BABII

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Bahan Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit memberikan suatu pengertian yang sangat luas dan berbeda-beda, serta mengikuti situasi dan perkembangan bahan itu sendiri. Gabungan dua atau lebih bahan merupakan suatu konsep yang diperkenalkan untuk menerangkan definisi komposit.

Walaupun demikian definisi ini terlalu umum, karena komposit ini merangkumi semua bahan termasuk plastik yang diperkuat dengan serat, logam *alloy*, keramik, kopolimer, plastik berpengisi atau apa saja campuran dua bahan atau lebih untuk mendapatkan suatu bahan yang baru.

Komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari logam, kekakuan jenis (modulus *Young/density*) dan kekuatan jenisnya lebih tinggi dari logam. Beberapa lamina komposit dapat ditumpuk dengan arah orientasi serat yang berbeda, gabungan lamina ini disebut sebagai laminat.

Kelebihan bahan komposit

Bahan komposit mempunyai beberapa kelebihan berbanding dengan bahan konvensional seperti logam. Kelebihan tersebut pada umumnya dapat dilihat dari beberapa sudut yang penting seperti sifat-sifat mekanikal dan fisikal, keupayaan (*reliability*), keboleh prosesan dan biaya. Seperti yang diuraikan dibawah ini:

a. Sifat-sifat mekanikal dan fisikal

Pada umumnya pemilihan bahan matriks dan serat memainkan peranan penting dalam menentukan sifat-sifat mekanik dan sifat komposit. Gabungan matriks dan serat dapat menghasilkan komposit yang mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi dari bahan konvensional. Berikut ini merupakan sifat – sifat mekanikal dan fisikal yang harus ada pada bahan komposit :

- 1. Bahan komposit mempunyai density yang jauh lebih rendah berbanding dengan bahan konvensional. Ini memberikan implikasi yang penting dalam konteks penggunaan karena komposit akan mempunyai kekuatan dan kekakuan spesifik yang lebih tinggi dari bahan konvensional. Implikasi kedua ialah produk komposit yang dihasilkan akan mempunyai kerut yang lebih rendah dari logam. Pengurangan berat adalah satu aspek yang penting dalam industri pembuatan seperti automobile dan angkasa lepas. Ini karena berhubungan dengan penghematan bahan bakar.
- 2. Dalam industri angkasa lepas terdapat kecendrungan untuk menggantikan komponen yang diperbuat dari logam dengan komposit karena telah terbukti komposit mempunyai rintangan terhadap fatigue yang baik terutamanya komposit yang menggunakan serat karbon.
- 3. Kelemahan logam yang agak terlihat jelas ialah rintangan terhadap kakisa yang lemah terutama produk yang kebutuhan sehari-hari. Kecendrungan komponen logam untuk mengalami kakisan menyebabkan biaya pembuatan yang tinggi
- 4. Bahan komposit juga mempunyai kelebihan dari segi versatility (berdaya guna) yaitu produk yang mempunyai gabungan sifat-sifat yang menarik yang dapat dihasilkan dengan mengubah sesuai jenis matriks dan serat yang digunakan. Contoh dengan menggabungkan lebih dari satu serat dengan matriks untuk menghasilkan komposit hibrid.
- 5. Massa jenis rendah (ringan)
- 6. Lebih kuat dan lebih ringan
- 7. Perbandingan kekuatan dan berat yang menguntungkan
- 8. Lebih kuat (stiff), ulet (tough) dan tidak getas.
- 9. Koefisien pemuaian yang rendah
- 10. Tahan terhadap cuaca
- 11. Tahan terhadap korosi

- 12. Mudah diproses (dibentuk)
- 13. Lebih mudah dibanding metal

b. Harga

Faktor harga juga memainkan peranan yang sangat penting dalam membantu perkembangan industri komposit. Harga yang berkaitan erat dengan penghasilan suatu produk yang seharusnya memperhitungkan beberapa aspek seperti harga bahan mentah, pemrosesan, tenaga manusia, dan sebagainya.

Kekurangan Bahan Komposit

Adapun kekurang bahan komposit yang telah diketahui adalah sebagai berikut:

- 1. Tidak tahan terhadap beban *shock* (kejut) dan *cras*h (tabrak) dibandingkan dengan metal.
- 2. Kurang elastis
- 3. Lebih sulit dibentuk secara plastis

Aplikasi dan Contoh Bahan Komposit

Penggunaan bahan komposit sangat luas dan dapat digunakan dalam berbagai macam bidang dalam kehidupan sehari – hari atau dalam bidang khusus, yaitu digunakan untuk :

- Angkasa luar : Komponen kapal terbang, Komponen Helikopter, Komponen satelit.
- 2. Automobile: Komponen mesin, Komponen kereta
- 3. Olah raga dan rekreasi : Sepeda, Stick golf, Raket tenis, Sepatu olah raga
- 4. Industri Pertahanan : Komponen jet tempur, Peluru, Komponen kapal selam
- 5. Industri Pembinaan : Jembatan, Terowongan, Rumah, Tanks.
- 6. Kesehatan : Kaki palsu, Sambungan sendi pada pinggang
- 7. Marine / Kelautan : Kapal layar, Kayak

2.2 Jenis – Jenis Bahan Komposit

Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu :

- 1. *Fibrous Composites* (Komposit Serat) merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat (*fiber*). Serat (*fiber*) yang digunakan bisa berupa *glass fibers*, *carbon fibers*, *aramid fibers* (*polyaramide*), dan sebagainya.
- 2. *Laminated Composites* (Komposit Laminat) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.
- 3. *Particulalate Composites* (Komposit Partikel) merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.

Sehingga komposit dapat disimpulkan adalah sebagai dua macam atau lebih material yang digabungkan atau dikombinasikan dalam sekala makroskopis (dapat terlihat langsung oleh mata) sehingga menjadi material baru yang lebih berguna. Pada bahan material komposit terdiri dari 2 bagian utama yaitu :

- a. Matriks, berfungsi untuk perekat atau pengikat dan pelindung *filler* (pengisi) dari kerusakan eksternal.
- b. *Filler* (pengisi), berfungsi sebagai Penguat dari matriks.

2.3 Proses Pembuatan Bahan Komposit

Secara Garis besar metoda pembuatan material komposit terdiri dari atas dua cara, yaitu :

1. Proses Cetakan Terbuka (Open-Mold Process)

Adapun dalam proses cetakan terbuka memiliki 5 cara pembuatan bahan komposit, diantaranya sebagai berikut:

a. Contact Molding/ Hand Lay Up
 Hand lay-up adalah metoda yang paling sederhana dan merupakan proses dengan metode terbuka dari proses fabrikasi

komposit.Adapun proses dari pembuatan dengan metoda ini adalah dengan cara menuangkan resin dengan tangan kedalam serat berbentuk anyaman, rajuan atau kain, kemudian memberi takanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar.

