

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Plastik

Plastik merupakan sampah non organik yang memiliki banyak manfaat namun juga memiliki dampak negatif yang besar bila tidak di manfaatkan dan dipergunakan dengan baik terutama dalam kehidupan sehari-hari. Pada saat ini, meningkatnya penggunaan plastik pada kehidupan sehari-hari dikhawatirkan memiliki dampak yang buruk karena plastik merupakan sampah non organik yang sulit terurai (Putra & Yuriandala, 2010). Plastik sering dimanfaatkan oleh masyarakat utamanya para penjual di pasaran diantaranya dalam pengemasan makanan, bahan dasar pembuatan komponen otomotif serta juga dapat dibuat sebagai bahan dasar pembuatan mainan anak-anak dan masih banyak hal lainnya yang terbuat dari bahan tersebut. Banyaknya plastik yang digunakan oleh masyarakat dan dibuang begitu saja setelah dipakai maka akan menyebabkan timbulnya pencemaran lingkungan (Indaraswati, 2017).



Gambar 2.1 Plastik Kresek

Plastik terbuat dari zat-zat petrokimia yang sangat berbahaya jika kembali lagi ke lingkungan. Penelitian menunjukkan adanya zat-zat kimia tersebut berbahaya bagi kehidupan khususnya manusia (Nuruzzaman, 2021). Pembakaran sampah plastik dapat memicu gas-gas beracun seperti karbon monoksida (CO) dan hidrogen sianida (HCN). Plastik yang dibakar, berceceran, atau dibuang terurai menjadi zat-zat kimia beracun sehingga zat-zat tersebut akan larut ke tanah, air, dan udara. Jika mencapai ke lingkungan makhluk hidup maka dapat menyebabkan

kecacatan lahir, terganggunya hormon, dan kanker. Bahkan, tempat penampungan sampah yang canggih sekalipun bukanlah solusi yang baik karena zat-zat kimia tersebut akan tetap meresap ke dalam biosfer atau kehidupan makhluk hidup disekitar, khususnya sangat berdampak pada kelangsungan hidup manusia (Istirokhatun & Nugraha, 2019).

2.1.1.1 Jenis-jenis Plastik

Penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari sudah menjadi hal lumrah untuk membungkus barang belanjaan, barang bawaan, dan lain sebagainya. Namun penggunaan plastik yang tidak diolah dengan semestinya dapat menimbulkan masalah bagi lingkungan, karena plastik diketahui sulit diurai oleh mikro organisme sehingga membutuhkan waktu yang sangat lama agar plastik bisa hancur atau terurai secara sempurna dengan alami. Berbagai jenis plastik yang ada yaitu plastik yang digunakan untuk membuat botol air mineral tentu berbeda dengan plastik untuk membuat mangkuk, sedotan, kursi, dan pipa. Untuk mengetahui jenis plastik yang digunakan sebagai material dasar sebuah produk dapat melihat pada simbol yang tertera pada plastik. Simbol ini berupa sebuah angka (dari 1-7) yang dalam rangkaian tanda panah berbentuk segitiga yang terletak di bagian bawah benda plastik. Setiap simbol mewakili jenis plastik yang berbeda dan membentuk pengelompokan dalam melakukan proses daur ulang (Tabel 2.1).

Pengelompokan dan pengkodean bertujuan untuk memudahkan pengelompokan plastik bekas bagi pendaur ulang plastik dan hal ini dikembangkan oleh The Society of the Plastic Industry (SPI), sebuah organisasi perdagangan di Washington D.C yang mewakili industri plastik di Amerika dan saat ini telah menjadi prosedur standar untuk produk plastik yang dijual di Amerika, Kanada bahkan untuk di Indonesia sendiri sudah lazim digunakan (Marpaung, 2009).

Simbol	Karakteristik dan Contoh
	Polyethylene Terephthalate (PET, PETE) PET transparan, jernih, dan kuat. Biasanya dipergunakan sebagai botol minuman tetapi tidak untuk air hangat atau panas. Serpihan dan pelet PET yang

	didaur ulang dapat digunakan untuk membuat serat benang karpet, <i>fiberfill</i> dan <i>geotextile</i>. Jenis ini biasa disebut dengan Polyester.
	High Density Polyethylene (HDPE) HDPE digunakan untuk membuat berbagai macam tipe botol yang tidak diberi pigmen, bersifat tembus cahaya, kaku dan cocok untuk mengemas produk yang memiliki umur pendek. Karena HDPE memiliki ketahanan kimiawi yang bagus, plastik tipe ini dapat digunakan untuk mengemas deterjen. Hasil daur ulangnya dapat digunakan sebagai kemasan produk non-pangan seperti shampo, kondisioner, pipa, ember, dll.
	Polyvinyl Chloride (PVC) Memiliki karakter fisik yang stabil dan tahan terhadap bahan kimia, pengaruh cuaca, aliran, dan sifat elektrik. Bahan ini paling sulit untuk didaur ulang dan biasa digunakan untuk pipa dan konstruksi bangunan.
	Low Density Polyethylene (LDPE) Biasa dipakai untuk tempat makanan dan botol-botol yang lembek (madu, <i>mustard</i>). Barang-barang dengan kode ini dapat di daur ulang dan baik untuk barang-barang yang memerlukan

	fleksibilitas tetapi kuat. Barang dengan kode ini bisa dibuang tidak dapat di hancurkan tetapi tetap baik untuk tempat makanan.
	Polypropylene (PP) PP memiliki daya tahan yang baik terhadap bahan kimia, kuat, dan memiliki titik leleh yang tinggi sehingga cocok untuk produk yang berhubungan dengan makanan dan minuman seperti tempat menyimpan makanan, botol minum, tempat obat dan botol minum untuk bayi. Biasanya didaur ulang menjadi <i>casing</i> baterai, sapu, sikat, dll.
	Polystyrene (PS) PS biasa dipakai sebagai bahan tempat makan <i>styrofoam</i>, tempat minum sekali pakai, tempat CD, karton tempat telur, dll. Pemakaian bahan ini sangat dihindari untuk mengemas makanan karena bahan <i>styrene</i> berbahaya untuk otak dan sistem syaraf manusia.
	Other Plastik yang menggunakan kode ini terbuat dari resin yang tidak termasuk enam golongan yang lainnya, atau terbuat dari lebih dari satu jenis resin dan digunakan dalam kombinasi <i>multi-layer</i>.

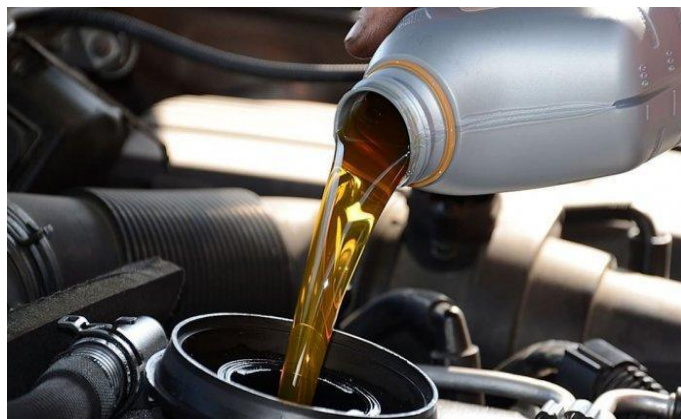
Tabel 2. 1 Simbol-simbol Plastik (Pravitasari,2009)

Limbah plastik yang digunakan sebagai bahan baku paving block yaitu Low Density Polyethylene (LDPE). Viskositas dari plastik LDPE dengan kondisi cair

dan pada suhu 250°C adalah 3,6 N.s/m² (Iswadi et al., 2017). Plastik jenis ini banyak terdapat pada lingkungan sekitar dan banyak digunakan sebagai wadah pembungkus makanan pada umumnya.

2.1.2 Oli Bekas

Oli atau Pelumas adalah zat kimia yang berupa cairan, yang digunakan untuk mengurangi gesekan antara dua permukaan benda yang bergerak. Zat ini merupakan hasil destilasi minyak bumi yang memiliki suhu 105-135 derajat celcius. Pelumas berfungsi sebagai lapisan pelindung yang memisahkan dua permukaan yang berhubungan. Umumnya pelumas terdiri dari 90% minyak dasar dan 10% zat tambahan. Contoh penggunaan pelumas paling utama adalah oli yang dipakai pada mesin dengan kinerja pembakaran dalam. Fungsi utamanya adalah untuk melumasi dan mengurangi gesekan, meningkatkan efisiensi dan mengurangi keausan mesin, sebagai pendingin mesin dari panas yang timbul akibat gesekan.



