

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian yang akan dilakukan ini merujuk pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Pantoro, (2009) meneliti tentang hubungan antara variasi ukuran *filler* dengan perilaku mekanik dan fisik dari material komposit resin serbuk kayu yang dikenai pembebanan statik berupa beban tarik dan beban *bending*. Dalam Tugas Akhir ini komposit dibuat dari resin dengan variasi ukuran serbuk kayu (30 mesh, 40 mesh, 60 mesh, 80 mesh) dan jenis serbuk kayu adalah kayu jati (*Tectona grandis*) dan kayu kamper (*Cinamomum camphora*). Fraksi volume yang digunakan adalah 40%. Dari penelitian Tugas Akhir ini didapatkan bahwa kekuatan tarik terbesar dimiliki oleh komposit dengan penguat serbuk kayu jati pada ukuran *filler* 80 mesh dengan nilai 0.3128 kg/mm. Sedangkan modulus elastisitas *bending* terbesar dimiliki komposit dengan penguat serbuk kayu jati dengan ukuran *filler* 80 mesh sebesar 512.4614 2 kg/mm. Akhirnya dari analisa diperoleh kesimpulan bahwa variasi ukuran *filler* dan jenis *filler* berpengaruh terhadap kekuatan mekanik komposit.

Budi, (2007) kurniawan melakukan penelitian tentang pengaruh panjang serat terhadap keausan, kekuatan tarik, dan *impact* komposit serat ampas tebu bermatrik *polyester*. Pada penelitian ini serat yang digunakan adalah serat ampas tebu dengan fraksi volume 40%, panjang serat 10mm, 20mm, 30mm, dan 40mm. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa perbandingan panjang serat tidak begitu berpengaruh terhadap kekuatan *impact*.

Agus, (2004) Santoso melakukan penelitian tentang pengaruh variasi fraksi volume pada komposit serbuk kayu dan resin katalis dengan variasi perbandingan 75%:25%, 65%:35% dan 55%:45% terhadap peningkatan kekuatan tarik dan *bending*. Dalam penelitian ini, Agus Santoso menggunakan massa jenis serbuk kayu jati sebesar 0.65 g/cm³.

2.2 Pengertian Komposit

Jones, (1975) Kata komposit (*composite*) berasal dari kata "*to compose*" yang berarti menyusun atau menggabung. Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material, dimana sifat mekanik dari material pembentuknya berbeda-beda. Schwartz, (1884) Karena bahan komposit merupakan bahan gabungan secara makro, maka bahan komposit dapat didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran/kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda di dalam bentuk dan atau komposisi material yang pada dasarnya tidak dapat dipisahkan.

Jones, (1975) Penggabungan material yang berbeda bertujuan untuk menemukan material baru yang mempunyai sifat antara (*intermediate*) material penyusunnya yang tidak akan diperoleh jika material penyusunnya berdiri sendiri. Sifat material hasil penggabungan ini diharapkan saling memperbaiki kelemahan dan kekurangan material penyusunnya. Sifat-sifat yang dapat diperbaiki : kekuatan, kekakuan, ketahanan *bending*, berat jenis, pengaruh terhadap temperatur, isolasi termal, dan isolasi akustik.

2.3 Jenis-Jenis Komposit

- 1) Menurut struktur dari penyusunnya

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

- a) Komposit serat (*Fiber composite*)

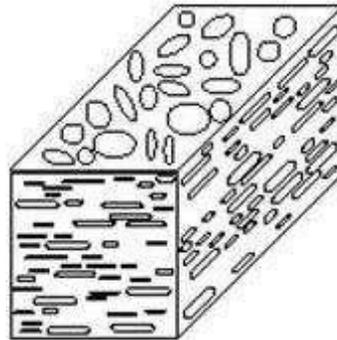
Schwartz, (1984) Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai bahan penguatnya. Dalam pembuatan komposit, serat dapat diatur memanjang (*unidirectional composites*) atau dapat dipotong kemudian disusun secara acak (*random fibers*) serta juga dapat dianyam (*cross-ply laminate*).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

a. *unidirectional fiber composite*b. *random fiber composite*

Gambar 2.1 Komposit Serat
(Sumber: Schwartz, 1984)

b) Komposit Serpilh (flake composite)

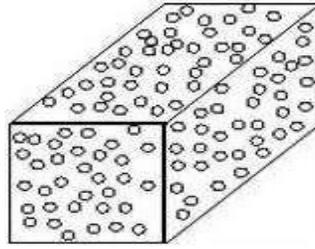
Schwartz, (1984) *Flake Composites* adalah komposit dengan penambahan material berupa serpih kedalam matriksnya. *Flake* dapat berupa serpihan mika, *glass* dan metal.



