

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 State of The Art

Penelitian dengan judul "*Effect Of Eggshell Powder on Structural and Durability Properties of High Strength Green Concrete for Sustainability: A Critical Review*" membahas pemanfaatan serbuk cangkang telur (Eggshell Powder/ESP) sebagai bahan tambahan ramah lingkungan dalam campuran beton. Upaya ini bertujuan menggantikan sebagian semen Portland untuk mengurangi emisi karbon serta meningkatkan sifat mekanik beton. Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan ESP pada proporsi 5% hingga 10% tidak memengaruhi sifat mekanik beton secara signifikan, sementara penambahan di atas 10% justru menyebabkan penurunan sifat tersebut. Secara spesifik, penambahan 5% ESP memberikan peningkatan kekuatan awal dan kekuatan lentur beton dibandingkan beton normal, sehingga menunjukkan potensi ESP sebagai bahan tambahan untuk beton yang lebih berkelanjutan.

Penelitian berjudul "*Investigation on Effect of Egg Shell Powder on Mechanical Properties of GFRP Composites*" mengevaluasi pengaruh penambahan serbuk cangkang telur (Eggshell Powder/ESP) pada sifat mekanik komposit fiberglass reinforced polymer (GFRP). Proses pembuatan komposit ini melibatkan pencampuran serbuk cangkang telur yang telah dihaluskan dengan bahan-bahan lain seperti resin, menghasilkan struktur yang lebih kuat serta permukaan yang lebih halus dan rata. Hasil studi menunjukkan bahwa penambahan 5% ESP meningkatkan kekakuan dan kekuatan lentur material, namun penambahan filler melebihi 5% menyebabkan pengurangan kekakuan akibat berkurangnya luas area ikatan antara serat dan matriks. Meskipun kekuatan lentur tetap stabil hingga penambahan 10% filler, kinerja optimal dicapai pada penambahan 5% serbuk cangkang telur.

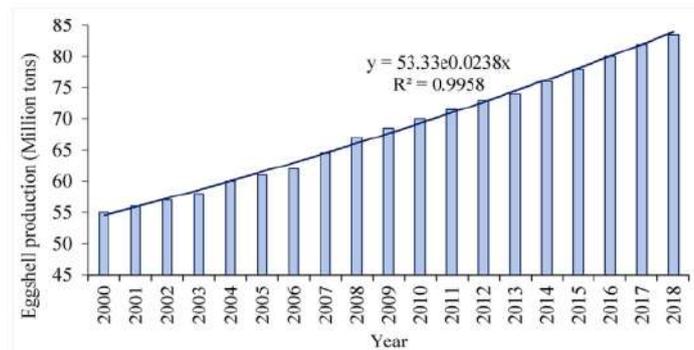
Penelitian berjudul "*Eggshell, A New Bio-Filler for Polypropylene Composites*" mengkaji perilaku mekanik komposit polypropylene (PP) dengan bio-filler serbuk cangkang telur (Eggshell/ES) dibandingkan dengan komposit PP menggunakan pengisi konvensional seperti kalsium karbonat dan talc.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit PP–ES memiliki modulus tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit PP–CC, terutama karena ukuran partikel yang lebih sesuai. Selain itu, rasio geometri yang serupa antara partikel ES dan talc memungkinkan potensi untuk menghasilkan komposit PP/ES/talc dengan sifat mekanik yang mendekati karakteristik komposit PP–TA. Temuan ini menyoroti potensi serbuk cangkang telur sebagai bio-filler inovatif untuk meningkatkan performa material polimer berkelanjutan.

Penelitian berjudul “*Effect Of Egg Shell Powder on The Mechanical and Microstructure Properties of AA 2024 Metal Matrix Composite*” mengeksplorasi pengembangan komposit matriks logam (*Metal Matrix Composite/MMC*) berbasis aluminium AA2024 dengan penambahan serbuk cangkang telur sebagai bahan penguat melalui metode peleburan in-situ. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan 10% volume serbuk cangkang telur mampu meningkatkan kekuatan tarik material hingga sekitar 10%. Namun, peningkatan persentase serbuk cangkang telur dalam komposit menyebabkan penurunan signifikan pada kekerasan material. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun serbuk cangkang telur dapat meningkatkan kekuatan tarik, keseimbangan antara kekuatan dan kekerasan perlu diperhatikan untuk aplikasi lebih lanjut.