Gambar 2.2 Oli

Kode pengenalan untuk oli adalah SAE (Society of Automotive Engineers), suatu asosiasi yang mengatur tentang standarisasi di berbagai bidang seperti bidang desain teknik, manufaktur, dll. Parameter ini biasanya sudah tercantum pada masing-masing kemasan oli, sebagai contoh SAE 40 atau SAE 10W-50, semakin besar angka yang mengikuti kode oli menandakan semakin kentalnya oli tersebut. Angka yang mengikuti di belakangnya, menunjukkan tingkat kekentalan oli tersebut. Sedangkan huruf W (Winter). Contoh : SAE 10W-50, berarti pelumas tersebut memiliki tingkat kekentalan SAE 10 untuk kondisi temperatur suhu dingin dan SAE 50 pada kondisi temperatur suhu panas (Nugroho dan Sunarno, 2012).

2.1.3 Floating Breakwater

Floating breakwater adalah bangunan pemecah gelombang terapung yang ditambatkan ke dasar laut dengan menggunakan kabel atau rantai. Sebuah breakwater terapung yang ditambat harus benar-benar dirancang dalam rangka untuk memastikan pengurangan efektif energi yang di transmisikan oleh energi gelombang dan mooring yang digunakan harus dapat menjaga struktur ini tetap berada pada posisi mengingat karena floating breakwater merupakan struktur terapung yang rentan berpindah posisi. Penggunaan floating breakwater dengan sistem mooring harus memperhatikan beberapa aspek yang penting diantaranya tidak adanya kegagalan pada tali mooring dan tidak adanya kegagalan pada floaters itu sendiri dan interkoneksi antara mooring dan floaters. Jenis-jenis pemecah gelombang terapung yaitu : box, pontoon, mat dan tethered float, namun jenis yang paling umum digunakan adalah ponton persegi. Pemecah gelombang terapung (Floating Breakwater) hadir sebagai solusi alternatif yang dapat digunakan secara efektif pada gelombang yang besar, kondisi tanah dan lingkungan yang kurang baik, kedalaman laut yang cukup dalam, fenomena erosi serta pertimbangan estetika di perairan. Konstruksi floating breakwater biasanya dipasang sejajar atau tegak lurus pantai untuk menjaga kondisi yang tetap stabil di pelabuhan. Sebagian besar konstruksi floating breakwater tergantung pada pendekatan gelombang dan mempertimbangkan beberapa parameter lingkungan lainnya. Hubungan draft dan lebar adalah faktor yang 6 paling penting yang menentukan kinerja floating breakwater (Fousert, 2006). Menurut PIANC (1994), floating breakwater dapat dibagi secara skematis menjadi dua, yaitu:

1. Reflective structures

Berfungsi merefleksikan gelombang yang terjadi, sehingga energi gelombang yang melewati floating breakwater menjadi kecil.

2. Dissipative structure

Dimana besarnya energi gelombang yang terjadi dihancurkan dengan gesekan, turbulensi, dan lain-lain,

Sedangkan menurut (Morey 1998), klasifikasi floating breakwater terbagi menjadi:

1. Refleksi

Refleksi pada pemecah gelombang memanfaatkan permukaan vertikal ataupun permukaan miring pada struktur untuk merefleksikan energi gelombang datang yang akan dipantulkan kembali ke laut. Efisiensi merupakan hal paling sensitif terhadap peristiwa tinggi dan periode gelombang, kedalaman dan sudut permukaan yang direfleksikan dan stabilitas struktur secara keseluruhan.

2. Transformasi

Transformasi pemecah gelombang merubah peristiwa energi gelombang melalui respon gerak menjadi sederetan gelombang sekunder dari berbagai ketinggian dan periode. Efisiensi tertinggi terjadi pada saat pancaran sederetan gelombang sekunder keluar dari fase yang menyertai gelombang. Redaman dipengaruhi oleh massa, periode alami gerak, dan lebar struktur untuk panjang gelombang (WCHL, 1981). Derajat pembatasan yang diberikan oleh sistem penahan tidak sekrusial untuk menunjukkan kinerja seperti pemecah gelombang reflektif (EDCL, 1991). Konsep dikelompokkan dalam metode redaman ini termasuk rakit Caissons dan Log / bundel.

3. Dissipative

Pemecah gelombang disipatif merubah energi gelombang menjadi panas, suara, turbulensi maupun gesekan dengan memecah gelombang pada permukaan miring maupun berlawanan dengan member struktural. Efisiensi diatur terutama melalui geometri dan kekangan mooring (WCHL, 1981). Hal ini telah digunakan terbatas dalam meredam gelombang dengan bermacam-macam tinggi signifikan tetapi telah digunakan secara ekstensif dalam meredam angin hasil perambatan (EDCL, 1991). Sistem yang termasuk dalam klasifikasi ini adalah scrap tires, Tethered Float, Fleksibel Membran, dan Turbulensi Generator.

4. Hybrid

Ketiga mekanisme redaman gelombang (refleksi, transformasi, dan disipasi) adalah untuk penyatuan beberapa derajat ke dalam setiap floating breakwater. Beberapa sistem sangat bergantung pada kombinasi ini. Pemecah gelombang ini adalah hibrida, menerapkan mekanisme peredaman gelombang secara bersamaan dan / maupun secara berturut-turut untuk menjadi efektif. Sistem floating breakwater yang paling umum digunakan dalam sistem hybrid termasuk Sloping Float, Screen Reflector, dan Centerboard caisson.



Gambar 2.3 *Floating Breakwater*

2.1.3.1 *Keuntungan dan Kerugian Floating Breakwater*

Suatu desain penahan gelombang akan memiliki dampak keuntungan dan kerugian yang diakibatkan, walaupun banyak penelitian menyatakan floating breakwater memiliki banyak segi positif, namun floating breakwater juga memiliki kekurangan ataupun kerugian yang juga harus dipertimbangkan. Keuntungan floating breakwater diantaranya adalah:

1. Floating breakwater lebih murah dibandingkan dengan fixed breakwater untuk laut dalam.
2. Floating breakwater bisa lebih layak dalam kondisi tanah yang buruk dari fixed breakwater.
3. Floating breakwater dapat mereduksi gelombang yang tinggi (kurang dari 6.5 ft).
4. Floating breakwater dapat dengan mudah dipindahkan dan dimodifikasi, dapat digunakan kembali serta transportasi dan fleksibilitas yang efektif dalam desain.
5. Jika formasi es menimbulkan masalah, floating breakwater dapat dipindahkan dari lokasi.
6. Floating breakwater dapat memiliki nilai estetika dibandingkan fixed breakwater.

Kerugian dari penggunaan floating breakwater antara lain:

1. Floating breakwater memiliki keterbatasan dalam meredam gelombang tinggi dengan rentang frekuensi yang terbatas.
2. Floating breakwater tidak terlalu efektif dalam mengurangi tinggi gelombang untuk gelombang kecil dibandingkan fixed breakwater.
3. Floating breakwater mudah mengalami kegagalan struktural selama mengalami kondisi badai.

4. Jika strukturnya gagal dan dalam keadaan masih terikat dengan mooringnya, maka floating breakwater mungkin akan menimbulkan suatu bahaya.
5. Jika dibandingkan dengan breakwater pada umumnya, floating breakwater lebih membutuhkan biaya pemeliharaan yang besar.