Kelebihan penggunaan metoda ini:

- o Mudah dilakukan
- o Cocok di gunakan untuk komponen yang besar
- o Volumenya rendah

Aplikasi dari pembuatan produk komposit menggunakan hand lay up ini biasanya di gunakan pada material atau komponen yang sangat besar, seperti pembuatan kapal, bodi kendaraan, bilah turbin angin, bak mandi,perahu.

b. Vacuum Bag

Proses vacuum bag merupakan penyempurnaan dari hand lay up, penggunaan pengunaan dari proses vakum ini adalah untuk menghilangkan udara terperangkap dan kelebihan resin. Pada proses ini digunakan pompa *vacuum* untuk menghisap udara yang ada dalam wadah tempat diletakkannya komposit yang akan dilakukan proses pencetakan. Dengan divakumkan udara dalam wadah maka udara yang ada diluar penutup plastic akan menekan kearah dalam. Hal ini akan menyebabkan udara yang terperangkap dalam specimen komposit akan dapat diminimalkan.

Dibandingkan dengan hand layup, metode vakum memberikan pen guatan konsentrasi yang lebih tinggi, adhesi yang lebih baik antara lapisan, dan kontrol yang lebih resin / rasio kaca. Aplikasi dari metoda vacuum bag ini adalah pembuatan kapal pesiar, komponen mobil balap,perahu.

c. Pressure Bag

Pressure bag memiliki kesamaan dengan metode *vacuum bag*, namun cara ini tidak memakai pompa vakum tetapi menggunakan udara atau uap bertekanan yang dimasukkan malalui suatu wadah elastis Wadah elastis ini yang akan berkontak pada komposit yang akan dilakukan proses. Biasanya tekanan basar tekanan yang di berikan pada proses ini adalah sebesar 30 sampai 50 psi.

Aplikasi dari metoda vacuum bag ini adalah pembuatan tangki,wadah,turbin angin,vessel.

d. Spray-Up

Spray-up merupakan metode cetakan terbuka yang dapat menghasilkan bagian-bagian yang lebih kompleks ekonomis dari hand lay-up.Proses *spray-up* dilakukan dengan cara penyemprotan serat *(fibre)* yang telah melewati tempat pemotongan *(chopper)*. Sementara resin yang telah dicampur dengan katalis juga disemprotkan secara bersamaan Wadah tempat pencetakan*spray-up* telah disiapkan sebelumnya. Setelah itu proses selanjutnya adalah dengan embiarkannya mengeras pada kondisi atsmosfer standar.

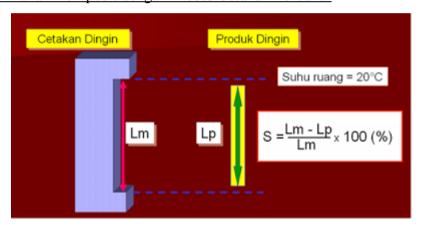
Spray-up telah sangat sedikit aplikasi di ruang angkasa. Teknologi ini menghasilkan struktur kekuatan yang rendah yang biasanya tidak termasuk pada produk akhir. Spray-up sedang digunakan untuk bergabung dengan struktur back-up untuk lembaran wajah komposit pada alat komposit. Spray-up ini juga digunakan terbatas untuk mendapatkan fiberglass splash dari alat transfer.

Aplikasi penggunaan dari proses ini adalah panel-panel, bodi karavan,bak mandi, sampan,sampan.

e. Filament Winding

Fiber tipe *roving* atau *single strand* dilewatkan melalui wadah yang berisi resin, kemudian fiber tersebut akan diputar sekeliling mandrel yang sedang bergerak dua arah, arah radial dan arah tangensial. Proses ini dilakukan berulang, sehingga cara ini didapatkan lapisan serat dan fiber sesuai dengan yang diinginkan. Resin termoseting yang biasa di gunakan pada proses ini adalah poliester, vinil ester, epoxies, dan fenolat.

Penyusutan Bahan Komposit dengan Proses Cetakan Terbuka



Gambar 2.1 Penyusutan Bahan Komposit

Sumber : [Lit.6, 2010]

Nilai penyusutan (*Shrinkage*) adalah perbedaan antara cetakan dalam kondisi dingin dengan benda dalam kondisi dingin. Kondisi dingin yang dimaksud adalah pada suhu ruang yaitu 20 derajat Celcius. Seluruh perubahan ukuran dapat terjadi dalam 24 jam setelah produksi. Sehingga apabila kita ingin menghitung nilai shrinkage, kita harus mendiamkan dahulu produk selama 24 jam pada suhu ruang. Rumus untuk menghitung nilai shrinkage (lihat gambar 2.1). Sebagai contoh pada jenis bahan komposit *fiberglass* kita menggunakan cetakan dengan ukuran panjang (Lm) = 100 mm, dan mendapatkan ukuran produk dengan panjang (Lp) = 97,5 mm.

Maka dapat disimpulakan pada bahan komposit *fiberglass* memiliki nilai penyusutan :

Nilai Shrinkage (S) =
$$((100-97.5) / 100) \times 100 \% = 2.5 \%$$

2. Proses Cetakan Tertutup (Closed mold Processes)

Adapun dalam proses pembuatan komposit dengan menggunakan proses cetakan tertutup memiliki tiga cara proses pembuatan, diantaranya sebgai berikut :

a. Proses Cetakan Tekan (Compression Molding)

Proses cetakan ini menggunakan *hydraulic* sebagai penekannya. *Fiber* yang telah dicampur dengan resin dimasukkan ke dalam rongga cetakan, kemudian dilakukan penekanan dan pemanasan. Resin termoset khas yang digunakan dalam proses cetak tekan ini adalah poliester, vinil ester, epoxies, dan fenolat.

Aplikasi dari proses compression molding ini adalah alat rumah, kontainer besar, alat listrik, untuk panel bodi kendaraan rekreasi seperti ponsel salju,kerangka sepeda dan jet ski.

b. *Injection Molding*

Metoda injection molding juga dikenal sebagai reaksi pencetakan cairan atau pelapisan tekanan tinggi. Fiber dan resin dimasukkan kedalam rongga cetakan bagian atas, kondisi temperature dijaga supaya tetap dapat mencairkan resin. Resin cair beserta *fiber* akan mengalir ke bagian bawah, kemudian injeksi dilakukan oleh mandrel ke arah nozel menuju cetakan.

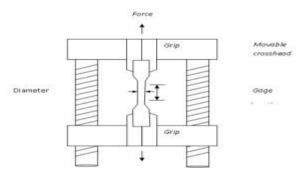
Pada proses ini resin polimer reaktif yang di gunakan seperti poliol, isosianat, poliuretan, dan poliamida menyediakan siklus pencetakan cepat cocok untuk aplikasi otomotif dan furnitur. Aplikasi secara umum meliputi bumper otomotif, komponen fender dan panel, alat rumah, dan komponen mebel.

c. Continuous Pultrusion

Fiber jenis roving dilewatkan melalui wadah berisi resin, kemudian secara kontinu dilewatkan ke cetakan pra cetak dan diawetkan (cure), kemdian dilakukan pengerolan sesuai dengan dimensi yang diinginkan. Atau juga bisa di sebut sebagai penarikan serat dari suatu jaring atau creel melalui bak resin, kemudian dilewatkan pada cetakan yang telah dipanaskan. Fungsi dari cetakan tersebut ialah mengontrol kandungan resin, melengkapi pengisian serat, dan mengeraskan bahan menjadi bentuk akhir setelah melewati cetakan.