Gambar 2.2 Komposit serpih
(Sumber: Schwartz, 1984)

c) Komposit Butir (*particulate composite*)

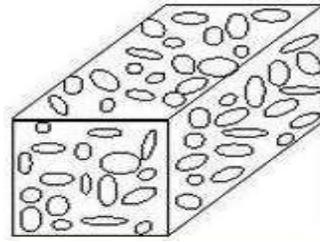
Schwartz, (1984) *Particulate composites* adalah salah satu jenis komposit di mana dalam matrik ditambahkan material lain berupa serbuk/butir. Perbedaan dengan *flake* dan *fiber composites* terletak pada distribusi dari material penambahnya. Dalam *particulate composites*, material penambah terdistribusi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



Gambar 2.3 Komposit partikel
(Sumber: Schwartz, 1984)

d) Komposit Isian (*filled composite*)

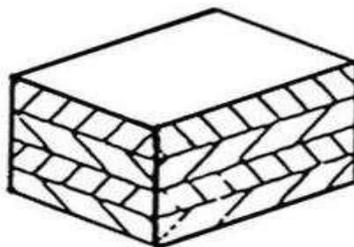
Schwartz, (1984) *Filled composites* adalah komposit dengan penambahan material ke dalam matriks dengan struktur tiga dimensi dan biasanya *filler* juga dalam bentuk tiga dimensi.



Gambar 2.4 *Filled (skeletal) composites*
(Sumber: Schwartz, 1984)

e) Komposit Lapisan (*laminar composite*)

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



Gambar 2.5 *Laminar composites*
(Sumber: Schwartz, 1984)

2) Berdasarkan Matriksnya

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

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, dan gardan.

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).

3) Berdasarkan Struktur

a) Struktur *laminat*

Merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.

b) Struktur Sandwich

Komposit sandwich merupakan gabungan dua lembar skin yang disusun pada dua sisi material ringan (*core*) serta *adhesive*. Fungsi utama *skin* adalah menahan beban aksial dan *bending*, sedangkan *core* berfungsi untuk mendistribusikan beban aksial menjadi beban geser pada seluruh luasan yang terjadi akibat pembebanan gaya dari luar.

2.4 Tebu

Supriadi, (1992) Tebu (*saccharum officinarum*) merupakan tanaman perkebunan semusim, yang mempunyai sifat tersendiri, sebab di dalamnya terdapat zat gula. Tebu termasuk keluarga rumput-rumputan (*family gramineae*). Akar tanaman tebu adalah serabut dan tanaman ini termasuk ke dalam kelas *monocotyledone*.

Klasifikasi tanaman tebu adalah sebagai berikut :

Devisi : *sphermatophyta*

Sub divisi: *agiospermae*

Kelas : *monocotyledone*

Family : *poaceae*

Genus : *saccharum*
Species : *saccharum officinarum*

Tanaman tebu mempunyai batang yang kurus, tidak bercabang dan tumbuh tegak. Tanaman yang tumbuh baik tingginya dapat mencapai 3-5 meter. Pada batangnya terdapat lapisan lilin yang berwarna putih atau keabu-abuan. Batangnya beruas dengan panjang ruasnya 5-10 cm. Daun berpangkal pada buku batang dengan kedudukan yang bersilang.

Slamet, (2004) Ampas tebu atau *Bagase* adalah bahan sisa berserat dari batang tebu yang telah mengalami ekstraksi niranya dan banyak mengandung parenkin serta tidak tahan lama disimpan karena mudah terserang jamur. Serat sisa dan ampas tebu biasanya digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi pengolahan gula. Serat tebu selain dimanfaatkan sebagai bahan bakar pabrik juga dapat digunakan sebagai pembuatan papan partikel, kertas, media budidaya jamur dan pupuk komposit.

Penebar Swadaya, (2000) Ampas tebu merupakan hasil samping dari proses ekstraksi tebu. Dari suatu pabrik dapat dihasilkan sekitar 35-40% dari berat tebu yang digiling.



