

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Menurut Kusuma (2007), dari penelitian dengan judul *Karakterisasi dan peningkatan kekerasan bahan cetakan blow molding* menunjukkan bahwa aluminium paduan yang digunakan termasuk dalam jenis Al seri 7xxx, karena memiliki paduan Al-Mg-Z dengan persentase perbandingan berat 89.32 : 2.33 : 5.76, dan nilai kekerasan sebesar 78.2HRB. Sedangkan dari proses heat treatment yang sudah dilakukan angka kekerasan mengalami peningkatan sebesar 20% yaitu pada waktu proses *aging* 30 jam, dengan angka kekerasan maksimum sebesar 94HRB, dan angka kekerasan minimum dicapai pada proses quenching dengan angka kekerasan sebesar 85HRB.

Menurut Lee, Norman C. (2006), *blow molding* merupakan proses untuk menghasilkan sebuah produk berongga. Botol adalah produk utama dari proses *Blow molding* yang menggunakan material *preform* jenis *polyethylene terephthalate* (PET). Bahan yang digunakan sekitar 80 % menggunakan *polyethalate* (PE) dan sebagian besar bahan yang digunakan adalah *polyethylene terephthalate* (PET). Selain itu *Blow molding* juga bisa digunakan untuk objek lain, seperti komponen tangki gas, mainan, dan kap mesin.

Menurut Kazmer (1992), *blow molding* merupakan suatu metode mencetak benda kerja berongga dengan cara meniupkan atau menghembuskan udara kedalam material/bahan yang menggunakan cetakan yang terdiri dari dua belahan *mold* yang tidak menggunakan inti (*core*) sebagai pembentuk rongga tersebut. Material plastik akan keluar secara perlahan dari sebuah *extruder head* kemudian setelah cukup panjang kedua belahan *mold* akan di jepit dan menyatu sedangkan bagian bawah nya akan dimasuki sebuah alat meniup (*blow pin*) yang menghembuskan udara ke dalam pipa

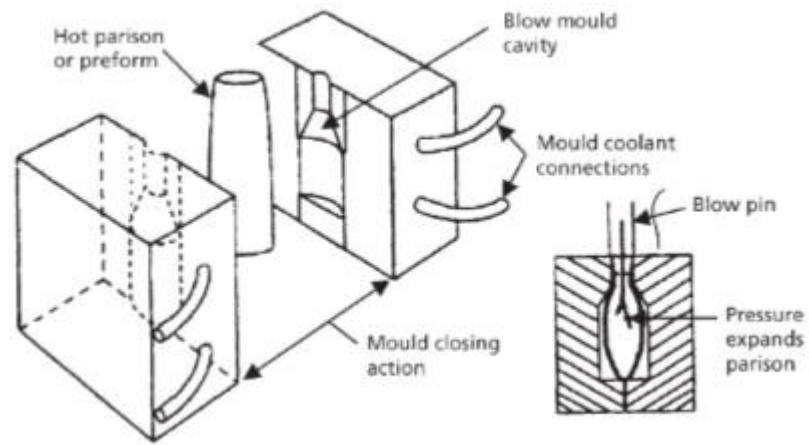
plastik yang masih lunak, sehingga plastik tersebut akan mengembang dan membentuk seperti bentuk rongga *mold*-nya. Material yang sudah terbentuk akan mengeras dan bisa dikeluarkan dari *mold*, hal ini karena *mold* dilengkapi dengan saluran pendingin didalam kedua belahan *mold*. Untuk memperlancar proses peniupan ini dilengkapi dengan pisau pemotong pipa plastik yang baru keluar dari *extruder head*.

Dari tiga peneliti dapat di simpulkan bahwa menurut (Kusuma, 2007) bahwa bahan *mold* yang digunakan adalah alumunium jenis seri 7xxx dengan paduan Al-Z-Mg dan menurut (Norman C, Lee 2006) *blow molding* adalah suatu proses yang menggunakan metode tiup yang menghasilkan produk berongga, sedangkan menurut (Kazmer, 1992) *blow molding* merupakan metode mencetak produk berongga dengan 2 *mold* yang dilengkapi dengan pendingin didalam kedua *mold*. pada pembuatan ini bahan *mold* yang digunakan menggunakan alumunium seri 5 dengan paduan Al-Mg, bahan ini dipilih karena mudah di bentuk.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Blow Molding

Blow molding merupakan suatu metode mencetak benda kerja berongga dengan meniupkan atau menghembuskan udara kedalam material/bahan yang menggunakan cetakan yang terdiri dari dua belahan *mold* yang tidak menggunakan inti (*core*) sebagai pembentuk rongga tersebut. Material plastik akan keluar secara perlahan dari sebuah *extruder head* kemudian setelah cukup panjang kedua belahan *mold* akan di jepit dan menyatu sedangkan bagian bawah nya akan dimasuki sebuah alat peniup (*blow pin*) yang menghembuskan udara ke dalam pipa plastik yang masih lunak, sehingga plastik tersebut akan mengembang dan membentuk seperti bentuk rongga *mold*-nya. Material yang sudah terbentuk akan mengeras dan bisa dikeluarkan dari *mold*, hal ini karena *mold* dilengkapi dengan saluran pendingin didalam kedua belahan *mold*. Untuk memperlancar proses peniupan ini dilengkapi dengan pisau pemotong pipa plastik yang baru keluar dari *extruder head* (Kazmer, 1992). Seperti Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Proses Dasar pada *Blow Molding* (Lee, Norman C., 2006)

Menurut Lee, Norman C. (2006:1-2) langkah-langkah umum dalam proses *blow molding* adalah sebagai berikut:

