BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Stage Of Art

Dalam penelitian mengacu pada literatur berupa jurnal dari penelitian sebelumnya yang juga menggunakan mesin dan standar yang sama sebagai referensi literatur. State of the art dijelaskan dalam bentuk tabel yang menyertakan penjelasan tentang perbedaan penelitian sebelumnya, yang sangat penting sebagai acuan dalam penelitian ini. Tabel 2.1 berikut menampilkan State of the art yang dijadikan referensi.

Tabel 2. 1 *Stage Of Art*

No.	Deskripsi Jurnal (Jurnal, Peneliti, Tahun)	Objek Penelitian	Hasil dan Pembahasan
1.	Analisa Hasil Uji Impak Sampah Plastik Jenis PP, PET, dan Campuran (PP+PET) [5].	Pengujian impact untuk bahan plastik PP, PET, dan campuran (PP+PET) dengan jumlah masing-masing spesiemen 10. Dengan ukuran 10 x 10 x 100 mm (tinggi x lebar x panjang). Posisi takik (notch) berada ditengah, kedalaman takik 2 mm dari permukaan benda uji dan sudut takik 45° bentuk	Pada pengujian spesimen dengan menggunakan suhu rata-rata benda uji 200°C mempunyai nilai rata-rata untuk masing-masing plastik. Untuk spesimen plastik jenis PP energi impaknya sebesar 1,31 joule. Kekuatan impact (*impact strength*) sebesar 0.0161 joule/mm². kemudian untuk speismen plastik PET energi impaknya sebesar 1,15 joule. Kekuatan impact (*impact strength*) sebesar

		takik berupa huruf V.	0.0138 joule/mm². untuk spesimen campuran PP dan PET energi impaknya sebesar 1,18 joule. Kekuatan impact (*impact strength*) sebesar 0.0145 joule/mm². pada pengujian spesimen plastik jenis PP mempunyai nilai kekuatan impak/impact strength yang tertinggi dengan energi impak = 1.31 Joule dan kekuatan impak/ *impact strength* = 0.019 Joule/mm²
2.	Pengaruh Variasi Komposisi Zeolit Alam Terhadap Hasil Pirolisis Plastik Campuran Polypropylene Dan Polyethylene Terephthalate [6].	campuran sampah plastik Polyethylene terephthalate (PET) dan polypropylene (PP) murni disublimasi melalui pirolisis dengan tambahan zeolite	Pada pengujian plastik PET dan PP dengan campuran pirolisis menggunakan suhu 300°C. massa setiap spesimen sebesar 5kg dengan hasil 200 ml. dengan komposisi murni, zeolite 5%, 10%, 15%. Untuk campuran murni membutuhkan waktu 176 menit, tambahan zeolite 5% membutuhkan waktu 142 menit, tambahan zeolite 10% membutuhkan waktu 93 menit dan untuk

			campuran 15% membutuhkan waktu 82 menit. zeolit alam memiliki potensi sebagai katalis dalam proses pirolisis plastik campuran PP dan PET. Penambahan zeolit dapat meningkatkan kualitas bahan bakar hasil pirolisis, yang dapat memiliki implikasi positif dalam upaya mengurangi dampak sampah plastik dan mendapatkan sumber energi alternatif
3.	Analisa hasil cacahan plastik terhadap kekuatan tarik material plastik jenis PP dan PET pada mesin pengolah plastik [7].	Analisa sifat mekanik spesimen hasil cacahan plastik kombinasi PP dan PET hasil dari mesin pengolahan plastik dengan menggunakan metode uji tarik.	Diketahui bahwa terjadi penurunan tegangan dari material PP daur ulang, jika dibandingkan dengan PP Murni nilai tegangan sebesai 27 MPa, penurunan tegangan dari variasi ukuran cacahan 20 x 20 dengan nilai rata – rata dari 3 spesimen pengujian yaitu 3.1 MPa dan 163 N (penurunan 85%), kemudian nilai tegangan terendah pada variasi cacahan 10 x 10 mm dengan nilai rata rata dari 3 spesimen 1.1 MPa