2.1.4 Heater



Gambar 2.4 Heater

Heater merupakan salah satu jenis pemanas yang memanfaatkan arus listrik sebagai input daya untuk menghasilkan listrik. Arus listrik yang dihasilkan kebanyakan merupakan arus bolak balik (AC) karena daya yang dibutuhkan cukup besar untuk menaikkan suhu pada heater tersebut. Karena kebutuhan daya yang cukup besar maka pemakaian listrik juga akan meningkat sehingga konsumsi dan biaya akan cukup besar dikeluarkan, pada penelitian ini penulis akan melakukan suatu rancangan dan membuat suatu bentuk pemanas air dengan menggunakan Arduino pro mini untuk menghasilkan daya yang kecil yang dimanfaatkan untuk memanaskan heater tersebut. Nilai tegangan dan arus masukan, dan bentuk benda yang akan dipanaskan. Masing-masing faktor tersebut memiliki pengaruh terhadap karakteristik panas yang dihasilkan. Dengan menggunakan microcontroller dan elektronika daya, faktor-faktor tersebut dapat diubah nilainya sehingga memungkinkan untuk pengujian karakteristik panas

2.1.5 Nozzle Heater



Gambar 2.5 Nozzle Heater

Nozzle Heater adalah satu komponen printer tiga dimensi (3D) yang berfungsi untuk melelehkan filament agar dapat memudahkan membentuk suatu produk atau objek, nozzle heater bekerja dengan cara mengerol filament yang masih berbentuk padat dan pada saat pengerolan maka suhu pada heater nozzle akan meningkat dan akhirnya akan melelehkan filament yang padat. Electrical heating element (Elemen pemanas) merupakan material yang akan mengalami peningkatan suhu dari rendah ke tinggi dengan memberikan aliran listrik padanya. Material yang sering digunakan pada umumnya seperti jenis berbahan kawat ataupun berbahan keramik dengan ketahanan listrik tinggi (Resistance Wire). kawat nichrome/niklin yang dibentuk menyerupai spiral (Sulayman, Donny, 2015).

2.1.5.1 Komponen Utama Nozzle Heater:

1. Elemen Pemanas (Heating Element): Elemen pemanas yang digunakan pada nozzle heater biasanya terbuat dari bahan konduktif seperti kawat nikel-krom atau bahan lainnya yang memiliki konduktivitas termal yang baik. Elemen ini menghasilkan panas ketika arus listrik mengalir melaluinya
2. Kabel Pemanas (Heating Cable): Kabel ini menghubungkan elemen pemanas ke sumber daya dan komponen pengatur suhu. Kabel pemanas harus tahan panas dan tahan lama.
3. Thermistor atau Termokopel: Komponen ini digunakan untuk memantau suhu pada nozzle. Sensor ini mengirimkan data suhu ke pengontrol suhu untuk menyesuaikan arus listrik yang diterima oleh elemen pemanas, menjaga suhu tetap dalam rentang yang diinginkan,

4. Isolasi Termal: Bagian dari nozzle heater sering dilengkapi dengan bahan isolasi termal untuk mencegah kehilangan panas yang berlebihan dan untuk melindungi bagian lain dari mesin dari panas berlebih. Isolasi ini juga membantu meningkatkan efisiensi pemanasan.

5. Termal Paste atau Thermal Pad: Untuk meningkatkan konduktivitas panas antara elemen pemanas dan nozzle, kadang-kadang digunakan pasta termal atau bantalan termal.

2.1.5.2 Cara Kerja Nozzle Heater:

1. Pemanasan Elemen Pemanas: Ketika arus listrik mengalir melalui elemen pemanas (seperti kawat nikel-krom), resistansi elemen menghasilkan panas. Pemanasan ini kemudian ditransfer ke nozzle dan blok pemanas yang terpasang di sekitarnya.

2. Kontrol Suhu: Thermistor atau sensor suhu yang terpasang pada nozzle memantau suhu yang ada dan memberikan sinyal ke pengontrol suhu. Pengontrol ini mengatur aliran listrik ke elemen pemanas untuk menyesuaikan suhu agar tetap pada level yang diinginkan.

3. Stabilisasi Suhu: Setelah suhu mencapai nilai yang diinginkan, pengontrol suhu akan mengurangi aliran listrik ke elemen pemanas, mencegah suhu menjadi terlalu tinggi. Sebaliknya, jika suhu turun, pengontrol akan meningkatkan aliran listrik untuk mempertahankan suhu.

2.1.5.3 Keuntungan Menggunakan Nozzle Heater:

1. Pemanasan Cepat: Nozzle heater memungkinkan pemanasan cepat pada nozzle, mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu yang diperlukan

2. Kualitas Cetakan yang Konsisten: Dengan suhu yang terkontrol dengan baik, nozzle heater membantu memastikan kualitas cetakan yang stabil dan konsisten selama proses pencetakan atau ekstrusi.

3. Efisiensi Energi: Beberapa jenis nozzle heater dilengkapi dengan fitur kontrol suhu yang efisien, yang mengurangi konsumsi daya dan menghindari pemborosan energi.

4. Meningkatkan Umur Mesin: Nozzle heater membantu mencegah overheating pada komponen mesin lainnya, memperpanjang umur mesin dan mengurangi risiko kerusakan.

2.1.6 Tubular Heater Spiral



Gambar 2.6 *Tubular Heater Spiral*

Tubular heater spiral (atau sering disebut finned tube heater jika bersayap, atau cukup spiral tubular heater) adalah jenis elemen pemanas listrik berbentuk tabung yang ditekuk atau digulung menyerupai spiral/koil. Tujuan utama dibentuk spiral adalah untuk memaksimalkan luas permukaan pemanas dalam ruang yang terbatas, sehingga proses transfer panas ke medium di sekitarnya (udara, cairan, atau permukaan logam) menjadi jauh lebih cepat dan efisien.

2.1.6.1 Struktur dan Cara Kerja Tubular Heater Spiral

Di dalam tabung metalik tersebut, terdapat kawat resistansi (biasanya Nichrome) yang dikelilingi oleh isolator berupa bubuk Magnesium Oksida (MgO) padat. Bubuk ini berfungsi untuk menghantarkan panas dengan sangat baik sekaligus mencegah arus listrik bocor ke tabung luar. Ketika arus listrik mengalir, kawat di dalam memanaskan, mengirimkan panasnya ke tabung luar, dan bentuk spiralnya menyebarkan panas tersebut secara merata.

2.1.6.2 Jenis Utama dan Kegunaannya Tubular Heater Spiral

Secara umum, ada dua variasi bentuk spiral yang sering ditemui di industri:

1. Spiral Melingkar (Koil/Frying Heater):

- Bentuk: Tabung ditekuk melingkar datar atau spiral meninggi seperti per.
- Aplikasi: Sering digunakan untuk memanaskan cairan (alkohol, minyak, air) dalam tangki, mesin deep fryer, atau sebagai elemen pemanas pada kompor listrik dan oven.

2. Spiral Bersayap (Finned Spiral):

- Bentuk: Tabung lurus atau U yang dililit plat tipis (sirip) sepanjang tabungnya sehingga membentuk pola spiral di permukaannya.
- Aplikasi: Khusus untuk memanaskan udara bergerak. Sering dipasang pada sistem HVAC, duct heating, ruang pengering (dryer room), dan load bank. Sirip spiral ini membuat udara yang lewat menangkap panas jauh lebih maksimal.

2.1.6.3 Kelebihan Utama Tubular Heater Spiral:

1. Efisiensi Ruang: Memberikan daya (wattage) yang besar meski ditempatkan di area yang sempit.
2. Distribusi Panas Merata: Bentuk spiral meminimalisir adanya hot spot (titik panas berlebih di satu sisi saja).
3. Daya Tahan Tinggi: Karena strukturnya terlindungi oleh tabung logam (biasanya stainless steel atau incoloy), alat ini tahan terhadap guncangan mekanis dan korosi.

2.1.7 Thermocouple



Gambar 2.7 Thermocouple

Thermocouple merupakan sensor suhu yang mengubah perbedaan suhu menjadi perubahan tegangan, hal ini disebabkan oleh perbedaan kerapatan yang dimiliki oleh masing-masing logam yang bergantung pada massa jenis logam. Sama halnya dengan sensor pada umumnya yang dapat digunakan sebagai input pada sebuah system kendali, sensor termokopel selain dapat membaca perubahan suhu juga dapat berperan sebagai input analog pada sebuah system kendali. Di dalam dunia industri, penggunaan sensor termokopel sering dijumpai pada sistem yang mengharuskan suhu tertentu mengaktifkan output atau dengan kata lain pada saat parameter suhu dijadikan sebagai input analog.

2.1.8 Thermocontrol dan Kabel Tahan Panas



Gambar 2.8 Thermocontrol dan Kabel Tahan Panas

Thermo Controller adalah sistem otomatisasi yang dapat berfungsi dengan memanfaatkan bantuan berbagai macam sensor sebagai input, seperti sensor gerak, sensor suhu, sensor kecepatan dan masih banyak lagi, yang selanjutnya akan di proses oleh control unit untuk memberikan perintah kepada sistem selanjutnya. Sebagai contoh suatu ruangan yang memiliki pendingin udara harus dapat menghemat biaya penggunaan listrik, dengan menggunakan temperature control kita dapat membuat pendingin ruangan tersebut dapat menyala dan mati sesuai waktu yang telah kita tentukan.