Aplikasi penggunaan proses ini digunakan untuk pembuatan batang digunakan pada struktur atap, jembatan. Adapun contohnya adalah Round Rods, Rectangles, Squares, 'I' sections, 'T' sections, Angles, Channels, Dog Bone Profiles, Dove Tail Sticks and Spacers, Corner Profiles, Hallow Sections

2.4 Penjelasan Uji Tarik



Gambar 2.2 Skema Proses Uji Tarik

Sumber: [Lit.3, 2013]

Pengujian tarik yaitu pengujian yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang sifat-sifat dan keadaan dari suatu logam atau material lain. Pengujian tarik dilakukan dengan penambahan beban secara perlahan-lahan, kemudian akan terjadi pertambahan panjang yang sebanding dengan gaya yang

bekerja.Kesebandingan ini terus berlanjut sampai bahan sampai titik *propotionality limit*. Setelah itu pertambahan panjang yang terjadi sebagai akibat penambahan beban tidak lagi berbanding lurus, pertambahan beban yang sama akan menghasilkan penambahan panjang yang lebih besar dan suatu saat terjadi penambahan panjang tanpa ada penambahan beban, batang uji bertambah panjang dengan sendirinya. Hal ini dikatakan batang uji mengalami *yield* (luluh). Keadaan ini hanya berlangsung sesaat dan setelah itu akan naik lagi.

Kenaikan beban ini akan berlangsung sampai mencapai maksimum, untuk batang yang ulet beban mesin tarik akan turun lagi sampai akhirnya putus. Pada saat beban mencapai maksimum, batang uji mengalami pengecilan penampang setempat (*local necting*) dan penambahan panjang terjadi hanya disekitar *necking* tersebut. Pada batang getas tidak terjadi *necking* dan batang akan putus pada saat beban maksimum.Pada pengujian tarik nantinya akan diperoleh sifat mekanik dari logam atau material lain yg diuji tersebut.

Beberapa sifat mekanik dibagi menjadi 2, yaitu :

1. Sifat Mekanik di daerah Elastis

Adapun sifat –sifat mekanik yang berada didaerah elastis, diantaranya :

- a. Kekhituatan elastis : kemampuan batang untuk menerima beban / tegangan tanpa berakibat terjadinya *deformasi plastis* (perubahan bentuk yang permanen). Ditunjukkkan oleh titik luluh (*yield*).
- b. Kekakuan (stiffness) : suatu batang yang memiliki kekakuan tinggi bila mendapat beban (dalam batas elastisnya) akan mengalami *deformasi plastis*, tetapi hanya sedikit.
- c. Resilience: kemampuan bahan untuk menyerap energi tanpa menyebabkan terjadinya *deformasi plastis*. Dinyatakan dengan besarnya luasan di bawah grafik daerah elastik (Modulus Resilien)

2. Sifat mekanik di daerah plastis

Adapun sifat – sifat mekanik yang berada di daerah plastis, diantaranya :

a. Kekuatan tarik (Tensile strength)

Kemampuan batang untuk menerima beban/ tegangan tanpa mengakibatkan batang rusak atau putus. Kekuatan tarik maksimum ditunjukkan sebagai tegangan maksimum (*ultimate stress*) pada kurva tegangan-regangan.

b. Keuletan (Ductility)

Kemampuan bahan untuk berdeformasi tanpa menjadi patah. Dapat diukur dengan besarnya tegangan plastis yang terjadi setelah batang uji putus. Ditunjukkan sebagai garis elastik pada grafik tegangan-regangan.

c. Ketangguhan (Toughness)

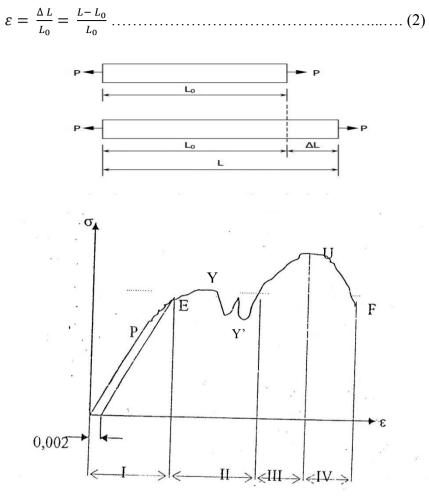
Kemampuan menyerap energi tanpa mengakibatkan patah, dapat diukur dengan besarnya energi yang diperlukan untuk mematahkan batang uji. Ketangguhan dinyatakan dengan modulus ketangguhan yaitu banyaknya energi yang dibutuhkan untuk mematahkan satu satuan volume bahan. Ditunjukkan sebagai keseluruhan luasan di bawah kurva tegangan-regangan.

Dasar Teori Uji Tarik

Uji tarik rekayasa banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan (Dieter, 1987). Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji (Davis, Troxell, dan Wiskocil, 1955). Kurva tegangan regangan rekayasa diperoleh dari pengukuran perpanjangan benda uji. Tegangan yang dipergunakan pada kurva adalah tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik yang diperoleh dengan membagi beban dengan luas awal penampang melintang benda uji.

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \qquad (1)$$

Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan regangan rekayasa adalah regangan linier rata-rata, yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur (gage length) benda uji, ΔL , dengan panjang awalnya, L0.



Gambar 2.3 Kurva Umum Hasil Uji Tarik

Sumber : [Lit.3, 2013]

keterangan:

I = Daerah elastic

II = Daerah plastis sempurna (*perfectly plastic*)

III = *Strain harden* (pengutan kerangka)

IV = Daerah kontraksi

Kurva tegangan regangan hasil pengujian tarik umumnya tampak seperti pada gambar 2.3. Dari gambar tersebut dapat dilihat keterangan:

1. Titik P adalah batas proporsional (*proportional limit*) yaitu batas tegangan maksimum yang mungkin dilakukan pada pengujian tarik, dimana tegangan merupakan fungsi linier terhadap regangan. Ada juga bahan yang tidak mempunyai batas proposional.

- 2. Titik E (*Elastis limit*) adalah batas tegangan maksimum yang terjadi pada pengujian tarik, namun tidak terjadi perubahan bentuk yang permanen jika pembebanan ditiadakan. Batas proposional dan batas elastic setiap bahan jarang ditentukan secara pasti, namun kadang kadang menggunakan secara pendekatan.
- 3. Titik Y (*Yield point*) yaitu terjadi penambahan regangan tanpa terjadi penambahan tegangan.
- 4. Titik Y' disebut titik luluh bawah.
- 5. Titik U (*Ultimate limit*) adalah tegangan maksimum bahan yang sering disebut sebagai kekuatan bahan.
- 6. Titik F (*Failure*) adalah titik dimana bahan terjadi pada akibat perlakuan pembebanan tarik tanpa terjadi penambahan tegangan.
- 7. Pada bagian ini pertambahan panjang sebanding dengan pertambahan beban yang diberikan. Pada bagian ini, berlaku hukum Hooke:

$$\Delta L = \frac{P}{A} x \frac{L_0}{E}$$
 (3)

 ΔL = pertambahan panjang benda kerja (mm)

L0 = panjang benda kerja awal (mm)

P = beban yang bekerja (N)

A = luas penampang benda kerja (mm^2)

E = modulus elastisitas bahan (N/mm²)

Dari persamaan (1) dan (2), bila disubstitusikan ke persamaan (3), maka akan diperoleh:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$
 (4)

Keterangan:

E = modulus elastisitas bahan (N/mm²)