			dan 58 N (penurunan 96%). Penurunan nilai kekuatan tarik juga terjadi pada material plastic PET penurunann nilai tegangan dan beban tarik sebesar 94% (1.6 MPa dan 82 N) dan penurunan tertinggi sebesar 98% (0.5 MPa dan 25 N). Penurunan kekuatan tarik dan beban tarik disebabkan tingginya tempratur pada proses pemanasan menyebabkan rendahnya nilai ketahanan mekanis pada material daur ulang

2.2 Limbah Plastik

Limbah plastik adalah sisa-sisa atau produk plastik yang telah digunakan dan tidak lagi memiliki nilai pakai. Menurut Pratiwi (2016), setiap aktivitas manusia pasti menghasilkan limbah atau sampah. Volume sampah yang dihasilkan sebanding dengan tingkat konsumsi barang atau material yang digunakan setiap hari. Jenis sampah yang dihasilkan juga bergantung pada jenis material yang dikonsumsi. Rata-rata, setiap orang menghasilkan lebih dari setengah ton sampah per tahun, atau sekitar satu kilogram per hari. Jika sampah ini tidak dikelola dengan baik, dapat memberikan dampak negatif pada lingkungan dan masyarakat. Misalnya, dapat menjadi tempat berkembangbiaknya nyamuk *aedes aegypti* yang menyebarkan penyakit demam berdarah *dengue*, serta mengurangi keindahan lingkungan [8]

Limbah plastik yang terbawa ke laut dapat mencemari ekosistem laut dan menyebabkan kematian pada berbagai hewan laut. Banyak hewan, termasuk sekitar satu juta burung laut dan seratus ribu mamalia laut, serta ikan, mati akibat mengonsumsi plastik. Di daratan, tanah yang tercemar partikel plastik beracun dapat membunuh organisme pengurai seperti cacing, yang kemudian mengurangi kesuburan tanah. Sampah yang menumpuk di sungai dapat menyebabkan pendangkalan dan penyumbatan aliran, yang berpotensi menyebabkan banjir. Bagi manusia, asap dari pembakaran limbah plastik dapat memicu berbagai penyakit seperti kanker, gangguan pernapasan, gangguan sistem saraf, dan hepatitis. Oleh karena itu, limbah plastik sangat berbahaya bagi manusia dan lingkungan.

Limbah plastik dapat dilakukan pengolahan dengan prinsip 3R yaitu *Reduce* (mengurangi), *Reuse* (menggunakan/memanfaatkan kembali), dan *Recycle* (mendaur ulang). Reuse berarti memanfaatkan kembali barang-barang yang terbuat dari plastik, sementara Reduce berarti mengurangi pembelian atau penggunaan produk plastik, terutama yang bersifat sekali pakai. *Recycle* merujuk pada proses mendaur ulang barang-barang plastik. Berdasarkan konsep 3R ini, berbagai penelitian telah dilakukan untuk memanfaatkan plastik yang telah dibuang ke lingkungan, dengan fokus pada konsep *Recycle* [9].

Selain dengan penanggulangan konsep 3R pemerintah berupaya menanggulangi limbah plastik dengan mengeluarkan pasal secara umum, peraturan pemerintah mengenai pengendalian sampah diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012 Pasal 11 ayat 1. Peraturan ini mencakup beberapa hal penting, di antaranya pada Pasal 11 ayat 1 huruf a yang membahas pengelolaan sampah dengan prinsip 3R, dimulai dengan pembatasan timbulan sampah (*Reduce*). Tujuannya adalah untuk mengurangi penggunaan sampah sekali pakai serta membatasi penggunaan material yang sulit terurai, seperti plastik, styrofoam, dan kaleng. Pasal 11 ayat 1 huruf b mengatur tentang pendauran ulang sampah (*Recycle*), yang berarti upaya memanfaatkan kembali atau mendaur ulang sisa-sisa sampah menjadi barang yang berguna dan bernilai ekonomi. Selanjutnya, Pasal 11 ayat 1 huruf c

mengatur tentang pemanfaatan kembali sampah (*Reuse*), di mana kita dianjurkan untuk menggunakan kembali barang-barang yang sudah tidak terpakai, seperti memanfaatkan botol bekas sebagai pot tanaman.

