

**ANALISIS KEKUATAN MATERIAL KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT
GELAS UNTUK PEMBUATAN HELM RACE**

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Politeknik Muhammadiyah Yogyakarta untuk Memenuhi

Sebagian Persyaratan guna Memperoleh Gelar Ahli Madya D3

Program Studi Teknik Mesin



Oleh:

Khoirul Huda

20133020036

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
POLITEKNIK MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

2016

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KEKUATAN MATERIAL KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT
GELAS UNTUK PEMBUATAN HELM RACE**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Khoirul Huda

20133020036

Telah disetujui pada tanggal 23 Mei 2016.
untuk dipertahankan di Depan Panitia Penguji Tugas Akhir
Program Studi Teknik Mesin Politeknik Muhammadiyah Yogyakarta

Yogyakarta 23 Mei 2016

Disetujui oleh,

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Dosen Pembimbing

Andika Wisnujati, S.T., M.Eng

NIDN.0512088301

Ferriawan Yudhanto, S.T., M.T

NIDN.0527078005

PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KEKUATAN MATERIAL KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT
GELAS UNTUK PEMBUATAN HELM RACE**

Disusun Oleh:

Khoirul Huda

20133020036

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Pada Tanggal 23 Mei 2016
dan Dinyatakan Memenuhi Syarat Guna Mendapatkan Gelar Ahli Madya

DEWAN PENGUJI

Nama Lengkap dan Gelar	Jabatan	Tanda Tangan
1. Ferriawan Yudhanto, S.T., M.T	Ketua
2. Andika Wisnujati, S.T., M.Eng	Dosen Penguji 1
3. M. Abdus Shomad, S.T., M.Eng	Dosen Penguji 2

Yogyakarta, 23 Mei 2016

POLITEKNIK MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

DIREKTUR

Dr. Sukamta, S.T., M.T

NIK. 19700502199603 123 023

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Khoirul Huda

NIM : 20133020036

Jurusan : Teknik Mesin Otomotif dan Manufaktur

Judul : *“Analisis Kekuatan Material Komposit Berpenguat Serat Gelas untuk Pembuatan Helm Race”*

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar ahli madya atau gelar lainnya disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 23 Mei 2016

Yang menyatakan

Khoirul Huda

NIM. 20133020036

MOTTO

“Allah SWT akan meninggikan derajat orang-orang yang beriman diantara kalian dan orang-orang yang memiliki ilmu pengetahuan beberapa derajat”

(Q.S Al Mujadilah : 11)

“Kebahagiaan yang kita miliki tidak akan pernah berarti jika kita tidak pernah bersyukur, jadi kebahagiaan yang kita rasakan akan lebih indah jika kita senantiasa bersyukur, sabar, dan ikhlas menerima apa yang tuhan berikan”

(Ferdinanta Christyanjati)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, teriring dengan rasa syukur kepada Allah SWT, karya kecil ini
kupersembahkan kepada:

1. Almamater Politeknik Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Kepada kedua orangtuaku yang selama ini sudah menjadi orangtua yang luar biasa dalam membimbing dan memberi semangat serta doa kepadaku dalam menyelesaikan studi di Politeknik Muhammadiyah Yogyakarta dan untuk masa depan nantinya.
3. Adik-adikku yang selalu aku ingat dan sayangi.
4. Bapak/Ibu dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Muhammadiyah Yogyakarta.
5. Orang-orang spesial yang ada disekitarku yang selalu memberi semangat dan perhatiannya.
6. Seluruh rekan seperjuangan Jurusan Teknik Mesin PMY angkatan 2013.

ABSTRAK

ANALISIS KEKUATAN MATERIAL KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT GELAS UNTUK PEMBUATAN HELM RACE

Oleh:

Khoirul Huda

20133020036

Fiberglas merupakan bahan paduan atau campuran beberapa bahan kimia (bahan komposit) yang bereaksi dan mengeras dalam waktu tertentu. Bahan ini mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan bahan logam, diantaranya: lebih ringan, lebih mudah dibentuk, dan lebih murah.

Pengujian material komposit dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik dari material komposit yang dihasilkan, untuk pengujian material komposit yang dilakukan antara lain pengujian tarik, pengujian impak, dan pengujian densitas.

Berdasarkan uji tarik statik diperoleh kekuatan tarik rata-rata komposit tiga lapis yang diperkuat serat gelas anyam, acak, dan talk pada spesimen uji komposit tersebut adalah 50,24 MPa. Untuk uji impak charphy diperoleh kekuatan impak rata-rata adalah 0,048 Joule/mm². Untuk pengujian densitas pada spesimen uji komposit tersebut didapatkan nilai rata-rata sebesar 1,553 Gram/cm³.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut jika dibandingkan dengan hasil pengujian kekuatan tarik material helm SNI maka diketahui bahwa material komposit untuk pembuatan helm yang dihasilkan dari penelitian ini memiliki kekuatan tarik rata-rata yang lebih besar 48% dari material helm SNI.

Kata kunci: Fiberglass, Material, Pengujian, Helm Komposit.

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah *robbil'aalamin*, segala puji hanya bagi Allah SWT atas karunia kenikmatan yang senantiasa tercurahkan kepada kita semua sehingga atas nikmat itulah penulis mampu menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “*Analisis Kekuatan Material Komposit Berpenguat Serat Gelas untuk Pembuatan Helm Race*”. Laporan ini dibuat dalam rangka untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar ahli madya DIII Teknik Mesin Politeknik Muhammadiyah Yogyakarta. Selama melaksanakan Tugas Akhir dan menyusun laporan ini banyak manfaat yang penulis peroleh baik yang berupa keterampilan di bidang keteknikan maupun hal lain yang berkaitan dengan teknik mesin. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak atas segala bantuan, bimbingan dan pengarahan yang telah diberikan kepada penulis. Ucapan terima kasih ini penulis tunjukan kepada:

1. Bapak Dr. Sukamta, S.T., M.T selaku Direktur Politeknik Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Andika Wisnujati, S.T., M.Eng selaku ketua Program studi Teknik Mesin Politeknik Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Bapak Ferriawan Yudhanto, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. Kepada kedua orangtuaku yang selama ini sudah menjadi orangtua yang luar biasa dalam membimbing dan memberi semangat serta doa kepadaku dalam

menyelesaikan studi di Politeknik Muhammadiyah Yogyakarta dan untuk masa depan nantinya.

5. Adik-adikku dan semua keluarga yang saya sayangi.
6. Orang-orang spesial yang ada disekitarku yang selalu memberi semangat dan perhatiannya.
7. Teman-teman yang selalu memberi motivasi dan semangat serta dukungannya.
8. Para mahasiswa rekan seperjuangan di Politeknik Muhammadiyah Yogyakarta.
9. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu persatu yang ikut membantu penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca sangat diharapkan. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Yogyakarta, 23 Mei 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.4. Batasan Masalah	3

1.5 .Rumusan Masalah	4
1.6. Tujuan	4
1.7. Manfaat	5

BAB II. LANDASAN TEORI

2.1. Pengertian fiberglass/komposit	7
2.2. Type komposit	9
2.3. Bagian utama komposit	11
2.3.1. Reinforcement	11
2.3.2. Matrik	15
2.4. Klasifikasi bahan komposit	21
2.5. Bahan-bahan pembentuk komposit	26
2.6. Karakteristik material komposit	32
2.7. Kekuatan tarik komposit	33
2.8. Kekuatan impak komposit	35
2.9. Pengujian densitas	36
2.10. Sejarah helm	37
2.11. Perkembangan helm	37

