

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Proses *blow molding* merupakan proses pembentukan sebuah benda yang terbuat dari material plastik dengan cara meniupkan udara bertekanan ke dalam sebuah material plastik yang telah dibentuk menjadi *bottle preform*. Kemudian *bottle preform* (bakalan plastik) yang telah dipanaskan pada suatu suhu tertentu dimasukkan ke dalam sebuah cetakan, sehingga nantinya *bottle preform* (bakalan plastik) dapat membentuk suatu pola atau model benda yang diinginkan sesuai cetakan (*mold*).

Dalam proses perancangan sistem konstruksi *injection blowing tools* yang akan digunakan untuk proses *blowing* (meniup) dengan menggunakan bahan plastik jenis PET atau PE, dibutuhkan perhitungan dan beberapa pertimbangan agar nantinya saat proses *blowing* dapat beroperasi dengan baik sehingga dapat menghasilkan produk (botol) yang baik tanpa cacat. Adapun beberapa penelitian yang berkaitan dengan sistem *blow molding* diantaranya sebagai berikut.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Norman C. Lee (2006). *Blow molding* adalah proses untuk memproduksi benda – benda berongga, terutama dari bahan *thermoplastic*. Botol dan kemasan adalah aplikasi utama dari bagian *blow molded*. Sebagai segmen industri, sekitar 80% dari *polyethylene* (PE) dan bagian utama dari bahan *polyethylene terephthalate* (PET) digunakan untuk botol dan kemasan oleh industri *blow molding*. Berbagai aplikasi bahan diantaranya *polypropylene*, *polyvinyl chloride*, *polycarbonate*, dan *fluoropolymer*. Menurut Norman, *injection blow molding* digunakan untuk menghasilkan cetakan yang disebut *preform*. *Injection blow molding* biasanya digunakan untuk membuat

bagian–bagian kecil yang membutuhkan tingkat volume produksi tinggi dan kontrol dimensi yang lebih baik.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh S.L. Belcher (2007). *Blow molding* mencakup tiga proses thermoplastik utama, yaitu *extrusion blow molding*, *stretch blow molding*, dan *injection blow molding*. *Blow molding* adalah proses pembuatan atau pembentukan produk berongga dengan cara mengembungkan atau meniup tabung thermoplastik cair yang biasa disebut “*parison*” atau memakai “*preform*” yang terbuat dari bahan *polyethylene terephthalate* (PET).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Herbert Rees (1994). *Blow molding* melibatkan proses pembentukan benda berongga dengan cara injeksi panas yang disalurkan secara otomatis ke cetakan dan mesin akan meniupkan udara bertekanan tinggi untuk membentuk bahan (plastik) sesuai profil cetakan.

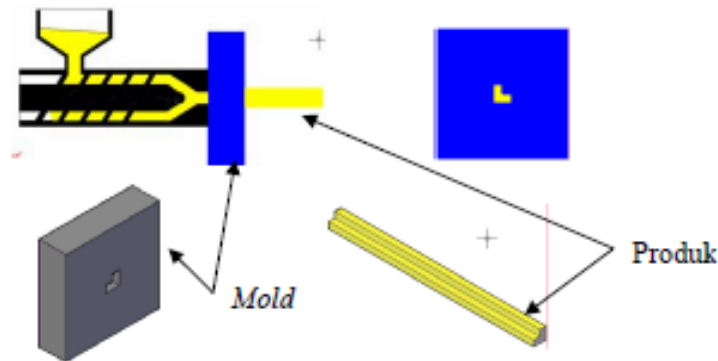
2.2. Dasar Teori

2.2.1. Sejarah *Blow Molding*

Dari penelitian yang dilakukan oleh Norman (2000). Proses *blow molding* berasal dari seni kuno yang pada pada awal tahun 1940-an mulai diproduksi dengan bahan baku plastik atau resin yang murah. Seiring perkembangan jaman proses *blow molding* mengalami banyak pengembangan dibagian sistem maupun desain alatnya. *Blow molding* dibuat dengan menggabungkan dua proses, yaitu *extrusion molding* dan *injection blow molding*.

2.2.2. Mekanisme Sistem Kerja *Extrusion Molding*

Proses *extrusion molding* memiliki kesamaan dengan proses *injection blow molding*, dimana pada *extrusion blow molding* produk yang dihasilkan berupa material dengan bentuk yang panjang.



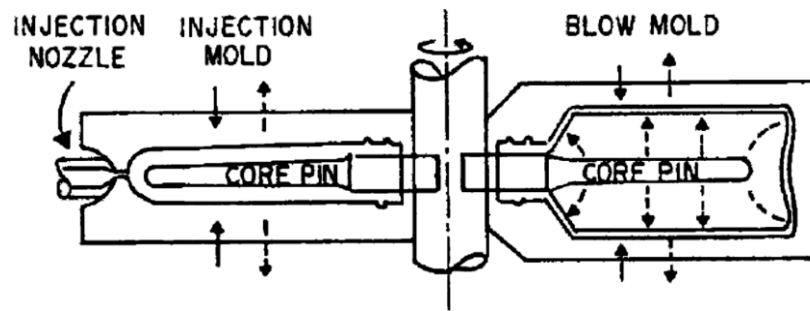
Gambar 2.1. Proses *Extrusion Molding* (Amri, 2009)

Berikut tahapan proses *extrusion molding* :

1. Pada bagian silinder mesin, bahan plastik (bakalan plastik) dipanaskan pada suhu tertentu hingga menjadi lunak (semi fluida).
2. Bakalan plastik yang sudah melunak kemudian dikeluarkan melalui *forming die* (sebuah lubang cetakan atau *mold* dengan dengan profil tertentu) menggunakan tekanan tertentu.
3. Bakalan plastik yang telah dibentuk kemudian menghasilkan produk yang masih panas dan dilakukan proses pendinginan.
4. Setelah produk memiliki panjang yang diinginkan kemudian dipotong dengan alat pemotong khusus pada mesin *extrusion* tersebut.

2.2.3. Mekanisme Sistem Kerja *Injection Blow Molding*

Injection Blow Molding adalah proses pembentukan produk berbahan plastik dengan cara menginjeksikan terlebih dahulu bijih plastik yang akan diproses menjadi bakalan plastik (*preform*). Pada sistem injeksi terdiri dari komponen *injection* (pengisi) dan *blower* (peniup). Secara umum digunakan untuk profil produk dengan ukuran yang relatif kecil dan terdapat ulir mulut botol (Krismasurya, 2015).



Gambar 2.2. Proses *Injection Blow Molding* (Harper, 2006)

Berikut tahapan proses *injection blow molding*:

1. Biji plastik dalam keadaan *melting* akan diinjeksikan ke dalam *cavity* dengan bentuk *preform*.
2. Kemudian plastik dipindahkan ke proses *blowing injection*.
3. Udara ditiupkan sehingga bakalan plastik (*preform*) dapat mengembang dan membentuk sesuai dengan bentuk profil dari *modal* (cetakan).
4. Cetakan terbuka untuk mengeluarkan produk.

