lentur adalah saling berhubungan sesuai dengan persamaan :

$$V = \frac{dM}{dx}$$

Lenturan bisa juga disebabkan oleh beban merata. Untuk ini, hubungan antara gaya geser dengan momen lentur dapat ditulis sebagai berikut.

$$\frac{dv}{dx} = \frac{d^2M}{dx^2} = -\omega$$

2.11 Lendutan

Suatu struktur atau elemen disebut kaku bilamana tidak melengkung, melendut, ataupun memuntir terlalu banyak sewaktu diberi gaya, momen, ataupun puntiran dari luar. Tetapi bila pergeseran akibat pengaruh luar terlalu besar, maka komponen itu disebut lentur. Istilah yang kualitatif sifatnya karena sangat tergantung pada keadaan. Jadi, berat komponen yang di letakan dan di anggap sangat kaku bila komponen tersebut cukup berat.

Analisis defleksi memasuki situasi perencanaan dalam banyak hal. Cincin pengikat atau cincin penahan, harus cukup lentur sehingga bila dipasangkan dapat melengkung tanpa deformasi yang permanen; tetapi harus cukup kaku untuk menahan bagian-bagian mesin yang diikatnya. Dalam suatu transmisi, roda-roda gigi harus didukung oleh poros yang kaku. Jika poros itu melengkung terlalu banyak, yaitu bila terlalu lentur, gigi itu tidak akan bertautan secara tepat, sehingga menyebabkan benturan yang berlebihan, bising, aus, dan mempercepat kerusakan. Kadang-kadang, elemen mesin harus direncanakan untuk mempunyai karakter defleksi tertentu terhadap gaya yang bekerja.

2.12 Teori Elastisitas

Teori elastisitas banyak membantu sekali dalam memahami pengertian metode elemen hingga dan analisa struktur rangka, karena berkaitan mencari kekuatan pada rangka. dalam teori elastisitas hukum Hooke berlaku :

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \text{ atau } E \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.11)$$

Atau

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.12)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2.13)$$

dengan :

E : Modulus elastisitas (psi atau N/m²)

σ : Tegangan (psi atau N/m²)

ε : Regangan (in/in atau m/m)

F : Gaya (lbf atau N)

A : Luas penampang elemen (in² atau m²)

Δl : Perubahan panjang elemen (in atau m)

l_0 : Panjang elemen mula-mula (in atau m)

Hubungan antara tegangan dan regangan ditunjukkan pada gambar sebagai berikut :

Tegangan σ yang timbul berasal dari gaya F yang dibutuhkan dibagi dengan luas penampang akhir A_0 . Regangan ε didapat dari pertambahan panjang setelah ditarik dibagi dengan panjang terakhir dari batang tersebut. $l_0 / \sigma = F/A$; $\varepsilon = \Delta l / l_0$. Diagram tegangan regangan (*stress strain diagram*) yang terlihat pada gambar 2 mempunyai beberapa besaran :

Batas elastisitas σ : tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh bahan kerja tanpa mengalami regangan plastis.

Batas Proporsional σ_p : sampai batas ini berlaku hukum Hooke $\sigma = E \cdot \epsilon$, dimana tegangan dan regangan bertambah secara proporsional (*linier*).

E: modulus elastisitas N/m^2 .

Batas Tarik σ_s : tegangan ini menunjukkan batas regangan elastisitas-plastis pada percobaan tarik.

Kekuatan pada σ_B : tegangan maksimum ini berdasarkan gaya maksimum F_{maks} dibagi dengan luas penampang mula-mula A_0 . Dalam kenyataan tegangan ini lebih besar (garis terputus-putus. Gambar 2), karena penampang A_0 telah mengecil.

2.13 Teori Pengelasan Logam

Pengelasan adalah proses penyambungan logam dari dua benda kerja yang terpisah, dengan cara dipanaskan dengan suhu yang cukup tinggi pada bagian yang akan disambung. Proses pemanasan tersebut menyebabkan pencairan dengan bahan pengisi atau tanpa bahan pengisi, sehingga setelah membeku akan menjadi ikatan metalurgis dibagian sambungan las.

2.14 Holder

Holder berfungsi sebagai pendukung dan tempat dipasangkannya komponen-komponen suatu alat atau mesin. Holder harus mampu menahan beban keseluruhan dari komponen yang dipasangkan pada pembagian atas holder seperti misalnya : panel, hotcell, manipulator hotcell, stager manipulator dan lain-lain, yang merupakan beban yang dianggap vital yang dapat mempengaruhi proses pelapisan pada permukaan logam.

Disamping itu, rangka harus dapat menahan getaran yang ditimbulkan saat pengoprasian.

Kriteria perancangan yang paling penting adalah faktor keamanan. Pendekatan paling umum dari analisis keamanan suatu struktur didasarkan pada asumsi bahwa jika tegangan yang diterima benda kerja dibatasi oleh nilai yang secara substansial lebih kecil dibandingkan tegangan-tegangan yang berhubungan dengan kegagalan suatu struktur, maka keamanan pada struktur terjamin.

Beban kerja aksial biasanya lebih kecil dibandingkan beban kerja teoritis agar dapat mewakili beban minimum yang akan terjadi selama umur pakai sebuah struktur konstruksi tersebut. Tegangan yang diterima suatu konstruksi tidak boleh melewati tegangan yang diizinkan dari material penyusunnya.

Dalam perancangan konstruksi rangka banyak faktor yang harus ditinjau, antara lain :

a. Pemilihan bahan konstruksi holder

Secara garis besar material yang digunakan untuk membuat konstruksi holder terdiri dari dua macam yaitu :

- Bahan jenis logam, misalnya ; besi, baja, aluminium, kuningan dan lain-lain.
- Bahan jenis non-logam, misalnya : kayu, plastik, busa, kaca dan lain-lain.

