

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian yang berhubungan dengan komposit serat alam ini adalah Wibisono, Sutrisno (2015) telah mengamati bahwa hasil penelitian dengan menggunakan metode uji tarik didapatkan bahwa fraksi volume 40% memiliki kekuatan tarik paling baik yaitu sebesar 14,8 MPa, modulus elastisitas 3,76 IPK yang dimana dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa material komposit dapat digunakan dalam industri otomotif maupun untuk industri dalam negeri.

Oroh, Jonathan (2013) meneliti tentang cara mendapatkan kekuatan lentur komposit serat kelapa yang optimal untuk fraksi volume serat 0% dan 100% resin, 10% serat dan 90% resin, 20% serat dan 80% resin, 30% serat dan 70% resin, 40% serat dan 60% resin, 50% serat dan 50% resin, 60% serat dan 40% resin, 70% serat dan 30% resin dengan pengobatan alkali selama dua jam dan tanpa perawatan, dan temukan hasil fraktur di spesimen. Berdasarkan hasil pengujian, rata-rata modulus lentur elastisitas untuk spesimen tanpa perlakuan adalah 619047.619 MPa. Nilai ini diperoleh pada fraksi volume serat 40% dan 60% resin. Di sisi lain, modulus lentur rata-rata elastisitas untuk spesimen dengan perlakuan alkali adalah 4893,410928 MPa. Nilai ini diperoleh pada fraksi volume serat 30% dan 70% resin. Akhirnya, berdasarkan pengamatan, jenis fraktur yang terjadi pada spesimen adalah serat yang putus.

2.2 Komponen Panjat Dinding

Pada panjat dinding terdapat beberapa komponen yang digunakan sebagai alat bantu ataupun penunjang adalah sebagai berikut:

2.2.1 *Point* Panjat Dinding

Point panjat dinding adalah suatu alat bantu pegangan dan pijakan yang digunakan untuk menaiki panel/dinding sehingga para penggunanya bisa mencapai puncak dari panel panjat dinding. *Point* panjat tebing dibuat menggunakan resin polyester yang dimana dalam proses pembuatannya

membutuhkan tahapan-tahapan sehingga didapatkan hasil *Point* panjat dinding yang diinginkan.



Gambar 2.1 *Point* Panjat Dinding

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2018

2.2.2 Panel Panjat Dinding

Panel panjat dinding adalah salah satu komponen yang terdapat pada olahraga panjat dinding yang dimana fungsinya adalah sebagai dinding pemanjat sehingga para penggunanya bisa naik sampai ke puncak panel/dinding. Panel panjat dinding dibuat dari bahan campuran antara resin polyester dan serat *fiber glass* serta ditopang oleh rangka sehingga panel bisa berdiri dengan kokoh.



Gambar 2.2 Panel Panjat Dinding

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2018

2.2.3 Rangka Panel Panjat Dinding

Pada panel panjat dinding terdapat rangka besi yang digunakan sebagai penopang panel yang berfungsi supaya panel panjat dinding dapat berdiri tegak dan kokoh sehingga aman pada saat digunakan dalam aktifitas olahraga panjat dinding. Pada rangka panel panjat dinding digunakan besi sebagai bahan utamanya yang dimana besi tersebut dilas sedemikian rupa sehingga didapatkan rangka yang kuat dan kokoh.



Gambar 2.3 Rangka Panel Panjat Dinding

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2018

2.3 Serat Serabut Kelapa

Serat sabut kelapa, atau dalam perdagangan dunia dikenal sebagai *Coco Fiber*, *Coir fiber*, *coir yarn*, *coir mats*, dan *rugs*, merupakan produk hasil pengolahan sabut kelapa. Secara tradisional serat sabut kelapa hanya dimanfaatkan untuk bahan pembuat sapu, keset, tali dan alat-alat rumah tangga lain. Perkembangan teknologi, sifat fisika-kimia serat, dan kesadaran konsumen untuk kembali ke bahan alami, membuat serat sabut kelapa dimanfaatkan menjadi bahan baku industri karpet, jok dan dashboard kendaraan, kasur, bantal, dan hardboard. Serat sabut kelapa juga dimanfaatkan sebagai salah satu bahan campuran untuk digunakan sebagai komposit dari serat alam, dan juga telah banyak digunakan oleh peneliti untuk menunjang penelitian mereka.

Sabut kelapa merupakan hasil samping, dan merupakan bagian yang terbesar dari buah kelapa, yaitu sekitar 35 persen dari bobot buah kelapa. Dengan demikian, apabila secara rata-rata produksi buah kelapa per tahun

adalah sebesar 5,6 juta ton, maka berarti terdapat sekitar 1,7 juta ton sabut kelapa yang dihasilkan. Potensi produksi sabut kelapa yang sedemikian besar belum dimanfaatkan sepenuhnya untuk kegiatan produktif yang dapat meningkatkan nilai tambahnya.

Serat pelepah pisang merupakan serat yang mempunyai sifat mekanik yang baik. Sifat mekanik dari serat pelepah pisang mempunyai *densitas* 1,35 gr/cm³, kandungan *selulosanya* 43%, *hemiselulosa* (1%), kandungan lignin 45%.