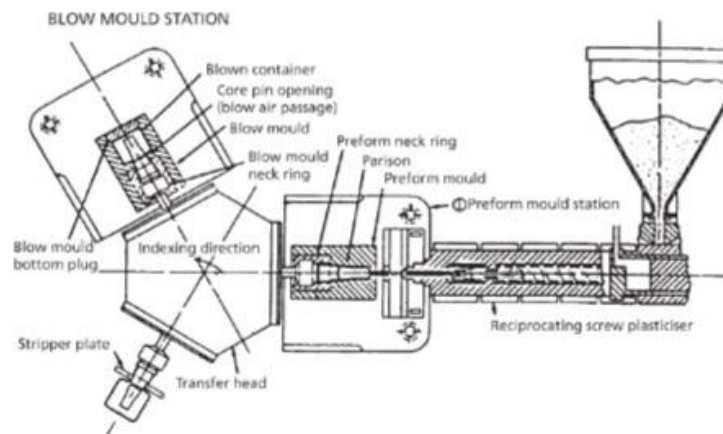
1. Pelelehan resin (bijih plastik). Pelelehan bijih plastik dilakukan oleh ekstruder yang merupakan bagian dari mesin *blow molding*. Peralatan yang digunakan ekstruder adalah pemanas (*heater*) dan sekrup penekan (*screw*).
2. Pembentukan lelehan plastik dalam bentuk silinder atau tabung. bentuk silinder atau tabung tersebut pada umumnya disebut *parisson*. *Parisson* dibentuk dengan dua metode yang paling mendasar pada proses *blow molding* adalah *extrusion blow molding* dan *injection blow molding*. *Extrusion blow molding* digunakan *extrusion die* untuk membentuk *parisson*. Pembentukan *parisson* dapat dilakukan secara kontinyu maupun bertahap. Dalam berbagai permasalahan, beberapa metode harus menyajikan akhir penutupan *parisson* sehingga *parisson* tersebut dapat ditiup. Metode akhir penutupan yang umum adalah melakukan penangkapan *parisson* dengan penutupan kedua bagian cetakan. *Parisson* pada *injection blow molding* dibentuk oleh *injecting* (menyuntikkan) resin pada *core pin*.

3. Setelah pembentukan *parisson*, *parisson* berada di dalam cetakan dan kemudian ditiup sehingga plastik mengembang dan menekan dinding *cavity*. Peniupan dilakukan melalui pin yang dimasukkan melalui celah botol. Proses peniupan *parisson* dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Seiring perkembangan teknologi, proses *blow molding* ikut berkembang menyesuaikan aplikasi penggunaannya yang semakin luas, berdasarkan aplikasi dan prosesnya sendiri *blow molding* terdiri dari beberapa macam proses, diantaranya sebagai berikut :

a. 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). Seperti pada Gambar 2.2.

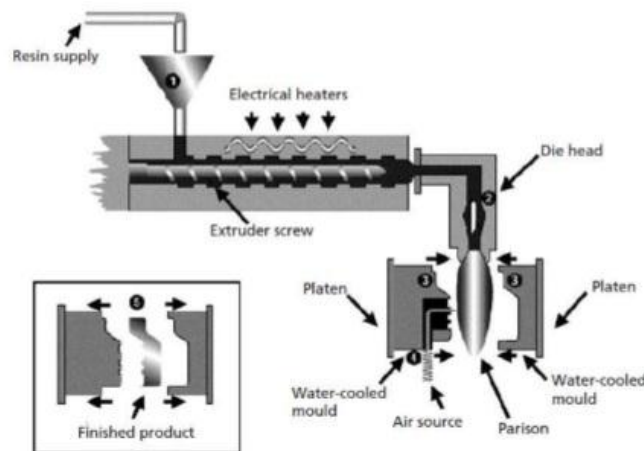


Gambar 2.2. Proses *Injection Blow Molding* (Lee, Norman C., 2006).

Kelebihan pada proses *injection blow molding* adalah tidak adanya sisa material *thermoplastic* dan menghasilkan leher botol dan ulir yang memiliki kualitas yang bagus. Namun proses ini juga memiliki kekurangan yaitu tidak bis mengendalikan kerugian pada bagian leher dan ulir serta membutuhkan biaya yang lebih mahal jika dibandingkan dengan metode *blow molding* lainnya (Lee, Norman C., 2006).

b. *Extrusion Blow molding*

Extrusion Blow molding berbeda dengan *injection blow molding*, pada proses *ekstrusion blow molding* material *thermoplastic* yang sudah dilelehkan akan dikeluarkan dalam bentuk seperti pipa atau sedotan yang kemudian ditangkap oleh cetakan. Proses pada *extrusion blow molding* diawali dengan pelelehan meterial yang kemudian didorong oleh *screw* menuju *die head* untuk menghasilkan bentuk seperti pipa, yang kemudian ditangkap oleh cetakan dan dilakuakn proses peniupan udara bertekan sehingga parison membentuk bentuk sesuai cetakan. Proses *extrusion blow molding* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



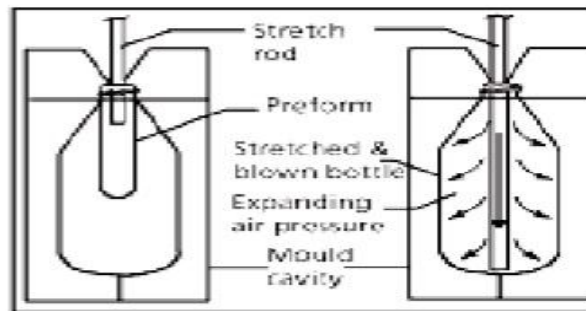
Gambar 2.3. Proses *Extrusion Blow Molding* (Lee, Norman C., 2006)

Kelebihan dari proses *extrusion blow molding* adalah pembentukan rogga yang natural, sesuai untuk kemasan dengan volume yang besar. Namun proses ini memiliki kekurangan diantaranya sulit mengatur ketebalan dinding produk, dan sulit

mengontrol permukaan serta memiliki toleransi dimensi yang lebih besar (Lee, Norman C., 2006).

c). *Stretch blow molding*

Stretch blow molding merupakan pengetahuan baru pada industri blow molding dengan penggunaannya pada botol *softdrink*. *Stretch blow molding* mengaplikasikan metode pembuatan kemasan plastik dari sebuah *preform* yang direntangkan dan ditiup sehingga membentuk sesuai bentuk terakhir yang diinginkan (Lee, Norman C., 2006). Seperti Gambar 2.4.