Gambar 2.6 Serat Tebu
(Sumber: Dokumentasi, 2018)

Komponen kimia serat tebu dan beberapa serat lainnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Kandungan kimia serat alami

Serat	Lignin (%)	Selulosa(%)	Hemiselulosa (%)
Tandan sawit	19	65	
Mesocrap sawit	11	60	
Serat tebu	40-50	32-43	0,15-0,25
Pisang	5	63-64	19
Sasal	10-24	66-72	12
Daun nanas	12,7	81,5	

(Sumber: Sreekala Et Al, 1997)

Sifat mekanis serat tebu dan beberapa serat penting yang lainnya dapat dilihat pada table di bawah ini:

Tabel 2.2 Sifat Mekanis Berbagai Serat Alami

Serat	Kekuatan Tarik (Mpa)	Pemanjangan (%)	Kekerasan (Mpa)
Tandan sawit	348	14	2000
Mesocrap sawit	80	17	500
Serat tebu	140	25	3200
Pisang	550	3	816
Sasal	580	4,3	1200
Daun nanas	640	2,4	970

(Sumber: Sreekala Et Al, 1997)

2.5 Polyester

Unsaturated Polyester merupakan jenis resin *thermoset* yang biasa disebut dengan *polyester* saja. *Polyester* berupa resin cair dengan viskositas yang relatif rendah dan mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti banyak resin lainnya. Mengenai sifat termalnya karena banyak mengandung *monomer stiren*, maka suhu *deformasi thermal* lebih rendah daripada resin *thermoset* lainnya dan ketahanan panas jangka panjangnya adalah kira-kira 110 - 1400 °C. Ketahanan dingin adalah baik secara relatif. Sifat listriknya lebih baik diantara resin *thermoset*. Mengenai ketahanan kimianya, pada umumnya kuat terhadap asam kecuali asam pengoksid, tetapi lemah terhadap alkali. Bila dimasukkan dalam air mendidih untuk waktu yang lama (300 jam), bahan akan pecah dan retak-retak. Bahan ini mudah mengembang dalam pelarut, yang melarutkan polimer stiren. Kemampuan terhadap cuaca

sangat baik. Tahan terhadap kelembaban dan sinar *ultra violet* bila dibiarkan di luar, tetapi sifat tembus cahaya permukaan rusak dalam beberapa tahun. Secara luas digunakan untuk konstruksi sebagai bahan komposit

Tabel 2.3 Spesifikasi resin *Unsaturated Polyester Yukalac BQTN 157*

Item	Satuan	Nilai tipikal	Catatan
Berat jenis	Gr/cm ³	1.215	
Kekerasan		40	Barcol GYZJ 934-1
Suhu distorsi panas	°C	70	
Penyerapan air (suhu ruangan)	%	0.188	1 hari
Kekuatan fleksural	Kg/mm ²	9.4	
Modulus Fleksural	Kg/mm ²	300	
Daya Rentang	Kg/mm ²	5.5	
Modulus Rentang	Kg/mm ²	300	
Elongasi	%	1.6	

(Sumber : Billmeyer, 1984)

2.5.1 Jenis-Jenis Polyester

1. Polietilena Tereftalat (PET)

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 ($110^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$, 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.

2.6 Katalis

Katalis yang digunakan adalah katalis *Methyl Ethyl Keton Peroxide* (MEKPO) dengan bentuk cair, berwarna bening. Fungsi katalis adalah mempercepat proses pengeringan (*curing*) pada bahan matrik suatu komposit. Semakin banyak katalis yang dicampurkan pada cairan matrik akan mempercepat laju pengeringan tetapi akibat mencampurkan katalis terlalu banyak membuat komposit menjadi getas. Pada saat mencampurkan katalis kedalam matriks maka akan menimbulkan reaksi panas (60° - 90° C).

Alian, (2011) Proses pengerasan resin diberi bahan tambahan yaitu, katalis jenis *Methyl Etyl Keton Peroxida* (MEKPO). Pemakaian katalis dibatasi sampai 1% dari volume resin.

No	Volume Polyester (%)	Volume Katalis (%)	Luas Bidang Tarik (Cm ²)	P_u (N)	Kuat Tarik (N/Cm ²)
1	99	1	23.52	40600	1726.19
2	98	2	22.08	35980	1625.45
3	97	3	20.64	22320	1081.39
4	96	4	23.52	40160	1707.48
5	95	5	23.04	34840	1512.15

2.7 Panel Panjang dinding

Olah raga Panjang Tebing atau dalam istilah lainnya *Rock Climbing*, sudah sejak lama dapat juga dilakukan pada tebing buatan. Pada era saat ini bahan yang digunakan sebagai pengganti papan kayu/ multi blok adalah Panel resin, tentunya dengan kekuatan dan kualitas yang dapat diandalkan baik dari segi ketahanan terhadap cuaca juga kekuatannya lebih dari itu adalah ringannya biaya perawatan. Dalam hal ini juga pembuatan dan juga pembangunan *Wall Climbing* yang berbahan dasar Resin *Block*.