Gambar 2.4 Serat Serabut Kelapa

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2018

2.4 Serat *Fiberglass*

Material *Fiberglass* adalah salah satu jenis bahan fiber komposit yang memiliki keunggulan yaitu kuat namun tetap ringan. Walaupun tidak sekaku dan seringan bahan carbon fiber, fiberglass lebih ulet dan relatif lebih murah di pasaran. Fiberglass biasa digunakan untuk bahan pembuatan pesawat terbang, perahu, bodi atau interior mobil, perlengkapan kamar mandi, kolam renang, septic tank, tangki air, atap, perpipaan, dinding isolator, papan selancar, tong sampah dan lain-lain. Material komposit itu sendiri adalah material yang terdiri dari dua komponen yaitu penguat (*reinforcement*) berupa serat dan pengikat (*matrix*) berupa plastik, sehingga menghasilkan kombinasi sifat yang kaku, kuat dan ringan.

Pada komposit fiberglass, komponen penguat tersebut adalah serat kaca. Kaca yang kita kenal sehari-hari memiliki sifat yang mudah retak dan pecah, hal tersebut diakibatkan karena kekerasan permukaan kaca yang terlalu tinggi, sehingga memudahkan proses perambatan retak pada permukaan kaca walaupun dengan sedikit saja cacat atau beban. Untuk menghindari retak awal atau cacat pada permukaan kaca tersebut, kaca dibuat benang yang sangat tipis dengan diameter sekitar 5-25 mikrometer. Diameter yang sangat kecil tersebut membuat serat kaca yang sangat kuat ini tidak diberikan kesempatan untuk mendapatkan cacat permukaan yang menjadi awal perambatan retak.

Serat-serat kaca yang kecil ini dipintal untuk kemudian disusun menjadi bentuk jahitan (*woven*), bulu-bulu yang disatukan membentuk lembaran (*chopped strand mat*), potongan-potongan kecil (*chopped strand*) ataupun benang panjang yang kontinyu (*continuous roving*). Fiberglass sering juga dikenal dengan nama *Glass-reinforced plastic* (GRP) atau *glass-fiber reinforced plastic* (GFRP) karena terdiri dari komponen glass-fiber dan dikuatkan dengan plastik (resin).



Gambar 2.5 Serat *Fiberglass*

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2018

2.5 Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya.

Komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari logam, kekakuan jenis (modulus *Young/density*) dan kekuatan jenisnya lebih tinggi dari logam. Beberapa lamina komposit dapat ditumpuk dengan arah orientasi serat yang berbeda, gabungan lamina ini disebut sebagai laminat.

1. Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu: Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih rigid serta lebih kuat, dalam laporan ini penguat komposit yang digunakan yaitu dari serat alam.
2. Matriks, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah.

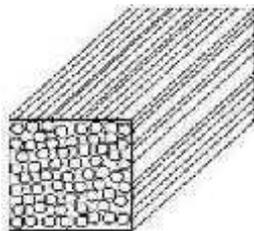
2.6 Jenis-jenis komposit

1. Menurut struktur daripenyusunnya

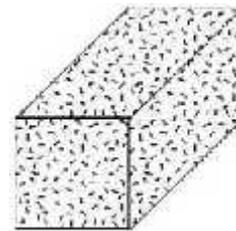
Komposit dibedakan menjadi 5 kelompok menurut bentuk struktur dari penyusunnya (Schwartz, 1984), yaitu:

- a. Komposit serat (*Fibercomposite*)

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai bahan penguatnya. Dalam pembuatan komposit, serat dapat diatur memanjang (*unidirectional composites*) atau dapat dipotong kemudian disusun secara acak (*random fibers*) serta juga dapat dianyam (*cross-ply laminate*). Komposit serat sering digunakan dalam industri otomotif dan pesawat terbang (Schwartz, 1984).



a. *unidirectional fiber composite*



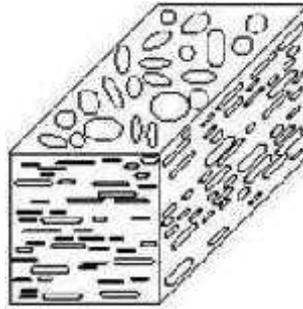
b. *random fiber composite*

Gambar 2.6 Komposit Serat

- b. Komposit Serpih (*flake composite*)

Flake Composites adalah komposit dengan penambahan material berupa serpih kedalam matriksnya. *Flake* dapat berupa serpihan mika,

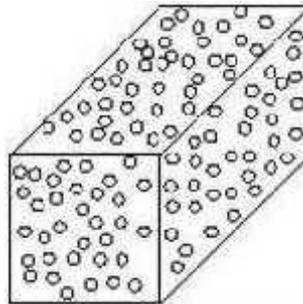
glass dan metal (Schwartz, 1984).