2.2 Cangkang Telur Ayam

Selama tiga dekade terakhir, produksi telur di Asia telah mengalami pertumbuhan pesat. China dan India menjadi penguasa utama dalam produksi telur di wilayah tersebut, menyumbang lebih dari 41% dari total produksi telur global. Pada tahun 2020, produksi telur di India mencapai 6,29 juta ton dengan pertumbuhan tahunan rata-rata sekitar 6,45%. Negara bagian di selatan India menjadi pusat produksi telur terbesar di negara tersebut. Pada tahun 2016, India mencatat lebih dari 83 miliar butir telur, yang meningkat menjadi lebih dari 100 miliar butir pada tahun 2020. Namun, tingginya produksi telur ini menghasilkan limbah cangkang telur yang besar, seringkali dibuang begitu saja dan menimbulkan polusi lingkungan yang signifikan karena komposisi kimianya. Tanpa penanganan yang tepat, limbah padat ini bisa berdampak negatif pada lingkungan sekitarnya [1].



Gambar 2.1 Produksi telur di seluruh dunia antara tahun 2000 dan 2018
(Sumber: [5])

Cangkang telur mentah yang diambil dari sumbernya dibersihkan terlebih dahulu dengan menggunakan air biasa untuk menghilangkan kotoran dan lapisan tipis yang melekat [6]. Setelah dibersihkan, cangkang telur kemudian dikeringkan dan dibiarkan terkena sinar matahari hingga benar-benar kering [5]. Namun, ada juga yang menggunakan oven udara panas listrik dengan suhu 120°C selama 24 jam [7], atau bahkan hingga 180°C untuk periode yang sama.

Terdapat perbedaan metode pengeringan yang digunakan oleh peneliti lain. Misalnya, beberapa menggunakan pemanasan pada suhu 110°C selama 12 jam [8]. Setelah mengering, cangkang telur dihancurkan dan digiling menjadi bubuk. Proses penggilingan dapat dilakukan dengan menggunakan drum baja atau mesin penggiling tepung mini. Bubuk cangkang telur yang telah dihasilkan kemudian disaring dengan menggunakan ayakan berukuran 90 mikron dan siap untuk dicampur dengan semen.

Ukuran ayakan untuk proses penyaringan bubuk cangkang telur bervariasi antara peneliti, namun banyak yang menggunakan ayakan berukuran 90 mikron. Namun demikian, ada juga yang menggunakan ukuran ayakan yang lebih kecil, yaitu sebesar 70 mikron, atau bahkan ukuran yang lebih besar sebesar 2,36 mm, dengan hasil yang tetap memuaskan. Hasil akhir dari proses ini adalah ESP halus yang dapat digunakan sebagai bahan alternatif untuk semen.

Pemanfaatan bubuk cangkang telur ayam (ESP) bisa sebagai bahan pengisi dalam komposit polimer. Riset oleh Hiremath dan koleganya [9] serta Nayak dan timnya [10] menunjukkan bahwa penambahan ESP dapat meningkatkan beberapa sifat mekanis tertentu, seperti ketahanan lentur dan kekuatan tahan benturan, karena struktur halusanya dan kemampuan penyerapan energi yang baik. Penggunaan bubuk cangkang telur yang baru difungsikan dalam komposit matriks Poly (L-lactic acid) (PLLA). Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa bubuk cangkang dapat meningkatkan adhesi antarmuka dan sifat fisik secara keseluruhan karena keberadaan senyawa organik yang berfungsi sebagai agen pengikat. Secara keseluruhan, studi ini menyoroti potensi penggunaan bubuk cangkang telur sebagai bahan pengisi berharga dalam komposit polimer, dengan manfaat tambahan dalam peningkatan kinerja mekanik dan adhesi antarmuka [11].

