BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Plastik

Plastik adalah polimer rantai panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau monomer. Plastik dapat diolah dan dibentuk menjadi menjadi berbagai produk, diantaranya film atau fiber sintetik. Plastik didesain dengan variasi yang sangat banyak dalam properti yang dapat menoleransi panas, keras, "reliency" dan lain-lain. Digabungkan dengan kemampuan adaptasinya, komposisi yang umum dan beratnya yang ringan memastikan plastik digunakan hampir di seluruh bidang industri (Susilawati, 2011)

Plastik termoplastik adalah polimer linear yang terbentuk dari rantai karbon panjang diikat oleh ikatan kovalen. Termoplastik dapat diperoleh dalam bentuk potongan, tabung, lembaran tipis dan batang. Pembentukan bisa dibuat di suhu di atas suhu titik didih air dan perlu tekanan untuk mengubah bentuknya . Fakta keadaan demikian sehingga plastik termoplastik dapat di daur ulang. (Bon, A.T. 2012) Plastik Termoset, bahan plastik termoset akan mencair selama pemanasan pertama kali dan kemudian kembali untuk menjadi keras dan kaku. Tetapi pada pemansan kedua tidak akan kembali lagi karena telah merusak molekul - molekulnya. Plastik termoset biasanya lebih keras dan lebih kuat daripada termoplastik dan memiliki stabilitas dimensi yang lebih baik. Karena akan rusak karena pemanasan maka jenis plastik termoset tidak dapat di daur ulang (Bon, A.T. 2012).

2.2. Sejarah Plastik

Sejarah plastik di muka bumi ini diawali oleh Alexander Parkes yang pertama kali memperkenalkan plastik pada sebuah eksibisi internasional di London, Inggris pada tahun 1862. Plastik temuan Parkes disebut ***Parkesine*** ini dibuat dari bahan organik dari selulosa. Parkes mengatakan bahwa temuannya ini

mempunyai karakteristik mirip karet, namun dengan harga yang lebih murah. Ia juga menemukan bahwa Parkesine ini bisa dibuat transparan dan mampu dibuat dalam berbagai bentuk. Sayangnya, temuannya ini tidak bisa dimasyarakatkan karena mahalnya bahan baku yang digunakan. Kemudian pada tahun 1907 bahan sintetis pertama buatan manusia ditemukan oleh seorang ahli kimia dari New York, Leo Baekeland. Dirinya mengembangkan resin cair yang diberi nama ***Bakelite***. Material baru ini tidak terbakar, tidak meleleh dan tidak mencair di dalam larutan asam cuka. Dengan demikian, sekali bahan ini terbentuk, tidak akan bisa berubah. Bakelite ini bisa ditambahkan ke berbagai material lainnya seperti kayu lunak.

Pada tahun 1933, Ralph Wiley, seorang pekerja lab di perusahaan kimia Dow, secara tidak sengaja menemukan plastik jenis lain yaitu ***Polyvinylidene Chloride*** atau populer dengan sebutan ***Saran***. Saran pertama kali digunakan untuk peralatan militer, namun belakangan diketahui bahwa bahan ini cocok digunakan sebagai pembungkus makanan. Saran dapat melekat di hampir setiap perabotan seperti mangkok, piring, panci, dan bahkan di lapisan saran sendiri. Tidak heran jika saran digunakan untuk menyimpan makanan agar kesegaran makanan tersebut terjaga. Kemudian di tahun yang sama, dua orang ahli kimia organik bernama E.W. Fawcett dan R.O. Gibson yang bekerja di Imperial Chemical Industries Research Laboratory menemukan Polyethylene. Temuan mereka ini mempunyai dampak yang amat besar bagi dunia. Karena bahan ini ringan serta tipis, pada masa Perang Dunia II bahan ini digunakan sebagai pelapis untuk kabel bawah air dan sebagai isolasi untuk radar. Pada tahun 1940 penggunaan polyethylene sebagai bahan isolasi mampu mengurangi berat radar sebesar 600 pounds atau sekitar 270 kg. Setelah perang berakhir, plastik inilah yang menjadi semakin populer, dan saat ini digunakan untuk membuat botol minuman, jerigen, tas belanja atau tas kresek, dan kontainer untuk menyimpan makanan.

Berawal dari pembungkus roti, penggunaan plastik secara massal dimulai pada tahun 1974 ketika perusahaan-perusahaan ritel raksasa di Amerika Serikat seperti Sears, Jordan Marsh, yang mulai menggunakan kantong plastik

sebagai alternatif kantong kertas. Pada tahun 1977 kantong plastik mulai dipergunakan di toko-toko kelontong di Amerika Serikat dan Kanada.

Plastik merupakan material yang baru secara luas dikembangkan dan digunakan sejak abad ke-20 yang berkembang secara luar biasa penggunaannya dari hanya beberapa ratus ton pada tahun 1930-an, menjadi 150 juta ton/tahun pada tahun 1990-an dan 220 juta ton/tahun pada tahun 2005. Saat ini penggunaan material plastik di negara-negara Eropa Barat mencapai 60 kg/orang/tahun, di Amerika Serikat mencapai 80 kg/orang/tahun, sementara di India hanya 2 kg/orang/tahun.

Terkhusus di Indonesia telah menghasilkan sampah sekitar 66 - 67 juta ton sampah pada tahun 2019. Jumlah ini lebih tinggi dibandingkan jumlah sampah per tahunnya yang mencapai 64 juta ton. Berdasarkan laporannya kepada Presiden RI Joko Widodo, Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Siti Nurbaya mengatakan jenis sampah yang dihasilkan didominasi oleh sampah organik yang mencapai sekitar 60 persen dan sampah plastik yang mencapai 15 persen.

Pemerintah kata dia saat ini tengah menyiapkan langkah agar sampah plastik itu tidak mencemari lautan di Indonesia. Sebab menurut dia, setiap tahunnya kesadaran masyarakat terus meningkat terhadap masalah sampah plastik di Indonesia. "Dinamika masyarakat jadi kalau kita lihat concern masyarakatnya luar biasa bagus banget," ujar Siti Nurbaya di Istana Kepresidenan, Jakarta pada Kamis. Dia mencontohkan pada hari peduli sampah pada tahun 2015 hanya ada 61 kolaborator sementara pada 2017 mencapai 9.550 kolaborator.

Dia menegaskan bakal terus mendampingi dan memfasilitasi masyarakat. Nantinya kata dia, pemerintah akan membuat gerakan untuk mengurangi sampah plastik. Sebelumnya, berdasarkan data The World Bank tahun 2018, 87 kota di pesisir Indonesia memberikan kontribusi sampah ke laut diperkirakan sekitar 1, 27 juta ton. Dengan komposisi sampah plastik mencapai 9 juta ton dan diperkirakan sekitar 3,2 juta ton adalah sedotan plastik.

2.3. Jenis – Jenis Plastik

Setiap plastik berbeda dari plastik lainnya. Beberapa di antara plastik-plastik tersebut bisa digunakan berulang kali, ada pula yang dapat menimbulkan risiko kesehatan dan pencemaran lingkungan dengan penggunaan yang kurang tepat. Beberapa mudah didaur ulang, ada juga yang membutuhkan penanganan yang rumit dan khusus. Untuk memudahkan membedakan plastik satu dengan plastik lain nya, berikut adalah 7 jenis plastik yang ada saat ini antara lain :

a. Polyethylene Terephthalate (PET or PETE or Polyester)

b. High Density Polyethylene (HDPE)

c. Polyvinyl Chloride (PVC)

d. Low Density Polyethylene (LDPE)

e. Polypropylene (PP)

f. Polystyrene (PS)

g. Polycarbonate (PC)

Berikut juga ditampilkan data temperatur titik leleh plastik terhadap panas antara lain :

Tabel 2.1 Temperatur titik leleh plastik

Processing Temperature Rate		
Material	^{o}C	^{o}F
Polycarbonate (PC)	260 – 290	500 – 554
Polyethylene Terephthalate (PET)	280 – 310	536 – 590
Low Density Polyethylene (LDPE)	160 – 240	320 – 464
High Density Polyethylene (HDPE)	200 – 280	392 – 536
Polypropylene (PP)	200 – 300	392 – 572
Polystyrene (PS)	180 – 260	356 – 500
Polyvinyl Chloride (PVC)	160 – 180	320 – 365

a. Polyethylene Terephthalate (PET or PETE or Polyester)

PET juga dikenal sebagai fiber anti-kerut. Plastik jenis ini berbeda dari tas plastik yang biasa kita lihat di supermarket. PET biasa digunakan untuk kemasan

makanan dan minuman karena kemampuannya untuk menjaga makanan tetap kedap udara, juga memastikan keutuhan gas karbon dioksida di dalam minuman berkarbonasi.

