

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 PERPINDAHAN KALOR**

Bila dalam suatu sistem terdapat gradien suhu, atau bila dua sistem yang temperaturnya berbeda disinggungkan, maka akan terjadi perpindahan energi. Proses dengan mana transport energi itu berlangsung disebut sebagai perpindahan kalor. Perpindahan energi sebagai kalor adalah selalu dari medium bertemperatur tinggi ke medium bertemperatur rendah, dan perpindahan kalor tersebut akan berhenti ketika kedua medium telah mencapai temperatur yang sama (setimbang). Kalor dapat dipindahkan dalam tiga jenis cara yang berbeda yaitu: konduksi, konveksi dan radiasi.

##### **2.1.1 Perpindahan Kalor Konduksi**

Konduksi adalah proses dengan mana kalor mengalir dari daerah yang bertemperatur lebih tinggi ke daerah yang bertemperatur lebih rendah di dalam satu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Dalam aliran kalor konduksi, perpindahan energi terjadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Menurut teori kinetik, temperatur elemen suatu zat sebanding dengan energi kinetik rata-rata molekul-molekul yang membentuk elemen itu. Energi yang dimiliki oleh suatu elemen zat yang disebabkan oleh kecepatan dan posisi relatif molekul-molekulnya disebut energi dalam. Jadi semakin cepat molekul-molekul bergerak, semakin tinggi temperatur maupun energi dalam elemen zat. Bila molekul-molekul di satu daerah memperoleh energi kinetik rata-rata yang lebih besar daripada yang dimiliki oleh molekul-molekul di suatu daerah yang berdekatan, maka molekul-molekul yang memiliki energi yang lebih besar akan memindahkan sebagian energinya kepada molekul-molekul di daerah yang bertemperatur lebih rendah. Perpindahan energi tersebut dapat berlangsung dengan tumbukan elastik (misalnya dalam fluida) atau dengan pembauran (difusi) elektron-elektron yang bergerak secara lebih cepat dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah (misalnya

dalam logam). Jika beda temperatur dipertahankan dengan penambahan dan pembuangan kalor di berbagai titik, maka akan berlangsung aliran kalor yang terus-menerus dari daerah yang lebih panas ke daerah yang lebih dingin.

Laju perpindahan panas dinyatakan dengan hukum Fourier (Jansen, Ted J., 1993)

$$q = -k.A \frac{dT}{dx} \text{ W (Watt)}$$

Dengan : k = konduktivitas termal (W/m.K)

A = luas penampang (m<sup>2</sup>)

dT/dx = gradien temperatur (K/m)

Nilai minus, (-) dalam persamaan diatas menunjukkan bahwa kalor selalu berpindah ke arah temperatur yang lebih rendah.

### 2.1.2 Perpindahan Kalor Konveksi

Perpindahan kalor konveksi adalah ilmu tentang proses angkutan kalor diakibatkan oleh aliran fluida. Kata dasar konveksi berasal dari bahasa Latin yaitu *convecto-are* dan *convēho-vēhēre*, yang berarti membawa bersama atau membawa ke dalam satu tempat. Perpindahan kalor konveksi, secara jelas, adalah suatu bidang pada antarmuka diantara dua bidang ilmu; perpindahan kalor dan mekanika fluida. Untuk alasan ini, ilmu tentang permasalahan perpindahan kalor konveksi harus berdasarkan pemahaman prinsip perpindahan kalor dasar dan mekanika fluida.

Konveksi juga merupakan proses angkutan energi dengan kerja gabungan dari konduksi kalor, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cairan atau gas.

Perpindahan energi dengan cara konveksi dari suatu permukaan yang temperaturnya di atas temperatur fluida sekitarnya berlangsung dalam beberapa tahap. Pertama, kalor akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel-partikel fluida yang berbatasan. Energi yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan temperatur dan energi dalam partikel-partikel fluida ini. Kemudian partikel-partikel fluida tersebut akan bergerak ke daerah yang

bertemperatur lebih rendah di dalam fluida dimana mereka akan bercampur dan memindahkan sebagian energinya kepada partikel-partikel fluida lainnya. Energi sebenarnya disimpan di dalam partikel-partikel fluida dan diangkut sebagai akibat gerakan massa partikel-partikel tersebut.