Gambar 2.7 Komposit serpih

3. Komposit Butir (*particulate composite*)

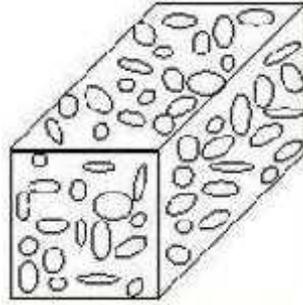
Particulate composites adalah salah satu jenis komposit di mana dalam matrik ditambahkan material lain berupa serbuk/butir. Perbedaan dengan *flake* dan *fiber composites* terletak pada distribusi dari material penambahnya. Dalam *particulate composites*, material penambah terdistribusi secara acak atau kurang terkontrol daripada *flake composites*. Sebagai contoh adalah beton (Schwartz, 1984).



Gambar 2.8 Komposit partikel

4. Komposit Isian (*filled composite*)

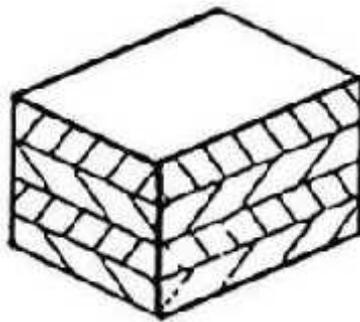
Filled composites adalah komposit dengan penambahan material ke dalam matriks dengan struktur tiga dimensi dan biasanya *filler* juga dalam bentuk tiga dimensi (Schwartz, 1984).



Gambar 2.9. *Filled (skeletal) composites*

5. Komposit Lapisan (*laminar composite*)

Laminar composites adalah komposit dengan susunan dua atau lebih *layer*, dimana masing – masing *layer* dapat berbeda – beda dalam hal material, bentuk, dan orientasi penguatannya (Schwartz, 1984).



Gambar 2.10 *Laminar composites*

2. Berdasarkan Matriknya

Berdasarkan bentuk dari matriksnya komposit dapat dibedakan menjadi sebagai berikut (Gibson, 1994):

a. Komposit Matrik Polimer (*Polymer Matrix Composites – PMC*)

Komposit jenis ini terdiri dari polimer sebagai matriks baik itu *thermoplastic* maupun jenis *thermosetting*. *Thermoplastic* adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali (*recycle*) dengan menggunakan panas. *Thermoplastic* merupakan polimer yang akan menjadi keras apabila didinginkan. *Thermoplastic* akan meleleh pada suhu tertentu, serta melekat mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat dapat kembali (*reversibel*) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. *Thermoplastic* yang lazim dipergunakan

sebagai matriks misalnya *polyolefin (polyethylene, polypropylene)*, *vinyllic (polyvinylchloride, polystyrene, polytetrafluorethylene)*, *nylon*, *polyacetal*, *polycarbonate*, dan *polyfenylene*.

Thermosets tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversibel*). Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan termoset melainkan akan membentuk arang dan terurai karena sifatnya yang demikian sering digunakan sebagai tutup ketel, seperti jenis-jenis melamin. *Thermosets* yang banyak digunakan saat ini adalah *epoxy* dan *polyester* tak jenuh. Resin *polyester* tak jenuh adalah matrik *thermosetting* yang paling banyak dipakai untuk pembuatan komposit. Resin jenis ini digunakan pada proses pembuatan dengan metode *hand lay-up*.

b. Komposit Matrik Logam (*Metal Matrix Composites –MMC*)

Metal Matrix composites adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matrik logam. Komposit ini menggunakan suatu logam seperti aluminium sebagai matrik dan penguatnya dengan serat seperti *silikon karbida*. Material MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Komposit MMC berkembang pada industri otomotif digunakan sebagai bahan untuk pembuatan komponen otomotif seperti blok silinder mesin, *pully*, poros, dangardan.

c. Komposit Matrik Keramik (*Ceramic Matrix Composites – CMC*)

CMC merupakan material 2 fasa dengan 1 fasa berfungsi sebagai *reinforcement* dan 1 fasa sebagai matriks, dimana matriksnya terbuat dari keramik. *Reinforcement* yang umum digunakan pada CMC adalah *oksida*, *carbide*, dan *nitrid*. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses *DIMOX*, yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik di sekeliling daerah *filler* (penguat).

2.7 Proses Penggunaan Bahan Komposit Alam

Kata komposit (*composite*) merupakan kata sifat yang berarti susunan atau gabungan. Komposit berasal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabungkan. Jadi secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Dalam hal ini gabungan bahan ada dua macam yaitu (Jones, 1999):

1. Gabungan secara makro
 - dapat dibedakan secara visual
 - penggabungan lebih secara fisis dan mekanis
 - dapat dipisahkan secara fisis dan mekanis
2. Gabungan secara mikro
 - tidak bisa dibedakan secara visual
 - penggabungan ini lebih secara kimia
 - sulit dipisahkan, tetapi dapat dilakukan secara kimia.

