

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian yang dilakukan oleh Mulyanti dkk.,(2022) mengenai material komposit dengan jumlah serbuk kaca dan serbuk aluminium yang bervariasi sebagai penguat, sedangkan resin *epoxy* berfungsi sebagai perekat dengan perbandingan volume komposisi. Prosedur pembuatan material komposit ini melalui metode *molding*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sifat mekanik serbuk aluminium dalam komposisi material memiliki peran yang signifikan terhadap nilai kekerasan dan keausan komposit, tetapi jumlah serbuk kaca yang banyak tidak meningkatkan kekerasan material. Hasil penelitian Irmansyah, (2015) didapatkan bahwa variasi ukuran serbuk pasir silika (ukuran *mesh* serbuk silika 60, 80, 100, 120, 140), kekuatan tarik dipengaruhi ketika pengisi komposit *poliester* yang diperkuat serat pisang digunakan sebagai gantinya. Kekuatan tarik komposit yang dianalisis meningkat seiring dengan perubahan ukuran *mesh* dari bahan pengisi yang diberikan. Hasil analisis pengujian menunjukkan nilai kekuatan tarik maksimum komposit sebesar 23,79 N/mm² pada 140 (μ).

Komposit dengan material resin polyester dan sampah rambut manusia. Rambut direndam pada larutan 5% NaOH selama satu jam dan dianyam dengan orientasi sudut 0°/90°, 15°/105°, 30°/120° dan 45°/135°. Proses pembuatan komposit dibuat dengan metode *compression moulding* selama 24 jam. Hasil dari pengujian densitas diperoleh peningkatan nilai densitas dengan nilai densitas terendah 0,82 g/ml dan tertinggi 0,85 g/ml sehingga menghasilkan komposit yang lebih ringan. Kemudian nilai kekuatan tarik yang didapati dari hasil pengujian dengan hasil tertinggi sebesar 16,47 MPa yang terjadi pada sudut 0°/90°. Hasil dari pengujian bending diperoleh peningkatan kekuatan lentur dengan nilai kekuatan tertinggi 47,1MPa yang terjadi pada sudut 0°/90° , Karena sudut *woven* 0°/90° menjadikan beban tersebar merata pada komposit sehingga mampu menahan beban lebih baik (Paundra dkk., 2022). Amin & Raharjo, (2012) melakukan penelitian

untuk meningkatkan daya rekat antara serat dan *matriks* dengan perlakuan pendahuluan terhadap serat dengan alkali. Potongan rambut manusia diberi perlakuan basa dengan merendamnya dalam larutan NaOH 5% selama 0, 30, 60, 90, dan 120 menit. Berdasarkan hasil, perendaman rambut dalam larutan NaOH 5% selama 60 menit menghasilkan nilai kekuatan tarik yang optimal sebesar 28,862 MPa. *Fiber pull out* yang diidentifikasi dikarenakan pada serat rambut tanpa perlakuan alkali. Sedangkan dengan adanya perlakuan alkali cenderung tidak didapati *fiber pull out*. Sedangkan pada penelitian Nanda & Satapathy, (2017) komposit epoksi dibuat dengan proporsi berat serat rambut berbeda (0, 2, 4, 6 dan 8 %) dibuat dengan teknik *hand lay-up* sederhana. Sifat mekanik seperti kekuatan tarik, lentur dan tekan dievaluasi, menghasilkan adanya peningkatan kandungan serat, maka kekuatan tarik dan lentur komposit meningkat secara signifikan sedangkan kekuatan tekan sedikit meningkat. Menurut penelitian Nurdin dkk., (2019) mengenai pengaruh terhadap sifat mekanik pada perlakuan alkali dan fraksi volume serat yang dilakukan pada komposit serat akar wangi. Penampang patahan komposit yang didominasi kegagalan *fibres pull out* didapati pada komposit dengan serat akar wangi sebagai penguat tanpa perlakuan alkali, namun dengan dilakukannya perlakuan alkali menggunakan 5% NaOH, *fiber pull out* pada penampang patahannya cenderung tidak ditemukan.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Metode	Variabel			Hasil
			Variasi komposisi	Filler	Serat Penguat	
1	Paundra dkk., (2022)	Metode <i>compression moulding</i> , dan alkalinasi dalam larutan NaOH 5%	V		V	Hasil dari pengujian diperoleh peningkatan nilai densitas dengan nilai densitas terendah 0,82 g/ml dan tertinggi 0,85 g/ml sehingga menghasilkan komposit yang lebih ringan. Nilai kekuatan tarik yang dihasilkan dari pengujian tarik menunjukkan tertinggi sebesar 16,47 MPa yang terjadi pada sudut 0°/90°. Hasil dari pengujian bending diperoleh peningkatan kekuatan bending dengan nilai kekuatan bending tertinggi 47,1 MPa yang terjadi pada sudut 0°/ 90°
2	Vatsal & Shamveel (2017)	Metode <i>hand lay-up</i>			V	Komposit <i>epoxy</i> serat rambut menunjukkan sifat mekanik yang baik. Kekuatan tarik dan lentur untuk laminasi komposit epoksi hibrida berbasis rambut manusia masing-masing didapati hasil pada uji tarik 36,9MPa dan uji kelenturan 78,6MPa. Kekuatan tumbukan adalah 6 Joule dan angka kekerasan dalam skala <i>Rockwell C</i> adalah 36,33 yang