Perpindahan kalor konveksi dibagi dua yaitu konveksi bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*). Bila gerakan mencampur berlangsung sebagai akibat dari perbedaan kerapatan yang disebabkan oleh gradien temperatur maka disebut konveksi bebas. Dan bila gerakan mencampur disebabkan oleh suatu alat dari luar, seperti pompa atau kipas maka prosesnya disebut dengan konveksi paksa. Keefektifan perpindahan kalor konveksi tergantung sebagian besarnya pada gerakan mencampur fluida.

Pada umumnya perpindahan panas konveksi dinyatakan dengan hukum pendinginan Newton : (Jansen, Ted J., 1993)

$$q = hA(T_d - T) \text{ W (Watt)}$$

Dengan :  $h$  = koefisien konveksi ( $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ )

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

$T_d$  = temperatur dinding (K)

$T$  = temperatur udara (K)

## 2.2 MEKANIKA

Mekanika adalah merupakan ilmu fisika yang membahas keadaan benda yang diam atau bergerak dibawah pengaruh aksi/gaya. Dalam mekanika terdapat beberapa konsep-konsep dan definisi yang menjadi landasan yaitu ruang, waktu, massa, gaya, partikel, benda tegar. Pendukung dari konsep mekanika adalah Hukum Newton.

### 2.2.1 Hukum Newton

Newton adalah satuan gaya dalam SI (Sistem Internasional). Satu newton adalah gaya resultan yang memberi percepatan  $1 \text{ m/s}^2$  pada massa  $1 \text{ kg}$ .

- Hukum Newton 1

adalah jika gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol, maka vektor kecepatan benda tidak berubah. Benda yang mula-mula diam akan tetap diam, benda yang mula-mula bergerak akan tetap bergerak dengan

kecepatan yang sama. Benda hanya akan mengalami suatu percepatan jika padanya bekerja suatu gaya resultan yang bukan nol. Hukum ke-1 ini sering disebut Hukum kelembaman (*inertia law*).

- Hukum Newton 2

Bila gaya resultan  $F$  yang bekerja pada suatu benda dengan massa  $m$  tidak sama dengan nol, maka benda tersebut mengalami percepatan ke arah yang sama dengan gaya. Percepatan  $a$  berbanding lurus dengan gaya dan berbanding terbalik dengan massa benda. Dengan  $F$  dalam newton,  $m$  dalam kilogram dan  $a$  dalam  $m/s^2$  perbandingan ini dapat ditulis sebagai suatu persamaan :

$$F = m a$$

- Hukum Newton 3

Setiap gaya yang diadakan pada suatu benda, menimbulkan gaya lain yang sama besarnya dengan gaya tadi, namun berlawanan arah. Gaya reaksi ini dilakukan benda pertama pada benda yang menyebabkan gaya. Hukum ini dikenal sebagai hukum aksi dan reaksi

$$\Sigma F = 0$$

### 2.2.2 Momen

Disamping cenderung untuk menggerakkan suatu benda pada arah bekerjanya, sebuah gaya juga cenderung untuk memutar suatu benda terhadap sumbu. Sumbu ini dapat merupakan sembarang garis yang tidak berpotongan maupun sejajar dengan garis kerja gaya tersebut. Momen adalah suatu vektor  $M$  yang tegak lurus terhadap bidang benda. Arah  $M$  adalah tergantung pada arah berputarnya benda akibat gaya  $F$ .

$$M = r \times F$$

$M$  = momen (Nm)

$r$  = jarak tegak lurus dari sumbu terhadap garis kerja gaya (m)

$F$  = Gaya yang terjadi (N)

### 2.2.3 Tegangan & regangan

Saat dimana sebuah sistem gaya dari luar diberikan ke sebuah benda, maka gaya dalam (sama atau kebalikan) terjadi disetiap bagian benda tersebut, yang

akan menahan gaya dari luar. Gaya dalam per luas area pada setiap bagian benda tersebut disebut juga sebagai tegangan. Secara matematis bisa digambarkan seperti :

$$f = \frac{P}{A}$$

$f$  = Unit tegangan

$P$  = gaya atau beban yang terjadi pada benda

$A$  = luas penampang dari benda

Dalam satuan M.K.S, tegangan biasa di tulis dalam  $\text{kg/cm}^2$ . dan dalam satuan S.I, biasa ditulis dalam  $\text{N/mm}^2$  atau  $\text{N/m}^2$ .