Kabel ini digunakan dalam berbagai industri dengan berbagai aplikasi berat. Misalnya, kabel suhu tinggi sering digunakan dalam teknologi metalurgi, baja, dan rolling mill, serta dalam pengolahan semen, kaca, dan keramik. Kabel suhu rendah biasanya digunakan dalam teknologi pendingin dan penyejuk udara atau di area lepas pantai. Tidak peduli apakah kabel panas atau dingin, fungsi dan keandalan kabel harus tetap sama seperti pada suhu normal. Bisa dipakai untuk suhu sampai 300 derajat celcius.

2.1.9 Filter Udara



Gambar 2.9 Filter Udara

Selama proses peleburan, plastik dapat menghasilkan partikel padat seperti debu, sisa material plastik yang terbakar, dan abu. Filter udara bertugas menyaring partikel-partikel ini agar tidak terlepas ke udara bebas. Fungsi filter udara pada proses peleburan plastik adalah untuk menyaring dan mengurangi emisi polutan yang dihasilkan selama proses peleburan.

2.1.10 Plat 3 mm



Gambar 2.10 Plat 3 mm

Besi plat atau pelat adalah bahan baku plat yang berupa lembaran yang dalam pembuatannya digunakan sebagai bahan baku dalam membuat berbagai macam

perlatan dan perlengkapan dalam membuat kebutuhan industri seperti mesin, badan kendaraan alat transportasi, dan juga banyak digunakan sebagai bahan baku property salah satunya untuk pembuatan pagar besi. Bahan plat sendiri tentunya dapat terbuat dari berbagai jenis bahan. Jenis bahan plat atau pelat dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu, bahan pelat logam ferro dan non logam ferro. Banyaknya jenis pekerjaan yang dilakukan membutuhkan beragam jenis alat bantu yang diperlukan. Sama halnya di bengkel industri rumahan / industri kecil, kebutuhan pekerja untuk membuat benda kerja dari konsumen tentunya membutuhkan mesin dalam proses pengerjaan.

Untuk membentuk sebuah komponen silinder tegak atau tabung dengan diameter lingkaran luar tertentu, panjang potongan pelat lurus mendatar yang dibutuhkan mengacu pada prinsip keliling lingkaran. Persamaan matematis untuk menentukan panjang bentangan plat silinder adalah sebagai berikut:

$$Lb = \pi \times d \dots\dots\dots(2.1)$$

Untuk mengetahui besaran volume pejal dari material plat pembentuk dinding tabung tersebut, nilai luas permukaan pelat dikalikan secara linear dengan parameter ketebalan plat standar yang digunakan. Rumus volume material plat:

$$V = A \times t \dots\dots\dots(2.2)$$

Volume total dari material plat penyusun komponen tabung filter (gabungan dari selimut dan flange) diperoleh dengan menjumlahkan masing-masing volume elemen, di mana volume tiap elemen dihitung dengan mengalikan luas permukaan dengan ketebalan pelat. Rumus persamaannya adalah:

$$V_{total} = (A_{selimut} \times t) + (A_{flange} \times t) \dots\dots\dots(2.3)$$

$$V_{total} = V_{selimut} + V_{flange} \dots\dots\dots(2.4)$$

Untuk menentukan luasan bidang dari material pelat mentah yang berbentuk cakram atau piringan lingkaran utuh tanpa rongga tengah, persamaan geometris diturunkan sebagai berikut:

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

Untuk menentukan luas total lembaran pelat mentah yang dibutuhkan dalam pembuatan wadah berbentuk prisma segiempat atau balok tanpa tutup atas, digunakan akumulasi dari luas bidang alas dan keliling sisi dinding tegaknya. Persamaan teoritisnya dirumuskan sebagai berikut:

$$A_{total} = (p \times l) + 2(p \times t_w) + 2(l \times t_w) \dots \dots \dots (2.6)$$

Luas bidang alas (A_1):

$$A_1 = p \times l \dots \dots \dots (2.7)$$

Luas dua dinding memanjang (A_2):

$$A_2 = 2 (p \times t_w) \dots \dots \dots (2.8)$$

Luas dua dinding melebar (A_3):

$$A_3 = 2 (l \times t_w) \dots \dots \dots (2.9)$$

2.1.11 Besi Pipa

Besi Pipa merupakan salah satu material bangunan yang banyak diterapkan oleh para kontraktor untuk keperluan dalam membikin bangunan seperti rumah, perkantoran, rumah makan, dan masih banyak lagi. Pemilihan pipa yang akan diterapkan pada umumnya akan didasarkan pada keperluan pada masing-masing bangunan. Pipa yang dikala ini banyak diminati oleh masyarakat yaitu besi pipa karena dirasa lebih tahan lama dan lebih kuat.



Gambar 2.11 Besi Pipa

Sebagian besar bahan dasar pipa biasanya plastic namun baru-baru ini banyak pipa yang menerapkan bahan dasar besi. Material ini sekarang menjadi alternatif yang pas bagi masyarakat yang akan membangun sebuah bangunan. Pemilihan pipa juga biasanya didasarkan pada jenis instalasi pipa yang diperlukan. (Apriyanto 2007 dan Aryanti 2013 dalam Agustina Putri Serly ,2014).

Sementara itu, untuk menentukan luasan penampang pejal dari profil silinder berongga (seperti pipa penyalur fluida), rumus dicari melalui selisih kuadrat diameter luar terhadap diameter dalam rongga pipa, yang dituliskan sebagai berikut:

$$A_{pipa} = \frac{\pi}{4} \times (D_{luar}^2 - d_{dalam}^2) \dots \dots \dots (2.10)$$

2.1.12 Besi Siku

Besi siku (atau sering disebut dengan besi angle) adalah jenis bahan konstruksi yang memiliki bentuk penampang huruf "L" atau sudut siku. Besi siku banyak digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi dan industri, baik untuk rangka bangunan, pembuatan kerangka kendaraan, tiang pancang, hingga struktur penunjang lainnya.



Gambar 2.12 Besi Siku

Besi siku umumnya terbuat dari bahan baja karbon (carbon steel) atau baja paduan (alloy steel). Baja karbon memberikan kekuatan tarik yang tinggi, sedangkan baja paduan dapat memberikan ketahanan terhadap korosi dan ketahanan suhu tinggi. Proses pembuatan besi siku dapat dilakukan dengan metode ekstrusi atau pengecoran baja, diikuti dengan proses pemotongan dan pembentukan sesuai ukuran yang diinginkan.

Berikut merupakan data teknis geometris dan berat nominal per satuan panjang untuk profil besi siku baja karbon dengan ketebalan standar komersial yang umum diaplikasikan pada struktur mekanis ringan hingga medium:

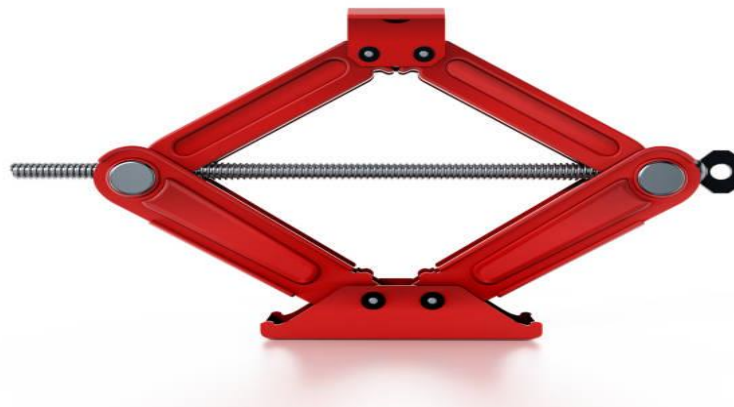
Dimensi Penampang (bxb) (mm)	Ketebalan (t) (mm)	Panjang Standar Komersial (m)	Berat Nominal Permeter (Wn) (kg/m)	Total Berat Perbatang (6m) (kg)
20 x 20	3	6	0,88	5,28
25 x 25	3	6	1,12	6,72
30 x 30	3	6	1,36	8,16

35 x 35	3	6	1,51	9,06
40 x 40	3	6	1,84	11,04
40 x 40	4	6	2,42	14,52
50 x 50	4	6	3,06	18,36
50 x 50	5	6	3,77	22,62

Tabel 2. 2 Spesifikasi Dimensi dan Berat Nominal Besi Siku Sama Sisi (*Equal Angle Bar*)

Sumber Informasi Referensi: Katalog Standar Produk Baja Konstruksi PT. Gunung Garuda / Standar Nasional Indonesia (SNI 07-2054-2006).