Gambar 2.4. *Stretch Blow Molding* (Lee, Norman C., 2006)

2.2.2. Bagian-bagian Blow Molding

1. *Hopper*

Tempat untuk memasukkan bahan input (Bijih Plastik)

2. *Extruder*

Pendorong bahan input dari *hopper* ke *die head*

3. Motor Penggerak *Extruder*.

4. Transmisi motor penggerak

5. *Barrel*

Berfungsi untuk melelehkan bahan input.

6. *Die Head*

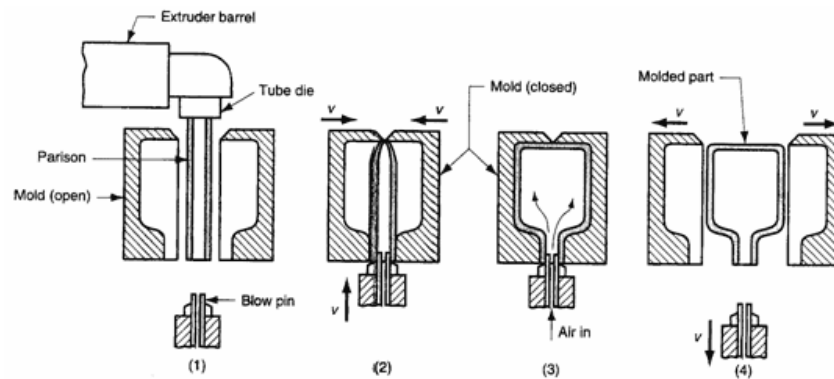
Tempat keluar lelehan bahan input

7. dan 8. *Pin* dan *die* pembentuk penampang cincin

9. Parison

Setelah lelehan bahan *input* melewati celah *pin* dan *die* akan membentuk selongsong yang disebut dengan *parison*.

Gambar 2.5 merupakan bagian lain *mold* yaitu berfungsi sebagai cetakan / pembentuk produk. Berikut bagian – bagian dari *mold* botol plastik



Gambar 2.5. *Mold* (Lee, Norman C., 2006)

Pada umumnya *mold blow* itu didesain menjadi 4 (empat) bagian yaitu: *neck part*, *body part*, *bottom part* dan *striker plate*. Pengambilan batas atau parting line antara bagian *neck*, *body* dan *bottom* diletakkan di tempat yang dipertimbangkan, dimana garis batas yang akan nampak pada produk tidak terlalu mencolok dan dapat disembunyikan sehingga tidak menyulitkan proses manufacturing atau pembuatan moldnya, (Lee, Norman C., 2006).

2.2.3. Metode Blow Molding

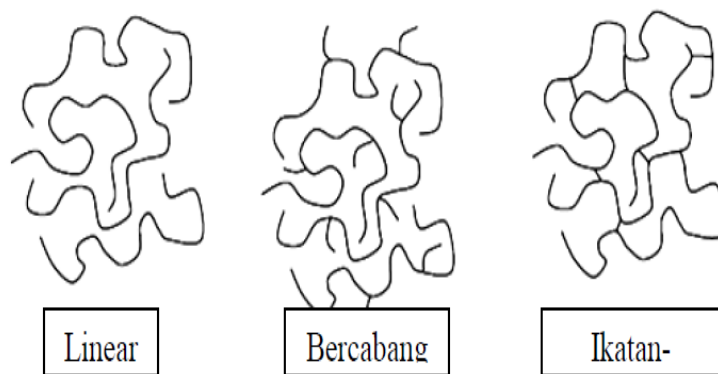
Blow molding merupakan suatu metode mencetak benda kerja berongga dengan cara meniupkan atau menghembuskan udara kedalam material/bahan yang menggunakan cetakan yang terdiri dari dua belahan mold yang tidak menggunakan inti (*core*) sebagai pembentuk rongga tersebut. Digunakan untuk membuat barang termoplastik lengkung – cembung, misalnya botol. Dikenal 2 macam blow molding, yaitu: *ekstrusi* dan *injeksi* (Hartomo, 1993, hal 13).

Blow molding ekstrusi terdiri dari pelelehan resin, membentuk *hollow tube*, kemudian ditiup. Ketiga tahap itu berjalan serentak. Segera dilontarkan bila sudah dingin, seraya dibuang potongan sisa di mulut botol. Biasanya cetakan bergerak relatif terhadap diennya ada juga yang cetakannya tetap, *hollow tube* dipotong dan dipindah ke cetakan oleh robot (Hartomo, 1993, hal 13).

2.3 Plastik

2.3.1. Kategorisasi plastik

Plastik dikelompokkan menjadi 2 antara lain *thermoplastic* dan *thermoset*. Gambar 2.6. Menunjukkan bahwan plastik tersebut dapat dibedakan pada ikatan didalamnya.



Gambar 2.6. Perbedaan ikatan yang ada pada polimer
(Sumber : Felixion, 2011.)

a. *Thermoplastic*

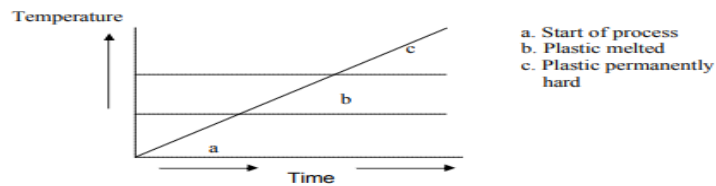
Thermoplastic merupakan *polimer* yang tidak memiliki ikatan silang antara molekul. *Thermoplastic* ini dapat ditemukan pada struktur *linear* atau bercabang. *Thermoplastic* yang mendapatkan perlakuan panas akan mencair, cairan ini sangat kental sehingga dapat dibentuk menggunakan peralatan pengolahan plastik. *Thermoplastic* akan selalu melunak jika mendapatkan perlakuan panas dan mengeras

jika didinginkan. Beberapa jenis plastik yang masuk kedalam *Thermoplastic* antara lain : (PE, PS, ABS, PP, SAN, PC, PET, NYLON dan PBT).