Masing-masing material tersebut memiliki kelebihan maupun kekurangan. Bahan jenis logam memiliki kekuatan lebih tinggi dibandingkan jenis non-logam. Sedangkan bahan jenis non-logam memiliki kekuatan relatif lebih rendah, akan tetapi dapat menahan getaran serta tidak terkorosi seperti yang terjadi pada bahan logam.

b. Letak pembebanan pada konstruksi rangka

Dengan mengetahui letak pembebanan maka konstruksi rangka dapat dirancang sebaik mungkin sesuai pembebanan masing-masing. Hal ini berpengaruh terhadap bentuk dan bahan konstruksi rangka yang dirancang.

2.15 Bahan Konstruksi Holder

Pengertian terhadap material merupakan dasar untuk mempelajari sifat dari struktur walaupun beberapa struktur dibebani tegangan dua atau tiga dimensi yang kompleks. Sifat dasar struktur material bangunan dapat dipelajari dengan spesimen sederhana yang dibebani penarikan dan tekanan. Bahan konstruksi disesuaikan dengan bahan yang ditangguhkan. Ditangguhkan terhadap sesuatu pembebanan dan juga kondisi dari fungsi tersebut.

2.16 Struktur Baja Tahan Karat

Baja tahan karat adalah istilah yang umum untuk semua jenis baja yang merupakan produk dari proses peleburan khusus, memiliki tingkat kemurnian yang tinggi, dan bereaksi merata terhadap panas yang diberikan. Berdasarkan definisi ini, baja stainless tidak harus selalu merupakan baja alloy atau baja alloy tinggi. Dalam uraian ini akan dibatasi pada baja stainless alloy tinggi dengan kandungan kromium setidaknya 10,5%.

Kategori baja stainless alloy tinggi

Berdasarkan strukturnya, baja stainless alloy tinggi dapat dikelompokkan ke dalam kategori berikut:

1. Baja tahan karats feritik

Baja tahan karat feritik dibagi menjadi dua kelompok:

- dengan kromium (CR) sekitar 11 hingga 13%
- dengan kromium (CR) sekitar 17%

Baja tahan karat dengan kandungan kromium sebesar 10,5% hingga 13% dikategorikan sebagai lembam korosi karena kandungan kromiumnya yang rendah. Baja ini digunakan jika kriteria yang diutamakan adalah masa pakai, keamanan, dan tingkat perawatan yang rendah dan tidak ada kriteria spesifik yang dibutuhkan. Bidang aplikasi yang umum menggunakannya misalnya konstruksi kontainer, konstruksi gerbong, dan konstruksi kendaraan.

2. Baja tahan karats martensitik

Baja tahan karat martensitik dengan kandungan kromium 12 hingga 18% dan kandungan karbon melebihi 0,1% akan berubah menjadi austenitik pada temperatur di atas 950 - 1050°C. Pendinginan cepat (quenching) akan menghasilkan struktur martensitik. Struktur ini, terutama jika dikeraskan dan didinginkan, akan menghasilkan kekuatan yang tinggi dan bahkan meningkatkan kandungan karbon. Baja tahan karats martensitik digunakan misalnya untuk produksi pisau silet, pisau, atau gunting.

3. Baja tahan karats austenitik

Baja tahan karats austenitik (disebut juga: baja kromium-nikel) dengan kandungan nikel di atas 8% merupakan kombinasi yang ideal untuk aplikasi praktis yang terkait pemrosesan, ketahanan terhadap korosi, dan karakteristik mekanisnya. Karakteristik utama dari jenis baja stainless ini adalah ketahanan yang tinggi terhadap korosi. Atas dasar itu, baja stainless austenitik diterapkan di area dengan media yang agresif, misalnya kontak dengan air laut yang mengandung klorida dan dalam industri kimia dan makanan.

4. Baja tahan karat feritik-austenitik (baja dupleks)

Baja tahan karat feritik-austenitik seringkali disebut juga baja dupleks karena merupakan komposit yang terbentuk dari dua struktur ini. Karena baja ini memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi dan juga memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap korosi, baja jenis ini terutama cocok untuk penggunaan pada teknik lepas pantai.

2.17 Autodesk Inventor

Autodesk Inventor merupakan program yang dirancang khusus untuk keperluan bidang teknik seperti desain produk, desain mesin, desain mold, desain konstruksi, atau keperluan teknik lainnya. Autodesk Inventor adalah program pemodelan solid berbasis fitur parametrik, artinya semua objek dan hubungan antar geometri dapat dimodifikasi kembali meski geometrinya sudah jadi, tanpa perlu mengulang lagi dari awal. Hal ini sangat memudahkan kita ketika sedang dalam proses desain suatu produk atau rancangan. Untuk membuat suatu model 3D yang solid ataupun surface, kita harus membuat sketch-nya terlebih dahulu atau mengimpor gambar 2D dari Autodesk Autocad. Setelah gambar atau model 3D tersebut jadi, maka dapat membuat gambar kerjanya menggunakan fasilitas drawing.

Autodesk Inventor juga mampu memberikan simulasi pergerakan dari produk yang kita desain serta mempunyai alat untuk menganalisis kekuatan. Alat ini cukup mudah digunakan dan dapat membantu kita untuk mengurangi kesalahan dalam membuat desain. Dengan demikian, selain biaya yang harus kita keluarkan akan berkurang, time to market dari benda yang kita desain pun dapat dipercepat karena kita sudah mensimulasikan terlebih dahulu benda yang kita desain di komputer sebelum masuk ke proses produksi.