2.8 ASTM (America Standard Testing and Material)

ASTM merupakan organisasi internasional sukarela yang mengembangkan standarisasi teknik untuk material, produk, sistem dan jasa. *ASTM* Internasional yang berpusat di Amerika Serikat. *ASTM* merupakan singkatan dari *American Society for Testing and Material*, dibentuk pertama kali pada tahun 1898 oleh sekelompok insinyur dan ilmuwan untuk mengatasi bahan baku besi pada rel kereta api yang selalu bermasalah. Sekarang ini, *ASTM*

mempunyai lebih dari 12.000 buah standar. Standar *ASTM* banyak digunakan pada negara-negara maju maupun berkembang dalam penelitian akademisi maupun industri.

Standar yang dihasilkan oleh *ASTM* internasional jatuh ke dalam enam katagori:

1. Standar spesifikasi, yang mendefinisikan persyaratan yang harus dipenuhi oleh subjek standar.
2. Metode uji standar, yang mendefinisikan cara tes dilakukan dan ketetapan hasil. Hasil tes dapat digunakan untuk menilai kepatuhan dan standar spesifikasi.
3. Praktek Standard, yang mendefinisikan urutan operasi yang tidak seperti metode uji standar.
4. Standar paduan, yang menyediakan sebuah koleksi terorganisir dari informasi atau serangkaian pilihan yang tidak merekomendasikan aksi tertentu.
5. Klasifikasi baku, yang menyediakan pengaturan atau pembagian bahan, produk, sisitem, atau layanan kedalam kelompok berdasarkan karakteristik yang sama seperti asal komposisi, sifat, atau penggunaa.
6. Strandar terminologi, yang menyediakan definisi istilah yang digunakan dalam standar lain yang disepakati.

2.9 Pengujian Sifat Mekanik

Pada penelitian ini pengujian hanya difokuskan pada karakter yang dihasilkan oleh hasil uji *impact* dan uji *bending*.

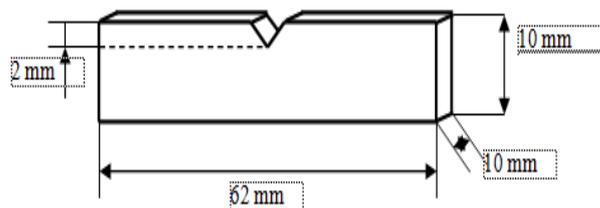
2.10 Uji *Impact*

Calliester, (2007) Pengujian impak bertujuan untuk mengukur berapa energi yang dapat diserap suatu material sampai material tersebut patah. Pengujian impak merupakan respon terhadap beban kejut atau beban tiba-tiba (beban impak).

Calliester, (2007) Dalam pengujian impak terdiri dari dua teknik pengujian standar yaitu *Charpy* dan *Izod*. Pada pengujian standar *Charpy* dan

Izod, dirancang dan masih digunakan untuk mengukur energi *impak* yang juga dikenal dengan ketangguhan takik.

Spesimen *Charpy* berbentuk batang dengan penampang lintang bujur sangkar dengan takikan V oleh proses permesinan (gambar 2.8.a). Mesin pengujian *impak* diperlihatkan secara skematik dengan (gambar 2.8.b). Beban didapatkan dari tumbukan oleh palu pendulum yang dilepas dari posisi ketinggian h . Spesimen diposisikan pada dasar seperti pada (gambar 2.8.b) tersebut. Ketika dilepas, ujung pisau pada palu pendulum akan menabrak dan mematahkan spesimen ditakikannya yang bekerja sebagai titik konsentrasi tegangan untuk pukulan *impak* kecepatan tinggi. Palu pendulum akan melanjutkan ayunan untuk mencapai ketinggian maksimum h' yang lebih rendah dari h . Energi yang diserap dihitung dari perbedaan h' dan h ($mgh - mgh'$), adalah ukuran dari energi *impak*. Posisi simpangan lengan



Gambar 2.7 Spesimen Uji *Impact* Sesuai ASTM D265
(Sumber: Calliester, 2007)

Usaha yang dilakukan pendulum waktu memukul benda uji atau usaha yang diserap benda uji sampai patah dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut:

$$E_1 = P (D - D \cos \alpha) \quad (2.1)$$

Keterangan:

E_1 : Usaha yang dilakukan (kg.m)