Meskipun PET merupakan salah satu bahan plastik yang banyak didaur ulang, PET mengandung antimony trioxide yang dianggap karsinogen (dapat memicu kanker). Semakin lama sebuah cairan berada di dalam kemasan yang terbuat dari bahan PET, semakin besar potensinya untuk mengaktifkan antimony. Suhu panas di dalam mobil, garasi, dan lemari penyimpanan tertutup juga bisa meningkatkan kemungkinan terlepasnya zat berbahaya tersebut. Adapun contoh dari plastik *Polyethylene Te**r**ephthalate* ditunjukkan pada gambar 2.1.

Gambar 2.1 Plastik *Polyethylene Te**r**ephthalate*

(Sumber : https://waste4change.com)

b. High Density Polyethylene (HDPE)

Cukup spesial jika dibandingkan plastik tipe lainnya, HDPE memiliki rantai polimer tunggal yang cukup panjang yang membuat jenis plastik ini cukup padat, kuat, dan lebih tebal jika dibandingkan PET. HDPE biasanya digunakan sebagai kantong belanja, karton susu, botol jus, botol shampoo dan botol kemasan obat. Adapun contoh dari plastik *High Density Polyethylene* dapat dilihat pada gambar 2.2.

Bukan hanya mudah didaur ulang, HDPE juga relatif lebih stabil dari PET. HDPE dianggap sebagai jenis plastik yang cukup aman untuk digunakan bersama makanan dan minuman, meskipun beberapa studi menunjukkan bahwa jika terekspos oleh sinar UV dalam waktu yang lama, HDPE dapat menghasilkan zat kimia serupa estrogen (salah satu hormon pada manusia) yang bisa merusak sistem hormon manusia.

HDPE (high density polyethylene) memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. Bahan plastik yang memiliki kode 2 ini merupakan salah satu bahan plastik yang aman untuk digunakan karena kemampuan untuk mencegah reaksi kimia antara kemasan plastik berbahan HDPE dengan makanan/minuman yang dikemasnya. Walaupun begitu, kode 2 ini juga direkomendasikan hanya sekali pakai. Mengapa? karena pelepasan senyawa antimoni trioksida terus meningkat seiring waktu.

Plastik HDPE dapat diaplikasikan pada :

a. Penggunaan untuk kantong kemasan kuah / cairan panas, makanan ataupun minuman panas.
b. Penggunaan sebagai kantong praktis membawa aneka barang belanjaan sehari-hari.
c. Penggunaan sebagai kantong praktis mengisi buah, sayur atau barang lainnya dan juga umum sebagai pembungkus kertas fotokopi / dokumen lainnya.
d. Penggunaan sebagai alas / pelapis dari wadah makanan hangat ataupun panas atau sebagai pembungkus makanan dan barang lainnya.

Adapun kelebihan plastik HDPE antara lain :

a. Harganya lebih murah.
b. Plastik ini tahan pada suhu antara -40 ^{0}C sampai dengan suhu 90 ^{0}C.
c. Plastik ini tahan terhadap kelembapan.
d. Tahan terhadap paparan bahan-bahan kimia.
e. Bisa digunakan sebagai pembungkus makanan

Selain memiliki kelebihan, plastik HDPE juga memiliki kekurangan antara lain :

a. Mudah retak.
b. Sulit untuk di bengkokkan.
c. Mudah terbakar

Gambar 2.2 Plastik *High Density Polyethylene*
(Sumber : https://waste4change.com)

c. Polyvinyl Chloride (PVC)

PVC biasa digunakan sebagai bahan dasar produk mainan anak, pembungkus plastik, botol detergen, binder, kantung darah dan perlengkapan medis. PVC atau yang biasa disebut vinyl tadinya merupakan bahan plastik kedua yang paling banyak dipakai di dunia (setelah polyethylene), sebelum proses manufaktur dan pembuangan PVC dianggap dapat menyebabkan masalah kesehatan serius serta polusi lingkungan.

Dalam hal keamanan penggunaan, PVC merupakan plastik yang dianggap paling berbahaya. Penggunaan PVC bisa menybabkan keracunan beberapa zat berbahaya seperti bisphenol A (BPA), phthalates, lead, dioxins, mercury, and cadmium. Beberapa zat yang disebutkan tersebut bisa menyebabkan kanker; PVC juga dapat meningkatkan reaksi alergi pada anak dan mengacaukan kerja hormon manusia. Selain itu, PVC juga tidak banyak diproses dalam program-program daur ulang. Inilah mengapa PVC sangat tidak disarankan untuk digunakan masyarakat. Adapun contoh dari plastik *Polyvinyl Chloride* ditunjukkan pada gambar 2.3.

d. Low De

Gambar 2.3 Plastik *Polyvinyl Chloride*

Seper (Sumber : https://waste4change.com) erupakan jenis plastik yang paling banyak digunakan di seluruh dunia. Plastik jenis ini memiliki struktur kimia polimer yang simpel, membuatnya sangat mudah untuk diproduksi. Polimer LDPE memiliki rantai cabang yang cukup banyak membuatnya tidak terlalu padat sehingga bisa menghasilkan jenis polyethylene yang lebih lunak dan fleksibel.

LDPE biasa digunakan sebagai bahan produk tas (belanja, laundry, roti, makanan beku, koran, sampah), pembungkus plastik, pelapis karton susu serta gelas minuman; juga botol mustard yang bisa diremas, tempat penyimpanan makanan, dan tutup kemasan. LDPE juga digunakan untuk pelapis kabel dan kawat.

Meskipun beberapa studi menunjukkan bahwa LDPE bisa merusak sistem hormon manusia, LDPE merupakan salah satu jenis plastik yang dianggap cukup aman untuk digunakan bersama makanan dan minuman. Sayangnya, tipe plastik ini cukup sulit untuk didaur ulang. Adapun contoh plastik ***Low Density Polyethylene*** ditunjukkan pada gambar 2.4.

Gambar 2.4 Plastik *Low Density Polyethylene*

(Sumber : https://waste4change.com)

e. Polypropylene (PP)

Lebih kaku dan lebih tahan panas, PP biasa digunakan untuk wadah penyimpanan makanan panas. Kekuatan PP bisa dikatakan berada di antara LDPE dan HDPE. Selain untuk thermal vest dan beberapa bagian pada mobil, PP juga

merupakan salah satu bahan yang digunakan pada popok bayi sekali pakai dan pembalut wanita.

Sama seperti LDPE, PP dianggap sebagai plastik yang cukup aman untuk digunakan bersama dengan makanan dan minuman. Namun meskipun memiliki kualitas yang cukup baik, PP tidak mudah didaur ulang dan bisa menimbulkan asma serta gangguan hormon pada manusia. Adapun contoh dari plastik *Polypropylene* ditunjukkan pada gambar 2.5

Gambar 2.5 Plastik *Polypropylene*

(Sumber : https://waste4change.com)

f. Polystyrene (PS)

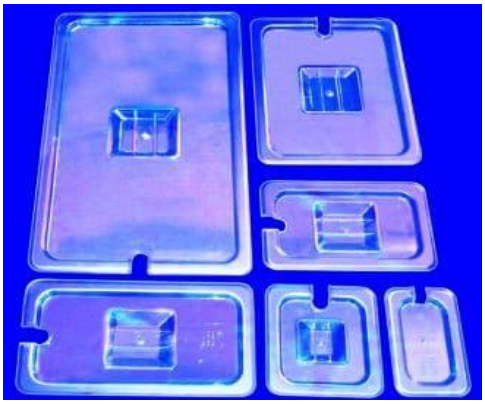
Polystyrene merupakan Styrofoam yang biasa kita gunakan untuk wadah kemasan makanan, wadah karton penyimpan telur, mangkuk dan gelas sekali pakai, kemasan, juga pada helm. Saat terekspos oleh makanan panas dan berminyak, PS bisa mengeluarkan styerene yang dianggap dapat mengganggu sistem saraf dan otak, bisa juga berdampak pada genetik, paru-paru, hati, serta sistem kekebalan tubuh. Di atas semua risiko tersebut, PS memiliki tingkat daur ulang yang cukup rendah. Adapun contoh dari plastik *Polystyrene* ditunjukkan pada gambar 2.6

Gambar 2.6 Plastik ***Low Density Polyethylene***
(Sumber : https://waste4change.com)

g. Polycarbonate (PC)

Polycarbonate (PC) merupakan tipe plastik yang paling banyak dikategorikan sebagai tipe plastik , yang mana tidak banyak lagi digunakan pada tahun-tahun terakhir ini karena diketahui memiliki kandungan bisphenol A (BPA). PC juga dikenal dengan nama lainnya, Lexan, Makrolon, Makroclear. Ironisnya, PC biasa digunakan untuk botol minum bayi, botol susu bayi, botol minum, galon minum, salah satu bahan kaleng makanan, botol kecap, dan pelapis gigi. Karena dianggap beracun, beberapa negara sudah melarang penggunaan PC di dalam kemasan susu formula dan botol susu bayi dan balita.