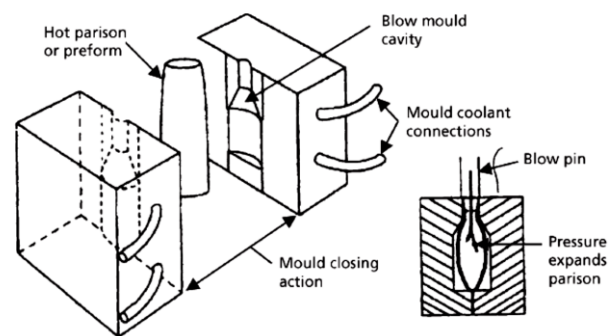
2.2.4. Mekanisme Sistem Kerja *Blow Molding*

Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh David Kazmer (1992). *Blow molding* merupakan suatu metode mencetak benda kerja atau produk berongga dengan cara meniupkan atau menginjeksikan udara dengan tekanan tertentu ke dalam suatu material. Pada umumnya material yang digunakan berupa plastik. Proses *blow molding* menggunakan cetakan yang terdiri dari dua belahan atau sisi cetakan (*modal*) yang tidak menggunakan inti (*core*) sehingga bentuk produk dari proses *blow molding* merupakan produk berongga.

Material plastik akan keluar dan secara perlahan akan turun dari sebuah *extruder head* kemudian setelah cukup panjang kedua belahan cetakan (*modal*) akan menjepit bakalan plastik tersebut hingga menyatu sedangkan bagian bawahnya akan dimasuki sebuah alat peniup (*blow pin*)

yang berfungsi untuk menginjeksikan udara ke dalam material plastik yang masih lunak atau bakalan plastik (*preform*) tadi, sehingga bakalan plastik tersebut akan mengembang dan membentuk seperti bentuk profil rongga *mol*nya.

Material yang telah terbentuk akan mengeras dan bisa untuk dikeluarkan dari cetakan (*mold*) hal ini karena cetakan dilengkapi dengan saluran pendingin di dalam kedua sisi cetakan tersebut. Untuk memperlancar proses peniupan atau injeksi, pada proses ini dilengkapi dengan pisau pemotong pipa plastik yang dapat keluar dari *extruder head* yang berguna memotong bakalan plastik.



Gambar 2.3. Proses *Blow Molding* (Norman, 2000)

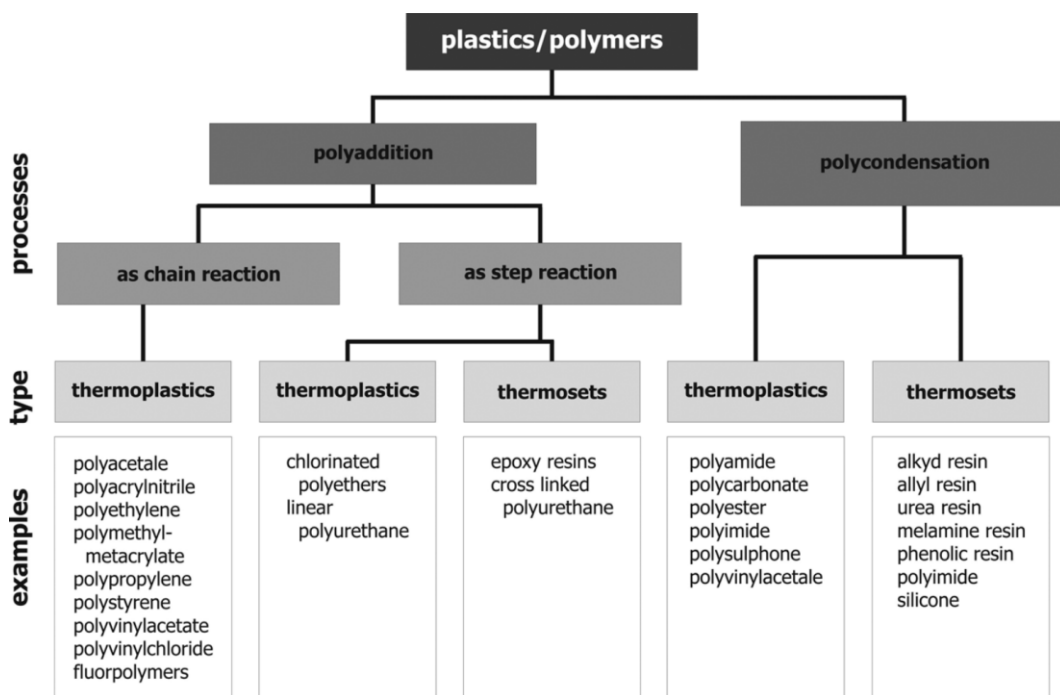
Berikut tahapan proses *blow molding* secara garis besar:

1. Peleburan resin (*plasticizing*).
 2. Pembuatan *parison* dengan cara *extrusion* atau pembuatan *preform* dengan cara *injection*.
 3. Peniupan atau pemompaan dengan udara bertekanan pada *parison* atau *preform* dengan diikuti proses pendinginan.
 4. Pelepasan produk dari bagian cetakan (*mold*).
 5. Pemangkasan (*finishing*) produk.
- (langkah pemangkasan biasanya dilakukan. Namun, diantara yang lainnya hanya sampai pada langkah ke 4 saja).

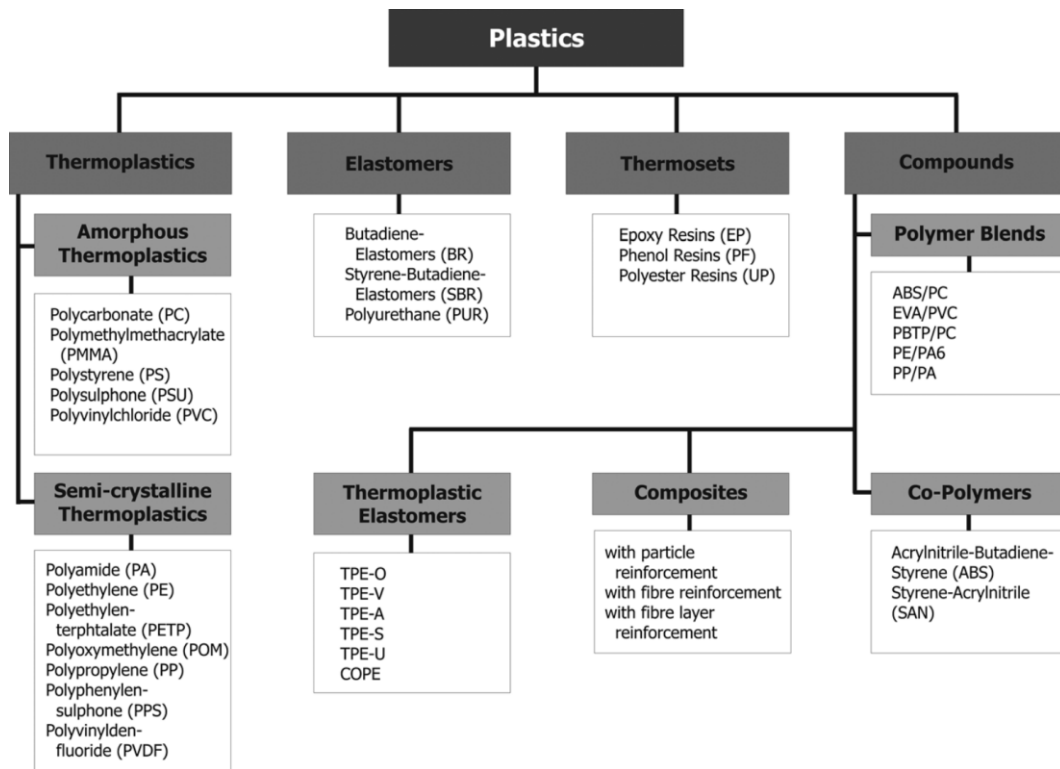
2.2.5. Klasifikasi Plastik Berdasarkan Jenis Golongan