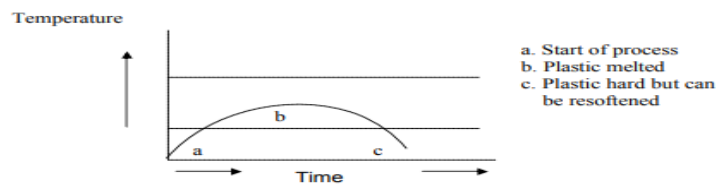
b. Thermoset

Thermoset merupakan jenis *polimer* yang memiliki ikatan silang antara molekul yang kuat dan apabila mendapatkan perlakuan panas maka akan mengalami perubahan kimia sehingga bentuknya tidak dapat kembali seperti semula. Sebelum mendapatkan perlakuan panas *thermoset* berbentuk tepung atau cairan. Jenis plastik yang tergolong dalam *thermoset* antara lain : UF (*Urea Formaldehyde*), *polyster*, *epoksi*, MF (*Melamine Formaldehyde*) dan PU (*Poly Urethane*).

Pada Gambar 2.7. merupakan grafik perlakuan panas pada *Thermoplastic* dan *Thermoset*.



Gambar 1. Plastik Termoset



Gambar 2. Plastik Thermoplast

Gambar 2.7. Perlakuan panas pada *Thermoplastic* dan *Thermoset*.
(Sumber : Mujiarto, 2005)

2.3.2. Polyethylene Terephthalate (PET)

PET mulai dikembangkan pada tahun 1945 dengan proses polikondensasi antara *terephthalic acid* dan *ethylene glycol* dengan konsumsi pemakaian utama pada produk botol kemasan minuman, toples kemasan makanan. PET memiliki daya serap

uap air yang rendah, demikian juga daya serap terhadap air. Pada Tabel 2.1. merupakan sifat-sifat PET.

Tabel 2.1. Sifat-sifat PET

| Sifat | Besaran |
|-------------------------------|-----------------------------|
| Massa jenis | 1.33-1.45 g/cm ³ |
| <i>Modulus elastisitas</i> | 2100-3100 Mpa |
| Kekuatan mulur | 22-80 Mpa |
| Renggangan mulur | 4-7 % |
| Renggangan patah | >50 % |
| Kandungan kristal | 30-40 % |
| T _m | 250-260° C |
| Suhu proses (ekstruksi) | 440-660° F |
| Suhu proses (injeksi) | 520-580° F |
| Penyusutan | 1.3 – 1.5 % |
| Kekerasan (<i>rockwell</i>) | M 94 |
| Tekanan <i>cavity</i> | 300-500 Bar |
| Tekanan injeksi | 1200-1700 Bar |

(sumber: Budiantoro, 2009).

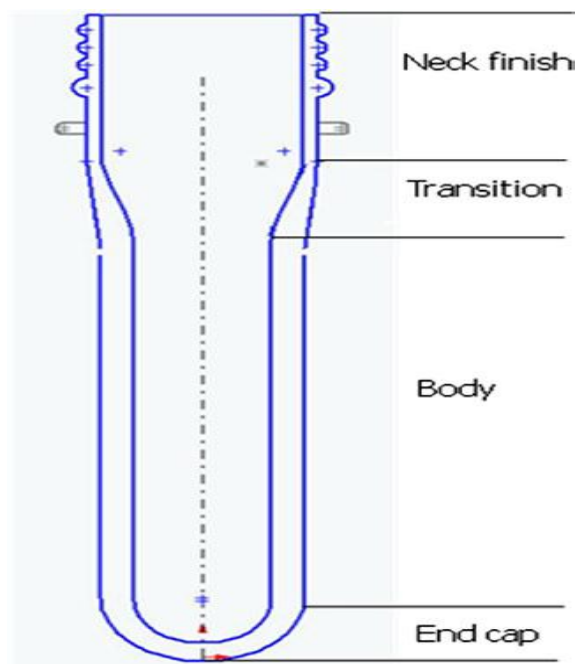
PET dapat diproses dengan proses ekstruksi pada suhu tinggi 520-580°F, selain itu juga dapat diproses dengan teknik cetak injeksi maupun cetak tiup. Karakteristik PET secara ringkas sebagai berikut:

- a. Ketahanan terhadap mineral *oil*, larutan kimia dan asam baik.
- b. Keras, kaku, kuat, bahan yang secara dimensi stabil.
- c. Menyerap sedikit air.
- d. Seringkali ditambah bahan penguat.
- e. Tahan gores.
- f. Sifat penghalang gas baik.

Yang dimaksud dengan sifat penghalang gas diatas adalah kemampuan menahan rembesan gas dari dua arah permukaan produk.

2.3.3. Karakteristik *Bottle Preform* dari material *Polyethylene (PET)*

Bottle preform merupakan suatu produk *preform* plastik atau bentuk awal dari kemasan dengan berbagai dimensi. Material yang digunakan untuk membuat produk ini adalah *polyethylene terephylene (PET)* yang merupakan material material *higroskopis*, yang menyerap air dari sekelilingnya. Akan tetapi jika matrial ini ‘lembab’ dan kemudian mengalami perlakuan panas maka air menghidrolisi PET (penurunan ketahanan). Karena PET perlu di *drying* selama kurang lebih 4 jam dengan suhu 165°C - 175°C , yang tujuannya untuk menghilangkan kelembaban pada matrial. Pada Gambar 2.8, merupakan contoh *Bottle preform* dan detailnya.



Gambar 2.8. *Bottle Preform* (sumber : Brandau, 2012)

2.4. Aluminium

Menurut Ihsan, dkk (2006), aluminium merupakan salah satu logam putih keperakan yang lunak. Aluminium adalah logam yang paling banyak ditemukan di

kerak bumi, dan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon. Aluminium murni 100% tidak memiliki kandungan unsur selain aluminium itu sendiri, namun aluminium yang biasa ditemukan dipasar tidak mengandung 100% aluminium, melainkan sudah terjadi pengotoran yang terkandung di dalamnya. Pengotoran biasa terjadi pada saat proses pengecoran/pendinginan yang tidak sempurna.