BPA yang terkandung di dalam PC terbukti bisa menimbulkan beberapa masalah kesehatan termasuk kerusakan kromosom di dalam rahim wanita, penurunan jumlah sperma pada pria, pubertas dini, beberapa perubahan perilaku, perubahan fungsi imunitas, perubahan kelamin pada katak, kerusakan otak dan saraf, kerusakan sistem kardiovaskular, diabetes type III, kegemukan, kegagalan kemoterapi, kanker payudara, kanker prostat, kemandulan, serta kelainan metabolik. Ditambah lagi dengan tingkat daur ulangnya yang cukup rendah, penggunaan PC sangat tidak disarankan. Adapun contoh dari plastik *Polycarbonate* ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Plastik *Polycarbonate*

(Sumber : https://waste4change.com)

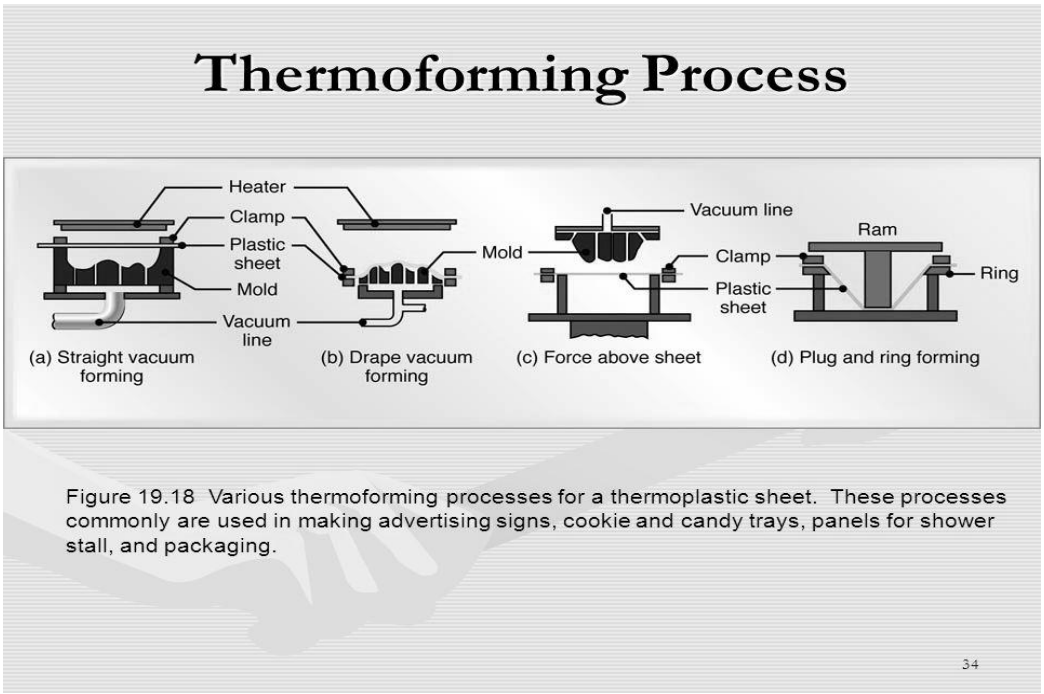
2.4. Jenis-Jenis Pengolahan Plastik

Ada beberapa jenis pengolahan plastik untuk diolah menjadi suatu barang yang tepat guna antara lain :

a. Proses *Thermoforming*
b. Proses *Hot Press Molding*

a. Proses *Thermoforming*

Menurut Strachan (2013) *Thermoforming* adalah proses pembentukan lembaran plastik termoset dengan cara pemanasan kemudian diikuti pembentukan dengan cara pengisapan atau penekanan ke rongga mold. Plastik termoset tidak bisa diproses secara Thermoforming karena pemanasan tidak bisa melunakkan termoset akibat rantai tulang belakang molekulnya saling bersilangan yang prinsip kerjanya pada gambar 2.8. Contoh produk yang diproses secara Thermoforming adalah nampan biskuit dan es krim.

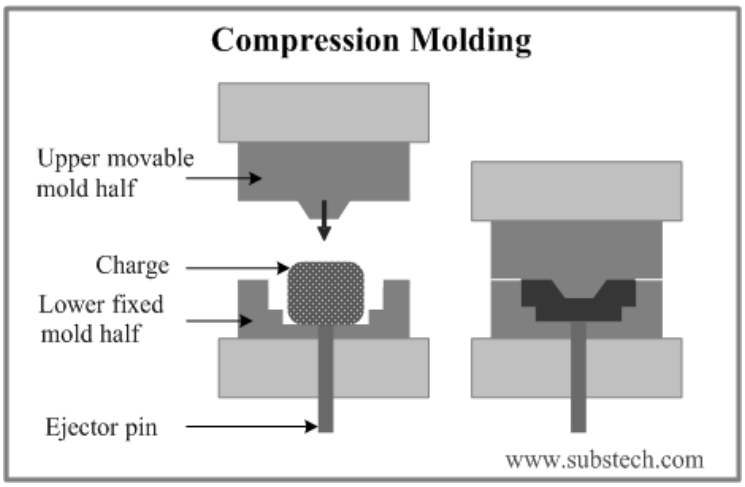


Gambar 2.8 Prinsip *Thermoforming*

(Sumber : https://slideplayer.info)

b. Proses *Hot Press Molding*

Kompresi Molding adalah metode pencetakan di mana molding material, umumnya dipanaskan, pertama kali ditempatkan secara terbuka, cetakan dipanaskan rongga. cetakan ditutup dengan kekuatan atas atau anggota steker, tekanan diterapkan untuk memaksa materi ke dalam kontak dengan semua bidang cetakan, sementara panas dan tekanan dipertahankan sampai bahan cetakan telah terbentuk yang bisa di dilihat prinsip molding pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Prinsip *press molding*

(sumber : https://slideplayer.info)

2.5. Cacat dalam Pengolahan Plastik

Adapun terdapat jenis-jenis cacat jika terjadi kesalahan dalam pengolahan plastik antara lain :

a. Short Shot

b. Flashing (Flash)

c. Sink Mark (shrink mark)

d. Warpage

a. Short Shot

Short Shot adalah salah satu jenis cacat dimana plastik leleh yang akan diinjeksikan kedalam cavity tidak mencapai kapasitas yang ideal atau sesuai yang

telah diatur di mesin. Sehingga plastik yang diinjeksikan kedalam cavity mengeras terlebih dahulu sebelum memenuhi cavity.

b. Flashing (Flash)

Flashing adalah salah satu jenis cacat ringan pada material hasil pengolahan plastik, artinya material atau prduk yang mengalami Flashing masih bisa dikatakan bagus tetapi harus dilakukan pembersihan pada produk. Flashing sendiri berarti terdapat material lebih yang ikut membeku di pinggir-pinggir produk.

c. Sink Mark (shrink mark)

Sink mark merupakan salah satu jenis cacat yang ditandai dengan adanya cekungan atau lengkungan yang terjadi pada permukaan luar pada produk yang diproduksi . Terjadinya perbedaan ketebalan pada permukaan produk yang dibuat juga dapat disebut sebagai *sink*

d. Warpage

Warpage adalah kondisi dimana plastik hasil cetakan melengkung. Pelengkungan ini bisa dilihat secara kasat mata maupun perlu dilihat secara seksama. Pengukuran kelengkungan pada cacat warpage menggunakan alat dial indikator. Cacat warpake bisa disebabkan oleh perlakuan suhu dan cara mengambilan hasil cetakan.

2.6. Perpindahan Kalor

Jika benda panas disentuhkan dengan benda dingin, tak lama kemudian suhu benda panas turun, sedangkan suhu benda dingin naik. Hal ini terjadi karena benda panas memberikan kalor kepada benda dingin. Kalor berpindah dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah. Ada tiga macam perpindahan kalor secara umum (Perpindahan Kalor,1994,), yaitu :

a. Perpindahan Kalor Secara Konduksi
b. Perpindahan Kalor Secara Konveksi
c. Perpindahan Kalor Secara Radiasi

a. Perpindahan Kalor Secara Konduksi

Konduksi adalah perpindahan kalor melalui zat padat. Perpindahan ini tidak diikuti dengan perpindahan partikel perantara. Berdasarkan kemampuan menghantar kalor, zatdibagi menjadi dua golongan besar, yaitu konduktor dan isolator. Konduktor ialah zat yang mudah menghantar kalor. Isolator adalah zat yang sukar menghantar kalor. Banyaknya kalor Q yang melalui dinding selama selang waktu t, dinyatakan sebagai berikut.

$$H = \frac{Q}{t} = \frac{K \times A \times \Delta T}{L}$$

$$Q = k \times A \times t \times \frac{\Delta T}{L} \text{ .....(2.1)}$$

Keterangan:

Q : kalor (J) atau (kal)

k : konduktivitas termal (W/mK)

A : luas penampang (m2)

ΔT : perubahan suhu (K)

L : panjang (m)

H : kalor yang merambat persatuan waktu (J/s atau watt)

t : waktu (detik)

Dalam peristiwa dua batang logam berbeda jenis yang disambungkan berlaku bahwa laju aliran kalor dalam kedua batang adalah sama besarnya ditulis sebagai berikut.

b. Perpindahan Kalor Secara Konveksi

Konveksi adalah proses perpindahan kalor dari satu bagian fluida ke bagian lain fluida oleh pergerakan fluida itu sendiri. Ada dua jenis konveksi, yaitu konveksi alamiah dan konveksi paksa. Pada konveksi alamiah, pergerakan fluida terjadi akibat perbedaan massa jenis. Adapun pada konveksi paksa, fluida yang telah dipanasi langsung diarahkan ke tujuannya oleh sebuah peniup (blower) atau pompa. Contoh konveksi paksa, antara lain sistem pendingin mobil dan pengering ram but (hairdryer).