Serat secara umum terdiri dari dua jenis yaitu serat alam dan serat sintetis. Serat alam adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari alam. Biasanya berupa serat yang dapat langsung diperoleh dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Serat ini telah banyak digunakan oleh manusia diantaranya adalah kapas, wol, sutera, pelepah pisang, sabut kelapa, ijuk, bambu, nanas dan knaf atau goni. Serat alam memiliki kelemahan yaitu ukuran serat yang tidak seragam, kekuatan serat sangat dipengaruhi oleh usia. Serat sintetis adalah serat yang dibuat dari bahan-bahan *anorganik* dengan komposisi kimia tertentu. Serat sintetis mempunyai beberapa kelebihan yaitu sifat dan ukurannya yang relatif seragam, kekuatan serat dapat diupayakan sama sepanjang serat. Serat sintetis yang telah banyak digunakan antara lain serat gelas, serat karbon, *kevlar*, *nylon*, dan lain-lain (Schwartz, 1984).

2.8 Tanaman Pohon Kelapa

Kelapa (*Cocos nucifera*) adalah anggota penting dari keluarga *Arecaceae* (keluarga kelapa sawit) ,palm. Ini adalah spesies diterima hanya dalam *genus Cocos*, dan merupakan sawit besar, tumbuh hingga 30 m, dengan daun menyirip 4-6 m panjang, dan pinnae 60-90 cm; daun tua

melepaskan diri bersih, meninggalkan bagasi halus. Istilah kelapa bisa merujuk ke seluruh kelapa sawit, benih, atau buah, yang bukan kacang botani. Sebuah ejaan kelapa merupakan bentuk kuno dari kata tersebut.

Kelapa ditanam di seluruh daerah tropis untuk dekorasi, serta untuk berbagai keperluan yang kuliner dan non-kuliner; hampir setiap bagian dari kelapa sawit dapat dimanfaatkan oleh manusia dalam beberapa cara. Dalam iklim dingin sebuah kelapa yang sama, telapak ratu (*Syagrus romanzoffiana*), buahnya sangat mirip dengan kelapa, namun jauh lebih kecil. Telapak ratu awalnya diklasifikasikan dalam genus *Cocos* bersama dengan kelapa, namun kemudian dipindahkan ke *Syagrus*. Sebuah sawit baru-baru ini ditemukan, *Alfredii Beccariophoenix* dari Madagaskar, hampir identik dengan kelapa, dan lebih dari telapak ratu. Hal ini menghasilkan kelapa di daerah dingin.

Kelapa itu telah menyebar di banyak daerah di daerah tropis, mungkin dibantu dalam banyak kasus oleh pelayaran orang. Buah kelapa di alam liar ringan, ringan dan sangat tahan air, dan berevolusi untuk membubarkan jarak yang signifikan melalui arus laut. Buah dikumpulkan dari laut sampai utara Norwegia yang layak. Di Kepulauan Hawaii, yang kelapa dianggap sebagai pengantar Polinesia, pertama dibawa ke kepulauan oleh pelayar Polinesia awal dari kampung halaman mereka di Oseania. Mereka sekarang hampir di mana-mana antara 26°N dan 26°S kecuali untuk interior Afrika dan Amerika Selatan.

Bunga dari kelapa polygamomonoecious, dengan baik laki-laki dan perempuan bunga di perbungaan yang sama. Pembungaan terjadi terus menerus. Kelapa telapak diyakini sebagian besar penyerbukan silang, meskipun ada beberapa varietas kerdil diri penyerbukan. Daging kelapa ini mempunyai istilah endosperma, terletak pada permukaan dalam. Di dalam lapisan endosperma kelapa berisi cairan bening yang dapat dimakan yang manis, asin, atau keduanya.

Negara bagian India di daerah Kerala dikenal sebagai Tanah kelapa. Nama berasal dari “Kera (pohon kelapa) dan “Alam” tempat (“ atau “bumi”). Kerala memiliki pantai dibatasi oleh pohon kelapa, jaringan padat dari air, diapit oleh kebun kelapa hijau dan dibudidayakan ladang. Kelapa

merupakan bagian dari makanan sehari-hari, minyak yang dihasilkan digunakan untuk memasak, sabut digunakan untuk furnishing, dekorasi, dll

Kelapa menerima nama dari penjelajah Portugis, para pelaut dari Vasco da Gama di India, yang pertama kali membawa mereka ke Eropa. Permukaan berbulu coklat dan kelapa mengingatkan mereka dari hantu atau penyihir yang disebut Coco. Sebelum itu disebut *indica nux*, nama yang diberikan oleh Marco Polo pada 1280, sementara di Sumatera, diambil dari orang-orang Arab yang menyebutnya جوز هندي *jawz Hindi*. Kedua nama menerjemahkan untuk “kacang India.” Ketika kelapa tiba di Inggris, mereka mempertahankan nama coco dan kacang telah ditambahkan.