2.12. Standarisasi helm di Indonesia	38
2.13. Persyaratan dasar helm	40
2.14. Bagian-bagian utama helm	43

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1. Metode penelitian	45
3.2. Persiapan alat dan bahan	46
3.3. Penentuan komposisi	48
3.4. Proses persiapan	49
3.5. Skema cetakan spesimen	50
3.6. Pembuatan spesimen uji	51
3.7. Proses pengujian	54

BAB IV. PEMBAHASAN

4.1. Proses pembuatan helm komposit	58
4.1.1. Pemilihan desain helm	58
4.1.2. Persiapan cetakan/molding helm	59
4.1.3. Pembuatan helm komposit	61
4.1.4. Finishing helm komposit	70

4.2. Hasil dan pembahasan pengujian	80
4.2.1. Pengujian tarik	80
4.2.2. Pengujian impak	82
4.2.3. Pengujian densitas	83
4.2.4. Komparasi data pengujian	84
4.2.5. Foto makro spesimen uji	85

BAB V. PENUTUP

Kesimpulan	87
Saran	88

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-sifat serat gelas (Nugroho, 2007)	14
Tabel 2.2 Komposisi senyawa kimia serat gelas (Nugroho, 2007)	15
Tabel 2.3 Persyaratan keliling lingkaran bagian dalam	41
Tabel 4.1 Kekuatan tarik komposit	81
Tabel 4.2 Modulus elastisitas komposit	82
Tabel 4.3 Kekuatan Impak komposit	83
Tabel 4.4 Hasil pengujian densitas	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Laminated composites	8
Gambar 2.2 Particulate composites	8
Gambar 2.3 Continuous fiber composites (Gibson, 1994)	9
Gambar 2.4 Tipe discontinuous fiber composites (Gibson, 1994)	10
Gambar 2.5 Serat gelas roving	11
Gambar 2.6 Serat gelas yarn	12
Gambar 2.7 Serat gelas chopped strand	12
Gambar 2.8 Serat gelas reinforcing mat	12
Gambar 2.9 Serat gelas woven roving	13
Gambar 2.10 Serat gelas woven fabric	13
Gambar 2.11 Klasifikasi bahan komposit (kismono, 2000)	21
Gambar 2.12 Komposit serat	22
Gambar 2.13 Komposit serpih (flake composite)	23
Gambar 2.14 Komposit partikel (particulated composite)	23
Gambar 2.15 Filled (skeletal) composite	24

Gambar 2.16 Laminar composites	24
Gambar 2.17 Tipe serat pada komposit (Gibson, 1994)	25
Gambar 2.18 Tipe discontinuous fiber (Gibson, 1994)	26
Gambar 2.19 Aerosil	27
Gambar 2.20 Pigmen	27
Gambar 2.21 Resin	28
Gambar 2.22 Katalis (hardener)	28
Gambar 2.23 Talk	29
Gambar 2.24 Mat	29
Gambar 2.25 Aseton	30
Gambar 2.26 MAA	31
Gambar 2.27 Dempul fiberglass	32
Gambar 2.28 Skema pengujian impak charpy	33
Gambar 2.29 Contoh helm berlogo timbul SNI	40
Gambar 3.1 Diagram alur proses penelitian	45
Gambar 3.2 Serat yang sudah dipotong	49
Gambar 3.3 Skema cetakan spesimen	50

Gambar 3.4 proses pemotongan bagian yang tidak diperlukan	53
Gambar 3.5 Spesimen uji tarik dan impact	53
Gambar 3.6 Skema spesimen uji tarik (ASTM 638)	53
Gambar 3.7 Skema spesimen uji impact (ASTM D 5896)	54
Gambar 3.8 Spesimen uji densitas	54
Gambar 3.9 Alat uji tarik universal (universal testing machine)	55
Gambar 3.10 Posisi pendulum sebelum menabrak benda uji	55
Gambar 3.11 Proses menimbang spesimen uji	56
Gambar 4.1 Desain helm BANDIT XXR	59
Gambar 4.2 Pemberian lapisan MAA pada molding	60
Gambar 4.3 Penjemuran molding	60
Gambar 4.4 Perbandingan 1:1 resin talk	61
Gambar 4.5 Proses meratakan adonan lapisan pertama	62
Gambar 4.6 Cetakan yang sudah diberi lapisan pertama	62
Gambar 4.7 Cetakan yang sudah disatukan	63
Gambar 4.8 Serat acak yang sudah dipotong	64
Gambar 4.9 Proses pelapisan sebelum diberi serat gelas	64

Gambar 4.10 Proses penyusunan serat acak kedalam cetakan	65
Gambar 4.11 Serat acak yang sudah dilapisi dengan resin	66
Gambar 4.12 Cetakan bagian depan yang sudah terlepas	67
Gambar 4.13 Proses membuat lubang pengelihatn pada helm	67
Gambar 4.15 Posisi pemasangan pipa penyangga ukuran helm	68
Gambar 4.15 Serat anyam yang sudah dipotong-potong	69
Gambar 4.16 Proses penambahan serat anyam lapisan ketiga	70
Gambar 4.17 Void yang terdapat pada permukaan helm	71
Gambar 4.18 Permukaan helm yang baru didempul	72
Gambar 4.19 Permukaan dempul yang baru diampelas	72
Gambar 4.20 Prose pembuatan lubang sirkulasi	73
Gambar 4.21 Mur sebagai dudukan kaca	73
Gambar 4.22 Helm yang sudah siap dicat	74
Gambar 4.23 Helm yang sudah dicat epoxy	75
Gambar 4.24 Helm yang sudah dicat dasar	75
Gambar 4.25 Helm yang sudah dicat warna merah	76
Gambar 2.26 Helm ang sudah diberi pola	76

Gambar 4.27 Proses pengecatan warna hitam	77
Gambar 4.28 Hasil akhir pembuatan pola	77
Gambar 4.29 Hasil akhir proses pengecatan	78
Gambar 4.30 Komponen-komponen bagian dalam helm	79
Gambar 4.31 Komponen helm yang sudah terpasang	79
Gambar 4.32 Hasil akhir pembuatan helm	80
Gambar 4.33 Grafik kekuatan tarik komposit	81
Gambar 4.34 Grafik modulus elastisitas komposit	82
Gambar 4.35 Grafik kekuatan impak komposit	83
Gambar 4.36 Grafik densitas komposit	84
Gambar 4.37 Grafik komparasi pengujian SNI	85
Gambar 4.38 Fiber pull out pada spesimen uji tarik	86
Gambar 4.39 Fiber pull out pada spesimen uji impak	8

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan non logam saat ini banyak dimanfaatkan sebagai bahan pengganti material logam karena memiliki berbagai keuntungan yaitu memiliki berat yang lebih ringan, lebih mudah dibentuk, dan lebih murah. Salah satu bahan non logam tersebut adalah *fiberglass*. *Fiberglass* merupakan bahan paduan atau bahan campuran dari berbagai bahan kimia (bahan komposit) yang bereaksi dan mengeras pada waktu tertentu.