Pemanfaatan konveksi terjadi pada cerobong asap, sistem suplai air panas, dan lemari es. Laju kalor Q/t sebuah panas memindahkan kalor ke fluida sekitarnya secara konveksi sebanding dengan luas permukaan benda Ayang bersentuhan dengan fluida dan beda suhu di antara benda dan fluida. Hal tersebut dapat ditulis sebagai berikut.

$$H = \frac{Q}{t} \times h \times A \times \Delta T^4 \text{ .....(2.2)}$$

Keterangan:

H : laju kalor (kal/s atau J/s)

Q : kalor (J) atau (kal)

A : luas penampang (m2)

ΔT : perubahan suhu (K)

h : Koefesien konveksi

Dengan h adalah koefisien konveksi yang nilainya bergantung pada bentukdan kedudukan permukaan, yaitu tegak, miring, mendatar, menghadap ke bawah, atau menghadap ke atas. Konveksi dalam kehidupan sehari-hari, antara lain terlihat pada peristiwa angin darat dan angin laut.

c. Perpindahan Kalor Secara Radiasi

Radiasi atau pancaran adalah perpindahan energi kalor dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Pada tahun 1897, Joseph Stefan melakukan pengukuran daya total yang dipancarkan oleh benda hitam sempurna. Dia menyatakan bahwa daya total itu sebanding dengan pangkatempatsuhu mutlaknya. Lima tahun kemudian Ludwig Boltzmann menurunkan hubungan yang sama. Persamaan yang didapat sama dari hubungan ini dikenal sebagai hukum Stefan-Boltzmann yang berbunyi "Energi yang dipancarkan oleh suhu permukaan (A) dan sebanding dengan pangkat empat suhu mutlak permukaan itu (T^4)" dan ditulis sebagai berikut.

$$\frac{Q}{t} = \sigma \times A \times T^4 \text{ .....(2.3)}$$

Keterangan :

Q : kalor (J) atau (kal)

t : waktu (detik)

σ : tetapan Stefan-Boltzmann (5,67 x $10^{-8}Wm^{-2}K^{-4}$)

A : luas penampang (m2)

T : Suhu (K)

e : Emisivitas

Dengan σ dikenal sebagai tetapan Stefan-Boltzmann yang mempunyai nilai 5,67 x $10^{-8}Wm^{-2}K^{-4}$. Karena tidak semua benda dianggap sebagai benda hitam sempurna maka persamaan Stefan- Boltzman untuk benda dapat ditulis sebagai berikut.

$$\frac{Q}{t} = e \times \sigma \times A \times T^4 \quad \text{.....(2.4)}$$

Keterangan :

Q : kalor (J) atau (kal)

t : waktu (detik)

σ : tetapan Stefan-Boltzmann (5,67 x $10^{-8}Wm^{-2}K^{-4}$)

A : luas penampang (m2)

T : Suhu (K)

e : Emisivitas

Dengan e adalah koefisien yang disebut emisivitas, nilainya di antara 0 dan 1 serta bergantung pada jenis zat dan keadaan permukaan. Untuk benda hitam sempurna, e = 1.

Penerapan peristiwa radiasi dalam kehidupan separi-hari, misalnya pada penghangat rumah, pengeringan kopi, pembakaran pada alat pemanggang (oven), dan rumah kaca.

2.7. Proses Permesinan

Beberapa pengerjaan yang menggunakan proses permesinan untuk membuat alat bantu *hot press* daur plastik untuk pembuatan ubin ini antara lain las listrik, mesin gerinda, dan mesin bor.

2.7.1. Las Listrik

Las busur listrik umumnya disebut las listrik adalah salah satu cara menyambung logam dengan jalan menggunakan nyala busur listrik yang diarahkan ke permukaan logam yang akan disambung. Pada bagian yang terkena busur listrik tersebut akan mencair, demikian juga elektroda yang menghasilkan busur listrik akan mencair pada ujungnya dan merambat terus sampai habis. Logam cair dari elektroda dan dari sebagian benda yang akan disambung tercampur dan mengisi celah dari kedua logam yang akan disambung, kemudian membeku dan tersambunglah kedua logam tersebut.

Mesin las busur listrik dapat mengalirkan arus listrik cukup besar tetapi dengan tegangan yang aman (kurang dari 45 volt). Busur listrik yang terjadi akan menimbulkan energi panas yang cukup tinggi sehingga akan mudah mencairkan logam yang terkena. Besarnya arus listrik dapat diatur sesuai dengan keperluan dengan memperhatikan ukuran dan type elektrodanya.

Pada las busur, sambungan terjadi oleh panas yang ditimbulkan oleh busur listrik yang terjadi antara benda kerja dan elektroda. Elektroda atau logam pengisi dipanaskan sampai mencair dan diendapkan pada sambungan sehingga terjadi sambungan las. Mula-mula terjadi kontak antara elektroda dan benda kerja sehingga terjadi aliran arus, kemudian dengan memisahkan penghantar timbullah busur. Energi listrik diubah menjadi energi panas dalam busur dan suhu dapat mencapai 5500 °C.

Ada tiga jenis elektroda logam, yaitu elektroda polos, elektroda fluks dan elektroda berlapis tebal. Elektroda polos terbatas penggunaannya, antara lain untuk besi tempa dan baja lunak. Biasanya digunakan polaritas langsung. Mutu pengelasan dapat ditingkatkan dengan memberikan lapisan fluks yang tipis pada kawat las. Fluks membantu melarutkan dan mencegah terbentuknya oksida-oksida yang tidak diinginkan. Tetapi kawat las berlapis merupakan jenis yang paling banyak digunakan dalam berbagai pengelasan komersil.

a. Jenis jenis mesin las busur Listrik

Mesin las yang ada pada unit peralatan las berdasarkan arus yang dikeluarkan pada ujung-ujung elektroda dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu :

- Mesin las arus bolak balik (AC)
- Mesin Las Arus Searah (Mesin DC)
- Mesin Las Ganda (AC-DC)
- Mesin las arus bolak balik (AC)

Mesin memerlukan arus listrik bolak-balik atau arus AC yang dihasilkan oleh pembangkit listrik, listrik PLN atau generator AC, dapat digunakan sebagai sumber tenaga dalam proses pengelasan. Besarnya tegangan listrik yang dihasilkan oleh sumber pembangkit listrik belum sesuai dengan tegangan yang digunakan untuk pengelasan.

Bisa terjadi tegangannya terlalu tinggi atau terlalu rendah, sehingga besarnya tegangan perlu disesuaikan terlebih dahulu dengan cara menaikkan atau menurunkan tegangan. Alat yang digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan ini disebut transformator atau trafo. Kebanyakan trafo yang digunakan pada peralatan las adalah jenis trafo step-down, yaitu trafo yang berfungsi menurunkan tegangan. Hal ini disebabkan kebanyakan sumber listrik, baik listrik PLN maupun listrik dari sumber yang lain, mempunyai tegangan yang cukup tinggi, padahal kebutuhan tegangan yang dikeluarkan oleh mesin las untuk pengelasan hanya 55 volt sampai 85 volt.

Transformator yang digunakan pada peralatan las mempunyai daya yang cukup besar. Untuk mencairkan sebagian logam induk dan elektroda dibutuhkan energi yang besar, karena tegangan pada bagian terminal kumparan sekunder hanya kecil, maka untuk menghasilkan daya yang besar perlu arus besar. Arus yang digunakan untuk peralatan las sekitar 10 ampere sampai 500 ampere.Besarnya arus listrik dapat diatur sesuai dengan keperluan las. Untuk keperluan daya besar diperlukan arus yang lebih besar pula, dan sebaliknya.