2.4.1. Sifat-sifat Aluminium

Sifat penting yang dimiliki aluminium sehingga banyak digunakan sebagai bahan matriar teknik sebagai berikut :

- a. Berat jenisnya hanya $2,7 \text{ gr/cm}^3$, sedangkan besi $\pm 8,1 \text{ gr/cm}^3$.
- b. Penghantar listrik dan panas yang baik.
- c. Tahan korosi.
- d. Mudah di fabrikasi/ditempa.
- e. Kekuatannya rendah akan tetapi pemaduan (*Alloying*) kekuatannya bisa ditingkatkan.
- f. Kekuatan mekanik meningkat dengan penambahan Cu, Si, Z, Ni, Mn dan Mg.
- g. Sifat elastisinya yang sangat rendah, hampir tidak dapat di perbaiki meskipun dengan *heat treatment*.

Selain sifat diatas aluminium juga mempunyai sifat fisika, kimia dan mekanika. Seperti Tabel 2.2 dan 2.3.

a. sifat fisika aluminium

Tabel 2.2. Sifat fisika aluminium

| Sifat sifat | Kemurnian Al | |
|----------------------------------|------------------------|-----------------------|
| | 99,996% | >99,0% |
| Massa jenis (20°C) | 2,6989 | 2,71 |
| Titik cair | 660,2 | 653-657 |
| Panas jenis (cal/g°C)(100°C) | 0,2226 | 0,2297 |
| Hantaran listrik (%) | 64,94 | 59 (dianil) |
| Koefisien pemuaian (20-100°C) | $23,86 \times 10^{-6}$ | $23,5 \times 10^{-6}$ |

Sumber : (Christoph dkk, 2006)

Tabel 2. 3 Sifat fisika aluminium

| Sifat-sifat | Kemurnian Al (%) | | | |
|---|------------------|---------------------|--------|------|
| | 99,996 | | >99,0 | |
| | Dianil | 75% dirol dingin | Dianil | H18 |
| Kekuatan tarik (kg/mm ²) | 4,9 | 11,6 | 9,3 | 16,9 |
| Kekuatan mulur (0,2%)(kg/mm ²) | 1,3 | 11,0 | 3,5 | 14,8 |
| Perpanjangan (%) | 48,8 | 5,5 | 35 | 5 |
| Kekerasan <i>brinell</i> | 17 | 27 | 23 | 44 |

Sumber : (Christoph dkk, 2006)

b. Sifat mekanika aluminium

Aluminium mempunyai sifat mekanika terjadi karena dipengaruhi oleh konsentrasi bahan dan perlakuan yang diberikan kepada bahan tersebut.

Aluminium terkenal dengan bahan yang tahan terhadap korosi. Hal ini disebabkan oleh fenomena *pasivasi*, yaitu proses pembentukan lapisan oksida pada permukaan logam. Lapisan oksida ini berfungsi mencegah terjadinya oksidasi yang lebih jauh.

c. Sifat kimia aluminium

1. Aluminium dipanaskan dalam uap air dan menghasilkan hidrogen dan aluminium oksida.
2. Aluminium akan terbakar dalam oksigen jika bentuknya serbuk.
3. *Isotop* aluminium yang terdapat di alam adalah *isotop 27 Al*.
4. Difusi atom di tentukan oleh semacam atom.
5. Aluminium sering bereaksi dengan kalor dengan melewati kalor kering di atas aluminium *foil* yang di panaskan sepanjang tabung.
6. Aluminium disimbolkan dengan Al, dengan nomor atom 13 dalam tabel periodik unsur.

2.4.2. Klasifikasi Aluminium dan Penggolongan paduan

a. Aluminium murni

Aluminium ini 99% tanpa tambahan logam paduan apapun dan hanya memiliki kekuatan tensil sebesar 90 MPa. Aluminium ini terlalu lunak jika digunakan sehingga dipadukan dengan logam lain.

b. Aluminium paduan

Aluminium ini memiliki paduan yang umum digunakan yaitu silikon, *magnesium*, tembaga, manga, seng dan juga *lithium*. Namun kekuatan bahan

paduan tidak hanya tergantung konsentrasi bahan paduannya saja, akan tetapi pada proses perlakuannya, sehingga aluminium dapat digunakan.

c. Paduan aluminium silikon

Paduan aluminium ini menggunakan silikon hingga 15 %, sehingga memberikan kekuatan *tensil* dan kekerasan mencapai 525 % pada aluminium paduan yang dilakukan perlakuan panas (Davis, 1994).

2.5. Mesin CNC

Mesin CNC (Computer Numerically Controlled) secara singkat dapat diartikan suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa *numeric* (perintah gerakan dan berhenti dengan menggunakan kode angka dan huruf) (Lilih, 2001:1) misal: pada layar monitor mesin tertulis M03, maka spindel mesin akan berputar, sedang jika ditulis M05 maka *spindel* mesin akan mati, dan masih banyak kode angka huruf untuk berbagai perintah kerja mesin lainnya. Dengan adanya mesin CNC dapat mengurangi campur tangan operator selama mesin sedang beroperasi, sehingga mempermudah serta mempercepat pekerjaan suatu produk. Mesin CNC memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional sejenis. Seperti Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Mesin CNC

Keuntungan mesin CNC antara lain: (1) produktivitas tinggi, (2) ketelitian pengerjaan tinggi, (3) waktu produksi lebih cepat, (4) biaya pembuatan lebih murah, (5) kapasitas produksi lebih besar, (6) dapat digabung dengan mesin lain, dalam hal ini adalah mesin CAD/CAM dengan perangkat tambahan sehingga pemakaian mesin CNC

akan lebih efektif, dan masih banyak lagi keuntungan mesin *CNC* yang lain. (Wirawan S, 2003:173).

a. Bagian utama mesin *CNC*

Apabila memperhatikan definisi tentang mesin *CNC* seperti dijelaskan diatas, maka dalam suatu mesin *CNC* tersebut akan terdiri dari beberapa unit yaitu *inputs unit, computing ot mathematics unit, memory unit, control unit, and output units* (Pusztai, 1983). Unit-unit tersebut seluruhnya termasuk ke dalam sistem kontrol dari mesin. Adapun yang merealisasikan seluruh perintahnya adalah bagian mesin perkakas (*machines tools*). Dengan demikian, suatu mesin *CNC* pada dasarnya hanya terdiri dari dua bagian utama yaitu bagian *CNC* sistem dan mesin perkakas.