Nutrisi	Kandungan (% W)	Nutrisi	Kandungan (% W)	Nutrisi	Kandungan (% W)
Air	29 - 35	Sulfur	0,09 - 0,19	Leusin	0,57
Protein	1,4 - 4	Alanin	0,45	Lisin	0,37
Lemak kasar	0,1 - 0,2	Arginin	0,56 - 0,57	Metionin	0,28 - 0,29
Abu	89,9 - 91,1	Asam aspartat	0,83 - 0,87	Fenilalanin	0,38 - 0,46
Kalsium	35,1 - 36,4	Sistein	0,37 - 0,41	Prolin	0,54 - 0,62
CaCO ₃	90,9	Asam glutamat	1,22 - 1,26	Serin	0,64 - 0,65
Fosfor	0,12	Glisin	0,48 - 0,51	Treonin	0,45 - 0,47
Magnesium	0,37 - 0,40	Histidin	0,25 - 0,30	Tirosin	0,25 - 0,26
Kalium	0,10 - 0,13	Isoleusin	0,34	Valin	0,54 - 0,55

Gambar 2.2 Komposisi Nutrisi Cangkang Telur Ayam

(Sumber: [12])

2.3 Komposit

Komposit berasal dari kata "*to compose*", yang berarti menyusun atau menggabungkan. Dalam konteks material, komposit merujuk pada kombinasi

dua atau lebih bahan yang memiliki sifat yang berbeda, tetapi membentuk satu komponen tunggal pada tingkat makroskopik. Artinya, dalam komposit, bahan-bahan yang berbeda tersebut tetap terpisah dan dapat dibedakan secara visual. Meskipun perbedaan antar bahan dapat terjadi pada tingkat mikroskopik, seperti pada paduan logam, namun hasil akhir dari komposit tersebut adalah material yang secara praktis homogen pada tingkat makroskopik, di mana komponennya tidak dapat dibedakan secara visual [13].

Komposisi	Fraksi volume serat atau filamen	Densitas (lb/in ³)	Kekuatan tarik (lb/in ²)	Modulus elastisitas Young (lb/in ²)
Matriks	Serat atau Filamen			
Epoxy	S-Glass	0,60	0,072	290×10^3
Epoxy	O	0,40	0,055	103×10^3
Epoxy	Al ₂ O ₃	0,44	0,063	72×10^3
Epoxy	Al ₂ O ₃	0,14	0,050	113×10^3
Al	CuAl ₂	0,45	0,130	42×10^3
Al	Al ₂ Ni	0,10	0,102	48×10^3
Ni	C	0,70	0,60	60×10^3
Polimida	B	0,58	0,330	130×10^3
Hassalloy X	Mo	0,37	0,323	125×10^3

Gambar 2.3 Properti Komposit

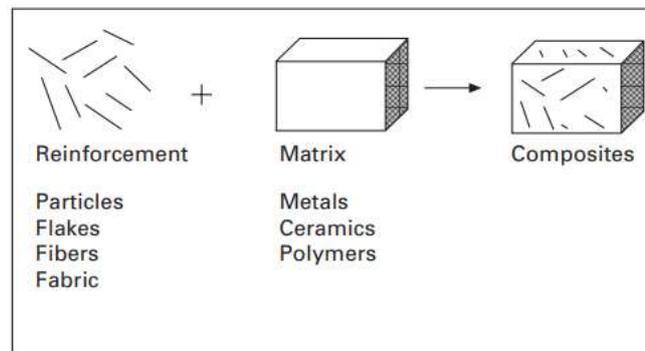
(Sumber: [14])

Biokomposit merupakan material komposit yang berasal dari polimer alami yang dapat terbiodegradasi, baik yang berfungsi sebagai matriks atau pengisi [15]. Biokomposit adalah jenis komposit yang dirancang khusus untuk aplikasi bioengineering. Selain persyaratan tambahan biokompatibilitas, semua masalah lain yang terkait dengan sebuah biokomposit juga terpenuhi oleh komposit biasa. Masalah-masalah ini meliputi pemilihan bahan konstituen, pembuatan komposit dari bahan konstituen, karakterisasi mekanis, fisik, dan geometris dari komposit dan bahan konstituennya, serta analisis dan desain komposit untuk mencapai tujuan aplikasi yang terbaik [16].