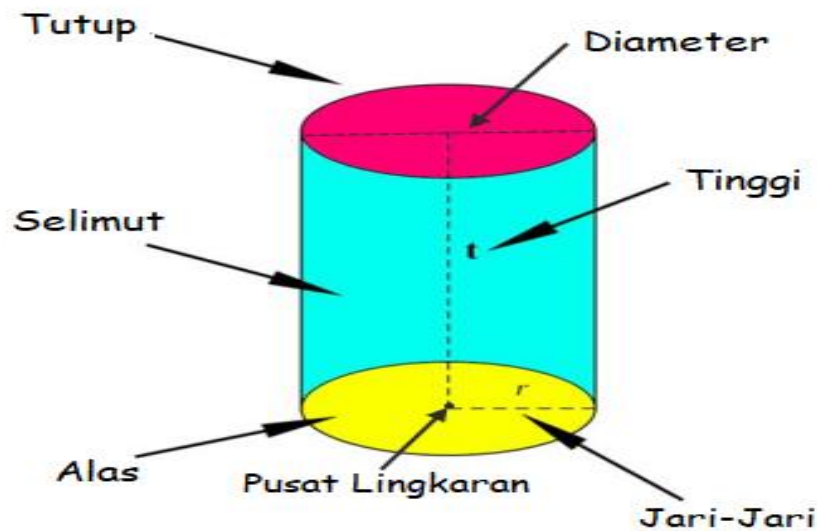
2.1.13 Jack Screw



Gambar 2.13 Jack Screw

Dongkrak ulir mekanis merupakan salah satu jenis alat angkat yang dibuat dari plat baja, dimana pengangkatan beban digerakkan dengan sebuah batang berulir. Dongkrak ulir mekanis dapat dilipat dan dapat digunakan untuk mengangkat beban hingga 1-6 ton. Tinggi angkat dongkrak ulir mekanis ditentukan oleh panjang lengan baja atau panjang pelat baja dan batang ulir yang digerakkan secara mekanis oleh operator ketika akan digunakan untuk mengangkat kendaraan. Pengoperasian dan perawatan yang sangat sederhana, merupakan salah satu keuntungan penggunaan dongkrak ulir mekanis. Sedangkan kekurangannya tidak dapat digunakan untuk kendaraan-kendaraan berat.

2.1.14 Tabung



Gambar 2.14 Tabung

Tabung adalah sebuah bangun ruang tiga dimensi yang memiliki dua sisi yang berbentuk lingkaran dan satu sisi lengkung yang menghubungkan kedua lingkaran tersebut. Tabung dapat dikatakan sebagai limas yang alasnya berbentuk lingkaran dan tinggi tabung adalah jarak antara kedua lingkaran tersebut. Tabung memiliki dua bagian utama, yaitu:

1. Alas: Dua lingkaran yang identik dan terletak pada sisi atas dan bawah tabung.
2. Selimut: Permukaan melengkung yang menghubungkan kedua lingkaran alas. Tabung memiliki dua dimensi utama:
 - Jari-jari (r): Jari-jari lingkaran alas tabung.
 - Tinggi (t): Jarak antara dua lingkaran alas tabung (atau tinggi tabung).

Luas permukaan dari lembaran plat baja yang membentuk dinding selimut tabung dihitung menggunakan pendekatan luas persegi panjang, di mana panjang bentangan pelat dikalikan dengan tinggi vertikal tabung. Rumusnya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$A = Lb \times h \dots \dots \dots (2.11)$$

Berikut adalah nilai kerapatan massa jenis material berdasarkan standar pengujian material internasional yang umum dijadikan acuan dalam kalkulasi berat struktur:

No	Nama Material Logam	Kecepatan / Massa Jenis (ρ) (g/cm ³)	Kerapatan Massa Jenis (ρ) (kg/m ³)
1	Baja Karbon (Carbon Steel / Besi Komersial)	7,85	7.850
2	Besi Tuang / Cor (Cast Iron)	7,20	7.200
3	Baja Tahan Karat (Stainless Steel – Tipe 304/316)	8,00	8.000
4	Aluminium Murni (Aluminium)	2,70	2.700
5	Tembaga (Copper)	8,94	8.940
6	Kuningan (Brass)	8,40	8.400

Tabel 2. 3 Nilai Massa Jenis (*Density*) Berbagai Jenis Material Logam Teknik

Sumber Informasi Referensi: ASM International (American Society for Metals) - Metals Handbook Vol. 1: Properties and Selection: Irons, Steels, and High-Performance Alloys.

Estimasi bobot mati atau massa bersih dari silinder plat dihitung dengan mengorelasikan volume total material terpaksa dengan massa jenis (density) dari karakteristik logam tersebut (misalnya baja karbon standar). Persamaan umum massa densitas dirumuskan sebagai berikut:

$$M_t = V \times \rho \dots \dots \dots (2.12)$$

Untuk mencari Massa total:

$$M_c = M_{selimut} + M_{flange} \dots \dots \dots (2.13)$$

Pada bagian ujung tabung filter, sambungan mekanis umumnya diperkuat dengan komponen penumpu berupa piringan melingkar atau flange. Luas bersih dari piringan berbentuk cincin ini dihitung dengan mencari selisih antara luasan penampang lingkaran luar penuh terhadap luasan lubang silinder bagian dalam. Rumus luas bidang flange melingkar (ring shape area) persamaannya dirumuskan sebagai berikut:

$$A_{flange} = \frac{\pi}{4} \times (D^2_{luar} - D^2_{dalam}) \dots \dots \dots (2.14)$$

2.1.15 Pengerollan Plat

Teknik pengerolan (rolling) dilakukan terhadap bahan setengah jadi (ingot, billet, dan lainnya.) agar terbentuk plat atau produk baja lain. Pada teknik rolling diterapkan gaya deformasi yang akan mengubah bentuk bahan khususnya mengurangi ketebalan dengan cara melewatkannya di antara sepasang rol atau lebih yang berputar pada kecepatan sama tetapi dengan arah yang berbeda. Putaran rol akan menekan sekaligus menarik bahan sehingga diperoleh plat atau bentuk lain dengan ketebalan tertentu.



Gambar 2.15 Pengerollan Plat

Ada dua macam teknik pengerolan, yaitu hot rolling (canai panas) dan cold rolling (canai dingin). Perbedaan mendasar dari kedua proses ini adalah dalam hal penggunaan suhu panasnya. Perbedaan tersebut memengaruhi karakteristik produk yang dihasilkan terkait tampilan fisik, kekuatan, harga produk, dan lainnya.

2.1.16 Pemotongan Plat

Pemotongan plat adalah proses teknik yang digunakan untuk memisahkan atau mengurangi benda padat, seperti plat logam, menjadi dua bagian atau lebih. Proses ini dilakukan dengan menerapkan gaya yang terarah melalui area permukaan yang kecil, sehingga memungkinkan pemotongan yang akurat dan efisien. Proses pemotongan plat sering digunakan dalam berbagai industri, seperti industri otomotif, konstruksi, pembuatan mesin, dan lain-lain, untuk menghasilkan komponen-komponen yang lebih kecil dari plat logam berukuran besar.



Gambar 2.16 Pemotongan Plat

Pemotongan plat sangat penting dalam industri manufaktur, konstruksi, dan pengolahan logam. Proses ini memungkinkan pembuatan komponen yang diperlukan dalam berbagai aplikasi, mulai dari struktur bangunan hingga bagian mesin. Dengan menggunakan teknik pemotongan yang tepat, hasil potong dapat mencapai toleransi yang diinginkan, meningkatkan kualitas produk akhir. Secara keseluruhan, pemotongan plat adalah langkah awal yang krusial dalam proses fabrikasi logam yang lebih kompleks.