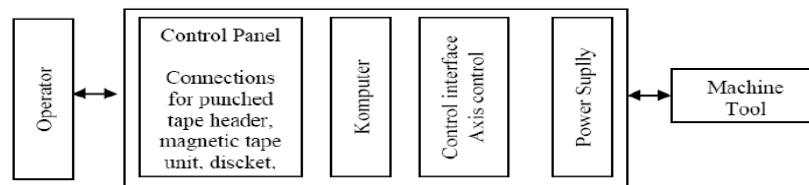
b. Sistim Pengendali Mesin *CNC* (*CNC Machine Control system*)

Sistem pengendali *CNC* memiliki banyak komponen. Komponen tersebut dapat berkaitan dengan alat pemuatan data (*input driven*), seperti penggerak disket, *tape magnetik*, pembaca pita berlubang, dan *keyboard*. Selain itu, berkaitan juga dengan alat penghubung mesin dengan *control unit* yang berguna untuk meneruskan data hasil *processing* ke mesin perkakas. Komponen tersebut dikenal dengan *interface*. Dalam *control unit* tersebut, terdiri dari unit-unit pengolah dan penyimpan data yang dikenal dengan komputer. Di samping itu, ada juga bagian yang berguna untuk melihat tampilan data eksekusi, yakni komponen display atau monitor. Adapun secara rinci, fungsi dari *control units* ini adalah:

- 1). Untuk memuat program pada mesin baik secara manual melalui *keyboard* pada mesin, maupun melalui operasi antar peralatan seperti pita magnet, disket, RS 232, ataupun *paralel port*.
- 2). Untuk memuat data tentang alat potong.
- 3). Untuk mengedit dan/atau memperbaiki program.
- 4). Untuk pengkodean program benda kerja.
- 5). Untuk menghitung "*cutter path*" berikut *tool opset*.

- 6). Untuk memunculkan perintah pergerakan dan pengendalian kecepatan sumbu dengan sinyal umpan balik.
- 7). Untuk memunculkan perintah ON/OFF untuk beberapa elemen pengendali mesin dan memonitor kecepatan spindle.
- 8). Untuk mengganggu program pada saat jalana, dan
- 9). Untuk menyimpan data program.

Berikut ini seluruh komponen utama yang ada dalam sistem pengendali mesin CNC di gambarkan secara skematik. Seperti Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Komponen Sistem Pengendali CNC

Sumber: (Pusztai, 1983).

Dalam sistem *CNC* adalah komputer yang membawa/memuat semua perhitungan dan rangkaian dan rangkaian logik (*logical link-ups*). Mengingat sistem *CNC* sebagai alat penghubung antara operator dengan mesin perkakas, maka akan terdapat dua *interface* yang berfungsi sebagai penghubung untuk operator dan untuk mesin. *Interface* untuk operator. Dalam komponen ini terjadi dari panel kendali (*control panel*) dan berbagai penghubung untuk alat pemuat data seperti *punche tape reader* dan *perforator*, *unti tape magnetic*, dan untuk penggerak disket dan printer. *Interface* untuk mesin perkakas. *Interface* ini adalah *interface* yang berhubungan dengan sistem pengendalian, terdiri dari *interface* untuk pengendali sumbu (*axis control*) dan sumber tenaga (*power suply*). Berikut ini akan disajikan secara lebih mendetail tentang panel-panel pengendali yang ada pada sebuah mesin *CNC* berikut kegunaannya.

2.5.1. Manfaat mesin perkakas CNC

- a. Menurut pemanfaatnya perkakas CNC dapat dibagi menjadi dua antara lain:
 1. .Mesin *CNC Training* (TU), yaitu mesin yang digunakan untuk sarana pelatihan maupun pendidikan.
 2. Mesin *CNC Production Unit* (PU), yaitu mesin yang digunakan untuk membuat produk atau benda kerja dalam skala yang lebih besar.

- b. Menurut jenisnya perkakas CNC dibagi menjadi tiga jenis, antara lain :
 1. Mesin *CNC 2A*, yaitu mesin yang gerak pahatnya hanya pada arah dua sumbu koordinat (aksis), yaitu koordinat X dan koordinat Y, atau biasa disebut mesin bubut *CNC*.
 2. Mesin *CNC 3A*, yaitu mesin mesin yang memiliki gerakan sumbu utama kearah koordinat X, Y dan Z, mesin ini biasanya dikenal dengan mesin *Frais CNC*.
 3. Mesin *CNC* kombinasi yaitu mesin yang mampu mengerjakan pekerjaan bubut dan *Frais*.

2.5.2. Metode pemrograman mesin perkakas CNC

Pemrograman mesin perkakas CNC ada 2 antara lain:

1. Metode pemrograman *absolut* yaitu metode pemrograman yang dalam menentukan titik koordinatnya selalu mengacu pada titik nol benda kerja.
2. Metode pemrograman *inkrimental* yaitu metode pemrograman yang pengukuran lintasannya selalu mengacu pada titik akhir dari suatu lintasan. (Dipdiknas 2008:3).

2.5.3. Sistem Pemrograman Mesin CNC

Untuk melaksanakan perintah jalannya alat potong guna mencapai tujuan yang diinginkan diperlukan pemrograman. Pemrograman merupakan suatu urutan yang disusun secara rinci setiap blok per blok untuk memberi masukan mesin bubut *CNC* tentang apa yang harus dikerjakan (Lilih, 2001:17).