Biokomposit cangkang telur mengacu pada jenis bahan komposit yang terbuat dari cangkang telur dan dirancang khusus untuk aplikasi dalam bidang

bioengineering. Dalam pembuatan biokomposit ini, cangkang telur digunakan sebagai salah satu bahan konstituen utama. Cangkang telur dipilih karena memiliki beberapa karakteristik yang dianggap bermanfaat dalam konteks bioengineering, seperti biokompatibilitas dan potensi sifat mekaniknya.

Proses pembuatan biokomposit cangkang telur biasanya melibatkan beberapa tahap, termasuk pembersihan dan pengeringan cangkang telur, diikuti dengan penggilingan cangkang telur menjadi bubuk halus. Bubuk cangkang telur ini kemudian dicampur dengan bahan lain, seperti polimer atau komponen pengisi lainnya, untuk membentuk bahan komposit yang memiliki sifat yang diinginkan. Biokomposit cangkang telur dapat memiliki berbagai aplikasi dalam bidang bioengineering, seperti dalam pembuatan implant medis, perangkat medis, dan aplikasi lainnya yang memerlukan material yang ramah lingkungan dan biokompatibel. Keunggulan bahan ini terletak pada sifat-sifatnya yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi khusus dalam bidang bioengineering.



Gambar 2.4 Representasi Skematis dari Komposit

(Sumber: [17])

2.4 Karet Alam

Karet alami (NR) adalah bahan matriks polimer yang diperoleh dari pohon karet (*Hevea brasiliensis*) dalam bentuk lateks lapangan. NR, juga dikenal sebagai cis-1,4-poliisoprena, memiliki sifat-sifat khas karet seperti kekuatan tarik yang tinggi dan keuletannya yang baik. Keunggulan NR sebagai bahan adalah sifatnya yang diperbaharui, biaya yang terjangkau, dan tidak menimbulkan bahaya kesehatan. Karakteristik unggul lainnya termasuk

kekuatan tarik tinggi dan pemanjangan pada patah yang disebabkan oleh kristalisasi yang diinduksi oleh regangan, *strain-induced crystallization* (SIC), serta keuletannya yang superior, yang sangat penting dalam berbagai aplikasi seperti pembuatan ban, selang, dan sabuk [17].

Vulkanisasi merupakan proses krusial dalam industri karet yang meningkatkan sifat mekanik dan durabilitas material karet. Proses ini secara luas digunakan untuk mengubah karet alam mentah atau material polimer lainnya, seperti karet sintetis, menjadi produk yang lebih kuat dan serbaguna. Vulkanisasi melibatkan pembentukan ikatan silang antara molekul-molekul karet menggunakan belerang atau senyawa yang mengandung belerang [18].

Selama proses vulkanisasi, karet biasanya dicampurkan dengan belerang dan aditif lainnya, seperti akselerator dan aktivator. Campuran ini kemudian dipanaskan pada suhu tinggi, umumnya antara 140 °C hingga 160 °C. Vulkanisasi invers merupakan suatu proses yang mengubah belerang elemental menjadi polimer stabil melalui polimerisasi dengan senyawa yang mengandung ikatan karbon tak jenuh. Proses ini membentuk jaringan polimer tiga dimensi yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk baterai dan membran untuk pemurnian air dan pemisahan gas. Polimer berbasis belerang yang dihasilkan melalui vulkanisasi invers bersifat ekonomis, stabil secara kimiawi, dan ramah lingkungan karena menggunakan belerang yang melimpah dan murah. Proses yang diaktifkan oleh panas memungkinkan belerang bereaksi dengan rantai polimer yang terdapat dalam karet. Ketika suhu meningkat, atom-atom belerang membentuk ikatan kimia dengan situs spesifik pada rantai polimer, menciptakan ikatan silang antara molekul polimer yang berdekatan. Ikatan silang ini menghasilkan pembentukan struktur jaringan tiga dimensi dalam material karet [18].