No	Penulis	Metode	Variabel			Hasil
			Variasi komposisi	Filler	Serat Penguat	
						menyimpulkan bahwa material tersebut cukup tangguh dan cukup keras.
3	Nanda & Satapathy (2017)	Metode <i>hand lay-up</i>	V		V	Hasil yang diperoleh bahwa dengan peningkatan kandungan serat, kekuatan tarik dan lentur komposit meningkat secara signifikan sedangkan kekuatan tekan sedikit meningkat.
4	Worku (2022)	Metode <i>hand lay-up</i>	V		V	Komposit resin poliester diperkuat dengan rambut manusia dan bulu dibuat menggunakan metode <i>lay-up</i> . Hasil uji mekanik dan fisik diperoleh fraksi berat 50/50% memiliki sifat uji mekanik dan fisik yang lebih baik diantara komposisi serat <i>matriks</i> lainnya. Penurunan ini disebabkan oleh ketidak mampuan serat untuk mendukung tegangan yang ditransfer dari <i>matriks</i> polimer dan ikatan antarmuka yang buruk menghasilkan ruang parsial antara serat dan bahan <i>matriks</i> , sehingga menghasilkan struktur yang lemah.

No	Penulis	Metode	Variabel			Hasil
			Variasi komposisi	Filler	Serat Penguat	
5	W. P. Aji & Supriyanto (2021)	Metode metalurgi serbuk	V	V		Variasi komposisi paling optimum terdapat pada Al 70%:30% Si memiliki kekerasan 46,74 HVN ,hasil tersebut menunjukkan bahwa dengan proses sintering dan penambahan jumlah serbuk kaca dapat meningkatkan sifat fisik komposit
6	M. P. Aji dkk., (2012)	Metode pengecoran	V	V		Pengukuran kuat tekan dengan hasil pengujian 36 MPa pada fraksi optimum perekat adalah 30 wt% yang menunjukkan dengan adanya perekat polimer PU memiliki daya adhesif yang lebih baik. Kontak antar partikel pada polimer PU yang tinggi namun rendahnya porositas mrnjadikan kuat tekan yang lebih baik pada polimer PU dibandingkan dengan perekat polimer PVAc dan semen.
7	Irmansyah (2015)	<i>Hand Lay up</i>	V	V	V	Komposit <i>polyester</i> berpenguat serat pisang yang dipengaruhi uran serbuk pasir silika sebagai material pengisi, berpengaruh pada hasil kekuatan tarik. Semakin besar ukuran mesh filler maka kekuatan tarik komposit akan

No	Penulis	Metode	Variabel			Hasil
			Variasi komposisi	Filler	Serat Penguat	
						meningkat. Hasil analisis menunjukkan bahwa kekuatan tarik maksimum komposit pada <i>mesh</i> 140 (μ). adalah 23,79 N/mm ² .
8	Mulyanti dkk., (2022)	Metode <i>hot press</i>	V	V		Laju keausan terendah dan kekerasan yang tertinggi merupakan sifat mekanis terbaik yang didapatkan pada komposisi 35% kaca : 35% aluminium : 30% resin, dengan nilai laju keausan $7,73 \times 10^{-6}$ gr/mm ² .detik dan kekerasan 49,3 HRB. Jumlah serbuk aluminium dalam komposisi material memberikan peningkatan pada nilai kekerasan dan keausan pada material komposit, sedangkan jumlah serbuk kaca yang besar tidak membuat material mengalami kenaikan kekuatan.
9	W. P. Aji & Supriyanto (2021)	Metode metalurgi serbuk	V	V		Dengan proses sintering penambahan jumlah serbuk kaca dapat meningkatkan sifat fisik komposit

No	Penulis	Metode	Variabel			Hasil
			Variasi komposisi	Filler	Serat Penguat	
10	Amin & Raharjo (2012)					Alkalinasi rambut pada larutan 5% NaOH selama 60 menit diperoleh hasil pada harga kekuatan tarik tertinggi sebesar 28.862 MPa. Patahan yang diperoleh dikarenakan tanpa perlakuan alkali serat rambut manusia sehingga mengakibatkan patahan <i>fiber pull out</i> . Sedangkan tidak ditemukannya <i>fiber pull out</i> pada serat yang diberikan perlakuan alkali.
11	Hadi dkk., (2016)	Metode Pengecoran	V		V	Uji kuat tarik, modulus elastisitas, dan kuat lentur tertinggi diperoleh dari komposit bertulang serat daun nanas tidak dapat memenuhi persyaratan kuat tarik dan modulus elastisitas di BKI (Badan Klasifikasi Nasional), dimana nilai standar kuat tarik adalah 100 MPa, modulus elastisitasnya adalah 7000 MPa, dan nilai standar kekuatan lentur adalah 150 MPa.
12	Napitupulu dkk., (2018)	Metode pengecoran	V	V	V	Kekakuan komposit semakin meningkat dipengaruhi oleh panjang serat yang digunakan. Modulus <i>flexure</i> meningkat