 σ = teganga tarik

 $\varepsilon = \text{regangan aksial}$

Penjelasan Bahan Uji Tarik ASTM A370

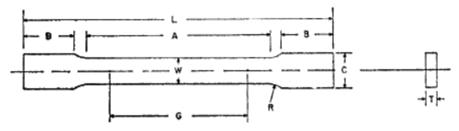
ASTM atau *American Standard Testing and Material* merupakan organisasi internasional yang mengembangkan standar teknik untuk material, produk, sistem dan jasa. Bedasarkan hal tersebut maka standar yang digunakan dalam uji tarik adalah bermacam – macam diantara nya ASTM A370, standar SNI 07-0371-1989 dan ASTM E-8. Perbedaan standar tersebut digunakan berdasarkan jenis bahan pada bahan yang akan diuji pada uji tarik dan setiap standar memiliki dimensi yang berbeda – beda. Hal ini tersebut bertujuan agar pada saat pengujian bahan uji tarik mengalami putus pada bagian tengah bahan tersebut. Pada

Berikut beberapa contoh spesimen uji tarik berdasarkan standar ASTM A370, SNI 07-0371-1989 dan ASTM E-8 seperti pada gambar berikut :

1. ASTM A370

Untuk bahan dari : non besi

Dimensi benda uji:



Gambar 2.4 Dimensi ASTM A370

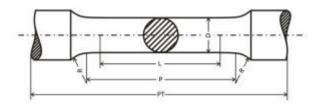
Sumber : [Lit.3, 2013]

В	A	L	W	G	R	С	T
40 mm	60 mm	159	16 mm	50 mm	10 mm	30 mm	5 mm
		mm					

2. SNI 07-0371-1989

Untuk bahan dari : Baja Cor, Baja Tempa, Baja Canai, *Besi Cor Meleabel dan Besi Cor Nodular (FCD)*, juga untuk Logam Bukan Besi dalam bentuk batangan serta paduannya.

Dimensi benda uji:



Gambar 2.5 Dimensi SNI 07-0371-1989

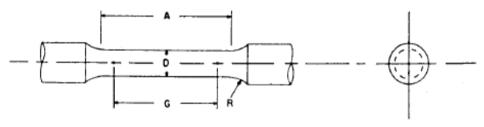
Sumber: [Lit.3, 2013]

(D)	(L)	(P)	(R)	(PT)
14 mm	50 mm	60 mm	15 mm	250 mm

3. Batang Uji dengan Bentuk Silider (ASTM E8)

Untuk bahan dari : Besi cor

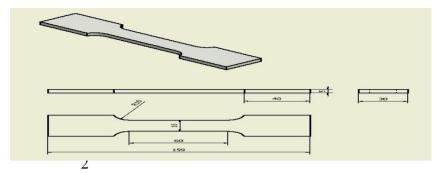
Dimensi benda uji:



Gambar2.6 Dimensi ASTM E8 Sumber : [Lit.3, 2013]

(G)	(D)	(R)	(A)	Keterangan
50 mm	12,5 mm	10 mm	56 mm	Ukuran
				Standar

Berdasarkan hal diatas maka standar yang paling tepat untuk digunakan pada rancang bangun ini adalah ASTM A370 dikarenakan bahan uji yang terbuat dari jenis bahan fiberglass.



Gambar 2.7 Dimensi dan hasil cetakan ASTM A370 Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 2.8 Gambar umum mesin uji tarik

Sumber : [Lit.3, 2013]

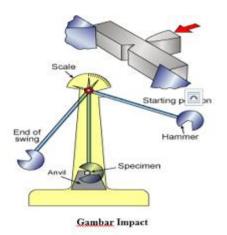
Perubahan panjang dari spesimen dideteksi lewat pengukur regangan (strain gage) yang ditempelkan pada spesimen. Bila pengukur regangan ini mengalami perubahan panjang dan penampang, terjadi perubahan nilai hambatan listrik yang dibaca oleh detektor dan kemudian dikonversi menjadi perubahan regangan.

Prosedur untuk melakukan uji tarik suatu spesimen adalah sebagai berikut

- 1) Menyiapkan spesimen sesuaikan dengan mesin uji tarik yang ada
- 2) Mengukur dimensi spesimen dan menggambar ulang spesimen
- 3) Memeriksa mesin uji apakah bekerja dengan baik

- 4) Memasang spesimen pada mesin uji kemudian melakukan pengujian
- 5) Mengukur ulang dimensi spesimen setelah penarikan terutama panjang dan diameter terkecil

2.5 Penjelasan Uji Impact



Gambar 2.9 Uji Impact

Sumber: [Lit.7, 2015]

Uji *impact* adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat (rapid loading). Pengujian impak merupakan suatu pengujian yang mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut. Inilah yang membedakan pengujian impak dengan pengujian tarik dan kekerasan, dimana pembebanan dilakukan secara perlahan-lahan. Pengujian impak merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dalam perlengkapan transportasi atau konstruksi dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan melainkan datang secara tiba-tiba, contoh deformasi pada bumper mobil pada saat terjadinya tumbukan kecelakaan. Pada uji impact terjadi proses penyerapan energi yang besar ketika beban menumbuk spesimen. Energi yang diserap material ini dapat dihitung dengan menggunakan prinsip perbedaan energi potensial. Dasar pengujiannya yakni penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami deformasi. Pada pengujian impak ini banyaknya

energi yang diserap oleh bahan untuk terjadinya perpatahan merupakan ukuran ketahanan impak atau ketangguhan bahan tersebut.

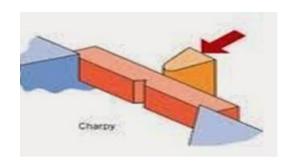
Ada dua macam metode uji *impact*, yakni metode charpy dan izod, perbedaan mendasar dari metode itu adalah pada peletakan spesimen, Pengujian dengan menggunkan charpy lebih akurat karena pada izod pemegang spesimen juga turut menyerap energi, sehingga energi yang terukur bukanlah energi yang mampu di serap material seutuhnya. Berikut penjelasan 2 metode uji impact tersebut :

1. Pengujian *Impact* Metode Charpy

Benda uji diletakkan pada tumpuan dalam posisi mendatar dan bagian yang bertakik diberi beban impak dari ayunan bandul, Serangkaian uji Charpy pada satu material umumnya dilakukan pada berbagai temperature sebagai upaya untuk mengetahui temperatur transisi.Prinsip dasar pengujian charpy ini adalah besar gaya kejut yang dibutuhkan untuk mematahkan benda uji dibagi dengan luas penampang patahan. Mula-mula bandul Charpy disetel dibagian atas, kemudian dilepas sehingga menabrak benda uji dan bandul terayun sampai ke kedudukan bawah Jadi dengan demikian, energi yang diserap untuk mematahkan benda uji ditunjukkan oleh selisih perbedaan tinggi bandul pada kedudukan atas dengan tinggi bandul pada kedudukkan bawah (tinggi ayun). Segera setelah benda uji diletakkan, kemudian bandul dilepaskan sehingga batang uji akan melayang (jatuh akibat gaya gravitasi). Bandul ini akan memukul benda uji yang diletakkan semula dengan energi yang sama. Energi bandul akan diserap oleh benda uji yang dapat menyebabkan benda uji patah tanpa deformasi (getas) atau pun benda uji tidak sampai putus yang berarti benda uji mempunyai sifat keuletan yang tinggi.