Plastik merupakan jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerasi, proses polimerasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (*monomer*) melalui proses kimia menjadi molekul besar (*makromolekul*). Dalam pembuatan plastik bahan yang sering digunakan adalah *naphtha*, yaitu sejenis bahan yang dihasilkan dari residu penyulingan minyak bumi dan gas (Kumar, 2011).

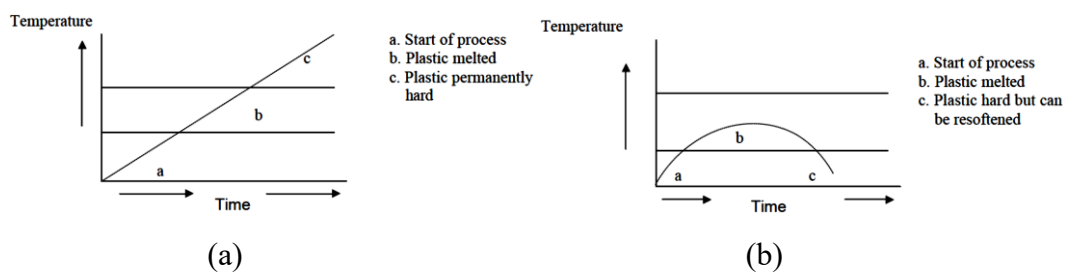
Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *thermoplastic* dan *thermosetting*. *Thermoplastik* merupakan bahan plastik yang mudah mencair jika dipanaskan pada suhu tertentu dan dapat dibentuk kembali dengan metoder daur ulang atau dengan cara menggunakan cetakan, plastik jenis ini juga dimungkinkan untuk diproses kembali sebagai bahan daur ulang. *Thermosetting* merupakan jenis plastik yang dibuat dalam bentuk padatan, sehingga tidak dimungkinkan untuk dibentuk kembali dengan cara dicairkan atau tidak dapat didaur ulang (Surono, 2013).



Gambar 2.4. Klasifikasi Plastik Berdasarkan Fungsi Pokok (Klein, 2011)



Gambar 2.5. Klasifikasi Plastik (Klein, 2011)



(a) Kurva Plastik *Thermoset*. (b) Kurva Plastik *Thermoplast*.

Gambar 2.6. Kurva Plastik (Domininghaus, 1993)

2.2.6. Jenis *Thermoplastics*

Plastik jenis *thermoplastics* merupakan jenis plastik yang memiliki kemampuan untuk didaur ulang atau dicetak kembali dengan beberapa proses dan metode. Jenis plastik yang termasuk dalam golongan *thermoplast* adalah : PE, PET, PP, PS, ABS, SAN, nylon, BPT, Polycetal (POM), PC, dll (Mujiarto, 2005).

2.2.6.1. Polypropylene (PP)

Polypropylene adalah jenis polimer kristalin yang dihasilkan dari proses polimerisasi gas propilena. Gas propilena memiliki *specific gravity* yang rendah dibandingkan dengan jenis plastik lain.

Tabel 2.1. Perbandingan *Specific Gravity* Material Thermoplastik (Mujiarto, 2005)

| Resin | Specific Gravity |
|-----------------|------------------|
| PP | 0,85 - 0,90 |
| LDPE | 0,91 - 0,93 |
| HDPE | 0,93 - 0,96 |
| ABS | 0,99 - 1,10 |
| Polistirena | 1,05 - 1,08 |
| Nylon | 1,09 - 1,14 |
| PVC | 1,15 - 1,65 |
| Poli Karbonat | 1,20 |
| Asetil Selulosa | 1,23 - 1,34 |

Tabel 2.2. Temperatur Leleh Material Thermoplastik (Mujiarto, 2005)

| Temperatur Leleh Material Thermoplastik | | |
|---|-----------|-----------|
| Material | °C | °F |
| PVC | 160 - 180 | 320 - 365 |
| LDPE | 160 - 240 | 320 - 464 |
| ABS | 180 - 240 | 356 - 464 |
| PS | 180 - 260 | 356 - 500 |
| HDPE | 200 - 280 | 392 - 536 |
| PP | 200 - 300 | 392 - 572 |
| Nylon | 260 - 290 | 500 - 554 |
| PC | 280 - 310 | 536 - 590 |

Polypropylene (PP) juga mempunyai titik leleh yang cukup tinggi (190-200°C), sedangkan titik kristalisasinya dikisaran 130-135°C. *Polypropylene* juga memiliki ketahanan terhadap bahan kimia yang cukup baik, namun lemah dalam menerima pukulan (*impact*).

2.2.6.2. Polyethylene Terephthalate (PET)

PET adalah jenis plastik dari golongan *thermoplast* yang terbuat dari *glikol* (EG) dan *terephthalic acid* (TPA) atau *dimethyl ester* atau *terephthalic acid* (DMT).

PET masuk dalam keluarga polyester yang memiliki daya serap uap air dan air yang rendah. PET dapat diproses dengan metode *extrusion* pada suhu sekitar 518-608°F, dan juga dapat diproses dengan metode *injection* maupun *blow molding*.

Jenis plastik PET banyak digunakan diberbagai bidang diantaranya untuk botol kemasan makanan maupun produk rumah tangga.

2.2.7. Penentuan Material Injection Blowing Tools

Dalam proses perancangan *injection blowing tools* penentuan bahan material yang akan digunakan ketika proses pembuatan merupakan hal yang utama, material yang nantinya akan dipilih yaitu material dengan harga yang terjangkau, mudah diperoleh dipasaran serta memiliki ketangguhan dan kekuatan yang baik.