No	Penulis	Metode	Variabel			Hasil
			Variasi komposisi	Filler	Serat Penguat	
						seiring dengan meningkatnya kekakuan pada komposit. Pemanfaatan 10% <i>filler</i> berbahan serbuk gergaji dimaksudkan untuk membatasi pergerakan <i>matriks</i> poliester selama proses bending atau <i>impact</i> , hal ini bertujuan agar meminimalkan jumlah regangan.
13	Nurdin dkk., (2019)	Metode Alkali	V		V	Serat akar wangi digunakan dalam komposit sebagai penguat. Semakin lama proses perendaman basa NaOH 5% , semakin besar nilai kekuatan lentur dan <i>impact</i> , sedangkan pengaruh variasi volume serat melebihi 20%, mengakibatkan penurunan kekuatan lentur dan benturan. Kegagalan <i>fibre pull out</i> disebabkan oleh kurangnya perlakuan alkali. Dalam komposit yang diperkuat serat dengan perlakuan dengan NaOH 5%, tidak ada bukti <i>fibre pull out</i> .
14	Manurung dkk., (2021)	Metode pengecoran	V	V	V	Pengaruh sifat mekanik komposit dipengaruhi dari semakin tinggi presentase antara serat tebu dan serbuk kayu maka semakin turun

No	Penulis	Metode	Variabel			Hasil
			Variasi komposisi	Filler	Serat Penguat	
						kekerasan komposit serta semakin ulet komposit yang dihasilkan.
15	Muhajir dkk., (2016)	Metode Pengecoran			V	Kekuatan tarik dihasilkan dalam komposit dengan <i>matriks</i> resin yang diperkuat serat alami dengan memvariasikan tata letak menjadi kontinyu, anyaman, silang, dan acak. Hasil kekuatan tarik tertinggi didapati pada varian tata letak <i>random</i> 3,46 kgf/mm ² , hasil pengujian mengindikasikan adanya perpatahan 90° dan cenderung kasar, lemahnya ikatan yang terdapat pada serat dan <i>matriks</i> serta mengindikasikan mekanisme gagal <i>fiber pull out</i> .

Berdasarkan studi literatur yang telah dijelaskan mengenai material komposit dengan berbagai cara pembuatan, pada penelitian eksperimen ini pembuatan papan komposit serbuk kaca dan serat rambut manusia menggunakan ukuran serbuk berukuran 140 *mesh* serta melakukan perlakuan alkali selama 60 menit pada serat rambut sebelum difabrikasi. Hal ini dilakukan menurut penelitian Irmansyah, (2015) telah mendapati hasil bahwa pada perlakuan tersebut komposit dihasilkan memiliki sifat fisik dan mekanik secara optimal, setelah masing-masing fraksi dicampurkan pada cetakan molding berukuran 28x10x0,5 mm, nantinya akan dipotong sesuai spesimen dikehendaki, langkah selanjutnya ialah melakukan metode pembuatan dengan kempa dingin menggunakan mesin kempa dingin, untuk mendapatkan nilai mekanik dari komposit serbuk kaca dan serat rambut manusia dengan diperkuat *matriks polyester* maka perlu dilakukan identifikasi karakteristik campuran komposit guna memperoleh sifat material dari uji tarik, dan uji *impact* apakah komposit tersebut layak dan bisa dijadikan material ABS *High Impact* dalam pembuatan *dashboard* mobil, berikut akan dijelaskan pada tabel dibawah ini terkait spesifikasi standar pengujian pada bahan ABS (*Akrilonitril Butadiena Stiren*) *High Impact* dalam material *dashboard* mobil (Herwandi & Napitupulu, 2017) dapat dilihat pada Tabel 2.2. seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. 2 Standar Spesifikasi ABS *High Impact*

No	Spesifikasi	Parameter Nilai Ketagguhan
1	Kekuatan tarik	20-40 Mpa
2	Nilai modulus elastisitas	1-2,5 Gpa (1000-2500 Mpa)
3	Nilai regangan bahan	2%
4	Nilai modulus lentur	1235-2588 Mpa
5	Kekuatan <i>impact</i>	13,48 kj/m ²

Herwandi & Napitupulu, 2017

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Sampah

Sampah dihasilkan dari proses produksi pada industri maupun domestik (rumah tangga). Sampah seringkali dianggap tidak memiliki nilai ekonomis dikarenakan keberadaannya seringkali mengganggu lingkungan (Arief, 2016). Sampah industri merupakan salah satu perhatian terbesar di era industrialisasi. Akibatnya, isu penting mengenai industrialisasi dengan regulasi ramah lingkungan. Penyebab sebenarnya dari timbulnya pemborosan tidak hanya berasal dari proses produksi, tetapi juga dari aktivitas domestik sehari-hari. Pentingnya penanganan dan pengelolaan sampah industri yang dihasilkan memiliki dampak terhadap lingkungan, dapat berupa sampah cair, padat atau sampah dalam bentuk lainnya. Masalah utama dalam pengelolaan dan pembuangan sampah adalah kurangnya pengetahuan di antara pelaku bisnis, khususnya industri kecil (Nasir dkk., 2015). Menurut jenis dari sampah dapat dikategorikan menjadi dua yaitu (Dzulhaj dkk., 2020):

1. Sampah Organik

Sampah organik merupakan sampah yang dihasilkan melalui bahan hayati yang dapat diuraikan secara alami atau bersifat *biodegradable*. Sampah organik sebagian besar berasal dari sampah rumah tangga dengan dominasi bahan organik, seperti sampah dapur, sayuran, kulit buah, daun, ranting dan sisa makanan

2. Sampah Non Organik

Sampah dari material non- hayati merupakan sampah non organik, jenis sampah tersebut meliputi produk pengolahan hasil pertambangan maupun produk sintetik. Banyak sampah non-organik yang tidak dapat terurai sempurna oleh *mikroorganisme* atau alam secara tuntas (*unbiodegradable*), sedangkan dalam kurun waktu lama hanya beberapa dapat diuraikan, seperti kantong plastik, botol kaca, botol plastik, kaleng dan logam.