2.3 Plastik

Plastik memiliki pengertian secara umum yaitu plastik adalah bahan yang tampak bersih dan praktis, sehingga banyak barang kebutuhan sehari-hari seperti botol minuman, gelas, piring, dan kantong plastik dibuat dari plastik. Oleh karena itu, hampir semua orang menggunakan barang-barang plastik karena kemudahannya [10]. Plastik adalah bahan yang dapat didaur ulang. Namun proses alami dekomposisi plastik membutuhkan waktu yang lama, bahkan hingga ribuan tahun [11]. Plastik banyak digunakan dalam berbagai aspek kehidupan manusia, mulai dari pembungkus makanan hingga komponen otomotif. Plastik merupakan salah satu bahan yang paling populer dan banyak digunakan dalam pembuatan komponen otomotif selain logam seperti besi. Masalah utama plastik adalah sampahnya yang tidak dapat terurai secara alami, sehingga membutuhkan waktu lama untuk membersihkan sampah plastik dari lingkungan. Penggunaan plastik yang tidak terkendali semakin memperburuk masalah ini. Plastik juga berkontribusi pada peningkatan suhu udara karena sifat polimernya yang tidak berpori.

Pada zaman sekarang, banyak produk yang diproduksi tanpa mempertimbangkan dampak lingkungan setelah produk tersebut dikonsumsi. Selain itu, banyak produk yang sengaja dirancang untuk memiliki masa pakai yang terbatas. Desain semacam ini berkontribusi pada penumpukan sampah di tempat pembuangan, terbentuknya pulau plastik di lautan, dan mencemari ekosistem, terutama dari kemasan, pembungkus, dan produk lainnya

2.3.1 Jenis-Jenis Plastik

Pada umumnya masyarakat sering menggunakan plastik untuk berbagai macam keperluan. Pada umumnya plastik dibagai

beberapa jenis. Berikut ini merupakan jenis plastik pada umumnya yang sring digunakan.

a) *Low-Density Polyethylene* (LDPE)

LDPE adalah jenis plastik yang banyak digunakan karena harganya terjangkau dan mudah dibentuk. Namun, LDPE merupakan jenis poliolefin yang paling rentan terhadap fotodegradasi. Plastik LDPE cukup sulit terfragmentasi oleh hidrolisis, karena rantai utama LDPE memiliki ketahanan tinggi terhadap proses tersebut [12].

b) *High-Density Polyethylene* (HDPE)

Robertson (1993) menyatakan bahwa HDPE lebih tahan terhadap zat kimia dibandingkan dengan LDPE dan memiliki ketahanan yang baik terhadap minyak dan lemak. Robertson (1993) juga mengungkapkan bahwa polipropilen memiliki densitas lebih rendah dan titik lunak yang lebih tinggi dibandingkan dengan polietilen, serta permeabilitas gas yang sedang, tahan terhadap lemak, dan bahan kimia. Rochman (2007) menambahkan bahwa plastik propilen lebih kaku, cerah, dan kuat dibandingkan polietilen. Firman (2012) menjelaskan bahwa pengemasan buah rambutan dengan menggunakan plastik stretch film pada suhu ruang kurang efektif karena lapisan plastiknya yang lebih tipis [13].