Gambar 2.11 Serat Serabut Kelapa

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2018

Tabel 2.1 Komposisi unsur kimia serat alam.

| Serat | Selulosa (%) | Hemiselulosa (%) | Lignin (%) | Kadar air(%) |
|-----------------|--------------|------------------|------------|--------------|
| Pisang | 60-65 | 6-8 | 5-10 | 10-15 |
| Kelapa | 43 | <1 | 45 | 10-12 |
| <i>Flax</i> | 70-72 | 14 | 4-5 | 7 |
| <i>Jute</i> | 61-63 | 13 | 5-13 | 12,5 |
| <i>Rami</i> | 80-85 | 3-4 | 0,5 | 5-6 |
| <i>Sisal</i> | 60-67 | 10-15 | 8-12 | 10-12 |
| <i>Sun hemp</i> | 70-78 | 18-19 | 4-5 | 10-11 |

2.9 Polyester

Poliester merupakan bahan baku produksi plastik jenis termoset. *Poliester* memiliki berat molekul yang tinggi dan titik lebur yang tinggi.

Poliester sering digabungkan dengan *polimer* lain untuk menambah kualitasnya, seperti pada poliester resin yang digabungkan dengan gelas *fiber*, dapat diperoleh polimer plastik yang kuat, kokoh, tahan terhadap suhu atau tidak mudah meleleh. Contoh pada perahu boat, alat-alat olah raga, dan alat-alat listrik (Bhatnagar, 2004). Salah satu jenis poliester adalah *polifenil ester*.

Polyester ini diperoleh dari pengolahan serat benang sintetis (*synthetic fibre*) dari hasil proses *Ethylene Glycol* (EG) *terephthalic acid*. *Terephthalic Acid* sendiri berasal dari *paraxylene* (Px) yang merupakan produk aromatik dengan bahan baku *heavy naphtha* yang berasal dari minyak bumi.

2.9.1 Jenis-jenis *Polyester*

1. *Polietilena Tereftalat* (PET)

Polietilena tereftalat (disingkat PET, PETE atau dulu PETP, PET-P) adalah suatu resin polimer plastik *termoplast* dari kelompok *poliester*. PET banyak diproduksi dalam industri kimia dan digunakan dalam serat sintetis, botol minuman dan wadah makanan, aplikasi *thermoforming*, dan dikombinasikan dengan serat kaca dalam resin teknik. PET merupakan salah satu bahan mentah terpenting dalam kerajinan tekstil.

PET dapat berupa padatan *amorf* (transparan) atau sebagai bahan semi kristal yang putih dan tidak transparan, tergantung kepada proses dan kondisi termalnya. Monomernya dapat diproduksi melalui esterifikasi asam tereftalat dengan *etilen glikol* dan air sebagai hasil sampingnya. Monomer PET juga dapat dihasilkan melalui reaksi *transesterifikasi etilen glikol* dengan *dimetil tereftalat* dengan *metanol* sebagai hasil samping. Polimer PET dihasilkan melalui reaksi polimerasi kondensasi dari monomernya. Reaksi ini terjadi sesaat setelah esterifikasi/transesterifikasinya dengan etilen glikol sebagai produk samping (dan etilen glikol ini biasanya didaur ulang).

Kebanyakan (sekitar 60%) dari produksi PET dunia digunakan dalam serat sintetis, dan produksi botol mencapai 30% dari permintaan dunia. Dalam penggunaannya di bidang tekstil, PET biasanya disebut dengan poliester saja.

2. PTT (polytrimethylene terephthalate)

Sebagai berputar polimer baru, Serat PTT adalah singkatan (*polytrimethylene terephthalate*), dikembangkan oleh *Shell Chemical* di 1995. Serat PTT, Serat PET (*etilena tereftalat*) dan PBT serat (*tetrametilena terephthalate*) milik polyester, berputar dengan jenis yang sama polimer. Serat PTT menggabungkan dengan karakteristik *poliester* dan nilon. Selain resistensi regangan yang baik, Serat PTT memiliki pencelupan yang baik, perasaan lembut dan elastisitas yang sangat baik. Diperpanjang serat PTT adalah sama dengan *spandex*. Dibandingkan dengan *spandex*, Serat PTT lebih mudah untuk pengolahan dan lebih cocok untuk pakaian. Sebaliknya, Serat PTT memiliki kering, kaku dan halus. Untuk itu, Serat PTT akan menggantikan polyester dan nylon, banyak digunakan dalam abad ke-21. Karakteristik serat PTT:

- Serat PTT memiliki kelembutan baik.
- Serat PTT memiliki elastisitas yang nyaman (lebih baik dari serat PET, Serat PBT dan serat PP, setara dengan nilon 6 atau nilon 66).
- Serat PTT memiliki diperpanjang baik (panjang dapat dipulihkan ketika serat diperpanjang oleh 20%).
- Serat PTT memiliki pencelupan yang baik, properti pencetakan tekstil (110 ~ 120 , membubarkan pewarna dapat digunakan untuk pencelupan), tahan luntur warna yang *superior*, tahan luntur cahaya dan tahan polusi.
- Serat PET memiliki berbagai warna dan non-setrika.
- Serat PTT memiliki penggunaan yang luas. Digabungkan dengan serat selulosa, serat alami dan serat sintetis, Serat PTT adalah bahan baku yang ideal untuk karpet, berpakaian preman, mode, pakaian dalam, olahraga setelan, baju renang dan kaus kaki.