2.2.2 Kaca

Kaca adalah zat transparan dan bening. Kaca kemudian diolah dengan campuran berupa pasir kuarsa dan batu api yang ditumbuk dalam proses

peleburan bersama dengan campuran bahan kimia lainnya. Kaca yang mengandung silika (pasir), potasium, kapur, dan berbagai bahan kimia lainnya. Semua bahan dilelehkan lalu didinginkan pada suhu tertentu agar keras tapi licin. Karena kaca bersifat transparan dan memantulkan pandangan, kaca sering digunakan untuk dekorasi rumah, perabot rumah tangga, gedung, kantor, meja, lemari, dan keperluan lainnya (Dewi, 2021). Kaca dapat dibedakan menjadi beberapa jenis seperti dibawah ini (Pratiwi dkk., 2016);

1. Kaca Normal (*Annealed Glass*).

Kaca normal adalah jenis kaca dengan sedikit distorsi dan bentuk datar dengan permukaan bening yang biasa digunakan pada konstruksi perumahan, hotel, dan restoran.

2. Kaca laminasi (*Laminated Glass*)

Kaca laminated adalah jenis kaca yang memiliki satu atau lebih lapisan di dalamnya yang telah diolah dengan plastik Polyvinyl butyral (PVB) dan lapisan transparan. Kehadiran lapisan PVB meningkatkan sifat kaca. Kaca ini biasa digunakan untuk laminasi di gedung bank, kantor, museum, toko perhiasan, dan lokasi lainnya.

3. *Tempered or Toughened Glass*

Tempered glass adalah jenis kaca yang memiliki kekuatan tinggi karena proses pembuatannya yang melibatkan perlakuan panas yang seragam pada suhu sekitar 6500°C diikuti dengan pendinginan langsung..

4. *Heat strengthened glass*

Kaca yang diperkuat panas adalah jenis kaca temper yang menggunakan perlakuan panas induksi tekanan permukaan sebagai metode penguatan. Jenis kaca ini biasa digunakan pada lantai, dinding pemisah, dan atap.

5. Kaca reflektif

Kaca reflektif adalah kaca yang memiliki lapisan metalik di salah satu sisinya untuk meningkatkan panas dan pantulan cahaya. Jenis kaca ini memiliki keunggulan estetika yaitu mengurangi silau dan panas pada eksterior bangunan. Jenis kaca ini juga dapat mengurangi kebutuhan akan AC.

6. Cermin atau *Mirror*.

Cermin adalah jenis kaca yang memantulkan cahaya dengan sangat reflektif. serta dapat memproyeksikan bayangan ke objek di depannya. Jenis kaca ini siring diaplikasikan pada bangunan seperti pada, ruang ganti, kamar mandi dinding dekoratif.

Kaca di tempat pembuangan sampah biasanya terdiri dari botol atau pecahan kaca, serta bola lampu dan barang lainnya. Akumulasi sampah kaca menunjukkan bahwa industri pembuatan kaca memiliki tingkat kecacatan sekitar 40%. Daur ulang kaca biasanya menggunakan lebih sedikit energi dari pada fabrikasi kaca. Satu ton kaca daur ulang menghemat sekitar 1,2 ton material baru dan setara dengan 860 kWh listrik, atau 18% energi yang dibutuhkan untuk memproduksi kaca baru. Setiap ton kaca yang didaur ulang dapat menghemat sekitar 315 kilogram karbon yang dilepaskan ke atmosfer selama proses pembuatan kaca baru (Giovanno, 2017). Cara efektif dalam pengelolaan sampah kaca adalah dengan menggunakan metode pengecilan ukuran partikel hingga menjadi pasir kasar berdiameter butir 0,6 – 2 mm; pasir sedang 0,2 – 0,6; pasir halus 0,06 – 0,2 mm. Dengan memanfaatkan sampah kaca sebagai substitusi maka diharapkan dapat mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan pada lingkungan (Cut dkk., 2022).

2.2.3 Sampah Rambut

Sampah rambut di Indonesia yang dihasilkan dari proses kegiatan pada salon maupun *barbershop* dengan jumlah sampah rambut manusia relatif besar, dengan ratusan kilogram sampah rambut dihasilkan setiap hari, namun penggunaan kembali terbatas pada rambut yang relatif panjang karena dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan sanggul, rambut palsu, dan *hair extension*. Sedangkan rambut berukuran pendek jarang untuk dimanfaatkan sampahnya. Faktor fisika maupun kimia pada daya tahan yang dimiliki oleh rambut relatif tinggi terhadap kerusakan. Tingkat ketahanan rambut terhadap faktor kimia dapat ditentukan oleh ikatan *sulfida* dan *hidrogen* yang dimiliki *korteks*. (Wardani, 2015).