Namun, hal ini masih memungkinkan terjadinya respirasi dan transpirasi dalam jumlah besar. Plastik jenis PP pada suhu ruang memiliki efektivitas yang hampir sama dengan plastik HDPE, di mana keduanya mampu mempertahankan kesegaran buah rambutan lebih lama dibandingkan dengan penggunaan plastik stretch film [13] .

c) *Polyethylene Terephthalate* (PET)

Polyethylene terephthalate (PET) adalah poliester termoplastik yang diproduksi secara komersial melalui proses kondensasi, ditandai dengan adanya banyak ikatan ester yang

tersebar di sepanjang rantai utama polimernya. PET digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan botol plastik untuk minuman. Botol plastik PET merupakan polimer yang secara komersial diproduksi dengan ciri khas berupa ikatan ester yang tersebar di sepanjang rantai utama polimernya [14].

d) *Polypropylene* (PP)

Polipropilena atau *polipropena* (PP) adalah polimer termoplastik yang diproduksi oleh industri kimia dan digunakan dalam berbagai aplikasi. Beberapa di antaranya adalah kemasan, tekstil, alat tulis, berbagai jenis wadah yang dapat digunakan kembali, komponen plastik, perlengkapan laboratorium, pengeras suara, komponen otomotif, serta uang kertas polimer [15].

2.4 Polyethylene Terephthalate (PET)

Penggunaan plastik yang meluas mengakibatkan penumpukan sampah plastik, yang berdampak pada berbagai masalah lingkungan dan menjadi salah satu kontributor terbesar limbah tereftalat (PET). Limbah PET menyumbang 8% dari total berat dan 12% dari volume limbah padat dunia, namun hanya sebagian kecil dari limbah PET yang didaur ulang [16].

Plastik PET (Polyethylene Terephthalate) pertama kali muncul pada tahun 1973 dan mulai didaur ulang pada tahun 1977. PET adalah resin poliester yang kuat, tahan lama, ringan, dan mudah dibentuk ketika dipanaskan. Dengan kepekatan sekitar 1,35-1,38 gram/cc, PET memiliki struktur yang kokoh, dengan rumus molekul (-CO-C6H5-CO-O-CH2-CH2-O-)n. *Polyethylene Terephthalate* merupakan resin polimer termoplastik dari kelompok poliester, yang banyak diproduksi dalam industri kimia dan digunakan untuk serat sintetis, botol minuman, wadah makanan, aplikasi thermoforming, serta dikombinasikan dengan serat kaca dalam resin teknik [17].

PET (*Polyetylene Terephthalate*) adalah material yang transparan, kuat, tahan terhadap bahan kimia dan panas, serta memiliki sifat elektrik

yang baik. Namun, jika digunakan berulang kali, terutama untuk menampung air panas, lapisan polimer pada botol dapat meleleh dan mengeluarkan zat karsinogenik yang berpotensi menyebabkan kanker. PET biasanya digunakan sebagai kemasan untuk minuman berkarbonasi (soda), botol jus buah, peralatan tidur, dan serat tekstil. PET memiliki sifat tidak tahan panas, keras, tembus cahaya, dan titik lelehnya adalah 85ºC. Material ini terbentuk dari kondensasi antara ethylene glycol dan asam tereftalat, dan termasuk dalam jenis termoplastik. PET dapat dibentuk menjadi serat seperti dacron dan film seperti mylar, serta merupakan plastik utama dalam pembuatan kantong kemasan makanan [11].

PET tidak tahan panas, transparan, dan memiliki titik leleh sekitar 260ºC. Material ini dihasilkan dari reaksi kondensasi antara ethylene glycol dan asam tereftalat, dan termasuk dalam jenis termoplastik. PET bisa diolah menjadi serat seperti dacron dan film seperti mylar. Plastik PET sering digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan botol plastik [16].

2.5 Polypropylene (PP)

Polypropylen (PP) adalah bahan polimer termoplastik yang diproduksi oleh industri polimer dan digunakan dalam berbagai aplikasi, baik sebagai serat maupun plastik. PP adalah polimer yang ringan dengan densitas antara 0,90-0,92 g/cm³, memiliki kekerasan dan kerapuhan yang tinggi, serta kurang stabil terhadap panas [18].