Komponen	Kuantitas
Karet	33%
Air	60%
Protein	2–3%
Asam lemak	1–3%
Gula	1%
Kandungan abu	1%
Elemen jejak (Cu, Mn)	2–3 ppm
Kotoran (debu, pasir)	8–10 ppm

Gambar 2.5 Komposisi Lateks

(Sumber: [17])

Meskipun memiliki banyak keunggulan, NR juga memiliki beberapa kelemahan. Salah satunya adalah kekuatannya yang lebih rendah dibandingkan dengan polimer rekayasa lainnya seperti nilon dan termoset seperti poliester epoksi, yang menyebabkan produk berbasis NR rentan terhadap kerusakan, tusukan, dan deformasi. Kelemahan lainnya termasuk ketahanan yang rendah terhadap inisiasi retakan, ozon, dan minyak. Namun, kelemahan-kelemahan ini dapat diatasi dengan metode pengikatan silang atau vulkanisasi [17].

Vulkanisasi adalah proses kimia di mana karet dipanaskan dengan belerang, akselerator, dan aktivator pada suhu tertentu. Proses ini bertujuan untuk membentuk ikatan silang antara molekul karet, meningkatkan elastisitas, kekuatan tarik, viskositas, kekerasan, dan ketahanan cuaca. Efisiensi vulkanisasi dapat ditingkatkan dengan menggunakan akselerator bersama dengan oksida logam dan asam lemak, seperti ZnO dan asam stearat. Pemilihan sistem vulkanisasi yang tepat bergantung pada sifat karet dan persyaratan produk akhir [17].

Selain vulkanisasi, komposit juga merupakan solusi untuk meningkatkan kekuatan NR. Komposit terdiri dari matriks polimer yang diperkuat dengan serat, baik serat kontinu atau segmen serat pendek. Serat dengan rasio aspek tinggi digunakan untuk segmen serat pendek, sementara serat kontinu biasanya digunakan untuk aplikasi struktural kinerja tinggi. Komposit polimer diperkuat serat karbon kontinu, misalnya, dapat memiliki kekuatan spesifik dan kekakuan spesifik yang lebih tinggi daripada paduan logam konvensional [17].

Meskipun memiliki banyak keunggulan, bahan komposit juga memiliki beberapa kelemahan. Salah satunya adalah sifat anisotropik, yang membuat sifat-sifat seperti kekuatan dan kekakuan bergantung pada orientasi serat. Delaminasi juga dapat menjadi masalah dalam komposit. Namun, penggunaan serat alami sebagai pengganti kaca telah menjadi alternatif yang menarik, terutama dalam aplikasi perumahan. Meskipun memiliki sifat mekanik yang moderat, serat alami memiliki berat spesifik yang rendah, menghasilkan kekuatan dan kekakuan spesifik yang lebih tinggi daripada serat kaca [17].

2.5 Sifat Mekanik Komposit

Pengujian mekanik, seperti uji tarik, lentur, dan dampak, merupakan fitur komposit biologis hibrida yang paling umum diselidiki. Kekuatan tarik dari komposit biologis yang diperkuat serat umumnya meningkat dengan konten serat, hingga nilai optimum, kemudian akan menurun. Hal ini disebabkan oleh nilai kekuatan dan kekakuan serat yang jauh lebih tinggi daripada matriks polimer [18]. Ketika serat alami diperkenalkan ke dalam matriks polimer hidrofobik, sifat hidrofilik mereka bertentangan dengan matriks yang menghasilkan penyerapan air yang tinggi dan akibatnya menghasilkan kekuatan tarik yang rendah pada komposit biologis. Perlakuan permukaan merupakan solusi penting untuk memodifikasi hidrofobitas serat dan interaksi antarmuka serat/matriks, yang mengarah pada peningkatan sifat Tarik [19].