Fiberglass atau serat kaca telah dikenal orang sejak lama, dan bahkan peralatan-peralatan yang terbuat dari kaca mulai dibuat sejak awal abad ke 18. Mulai akhir tahun 1930-an, *fiberglass* dikembangkan melalui proses *filament* berkelanjutan (*continuous filament process*) sehingga memiliki sifat-sifat yang memenuhi syarat untuk bahan industri. Seperti kekuatannya tinggi, elastis, dan tahan terhadap temperatur tinggi. Jika membayangkan peralatan yang terbuat dari kaca pasti akan berfikir bahwa peralatan tersebut akan mudah pecah. Akan tetapi melalui proses penekanan, cairan atau bubuk kaca diubah menjadi bentuk serat (*fiber*). Proses tersebut akan membentuk dari awalnya bahan yang mudah pecah (*brittle materials*) menjadi bahan yang memiliki kekuatan tinggi (*strong materials*). Bahan kaca (*glass*) diubah kedalam bentuk serat (*fiber*), kekuatannya

akan meningkat. Oleh karena itu *fiberglass* merupakan salah satu material yang mempunyai kekuatan yang sangat tinggi. Pemanfaatan *fiberglass* sudah sangat luas untuk bidang otomotif dan manufaktur lainnya, penggunaan yang paling banyak memang digunakan untuk pembuatan bodi kendaraan. Selain anti karat, lebih tahan benturan, mudah dibentuk, bila rusak akan lebih mudah diperbaiki, dan lebih ringan jika dibandingkan dengan bahan logam.

Pemanfaatan *fiberglass* di Indonesia masih terbatas pada pembuatan bodi kendaraan baik mobil maupun motor. Masih sangat sedikit pemanfaatan bahan *fiberglass* untuk komponen komposit struktur. Komposit jenis ini lebih menitikberatkan pada kelayakan atau nilai kekuatan material yang digunakan. Dalam bidang keselamatan berkendara terutama untuk pengendara sepeda motor sangatlah perlu membutuhkan helm yang aman dan nyaman digunakan. Dalam bidang *race* (balapan) dan pemakaian sehari-hari helm dengan kekuatan tinggi sangatlah diperlukan. Hal itu menjadi sebuah acuan untuk mengembangkan inovasi baru, penggunaan bahan komposit yang diaplikasikan kedalam sebuah helm.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan sebelumnya, terdapat beberapa permasalahan yang ditemui antara lain:

1. Pemanfaatan *fiberglass* masih sebatas dalam pembuatan *body* kendaraan atau karoseri otomotif dan belum banyak inovasi lainnya.
2. Bagaimana proses pembuatan helm komposit menggunakan bahan *fiberglass*.
3. Bahan *fiberglass* memiliki keuntungan lain bila dibandingkan dengan bahan logam dan plastik yaitu lebih murah dan mudah untuk dibentuk.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah diatas agar permasalahan yang dibahas tidak meluas, maka dilakukan pembatasan pada:

1. Proses pembuatan helm komposit menggunakan serat buatan (*synthetic fiber*) yang terdiri dari 2 lapis serat yaitu serat gelas acak dan serat gelas anyam dan 1 lapisan talk.
2. Pembuatan helm menggunakan metode *hand lay up* dengan cetakan *double moulding*.
3. Produk yang dihasilkan yaitu replika sebuah helm *type fullface* dengan model helm BANDIT XXR buatan asal jerman (*made in german*).
4. Tebal helm dan spesimen untuk pengujian sekitar 3-4 milimeter jika diukur menggunakan jangka sorong/skitmat.
5. Melakukan analisa pengujian tarik dan impak agar dapat melihat berapa kekuatan tarik dan impak material komposit penyusun helm tersebut.

6. Penulis tidak membahas tentang proses pembuatan komponen pendukung helm tersebut, dan tidak membahas proses pengecatan (*painting*) hingga mendetail.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka permasalahan yang muncul dalam pembuatan helm komposit adalah:

1. Bagaimana mengetahui proses manufaktur menggunakan metode *hand lay up* untuk pembuatan helm dari bahan komposit *fiberglass*?
2. Bagaimana sifat mekanik komposit *fiberglass* yang terdiri dari 3 lapisan *fiberglass* anyam, acak, dan talk?
3. Bagaimana hasil akhir dari pembuatan helm yaitu Proses *painting* (pengecatan), proses *finishing*, dan analisa kelayakan helm ketika digunakan?

1.5 Tujuan

Adapun tujuan dari pembuatan Laporan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui jalannya proses pembuatan helm dari bahan komposit *fiberglass* dengan metode *hand lay up*.
2. Mengetahui sifat-sifat mekanik dari bahan komposit *fiberglass* dengan pengujian tarik dan impak.

3. Mengetahui kelayakan produk yang dihasilkan dengan cara membandingkan dengan standar SNI dan hasil produk lainnya.

1.6 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Sebagai suatu penerapan teori dan praktek kerja yang diperoleh saat di bangku perkuliahan.
 - b. Dapat menambah pengetahuan dan pengalaman tentang proses pembuatan helm dari bahan komposit.
 - c. Guna memenuhi mata kuliah Tugas Akhir yang wajib ditempuh untuk mendapatkan gelar ahli madya D-3 Teknik Mesin Otomotif dan Manufaktur. Sebagai poses pembentukan karakter kerja mahasiswa dalam menghadapi persaingan dunia kerja.
2. Bagi Dunia Industri
 - a. Untuk menambah pengetahuan tentang material komposit baik secara makro maupun mikro.
 - b. Diharapkan kedepannya banyak penggunaan dan inovasi material komposit yang lebih banyak, karena apabila dilihat dari segi ekonomi komposit menguntungkan industri karena mudah didapat dan harganya murah.

3. Bagi Dunia Pendidikan

- a. Diharapkan memberikan kontribusi yang positif terhadap pengembangan aplikasi ilmu dan teknologi, khususnya pada Jurusan Teknik Mesin Otomotif dan Manufaktur Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- b. Dapat menjadi *prototype* bagi penelitian yang lebih lanjut.
- c. Merupakan sebuah inovasi yang dapat dikembangkan dikemudian hari dan secara teoritis dapat memberikan informasi terbaru khususnya bagi Jurusan Teknik Mesin Otomotif dan Manufaktur Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- d. Sebagai bahan kajian di Jurusan Teknik Mesin Otomotif dan Manufaktur Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dalam mata kuliah bidang material komposit (*composite materials*).

4. Bagi Pengembangan IPTEKS

- a. Diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk mengolah komposit agar memiliki kegunaan yang lebih luas serta memiliki nilai jual yang tinggi.
- b. Dapat dikembangkannya material yang ringan, kuat selain baja.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian *Fiberglass*/Komposit

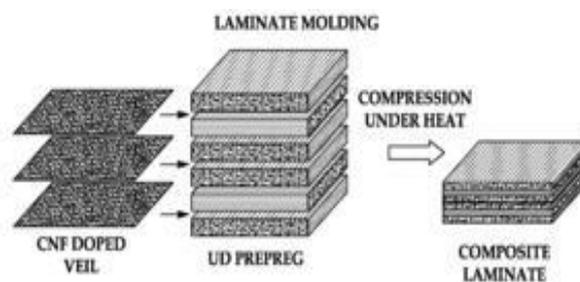
Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari logam, kekakuan jenis (*modulus Young*) dan kekuatan jenisnya lebih tinggi dari logam. Beberapa lamina komposit dapat ditumpuk dengan arah orientasi serat yang berbeda, gabungan lamina ini disebut sebagai laminat.

Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

1. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih rigid serta lebih kuat, dalam laporan ini penguat komposit yang digunakan yaitu dari Serat gelas acak dan serat gelas anyam (*woven roving*).
2. Matriks, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah. Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu :
 - a. *Fibrous Composites* (Komposit Serat). Merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu laminat atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat / *fiber*. *Fiber* yang digunakan bisa berupa *glass*

fibers, carbon fibers, aramid fibers (poly aramide), dan sebagainya. *Fiber* ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.