2.1.17 Pengeboran Plat

Pengeboran plat adalah proses teknik yang bertujuan untuk membuat lubang pada material plat, terutama logam, dengan menggunakan alat pemotong yang disebut mata bor. Proses ini penting dalam berbagai aplikasi industri, termasuk pembuatan komponen mesin, struktur bangunan, dan produk-produk teknik lainnya. Mata bor adalah komponen utama dalam pengeboran yang berfungsi untuk menghancurkan dan menggerus material. Terdapat berbagai jenis mata bor, termasuk twist drill, flat drill, dan pahat bor khusus yang dirancang untuk jenis material tertentu.



Gambar 2.17 Pengeboran Plat

Pengeboran plat banyak digunakan dalam berbagai industri seperti konstruksi, otomotif, dan manufaktur. Proses ini memungkinkan pembuatan komponen dengan presisi tinggi yang diperlukan dalam perakitan mesin dan struktur. Dengan memahami dasar teori pengeboran plat, para insinyur dan teknisi dapat merencanakan dan melaksanakan operasi pengeboran yang lebih efisien dan efektif sesuai dengan kebutuhan spesifik proyek mereka.

Diameter Mata Bor (mm)	Pemakanan Dalam Satu Kali Putaran (mm)
-3	0,025 – 0,05
3 – 6	0,050 – 0,1
6 – 12	0,1 – 0,175
12 – 25	0,175 – 0,375
25 dan seterusnya	0,375 – 0,675

Tabel 2. 4 Pemakanan Dalam Satu Kali Putaran Berdasarkan Diameter Mata Bor

2.1.18 Pengelasan

Pengelasan merupakan salah satu bagian yang tidak terpisah dari proses manufaktur. Proses pengelasan (welding) merupakan salah satu teknik penyambungan logam dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan sehingga menghasilkan sambungan yang kontinyu. Sedang definisi menurut Deutsche Industrie and Normen (DIN), las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan melting atau cair (Wiryo Sumarto, 1996).



Gambar 2.18 Pengelasan

Proses pengelasan memerlukan panas untuk meleburkan atau mencairkan logam dasar dan bahan pengisi agar terjadi aliran bahan atau peleburan. Energi pembangkit panas dapat dibedakan menurut sumbernya yaitu listrik, kimiawi, mekanis, dan bahan semikonduktor. Proses pengelasan yang paling umum, terutama untuk mengelas baja, yaitu memakai energi listrik sebagai sumber panas dan yang paling banyak digunakan adalah busur nyala (listrik). Busur nyala adalah pancaran arus listrik yang relatif besar antara elektroda dan logam dasar yang dialirkan melalui kolom gas ion hasil pemanasan.

2.1.19 Multimeter Fluke



Gambar 2.19 Multimeter *Fluke*

Multimeter Fluke adalah instrumen pengujian elektronik standar industri yang digunakan untuk mengukur berbagai parameter kelistrikan secara digital, seperti tegangan (voltase), arus listrik (amperase), dan hambatan (resistansi). Alat

ukur ini dikenal luas dalam dunia rekayasa karena tingkat akurasi dan presisinya yang tinggi, serta dilengkapi dengan fitur keselamatan kerja yang ketat untuk melindungi pengguna dari risiko lonjakan arus. Selain fungsi dasar tersebut, perangkat ini umumnya memiliki kemampuan mengukur frekuensi, kapasitansi, suhu, hingga pengujian dioda, yang semuanya terintegrasi dalam satu sistem portabel yang tahan terhadap kondisi lingkungan kerja yang ekstrem.

2.1.20 *Multimeter Clamp*



Gambar 2.20 Multimeter clamp

Multimeter clamp adalah instrumen pengukur portabel yang dirancang khusus untuk mengukur arus listrik tanpa harus memutus atau membuka sirkuit kabel yang sedang dialiri arus. Pengukuran dilakukan dengan memanfaatkan rahang jepit (clamp) terintegrasi yang bekerja berdasarkan prinsip induksi magnetik atau efek Hall untuk mendeteksi medan magnet di sekitar konduktor. Selain keunggulan utama dalam efisiensi dan keselamatan kerja karena meminimalkan kontak langsung dengan jalur bertegangan tinggi, perangkat ini juga dilengkapi dengan fungsi standar multimeter seperti pengukuran tegangan, hambatan, kontinuitas, serta teknologi True RMS untuk menjamin akurasi pembacaan pada arus AC yang terdistorsi.

2.1.21 *Teori Perhitungan Kebutuhan Estimasi Massa Struktur*

Pada perancangan struktur mekanis mesin, kalkulasi kebutuhan panjang material dan estimasi massa total komponen merupakan langkah kritis. Perhitungan ini berfungsi untuk menentukan efisiensi biaya produksi (cost estimation), kebutuhan logistik bahan baku, serta menyediakan data dasar bobot

mati struktur untuk analisis beban mekanika lanjutan. Adapun beberapa rumus yang terkait sebagai berikut:

1. Rumus Kebutuhan Panjang Material Baku

Untuk menentukan total panjang material bersih yang terpasang pada konstruksi, dilakukan akumulasi dari seluruh panjang komponen linier yang membentuk geometri struktur tersebut. Persamaan linier akumulasi panjang bersih dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$L_{total} = \sum_{i=1}^n (l_i \times k_i) \dots \dots \dots (2.15)$$

Atau bisa menggunakan rumus:

$$L_{total} = (l_v \times n_v) + (l_h \times n_h) + (l_t \times n_t) \dots \dots \dots (2.16)$$

Selanjutnya, guna mengantisipasi penyusutan material akibat proses pemotongan (cutting allowance) oleh mata bilah abrasif serta sisa buangan produksi (scrap waste), diterapkan faktor toleransi kehilangan material (allowance waste factor). Rumus perhitungan total bahan baku yang wajib disediakan adalah:

$$L_{kebutuhan} = L_{total} \times (1 + f_w) \dots \dots \dots (2.17)$$

2. Rumus Estimasi Massa Struktur Rangka

Perhitungan estimasi massa total dilakukan secara analitis dengan mengorelasikan panjang total seluruh elemen struktur terpasang dengan nilai berat nominal per satuan panjang dari profil material yang digunakan (berdasarkan standar manufaktur atau tabel baja/besi). Persamaan teoritis untuk menghitung massa total rangka adalah sebagai berikut:

$$M = L_{total} \times W_n \dots \dots \dots (2.18)$$

2.1.22 ISO 2768-1

Dalam proses manufaktur komponen mesin, baik melalui metode pemotongan mekanis (machining), pemotongan termal (CNC plasma cutting), maupun pembentukan lembaran pelat (sheet metal working), penyimpangan dimensi (deviasi) akibat karakteristik mesin dan faktor manusia tidak dapat dihindari sepenuhnya. Oleh karena itu, diperlukan sebuah acuan batas penyimpangan yang diizinkan agar komponen-komponen yang berpasangan tetap dapat dirakit dengan baik (interchangeable).

Standar Internasional ISO 2768-1 (1989) mengatur tentang toleransi umum untuk dimensi linier dan sudut tanpa adanya indikasi toleransi individu pada gambar teknik. Standar ini membagi tingkat ketelitian fabrikasi menjadi 4 kelas kualifikasi, yaitu:

- f (fine/halus)
- m (medium/sedang)
- c (coarse/kasar)
- v (very coarse/sangat kasar)

Pada perancangan dan fabrikasi perlengkapan permesinan berskala semi-industri serta pengerjaan konstruksi plat, kelas toleransi yang paling ideal dan umum digunakan sebagai acuan kelayakan adalah Kelas m (Medium). Nilai penyimpangan izin untuk dimensi linier seperti diameter luar, diameter dalam, panjang, lebar, dan tinggi ditentukan berdasarkan rentang nominal ukuran dasar komponen seperti yang tertera pada Tabel 2.5 di bawah ini:

Rentang Ukuran Nominal (mm)	Kelas f (fine) (mm)	Kelas m (medium) (mm)	Kelas c (coarse) (mm)	Kelas v very coarse) (mm)
0,5 s.d. 3	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	-
Diatas 3 s.d. 6	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$
Diatas 6 s.d. 30	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$
Diatas 30 s.d. 120	$\pm 0,15$	$\pm 0,3$	$\pm 0,8$	$\pm 1,5$
Diatas 120 s.d. 400	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,2$	$\pm 2,5$
Diatas 400 s.d. 1000	$\pm 0,3$	$\pm 0,8$	$\pm 2,0$	$\pm 4,0$
Diatas 1000 s.d. 2000	$\pm 0,5$	$\pm 1,2$	$\pm 3,0$	$\pm 6,0$
Diatas 2000 s.d.	$\pm 0,8$	$\pm 2,0$	$\pm 4,0$	$\pm 8,0$

4000				
------	--	--	--	--

Tabel 2. 5 Nilai Toleransi Dimensi Linier untuk ISO 2768-1

Penerapan kaidah metrologi industri ini berfungsi sebagai instrumen kendali mutu (quality control) untuk mengklasifikasikan apakah suatu produk hasil manufaktur berada pada status diterima (Accept) atau ditolak (Reject).