Serat tumbuhan lebih diminati dalam bahan komposit, beberapa serat hewani juga digunakan. Rambut manusia, merupakan bahan sampah karena tidak dapat terurai, adalah salah satu dari serat tersebut. Sampah rambut manusia menyebabkan masalah kesehatan dikarenakan sampah rambut manusia jika dibakar atau tumpukan sampah tersebut dibiarkan begitu saja dapat menimbulkan bau busuk dan gas beracun seperti *amonia*, *karbonil sulfida*, *hidrogen sulfida*, belerang *dioksida*, *fenol*, *nitril*, *pirol* dan *piridin*, hal tersebut jika dibiarkan akan mengganggu kesehatan pernapasan jika gas beracun tersebut terhirup. Jadi, dengan menggunakan rambut manusia sebagai bahan penguat tidak hanya meningkatkan kekuatan konstruksi suatu bahan material tetapi juga mencegah masalah pembuangan sampah rambut (Manivel *et al.*, 2017).

2.2.4 Material Teknik

Material teknik merupakan material yang biasa digunakan secara langsung maupun melalui proses perlakuan terlebih dahulu serta dapat dijadikan material baku sebuah produk yang bermanfaat. Material tersebut dapat dipakai secara langsung dan dipilih disesuaikan dengan sifat dan karakteristik dari material tersebut. Material dapat dibedakan menurut sifat-sifat yang dimilikinya. Sifat adalah karakteristik unik dari bahan yang berhubungan dengan jenis dan besarnya respon yang diberikan ketika bahan distimulasi. Sifat-sifat suatu bahan umumnya tidak dipengaruhi oleh bentuk atau ukurannya. Sifat mekanik, elektrik, termal, magnetik, optik, dan *deteriorative* adalah enam kategori sifat material (sifat yang membuat suatu material mengalami degradasi). Sifat-sifat material berbentuk padat dapat di kategorikan menjadi enam bagian, yaitu (N. H. Sari, 2018):

1. Sifat mekanik yang berhubungan dengan bentuk bahan akibat penerapan gaya atau beban, seperti modulus elastisitas dan kekuatan, kekakuan, keuletan, ketangguhan, dan kekerasan.
2. Sifat kelistrikan seperti hambatan listrik, konduktivitas listrik, dan konstanta dielektrik diperoleh dengan menerapkan rangsangan medan listrik.
3. Sifat Panas (*thermal*) terkait dengan suhu panas dan konduktivitas termal, yang diperoleh melalui perlakuan panas.

4. Sifat Magnetik ditentukan oleh respons material terhadap medan magnet, yang umumnya diwakili oleh indeks kurva histeresis.
5. Sifat Optik ialah respon suatu material terhadap pengaruh medan elektromagnetik atau radiasi cahaya digunakan untuk menggambarkan sifat optik. Indeks refraksi dan refleksi keduanya mewakili sifat optik ini.
6. Sifat *Deteriorative* menunjukkan kereaktifan yang timbul secara kimia dari suatu material.

Bahan padat dikategorikan menjadi tiga jenis: logam, polimer, dan keramik. Klasifikasi ini berasal dari komposisi atom dan kimia. Selain ketiga kategori material tersebut, ada juga jenis material gabungan, semikonduktor, dan biomaterial. Masing-masing zat tersebut akan dibahas pada pembahasan berikut ini (Sofyan, 2021).

1. Logam

Bahan logam yang tersusun dari atom logam adalah unsur paling umum pada tabel periodik. Atom logam berikatan satu sama lain membentuk ikatan logam, dalam ikatan ini elektron yang bervalensi bebas bergerak, sehingga menjadikan material buram dan memiliki konduktivitas listrik dan termal yang tinggi. Logam memiliki kekuatan fisik yang tinggi tetapi bersifat lunak (dapat berubah bentuk). Logam termasuk besi, baja, aluminium, tembaga, emas, perak dan logam lainnya.

2. Polimer

Bahan polimer terdiri dari senyawa organik yang berasal dari karbon, hidrogen, dan unsur non-logam lainnya. Zat tersebut memiliki komposisi molekul yang besar. Sifat yang dimiliki ialah kepadatan rendah, kelenturan tinggi, dan mudah dibentuk. Umumnya, bahan polimer dikategorikan sebagai plastik. Plastik dianggap sebagai reflektor cahaya yang buruk, transparan dan tembus cahaya.

3. Komposit

Bahan komposit adalah gabungan lebih dari satu bahan. Contoh paling umum adalah *fiberglass*, yang terdiri dari serat kaca (keramik) yang digunakan sebagai penguat dalam bahan polimer. Bahan komposit bertujuan untuk

mencapai efek sinergis melalui sifat masing-masing bahan. Bersama dengan serat kaca, bahan ini dirancang untuk memiliki kekuatan yang relatif tinggi namun fleksibilitas yang baik (kontribusi dari bahan polimer).

4. Semikonduktor

Semikonduktor adalah zat yang memiliki sifat menghantarkan listrik antara konduktor dan isolator. Selain itu, konduktivitasnya relatif sensitif terhadap adanya pengotor, bahkan dalam jumlah kecil.

5. Biomaterial

Biomaterial mencakup material yang ditanamkan (*implant*) ke dalam tubuh manusia sebagai pengganti dari bagian tubuh yang mengalami kerusakan atau sakit. Material tersebut tidak boleh memiliki unsur yang beracun ketika berkontak langsung dengan cairan tubuh dan harus kompatibel dengan jaringan tubuh.