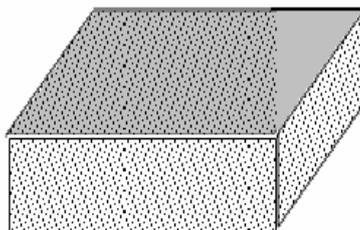
- b. *Laminated Composites* (Komposit Laminat). Merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.



Gambar 2.1 *Laminated Composites*

Contoh penggunaan komposit lapis (*Laminated Composite*) yaitu sebagai *plywood*, papan *skateboard*, dan *laminated glass* yang sering digunakan sebagai bahan bangunan dan kelengkapannya.

- c. *Particulate Composites* (Komposit Partikel). Merupakan komposit yang menggunakan partikel/serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.



Gambar 2.2 *Particulate Composite*

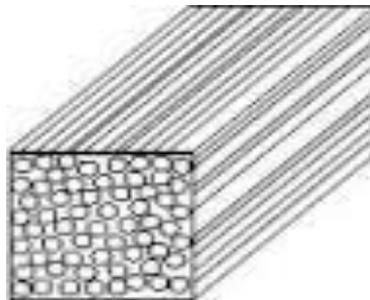
Penggunaan komposit partikel yaitu sebagai bahan penguat seperti butiran (batu dan pasir) yang diperkuat dengan semen yang sering kita jumpai sebagai beton.

2.2 *Type Komposit Serat*

Untuk memperoleh komposit yang kuat harus dapat menempatkan serat dengan benar. Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit yaitu :

1. *Continuous Fiber Composite*

Continuous atau *uni-directional*, mempunyai serat panjang dan lurus, membentuk lamina di antara matriknya. Jenis komposit ini paling sering digunakan. Tipe ini mempunyai kelemahan pada pemisahan antar lapisan. Hal ini dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriknya.



Gambar 2.3 *Continuous Fiber Composite* (Gibson, 1994)

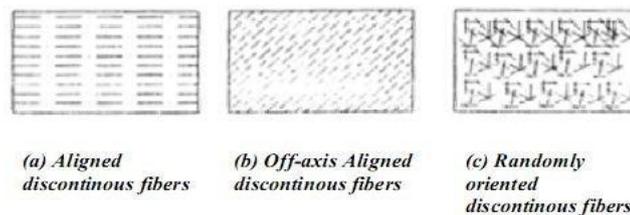
2. *Woven Fiber Composite (bi-directional)*

Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat serat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan akan melemah.

3. *Discontinuous Fiber Composite*

Discontinuous Fiber Composite adalah tipe komposit dengan serat pendek. Tipe ini dibedakan lagi menjadi 3 :

- a. *Aligned discontinuous fiber*
- b. *Off-axis aligned discontinuous fiber*
- c. *Randomly oriented discontinuous fiber*



Gambar 2.4 Tipe *Discontinuous fiber* (Gibson, 1994)

4. *Hybrid Fiber Composite*

Hybrid Fiber Composite merupakan komposit gabungan antara serat tipe serat lurus dengan serat acak. Tipe ini digunakan supaya dapat mengganti kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihanannya.

2.3 Bagian Utama Komposit

2.3.1 Reinforcement

Salah satu bagian utama dari komposit adalah *reinforcement* (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit.

2.3.1.1 Serat Gelas

Fiberglass (serat gelas) adalah bahan yang tidak mudah terbakar. Serat jenis ini biasanya digunakan sebagai penguat matrik jenis *polymer*. Komposisi kimia serat gelas sebagian besar adalah SiO_2 dan sisanya adalah oksida aluminium (Al), kalsium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na), dan unsur-unsur lainnya. Berdasarkan bentuknya serat gelas dapat dibedakan menjadi beberapa macam antara lain (Santoso, 2002):

1. *Roving*, berupa benang panjang yang digulung mengelilingi silinder.



Gambar 2.5 Serat gelas *roving*

2. *Yarn*, berupa bentuk benang yang lekat dihubungkan pada filamen.



Gambar 2.6 Serat gelas *yarn*

3. *Chopped Strand*, adalah *strand* yang dipotong-potong dengan ukuran tertentu kemudian digabung menjadi satu ikatan.



Gambar 2.7 Serat gelas *chopped strand*

4. *Reinforcing Mat*, berupa lembaran *chopped strand* dan *continuous strand* yang tersusun secara acak.



Gambar 2.8 Serat gelas *reinforcing mat*

5. *Woven Roving*, berupa benang panjang yang dianyam dan digulung pada silinder



Gambar 2.9 Serat gelas *woven roving*

6. *Woven Fabric*, berupa serat yang dianyam seperti kain tenun.



Gambar 2.10 Serat gelas *woven fabric*

Berdasarkan jenisnya serat gelas dapat dibedakan menjadi beberapa macam antara lain (Nugroho, 2007):

- a. Serat E-Glass

Serat E-Glass adalah salah satu jenis serat yang dikembangkan sebagai penyekat atau bahan isolasi. Jenis ini mempunyai kemampuan bentuk yang baik.

b. Serat C-Glass

Serat C-Glass adalah jenis serat yang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap korosi.

c. Serat S-Glass

Serat S-Glass adalah jenis serat yang mempunyai kekakuan yang tinggi.

Tabel 2.1. Sifat-sifat serat gelas (Nugroho, 2007)

No.	Jenis Serat		
	E-Glass	C-Glass	S-Glass
1	Isolator listrik yang baik	Tahan terhadap korosi	Modulus lebih tinggi
2	Kekuatannya tinggi	Kekuatan lebih rendah dari E-Glass	Lebih tahan terhadap suhu tinggi
3	Kekuatannya tinggi	Harga lebih mahal dari E-Glass	Harga lebih mahal dari E-Glass

Tabel 2.2. Komposisi senyawa kimia serat gelas (Nugroho, 2007)

	E-Glass	C-Glass	S-Glass
SiO ₂	55.2	65.0	65.0
Al ₂ O ₃	8.0	4.0	25.0
CaO	18.7	14.0	-
MgO	4.6	3.0	10.0
NaO ₂	0.3	8.5	0.3
K ₂ O	0.2	-	-
B ₂ O ₃	7.3	5.0	-

Keterangan:

SiO₂ = Silica

K₂O = Kalium Oksida

NaO₂ = Natrium Oksida

CaO = Calcium Oksida

Al₂O₃ = Alumina

BaO = Boron Oksida

B₂O₃ = Boron Oksida

MgO = Magnesium Oksida

Fe₂O₃ = Besi Oksida

2.3.2 Matrik

Matrik adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matrik mempunyai fungsi sebagai berikut :

- a. Mentransfer tegangan ke serat secara merata.
- b. Melindungi serat dari gesekan mekanik.
- c. Memegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
- d. Melindungi dari lingkungan yang merugikan.
- e. Tetap stabil setelah proses manufaktur.

Sifat-sifat matrik (Ellyawan, 2008) :

- a. Sifat mekanis yang baik.
- b. Kekuatan ikatan yang baik.
- c. Ketangguhan yang baik.
- d. Tahan terhadap temperatur.

Menurut Gibson (1994) ada 3 jenis komposit menurut matrik penyusunnya, dapat dibedakan menjadi:

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

Bahan ini merupakan bahan komposit yang sering digunakan, biasa disebut polimer berpenguat serat FRP (*Fibre Reinforced Polymers or Plastics*). Bahan ini menggunakan suatu polimer berbahan resin sebagai matriknya, dan suatu jenis serat seperti kaca, karbon dan aramid (Kevlar) sebagai penguatannya.