- Mesin Las Arus Searah (Mesin DC)

Arus listrik yang digunakan untuk memperoleh nyala busur listrik adalah arus searah. Arus searah ini berasal dari mesin berupa dynamo motor listrik searah. Dinamo dapat digerakkan oleh motor listrik, motor bensin, motor diesel, atau alat penggerak yang lain. Mesin arus yang menggunakan motor listrik sebagai penggerak mulanya memerlukan peralatan yang berfungsi sebagai penyearah arus. Penyearah arus atau rectifier berfungsi untuk mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Arus bolak-balik diubah menjadi arus searah pada proses pengelasan mempunyai beberapa keuntungan, antara lain:

a. Nyala busur listrik yang dihasilkan lebih stabil,
b. Setiap jenis elektroda dapat digunakan pada mesin las DC,
c. Tingkat kebisingan lebih rendah,
d. Mesin las lebih fleksibel, karena dapat diubah ke arus bolak-balik atau arus searah.

Mesin las DC ada 2 macam, yaitu mesin las stasioner atau mesin las portabel. Mesin las stasioner biasanya digunakan pada tempat atau bengkel yang mempunyai jaringan listrik permanen, misal listrik PLN. Adapun mesin las portabel mempunyai bentuk relatif kecil biasanya digunakan untuk proses pengelasan pada tempat-tempat yang tidak terjangkau jaringan listrik. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengoperasian mesin las adalah penggunaan yang sesuai dengan prosedur yang dikeluarkan oleh prabrik pembuat mesin, perawatan yang sesuai dengan anjuran. Sering kali gangguan-gangguan timbul pada mesin las, antara lain mesin tidak mengeluarkan arus listrik atau nyala busur listrik lemah.

– Mesin Las Ganda (AC-DC)

Mesin las ini mampu melayani pengelasan dengan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak-balik. Mesin las ganda mempunyai transformator satu fasa dan sebuah alat perata dalam satu unit mesin. Keluaran arus bolak-balik diambil dari terminal lilitan sekunder transformator melalui regulator arus. Adapun arus searah diambil dari keluaran alat perata arus.

Pengaturan keluaran arus bolak-balik atau arus searah dapat dilakukan dengan mudah, yaitu hanya dengan memutar alat pengatur arus dari mesin las.

Mesin las AC-DC lebih fleksibel karena mempunyai semua kemampuan yang dimiliki masing-masing mesin las DC atau mesin las AC. Mesin las jenis ini sering digunakan untuk bengkel-bengkel yang mempunyai jenis-jenis pekerjaan yang bermacam-macam, sehingga tidak perlu mengganti-ganti las untuk pengelasan berbeda.

b. Elektroda

Elektroda atau kawat las ialah suatu benda yang dipergunakan untuk melakukan pengelasan listrik yang berfungsi sebagai pembakar yang akan menimbulkan busur nyala. Elektroda berselaput yang dipakai pada Ias busur listrik mempunyai perbedaan komposisi selaput maupun kawat Inti. Pelapisan fluksi pada kawat inti dapat dengah cara destrusi, semprot atau celup. Ukuran standar diameter kawat inti dari 1,5 mm sampai 7 mm dengan panjang antara 350 sampai 450 mm. Jenis-jenis selaput fluksi pada elektroda misalnya selulosa, kalsium karbonat (Ca C03), titanium dioksida (rutil), kaolin, kalium oksida mangan, oksida besi, serbuk besi, besi silikon, besi mangan dan sebagainya dengan persentase yang berbeda-beda, untuk tiap jenis elektroda.

Tebal selaput elektroda berkisar antara 70% sampai 50% dari diameter elektroda tergantung dari jenis selaput. Pada waktu pengelasan, selaput elektroda ini akan turut mencair dan menghasilkan gas CO2 yang melindungi cairan las, busur listrik dan sebagian benda kerja terhadap udara luar. Udara luar yang mengandung O2 dan N akan dapat mempengaruhi sifat mekanik dari logam Ias. Cairan selaput yang disebut terak akan terapung dan membeku melapisi permukaan las yang masih panas.

Elektoda (Kawat las) memiliki kode spesifikasi yang dapat kita lihat pada kardus pembungkusnya, antara lain :

a. Spesifikasi kawat las terbungkus untuk untuk *Mild Steel* diatur dalam AWS A5.1 Berdasarkan peraturan *American Welding Society (AWS),* Spesifikasi kawat las terbungkus untuk untuk *Mild Steel* diatur dalam AWS A5.1

Dua digit pertama menunjukan Kekuatan tariknya dalam kilo- pound-square –inch (Ksi)

- E6010 : kekuatan tariknya 60 ksi, (60000 psi),
- E7018 : kekuatan tariknya 70 ksi, (70000 psi),
- Digit ketiga adalah Posisi pengelasan
- Exx1x : untuk semua posisi (*flat, horisontal, vertikal, overhead*)
- Exx2x :untuk posisi flat dan *horizontal*
- Exx3x : hanya untuk posisi flat

Untuk elektroda dengan lima digit angka maka tiga angka pertama merupakan kekuatan tarik.

E11010 = kekuatan tariknya 110 ksi, (110000 psi)

Contoh: Elektroda E6010

Keterangan :

E : Elektroda

60 : Kekeuatan Tarik

1 : Posisi Pengelasan

0 : Tipe coating dan arus

b. Spesifikasi kawat k las terbungkus untuk Low k Steel diatur pada AWS A5.5

Empat digit pertama sama pembacaanya dengan kode untuk mild steel Diikuti dengan garis (dash) dan huruf serta angkasebagai sebagai unsur paduan

- A ditambahkan unsur carbon molybdenum
- B ditambahkan unsur chromium molybdenum
- C ditambahkan unsur nickel steel
- D ditambahkan unsur manganese molybdenum molybdenum
- G merupakan kode tambahan untuk penggunaan secara general bagi material yang belum teridentifikasi

R akhir kode mengindikasikan ketahanan terhadap serapan uap uap (moisture pickup) (80% humidity,, 80 °F, 9 jam)

Contoh:

- Kode kawat las: E7018-H8R

E7018-H8R artinya kekuatannya 70ksi, mengandung mengandung “iron powder iron oxide iron powder iron oxide”, mengandung sedikit hidrogen (low

hydrogen), ketahanan terhadap uap air dan untuk dipakai pada pada pengelasan pengelasan mild steel.

– Kode Kawat Las: E8018-B2H4R

E8018-B2H4R artinya kekuatannya 80ksi, mengandung, iron powder iron oxide, dipadu dengan chrome moly serta low hydrogen, ketahanan terhadap uap air serta digunakan untuk mengelas paduan baja chrome moly.

c. Spesifikasi kawat las terbungkus untuk Stainless Steel diatur dalam AWS A5.4

Tiga (3) digit pertama adalah nomor tipe AISI dari stainless steel Kemudian diikuti dengan garis dan 2 angka

– Angka 15 = lapisannya mengandung CaO,TiO2& arusnya DCRP.
– Angka 16 = lapisannya mengandung TiO & K2O & arusnya DCRP atau AC.
– Angka 17 = lapisannya mengandung CaO, TiO2 K2O SiO O SiO2 dan arusnya DCRP atau AC.. Bead lasnya halus dan pelepasan slagnya sangat mudah.

2.7.2. Mesin Gerinda

Mesin Gerinda *(Grinder)* adalah power tool multifungsi yang cukup penting. Mesin gerinda adalah salah satu mesin perkakas yang digunakan untuk mengasah/memotong ataupun menggerus benda kerja dengan tujuan atau kebutuhan tertentu. Prinsip kerja mesin gerinda adalah batu gerinda berputar bersentuhan dengan benda kerja sehingga terjadi pengikisan, penajaman, pengasahan, atau pemotongan.

Fungsi dari mesin gerinda:

a. Memotong benda kerja.
b. Membentuk profil seperti sudut atau lengkungan pada benda kerja
c. Menghaluskan dan meratakan permukaan benda kerja.
d. Mengasah alat potong supaya tetap tajam.
e. Menghaluskan atau menghilangkan sisi tajam pada benda kerja.
f. Sebagai proses jadi akhir *(finishing)* pada benda kerja.

Mesin gerinda, karena fungsinya yang cukup banyak atau multifungsi, ada bermacam-macam pula jenisnya antara lain :

a. Mesin Gerinda Permukaan *(Surface Grinding Machine)*
b. Mesin Gerinda Silindris *(Cylindrical Grinding Machine)*
c. Mesin Gerinda Duduk *(Bench Grinding Machine)*
d. Mesin Gerinda Tangan *(Hand Grinding Machine)*

a. Mesin Gerinda Permukaan *(Surface Grinding Machine)*

Mesin Surface Grinding adalah mesin gerinda yang diperuntukan untuk membuat bentuk datar dan permukaan yang rata pada sebuah benda kerja yang diletakan di bawah batu gerinda yang berputar. Pada umumnya mesin gerinda ini digunakan untuk penggerindaan permukaan yang meja mesinnya bergerak horizontal bolak-balik. Benda kerja dicekam pada meja kerja kemudian digerakkan maju mundur di bawah batu gerinda.