2.2.7.1. Spesifikasi Material Baja

Dalam hal ini baja dipilih sebagai salah satu material utama dalam perancangan untuk membuat alat *injection blowing*. Dikarenakan baja memiliki beberapa sifat mekanik, diantaranya sebagai berikut :

1. Kekuatan (*strength*) : Baja memiliki daya tahan yang lumayan baik terhadap beberapa kemungkinan dalam menghadapi beban tarik, tekan, geser, puntir, maupun bengkok.
2. Kekerasan (*hardness*) : Terdapat beberapa proses dalam pembuatan baja terutama pada proses pendinginan, pada proses pendinginan tersebut dapat mempengaruhi sifat kekerasan dari baja tersebut.
3. Kekenyalan (*elasticity*) : Beberapa baja memiliki kemampuan dalam menerima tegangan yang diberikan tanpa mengakibatkan perubahan bentuk. Kemampuan tersebut juga dipengaruhi ketika proses pendinginan dilakukan dan juga campuran-campuran yang digunakan ketika proses pembuatan baja.
4. Kekakuan (*stiffness*) : Seperti halnya dengan sifat kekenyalan, beberapa baja juga memiliki sifat kekakuan dalam menerima beban, biasanya jika semakin tinggi nilai kekakuan suatu baja maka semakin kecil nilai elastisitasnya.
5. Plastisitas (*plasticity*) : Plastisitas merupakan sifat dimana suatu baja dapat menerima suatu tegangan tertentu untuk menjadi suatu bentuk yang diinginkan, contohnya pada proses *rolling*, *extruding*, dll.
6. Ketangguhan (*thoughness*) : Ketangguhan suatu baja dalam menerima suatu pembebanan cukup baik namun tergantung dari dimensi ukuran baja tersebut, proses pembuatan dan pendinginan, serta campuran bahan yang digunakan.

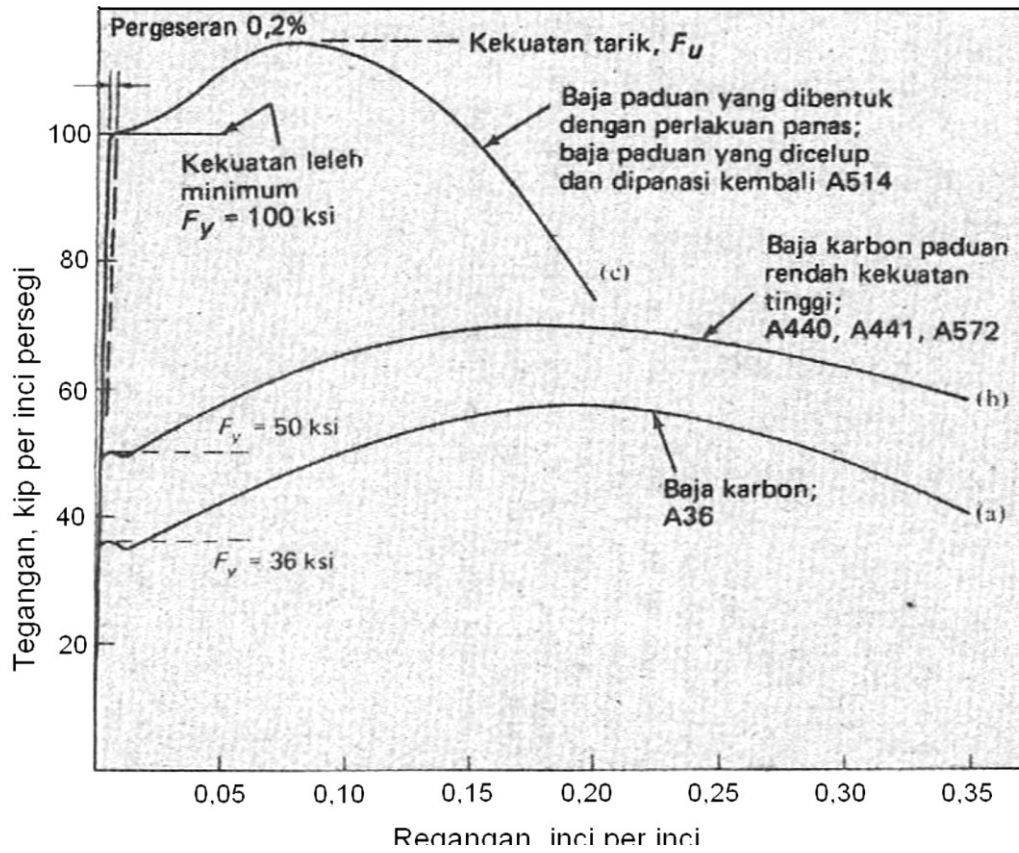
Baja karbon dibagi menjadi tiga golongan berdasarkan kandungan kadar karbonnya.

1. Baja karbon rendah (*low carbon steel*) : 0,05% - 0,30% C
2. Baja karbon menengah (*medium carbon steel*) : 0,30% - 0,60% C
3. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*) : 0,60% - 1,50% C

Dari sifat-sifat mekanis ini baja memiliki kemungkinan besar untuk dijadikan sebagai material pokok dalam perancangan *injection blowing tools*. Dalam perancangan ini dituntut untuk mencarikan material yang mudah ditemukan dipasaran dengan harga yang terjangkau. Beberapa jenis baja yang sering ditemukan dipasaran diantaranya adalah baja plat, strip dan baja batangan. Baja plat, strip dan baja batangan merupakan golongan dari baja jenis karbon rendah.

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) merupakan jenis baja dengan kadar karbon sekitar 0,10–0,30 %. Baja tersebut sering diperdagangkan dalam bentuk plat baja, baja strip, dan baja batangan atau profil dengan kode A36 (Murtiono, 2012).

Baja karbon A36 mengandung karbon maksimum antara 0,25 % s/d 0,29 % tergantung kepada tebalnya. Baja karbon struktural ini memiliki titik leleh 36 ksi (250 Mpa). Dengan begitu material baja dengan kadar karbon rendah dapat dipilih sebagai material utama dikarenakan dengan sifat mekanisnya yang memiliki keuletan yang tinggi sehingga mudah untuk ditekuk (*bending*) agar dapat membentuk rangka yang diinginkan dan mudah untuk dilas dengan las listrik (SMAW) serta mudah untuk didapatkan dipasaran.



Gambar 2.7. Kurva Tegangan – Regangan Baja (Salmon, 1971)



a. Baja Plat



b. Baja Strip

Gambar 2.8. Jenis Bentuk Baja

2.2.7.2. Spesifikasi Material Aluminium

Aluminium digunakan sebagai bahan utama dalam perancangan *injection tools* dikarenakan aluminium memiliki karakteristik logam yang mudah dibentuk, lunak, dan ringan. Aluminium memiliki kekuatan tarik sebesar 90 MPa, namun kekuatan tersebut dapat bertambah hingga 600 MPa tergantung dengan bahan paduannya. Aluminium digolongkan sebagai logam ringan dikarenakan aluminium memiliki berat sekitar sepertiga dari baja dan mudah ditekuk maupun *machining*, hingga dicor.