2.1.23 Teori Sistem Kelistrikan Mesin

Sistem kelistrikan pada mesin merupakan bagian yang berfungsi sebagai sumber energi utama untuk mengoperasikan komponen listrik, terutama elemen pemanas (heater). Energi listrik yang dikonsumsi oleh elemen pemanas akan dikonversi menjadi energi panas untuk melelehkan campuran limbah plastik LDPE dan oli bekas. Oleh karena itu, analisis konsumsi energi listrik diperlukan untuk mengetahui kebutuhan energi serta biaya operasional mesin.

a) Daya Listrik

Daya listrik merupakan laju penggunaan energi listrik dalam suatu rangkaian. Besarnya daya listrik dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$P = V \times I \dots \dots \dots (2.19)$$

b) Energi Listrik

Energi listrik adalah jumlah energi yang digunakan oleh suatu peralatan listrik selama waktu operasi tertentu. Energi listrik dihitung menggunakan persamaan:

$$E = P \times t \dots \dots \dots (2.20)$$

c) Konsumsi Energi Spesifik

Konsumsi energi spesifik (Specific Energy Consumption) merupakan besarnya energi listrik yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu kilogram produk. Konsumsi energi spesifik dapat dihitung dengan persamaan:

$$SEC = \frac{E}{m} \dots \dots \dots (2.21)$$

d) Energi Spesifik

Energi spesifik dalam satuan Joule per kilogram digunakan untuk mengetahui besarnya energi listrik yang dibutuhkan dalam menghasilkan satu kilogram produk. Energi Spesifik dapat dihitung

dengan persamaan:

$$SEC_j = \frac{E_j}{m} \dots \dots \dots (2.22)$$

e) Biaya Konsumsi Listrik

Biaya konsumsi listrik dihitung berdasarkan energi listrik yang digunakan selama proses produksi dikalikan dengan tarif listrik yang berlaku. Biaya konsumsi listrik dapat dihitung dengan persamaan:

$$C = E \times T \dots \dots \dots (2.23)$$

f) Biaya Listrik Spesifik

Biaya listrik spesifik merupakan biaya energi listrik yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu kilogram produk. Biaya listrik spesifik dapat dihitung dengan persamaan:

$$C_s = \frac{C}{m} \dots \dots \dots (2.24)$$

2.1.24 Massa Jenis Floating Breakwater

Massa jenis (density) merupakan salah satu sifat fisik material yang menyatakan perbandingan antara massa suatu benda terhadap volumenya. Besarnya massa jenis digunakan untuk mengetahui karakteristik suatu material, khususnya dalam menentukan kemampuan benda untuk mengapung atau tenggelam ketika berada di dalam suatu fluida. Semakin kecil nilai massa jenis suatu benda dibandingkan dengan massa jenis fluida, maka semakin besar kecenderungan benda tersebut untuk mengapung.

Pada penelitian ini, massa jenis digunakan sebagai salah satu parameter untuk mengevaluasi karakteristik floating breakwater yang dihasilkan dari campuran limbah plastik LDPE dan oli bekas. Nilai massa jenis yang diperoleh dapat digunakan untuk mengetahui kesesuaian produk sebagai struktur pemecah gelombang terapung (floating breakwater), karena kemampuan mengapung merupakan salah satu persyaratan utama agar alat dapat berfungsi dengan baik saat diaplikasikan di lingkungan perairan. Oleh karena itu, perhitungan massa jenis dilakukan berdasarkan massa aktual dan volume geometri produk hasil manufaktur.

Massa jenis suatu benda dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\rho = \frac{m}{V} \dots \dots \dots (2.25)$$

$$V = p \times l \times t \dots \dots \dots (2.26)$$

$$\text{Yield} = \frac{\text{Massa Hasil}}{\text{Massa Bahan Baku}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.27)$$

2.1.25 HSE dan Lingkungan Hidup

Health, Safety, and Environment (HSE) merupakan suatu sistem manajemen yang bertujuan untuk melindungi kesehatan pekerja, menjamin keselamatan kerja, serta meminimalkan dampak kegiatan operasional terhadap lingkungan. Penerapan HSE menjadi salah satu aspek penting dalam kegiatan manufaktur karena setiap proses produksi memiliki potensi bahaya yang dapat menimbulkan kecelakaan kerja, gangguan kesehatan, maupun pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, penerapan HSE dilakukan melalui identifikasi potensi bahaya, pengendalian risiko, penggunaan alat pelindung diri (APD), serta pengelolaan limbah yang dihasilkan selama proses produksi.

Pada proses manufaktur mesin pengolah limbah plastik dan oli bekas menjadi floating breakwater, penerapan HSE diperlukan karena proses kerja melibatkan penggunaan sistem pemanas listrik, material bersuhu tinggi, serta pemanfaatan limbah plastik dan oli bekas sebagai bahan baku utama. Penggunaan nozzle heater dan tubular heater menghasilkan temperatur operasi yang tinggi sehingga berpotensi menyebabkan luka bakar apabila operator melakukan kontak langsung dengan permukaan pemanas. Selain itu, sistem kelistrikan mesin juga memiliki potensi bahaya berupa sengatan listrik apabila instalasi tidak memenuhi persyaratan keselamatan.



Gambar 2.21 Konsep Health, Safety, and Enviroment (HSE)

Dari aspek kesehatan (Health), proses pemanasan plastik berpotensi menghasilkan uap maupun asap hasil pemanasan sehingga operator disarankan menggunakan alat pelindung diri berupa respirator atau masker yang sesuai, sarung tangan tahan panas, kacamata keselamatan, serta pakaian kerja yang mampu melindungi tubuh dari paparan panas dan percikan material cair. Penggunaan ventilasi yang baik juga diperlukan untuk membantu mengurangi akumulasi asap di area kerja. Dari aspek keselamatan (Safety), penerapan prosedur kerja yang benar, pemeriksaan kondisi instalasi listrik sebelum pengoperasian, pemasangan sistem grounding pada rangka mesin, serta penyediaan alat pemadam api ringan (APAR) merupakan langkah yang dapat dilakukan untuk meminimalkan risiko kecelakaan kerja selama proses manufaktur maupun pengujian mesin.

Dari aspek lingkungan (Environment), penggunaan limbah plastik LDPE dan oli bekas sebagai bahan baku memberikan manfaat dalam mengurangi jumlah limbah yang berpotensi mencemari lingkungan melalui pemanfaatan kembali menjadi produk yang memiliki nilai guna. Produk yang dihasilkan berupa floating breakwater juga memiliki potensi untuk diaplikasikan di wilayah perairan laut sebagai struktur pemecah gelombang terapung. Pemanfaatan limbah menjadi floating breakwater tidak hanya mendukung konsep daur ulang (recycling), tetapi juga memberikan nilai tambah terhadap limbah yang sebelumnya berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Dengan demikian, pendekatan ini diharapkan dapat mendukung upaya pengurangan pencemaran lingkungan, baik melalui pemanfaatan kembali limbah plastik dan oli bekas maupun melalui penyediaan alternatif material untuk infrastruktur pesisir. Namun demikian, selama proses manufaktur tetap diperlukan pengelolaan terhadap sisa material hasil peleburan dan emisi asap yang dihasilkan agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitar. Selain itu, pada tahap pemanfaatan di lingkungan laut, produk floating breakwater perlu dipantau secara berkala untuk memastikan tidak terjadi kerusakan material yang dapat menghasilkan serpihan atau residu yang berpotensi menjadi sumber pencemaran baru di perairan.

Standar atau regulasi pada aspek ini ialah:

- ISO 45001:2018 untuk Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (Occupational Health and Safety Management)

Systems).