Meja pada mesin gerinda datar dapat dioperasikan secara manual atau otomatis yang dapat diatur pada bagian tuasnya. Hasil pengerjaan mesin gerinda permukaan diperuntukan untuk Parallel block, Jangka Sorong, Bed Mesin, dan lain-lain. Prinsip kerja utama dari mesin surface grinding adalah gerakan bolak-balik benda kerja dan gerak rotasi dari tool.

Dilihat dari prinsip kerja utama mesin tersebut, mesin gerinda datar secara garis besar mempunyai tiga gerakan utama, yaitu:

– Gerak putar batu gerinda.
– Gerak meja memanjang dan melintang.
– Gerak pemakanan (feeding).

Adapun *Surface Grinding Machine* ditunjukkan pada gambar 2.10

Gambar 2.10 *Surface Grinding Machine*
(Sumber http://pusat-lingkaran.blogspot.com)

b. Mesin Gerinda Silindris *(Cylindrical Grinding Machine)*

Mesin gerinda silindris merupakan mesin gerinda yang dapat digunakan untuk menggerinda benda kerja yang berbentuk silindris, seperti poros atau tabung untuk mendapatkan permukaan yang halus.

Cara kerja mesin gerinda silindris adalah sebagai berikut, roda gerinda dan benda kerja keduanya berputar serta keduanya saling bergesekan satu sama lain. Roda gerinda diputarkan oleh poros mesin di dalam kepala gerinda, sementara benda kerja diputarkan oleh poros yang terdapat pada kepala tetap. Jika roda gerinda hanya melakukan gerak berputar saja, sedangkan benda kerja selain bergerak berputar juga bergerak lurus bolak-balik bersama-sama dengan meja mesin. Adapun *Cylindrical Grinding Machine* ditunjukkan pada gambar 2.11

Gambar 2.11 *Cylindrical Grinding Machine*
(Sumber http://pusat-lingkaran.blogspot.com)

c. Mesin Gerinda Duduk *(Bench Grinding Machine)*

Mesin gerinda jenis ini berukuran lebih kecil dari kedua jenis mesin gerinda di atas dan dipasang pada meja kerja dengan baut. Mesin ini memiliki dua batu gerinda pada kedua ujungnya dan umumnya digunakan untuk mengasah benda-benda berukuran kecil, seperti mata bor, pahat tangan, pahat bubut, kapak, pisau,

golok dan sebagainya. Mata gerinda kasar di pasang pada bagian sebelah kiri, sedangkan mata gerinda halus dipasang pada bagian sebelah kanan.

Pemasangan dua jenis mata gerinda tersebut bertujuan agar mesin gerinda ini mempunyai dua fungsi sekaligus, yakni sebagai pemotong dan pengasah. Fungsi pemotong menggunakan batu gerinda kasar sedangkan fungsi pengasah menggunakan batu gerinda halus. Mesin gerinda duduk yang memiliki kaki khusus sehingga berdiri sendiri lebih tinggi di atas lantai disebut Mesin Gerinda Berdiri *(Floor Stand* (sama. Adapun *Bench Grinding Machine* ditur

Gambar 2.12 *Bench Grinding Machine*
(Sumber http://pusat-lingkaran.blogspot.com)

d. Mesin Gerinda Tangan *(Hand Grinding Machine)*

Mesin gerinda tangan merupakan mesin yang berfungsi untuk menggerinda benda kerja. Menggerinda dapat bertujuan untuk mengasah benda kerja seperti pisau dan pahat, atau dapat juga bertujuan untuk membentuk benda kerja seperti merapikan hasil pemotongan, merapikan hasil las, membentuk lengkungan pada benda kerja yang bersudut, menyiapkan permukaan benda kerja untuk dilas, dan lain-lain. Mesin Gerinda didesain untuk dapat menghasilkan kecepatan sekitar 11000 – 15000 rpm. Dengan kecepatan tersebut batu gerinda, yang merupakan komposisi aluminium oksida dengan kekasaran serta kekerasan yang sesuai, dapat menggerus permukaan logam sehingga menghasilkan bentuk yang diinginkan. Dengan kecepatan tersebut juga, mesin gerinda dapat digunakan untuk memotong benda logam dengan menggunakan batu gerinda yang dikhususkan untuk memotong. Adapun *Hand Grinding Machine* ditunjukkan pada gambar 2.13

Gambar 2.13 *Hand Grinding Machine*

(Sumber http://pusat-lingkaran.blogspot.com)

2.7.3. Mesin Bor

Mesin bor adalah alat yang digunakan untuk membuat lubang, alur, peluasan dan penghalusan secara presisi dan akurat. Alat ini sangat memudahkan pekerjaan manusia dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam penggunaan industri. Dalam perkembangannya, mesin bor mempunyai banyak jenis dan disesuaikan dengan fungsinya. Berikut ini adalah jenis-jenis dari mesin bor dan fungsinya antara lain :

a. Mesin Bor Tangan
b. Mesin Bor *Cordless*
c. Mesin Bor *Core*
d. Mesin Bor Duduk
e. Mesin Bor Magnet

a. Mesin Bor Tangan

Bor ini merupakan mesin bor yang sering kita jumpai atau mungkin anda memiliki bor yang satu ini. Sebenarnya bor ini memiliki beberapa jenis ukuran mata bor. Ukurannya mulai dari yang terkecil 6.5 mm, 10 mm, 13 mm, 16 mm, 23 mm dan 32 mm. Ukuran tersebut merupakan ukuran maksimal pada jenis mesin bor tersebut, Contohnya bor 10 mm, berarti mata bor yang bisa digunakan mulai dari 0 - 10 mm. Untuk penggunaanya, mesin bor ini biasa digunakan untuk mengebor kayu, atau besi, tergantung dengan penggunaan mata bor-nya. Selain berbagai fungsi yang dapat digunakan, spesifikasi dari mesin bor ini juga ada beberapa jenis, seperti kecepatan putar, revesible putarannya yang bisa dua arah. Biasanya beda merek beda spesifikasi yang ditawarkan, jadi kita tinggal memilih mesin bor tersebut sesui dengan kebutuhan kita sendiri. Adapun mesin bor tangan ditunjukkan pada gambar 2.14.

Gambar 2.14 Mesin Bor Tangan
(Sumber http://pusat-lingkaran.blogspot.com)

b. Mesin Bor *Cordless*

Bor yang biasa disebut dengan bor tanpa kebel adalah jenis bor menggunakan baterai sebagai sumber tenaganya. Biasanya bor ini digunakan pada pekerjaan ringan, karena kekuatan putarnya atau torsi dari mesin ini cenderung lemah. Untuk pengaplikasiannya, bor ini bisa digunakan untuk mengebor gypsum, kayu, dan besi. Dengan syarat untuk bor besi, mata bor yang digunakan adalah mata bor yang ukurannya kecil. Untuk penggunaan bor ini, anda harus memperhatikan spesifikasi baterai yang digunakan pada *Power Hand Tool* tersbeut. Selain itu bor ini juga bisa dipasang sebagai obeng listrik, cukup pasang saja mata obeng, maka bor cordless bisa digunakan untuk memasang skrup supaya lebih cepat dan menghemat waktu.

Adapun mesin bor *cordless* ditunjukkan pada gambar 2.15.

Gambar 2.15 Mesin Bor *Cordless*
(Sumber http://pusat-lingkaran.blogspot.com)

c. Mesin Bor *Core*

Jenis bor yang satu ini merupakan bor yang paling jarang dijumpai, bahkan dipakai oleh konsumen. Bor ini biasanya digunakan untuk proyek untuk mengukur ketebalam aspal jalan. Fungsi utama bor ini adalah untuk melubangi lantai. Mata bor yang digunakan pada bor ini berbentuk seperti tabung. Oleh karena itu, biasanya bor ini digunakan untuk mengebor lantai pada gedung untuk membuat jalur pada pipa atau kabel. Selain itu bisa juga digunakan sebagai pengukur ketebalan aspal jalanan dengan mengebor jalan tersbeut. Adapun mesin bor *core* ditunjukkan pada gambar 2.16.

Gambar 2.16 Mesin Bor *Core*

(Sumber http://pusat-lingkaran.blogspot.com)

d. Mesin Bor Duduk

Bor duduk adalah bor yang dimana memungkin penggunanya bisa mengebor sambil duduk. Jenis ini pada umumnya digunakan untuk melubangi besi yang membutuhkan lubang cukup banyak. Oleh sebab itu mesin bor ini di desain sedemikian rupa supaya pengguna bor tidak mudah lelah pada saat mengebor. Tinggal memutar tuas pada bor tersebut, maka kepala mata bor akan turun dan mengebor benda kerja. Mesin bor ini dapat mengebor dengan ketebalan sedemikian rupa hingga batas maksimalnya sesuai dengan panjang dari mata bor yang digunakan. Pada dasarnya bor ini digunakan pada putaran lambat, namun ada pengaturan yang dapat digunakan untuk mengatur kecepatannya melalui

belting yang ada pada sambungan antara motor AC pada bor dengan kepala putarnya. Untuk jenis dari bor ini ada banyak sub-jenis yang di sediakan berdasarkan ukurannya. Ukuran bor duduk mulai dari yang terkecil berkisar 13 mm, 16 mm hingga 25 mm. Adapun mesin bor duduk ditunjukkan pada gambar 2.17.