Tabel 2.3. Sifat Fisik Aluminium (Majansastra, 2016)

| Sifat Fisik Aluminium | |
|--|---|
| Nama – Nomor Unsur | Aluminium (<i>Al - 13</i>) |
| Masa Jenis (cair) | 2.375 gram /cm ³ |
| Massa Jenis (padat) | 2,70 gram /cm ³ |
| Titik Didih | 2792 K. 2519°C. 4566°F |
| Titik Lebur | 933,47 K. 660,32°C. 1220,58°F |
| Kalor Jenis (25°C) | 24,2 J/mol K |
| Konduktivitas Thermal (300K) | 237 W/m K |
| Pemuaian Thermal (25°C) | 23,1 μm/m K |
| Resistansi Listrik (20°C) | 28,2 nΩ m |
| Modulus Geser | 26 GPa |
| Yield strength | 70 GPa |
| Poisson Ratio | 0,35 |
| Kekerasan Skala Mohs | 2,75 |
| Kekerasan Skala Vickers | 167 MPa = 1.7034 x 10 ⁻⁸ kgf/mm ² |
| Kekerasan Skala Brinell | 245 MPa = 2.499 x 10 ⁻⁸ kgf/mm ² |
| 1 mPa = 1.02 x 10 ⁻¹⁰ kgf/mm ² | |

Aluminium dapat dipadukan dengan bahan lain, menurut *Standart Aluminium Association (AA)* jenis paduan aluminium dapat dibagi menjadi tujuh jenis, yaitu sebagai berikut (Davis, 1994) :

1. Aluminium murni

Jenis aluminium dengan kadar kemurnian antara 99,0% - 99,9%. Memiliki sifat tahan karat, konduksi thermal dan listrik yang baik. Namun kekuatannya rendah.

2. Aluminium paduan Tembaga (Al – Cu)

Jenis aluminium yang dipadukan dengan tembaga sebesar 4,5%. Bersifat seperti baja lunak dengan kekuatan yang cukup baik, mudah dikerjakan dengan mesin. Namun daya tahan terhadap korosinya rendah. Contoh *duralumin (2017)* dan *super duralumin (2024)*.

3. Aluminium paduan Mangan (Al – Mn)

Jenis aluminium paduan yang dalam proses pembuatannya tanpa (tidak dapat) melalui perlakuan panas. Bersifat tahan terhadap korosi dan kekuatan yang baik. Biasa digunakan pada industri bahan kimia dan pangan.

4. Aluminium paduan Silicon (Al – Si)

Jenis aluminium paduan yang dapat diproses dengan perlakuan panas. Paduan yang terkandung adalah 8% - 12% Si. Sehingga memiliki sifat yang baik dalam proses pengecoran dikarenakan pada keadaan cair memiliki sifat mampu alir yang baik sehingga kecil kemungkinan terjadi retakan dan mudah untuk dicetak serta mampu dalam menghadapi korosi. Aluminium paduan silicon sering digunakan sebagai bahan logam las maupun cor tempa.

5. Aluminium paduan Magnesium (AL – Mg)

Jenis aluminium dengan kadar paduan sekitar 4% - 10% magnesium yang mengakibatkan paduan ini memiliki sifat yang sulit untuk diproses dengan perlakuan panas dan lebih sulit untuk dituang tetapi memiliki daya tahan terhadap korosi yang sangat baik. Jenis paduan ini banyak digunakan untuk konstruksi umum, tabung penyimpan gas serta oksigen.

6. Aluminium paduan Magnesium dan Silicon (Al – Mg – Si)

Jenis paduan dengan kadar 7-9% Si dan 0,3-1,7% Mg yang mengakibatkan aluminium memiliki sifat kuat terhadap korosi dan juga sebagai penghantar listrik yang baik. Namun sifat yang kurang baik adalah mudah terjadinya pelunakan di daerah las dikarenakan panas dari proses pengelasan.

7. Aluminium paduan Seng (Al – Zn)

Jenis paduan aluminium yang dapat diproses dengan perlakuan panas. Biasanya paduan ini ditambahkan juga dengan unsur Mg, Cu, dan Cr. Sehingga mengakibatkan kekuatan tariknya bisa lebih dari 50 kg/mm² dan sering dinamakan dengan ultra duralumin. Jenis paduan ini sering digunakan dalam konstruksi las, karena memiliki sifat mampu las dan daya tahan terhadap korosi yang baik.

Tabel 2.4. Klasifikasi Aluminium (Davis, 1994)

| | | | |
|--------------------------------|---|--------------|----------------|
| Aluminium paduan untuk dimensi | Paduan jenis tidak dapat diproses dengan perlakuan panas (non – heat treatable) | Al murni | Seri 1000 |
| | | Al – Mn | Seri 3000 |
| | | Al – Si | Seri 4000 |
| | | Al – Mg | Seri 5000 |
| | Paduan jenis dapat diproses dengan perlakuan panas (heat treatable) | Al – Cu | Seri 2000 |
| | | Al – Mg – Si | Seri 6000 |
| | | Al – Zn | Seri 7000 |
| Aluminium paduan untuk coran | Non – heat treatable Alloy | Al – Si | Silumin |
| | | Al – Mg | Hydronarium |
| | Heat treatable Alloy | Al – Cu | Lautal |
| | | Al – Si – Mg | Silumin, Lo-ex |

2.2.8. Penentuan dan Perhitungan Rancang Bangun Mesin

Dalam hal ini proses perhitungan adalah proses yang sangat penting dikarenakan dari hasil perhitungan ini akan didapatkan nilai angka aman ketika proses perancangan dilanjutkan ke proses pembuatan. Pada proses perancangan *injection blowing tools* ada beberapa komponen yang harus dianalisa yaitu menentukan bahan material apa yang akan digunakan kemudian menentukan besar kekuatan suatu susunan rangka kemudian dari hasil perhitungan tersebut digunakan untuk mengidentifikasi jika material yang digunakan tersebut sesuai kriteria sebagai bahan baku pembuatan *injection blowing tools*, analisa jenis sambungan las dan menghitung besar kekuatan sambungan las, serta menentukan jenis *bolt*, *nuts*, dan *washer* yang akan digunakan pada *injection blowing tools*.

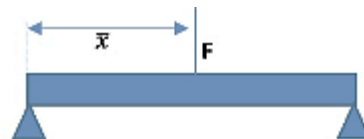
2.2.8.1. Perhitungan Kekuatan Susunan Rangka

Pada kasus penentuan kekuatan suatu rangkaian dalam menerima pembebanan dilakukan dengan cara memperhitungkan nilai resultan gaya dari susunan rangkaian tersebut. Dalam hal ini digunakan rumus perhitungan statika *rigid bodies* dan *fixed cantilever*.