Saat dimana sebuah sistem gaya dari luar diberikan ke sebuah benda, maka terjadi sebuah deformasi. Deformasi ini per satuan panjang disebut juga regangan. Secara matematis bisa ditulis sebagai berikut :

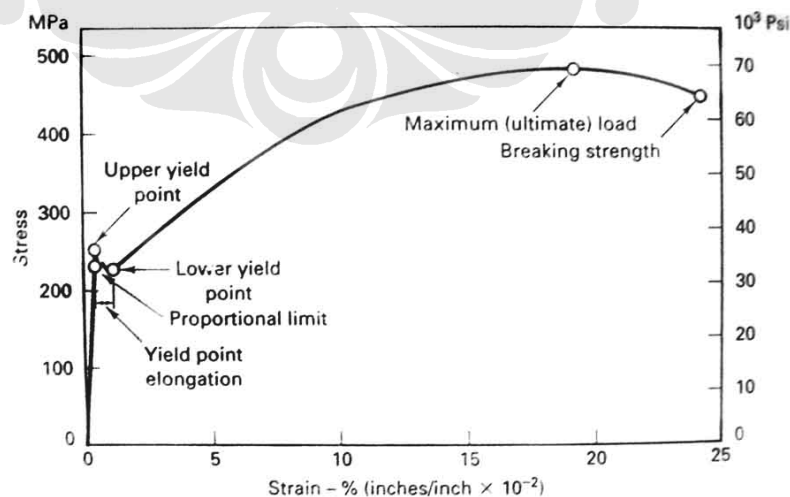
$$e = \frac{\delta l}{l}$$

$e$  = regangan

$\delta l$  = perubahan panjang

$L$  = panjang awal

Regangan adalah besaran yang tidak berdimensi, tetapi akan lebih baik diberikan dimensi meter per meter atau  $\text{m/m}$ . kadang-kadang regangan diberikan dalam bentuk prosen.



**Gambar 2.1** : Diagram tegangan regangan baja karbon rendah

Secara eksperimen diterangkan bahwa diagram tegangan regangan sangat berbeda untuk bahan-bahan yang berbeda. Dari gambar diatas, pada awalnya efek tegangan terhadap regangan manandakan tergambarkan linear, sampai pada beban tertentu tegangan dan regangan saling berbanding lurus. Tegangan pada titik ini disebut juga *proportional limit*.

Pada nilai tersebut, material mengikuti *Hooke's law*. Yang menyatakan bahwa tegangan berbanding lurus terhadap regangan. Daerah yang berbanding lurus ini disebut sebagai *Young's modulus* atau *modulus of elasticity*. Besar nilai ini sangat penting bagi teknik mendisain. Karena daerah ini menandakan kemampuan material untuk menahan defleksi atau mulur saat diberikan beban. Biasa di simbolkan dengan huruf E.

Suatu material jika dikenakan beban sebesar beban tersebut, jika dilepaskan bebannya maka material akan kembali ke bentuk awal. Titik maksimum material mengalami hal tersebut disebut juga batas elastis.

Peregangan setelah melebihi batas elastis disebut juga *plastic deformation* . saat beban dilepaskan, benda tidak kembali ke bentuk semula. Saat batas elastis terlewati, peningkatan regangan tidak menyebabkan peningkatan tegangan yang berbanding lurus. Pada beberapa material, peningkatan regangan tidak memerlukan peningkatan tegangan. Titik ini disebut juga *yield point*.

Saat plastic deformation berlanjut, kurva mengindikasikan bahwa material tidak dapat menahan peningkatan beban. Saat kemampuan menahan beban dari material mencapai maksimum dan gaya yang diperlukan untuk menambah regangan berkurang. Maka besarnya gaya tersebut disebut juga *ultimate strength*.