2.2.5 Material Komposit

Komposit adalah struktur yang terdiri dari beberapa bahan pembentuk tunggal digabungkan untuk membentuk struktur baru dengan sifat unggul dari bahan penyusun individu. Bahan penyusunnya adalah serat (*fiber*), sehingga disebut komposit serat, pada komposit *fiber* jenis ini bahan utamanya adalah *fiber* yang dicampur dengan bahan perekat atau pengikat. Bahan komposit serat yang utama adalah serat dan *matriks*, namun pada bahan pengikat tersebut harus diperbaiki sifatnya menggunakan pengisi sehingga didapati sifat lain yang dikehendaki. Pengikat mempunyai sifat lebih ringan dapat dimanfaatkan sebagai bahan peringan pada produk dihasilkan. Demikian sebaliknya bila dikehendaki pengikat yang lebih keras maka dapat ditambahkan bahan material penguat (Hartono dkk., 2016). Komposit dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam yaitu (Napitupulu dkk., 2018):

1) Komposit Partikel (*Particulate composite*).

Komposit partikel adalah bahan komposit yang terdiri dari *matriks* menerus dan tulangan yang diperkuat dalam bentuk partikel atau serat pendek. *Matriks* yang diperkuat partikel bersifat ulet, yang membantu mengurangi beban fraktur mendadak. Partikel-partikel ini membantu mendistribusikan beban

secara merata ke seluruh material dan mencegah deformasi plastis. Partikel-partikel ini bersifat logam atau non-logam.

2) Komposit Serat (*Fibrous composite*)

Komposit jenis serat merupakan bahan komposit yang mengandung serat sebagai penguat. Serat kaca, serat karbon, serat aramid, dan serat lainnya biasa digunakan. Bahan komposit terdiri dari polimer kontinu atau *matriks* logam dengan serat yang diikat bersama, biasanya dalam bentuk multifilamen bengkok panjang. Diameter serat biasanya antara 3 dan 30 mikron. Untuk membentuk bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman, serat-seratnya disusun secara acak atau dengan arah tertentu.

3) Komposit Lapis (*Laminate composite*)

Komposit berlapis, juga dikenal sebagai komposit laminasi, terdiri dari beberapa lapisan komposit yang diperkuat serat. Penguat komposit partikel atau kombinasi lapisan komposit tipis dengan berbagai bentuk material, yang masing-masing diikat menjadi satu dalam *matriks*.

Material komposit semakin berkembang menggantikan material klasik di berbagai bidang, mulai dari peralatan rumah tangga hingga komponen untuk pesawat luar angkasa atau pembangkit listrik tenaga nuklir. Komposit diperkuat serat menjadikan bahan yang kuat, ringan, dan tahan lama yang semakin banyak diadopsi dalam transportasi, konstruksi, dan energi terbarukan. Keberlanjutan dalam fase penggunaannya seringkali menjadi faktor penting untuk pemilihan material komposit dibandingkan material tradisional. Konstruksi komposit ringan menghasilkan konsumsi energi lebih rendah sepanjang umur produk (Chatziparaskeva *et al.*, 2022). Material komposit yang dibedakan berdasarkan *matriks* yang digunakan sebagai material dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu (Tjahjanti, 2018):

1. *Metal Matriks Composite (MMC atau MMC's)*

Metal Matriks Composite (MMC atau MMC's) adalah material komposit *matriks* logam. MMC dibuat pertama kali pada tahun 1996. *Aluminium Metal Matrix Composite Cast Composite (AMMC)* yang diproduksi melalui proses pengecoran (AMCCC). MMC memiliki transfer dan pengaturan tegangan

yang baik, tahan suhu tinggi, tidak ada penyerapan kelembaban, tidak mudah terbakar, memiliki kekuatan tekan yang tinggi, dan geser dengan baik.

2. *Ceramic Matriks Composite (CMC atau CMC's)*

Ceramic Matriks Composite (CMC atau CMC's) adalah material komposit terbuat dari keramik. CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa sebagai penguat dan satu fasa sebagai *matriks*. Dalam CMC, penguat umum termasuk oksida, karbida, dan nitrida. Salah satu teknologi pengolahan CMC adalah proses DIMOX yang menggunakan reaksi oksidasi logam cair untuk mengolah *matriks* keramik di sekitar area filler.

3. *Polymer Matriks Composite (PMC atau PMC's)*

Sifat fisik yang dimiliki komposit jenis tersebut ialah ketahanan korosi dan kerentanan stres, bahan komposit berbasis polimer adalah polimer *matriks* yang paling umum digunakan untuk bahan komposit, *matriks* polimer digolongkan menjadi termoset dan termoplastik. Polimer termoset tidak dapat didaur ulang, sedangkan termoplastik dapat diolah kembali.

2.2.6 Metode Alkalinasi

Alkalisasi serat alami adalah metode yang digunakan untuk membuat serat berkualitas tinggi. Alkalisasi serat adalah proses yang melibatkan perendaman serat dalam larutan senyawa NaOH yang bersifat basa. Hidrofilik adalah sifat alami serat yang lebih menyukai air. Memodifikasi permukaan menghasilkan ikatan yang kuat antara *matriks* dan serat. Modifikasi pada permukaan serat dimaksudkan untuk meningkatkan kecocokan serat alami dengan *matriks*. Alkalisasi melarutkan konstituen serat yang kurang efektif dalam menentukan kekuatan, seperti hemiselulosa, lignin, atau pektin. Mengurangi jumlah hemiselulosa, lignin, atau pektin dalam serat untuk meningkatkan kekerasan sehingga meningkatkan kekuatan antarmuka. Selain itu, penghilangan hemiselulosa, *lignin*, atau *pektin* dapat meningkatkan kekasaran permukaan dan mekanisasi ulang komposit (Zulkifli & Dharmawan, 2019).