Sebelum perhitungan dilakukan, harus diketahui terlebih dahulu besar dari pembebanan pada struktur mesin tersebut dengan menggunakan gambar ilustrasi 2 dimensi dan menganalisa dengan menggunakan massa jenis material.

- Sumbu XY $\rightarrow F_z = 0; M_x = 0; M_o = 0$.
- $\Sigma F_x = 0; \Sigma F_y = 0; \Sigma M_a = 0; \Sigma M_b = 0; \Sigma M_c = 0$.

Dalam kasus selanjutnya menganalisa besar gaya pada suatu komponen rangkaian. Dimana dalam struktur *injection blowing tools* nantinya akan ditempatkan *mold cavity* dan *injection* yang akan dipasangkan pada pilar – pilarnya. Maka dilakukan perhitungan analisa beban ekuivalen dan resultan gaya.



Gambar 2.9. Beban Ekuivalen

Dimana beban ekuivalen dan resultan gaya nanti dapat diketahui dengan melakukan perhitungan pendekatan asumsi. Dengan mengasumsikan berat dari *mold cavity* serta berat dari *injection tools* dengan cara menghitung menggunakan ketetapan massa jenis material.

\rightarrow maka dapat diketahui berapa beban yang akan di topang oleh komponen.

$$m = \rho \times V \rightarrow V = p \times l \times t$$

\rightarrow disini harus diperhatikan arah gayanya.

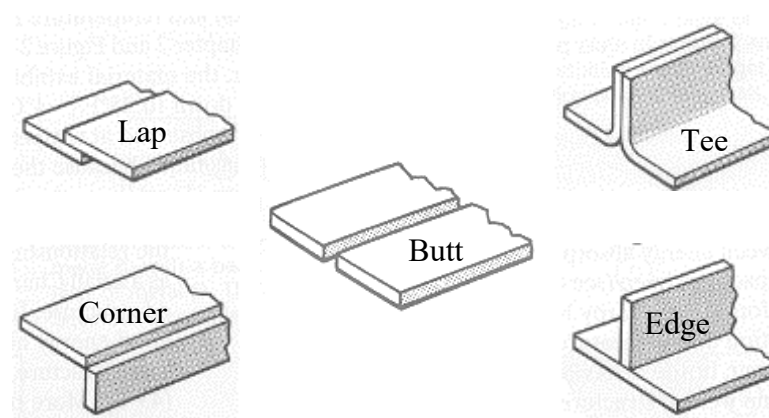
$$F = m \times g \rightarrow Fr = \sqrt{Ax^2 + Ay^2}$$

Tabel 2.5. Arah Gaya

| | | | | |
|---|---|-----|---|---|
| ↓ | - | Sin | ↑ | + |
| ← | - | Cos | → | + |

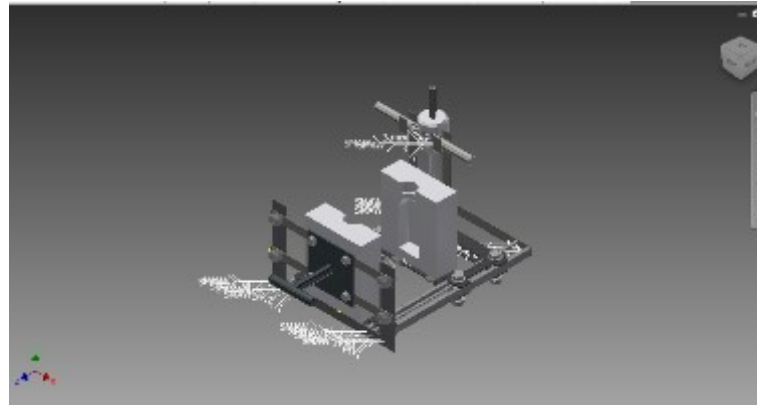
Dengan diketahuinya berapa nilai pembebanan dan arah gaya dari masing – masing komponen penyusun *injection blowing tools*, maka dapat diperkirakan berapa beban yang harus diberikan agar alat tidak melebihi batas nilai *yield strengt* (batas luluh F_y) material agar masing – masing komponen tidak terjadi defleksi atau perbuahan bentuk karena kelebihan beban.

2.2.8.2. Perhitungan Jenis Sambungan Las

**Gambar 2.10.** Jenis Sambungan Las (Winarto, 2011)

Dalam kasus ini telah diketahui besar nilai angka aman dengan menggunakan analisa perhitungan statika untuk merancang bentuk rangka dari *injection blowing tools*. Dalam proses pembentukan rangka nantinya digunakan sambungan jenis las busur listrik (SMAW). Pada bidang pengelasan penentuan besar kecil dan tinggi pendek suatu kampuh las akan mempengaruhi daya tahan serta efisiensi dalam penggunaan jumlah

elektroda. Dalam perancangan *injection blowing tools* digunakan las bentuk *fillet*, dikarenakan las bentuk *fillet* tersebut mudah untuk dikerjakan dan dapat diterapkan pada beberapa jenis sambungan diantaranya *T-joint*, *corner joint*, *lap joint*.



Gambar 2.11. Titik – titik Pengelasan pada *Injection Blowing Tools*

Las *fillet* dipilih dikarenakan mudah untuk menjaga bentuk bagian part dari distorsi pengelasan. Kekuatan las *fillet* tergolong rendah dibandingkan dengan las *groove* (Winarto, 2011).

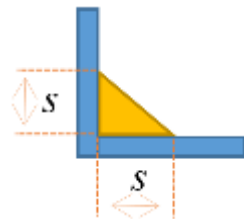
Pada perancangan *injection blowing tools* menggunakan jenis pengelasan busur listrik dengan elektroda yang digunakan untuk penyambungan material baja lunak dan baja paduan rendah. Menurut klasifikasi AWS (*American Welding Society*) dengan keterangan E XXYZ. Kode E digunakan untuk menyatakan jenis elektroda untuk las busur listrik. XX (angka kedua) digunakan untuk menyatakan besar kekuatan tarik ijinnya (*tensile strength*). Y (angka ketiga) digunakan untuk menyatakan posisi pengelasan, jika dinyatakan dengan angka 1 maka dapat digunakan untuk segala posisi, 2 untuk posisi flat horisontol, dan 3 posisi flat. Z (angka keempat) digunakan untuk menyatakan jenis fluks atau arus yang baik digunakan (Anggaretno, 2012).

Dalam menganalisa kekuatan struktur las terdapat beberapa tahap:

1. Menganalisa jenis elektroda yang digunakan dan besar tegangan ijin dari elektroda tersebut.
2. Menganalisa jenis sambungan yang digunakan.
3. Menganalisa arah pembebanan yang terjadi pada sambungan.
4. Menghitung besar tegangan yang terjadi akibat pembebanan pada sambungan las.