3. Polibutilen Tereftalat (PBT)

Polibutilen Tereftalat (PBT) adalah suatu termoplastik semi kristalin yang termasuk ke dalam keluarga poliester. PBT banyak dipakai

sebagai plastik teknik (*engineering plastic*) misalnya sebagai komponen sistem elektrik, konektor, soket elektrik, bobbin, serta komponen insulasi.

Dalam industri tekstil, PBT dibuat menjadi serat dalam bentuk filamen. Keunggulan serat PBT dibanding serat poliester salah satunya adalah dapat dicelup di bawah 100°C tanpa perlu penambahan *carrier* sehingga disebut juga *easy dyeable* atau *carrier free dyeable polyester fibre*. Tentunya ini adalah nilai tambah yang sangat baik karena dapat meminimalkan penggunaan energi, zat kimia (dalam hal ini *carrier*) dan polusi bila dibandingkan dengan serat *poliester* yang biasanya membutuhkan penambahan *carrier* bila ingin dicelup pada suhu sekitar 100°C.

Serat PBT memiliki stabilitas dimensi yang sangat baik, *low moisture absorption*, dan resistansi insulasi yang tinggi. Selain itu sifat elektrik dan sifat mekaniknya pun baik termasuk kekuatan dan rigiditas yang tinggi serta memiliki sifat ketahanan terhadap beberapa zat kimia, pelarut, dan minyak. Serat PBT dibuat melalui proses pemintalan leleh dengan mereaksikan dimetilen tereftalat (DMT) dengan 1,4-butanediol (Gambar 1) atau asam tereftalat (TPA) dengan 1,4-butanediol (Gambar 2). Seperti halnya poliester, proses pembuatan PBT juga terjadi dalam dua tahap yaitu proses trans-esterifikasi dan polikondensasi. Kekuatan dan stabilitas dimensinya yang baik terutama dalam keadaan basah serta ketahanan terhadap klor membuat serat PBT sangat cocok diaplikasikan sebagai pakaian renang. Aplikasi lainnya yaitu sebagai bahan kaos kaki, pakaian dalam dan karpet.

2.10 Cetakan

Cetakan yang digunakan dalam pengujian ini adalah cetakan kaca yang dibuat sedemikian rupa sehingga memungkinkan untuk membuat bahan spesimen uji, cetakan ini terdiri dari 2 ukuran yaitu ukuran P=40cm, L=2cm, dan T=2cm serta ukuran P=7cm, L=6cm, T=2cm.



Gambar 2.12 Cetakan Spesimen

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2018

2.11 Peralatan yang digunakan

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin Uji *Impact*
2. Mesin Uji *Bending*
3. Kuas
4. Timbangan Digital
5. Jangka Sorong
6. Gerinda Tangan
7. Gerinda Duduk
8. Mistar
9. Amplas
10. Gunting
11. Sikat Kawat
12. Cetakan Kaca Spesimen
13. Sarung Tangan
14. Masker

2.12 Uji *Impact*

Uji *impact* adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat (*rapid loading*). Pengujian *impact* merupakan suatu pengujian yang mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut. Inilah yang membedakan pengujian *impact* dengan pengujian tarik dan kekerasan, dimana pembebanan dilakukan secara perlahan-lahan. Pengujian *impact* merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dalam

perlengkapan transportasi atau konstruksi dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan melainkan datang secara tiba-tiba, contoh deformasi pada bumper mobil pada saat terjadinya tumbukan kecelakaan.

Pada uji *impact* terjadi proses penyerapan energi yang besar ketika beban menumbuk spesimen. Energi yang diserap material ini dapat dihitung dengan menggunakan prinsip perbedaan energi potensial. Dasar pengujiannya yakni penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami *deformasi*. Pada pengujian *impact* ini banyaknya energi yang diserap oleh bahan untuk terjadinya perpatahan merupakan ukuran ketahanan *impact* atau ketangguhan bahan tersebut.

Sifat keuletan suatu bahan dapat diketahui dari pengujian tarik dan pengujian *impact*, tetapi dalam kondisi beban yang berbeda. Beban pada pengujian *impact* seperti yang telah dijelaskan diatas adalah secara tiba-tiba, sedangkan pada pengujian tarik adalah perlahan-lahan. Dari hasil pengujian tarik dapat disimpulkan perkiraan dari hasil pengujian *impact*. Tetapi dari pengujian *impact* dapat diketahui sifat ketangguhan logam dan harga *impact* untuk temperatur yang berbeda-beda, mulai dari temperatur yang sangat rendah (-30oC) sampai temperatur yang tinggi. Sedangkan pada percobaan tarik, temperatur kerja adalah temperatur kamar.

Ada dua macam metode uji *impact*, yakni metode *charpy* dan *izod*, perbedaan mendasar dari metode itu adalah pada peletakan spesimen, Pengujian dengan menggunakan *charpy* lebih akurat karena pada *izod* pemegang spesimen juga turut menyerap energi, sehingga energi yang terukur bukanlah energi yang mampu di serap material seutuhnya.