Permukaan patah membantu untuk menentukan kekuatan impact dalam hubungannya dengan temperatur transisi bahan. Daerah transisi yaitu daerah dimana terjadi perubahan patahan ulet ke patahan getas. Bentuk

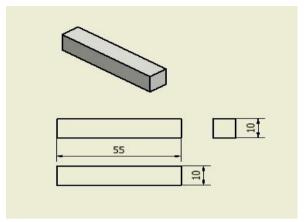
perpatahan dapat dilihat langsung dengan mata telanjang atau dapat pula dengan bantuan mikroskop.



Gambar 2.10 Uji Impact Metode Charpy Sumber : [Lit.7, 2015]

Penjelasan Bahan Uji Tarik ASTM E23

ASTM atau *American Standard Testing and Material* merupakan organisasi internasional yang mengembangkan standar teknik untuk material, produk, sistem dan jasa. Bedasarkan hal tersebut maka standar yang digunakan dalam uji impact adalah terbagi dalam 2 standar yaitu berdasarkan metode pengujian impact yaitu dengan metode charpy dan metode izod serta bahan tidak berpengaruh dalam menentukan standar dalam uji impact ini. Dalam metode charpy standar yang digunakan adalah ASTM E 23 dimensi yang digunakan adalah 55 mm x 10 mm x 10 mm. sedangkan standar yang digunakan dalam metode izod adalah JIS Z 2202 yang mempunyai dimensi adalah 75 mm x 10 mm x 10 mm. Berdasarkan hal tersebut maka dalam rancang bangun ini kami membuat standar bahan uji impact menggunakan metode charpy karena paling sering digunakan. Berikut gambar adalah gambar metode charpy dan dimensi ASTM E 23:



Gambar 2.11 Metode charpy dan dimensi ASTM E 23

Sumber: Dokumentasi Pribadi



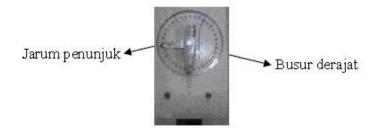
Gambar 2.12 Mesin uji impact

Sumber: [Lit.7, 2015]

Adapun langkah-langkah pengujian impact ini adalah sebagai

berikut:

- 1. Meletakkan benda uji di tempat benda uji pada alat uji *impact*. Penempatan benda uji harus benar-benar sesuai dengan tipe pengujian impact yang digunakan agar pisau pada pendulum berada sejajar dengan takikan benda tersebut.
- 2. Menyetel posisi jarum penunjuk pada 0°.

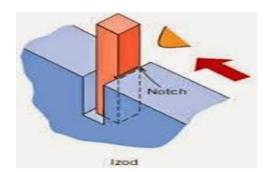


- 3. Mengangkat pendulum sejauh 140° dengan cara memutar berlawanan arah jarum jam secara perlahan-lahan.
- 4. Melepaskan pendulum untuk mengayun dan mematahkan benda uji.
- 5. Melihat dan mencatat hasil data yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk pada busur derajat.
- 6. Melakukan perhitungan dari data pengujian yang telah diperoleh, yaitu menghitung besarnya usaha (W) dan harga *impact* (K)

2. Pengujian Impact Metode Izod

Metode uji Izod lazim digunakan di Inggris dan Eropa, Benda uji Izod mempunyai penampang lintang bujur sangkar atau lingkaran dengan takik V di dekat ujung yang dijepit, kemudian uji impak dengan metode ini umumnya juga dilakukan hanya pada temperatur ruang dan ditujukan untuk material-material yang didisain untuk berfungsi sebagai cantilever.

Perbedaan mendasar charpy dengan izod adalah peletakan spesimen. Pengujian dengan menggunkan izod tidak seakurat pada pengujian charpy, karena pada izod pemegang spesimen juga turut menyerap energi, sehingga energi yang terukur bukanlah energi yang mampu di serap material seutuhnya.



Gambar 2.13 Uji Impact Metode Izod

Sumber : [Lit.7, 2015]

Adapun rumus dan persamaan yang digunakan untuk menentukan harga impact, yaitu

$$\mathbf{Ep_1} = \mathbf{m}.\mathbf{g}.\mathbf{H_1}$$

Dimana Ep₁=Energi sebelum tumbukan (J)

m=masa pendulum (kg)

H1=tinggi pendulum sebelum tumbukan terhadap acuan (m)

Energi setelah tumbukan (Ep_2)

$$\mathbf{Ep_2} = \mathbf{m}.\mathbf{g}.\mathbf{H_2}$$

Dimana H₂=Tinggi pendulum sesudah tumbukan (m)

Sehingga harga Energi yang diserap dinyatakan dengan:

$$Ep_1 - Ep_2 = m.g(H_1 - H_2)(J)$$

Harga Impak (HI) =
$$\frac{Ep_1 - Ep_2}{A}$$

2.6 Definisi Dongkrak Hidrolik

Dongkrak hidrolik merupakan alat bantu yang umumnya digunakan untuk menaikkan kendaraan guna mempermudah pekerjaan reparasi di bagian bawah kendaraan. Dongkrak hidrolik ini salah satu aplikasi sederhana dari Hukum Pascal.



Gambar 2.14 Dongkrak Hidrolik

Sumber: [Lit.5, 2014]

Prinsip kerja dongkrak hidrolik adalah dengan memanfaatkan hukum Pascal, "Tekanan yang diberikan pada suatu fluida dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah sama rata". Dongkrak hidrolik terdiri dari dua tabung yang berhubungan yang memiliki diameter yang berbeda ukurannya. Masingmasig ditutup dan diisi cairan seperti pelumas (oli dkk). Apabila tabung yang

permukaannya kecil ditekan ke bawah, maka setiap bagian cairan juga ikut tertekan. Besarnya tekanan yang diberikan oleh tabung yang permukaannya kecil diteruskan ke seluruh bagian cairan. Akibatnya, cairan menekan pipa yang luas permukaannya lebih besar hingga pipa terdorong ke atas . Luas permukaan pipa yang ditekan kecil, sehingga gaya yang diperlukan untuk menekan cairan juga kecil. Tapi karena tekanan (Tekanan= gaya / satuan luas) diteruskan seluruh bagian cairan, maka gaya yang kecil tadi berubah menjadi sangat besar ketika cairan menekan ke pipa yang luas permukaannya besar. P₁ adalah tekanan pada tabung kecil, dan P₂ adalah tekanan pada tabung besar.



Gambar 2.15 Prinsip Kerja Dongkrak Hidrolik

Sumber : [Lit.5, 2014]

Adapun rumus perhitungan persamaan dasar yang digunakan dalam dongkrak hidrolik ini adalah sebagai berikut :

1. Persamaan Hidrostatis

Tekanan Hidrostatis adalah tekanan yang terjadi di bawah <u>air</u>. Tekanan ini terjadi karena adanya berat air yang membuat cairan tersebut mengeluarkan tekanan. Tekanan sebuah cairan bergantung pada kedalaman cairan di dalam sebuah ruang dan <u>gravitasi</u> juga menentukan tekanan air tersebut.

Hubungan ini dirumuskan sebagai berikut:

$$P = \rho. g. h$$
 (Lit.10, 2016)

Dimana:

P = Tekanan Hidrostatis dalam dyne/cm² (N/m²)

 ρ = massa jenis zat cair (kg/m²)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

h = tinggi zat cair (m)

2. Rumus Hukum Pascal

Hukum pascal adalah dimana tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan sama besar ke segala arah.

Dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1}$$
.....(Lit.10, 2016)

Keterangan:

F₁: Gaya tekan pada pengisap 1 (N)

F₂: Gaya tekan pada pengisap 2 (N)

A₁: Luas penampang pada pengisap 1 (mm)

A₂: Luas penampang pada pengisap 2 (mm)

Jika yang diketahui adalah besar diameternya, maka:

$$F_2 = (\frac{D_2}{D_1})^2 \times F_1$$

2.7 Definisi Pegas

Pegas adalah benda elastis yang digunakan untuk menyimpan energi mekanis. Pegas biasanya terbuat dari baja. Pegas juga ditemukan disistem suspensi mobil. Pada mobil, pegas memiliki fungsi menyerap kejut dari jalan dan getaran roda agar tidak diteruskan ke bodi kendaraan secara langsung. Selain itu, pegas juga berguna untuk menambah daya cengkeram ban terhadap permukaan jalan. Serta berdasarkan bentuk nya dan yang sering kita temukan , pegas dibagi tiga yaitu :

1. Pegas ulir yang dibuat dari batang baja dan memiliki bentuk spiral.



Gambar 2.16 Pegas Ulir Sumber : [Lit.8, 2013]

2. Pegas daun dibuat dari bila baja yang bengkokan lentur.



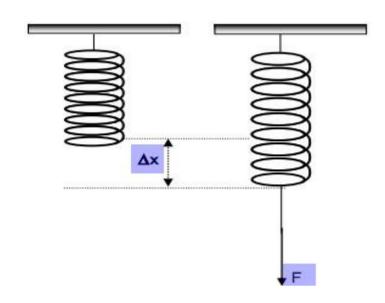
Gambar 2.17 Pegas Daun Sumber : [Lit.8, 2013]

3. Machined spring yaitu pegas yang dibentuk menggunakan spring.



Gambar 2.18 *Machined Spring*Sumber: [Lit.8, 2013]

Ada pun hukum yang berlaku pada pegas ini yaitu hukum hooke, dan hukum hooke dapat dirumuskan sebagai berikut :



Keterangan:

F = w (gaya berat) = gaya pegas = gaya yang bekerja pada pegas

k = konstanta pegas

 $\Delta x = pertambahan panjang$

Adapun rumus – rumus lain yang digunakan untuk mengetahui tegangan maksimum pada pegas yaitu :

1. Menghitung torsi momen puntir yang terjadi pada pegas, yaitu :

Keterangan:

T = Torsi momen punter (kg/mm)

D = Diameter pegas (mm)

W = Gaya awal pada pegas /gaya berat (kg)

2. Menghitung tegangan geser yang terjadi pada pegas, yaitu :

$$\tau_g = \frac{T}{Z_p}$$
 (lit.9, Halaman 315)

Keterangan:

T = Torsi momen punter (kg/mm)

Zp = Momen tahanan geser

 $\tau_g = \text{tegangan geser (kg/mm)}$

3. Menghitung tegangan maksimum yang terjadi pada pegas, yaitu :

$$\tau_{max} = K \frac{8 \cdot D \cdot W}{\pi \cdot d^3}$$
 (lit.9, Halaman 315)

Keterangan:

K = faktor tegangan

D = Diameter pegas (mm)

W = Gaya awal pada pegas /gaya berat (kg)

d = Diameter kawat pegas (mm)

 τ_{max} = Tegangan maksimum pada pegas (kg / mm²)

2.8 Definisi Fluida

Fluida adalah zat yang dapat mengalir. Kata Fluida mencakup zat car, air dan gas karena kedua zat ini dapat mengalir, sebaliknya batu dan benda-benda keras atau seluruh zat padat tidak digolongkan kedalam fluida karena tidak bisa mengalir.

Susu, minyak pelumas, dan air merupakan contoh zat cair. dan Semua zat cair itu dapat dikelompokan ke dalam fluida karena sifatnya yang dapat mengalir dari satu tempat ke tempat yang lain. Selain zat cair, zat gas juga termasuk fluida. Zat gas juga dapat mengalir dari satu satu tempat ke tempat lain. Hembusan angin merupakan contoh udara yang berpindah dari satu tempat ke tempat lain. Sistem hidrolik dapat dioperasikan dengan menggunakan media oli. Jenis-jenis fluida hidrolik yang digunakan adalah:

- 1. Oli yang berasal dari mineral (*mineral oil*)
- 2. Oli yang berasal dari tumbuhan (vegetable oil)
- 3. Oli yang berasal dari bahan Sintetis (Full synthetic)
- 4. Oli yang tahan terhadap panas (*Fire resistant*)
- 5. Air murni (pure water).

Pada umumnya fluida hidrolik menggunakan oli yang berasal dari mineral (*mineral oil*), hal ini disebabkan karena mineral oli mempunyai beberapa keuntungan, diantaranya adalah :

- 1. Tahan terhadap tekanan tinggi
- 2. Kenaikan (perubahan) viskositasnya kecil, walaupun temperatur kerja dan tekanannya tinggi.
- 3. penambahan bahan aditifnya kecil

- 4. Kandungan air (kelembabannya) rendah
- 5. Tahan terhadap korosi dan oksidasi.

Sampai saat ini oli mineral masih merupakan bahan dasar oli hidrolik yang terbaik. Karakteristik atau sifat oli mineral tergantung pada 3 faktor :

- 1. Jenis bahan mentah oli yang digunakan.
- 2. Derajat dan metode penyulingan
- 3. Bahan tambah yang digunakan.

Sifat-Sifat Oli Hidrolik dan Zat Aditif

Untuk pengoperasian sistem hidrolik yang tepat dan terus menerus sangat diperlukan zat aditif khusus dan sejumlah aditif lainnya dicampurkan dalam oli murni. Dibawah ini akan dijelaskan tentang istilah-istilah yang paling umum dan zat aditif yang biasa dipakai pada fluida hidrolik, adalah sebagai berikut:

1. Kekentalan (Viskositas)

Viskositas adalah ukuran kemampuan fluida hidrolik untuk mengalir. Pengujian viskositas dengan viscosimeter, kuantitas ukuran cairan yang akan diuji dipanaskan terlebih dahulu untuk menguji temperaturnya (40° C untuk cairan hidrolik) dan waktu yang dihabiskan cairan tersebut untuk mengalir melalui orifice yang telah diukur akan dicatat. Penghitungan besaran viskositas dalam Cst (centistokes) atau SUS (kadang-kadang ditulis SSU - Saybolt Universal Seconds). Satuan viskositas ini ditentukan oleh pabrik pembuat sesuai spesifikasi komponen hidrolik dan dengan berdasarkan pada kekentalannya, oli bisa diberi kadar oleh perusahaan oli itu sendiri dengan ISOVG atau dengan sistem penomoran SAE.

Contoh:

Oli SAE 10 untuk oli hidrolik

Oli SAE 30 untuk oli mesin

Oli SAE 40 untuk oli mesin yang agak tua

Oli SAE 90 untuk oli transmisi

Oli SAE 140 untuk oli gardan

2. Pelumasan

Pelumasan adalah kemampuan suatu oli untuk mengurangi gesekan (friksi) diantara. Komponen yang bergerak diklasifikasi sebagai pelumasan. Zat aditif khusus ditambahkan ke oli untuk meningkatkan sifat-sifat ini.