2.2.7 Kempa Dingin

Kempa Dingin merupakan proses pencetakan di mana tekanan besar diterapkan pada bagian yang dicetak. Pelat dasar mesin cetak kompresi umumnya

tetap ataupun stasioner, sebaliknya pelat atas dirancang untuk bergerak ke atas serta ke dasar untuk menyesuaikan tekanan. Saat sebelum pengempaan, penguat komposit serta *matriks* dimasukkan ke dalam perlengkapan pencetak (Fauzi, 2022).

2.2.8 Dashboard

Dashboard merupakan salah satu area pada mobil yang membutuhkan perhatian. *Dashboard* adalah panel yang terletak di tengah *interior* mobil. Biasanya terdapat bagian untuk lacu, radio, dan AC di sini. Selain itu, indikator kendaraan terletak di *dashboard*. *Speedometer*, *tachometer*, indikasi bahan bakar, indikator bahaya, lampu sorot, dan komponen interior lainnya. Indikator-indikator ini sangat penting bagi fungsi pengemudi dalam mengoperasikan kendaraannya untuk keselamatan jalan. Dalam industri manufaktur, perencanaan produksi suatu objek diperlukan untuk menggambarkan faktor keamanan dan kualitas objek tersebut. Uji Tarik dan uji *impact* merupakan salah satu pengujian yang digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik dan *impact* suatu *dashboard* guna menunjang data perencanaan produksi suatu objek. Salah satu karakteristik *dashboard* adalah kemampuannya menahan beban. *Dashboard* pada umumnya (bahan ABS) memiliki kekuatan tarik 20-40 MPa, modulus elastisitas 1-2,5 GPa (1000-2500 MPa), dan kekuatan *impact* 13,48 kJ/m² (M. N. I. Sari, 2018). Jadi, jika material yang diuji pada penelitian ini mengungguli kekuatan tarik *dashboard* ABS, maka dinyatakan telah memenuhi standar.

2.2.9 Pengujian Komposit

Papan komposit yang telah dicetak selanjutnya akan diuji untuk mengetahui sifat fisik bahan seperti kekuatan dan ketangguhan. Pengujian papan partikel menggunakan metode uji tarik dan uji *impact* untuk dijadikan parameter terhadap kekuatan yang dihasilkan jika dibandingkan dengan sifat mekanik yang diperoleh pada standar spesifikasi pengujian dashboard mobil menggunakan ABS (*Akrlonitril Butadiena Stiren*) *High Impact*.

1) Uji Tarik

Uji tarik merupakan pembebanan gaya atau tegangan tarik untuk material dengan tujuan agar mengetahui serta mendeteksi kekuatan yang dimiliki dari

suatu material. Uji tarik dilakukan melalui penarikan uji menggunakan gaya tarik secara *kontinyu*, sehingga material yang di uji mengalami perpanjangan terus menerus dengan menunjukkan peningkatan dan teratur sampai putus, yang bertujuan mengetahui nilai tarik suatu sampel uji (Salindeho dkk., 2018). Adapun pengujian uji tarik dinyatakan rumus sebagai berikut (Kurniawan, 2022):

1. Tegangan maksimum (Mpa) (1)

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

σ = Tegangan (MPa)

P = Beban (N)

A = Luas penampang awal (mm²)

2. Regangan (ϵ) (2)

$$\epsilon = \Delta L / L$$

ϵ = Regangan (%)

ΔL = Pertambahan Panjang (mm)

L = Panjang mula-mula (mm)

3. Modulus elastisitas (Mpa) (3)

$$E = \sigma / \epsilon$$

E = Modulus elastisitas (Mpa)

σ = Tegangan (MPa)

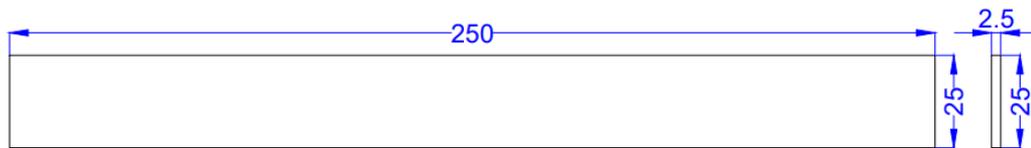
ϵ = Regangan (%)

Tabel 2. 3 Spesifikasi alat uji tarik Zwick Roell Z020

Tipe	Z020 tahun 2007
Perusahaan pembuat	<i>Zwick (germany)</i>
Fungsi	<i>Tensile compression, flexural, computer controlled universal materials testing machine, interlaminar, tear tests</i>
Kisaran Kecepatan	0,001-750 mm/min
Kapasitas Beban	-20 kg – +20 kg
Perlengkapan	<i>Tensile Head (10kN)</i>
	<i>3 point bending head</i>
	<i>4 point bending head</i>
	<i>Zwick TestXpert 11.0 Program</i>
Standar pengujian	ASTM D638, ASTM D3039 dan ISO 527

Mesin uji tarik yang dipergunakan dalam penelitian ini berjenis UTM (*Universal Testing Machine*) Zwick Z020, UTM adalah suatu mesin uji mekanis terhadap material yang dapat digunakan untuk melakukan lebih dari satu metode pengujian. Jenis pengujian yang bisa dilakukan pada mesin ini adalah uji tarik, uji *bending* (*Bending Test*), dan pengujian kekuatan geser (Sutisna dkk., 2021). Ukuran benda uji sesuai dengan ASTM (*American Standard Testing and Material*), standar ASTM D3039 adalah metode pengujian komposit yang menggunakan *matriks* polimer untuk menentukan sifat tarik material komposit, dengan dimensi benda uji tarik panjang 250 mm, lebar 25 mm, tebal 2,5 mm (ASTM D 3039, 2002).