Plastik PP memiliki permukaan halus, tahan terhadap bahan kimia, serta menawarkan fleksibilitas dan daya tahan yang tinggi. Plastik ini juga mudah didaur ulang dan memiliki sifat isolasi listrik. Selain itu, harganya relatif lebih terjangkau dibandingkan dengan bahan baku lainnya [11].

Plastik *polypropylene (*PP) sering digunakan dalam proses injection molding. Hasil *injcetion moulding* berbahan plastik *polypropylene (*PP) sering digunakan pada beberapa aspek diantaranya: industri otomotif, kemasan makanan, produk medis, alat elektronik, dan lainya.

2.6 *Injection Moulding*

Mesin cetak injeksi pertama kali dipatenkan di Amerika Serikat pada tahun 1872 untuk pembuatan seluloid. Kemudian, pada tahun 1920-an, peralatan cetak injeksi diproduksi di Jerman, namun prosesnya masih dilakukan secara manual dan cetakannya dioperasikan dengan tuas. Mesin cetak injeksi yang menggunakan tekanan hidrolik mulai diperkenalkan pada tahun 1930-an ketika berbagai jenis resin tersedia. Sebagian besar peralatan cetakan injeksi saat ini masih menggunakan desain sekrup reciprocating satu sisi yang asli. Pada tahun 1950-an, *relay* dan pengatur waktu mulai digunakan untuk mengatur proses injeksi [19].

Secara umum, *injection moulding* adalah proses pembuatan benda atau produk dari plastik dengan bentuk dan ukuran tertentu. Proses ini melibatkan perlakuan panas dan tekanan menggunakan alat bantu berupa cetakan atau *mold*. *Mold* plastik adalah alat yang digunakan untuk memproduksi komponen plastik dengan mesin cetak plastik. Metode dasar plastik moulding bertujuan untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan sifat fisik yang diinginkan, termasuk desain produk, luas penampang, ketebalan, toleransi ukuran, dan pemilihan material yang tepat [20]. dibawah ini merupakan gambar dari mesin *injection moulding* yaitu:

Gambar 2. 1 *Injection Moulding*

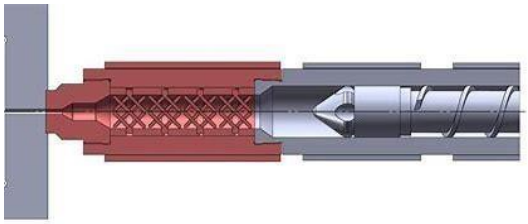
Injection molding adalah metode di mana material plastik yang telah meleleh akibat panas dan gesekan di dalam barel kemudian disuntikkan ke dalam cetakan atau mold.

2.7 Komponen-Komponen *Injection Moulding*

Pada mesin *injection molding* plastik, terdapat berbagai komponen dengan fungsi masing-masing. Berikut adalah komponen-komponen tersebut:

1. *Nozzle*

   Nozzle adalah komponen yang digunakan untuk menyuntikkan bahan material cair ke dalam cetakan [19].



Gambar 2. 2 *Nozzle*

(Sumber: promix-solutions.com)

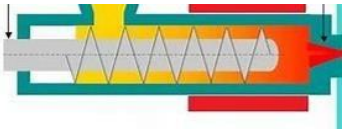
2. *Mold Freform*

   Mold preform adalah komponen utama dalam mesin injection molding yang bertanggung jawab untuk mencetak material menjadi preform sesuai dengan cetakan yang dibuat. Bagian *mold preform* melanjutkan proses injeksi dari *screw* dan *barrel*. Setelah cetakan tertutup, unit injeksi yang terdiri dari *nozzle*, *barrel*, dan *screw* menyuntikkan material ke dalam cetakan yang didinginkan oleh chiller. Selanjutnya, preform yang sudah dingin dan mengeras dikeluarkan dari cetakan oleh pendorong hidrolik [21].