3. Anti-foam

Oli mengandung kuantitas udara yang terserap pada saat oli digetarkan, maka oli tersebut akan memunculkan udara dalam gelembung-gelembung kecil. Udara dapat menyebabkan adanya masalah dalam pengoperasian sistem, sehingga zat aditif biasanya ditambahkan untuk mengurangi penyerapan volume udara yang ada dalam oli dan mempercepat pembuangan udara yang terperangkap selama masa digetarkan.

4. Resistansi Oksidasi

Oksigen dalam atmospher bercampur dengan oli murni membentuk lumpur, asam dan minyak rengas. Peristiwa ini disebut dengan oksidasi dan pada saat oli dipanaskan dan digetarkan, proses oksidasi dipercepat. Zat kimia tambahan dalam oli yang disebut dengan *inhibitor oksidasi* membentuk suatu penghalang untuk mencegah atau paling tidak mengurangi terjadinya *breakdown*.

5. Penghambat Korosi

Zat kimia tambahan dimasukkan ke oli murni untuk memberikan perlindungan pada permukaan bagian dalam komponen permesinan. Zat aditif ini juga digunakan untuk meningkatkan pemisahan kelembaban dari oli (*demulsifier*) karena air adalah merupakan penyebab utama terjadinya korosi.

6. Kompatibilitas

Suatu cairan diukur kompatibilitasnya dengan seal, metal dan material lain yang digunakan dalam sistem hidrolik. Spesifikasi cairan akan menjelaskan material-material yang cocok dan yang tidak cocok.

7. Pencegahan karat dan korosi

Karat dan korosi keduanya adalah rentetan dari oksidasi, dan fluida hidrolik (yang kondisinya tetap bersih) dengan kualitas antioksidasi dimaksudkan untuk menahan karat dan korosi.

Kemudian, karat dan korosi itu sendiri dapat dihalangi dengan menggabungkan bahan tambah pada oli, dan semacam penempelan lembaran plat pada permukaan logamnya untuk mencegah kerusakan secara kimia. Tetapi cara yang paling baik untuk mencegah koros (kontaminasi) adalah dengan menggunakan oli yang sesuai, penyimpanan yang baik, pengangkutan atau pengiriman dengan metode yang tepat, penyaringan baik, dan pembersihan secara periodik dengan baik pada seluruh sistem hidrolik.

8. Ketahanan oli terhadap api

Kelemahan utama oli mineral adulah dapat terbakar. Apabila sistem hidrolik itu berada di dekat bagian-bagian bersuhu tinggi, atau sumber - sumber lain yang dapat memercikkan api pada oli hidrolik. Penggunaan oli hidrolik tahan terhadap api adalah suatu syarat yang tidak boleh tidak harus dipenuhi.

Ada tiga jenis dasar fluida tahan api, yakni :

- 1) glycol-air
- 2) campuran oli-air
- 3) oli sintetis.

2.9 Rangka

Rangka berfungsi untuk menumpu mesin atau suatu alat secara keseluruhan. Rangka haruslah bersifat kokoh dan kuat dalam menumpu berat mesin atau alat, sehingga hal-hal yang tidak diinginkan dapat dihindari. Untuk pemilihan rangka menggunakan besi U karena besi U lebih seimbang dan kokoh dalam menahan gaya yang berat. Ada pun pengunaan rumus perhitungan yang digunakan dalam pembuatan rangka agar rangka tersebut kokoh dan tahan terhadap tegangan atau tekanan yang terjadi, yaitu:

1. Rumus tegangan (*Stress*)

Tegangan terjadi pada benda yang dikenai gaya tertentu akan mengalami perubahan bentuk. Misalnya tegangan yang terjadi pada besi yang ditekan maka akan mengalami tegangan yang terjadi pada besi tersebut. Berikut rumus untuk menghitung tegangan :

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots (lit.7, 2012)$$

 σ = Tegangan (N/m²)

F = Besar gaya tekan (N)

 $A = Luas penampang (m^2)$

2. Tegangan Bengkok

$$\sigma_b = \frac{MB}{WB} \le \sigma_{ijin} \quad \quad (lit.7, 2012)$$

Keterangan:

 σ_b = Tegangan Bengkok (N/mm²)

Mb = Momen bengkok (Nmm)

Wb = Momen Tahanan Bending (mm^3)

 σ_{ijin} = Kekuatan Ijin Bahan (N/mm²)

V= Faktor Keamanan Bahan

2.10 Rumus Dasar dalam Proses Pembuatan dan Pegujian

Dalam proses pembuatan dan pengujian suatu alat ini diperlukan perhitungan atau rumus dasar yang dapat digunakan, diantaranya :

1. Pengelasan

Pengelasan adalah penyambungan antara dua buah logam menjadi satu yang dilakukan dengan jalan pemanasan atau pelumeran, dimana kedua ujung logam yang akan disambung dibuat lumer atau dilelehkan dengan busur nyala atau panas yang didapatkan dari busur nyala listrik. Pada pengelasan ini kami menggunakan sambungan squard butt joint. Pada metode ini mempunyai rumus yang dapat digunakan untuk menhitung kekuatan las, yaitu:

$$F = \frac{t \times l}{\sqrt{2}} \times \tau_g \qquad \qquad (\text{ lit.11, Halaman 27})$$

t= Tinggi lasan

l= Lebar lasan

 τ_q =Tegangan tarik elektroda las

2. Pengeboran

Mesin bor adalah suatu jenis mesin gerakanya memutarkan alat pemotong yang arah pemakanan mata bor hanya pada sumbu mesin tersebut (pengerjaan pelubangan). Sedangkan Pengeboran adalah operasi menghasilkan lubang berbentuk bulat dalam lembaran-kerja dengan menggunakan pemotong berputar yang disebut bor dan memiliki fungsi untuk Membuat lubang, Membuat lobang bertingkat, Membesarkan lobang, Chamfer.

Ada pun rumus yang digunakan pada saat proses pengeboran, yaitu:

$$n = \frac{Vc \ x \ 1000}{\pi \ x \ d}$$

Keterangan:

n = Putaran mata bor per menit

Vc = Kecepatan pemotong

d = Diameter mata bor

3. Mesin Frais

Mesin perkakas yang dalam proses kerja pemotongannya dengan menyayat atau memakan benda kerja menggunakan alat potong bermata banyak yang berputar (*multipoint cutter*). Pisau frais dipasang pada sumbu atau arbor mesin yang didukung dengan alat pendukung arbor. Pisau tersebut akan terus berputar apabila arbor mesin diputar oleh motor listrik, agar sesuai dengan kebutuhan, gerakan dan banyaknya putaran arbor dapat diatur oleh operator mesin frais.