- ISO 14001:2015 untuk Sistem Manajemen Lingkungan (Environmental Management Systems).

2.1.26 Microsoft Project

Microsoft Project merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membantu proses perencanaan, penjadwalan, dan pengelolaan suatu proyek. Perangkat lunak ini dapat digunakan untuk menyusun berbagai aktivitas proyek berdasarkan urutan pekerjaan, durasi, waktu mulai dan selesai, serta hubungan ketergantungan antaraktivitas. Dalam pengelolaan proyek, Microsoft Project menyediakan fitur predecessor yang digunakan untuk menentukan hubungan antara suatu pekerjaan dengan pekerjaan lainnya. Selain itu, perangkat lunak ini dapat menampilkan jadwal dalam bentuk Gantt Chart, sehingga tahapan pekerjaan dan durasi pelaksanaan dapat divisualisasikan dengan lebih mudah.



Gambar 2.22 Logo Microsoft Project

Microsoft Project juga dapat digunakan untuk melakukan pemantauan dan evaluasi terhadap pelaksanaan proyek dengan membandingkan jadwal yang telah direncanakan dengan kondisi aktual. Perbandingan tersebut dapat digunakan untuk mengetahui perubahan waktu pelaksanaan pada setiap aktivitas serta mengevaluasi kesesuaian antara perencanaan dan realisasi proyek. Pada penelitian ini, Microsoft Project digunakan sebagai alat bantu dokumentasi dan evaluasi jadwal pelaksanaan proyek akhir. Penggunaan perangkat lunak ini mencakup penyusunan urutan aktivitas, penentuan durasi pekerjaan, hubungan ketergantungan antaraktivitas, serta perbandingan antara jadwal perencanaan awal dengan jadwal aktual pelaksanaan proyek.

2.2 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Pramati Purwaningrum (2016) dalam jurnal “Upaya mengurangi timbulan sampah plastik di lingkungan”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara mendaur ulang kembali sampah plastik yang sudah tidak mempunyai nilai ekonomis lagi melalui proses fisik maupun kimiawi atau kedua-duanya sehingga diperoleh produk yang dapat dimanfaatkan atau diperjualbelikan lagi. Daur ulang (recycle) sampah plastik dapat dibedakan menjadi empat cara yaitu daur ulang primer, daur ulang sekunder, daur ulang tersier dan daur ulang quarter. Sampah plastik dapat diolah kembali yaitu berupa daur ulang, sumber energi, gas dan minyak. Dalam penelitian ini juga menjelaskan tentang sampah plastik jenis polyethylene dapat didaur ulang kembali sebagai konversi bahan bakar minyak dengan proses cracking dan dapat dimanfaatkan juga sebagai bahan pembuat karbon aktif untuk proses adsorpsi dalam pengolahan limbah cair. Dan juga pada penelitian Sellakutty & Professor (2016) dalam jurnal “Utilisation of Waste Plastic in Manufacturing of Bricks and Paver Blocks” menyatakan bahwa Secara global, tingkat komposisi limbah plastik yang paling tinggi yaitu limbah plastik berjenis polyethylene dan diikuti dengan polypropylene.

Menurut Penelitian Reni Silvia Nasution (2015) dalam jurnal “Berbagai Cara Penanggulangan Limbah Plastik” menyatakan bahwa pada umumnya terdapat 3 cara penanggulangan limbah plastik yaitu dengan mengganti kantong plastik dengan kantong berbahan dasar kain, pengolahan limbah plastik dengan metode fabrikasi dan pemakaian plastik yang mudah terurai. Pada penelitian yang dilakukan oleh Hendri Sukma dkk. (2021) dalam jurnal “Rancang Bangun Mesin Pelebur Dan Pencetak Paving Block Berbahan Dasar Plastik LDPE”. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah mesin pelebur dan pencetak paving block berbahan dasar plastik LDPE dirancang dengan sistem pengaduk untuk memudahkan proses peleburan dan pencampuran. Daya penggerak dari pengaduk sangat bergantung pada viskositas plastik, sehingga didapatkan daya motor sebesar 1 HP berdasarkan perhitungan teknis. Dari hasil uji coba yang dilakukan, dapat diketahui dibutuhkan waktu 1 jam untuk melebur proporsi limbah plastik LDPE sebanyak 3 kg dan oli bekas sebanyak 2 liter dengan temperatur 200°C. Lama waktu

peleburan tergantung dari banyaknya massa plastik dilebur, semakin banyak plastik yang dilebur maka semakin lama waktu yang dibutuhkan, begitu juga sebaliknya.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Munizar dan Khairul Agus (2022) dalam jurnal “Evaluasi Penerapan Sistem Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dalam Kegiatan Operasional Penambangan Batu Kapur Berdasarkan Peringkat Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan Daerah (PROPERDA) di PT Semen Padang (Persero) Tbk” menyatakan bahwa Oli bekas merupakan limbah yang dikategorikan sebagai limbah cair. Limbah oli bekas yang dihasilkan dari kegiatan perawatan alat berat, merupakan limbah yang mengandung logam berat hasil dari pembakaran di dalam ruang mesin yang bersifat mudah menyala, beracun, korosif, dan karsinogenik.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Munizar dan Khairul Agus (2022) dalam jurnal “Evaluasi Penerapan Sistem Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dalam Kegiatan Operasional Penambangan Batu Kapur Berdasarkan Peringkat Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan Daerah (PROPERDA) di PT Semen Padang (Persero) Tbk” menyatakan bahwa Oli bekas merupakan limbah yang dikategorikan sebagai limbah cair. Limbah oli bekas yang dihasilkan dari kegiatan perawatan alat berat, merupakan limbah yang mengandung logam berat hasil dari pembakaran di dalam ruang mesin yang bersifat mudah menyala, beracun, korosif, dan karsinogenik.

Pada Penelitian yang dilakukan oleh Haryo Dwito Armono, dkk. (2012) dalam jurnal “Pemanfaatan Floating Breakwater High Polyethylene untuk Budidaya Rumput Laut”. Penelitian ini membahas tentang budidaya rumput laut dengan bantuan floaton yang terbuat dari High Density Polyethylene (HDPE). Dengan menggunakan floaton sebagai floating breakwater dan media budidaya diharapkan konstruksi rakit apung menjadi lebih awet dan waktu yang terbuang untuk membuat rakit tiap tahun bisa digunakan untuk melakukan perawatan rumput laut. Rakit budidaya rumput laut dengan media terbuat dari pipa HDPE di atas hanya mampu meredam gelombang hingga 10% - 20% saja. Desain breakwater yang disusulkan dapat digunakan sebagai media budidaya rumput laut sebagai pengganti rakit apung. Meskipun investasi di awal mungkin agak mahal, namun keawetan material HDPE bisa bertahan hingga 30 tahun. Aplikasi breakwater

sebagai media budidaya rumput laut akan memberikan nilai lebih pada struktur pantai karena selain memberikan perlindungan terhadap gelombang juga memberikan nilai ekonomis bagi masyarakat nelayan di pesisir.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Restu Wigati, dkk. (2018) dalam jurnal “Perencanaan Pemecah Gelombang (Breakwater) Sisi Miring Di Pelabuhan Merak Dengan Menggunakan Batu Pecah Dan Tetrapod”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Dalam segi banyaknya material, pemecah gelombang dengan kemirngan 1:1,5 memiliki volume yang paling sedikit yaitu 316,172 m³ untuk batu pecah dan 296,676 m³ untuk tetrapod. Kemiringan 1:2 memiliki volume sebesar 420,029 m³ dan 403,863 m³ untuk tetrapod. Sedangkan untuk kemiringan 1:3 memiliki volem paling besar dikarenakan kemiringannya yang paling landau yaitu 592,552 m³ untuk batu pecah dan 577,925 m³ untuk tetrapod. Tata letak pemecah gelombang direncanakan dengan mempertimbangkan faktor arah datangnya angin, gelombang, swell dan arus. Direncanakan dengan posisi yang dapat melindungi dermaga dan area Pelabuhan Merak dari faktor-faktor tersebut. Untuk kedalaman rencana menggunakan kedalaman yang paling dalam yaitu 11,4 meter agar memiliki elevasi puncak pemecah gelombang dan dimensi yang sama, namun volume material akan berubah semakin sedikit karena perbedaan kontur didalam laut yang lebih rendah.