Gambar 2.17 Mesin Bor Duduk

e. Mesin Bor M (Sumber http://pusat-lingkaran.blogspot.com)

Bor yang dikatakan dengan bor magnet merupakan bor yang memiliki magnet pada bagian bawahnya. Magnet ini bisa diaktifkan maupun dinonaktifkan dengan cara menekan saklar seperti pada lampu. Bor ini biasanya digunakan untuk mengebor dinding besi sehingga magnet pada bor tersebut akan berguna karena menempel pada bidang besi yang vertikal. Ukuran untuk bor magnet mulai dari 23 mm, 25 mm, 28 mm, 32 mm, 35 mm dan ukuran yang paling besar hingga 60 mm. Adapun mesin bor magnet ditunjukkan pada gambar 2.18.

Gambar 2.18 Mesin Bor Magnet

(Sumber http://pusat-lingkaran.blogspot.com)

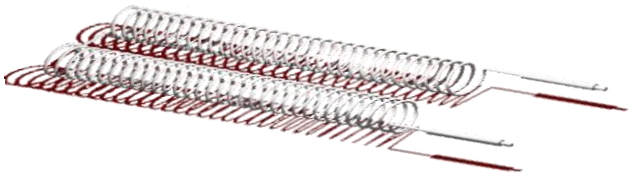
2.8. Elemen Pemanas *(Heater)*

Berikut ini diuraikan aplikasi dari elemen pemanas (*heater*) sesuai dengan jenis dan bentuk nya antara lain :

a. ***Coil Heater***
b. ***Infra Red Heater***
c. ***Silica* dan *Infra Fara Heater***
d. ***Quartz Heater***
e. ***Tubular Heater***
f. ***Stripe, Nozzle,* dan *Band Heater***
g. ***Cast In Heater***
h. ***Catridge Heater***

a. ***Coil Heater***

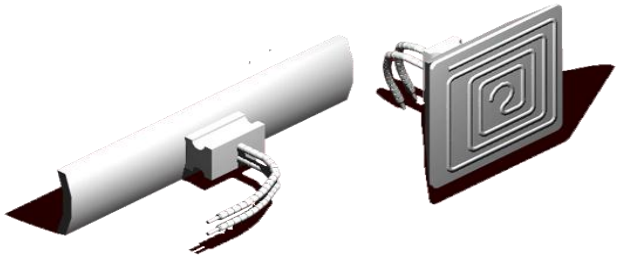
Bentuknya yang telanjang (tidak tertutup isolator ataupun pipa selongsong) cocok untuk memanaskan udara, panas yang dihasilkan langsung di transfer keudara sekitarnya, pemasangan heater ini menggunakan support (pegangan) dengan bahan isolator listrik yang baik dan tahan panas tinggi seperti : keramik,mika, asbes, fibrothal, castable dll. Cocok untuk digunakan pada kompor listrik dan *oven* dan f*urnace* (tungku) dimana media yang akan dipanaskan tidak langsung mengenai gulungan heater ini. Adapun *Coil heater* ditunjukkan pada gambar 2.19.



Gambar 2.19 *Coil Heater*
(Sumber : https://penjualheater.blogspot.com)

b. ***Infra Red Heater***

Coil (gulungan) niklin dicor bersama -sama bahan ceramik. Pada Heater type ini digunakan sebagai sumber panas radiasi, dimana permukaan keramik pelapisnya berfungsisebagai *reflector*.*Infra Red Heater* jenis ini banyak digunakan untuk memanaskan benda - benda yang hasil permukaan nya mengkilap seperti pada pengeringan hasil pengecatan atau pewarnaan, pembuatan *foam*, pengeringan hasil sablon dll. Adapun *Infra red heater* ditunjukkan pada gambar 2.20.



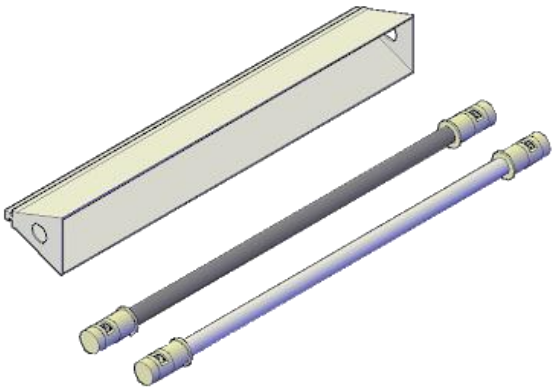
Gambar 2.20 *Infra Red Heater*

(Sumber : https://penjualheater.blogspot.com)

c. ***Silica* dan *Infra Fara Heater***

Coil atau gulungan niklin dimasukan kedalam tabung (pipa) dari bahan *silica* atau *black body ceramik* yang dikedua ujung nya di beri terminal baut sebagai input *power* listrik dan kemudian ditutup oleh dop keramik.

Fungsi type *heater* ini hampir sama dengan *infra red heater*,pemasangan nya dilengkapi dengan *reflector* yang terbuat dari dan *stainless stell* ataupun alumunium. Adapun *Silica dan infra fara heater* ditunjukkan pada gambar 2.21



Gambar 2.21 *Silica* dan *Infra Fara Heater*

(Sumber : https://penjualheater.blogspot.com)

d. ***Quartz Heater***

Heater jenis ini elemen pemanasnya di gulung diatas batangan keramik sehingga kedua terminalnya ada pada satu sisi, kemudian gulungan ini dimasukan ke dalam tube berbahan Quartz (silica) dengan warna putih susu dan tube tadi di beri lapisan pipa pvc / teflon berlubang yang berfungsi sebagai pelindung quartz dari benturan dengan benda lain saat di celup ke cairan yg akan dipanaskan. Penggunaan *quartz heater* ini untuk memanaskan cairan kimia dengan suhu yang tidak terlalu tinggi. seperti pada pengerjaan *electroplating,hardcrome* dan lain-lain. Adapun *Quartz Heater* ditunjukkan pada gambar 2.22

Gambar 2.22 *Quartz Heater*

(Sumber : https://penjualheater.blogspot.com)

e. ***Tubular Heater***

Tubular Heater ini paling banyak bentuk nya, namun bisa di golongkan menurut pemakainnya yaitu Berbentuk lurus, *U form, W form multy form* ataupun *over the side heater* digunakan untuk memanaskan udara atau cairan. *Tubular Heater* merupakan elemen pemanas listrik dimana gulungan coil resistance wire dimasukan kedalam pipa dan di cor bersama-sama bubuk isolator (Mgo powder) yang berkemampuan meneruskan panas dan isolator listrik yang baik, sehingga arus listrik tidak menembus dan mengalir pada pipa

pembungkusnya, proses pengecoran nya dilakukan dengan menggunakan mesin isi (filling machine) yang dirancang sedemikian rupa,Material pipa atau tubing yang digunakan sebagai pembungkus atau selongsong tubular heater ini biasanya disesuikan dengan penggunaan heater tersebut, apakah untuk memanaskan udara, Air, cairan kimia dan lain lain. Pada umumnya bahan yang sering digunakan adalah: Stainless Stell 304, Stainless Stell 316,Incoloy, Tembaga, Titanium.

Setelah proses pengecoran maka pipa yang telah berisi resistance wire tersebut di press dengan menggunakan tube reduction machine sehingga diameter pipa akan mengecil dan bubuk isolator akan menjadi solid, hal ini dimaksudkan untuk menghindari adanya rongga udara didalam heater yang menyebabkan ruang kosong sehingga wire resistance yang memuai akibat panas akan bebas bergerak dan berpeluang menempel pada dinding pipa yang akhir nya terjadi short body dan putusnya resistance wire. Diameter akhir tubular heater hasil proses reduksi (press) yang ada di pasaran adalah : 8mm, 11,2 mm 12.5 mm 15.8 mm dan 18.9 mm dengan panjang tidak lebih dari 6 meter.

Resitance Wire yang digunakan adalah kawat tahanan yang dimensinya disesuiakan dengan daya yang diminta, dimana kawat ini tahan pada suhu kerja maksimal 1300 C. Isolator tahan panas yang digunakan sebagai pengikat dan pembatas antara pipa dan kawat tahanan adalah bubuk Mgo yang mempunyai titik cair 2900 C. Dalam pemesanan Tubular Heater ini , spesifikasi daya listrik dan voltasenya sebaiknya dikonsultasikan dahulu agar didapat hasil produk yang efisien dan bermutu tinggi.