#### **2.2.4 Teori kegagalan**

Terjadinya kegagalan dan keretakan suatu bahan apabila tegangan triaksial pada suatu titik mencapai suatu harga kritis. Dalam pendekatan ini energi elastis total dibagi kedalam dua bagian : satu berhubungan perubahan volumetrik bahan sedang yang lain yang menyebabkan gangguan geser. dengan menyamakan energi distorsi geser pada titik luluh dalam pengaruh tegangan tarik sederhana dengan

yang di bawah pengaruh tegangan gabungan, kita dapat membuat kriteria luluh untuk tegangan gabungan.

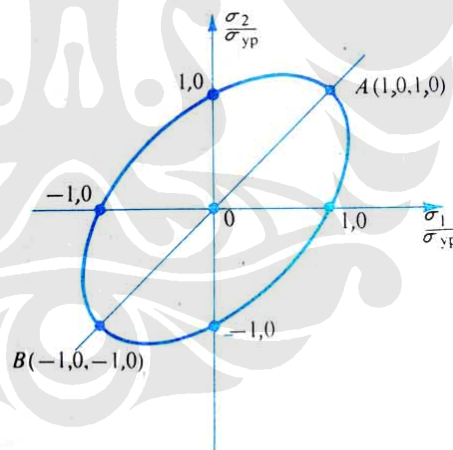
Kita dapat melihat bahwa syarat luluh untuk bahan plastis secara ideal di bawah status tegangan triaksial dapat diperoleh dalam bentuk tegangan-tegangan utamasebagai

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2\sigma_{yp}^2$$

Untuk tegangan bidang  $\sigma_3 = 0$ , maka persamaan diatas dalam bentuk tanpa dimensi menjadi

$$\left(\frac{\sigma_1}{\sigma_{yp}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_1}{\sigma_{yp}} \frac{\sigma_2}{\sigma_{yp}}\right) + \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_{yp}}\right)^2 = 1$$

Persamaan ini merupakan persamaan elips, yang dapat digambarkan seperti gambar di bawah



**Gambar 2.2** : kriteria luluh yang berdasarkan energi distorsi maksimum

Tegangan yang terletak dalam ellips menunjukkan bahwa bahan bersifat secara kenyal. Titik-titik pada ellips menunjukkan bahwa bahan dalam keadaan meluluh. Pada keadaan tanpa pembebanan, bahan tersebut bersifat elastis. Hukum yang luas penggunaannya ini disebut sebagai syarat luluh huber-hencky-mises atau singkatnya syarat luluh von mises.

## 2.3 KOMPONEN-KOMPONEN PRODUKSI MINI ICE PLANT

Agar *mini ice plant* ini dapat berfungsi dan menghasilkan es balok sesuai dengan yang diharapkan, diperlukan berbagai macam komponen. Hingga saat kami selesai melakukan penelitian, masih ada beberapa komponen yang belum dilengkapi.

### 2.3.1 Petikemas (*Container*)

Petikemas yang digunakan sebagai *mini ice plant* ini adalah petikemas standard berukuran 20 ft dengan dimensi internal panjang 5.896 [mm], lebar 2.350 [mm] dan tinggi 2.385 [mm] sebanyak 1 buah. Petikemas ini memiliki beberapa komponen, seperti:

- Ruang mesin

Bagian ruang mesin petikemas ini berisi komponen utama dari mesin pendingin seperti kompresor, kondensor dan katup ekspansi.

- Ruang produksi es

Ruang ini memiliki area yang lebih luas dari pada ruang mesin. Pada ruang produksi es terdapat beberapa komponen dari *mini ice plant*. Ruang produksi es dengan ruang mesin akan diberikan penyekat sehingga terdapat dua ruangan yang terpisah

- *Insulasi*

Untuk mengurangi terjadinya perpindahan kalor dari temperatur tinggi ke temperatur yang lebih rendah diperlukan adanya pembatas berupa insulasi. Pada bagian dinding-dinding dan juga atap bagian dalam petikemas dilapisi dengan insulasi berupa *polyurethane*. Dan untuk mengurangi perpindahan kalor dari ruang mesin ke ruang pendingin, maka dilapisi dengan *sandwich pannel* yang terdiri dari 3 lapisan, yaitu *carbon steel – polyurethane - carbon steel*.