Metode pemrograman yang digunakan dalam permesinan *CNC* adalah:

- a. Sistem pemrograman *Absolut*

Sistim dimana titi refrensinya tetap, yaitu pada satu titik kerja program (*start point* dan *work piece point*) yang dijadikan refrensi untuk semua ukuran berikutnya Pada sistem ini pemasukan data atau informasi angka lintasan pisau selalu dihitung dari titik awal pisau, $X= 0$, $Y= 0$, dan $Z= 0$.

b. Sistim pemrograman *inkremental*

Pemrograman ini diman titik refrensinya selalu berubah, yaitu titik akhir dituju menjadi titik refrensi yang bary untuk ukuran berikutnya. Menurut (Lilih, 2001:17). Pada sistim ini pemasukan data angka lintasan pisau dihitung pada titik akhir lintasan pisau sebelumnya, X , Y , dan Z berubah-ubah tergantung posisi pisau terakhir .

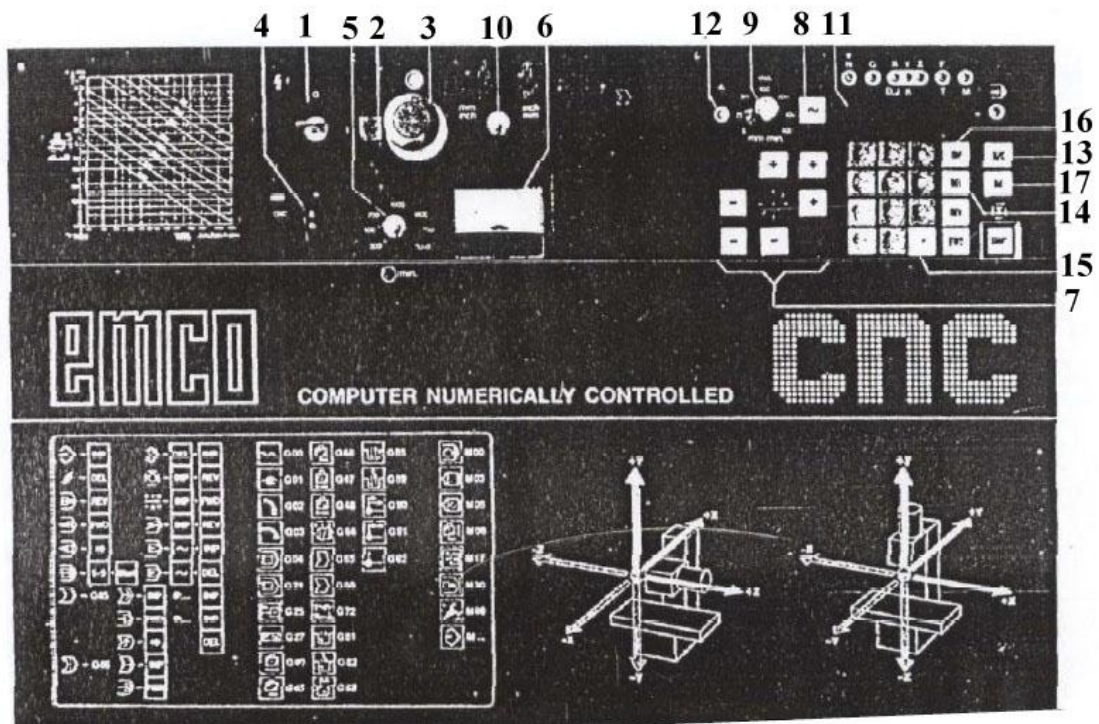
c. Sistim pemrograman kombinasi

Pemrograman ini merupakan sistim gabungan dari sistim *absolut* dan *inkremental*. Sitim ini lebih banyak digunakan untuk pekerjaan tertentu agar program mesin bubut *CNC* lebih efisien.

2.5.4. Bagian Mesin *CNC Frais / Milling* dan Beberapa Fungsinya

a. Bagian-bagian pengontrol atau pengendali

Pada Gambar 2.11 bagian pengendali atau pengontrol merupakan control mesin perkakas *CNC* yang berisikan tombol dan saklar yang dilengkapi dengan monitor. Box control merupakan layanan langsung untuk berhubungan dengan operator.



Gambar 2.11. Bagian pengontrol atau mesin *frais* CNC
 Sumber: (Pusztai, 1983).

Keterangan Gambar:

1. Saklar utama

Saklar utama merupakan pintu masuk aliran listrik ke kontrol pengendali *CNC*. Cara kerjanya adalah jika kunci diputar ke posisi 1 maka arus listrik ke mesin perkakas *CNC*, apabila kunci diputar ke posisi 0 maka arus akan terputus dan mesin mati.

2. Lampu kontrol saklar utama

3. Tombol *emergency*

Tombol ini digunakan untuk memutuskan aliran listrik ke mesin, hal ini dilakukan apabila terjadi tabrakan akibat kesalahan program. Cara kerja tombol ini yaitu menekan tombol *emergensi* maka aliran listrik terputus dan mesin otomatis mati.

4. Saklar operasi mesin

Saklar ini digunakan untuk memutar sumbu utama yang di hubungkan dengan alat potong. Cara kerjanya yaitu saklar utama diputar ke posisi 1 maka alat potong akan berputar secara manual, dan jika saklar diputar ke arah *CNC* maka alat potong akan berputar dan berhenti menurut data program.

5. Saklar pengatur kecepatan

Saklar ini digunakan untuk mengatur kecepatan putar alat potong pada sumbu utama.

6. *Amperemeter*

Bagian ini menunjukkan pemakaian arus aktual dari motor penggerak alat potong mesin *CNC*, kegunaannya yaitu untuk mencegah beban lebih yang diterima pada motor penggerak.

7. Tombol untuk eretan memanjang dan melintang

8. Tombol *shift*

9. Tombol *feeding*

10. Tombol pengatur posisi mesin dan dimensi metri atau *inchi*

11. *Display* untuk pembaca gerakan

12. Lampu control untuk pelayanan manual

13. Saklar untuk pemindah operasi manual atau *CNC* (H/C)

14. Tombol **DEL**

15. Tombol \longrightarrow untuk memindah fungsi sumbu X, Y dan Z

16. Tombol **INP** untuk memasukan data ke mesin sehingga eretan bergerak

17. Tombol **M**

b. Bagian Mekanik

1. Motor utama

Motor penggerak rumah alat potong (*milling taper spindle*) untuk memutar *tool*.

Motor yang digunakan menggunakan arus DC.