Komposit ini bersifat :

1. Biaya pembuatan lebih rendah.
2. Dapat dibuat dengan produksi massal.
3. Ketangguhan baik.

4. Tahan simpan.
5. Siklus pabrikan dapat dipersingkat.
6. Kemampuan mengikuti bentuk.
7. Lebih ringan.

Jenis polimer yang sering digunakan (Surdia, 1985) :

1. *Thermoplastic*

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, melekat mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat dapat balik (*reversibel*) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. Contoh dari *thermoplastic* yaitu Poliester, Nylon 66, PP, PTFE, PET, Polieter sulfon, PES, dan Polieter eterketon (PEEK).

2. *Thermoset*

Thermoset tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversibel*). Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Adapun jenis-jenis resin yaitu resin bening (108), resin 3126, resin 157 BQTN. *Thermoset* tidak begitu menarik dalam proses daur ulang karena selain sulit penanganannya juga volumenya jauh lebih sedikit (sekitar 10%) dari volume jenis plastik yang bersifat *thermoplastic*.

Contoh dari *thermoset* yaitu Epoksida, Bismaleimida (BMI), dan Poliimida (PI).

Aplikasi PMC yaitu sebagai berikut :

1. Matrik berbasis termoplastik dengan serat gelas (kotak air radiator)
2. Matriks berbasis polister dengan serat gelas
 - a. Alat-alat rumah tangga
 - b. Panel pintu kendaraan
 - c. Lemari perkantoran
 - d. Peralatan elektronika.
3. Matrik berbasis termoset dengan serat carbon
 - a. Rotor helicopter
 - b. Komponen ruang angkasa
 - c. Rantai pesawat terbang

2. Komposit Matrik Keramik (*Ceramics Matrix Composites* – CMC)

Bahan ini menggunakan keramik sebagai matrik dan diperkuat dengan serat pendek, atau serabut-serabut (*whiskers*) dimana terbuat dari *silikon karbida* atau *boron nitride*.

1. Matrik yang sering digunakan pada CMC adalah:
 - a. Gelas anorganik.
 - b. Keramik gelas
 - c. Alumina
 - d. Silikon Nitrida

2. Keuntungan dari CMC
 - a. Dimensinya stabil bahkan lebih stabil daripada logam
 - b. Sangat tangguh, bahkan hampir sama dengan ketangguhan dari *cast iron*
 - c. Mempunyai karakteristik permukaan yang tahan aus
 - d. Unsur kimianya stabil pada temperatur tinggi
 - e. Tahan pada temperatur tinggi (*creep*)
 - f. Kekuatan & ketangguhan tinggi, dan ketahanan korosi
3. Kerugian dari CMC
 - a. Sulit untuk diproduksi dalam jumlah besar
 - b. Relatif mahal dan *non-cost effective*
 - c. Hanya untuk aplikasi tertentu
4. Aplikasi CMC, yaitu sebagai berikut:
 - a. *Chemical processing: Filters, membranes, seals, liners, piping, hangers*
 - b. *Power generation: Combustors, Vanrs, Nozzles, Recuperators, heat exchange tubes, liner*
 - c. *Water inineration: Furnace part, burners, heat pipes, filters, sensors.*
 - d. Kombinasi dalam rekayasa wisker SiC/alumina polikristalin untuk perkakas potong.
 - e. Serat grafit/gelas boron silikat untuk alas cermin laser.
 - f. Grafit/keramik gelas untuk bantalan, perapat dan lem.
 - g. SiC/litium aluminosilikat (LAS) untuk calon material mesin panas.

3. Komposit Matrik Logam (Metal Matrix Composites – MMC)

Bahan ini menggunakan suatu logam seperti aluminium sebagai matriks dan penguatnya dengan serat seperti silikon karbida.

1. Kelebihan MMC dibandingkan dengan PMC:

- a. Transfer tegangan dan regangan yang baik.
- b. Ketahanan terhadap temperatur tinggi dan tidak mudah terbakar
- c. Tidak menyerap kelembapan.
- d. Kekuatan tekan dan geser yang baik
- e. Ketahanan aus dan muai termal yang lebih baik

2. Kekurangan MMC:

- a. Biayanya mahal
- b. Standarisasi material dan proses yang sedikit

3. Matrik pada MMC:

- a. Mempunyai keuletan yang tinggi
- b. Mempunyai titik lebur yang rendah

4. Proses pembuatan MMC:

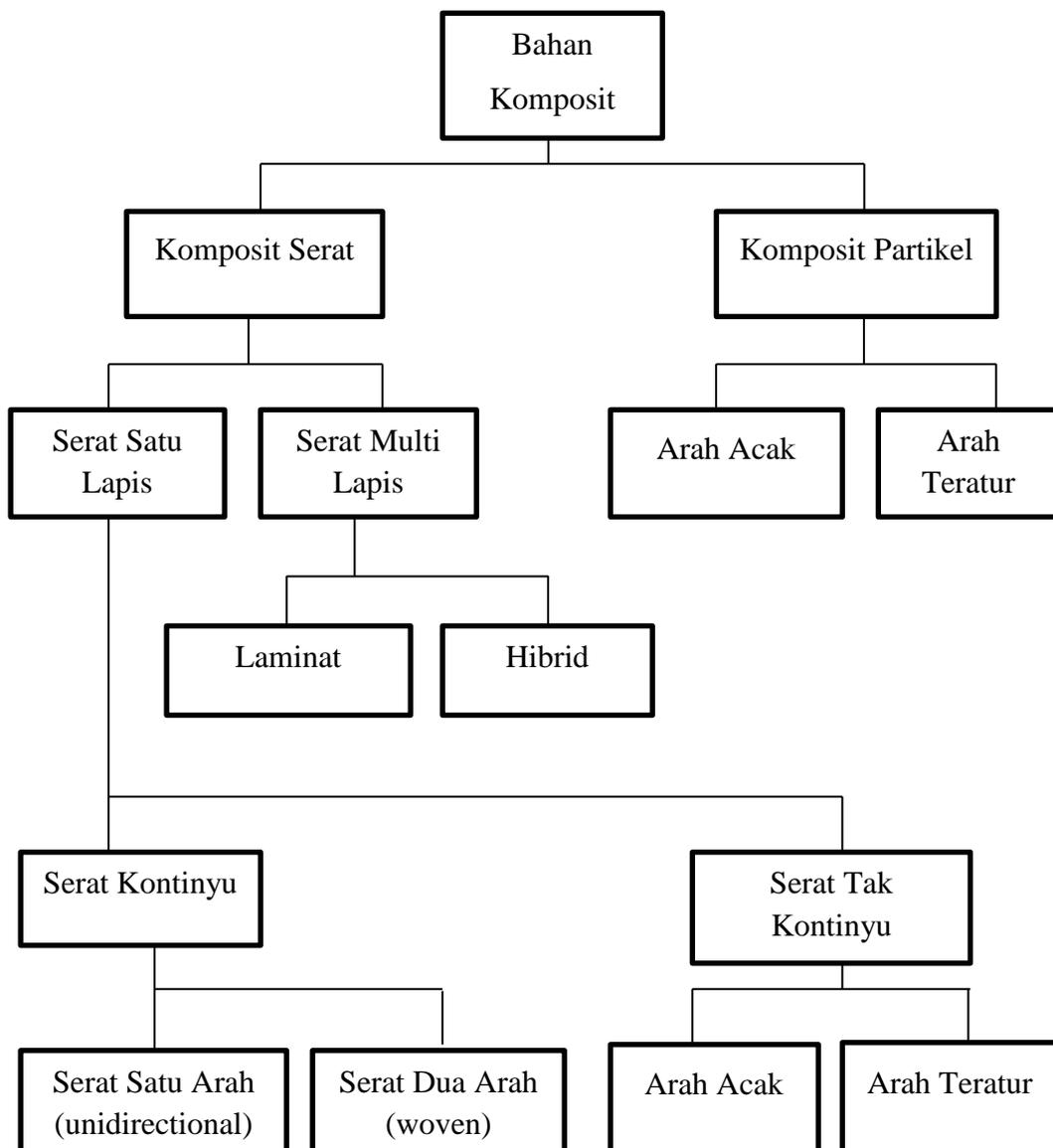
- a. *Powder metallurgy*
- b. *Casting/liquid ilfiltration*
- c. *Compocasting*
- d. *Squeeze casting*