### 2.3.2 Pengaduk air garam (*brines*)

Untuk mempercepat proses perpindahan kalor sekaligus juga untuk menghindari pengendapan air garam diperlukan alat yang dapat mensirkulasikan air garam (*brines*) seperti pompa atau pengaduk.. Proses perpindahan kalor pada



air garam secara konveksi dipengaruhi oleh kecepatan dari aliran *refrigeran*. Jika aliran terlalu cepat atau terlalu lambat, maka perpindahan kalor yang terjadi tidak akan maksimal.

### 2.3.3 *Ice Bank*

*Ice bank* adalah tempat dimana air yang sudah tuang kedalam cetakan es (*ice can*) akan membeku dan menjadi es balok. Pada *ice bank* terjadi perpindahan kalor dari air yang ada didalam cetakan es (*ice can*) ke air garam (*brine*) yang berfungsi sebagai *refrigerant* sekunder. *Ice bank* ini berukuran panjang

### 2.3.4 *Ice Can* (Cetakan Es)

*Ice can* (cetakan es) ini berfungsi sebagai wadah untuk mencetak es. Bentuk dari cetakan ini adalah limas segi 4 terpancung, hal ini bertujuan agar mempermudah proses pengambilan es dari dalam cetakan. Pada saat proses produksi es berlangsung, cetakan es yang diisi air untuk dibekukan menjadi es melalui media pendinging *brines* (air garam). Oleh karena itu, material dari cetakan harus memenuhi dua aspek, yaitu:

- Aspek koefisien thermal

Sebagai medium perantara antara *brine* dan air, material cetakan es harus memiliki konduktivitas thermal yang baik agar proses perpindahan kalor dapat terjadi secara cepat dan maksimal.

- Aspek ketahanan terhadap karat

Dengan bersentuhannya cetakan es (*ice can*) dengan *brines* (air garam), maka material cetakan es rentan terhadap karat. Oleh karena itu diperlukan material yang dapat tahan terhadap karat seperti *galvanized steel*.

### 2.3.5 Rak Cetakan Es

Rak cetakan es ini berfungsi sebagai tempat dudukan cetakan es pada saat di letakan didalam *ice bank*. Setiap rak cetakan es dapat menampung 8 buah cetakan es. Pada saat proses panen es, es balok diangkat dari *ice bank* berikut dengan cetakan es dan raknya. Dengan adanya rak ini, cetakan es dapat disusun dengan mudah dan teratur.

### **2.3.6 Hoist**

*Hoist* digunakan untuk mengangkat dan memindahkan es balok berikut dengan cetakan dan raknya pada saat proses panen. Rangkaian es balok ini di angkat dan dipindahkan dari *ice bank* menuju *dip tank* dan kemudian menuju *tilting*. Oleh karena itu *hoist* yang digunakan pada *mini ice plant* ini harus memiliki dua derajat kebebasan, yaitu mampu bergerak maju dan mundur sepanjang rel *hoist*. Selain itu juga harus dapat menaikkan atau menurunkan beban.

Pada *mini ice plant* ini digunakan *hand chain hoist* berkapasitas 500 kg yang penggunaannya dilakukan secara manual. Pengangkatan cetakan es dari *ice bank* dilakukan dengan mengaitkan *hook* pada rak cetakan es.

### **2.3.7 Rel Hoist**

*Hoist* yang digunakan untuk mengangkat dan memindahkan cetakan es (*ice can*) dipasang pada rel yang ada di dinding atas sepanjang petikemas. Rel ini dibuat terbuat dari baja profil L yang disatukan pada bagian sisinya hingga membentuk profil T. Rel dipasang pemegang rel yang juga terbuat dari baja profil L.

### **2.3.8 Water Reservoir**

Pada saat proses panen es, es balok yang sudah jadi di keluarkan dari cetakan es. Setelah itu cetakan es diisi dengan air untuk proses produksi es balok selanjutnya. Pengisian cetakan es ini dapat dilakukan dengan adanya *water reservoir* yang berfungsi sebagai penampung air sebagai bahan dasar es balok.