Ada pun rumus yang digunakan pada saat menggunakan mesin frais, yaitu

$$n = \frac{Vc \ x \ 1000}{\pi \ x \ d}$$

n = Putaran mata bor per menit

Vc = Kecepatan pemotong

d = Diameter cutter

4. Rumus rataan hitung (*Mean*)

Rata-rata hitung atau mean memiliki perhitungan dengan cara membagi jumlah nilai data dengan banyaknya data. Rata-rata hitung disebut dengan mean dan mempunyai rumus sebagai berikut :

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} x_i$$

Keterangan:

 X_1 = Nilai ke 1

 X_2 = Nilai ke 2

 X_3 = Nilai ke 3

 X_n = Nilai ke n

n = Jumlah nilai

4.11 Biaya Produksi

Biaya produksi adalah sejumlah pengorbanan ekonomis yang harus dikorbankan untuk memproduksi suatu barang. Menetapkan biaya produksi berdasarkan pengertian tersebut memerlukan kecermatan karena ada yang mudah diidentifikasi, tetapi ada juga yang sulit diidentifikasi dan hitungannya. Biaya produksi dapat meliputi unsur-unsur sebagai berikut :

- 1. Bahan baku atau bahan dasar termasuk bahan setengah jadi
- 2. Bahan-bahan pembantu atau penolong
- 3. Upaya tenaga kerja dari tenaga kerja kuli hingga direktur

- 4. Penyusutan peralatan produksi
- 5. Uang modal, sewa
- 6. Biaya penunjang seperti biaya angkut, biaya administrasi, pemeliharaan, biaya listrik, biaya keamanan dan asuransi
- 7. Biaya pemasaran seperti biaya iklan
- 8. Pajak

Secara umum unsur biaya tersebut dapat dibagi atas tiga komponen biaya, sebagai berikut :

- Komponen biaya bahan, meliputi semua bahan yang berkaitan langsung dengan produksi
- 2. Komponen biaya gaji/upah tenaga kerja
- 3. Komponen biaya umum meliputi semua pengorbanan yang menunjang terselenggaranya proses produksi

Serta berdasarkan jenis biaya yang ada maka di klasifikasikan sebagai berikut

:

- 1. Biaya tetap (Fixed Cost atau FC)
 - Biaya tetap adalah biaya yang dalam periode tertentu jumlahnya tetap tidak tergantung jumlah produksi. Biaya ini bersifat tetap hanya sampai periode tertentu atau batas produksi tertentu, tetapi akan berubah jika batas itu dilewati.
- 2. Biaya variable (*Variable Cost* atau VC)
 - Biaya Variable adalah biaya produksi yang jumlahnya berubah sesuai dengan jumlah produksi yang dihasilkan. Jika produksi sedikit, biaya variable sedikit dan berlaku juga sebaliknya. Jumlah seluruh biaya variable yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk menghasilkan sejumlah produk.
- 3. Biaya total (*Total Cost* atau TC)

 Biaya total adalah seluruh biaya yang dikorbankan yang merupakan totalitas biaya tetap ditambah biaya variable.

4.12 Perawatan (*Maintenance*) dan Perbaikan (*Repair*)

Perawatan dan perbaikan tentu saja tidak pernah lepas dalam pekerjaan permesinan, berikut penjelasan mengenai perawatan dan perbaikan :

Perawatan (Maintenance)

Maintenance adalah suatu kegiatan untuk merawat atau memelihara dan menjaga Mesin/peralatan dalam kondisi yang terbaik supaya dapat digunakan untuk melakukan produksi sesuai dengan perencanaan. Dengan kata lain, Maintenance adalah kegiatan yang diperlukan untuk mempertahankan (*retaining*) dan mengembalikan (*restoring*) mesin ataupun peralatan kerja ke kondisi yang terbaik sehingga dapat melakukan produksi dengan optimal.

Dengan berkurangnya tingkat kerusakan mesin dan peralatan kerja, kualitas, produktivitas dan efisiensi produksi akan meningkat dan menghasilkan profitabilitas yang tinggi bagi perusahaan.Pada dasarnya Maintenance atau Perawatan Mesin/Peralatan kerja mempunyai beberapa jenis perawatan, diantaranya:

1. Breakdown Maintenance (Perawatan saat terjadi Kerusakan)

Breakdown Maintenance adalah perawatan yang dilakukan ketika sudah terjadi kerusakan pada mesin atau peralatan kerja sehingga Mesin tersebut tidak dapat beroperasi secara normal atau terhentinya operasional secara total dalam kondisi mendadak. Breakdown Maintenance ini harus dihindari karena akan terjadi kerugian akibat berhentinya Mesin produksi yang menyebabkan tidak tercapai Kualitas ataupun Output Produksi.

2. Preventive Maintenance (Perawatan Pencegahan)

Preventive Maintenance atau kadang disebut juga Preventative Maintenance adalah jenis Maintenance yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada mesin selama operasi berlangsung. Contoh Preventive maintenance adalah melakukan penjadwalan untuk pengecekan (inspection) dan pembersihan (cleaning) atau pergantian suku cadang secara rutin dan berkala. Preventive Maintenace terdiri dua jenis, yakni:

a. Periodic Maintenance

Periodic Maintenance ini diantaranya adalah perawatan berkala yang terjadwal dalam melakukan pembersihan mesin, Inspeksi mesin, meminyaki mesin dan juga pergantian suku cadang yang terjadwal untuk mencegah terjadi kerusakan mesin secara mendadak yang dapat menganggu kelancaran produksi. Periodic Maintenance biasanya dilakukan dalam harian, mingguan, bulanan ataupun tahunan.

b. Predictive Maintenance

Predictive Maintenance adalah perawatan yang dilakukan untuk mengantisipasi kegagalan sebelum terjadi kerusakan total. Predictive Maintenance ini akan memprediksi kapan akan terjadinya kerusakan pada komponen tertentu pada mesin dengan cara melakukan analisa trend perilaku mesin/peralatan kerja. Berbeda dengan Periodic maintenance yang dilakukan berdasarkan waktu (Time Based), Predictive Maintenance lebih menitikberatkan pada Kondisi Mesin (Condition Based).

3. Corrective Maintenance

Corrective Maintenance adalah Perawatan yang dilakukan dengan cara mengidentifikasi penyebab kerusakan dan kemudian memperbaikinya sehingga Mesin atau peralatan Produksi dapat beroperasi normal kembali. Corrective Maintenance biasanya dilakukan pada mesin atau peralatan produksi yang sedang beroperasi secara abnormal (Mesin masih dapat beroperasi tetapi tidak optimal).

Perbaikan (*Repair*)

Perbaikan adalah usaha untuk mengembalikan kondisi dan fungsi dari suatu benda atau alat yang rusak akibat pemakaian alat tersebut pada kondisi semula . Proses perbaikan tidak menuntut penyamaan sesuai kondisi awal, yang diutamakan adalah alat tersebut bisa berfungsi normal kembali. Perbaikan

memungkinkan untuk terjadinya pergantian bagian alat/spare part. Terkadang dari beberapa produk yang ada dipasaran tidak menyediakan spare part untuk penggantian saat dilakukan perbaikan, meskipun ada, harga spare part tersebut hampir mendekati harga baru satu unit produk tersebut. Hal ini yang memaksa user/pelanggan untuk membeli baru produk yang sama. Tidak setiap perbaikan dapat diselesaikan dengan mudah, tergantung tingkat kesulitan dan kerumitan assembling/perakitan alat tersebut, mulai dari tingkatan jenis bahan hingga tingkat kecanggihan fungsi alat tersebut. Tingkat kesulitan tersebutlah yang menumbuhkan perbedaan jenis perbaikan, mulai jenis perbaikan ringan, perbaikan sedang dan perbaikan yang sering dinamakan servis berat. Dari jenis servis diatas ditentukan biaya perbaikan sesuai tingkat kesulitannya.