Gambar 2. 3 *Mold Freform*

3. Sekrup

Sebuah sekrup berfungsi untuk menggabungkan, mencairkan, dan mendorong bahan plastik ke dalam cetakan. Sekrup mengambil bahan plastik dari hopper dan mengalirkannya ke dalam barrel untuk diproses. Selama bahan plastik melewati barrel, sekrup berputar dan mencampurkan bahan, memastikan bahan meleleh dengan baik dan mencapai konsistensi yang tepat. Setelah bahan plastik meleleh, sekrup menekannya ke dalam sprue dan runner, lalu memasukkannya ke dalam cetakan [21].



Gambar 2. 4 Sekrup
(Sumber: mechanicalenotes.com)

4. *Barrel*

Barrel berfungsi untuk mengisi material dan mencampurnya pada suhu barrel, sehingga material yang telah mencair dapat didorong ke dalam cetakan.

Gambar 2. 5 *Barrel*

5. *Hopper*

Hopper adalah wadah yang menyimpan material PET yang akan dipanaskan dan dicairkan sebelum dialirkan ke bagian *screw*. Di dalam *Hopper*, bahan dikeringkan dengan aliran udara dari *blower* yang dipanaskan hingga 170ºC oleh elemen pemanas (*heater*) dan dicampur dengan pewarna *BWE Hooland Colour oleh Doozing Unit* [21].

Gambar 2. 6 *Hopper*

2.8 Palu

Palu adalah alat yang berfungsi untuk memberikan pukulan atau benturan pada suatu objek. Alat ini umumnya memiliki pegangan yang panjang dan kepala yang berat, yang biasanya terbuat dari logam atau bahan keras lainnya. Kepala hammer memiliki dua sisi: satu sisi datar untuk memukul dan sisi lainnya dapat berupa ujung tajam, kait, atau permukaan bulat, tergantung pada jenis palu.berikut ini merupakan gambar palu.

Gambar 2. 7 Palu

Palu digunakan dalam berbagai keperluan, mulai dari konstruksi, bengkel, hingga kerajinan tangan. Sebagai contoh, hammer palu sering digunakan untuk memaku atau melepas benda, sedangkan hammer martil biasanya digunakan dalam pekerjaan logam atau pembongkaran. Seperti dibawah merupakan gambar dari palu.

2.8.1 Penggunaan Palu Pada Kehidupan Kehidupan Sehari-hari

Pada dunia industri sering kali membutuhkan alat palu untuk kegiatan yang berupa perbaikan rumah, perbaikaan mesin, pemasangan rak, pembongkaran dinding, proses manufaktur, dan lainnya.

2.8.2 Material Palu

Palu dapat dibuat dari berbagai material tergantung pada penggunaannya. Berikut ini merupakan material umum yang sering digunakan untuk membuat palu adalah:

1. Logam

   Logam adalah unsur alam yang memiliki konduktivitas listrik tinggi dan dapat ditemukan di atmosfer, kerak bumi, dasar laut, dan tempat lainnya. Logam yang memiliki densitas lebih dari 5 g/cm^3 dan nomor atom lebih dari 20 biasanya disebut sebagai logam berat. Logam berat ini juga bersifat toksik dan dapat memberikan dampak negatif pada lingkungan dan makhluk hidup. Kelompok logam yang termasuk dalam kategori logam berat meliputi logam transisi serta logam transisi dalam, yaitu lantanida dan aktinida [22].

2. Aluminium

   Aluminium adalah logam ringan yang memiliki ketahanan korosi yang baik, konduktivitas listrik yang baik, dan berbagai sifat unggul lainnya sebagai logam. Kekuatan mekaniknya meningkat secara signifikan dengan penambahan unsur-unsur seperti Cu, Mg, Si, Mn, Zn, dan Ni, baik secara individu maupun bersama-sama. Material ini digunakan secara luas, tidak hanya dalam peralatan rumah tangga, tetapi juga dalam pembuatan pesawat terbang, mobil, kapal, dan konstruksi. Selain sifat-sifat tersebut, aluminium juga relatif murah dan mudah didapat, yang menyebabkan peningkatan penggunaannya dari waktu ke waktu. Namun, meningkatnya penggunaan aluminium juga mengakibatkan peningkatan

jumlah kaleng minuman, peralatan rumah tangga, velg, dan blok mesin yang tidak terpakai, menimbulkan masalah baru berupa penumpukan sampah aluminium. Jika aluminium bekas tidak diolah dengan baik, dapat mencemari lingkungan karena logam ini memerlukan waktu yang lama untuk larut dalam air atau terurai di tanah [23].