5. Aplikasi MMC, yaitu sebagai berikut:

- a. Komponen automotif (blok-silinder-mesin, *pully*, poros, dll)
- b. Peralatan militer (sudu turbin, cakram kompresor, dll)

2.4 Klasifikasi Bahan Komposit

Bahan komposit dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis, tergantung geometri dan jenis seratnya. Hal ini dapat dimengerti, karena serat merupakan unsur utama dalam bahan komposit tersebut. Secara umum klasifikasi komposit ditunjukkan seperti pada Gambar 2.11 (Kismono, 2000):

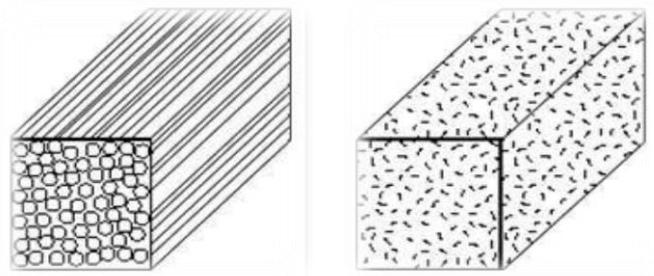


Gambar 2.11 Klasifikasi bahan komposit (Kismono, 2000)

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

1. Komposit Serat (*Fiber Composites*)

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*) (Schwartz, 1984).



(a)

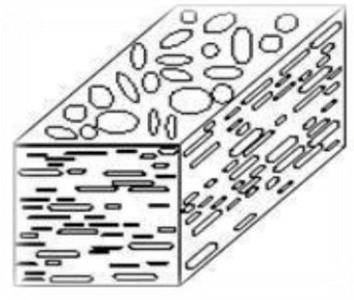
(b)

Gambar 2.12 Komposit serat.

(a) *unidirectional fiber composite* (b) *random fiber composite*

2. Komposit Serpih (*Flake Composites*)

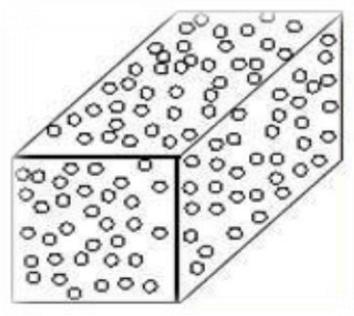
Flake Composites adalah komposit dengan penambahan material berupa serpih kedalam matriksnya. *Flake* dapat berupa serpihan mika dan metal (Schwartz, 1984).



Gambar 2.13 Komposit serpih (*Flake Composites*)

3. Komposit Partikel (*Particulate Composites*)

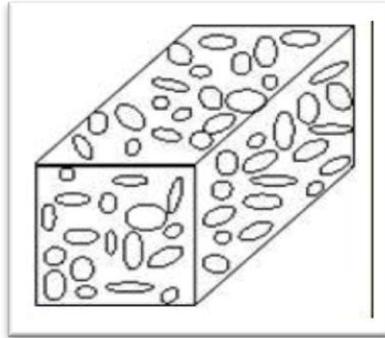
Particulate composites adalah salah satu jenis komposit di mana dalam matriks ditambahkan material lain berupa serbuk/butir. Perbedaan dengan *flake* dan *fiber composites* terletak pada distribusi dari material penambahannya. Dalam *particulate composites*, material penambah terdistribusi secara acak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



Gambar 2.14 Komposit partikel (*Particulate Composites*)

4. *Filled (skeletal) Composites*

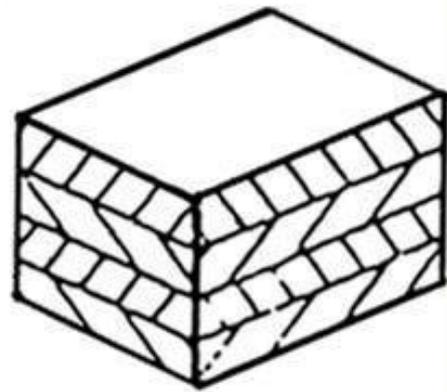
Filled composites adalah komposit dengan penambahan material ke dalam matriks dengan struktur tiga dimensi (Schwartz, 1984).



Gambar 2.15 *Filled (skeletal) Composites*

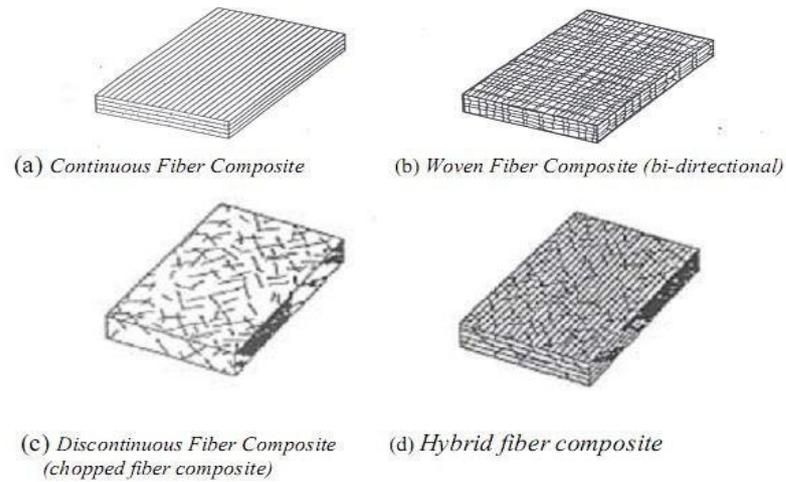
5. *Laminar Composites*

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



Gambar 2.16 *Laminar Composites*

Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.17 (Gibson, 1994).



Gambar 2.17 Tipe serat pada komposit (Gibson, 1994)

a. *Continuous Fiber Composite*

Continuous atau *uni-directional composite* mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Jenis komposit ini paling banyak digunakan. Kekurangan tipe ini adalah lemahnya kekuatan antar lapisan. Hal ini dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriksnya.