Sampel nanokomposit polimer	Kekuatan tarik (dalam MPa)	Modulus tarik (dalam MPa)	Perpanjangan pada saat putus (%)
Jute/epoxy/tempurung kelapa	25,440 ± 0,274	684,269 ± 87,787	3,775 ± 0,444
Jute/epoxy/cangkang telur	34,329 ± 1,058	782,548 ± 84,030	4,388 ± 0,455
Flax/epoxy/tempurung kelapa	17,649 ± 3,126	519,854 ± 83,807	3,388 ± 0,455
Flax/epoxy/cangkang telur	28,601 ± 0,455	706,011 ± 90.906	4,055 ± 0,455

Sampel nanokomposit polimer	Kekuatan tarik (dalam MPa)	Modulus tarik (dalam MPa)	Perpanjangan pada saat putus (%)
Epoxy/tempurung kelapa	14,331 ± 0,243	461,558 ± 40,760	3,098 ± 0,345
Epoxy/cangkang telur	23,742 ± 0,356	668,641 ± 39,087	3,544 ± 0,445
Epoxy murni	13,314 ± 0,128	383,949 ± 19,745	3,464 ± 0,445

Gambar 2.6 Sifat Tarik Sampel Nanokomposit dan Murni

(Sumber: [20])

Dengan memahami ciri-ciri sifat material pada komposit, peneliti bisa memperoleh pemahaman yang lebih baik dan melakukan perbandingan dengan plastik konvensional. Persentase sifat material pada plastik konvensional dapat digunakan sebagai pembanding dalam penelitian ini.

Properti Mekanis	Nilai
Kekuatan Tarik	43,8 MPa
Batas Elastis	38,45 MPa
Modulus Young	1,47 GPa
Rasio Poisson	0,3
Perpanjangan saat putus (%)	7,2
Tegangan saat putus	29,58 MPa

Gambar 2.7 Sifat Mekanis ABS

(Sumber: [21])

2.5.1 Stiffness

Kekakuan adalah kemampuan sebuah sistem mekanik untuk menopang beban dari luar tanpa mengalami perubahan geometri yang berlebihan (deformasi). Ini menjadi salah satu kriteria desain paling penting untuk komponen dan sistem mekanik. Meskipun kekuatan dianggap sebagai kriteria desain utama, terdapat banyak kasus di mana tegangan pada komponen dan sambungannya jauh di bawah batas yang diizinkan, sehingga dimensi dan

karakteristik kinerja dari sistem mekanik dan komponennya ditentukan oleh kebutuhan akan kekakuan.

Modulus Elastisitas, yang juga dikenal sebagai Modulus Young. Menggambarkan rasio antara tegangan dan regangan dalam batas proporsional suatu bahan saat mengalami tarikan atau tekanan. Satuan yang digunakan adalah pound per inci persegi (psi) atau megapascal (MPa). Menunjukkan seberapa kaku atau elastis bahan tersebut. Semakin besar nilai modulus young, maka makin besar tegangan yang diperlukan untuk meregangkan benda (benda akan semakin kaku) [22].

Tabel 2.2 Properti Standar untuk ABS

Sifat	Kondisi	Satuan	Standar	Nilai
Modulus Tarik	1 mm/menit	MPa	ISO 527-1, -2	2700
Tegangan Luluh	50 mm/menit	MPa	ISO 527-1, -2	65
Regangan Luluh	50 mm/menit	%	ISO 527-1, -2	4,0

$$Y = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F/A}{\Delta L/\Delta L_0} = \frac{F \cdot L_0}{A \cdot \Delta L} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

σ = The uniaxial stress in Pa

ε = The strain or proportional deformation

F = The force exerted by the object under tension

A = It is the actual cross-sectional area

ΔL = It is the change in the length

L_0 = It is the actual length

Penelitian dalam skripsi ini berfokus pada karakterisasi sifat mekanik bio-komposit berbasis filler cangkang telur ayam, dengan matriks utama berupa karet alam cair. Sifat mekanik yang diuji meliputi tensile modulus, yield stress, dan yield strain menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Nilai-nilai ini kemudian dibandingkan dengan standar properti ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*). Perbandingan ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja bio-komposit sebagai alternatif material yang ramah lingkungan.