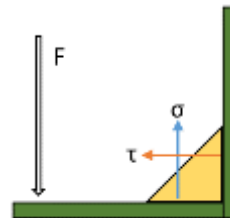
→ Tegangan tarik / tekan

$$\sigma = F/A \rightarrow A = s \times L$$



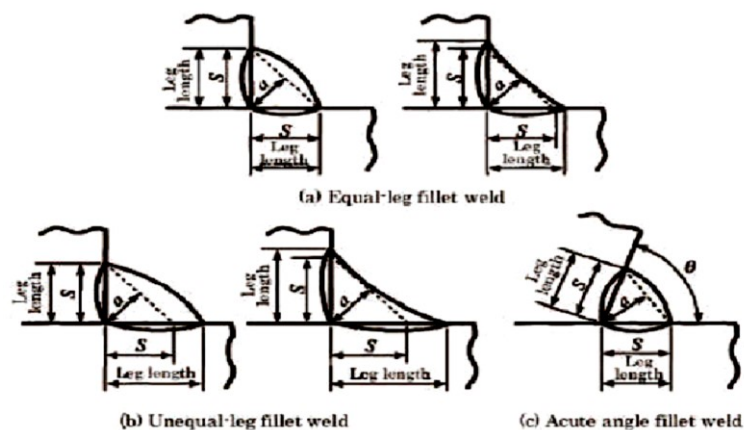
→ Tegangan geser

$$\tau = F/A \rightarrow A = s \times L$$



Gambar 2.12. Keterangan Bagian Las dan Pembebanan

5. Membandingkan hasil tegangan yang terjadi pada sambungan dengan tegangan ijin las untuk mencari tahu bahwa sambungan mampu menerima pembebanan atau tidak.



Gambar 2.13. Ukuran dan Kedalaman Leher Lasan *Fillet* (Winarto, 2011)



Gambar 2.14. Jenis Elektroda E6013

Salah satu elektroda yang sering dipakai dalam melakukan proses pengelasan adalah jenis AWS E6013 dikarenakan jenis elektroda tersebut memiliki harga yang relatif terjangkau. AWS E6013 memiliki tegangan ijin yang baik sebesar 60.000 psi, dan dapat diterapkan pada proses pengelasan segala posisi dengan kadar fluks yang rendah (Affi, 2007).

Elektroda RD-260 merupakan jenis elektroda yang digunakan untuk pengelasan vertikal ke bawah. Elektroda ini memiliki penetrasi yang dangkal dan sedikit terjadinya *slag inclusion* (kemasukkan terak). Komposisi kimia pada elektroda RD-260 diantaranya C 0,07% - Si 0,35% - Mn 0,40% - P 0,010% - S 0,007%. Dengan sifat mekanis yang dimiliki titik rentang 465 N/mm² dengan kekuatan tarik sebesar 500 N/mm² dan batas pemanjangan 26,0% (Saputra, 2004).

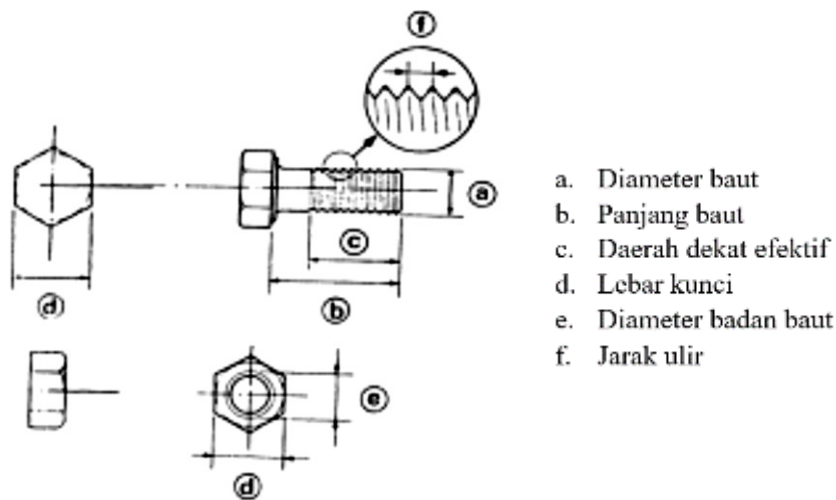
2.2.9. Perhitungan Jenis Sambungan *Bolt, Washer, dan Nuts*.

Dalam kasus ini, pada rangkaian *injection blowing tools* selesai dalam proses pengelasan. Maka perancangan selanjutnya adalah menganalisa kebutuhan baut, ring dan mur yang akan digunakan.

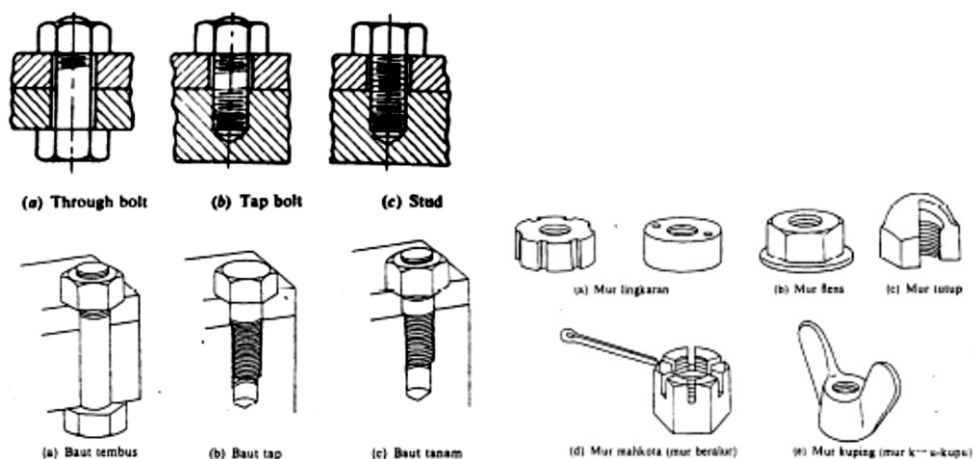
Fungsi dari sambungan baut dan mur diantaranya adalah (Irawan, 2009) :

- Mempertinggi kekuatan suatu rangkaian dalam menerima beban.
- Mempermudah pemasangan antar bagian – bagian dalam suatu rangkaian mesin.
- Meningkatkan efisiensi pada proses manufaktur.

Pada penentuan baut yang akan digunakan pada perancangan *injection blowing tools* terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan. Bahwa dengan menggunakan sambungan mur dan baut, konsentrasi tegangan tertinggi terjadi pada daerah ulir oleh karena itu perlu penentuan jenis dan ukuran baut yang sesuai agar dapat diaplikasikan dengan baik pada penyambungan tiap komponen.