### **2.3.9 Dip Tank**

*Diptank* adalah tempat melakukan pemisahan antara es balok dengan *can*. Setelah air es sudah membeku sepenuhnya, maka *ice can* satu baris akan diangkat oleh *hoist* dan kemudian akan dipindahkan ke *dip tank*. Di dalam *dip tank* es direndam kembali dengan menggunakan air hangat, fungsinya agar permukaan es balok es balok yang menempel dengan permukaan cetakan es dapat mencair. Setelah es mulai mengambang barulah diangkat untuk dilakukan proses

pengeluaran. Temperatur air dalam diptank tidak boleh lebih dari 21,1 °C untuk menghindari adanya tegangan pada es dan retakan.

### **2.3.10 Tilting**

*Tilting* adalah suatu alat yang digunakan sebagai tempat untuk mengeluarkan es balok dari cetakannya. Es balok yang berada dalam cetakan es yang tersusun pada rak diangkat dan dimasukkan kedalam *tilting*, selanjutnya dirobuhkan agar es balok dapat keluar. Pada saat proses perobohan ini rantai dari *hoist* sebaiknya harus tetap terkait pada rak cetakan es agar ada yang menahan dan lebih mudah saat pengangkatan cetakan es.

Es yang telah membeku dalam cetakan diangkat menggunakan *light four- wheel single- beam hand – pushed crane* dengan kerekan tangan yang digantung. Jika diperlukan, untuk efektifitas dapat *elektric motor hoist* sehingga tidak perlu mengerek hoist tersebut.

Pemilihan crane disesuaikan dengan beban es yang akan diangkat ditambah berat cetakan dan berat *grid*-nya. Cetakan es kemudian dibawa oleh crane ke tank dump dimana cetakan ini akan direndam air pada diptank sampai es dalam cetakan mengambang. Temperatur air dalam *dip tank* tidak boleh lebih dari 21.1 °C. Untuk menghindari adanya tegangan pada es dan retakan atau bahkan meleleh.

## **2.4 MESIN REFRIGERASI**

Proses refrigerasi yang dilakukan pada *mini ice plant* ini rencananya akan menggunakan siklus kompresi uap. Sebagian besar dari komponen mesin refrigerasi berada pada bagian ruang mesin dari petikemas. Berikut ini beberapa komponen utama pada mesin refrigerasi dengan siklus kompresi uap:

- **Kompresor**

Kompresor pada mesin refrigerasi berfungsi untuk menaikkan tekanan *refrigerant* dan juga untuk mengalirkan refrigerant didalam sistem agar dapat terus bersirkulasi.

- **Kondensor**

Kondensor merupakan alat pengembun *refrigerant* yang keluar dari kompresor. Pada kondensor inilah terjadi efek pemanasan, dimana kalor yang dibawa oleh *refrigerant* dilepaskan ke lingkungan.

- Katup ekspansi

Katup ekspansi berfungsi untuk mengatur aliran *refrigerant* dari sisi kondensor yang memiliki tekanan tinggi menuju sisi evaporator yang bertekanan rendah.

- Evaporator

Pada evaporator, *refrigerant* berada pada tekanan rendah hingga mencapai tekanan penguapannya. Pada saat inilah terjadi efek pendinginan dimana kalor diambil dari lingkungan, untuk kemudian dibawa oleh *refrigerant* dan dilepaskan di kondensor.

## 2.5 INSULASI

Polyurethane dibentuk dari reaksi antara polyol (alkohol dengan lebih dari dua grup hidroksil reaktif per molekul) dengan diisocyanate atau polymeric isocyanate dengan ketersediaan katalis yang sesuai serta bahan-bahan tambahan. Karena keragaman diisocyanate dan luasnya rentang polyol dapat digunakan untuk memproduksi polyurethane, sedangkan besarnya keanekaragaman bahan dapat diproduksi untuk memenuhi kebutuhan aplikasi khusus.