Contoh spesimen yang akan diujikan dengan menggunakan *standart* ASTM D 3039 dengan ukuran dimensi spesimen seperti Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2. 1 Dimensi spesimen uji tarik ASTM D 3039

Tabel 2. 4 Ukuran spesimen uji tarik ASTM D 3039

<i>Fiber Orientation</i>	<i>Width (mm)</i>	<i>Overall Length (mm)</i>	<i>Thickness (mm)</i>	<i>Tab Length (mm)</i>	<i>Tab Thickness (mm)</i>	<i>Tab Bevel Angle (°)</i>
0° <i>unidirectional</i>	15	250	1.0	56	1.5	7° or 90°
90° <i>unidirectional</i>	25	175	2.0	25	1.5	90°
<i>balance and symmetric</i>	25	250	2.5			
<i>random-discontinuous</i>	25	250	2.5			

2) Uji *Impact*

Metode *charpy* dan metode *izod* adalah dua metode yang digunakan dalam pengujian *impact*. Dalam hal ini, metode *charpy* lebih umum digunakan di Amerika, juga di Indonesia, sedangkan metode *izod* lebih umum digunakan di Inggris. Namun saat ini metode *charpy* lebih banyak digunakan di perusahaan atau industri karena biaya pengujiannya lebih murah dibandingkan alat uji *impact* lainnya, dan hasil pengujian benda uji lebih cepat diketahui (Prasetyo, 2013). Uji *impact* adalah jenis uji yang menggunakan pemuatan cepat. Pengujian mekanis berbeda dalam hal jenis beban yang diterapkan pada bahan pengujian. Metode pengujian beban statis meliputi uji tarik, tekan, dan torsi. Sementara itu, uji *impact* hanya menggunakan beban dinamis. Terjadi proses penyerapan energi besar yang timbul akibat energi

kinetik suatu beban yang mengenai benda uji dalam proses pembebanan cepat, disebut juga pembebanan *impact*. Proses pengujian spesimen menggunakan pengujian dengan jenis teknik *charpy*.

Tabel 2. 5 Spesifikasi alat uji *impact* Zwick Roell HIT5.5P

Tipe	<i>Impact Testing Machine</i> HIT5.5P
Perusahaan pembuat	<i>Zwick/Roell (Germany)</i> Tahun 2016
Fungsi	<i>Izod</i> dan <i>Charpy</i>
Energi <i>Impact</i>	0,5 Joule, 1 joule, 2 joule, 2,7 joule, 4 joule, 5 joule, dan 5,4 joule
Kapasitas	Metal dan Plastik
Standar pengujian	DIN 50115, ISO 179-1, ASTM D6110, ISO 180, ASTM D256 (<i>notched</i>), dan ASTM D4812 (<i>without notch</i>)

Teknik pengujian *charpy* melibatkan penempatan spesimen secara horizontal, memegang kedua ujung pendulum, dan memukul spesimen dari belakang takik. Proses penyerapan energi yang diterima kemudian akan diubah dalam berbagai respon material. Deformasi plastis, efek isterisis, abrasi, dan efek inersia merupakan hasil pengujian yang diperoleh (Safrijal et al., 2017). Persamaan yang digunakan untuk mencari nilai *impact* sebagai berikut :

$$E_{\text{serap}} = W \times R (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (4)$$

Keterangan :

W= Pembentur (N)

R = Jarak pusat gravitasi dengan sumbu pendulum (m)

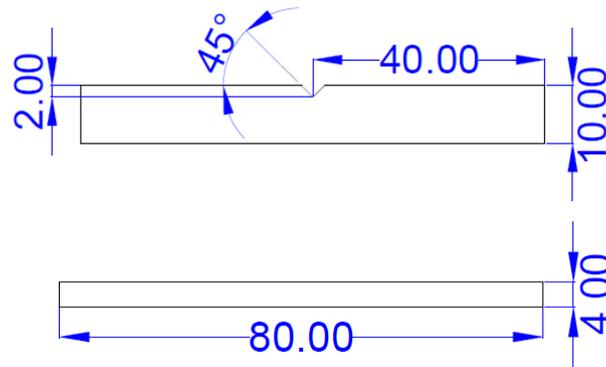
E = Energi yang terserap (joule)

α = Sudut pendulum sebelum diayunkan

β = Sudut pendulum setelah mematahkan specimen

Ukuran benda uji sesuai dengan *International Standardization Organization* (ISO 179-1), standar ISO 179-1 dengan dimensi benda uji

impact berukuran panjang 80 mm, lebar 10 mm, tebal 4 mm, dimensi dari spesimen dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2. 2 Dimensi spesimen Uji *Impact* tipe *Charpy*