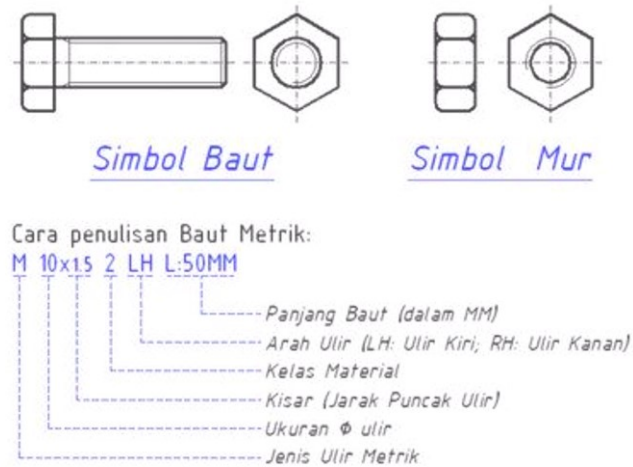


Gambar 2.15. Bagian – bagian Baut (Irawan, 2009)



Gambar 2.16. Jenis – Jenis Baut dan Mur (Irawan, 2009)

Sebelum mulai menentukan jenis baut yang akan digunakan, pertama – tama harus mengetahui tata penomoran jenis baut. Serta memahami ukuran – ukuran baut sesuai standart.



Gambar 2.17. Penomoran Baut (Irawan, 2009)

Sebelum memulai menganalisa, perlu diketahui tegangan yang terjadi pada baut. Berdasarkan gaya yang mempengaruhinya, tegangan yang terjadi pada baut dibedakan menjadi tiga jenis. Tegangan tersebut adalah :

- Tegangan akibat gaya dari luar
 Pada tegangan tersebut dibagi kembali menjadi empat jenis yaitu tegangan tarik, geser, kombinasi, kombinasi dengan pembebanan.
- Tegangan dalam akibat gaya kerja
 Pada tegangan dalam dibagi kembali menjadi dua jenis tegangan yaitu tegangan tarik dan geser torsional.
- Tegangan kombinasi
 Tegangan kombinasi merupakan tegangan yang terjadi pada baut dikarenakan pengaruh gaya dari dalam dan luar kerja.

Analisa perhitungan untuk menentukan rencana pemakain jenis baut pada *injection blowing tools*.

- ✓ Menentukan nilai *safety factor* yang sesuai untuk digunakan pada bagian sambungan tersebut.

Tabel 2.6. Nilai *Safety Factor* (Vidosic, 1957)

| Nilai <i>Safety Factor</i> | |
|-----------------------------------|---|
| Nilai | Digunakan Untuk |
| 1,25 – 1,5 | Kondisi terkontrol dan tegangan yang berkerja dapat ditentukan dengan pasti. |
| 1,5 – 2,0 | Bahan yang sudah diketahui, kondisi lingkungan beban dan tegangan yang tetap dan dapat ditentukan dengan mudah. |
| 2,0 – 2,5 | Bahan yang beroperasi secara rata-rata dengan batasan beban yang diketahui. |
| 2,5 – 3,0 | Bahan yang diketahui tanpa mengalami tes. Pada kondisi beban dan tegangan rata-rata. |
| 1,25 – 4,5 | Bahan yang sudah diketahui. Kondisi beban, tegangan dan lingkungan yang tidak pasti. |
| 1,25 – 4,5 | Beban berulang. |
| 2,0 – 4,5 | Beban kejut. |
| 1,25 – 2,0 | Beban statis. |
| 2,0 – 3,0 | Beban dinamis. |
| 3,0 – 9,0 | Beban getas. |

- ✓ Menghitung tegangan ijin yang terjadi pada sambungan baut.

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_{maks} \text{ "jenis baut" }}{Safety Factor} \rightarrow N/mm^2$$

- ✓ Mencari jenis baut yang akan digunakan :
 - Analisa berapa banyak baut yang akan digunakan perbagian komponen alat.
 - Analisa berapa besar berat yang akan ditopang atau dipasangkan pada komponen.
 - Analisa berapa tegangan tarik yang diijinkan dari material yang digunakan pada komponen tersebut.
 - Hitung ukuran diameter baut yang diperlukan dengan menggunakan data yang telah didapatkan.
 - Menghitung diameter dalam.

$$d_i = \sqrt{\frac{4 F}{\pi \cdot \sigma_t}} = \sqrt{\frac{4 \times 60.000}{\pi \times 100}}$$

- Mencari ukuran baut yang sesuai dari hasil perhitungan pada tabel ukuran baut dan mur standar.

2.2.10. Perhitungan Tekanan Injeksi

Pada perancangan *injection blowing tools* perlu di analisa untuk pemakaian tekanan udara yang akan digunakan ketika proses injeksi dilakukan agar dapat menghasilkan produk yang sesuai dengan model dari profil *mold cavity*.

Tekanan merupakan suatu jenis gaya yang berkerja pada satuan luas bidang tekan atau dengan definisi lain bahwa tekanan adalah gaya persatuan luas. Tekanan dibedakan menjadi tiga jenis yaitu :

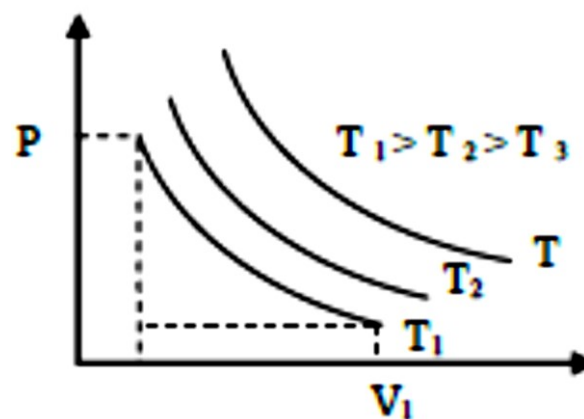
Tekanan pada zat padat : contoh, sebuah balok yang diberikan gaya tekan dari atas.

Tekanan pada zat cair : contoh, sebuah tabung yang memancarkan air dari dasar tabung.

Tekanan pada zat gas : contoh, sebuah ban yang dipompa maka akan ban akan mengembang.

Pada perancangan *injection tools* menggunakan jenis tekanan pada zat gas. Pada saat proses injeksi, udara dari kompresor akan diteruskan menuju *bottle preform* yang telah dipanaskan melalui *injection tools* sehingga *bottle preform* dapat mengembang dan membentuk model sesuai profil dari *mold cavity*.

Dalam perencanaan berapa besar tekanan yang akan digunakan pada proses injeksi dapat digunakan rumus dari hukum Boyle “hasil kali tekanan dan volume dalam ruang tertutup adalah tetap (konstan) selama suhu gas tetap”. Persamaan hukum Boyle : $P V = C \rightarrow P_1 V_1 = P_2 V_2$.



Grafik 2.18. Grafik P – V (Persamaan Hukum Boyle)