3. Karet

   Karet adalah material elastis yang diperoleh dari getah pohon karet (*Hevea brasiliensis*) atau dapat dibuat secara sintetis.

4. Plastik

   Plastik adalah material buatan yang terbuat dari polimer, yaitu molekul-molekul besar yang tersusun dalam rantai panjang yang saling terhubung. Plastik dapat diolah menjadi berbagai bentuk dan ukuran, serta memiliki berbagai sifat yang membuatnya bermanfaat untuk berbagai aplikasi.

5. Komposit

   istilah "komposit" pada material yang terdiri dari dua atau lebih material berbeda yang digabungkan atau dicampur menjadi satu kesatuan. Komposit adalah struktur material yang menggabungkan dua atau lebih bahan pada skala makroskopik dan menyatu secara fisik. Secara umum, komposit berarti gabungan dari dua atau lebih bahan yang dicampur pada tingkat makroskopis. Menurut Triyono dan Diharjo, istilah "komposit" (*composite*) merupakan kata sifat yang berarti susunan atau gabungan, yang berasal dari kata kerja "*to compose*" yang berarti menyusun atau menggabungkan. Dengan demikian, bahan komposit secara sederhana adalah bahan yang merupakan gabungan dari dua atau lebih material yang berbeda [24].

6. Kayu

   Kayu adalah salah satu kekayaan alam Indonesia yang dimanfaatkan secara luas oleh berbagai industri, baik kecil

maupun besar. Saat ini, hutan tanaman yang menanam berbagai jenis kayu baik spesies lokal maupun spesies eksotik semakin berkembang, termasuk di hutan rakyat, hutan kemasyarakatan, dan hutan industri. Dengan demikian, keberagaman jenis kayu sebagai bahan baku industri semakin meningkat [25].

2.8.1 Sifat Material Palu

Sifat material palu dapat mempengaruhi performa dan kegunaan dalam berbagai pengunaan. Berikut ini adalah sifat utama dari material yang umum digunakan untuk pemilihan material yang akan digunakan dalam pembuatan palu:

1. Ringan

   Palu memiliki sifat material yang diharuskan menggunakan material yang ringan agar daya yang dihasilkan dapat terdistribusikam pada benda yang ditabrakan. Untuk materil yang bersifat ringan seperti: plastik, aluminium dan lainya.

2. Tahan karat

   Material yang sering digunakan untuk membuat palu diharuskan memiliki sifat yang tahan karat. Palu yang tahan karat dirancang untuk mencegah atau mengurangi efek tersebut, memastikan alat tetap berfungsi dengan baik dan memiliki umur pakai yang lebih lama.

3. Ketangguhan

   Sifat ketangguhan pada produk palu merujuk pada kemampuan material palu untuk menyerap energi dan menahan benturan atau tekanan secara tiba-tiba tanpa retak atau pecah. Ketangguhan sangat penting untuk memastikan palu dapat digunakan dengan aman dan efektif, terutama ketika digunakan untuk pekerjaan yang melibatkan benturan keras, seperti memaku, memahat, atau memecahkan benda keras.

   Pada palu, sifat ketangguhan biasanya diperoleh dari bahan yang digunakan, seperti baja karbon atau baja paduan

yang dikeraskan melalui proses perlakuan panas. Hal ini memungkinkan kepala palu memiliki kombinasi sifat keras pada permukaan (agar tidak cepat aus) dan tangguh di dalam (agar tidak rapuh). Adapun untuk standard nilai Harga Impak yang dibutuhkan untuk membuat palu sebesar 2,20 J/mm^2 [26].