Gambar 2.13 Mesin Uji *Impact*

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2018

2.12.1 Pengujian Impact Metode *Charpy*

Batang uji *Charpy* banyak digunakan di Amerika Serikat, Benda uji *Charpy* memiliki luas penampang lintang bujur sangkar (10 x 10 mm) dan memiliki takik (*notch*) berbentuk V dengan sudut 45^o, dengan jari-jari dasar 0,25 mm dan kedalaman 2mm. Benda uji diletakkan pada tumpuan dalam posisi mendatar dan bagian yang bertakik diberi beban impak dari ayunan bandul, Serangkaian uji *Charpy* pada satu material umumnya dilakukan pada berbagai temperature sebagai upaya untuk mengetahui temperatur transisi.

Prinsip dasar pengujian *charpy* ini adalah besar gaya kejut yang dibutuhkan untuk mematahkan benda uji dibagi dengan luas penampang patahan. Mula-mula bandul *Charpy* disetel dibagian atas, kemudian dilepas sehingga menabrak benda uji dan bandul terayun sampai ke kedudukan bawah. Jadi dengan demikian, energi yang diserap untuk mematahkan benda uji ditunjukkan oleh selisih perbedaan tinggi bandul pada kedudukan atas dengan tinggi bandul pada kedudukan bawah (tinggi ayun). Segera setelah benda uji diletakkan, kemudian bandul dilepaskan sehingga batang uji akan melayang (jatuh akibat gaya gravitasi). Bandul ini akan memukul benda uji yang diletakkan semula dengan energi yang sama. Energi bandul akan diserap oleh benda uji yang dapat menyebabkan benda uji patah tanpa *deformasi* (getas) atau pun benda uji tidak sampai putus yang berarti benda uji mempunyai sifat keuletan yang tinggi.

Permukaan patah membantu untuk menentukan kekuatan *impact* dalam hubungannya dengan temperatur transisi bahan. Daerah transisi yaitu daerah dimana terjadi perubahan patahan ulet ke patahan getas. Bentuk perpatahan dapat dilihat langsung dengan mata telanjang atau dapat pula dengan bantuan mikroskop.



Gambar 2.14 Proses pembuatan *Notch* (Takik)

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2018

2.12.2 Pengujian *Impact* Metode *Izod*

Metode uji *Izod* lazim digunakan di Inggris dan Eropa, Benda uji *Izod* mempunyai penampang lintang bujur sangkar atau lingkaran dengan takik V di dekat ujung yang dijepit, kemudian uji impak dengan metode ini *umumnya juga dilakukan hanya pada temperatur ruang dan ditujukan untuk material-material yang didisain untuk berfungsi sebagai cantilever*,

Perbedaan mendasar *charpy* dengan *izod* adalah peletakan spesimen. Pengujian dengan menggunakan *izod* tidak seakurat pada pengujian *charpy*, karena pada *izod* pemegang spesimen juga turut menyerap energi, sehingga energi yang terukur bukanlah energi yang mampu di serap material seutuhnya.

2.13 Faktor Penyebab Patah Getas pada Pengujian *Impact*

1. *Notch*

Notch pada material akan menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan pada daerah yang lancip sehingga material lebih mudah patah. Selain itu *notch* juga akan menimbulkan *triaxial stress*. *Triaxial stress* ini sangat berbahaya karena tidak akan terjadi deformasi plastis dan

menyebabkan material menjadi getas. Sehingga tidak ada tanda-tanda bahwa material akan mengalami kegagalan.

2. Temperatur

Pada temperatur tinggi material akan getas karena pengaruh vibrasi elektronnya yang semakin rendah, begitupun sebaliknya.

3. *Strainrate*

Jika pembebanan diberikan pada *strain rate* yang biasa-biasa saja, maka material akan sempat mengalami *deformasi plastis*, karena pergerakan atomnya (dislokasi). Dislokasi akan bergerak menuju ke batas butir lalu kemudian patah. Namun pada uji *impact*, *strain rate* yang diberikan sangat tinggi sehingga dislokasi tidak sempat bergerak, apalagi terjadi *deformasi plastis*, sehingga material akan mengalami patah *transgranular*, patahnya ditengah-tengah atom, bukan di batas butir. Karena dislokasi tidak sempat bergerak ke batas butir.

Kemudian, dari hasil percobaan akan didapatkan energi dan temperatur. Dari data tersebut, kita akan buat diagram harga *impact* terhadap temperatur. Energi akan berbanding lurus dengan harga *impact*. Kemudian kita akan mendapatkan temperatur transisi. Temperatur transisi adalah *range* temperature dimana sifat material dapat berubah dari getas ke ulet jika material dipanaskan. Temperatur transisi ini bergantung pada berbagai hal, salah satunya aspek metalurgi material, yaitu kadar karbon. Material dengan kadar karbon yang tinggi akan semakin getas, dan harga impaknya kecil, sehingga temperatur transisinya lebih besar. Temperatur transisi akan mempengaruhi ketahanan material terhadap perubahan suhu. Jika temperatur transisinya kecil maka material tersebut tidak tahan terhadap perubahan suhu.