Elemen pemanas yang menggunakan *tubular heater* ini adalah :

- *Water Heater*
- *Immersion Heater*
- *Finned Heater*
- *Cast in Heater*
- *Multy Form Heater*
- *Over The sides Heater*
- *Deffrost Heater*

– *Radiant Heater*

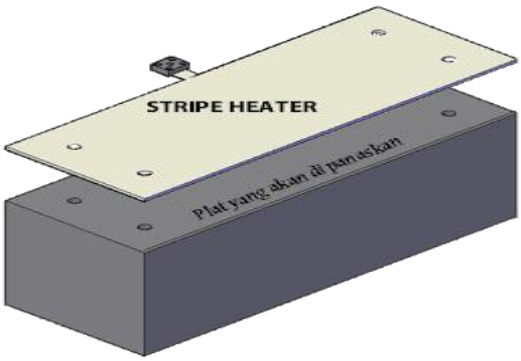
– *Dan Lain Lain*

Adapun *Tubular Heater* ditunjukkan pada gambar 2.23

Gambar 2.23 *Tubular Heater*
(Sumber : https://penjualheater.blogspot.com)

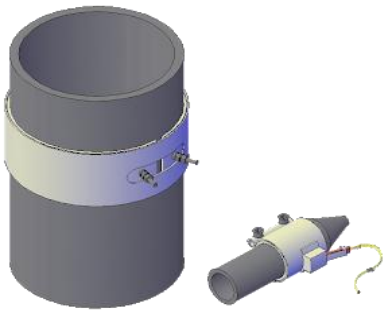
f. ***Stripe, Nozzle,* dan *Band Heater***

Stripe heater digunakan untuk memanaskan permukaan benda yang rata, seperti pada *hot plate*. Adapun *stripe heater* ditunjukkan pada gambar 2.24.



Gambar 2.24 *Stripe Heater*
(Sumber : https://penjualheater.blogspot.com)

Band heater digunakan untuk memanaskan tabung atau pipa, *band heater* ini dilengkapi dengan baut pengunci pada bagian plat sabuk nya. Adapun *Band and Nozzle Heater* ditunjukkan pada gambar 2.25



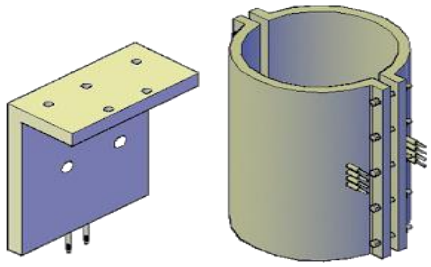
Gambar 2.25 *Band* dan *Nozlle Heater*

(Sumber : https://penjualheater.blogspot.com)

Seperti *band heater, nozzle heater* juga dipergunakan untuk memanaskan tabung, perbedaan nya diameter *nozzle heate*r lebih kecil dari 50 mm. *Nozzle heater* dan band heater paling banyak dipergunakan untuk *barrel*mesin extruder dan *injection* plastik, pada *barrel* nya dipasang *band heate*r dan pada ujung keluaran cairan platik (*nozzle*) di pasang *nozzle heater.*

g. ***Cast In Heater***

Bentuk dan fungsi nya sama dengan *stripe, nozzle dan band heater,* karena *heater* awal nya berbentuk tubular heater yang kemudian dicor dengan bahan alumunium atau kuningan, maka ketebalan *heater* ini minimum 18 mm dan kekuatannya jauh diatas *stripe, nozzle dan band heater.* Adapun *Cast in heater* ditunjukkan pada gambar 2.26

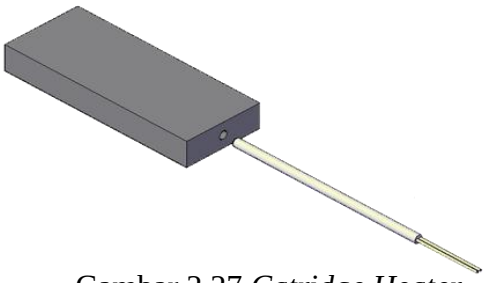


Gambar 2.26 *Cast In Heater*

(Sumber : https://penjualheater.blogspot.com)

h. ***Catridge Heater***

Catridge Heater jenis ini banyak digunakan untuk memanaskan cetakan cetakan (*muould*) ataupun *die block* dengan cara memasukannya kedalam lubang (*hole*) cetakan cetakan atau die Block tersebut dimana diameter lubang sama dengan diameter pipa *Catridg*e dengan toleransi tidak lebih dari 0.127 mm. Adapun *Catridge heater* ditunjukkan pada gambar 2.27.



Gambar 2.27 *Catridge Heater*
(Sumber : https://penjualheater.blogspot.com)

2.9. Tekanan

Tekanan merupakan besarnya gaya dibanding dengan luas penampang. Dalam satuan SI nyatakan dalam pascal (Pa), sedangkan satuan dasar lain adalah N/m2 atau kg/(ms-2).

Tekanan (simbol: *p* atau *P*) adalah satuan fisika untuk menyatakan gaya (F) per satuan luas (A).

$$P = \frac{F}{A} \text{ .....(2.5)}$$

Keterangan :

P : Tekanan dengan satuan pascal (Pressure)

F : Gaya dengan satuan newton (Force)

A : Luas permukaan dengan satuan m^2 (Area)

Satuan tekanan dapat dihubungkan dengan satuan volume (isi) dan suhu. Semakin tinggi tekanan di dalam suatu tempat dengan isi yang sama, maka suhu akan semakin tinggi. Hal ini dapat digunakan untuk menjelaskan mengapa suhu di pegunungan lebih rendah daripada di dataran rendah, karena di dataran rendah tekanan lebih tinggi.

Rumus dari tekanan dapat juga digunakan untuk menerangkan mengapa pisau yang diasah dan permukaannya menipis menjadi tajam. Semakin kecil luas permukaan, dengan gaya yang sama akan dapatkan tekanan yang lebih tinggi.

2.10. Titik Berat

Titik berat adalah pusat massa suatu benda yang resultan gaya gravitasi terkonsentrasi di titik itu. Ciri – ciri titik berat adalah jika dijadikan titik tumbu, maka benda akan berada dalam keadaan setimbang. Pada benda beraturan homogen, titik berat benda terdapat pada bidang/garis simetrisnya. Macam-macam titik berat pada benda homogen disajikan dalam tabel berikut:

a. Titik Berat Pada Benda Homogen Satu Dimensi
b. Titik Berat Pada Benda Homogen Dua Dimensi
c. Titik Berat Pada Benda Homogen Tiga Dimensi

a. Titik Berat Pada Benda Homogen Satu Dimensi

Berikut adalah ditampilkan titik berat benda benda homogen satu dimensi yang ditunjukkan ada tabel 2.2

Tabel 2.2 Titik Berat Benda Satu Dimensi

Benda	Titik berat (y_0)
Batang/garis	$L/2$
Busur lingkaran	$R \times \frac{\text{tali busur}}{\text{busur}}$
Busur setengah lingkaran	$\frac{2R}{\pi}$

Koordinat titik berat pada benda satu dimensi:

$$x_0 = \frac{\sum L \cdot x}{\sum L}$$

$$y_0 = \frac{\sum L \cdot y}{\sum L}$$

b. **Titik Berat Pada Benda Homogen Dua Dimensi**

Koordinat titik berat pada benda dua dimensi:

$$x_0 = \frac{\sum A \cdot x}{\sum x}$$

$$y_0 = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A}$$

Berikut adalah ditampilkan titik berat benda benda homogen dua dimensi yang ditunjukkan ada tabel 2.1

Tabel 2.3 Titik Berat Benda Dua Dimensi

Benda	Titik berat (y_0)	Luas
Segitiga	$^1/_3$ t	$^1/_2$ a. t
Segiempat	$^1/_2$ L	p × l
Jajar genjang	$^1/_2$ t	a × t
Lingkaran	R	πr^2
Setengah lingkaran	$\frac{4R}{3\pi}$	$^1/_2 \pi r^2$

c. **Titik Berat Pada Benda Homogen Tiga Dimensi**

Berikut adalah ditampilkan titik berat benda benda homogen tiga dimensi yang ditunjukkan ada tabel 2.2

Tabel 2.4 Titik Berat Benda Tiga Dimensi

Benda	Titik berat (y_0)	Luas
Prisma pejal beraturan	$^1/_2$ t	$A_{alas} \times t$
Silinder pejal	$^1/_2$ t	$\pi r^2 t$
Limas pejal beraturan	$^1/_4$ t	$^1/_3 . A_{alas} \times t$
Kerucut pejal	$^1/_4$ t	$^1/_3 . \pi r^2 t$
Bola pejal	R	$^4/_3 . \pi r^3$
Setengah bola pejal	$^3/_8$ R	$^2/_3 . \pi r^3$

Koordinat titik berat pada benda tiga dimensi:

$$x_0 = \frac{\sum V \cdot x}{\sum A} \qquad y_0 = \frac{\sum V \cdot y}{\sum A} \qquad z_0 = \frac{\sum V \cdot z}{\sum A}$$