4. Kekuatan tinggi dengan bobot yang ringan

   Sifat palu yang menggabungkan kekuatan tinggi dengan bobot ringan berdasarkan kemampuan alat tersebut untuk memberikan kinerja yang efisien tanpa menambah beban atau menyebabkan kelelahan pada penggunanya. Untuk standar produk palu yang di produksi oleh industri sebesar 42 N/mm^2. kemudian hasil penguji produk palu berbahan limbah plasti PP sebesar 41 N/mm^2. Dan untuk pengujian produk palu berbahan limbah plastik PET senilai 33,4 N/mm^2[27].

2.9 Sifat Mekanik Material

Sifat mekanik material adalah suatu sifat yang menjelaskan karakteristik dari jenis material dan kondisi mekanikal yang berada pada material itu. Sifat mekanik material ada beberapa macam diantaranya sebagi berikut ini:

1. Kegetasan (*brittleness*)

   Kegetasan (*brittleness*) adalah sifat material yang berlawanan dengan keuletan. Material yang rapuh cenderung pecah dengan sedikit deformasi permanen. Bahan yang rapuh dapat mengalami kerusakan di bawah beban regang tanpa mengalami banyak peregangan. Contoh material dengan sifat kerapuhan adalah besi cor [28].

2. Ketangguhan (*toughess*)

   Ketangguhan (*toughes*s) adalah suatu kemampuan yang dimiliki material untuk menyerap energi tanpa mengalami patah. Ketangguhan diukur dengan modulus ketangguhan (*modulus of toughness atau toughness index number*) [28].

3. Kekuatan (*strength*)

   Kekuatan (*strength)* merupakan kemampuan material logam untuk menahan gaya berupa tegangan tanpa mengalami patah [28].

4. Keuletan (*ductility*)

   Keuletan (*ductility*) adalah sifat material yang digambarkan seperti kabel yang digunakan dalam aplikasi kekuatan tarik. Material yang ductile harus memiliki kekuatan dan kelenturan. Keleluasan biasanya diukur dengan persentase deformasi setelah periode tertentu. Sifat ini umumnya diterapkan dalam teknik, dan bahan-bahan yang memiliki sifat ini meliputi besi lunak, tembaga, aluminium, nikel, dan sebagainya[26].

5. Kekakuan (*stiffness*)

   Kekakuan (*stiffness*) adalah ukuran seberapa baik suatu material atau struktur menahan deformasi ketika dikenakan beban atau gaya. Kekakuan menunjukkan sejauh mana material akan berubah bentuk di bawah beban tertentu. Material dengan kekakuan tinggi akan mengalami deformasi yang lebih sedikit

6. Elastisitas (*elasticity*)

   Elastisitas (*elasticity*) adalah kemampuan material untuk kembali ke bentuk aslinya setelah mengalami deformasi akibat beban atau gaya. Saat material dikenakan tegangan, ia akan mengalami perubahan bentuk atau ukuran; namun, setelah beban dihilangkan, material elastis dapat kembali ke bentuk semula tanpa mengalami kerusakan permanen.

7. Kelenturan (*resilience*)

   Kelenturan (*resilience*) adalah kemampuan material untuk menyerap dan mengembalikan energi saat mengalami deformasi elastis. Ini menunjukkan seberapa baik material dapat menyerap energi selama deformasi dan kemudian mengembalikan energi tersebut setelah beban dihilangkan, tanpa mengalami kerusakan atau deformasi permanen.

8. Kelunakan (*malleability*)

   Kelunakan (*malleability*) adalah kemampuan material untuk dibentuk atau ditempa menjadi bentuk lain tanpa mengalami retak atau

pecah. Ini menggambarkan sejauh mana material dapat mengalami deformasi plastis di bawah tekanan atau gaya tanpa mengalami kerusakan.