2.5.2 Elasticity

Elastisitas adalah kemampuan suatu material untuk kembali ke bentuk aslinya setelah gaya yang diterapkan dihilangkan. Tegangan Luluh atau *Yield Stress* adalah tegangan maksimum yang dapat diberikan pada bahan uji tanpa menyebabkan perubahan permanen dalam bentuknya. Nilainya terkait dengan jumlah regangan tertentu, biasanya 0,1% atau 0,2% dari dimensi awal. Tegangan luluh sering ditentukan dengan menggunakan metode pergeseran pada kurva tegangan-regangan. Satuannya sama seperti kekuatan luluh, yaitu psi atau MPa. *Yield Stress* adalah tegangan yang diperlukan untuk menghasilkan sedikit deformasi plastis (tegangan yang diperlukan agar benda menjadi bersifat plastis) [23].

Perbedaan utama antara keduanya adalah titik di mana material mengalami deformasi permanen atau pecah. *Yield Stress* fokus pada deformasi permanen, sedangkan *Yield Stress* fokus pada pecah atau kerusakan pada material. Selain itu, *Yield Stress* sering digunakan dalam pengembangan material yang harus mampu menahan tekanan statis dalam waktu lama, sementara *Yield Stress* digunakan untuk memahami ketahanan material terhadap tegangan yang dihasilkan dari penggunaan atau pemasangan material tersebut.

$$\sigma_y = P_y/A_o \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

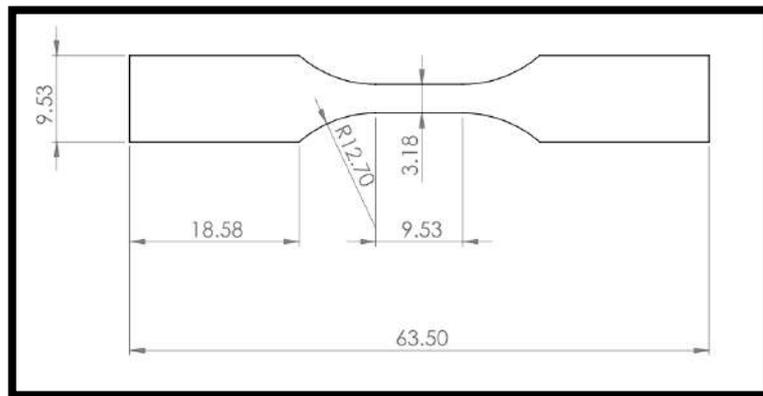
σ_y = Tegangan yield (kN/mm²)

P_y = Beban yield (kN)

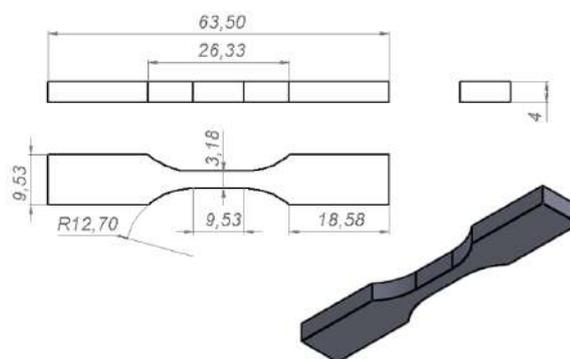
2.6 ASTM D638 Section V

ASTM D638 adalah standar uji yang digunakan untuk menentukan sifat tarik plastik, baik yang diperkuat maupun tidak diperkuat, termasuk material komposit. Standar ini menetapkan prosedur pengujian yang meliputi pengukuran modulus elastisitas (*tensile modulus*), kekuatan tarik (*tensile strength*), tegangan luluh (*yield stress*), regangan luluh (*yield strain*), serta elongasi hingga patah. Prosedur uji dalam ASTM D638 menggunakan spesimen berbentuk standar (*dog bone*) yang diuji dengan *Universal Testing*