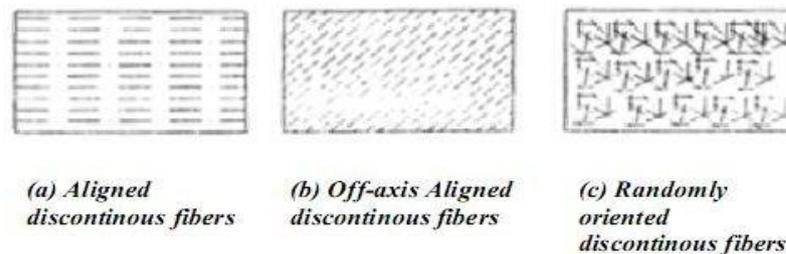
b. *Woven Fiber Composite (bi-directional)* Komposit ini tidak mudah terpengaruh pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan tidak sebaik tipe *continuous fiber*.

c. *Discontinuous Fiber Composite (chopped fiber composite)*

Komposit dengan tipe serat pendek masih dibedakan lagi menjadi:

1. *Aligned discontinuous fiber*
2. *Off-axis aligned discontinuous fiber*
3. *Randomly oriented discontinuous fiber*

Randomly oriented discontinuous fiber merupakan komposit dengan serat pendek yang tersebar secara acak diantara matriksnya. Kekurangan dari jenis serat acak adalah sifat mekanik yang masih dibawah dari penguatan dengan serat lurus pada jenis serat yang sama (Gibson,1994).



Gambar 2.18 Tipe *Discontinuous Fiber* (Gibson, 1994)

d. *Hybrid fiber composite*

Hybrid fiber composite merupakan komposit gabungan antara tipe serat lurus dengan serat acak.

2.5 Bahan-bahan Pembentuk Komposit

Bahan pembuat *fiberglass* pada umumnya terdiri dari 11 macam bahan, 6 macam sebagai bahan utama dan 5 macam sebagai bahan finishing. Sebagai bahan utama yaitu erosil, pigmen, resin, katalis, talk, mat, sedangkan sebagai bahan finishing antara lain : aseton, PVA, mirror, cobalt, dan dempul.

1. Aerosil

Bahan ini berbentuk bubuk sangat halus seperti bedak bayi berwarna putih. Berfungsi sebagai perekat mat agar *fiberglass* menjadi kuat dan tidak mudah patah/pecah.



Gambar 2.19 Aerosil

2. Pewarna (*Pigment*)

Pigment adalah zat pewarna sebagai pencampur saat bahan *fiberglass* dicampur. Pemilihan warna disesuaikan dengan selera pembuatnya. Pada umumnya pemilihan warna untuk mempermudah proses akhir saat pengecatan.



Gambar 2.20 Pigment

3. Resin

Bahan ini berwujud cairan kental seperti lem, berwarna merah muda atau bening. Berfungsi untuk mencairkan/melarutkan sekaligus juga mengerasakan semua bahan yang akan dicampur. Biasanya bahan ini dijual dalam literan atau dikemas dalam kaleng.



Gambar 2.21 Resin

4. Katalis (*Hardener*)

Zat ini berwarna bening dan berfungsi sebagai pengencer. Zat kimia ini biasanya dijual bersamaan dengan resin, dan dalam bentuk cairan encer dan dikemas dalam botol kecil.



Gambar 2.22 Katalis (*hardener*)

5. Talk

Sesuai dengan namanya bahan ini berupa bubuk berwarna putih seperti sagu. Berfungsi sebagai campuran adonan *fiberglass* agar keras dan agak lentur.



Gambar 2.23 Talk

6. Mat

Bahan ini berupa anyaman mirip kain dan terdiri dari beberapa model, dari model anyaman halus sampai dengan anyaman yang kasar atau besar dan jarang-jarang. Berfungsi sebagai pelapis campuran adonan dasar *fiberglass*, sehingga sewaktu unsur kimia tersebut bersenyawa dan mengeras, mat berfungsi sebagai pengikatnya. Akibatnya *fiberglass* menjadi kuat dan tidak getas.



Gambar 2.24 Mat

7. Aseton

Pada umumnya cairan ini berwarna bening, fungsinya seperti katalis yaitu untuk mencairkan resin. Zat ini digunakan apabila adonan terlalu kental yang akan mengakibatkan pembentukan *fiberglass* menjadi sulit dan lama keringnya.



Gambar 2.25 Aseton

8. PVA

Bahan ini berupa cairan kimia berkelir biru menyerupai spiritus. Berfungsi untuk melapis antara master mal/cetakan dengan bahan *fiberglass*. Tujuannya adalah agar kedua bahan tersebut tidak saling menempel, sehingga *fiberglass* hasil cetakan dapat dilepas dengan mudah dari master mal atau cetakannya.

9. *Mirror Glaze* dan MMA

Sesuai namanya, manfaatnya hampir sama dengan PVA, yaitu menimbulkan efek licin. Bahan ini berwujud pasta dan mempunyai warna bermacam macam



Gambar 2.26 *Mirror glaze* dan MMA

10. Cobalt

Cairan kimia ini berwarna kebiru-biruan. Berfungsi sebagai bahan aktif pencampur katalis agar cepat kering, terutama apabila kualitas katalisnya kurang baik dan terlalu encer. Bahan ini dapat dikategorikan sebagai bahan penyempurna, sebab tidak semua bengkel menggunakannya. Hal ini tergantung pada kebutuhan pembuat dan kualitas resin yang digunakannya. Perbandingannya adalah 1 tetes cobalt dicampur dengan 3 liter katalis. Apabila perbandingan cobalt terlalu banyak, dapat menimbulkan api.

11. Dempul *fiberglass*

Setelah hasil cetakan terbentuk dan dilakukan pengamplasan, permukaan yang tidak rata dan berpori-pori perlu dilakukan pendempulan. Tujuannya agar permukaan *fiberglass* hasil cetakan menjadi lebih halus dan rata sehingga siap dilakukan pengerjaan lebih lanjut.



Gambar 2.27 Dempul *Fiberglass*

2.6 Karakteristik Material Komposit

Sifat – sifat Material Komposit

Dalam pembuatan sebuah material komposit, suatu pengkombinasian optimum dari sifat-sifat bahan penyusunnya untuk mendapatkan sifat-sifat tunggal sangat diharapkan. Beberapa material komposit polymer diperkuat serbuk yang memiliki kombinasi sifat-sifat yang ringan, kaku, kuat dan mempunyai nilai kekerasan yang cukup tinggi. Disamping itu juga sifat dari material komposit dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu material yang digunakan sebagai bentuk komponen dalam komposit, bentuk geometri dari unsur-unsur pokok dan akibat struktur dari sistem komposit, cara dimana bentuk satu mempengaruhi bentuk lainnya.

Menurut Agarwal dan Broutman, yang menyatakan bahwa bahan komposit mempunyai ciri-ciri yang berbeda dan komposisi untuk menghasilkan suatu bahan yang mempunyai sifat dan ciri tertentu yang

berbeda dari sifat dan ciri konstituen asalnya. Disamping itu konstituen asal masi kekal dan dihubungkan melalui suatu antara muka.

Dengan kata lain, bahan komposit adalah bahan yang *heterogen* yang terdiri dari fasa yang tersebar dan fasa yang berterusan. Fasa tersebar selalu terdiri dari serat atau bahan pengukuh, manakalah yang berterusannya terdiri dari matriks.