2. Eretan (*Support*)

Eretan yaitu gerak persumbuan jalannya mesin yang pergerakannya mempunyai tiga sumbu yaitu sumbu X, Y dan Z.

3. Step motor

Motor penggerak eretan, masing-masing eretan mempunyai step motor sendiri, yaitu penggerak sumbu X, penggerak sumbu Y, dan sumbu Z, masing-masing ukuran step motornya sama.

4. *Milling taper spindle*

Rumah alat potong pada mesin ini digunakan untuk menjepit penjepit alat potong (*tools holder*)

5. *Tool holder*

Alat ini digunakan untuk menjepit pisau pada penyayatan benda kerja.

6. Ragum

Ragum digunakan digunakan untuk menjepit benda kerja pada saat penyayatan berlangsung.

c. Parameter perhitungan

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dan sesuai dengan perancangan maka diperlukan parameter pemotongan, sebagai berikut: Putaran *spindel*, gerak makan tiap gigi, kecepatan potong, kedalaman pemakanan, kecepatan menghasilkan geram dan waktu pemesinan.

a. Kecepatan potong (*cutting speed*)

Kecepatan potong merupakan pemakanan pahat dalam satuan m/menit.

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (\text{mm/menit}) \dots \dots \dots (2.1)$$

b. *Spindle Speed*

$$n = (1000 \times V_c) / (3,14 \times 12) \quad (\text{rpm}) \dots \dots \dots (2.2)$$

c. *Feed rate*

$$F = n \times z \times f_z \quad (\text{mm/min}) \dots \dots \dots (2.3)$$

d. Waktu 1 langkah pemakanan

Waktu yang perlu diperhatikan untuk melakukan penyayatan sepanjang benda kerja. Dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$T_i = \frac{L}{F} \text{ (menit)} \dots \dots \dots (2.4)$$

e. Waktu total pemotongan

$$t = T_i \times i \text{ (menit)} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

n: kecepatan putar pemotongan (Rpm).

f_z : sayatan bergigi

D : diameter pemotongan

z : jumlah mata potong

v : kecepatan garis benda kerja (mm/min)

F: *feed rate*

V : kecepatan potong permukaan (mm/min)

l : panjang pemotongan mm atau in

t : waktu pemotongan s atau min

L : luas benda kerja (mm)

T_i : waktu 1 langkah pemakanan

i : jumlah langkah

2.6. Master CAM

Menurut Fahlevi, (2017). *mastercam* merupakan aplikasi *modeling* berfitur lengkap yang menggabungkan 2D dan 3D *geometri* Gambar rangka dan permukaan dengan kemampuan *editing* dan *transformasi*. *Mastercam* menggunakan fitur yang disebut *associativity* untuk menghubungkan operasi mesin *geometri* sehingga *toolspaths* dapat bergerak secara otomatis ketika ukuran berubah.

Mastercam yaitu perangkat lunak yang dikembangkan oleh *CNC softwarw.Inc*. *Software mastercam* merupakan cabang dari *siemens product lifecycle management*

software Inc, dimana *software* ini sudah familiar di pemesinan, *mastercam* adalah program *CAM* (*computer aided manufacturing*) yang cukup populer. Fungsi dari program *mastercam* adalah untuk menggambar benda dan membuatnya menjadi suatu program *NC*. Program *CNC* yang dapat dilakukan *mastercam* antara lain untuk memprogram mesin bubut (*lathe*), mesin *frais* (*mill*) dan mesin *wire cutting*. Seperti Gambar 2.12.



Gambar 2.12. *Mastercam X9* Merupakan *software* yang digunakan untuk mensimulasikan desain yang akan dibuat

2.7. Mesin bubut

Mesin bubut merupakan metode *metal cutting machine* dengan gerak berputar. Prinsip kerja mesin bubut adalah benda di cekam oleh *chuck* dan berputar sedangkan pahat potong bergerak maju untuk melakukan pemakanan dan pemotongan. Proses bubut adalah proses untuk menghasilkan bagian-bagian mesin berbentuk silinder yang dikerjakan dengan menggunakan mesin bubut. (Kalpakjian, 2009).

Komponen – komponen mesin bubut

a. Kepala tetap (*headstock*)

Kepala tetap berfungsi untuk memutar benda kerja. Pada bagian *headstock* juga terdapat tuas yang berguna untuk mengatur kecepatan.

b. Kepala lepas (*tallstock*)

Kepala lepas terletak pada bagian kanan dan berfungsi pada pekerjaan bubut dengan dua *center*, untuk menghindari benda kerja bengko pada saat proses pembubutan.

c. Eretan

Merupakan penopang dan pembawa pahat bubut. Pada bagian ini terdapat eretan melintang dan eretan kombinasi yang berguna untuk mengatur gerak dan posisi pahat.

f. Meja mesin

Merupakan kerangka mesin bubut. Pada bagian atas meja mesin Terdapat kepala lepas dan eretan.

2.8. Pengelasan SMAW (Shielding Metal Arc Welding)

Menurut Wiryosumarto (1988) pengelasan SMAW adalah proses pengelasan menggunakan panas untuk mencairkan material dasar dan elektoda. Panas tersebut ditimbulkan oleh lonjakan ion listrik yang terjadi antara katoda dan anoda.

Peralatan pengelasan

a. Mesin las listrik

Mesin las listrik terbagi dua macam, yaitu: mesin las arus bolak balik (AC) dan mesin las arus searah (DC). Pada mesin las AC transformator dapat merubah tegangan yang keluar dari mesin las, 110 V, 220 V, dan 380 V ke 45-80 V dengan arus yang tinggi. Sedangkan untuk DC sumber tenaga listrik berasal dari trafo AC yang dirubah menjadi arus searah.

b. Kabel las

Kabel las digunakan untuk mengalirkan arus listrik dari sumber listrik ke mesin las.

c. Pemegang elektroda

Berfungsi sebagai penjepit elektroda yang tidak terselaput.

d. Klem massa

Berfungsi untuk menghubungkan kabel massa ke benda kerja atau meja kerja dan berfungsi sebagai pengantar listrik ke meja kerja.