Sebagian besar polyurethane merupakan bahan thermoset; tidak bisa dileburkan dan dibentuk ulang seperti halnya bahan thermoplastic. Polyurethane juga terdapat dalam berbagai bentuk, seperti busa lentur, busa keras, pelapis anti bahan kimia, bahan perekat, dan penyekat, serta elastomers.

Busa keras polyurethane digunakan sebagai bahan penyekat pada gedung, pemanas air, alat transport berpendingin, serta pendingin untuk industri maupun rumah tangga. Busa ini juga digunakan untuk flotation dan pengaturan energi. Busa lentur polyurethane digunakan sebagai bahan pelembut pada karpet dan kain pelapis furniture, kasur, dan mobil. Busa tersebut juga digunakan sebagai pengepak barang.

Perekat dan penyekat polyurethane digunakan dalam konstruksi, transportasi, kapal, dan kegunaan lain yang membutuhkan kekuatan, tahan lembab, serta sifat tahan lama dari polyurethane tersebut.

Istilah “polyurethane elastomer” meliputi produk turunannya antara lain, thermoplastic polyurethane, cast elastomer, dan produk-produk Reaction Injection Molded (RIM). Bahan-bahan ini meliputi banyak ragam kegunaan, dari sepatu dan roda skate sampai perlengkapan rumah, lintasan atletik, serta alat-alat elektronik.

**Spesifikasi Polyurethane :**

<i>Component A</i>	Polyol Blended
<i>Component B</i>	Isocyanate
<i>Mixing Ratio</i>	1:1
<i>Cream Time(S)</i>	2 to 4
<i>Gel Time(S)</i>	5 to 9
<i>Rise Time(S)</i>	12 to 18
<i>Free Rise Core Density</i>	28 to 32 kg/m <sup>3</sup>
<i>Sprayed Density</i>	34 to 36 kg/m <sup>3</sup>
<i>Compressive Strength</i>	170 kN/m <sup>3</sup>
<i>Parallel to foam rise</i>	1 % Volume change
<i>Dimension Stability</i>	
<i>48 hours exposure @ 100°C Thermal Conductivity</i>	16-20 mW/m <sup>2</sup> K

**2.6 PENGELASAN**

**2.6.1 Definisi**

Pengelasan bisa digambarkan sebagai proses pnerjaan material dimana logam digabungkan dengan memanaskannya hingga ke titik leleh, dan menyebabkan bagian yang melebur menjadi satu dengan atau tidak dengan aplikasi tekanan dan pengisian material. Kalor yang dibutuhkan untuk peleburan dari material didapatkan dari pembakaran gas (dalam hal ini pengelesan gas) atau dengan sumbu elektrik.

**2.6.2 Keuntungan Dan Kerugian Pengelasan**

Keuntungan

1. Struktur pengelasan biasanya lebih ringan daripada struktur rivet.

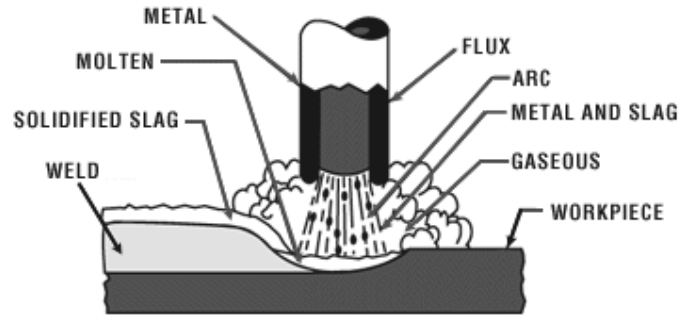
2. Perubahan dan penambahan dapat dibuat dengan mudah pada struktur yang telah ada.
3. Pada penghubung las, tensi tidak melemah
4. Pengelasan mempunyai kekuatan yang besar. Biasanya pengelasan mempunyai kekuatan dari metal itu sendiri
5. Dapat melakukan penghubungan pada tempat-tempat yang sulit (seperti pipa)
6. Pengelasan menghasilkan penyambungan yang rigid.
7. Proses pengelasan membutuhkan waktu lebih sebentar daripada rivet