P : Berat palu (kg)

D : Jarak dari pusat sumbu palu ke pusat gravitasi (m)

α : Sudut angkat palu ($^{\circ}$)

$$E_2 = P (D - D \cos \theta) \quad (2.2)$$

Keterangan:

E_2 : Sisa usaha setelah mematahkan spesimen (kg.m)

- P : Berat palu (kg)
 D : Jarak dari pusat sumbu palu ke pusat gravitasi (m)
 θ : Sudut ayun setelah palu mengenai spesimen ($^{\circ}$)

Usaha yang diperlukan untuk mematahkan benda uji dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$E = E_1 - E_2 \quad (2.3)$$

Keterangan:

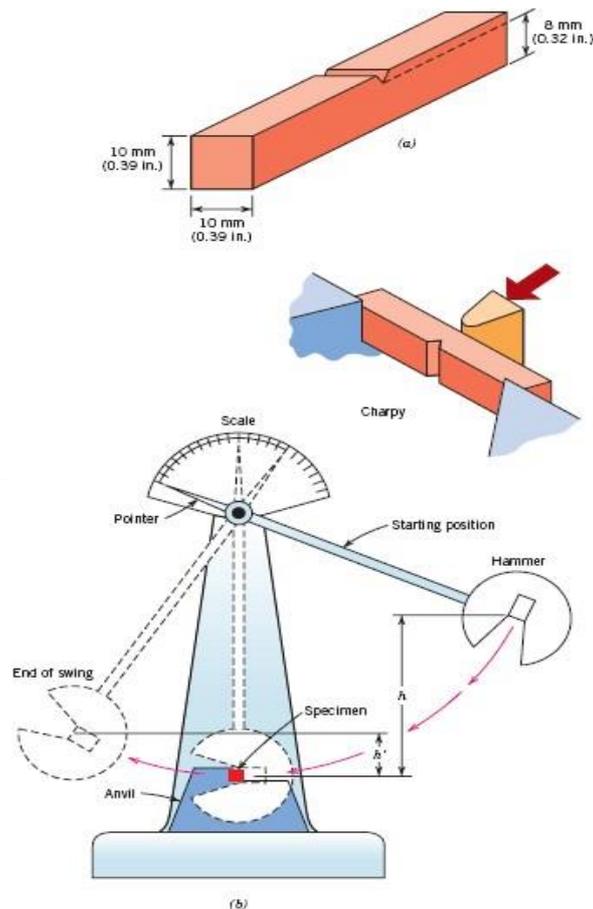
- E : Usaha yang diperlukan untuk mematahkan benda uji(kg.m)
 E1 : Usaha yang dilakukan (kg.m)
 E2 : Sisa usaha setelah mematahkan benda uji (kg.m)

Dengan besar harga *impact* dapat diketauai dengan rumus sebagai berikut :

$$W = \frac{E}{A_0} \quad (2.4)$$

Keterangan:

- W : Harga impact (kg.cm/mm²)
 E : Usaha yang diperlukan untuk mematahkan benda uji (kg.cm)
 A₀ : Luas penampang dibawah takikan (mm²)



Gambar 2.8 (a) Spesimen yang digunakan untuk Pengujian Impak.

(b) Skematik Peralatan Uji Impak.

(Sumber : Calliester, 2007)

Pengujian impak dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Material yang getas, bentuk patahannya akan bermukaan merata, hal ini menunjukkan bahwa material yang getas akan cenderung patah akibat tegangan normal.
2. Material yang ulet akan terlihat meruncing, hal ini menunjukkan bahwa material yang ulet akan patah akibat tegangan geser.
3. Semakin besar posisi sudut β akan semakin getas, demikian sebaliknya. Artinya pada material getas, energy untuk mematahkan material cenderung semakin kecil, demikian sebaliknya.

2.11 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°, 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 2.9 Proses Pembuatan *Notch* (Takik)
(Sumber: Dokumentasi, 2018)

2.12 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*

Material komposit mempunyai sifat tekan lebih baik dibanding tarik, pada perlakuan uji *bending* spesimen, bagian atas spesimen terjadi proses tekan dan bagian bawah terjadi proses tarik sehingga kegagalan yang terjadi akibat uji *bending* yaitu mengalami patah bagian bawah karena tidak mampu menahan tegangan tarik. Dimensi balok dapat kita lihat pada gambar berikut ini : (Standart ASTM D 790-02).



Gambar 2.10 Mesin Uji *Bending*
(Sumber: Dokumentasi, 2018)