2.14 Bentuk Patahan pada Uji *Impact*

1. Patahan Getas

Patahan yang terjadi pada benda yang getas, misalnya: besi tuang, dapat dianalisis permukaan rata dan mengkilap, potongan dapat dipasangkan kembali, keretakan tidak dibarengi *deformasi*, nilai pukulan takik rendah.

2. Patahan Liat

Patahan yang terjadi pada benda yang lunak, misalnya: baja lunak, tembaga, dapat dianalisis permukaan tidak rata, buram dan berserat, pasangan potongan tidak bisa dipasang lagi, terdapat deformasi pada keretakan, nilai pukulan takik tinggi.

3. Patahan Campuran

Patahan yang terjadi pada bahan yang cukup kuat namun ulet, misalnya pada baja temperatur gabungan patahan getas dan patahan liat, permukaan kusam dan sedikit berserat, potongan masih dapat dipasangkan, ada *deformasi* pada retakan.

2.15 Uji *Bending*

Uji lengkung (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara *visual*. Selain itu uji *bending* digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan hasil sambungan las baik di *weld metal* maupun HAZ. Dalam pemberian beban dan penentuan dimensi *mandrel* ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, yaitu :

1. Kekuatan tarik (*Tensile Strength*)
2. Komposisi kimia dan struktur mikro terutama kandungan Mn dan C.
3. Tegangan luluh (*yield*).

Berdasarkan posisi pengambilan spesimen, uji bending dibedakan menjadi 2 yaitu *transversal bending* dan *longitudinal bending*.



Gambar 2.15 Mesin Uji *Bending*

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2018

2.15.1 Macam – macam uji *bending*

1. *Transversal Bending*

Pada *transversal bending* ini, pengambilan spesimen tegak lurus dengan arah pengelasan. Berdasarkan arah pembebanan dan lokasi pengamatan, pengujian *transversal bending* dibagi menjadi tiga:

a. *Face Bend* (*Bending* pada permukaan las)

Dikatakan *Face Bend* jika bending dilakukan sehingga permukaan las mengalami tegangan tarik dan dasar las mengalami tegangan tekan (gambar 5.1). Pengamatan dilakukan pada permukaan las yang mengalami tegangan tarik. Apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak di manakah letaknya, apakah di *weld metal*, HAZ atau di *fusion line* (garis perbatasan WM dan HAZ).

b. *Root Bend* (*Bending* pada akar las)

Dikatakan *Root Bend* jika bending dilakukan sehingga akar las mengalami tegangan tarik dan dasar las mengalami tegangan tekan (gambar 5.2). Pengamatan dilakukan pada akar las yang mengalami tegangan tarik, apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak di manakah letaknya, apakah di *weld metal*, HAZ atau di *fusion line* (garis perbatasan WM dan HAZ).
 Dikatakan *Side Bend* jika bending dilakukan sehingga sisi las (gambar 5.3). Pengujian ini dilakukan jika ketebalan material yang di las lebih besar dari $3/8$ inchi. Pengamatan dilakukan pada sisi las

tersebut, apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak dimanakah letaknya, apakah di *Weld metal*, HAZ atau di *fusion line* (garis perbatasan WM dan HAZ).

2. *Longitudinal Bending*

Pada *longitudinal bending* ini, pengambilan spesimen searah dengan arah pengelasan berdasarkan arah pembebanan dan lokasi pengamatan, pengujian *longitudinal bending* dibagi menjadi dua:

Face Bend (Bending pada permukaan las)

Dikatakan *Face Bend* jika bending dilakukan sehingga permukaan las mengalami tegangan tarik dan dasar las mengalami tegangan tekan (gambar 5.4). Pengamatan dilakukan pada permukaan las yang mengalami tegangan tarik, apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak di manakah letaknya, apakah di *Weld metal*, HAZ atau di *fusion line* (garis perbatasan WM dan HAZ).

Root Bend (Bending pada akar las)

Dikatakan *Root Bend* jika bending dilakukan sehingga akar las mengalami tegangan tarik dan dasar las mengalami tegangan tekan (gambar 5.5). Pengamatan dilakukan pada akar las yang mengalami tegangan tarik, apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak di manakah letaknya, apakah di *Weld metal*, HAZ atau di *fusion line* (garis perbatasan WM dan HAZ).

3. Kriteria kelulusan uji *bending*

Untuk dapat lulus dari uji *bending* maka hasil pengujian harus memenuhi *standard* ASME sebagai berikut :

- Pada daerah *Weld metal* dan HAZ ukurannya tidak melebihi 1/8 *inchi* ($\pm 3,2$ mm) yang diukur dari segala arah permukaan.
- Pada daerah pelapisan ukuran cacat maksimal 1.6 mm
- Cacat pada sudut diabaikan kecuali akibat SI (*Slag Inclusion*) dan IF (*Incomplete Fusion*) dan *Internal Discontinuties*