#### Kerugian

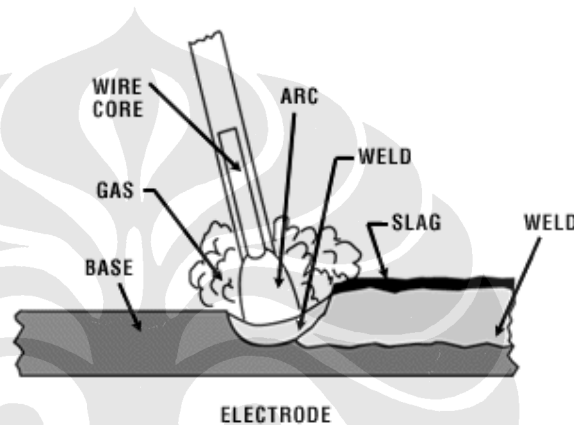
1. Karena tidak ada kesamaan pemanasan dan pendinginan pada saat pembentukan, maka bentuk dapat berubah pada penambahan stress dapat terjadi.
2. Membutuhkan keahlian khusus dalam pengelasan.
3. Karena tidak ada penjagaan untuk ekspansi atau kontraksi pada frame, maka ada kemungkinan retakan dapat terjadi.
4. Pengecekan pada pengelesan lebih sulit dibandingkan dengan rivet.
5. Sulit untuk membongkar kembali jika terjadi kesalahan pemasangan.

#### **2.6.3 Electric arc welding**

Pada *electric arc welding*, logam pengisi di berikan oleh elektroda las. Dengan cara membuat busur api dengan menyentuhkan logam yang akan di las dengan elektroda. Logam tersebut yang tersentuh dengan busur api tersebut akan melebur, membentuk lubang logam yang meleleh, yang terlihat terdorong keluar akibat semburan dari busur api



**STICK WELDING PROCESS**



**Gambar 2.3 : Proses pengelasan SMAW**

*Arc welding* tidak memerlukan logam untuk dipanaskan terlebih dahulu karena temperatur dari busur apisudah cukup tinggi, dimana peleburan dari logam hampir terjadi seketika. Terdapat dua macam ac welding berdasarkan tipe dari elektroda :

1. *Unshielded arc welding*

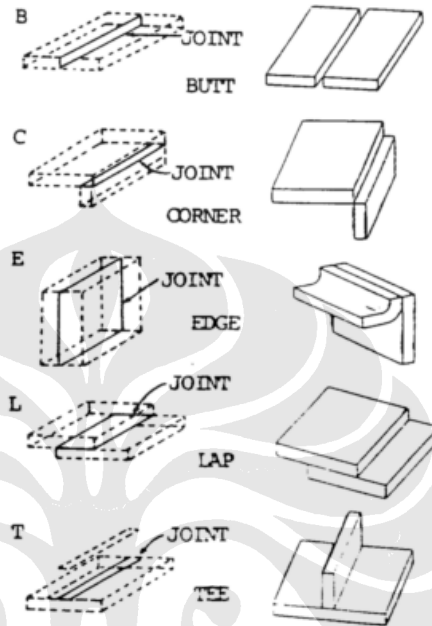
Dimana saat elektroda besar atau batang pengisi digunakan, maka bisa disebut un shielded ar welding. Pada kasus ini endapan logam saat panas akan menyerap oksigen dannitrogen dari atmosfer. Ini akan mnegurangi kekuatan dari lasan dan mengurangi keliatan dan tahanan terhadap karat.

2. *Shielded arc welding*

Untuk shielded arc welding adalah dimana batang las dilapisi dengan material padat. Hasil dari lapisan tersenut akan terkonsentrasi pada semburan busur api, dimana akan melindungi tetesan logam dari udara. Dan mencegah penyerapan oksigen dan nitrogen dalam bnetuk besar.

### 2.5.3 Tipe sambungan las

Sambungan las dapat berbeda-beda. Selain tergantung kebutuhan juga bergantung terhadap kekuatan dan kemudahan dalam proses pengelasan. Berikut adalah contoh dari tipe sambungan las :



**Gambar 2.4 :** Tipe sambungan las