Machine (UTM) pada kecepatan tertentu, sesuai dengan spesifikasi material. Pengujian ini dilakukan pada material padat dengan ketebalan hingga 14 mm. Standar ini sering digunakan untuk mengevaluasi sifat mekanik material plastik atau komposit yang dibutuhkan dalam berbagai aplikasi teknik. *Scope 1.1*: “*This test method covers the determination of the tensile properties of unreinforced and reinforced plastics in the form of standard dumbbell-shaped test specimens when tested under defined conditions of pretreatment, temperature, humidity, and testing machine speed*”. Dengan demikian, ASTM D638 dapat digunakan untuk material komposit, termasuk plastik yang diperkuat dengan serat atau bahan tambahan lainnya, selama material tersebut memiliki bentuk spesimen standar berbentuk dumbbell dan memenuhi syarat uji lainnya.



Gambar 2.8 Dimensi ASTM D638 Sect. V (1)



Gambar 2.9 Dimensi ASTM D638 Sect. V (2)

Spesimen uji tarik yang ditunjukkan pada gambar memiliki bentuk memanjang dengan penampang melintang yang konstan di bagian tengah dan mengecil secara bertahap menuju bagian ujung. Dimensi-dimensi yang tertera pada gambar memberikan informasi penting mengenai geometri spesimen, yang meliputi:

1. Panjang Total: Spesimen memiliki panjang total sebesar 63,50 mm. Panjang ini mencakup bagian uji, bagian leher (bagian yang akan mengalami deformasi terbesar saat ditarik), dan bagian pegangan untuk dijepit oleh mesin uji.
2. Lebar Bagian Uji: Bagian uji memiliki lebar konstan sebesar 26,33 mm. Bagian ini merupakan area yang akan mengalami tegangan dan regangan yang paling signifikan selama pengujian.
3. Tebal Spesimen: Spesimen memiliki tebal sebesar 4 mm. Tebal ini konsisten sepanjang spesimen, termasuk pada bagian uji dan bagian pegangan.
4. Bagian Leher: Bagian leher memiliki panjang 18,58 mm dan lebar terkecil 3,18 mm. Bagian ini dirancang untuk mengalami deformasi plastis yang signifikan sebelum terjadi patah.
5. Radius Lengkung: Bagian transisi antara bagian uji dan bagian leher memiliki radius lengkung sebesar 12,70 mm. Radius lengkung ini berfungsi untuk menghindari konsentrasi tegangan yang berlebihan pada titik transisi.
6. Panjang Bagian Pegangan: Bagian pegangan memiliki panjang sekitar 9,53 mm di kedua ujung spesimen. Bagian ini berfungsi sebagai tempat jepitan pada mesin uji.

Setiap dimensi pada spesimen uji tarik memiliki fungsi spesifik. Dimensi-dimensi ini dirancang untuk memastikan bahwa hasil pengujian dapat diandalkan dan dapat dibandingkan dengan hasil pengujian lainnya. Berikut adalah beberapa fungsi utama dari dimensi-dimensi tersebut:

1. Lebar dan Tebal Bagian Uji: Dimensi ini menentukan luas penampang awal spesimen, yang digunakan untuk menghitung tegangan yang dialami oleh spesimen selama pengujian.
2. Panjang Bagian Leher: Panjang bagian leher menentukan panjang daerah plastis yang terbentuk sebelum terjadi patah.

3. Radius Lengkung: Radius lengkung membantu menghindari konsentrasi tegangan yang dapat menyebabkan retak dini pada spesimen.
4. Panjang Bagian Pegangan: Panjang bagian pegangan memastikan bahwa spesimen dapat dijepit dengan kuat pada mesin uji.