2.7 Kekuatan Tarik Komposit

Bahan polimer setelah mengalami pengujian tarik, terjadi kelakuan tarikan pada bahan tersebut diantaranya: lunak dan lemah, keras dan getas, lunak dan ulet, keras dan kuat serta keras dan ulet. Konstanta perbandingan antara tegangan tarik dan regangan tarik merupakan nilai dari modulus elastik yaitu modulus elastik young. Modulus elastik young pada bahan polimer terletak didaerah 0,2-21x kgf/mm² . Harga tersebut lebih rendah daripada untuk baja yaitu 200x kgf/mm². Akan tetapi kalau molekul rantai cukup terarah seperti serat, maka harga tersebut diatas menjadi lebih besar hampir menyamai logam. Deformasi oleh penarikan sampai patah berbeda banyak tergantung pada jenis dan temperatur. Pada suhu 20° C perpanjangan ada pada daerah luas yaitu 0,5-700%. Kebanyakan dari plastik *thermoset* kurang dari 5% (Surdia dan Saito, 1999). Besarnya tegangan tarik dari material komposit dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (Surdia dan Saito, 1999):

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

Dimana: σ = tegangan tarik (Mpa)

p = beban tarik maksimum (N)

A = luas penampang spesimen uji (mm^2)

Besarnya regangan tarik dapat dihitung dengan persamaan seperti dibawah ini yang menyatakan merupakan regangan yang dinyatakan dalam mm/mm, bilangan tak berdimensi atau sering dinyatakan dalam persen (Surdia dan Saito,1999).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

Dimana: ε = regangan

ΔL = penambahan perpanjangan (mm)

L = panjang awal (mm)

Besarnya modulus elastisitas dapat dihitung dengan persamaan (Surdia dan Saito):

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

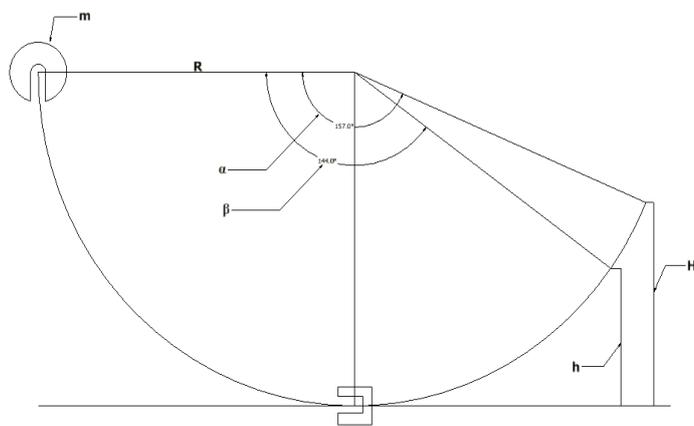
Dimana: E = modulus elastisitas (MPa)

σ = tegangan tarik (Mpa)

ε = regangan

2.8 Kekuatan Impak Komposit

Selain dilakukan pengujian tarik, bahan komposit juga bisa dilakukan pengujian impak. Pengujian impak adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun pada ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami deformasi (Yuwono, 2009).



Gambar 2.28 Skema pengujian impak charpy

Rumusan yang digunakan untuk menghitung besarnya energi yang terserap oleh komposit pada pengujian impak charpy adalah (ASTM D 5896):

$$Energi_{\text{serap}} = G \cdot R [\cos \beta - \cos \alpha]$$

Dari hasil perhitungan energi terserap tersebut diatas, besarnya kekuatan impak dapat dihitung dengan persamaan (ASTM D 5896):

$$\text{Keuletan } (\omega) = \frac{Ech}{A}$$

Dimana: ω = Kekuatan impak (J/mm²)

Ech = Energi serap spesimen (joule)

A = Luas penampang spesimen (mm²)

2.9 Pengujian densitas

Densitas suatu bahan komposit sama halnya dengan kerapatan massa suatu bahan. Densitas juga berarti sifat ringan suatu bahan. Densitas dapat dipengaruhi oleh *void* atau cacat yang ada pada sebuah bahan komposit. Semakin banyak void maka semakin kecil nilai densitasnya begitu sebaliknya. Selain *void*, densitas juga dapat dipengaruhi oleh ikatan antar muka matrik dan serat. Matrik dan serat yang tidak terikat dengan baik menyebabkan densitas rendah dikarenakan adanya ruang kosong disekitar serat yang tidak merekat pada matrik begitu pula sebaliknya.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dimana: ρ = densitas benda (Gram/cm³)

m = massa spesimen uji (Gram)

v = volume spesimen uji (Cm³)

2.10 Sejarah Helm

Sejarah menceritakan bahwa helm pertama kali diciptakan sebagai bagian dari baju pelindung peradaban Yunani kuno yaitu Romawi klasik hingga akhir abad ke-17, karena helm pada masa itu sebagai baju pelindung maka material yang digunakan terbuat dari besi/logam. Fungsi helm ini sebatas untuk keperluan perang yang dapat melindungi kepala dari sabetan pedang musuh dan datangnya anak panah atau peluru berkecepatan rendah.

Namun sekitar periode 1670, penggunaan helm menurun akibat telah adanya peluru dengan kecepatan tinggi sehingga mampu menembus helm pelindung kepala ini, imbasnya pada abad ke-18 tak ada lagi pasukan infanteri yang memakai helm. Hanya saja seorang Napoleon yang kembali menerapkan penggunaan helm bagi prajurit kavaleri. Walau saat ini kecepatan peluru sudah memiliki kecepatan yang sangat tinggi helm masih dianggap sebagai pelindung kepala yang efektif. Kehadiran helm pun sangat berperan penting pada Perang Dunia I dan Perang Dunia II.

2.11 Perkembangan Helm

Dalam perkembangannya perkembangan helm sangat pesat. Helm yang awalnya ala kadarnya kini berubah semakin canggih dan keren. Inovasi demi inovasi mulai dibuat oleh para produsen helm. Mulai dari material yang dipakai, busa dalam yang nyaman, jenis kaca hingga berbagai model helm.

Kini helm bisa sebagai alat untuk mengekspresikan diri, tidak hanya untuk *rider* saja tetapi juga para *boncengers* (pembonceng) pun bisa bergaya, tidak hanya dewasa saja, melainkan saat ini sudah banyak produsen helm yang menciptakan helm ber-SNI dengan desain kartun/super hero khusus untuk anak-anak. Tren demi tren mulai bergulir, produsen helm terus berinovasi menciptakan helm yang berkualitas dan ber-*safety*, tak ketinggalan sisi teknologi dan sains juga ikut diterapkan dalam pembuatan helm.

2.12 Standarisasi Helm di Indonesia

Standar Nasional Indonesia atau sering disebut SNI adalah satu-satunya standar yang berlaku di Indonesia yang dikeluarkan oleh Badan Standarisasi Nasional yang disebut BSN. Pemerintah melalui BSN telah mengeluarkan ketentuan SNI 1811-2007 tentang Helm Pengendara Kendaraan Roda Dua. Standarisasi ini dibentuk untuk memastikan kualitas produk yang benar-benar baik sehingga tidak merugikan dan menjamin konsumen, selain itu punya daya saing tidak hanya di pasar nasional tetapi juga pasar internasional. Standar ini menetapkan syarat-syarat teknis untuk helm yang digunakan untuk pengendara maupun penumpang kendaraan roda dua atau sepeda motor. Helm yang sudah berstandar meliputi helm tertutup (*full-face*) dan helm terbuka (*open-face*).

Dalam upaya pemberlakuan helm wajib SNI itu ternyata terhambat oleh perilaku masyarakat, khususnya para pengguna kendaraan sepeda motor yang cenderung tidak memperdulikan keselamatan diri mereka sendiri. Banyak

pengendara sepeda motor yang masih menggunakan helm apa adanya (tidak memenuhi standar) dan masih membiarkan para penumpang (pembonceng) tidak memakai helm standar. Tentunya perilaku tersebut tidak mentaati peraturan yang tercantum dalam Undang-Undang No. 22 Tahun 2009. Tentang lalu Lintas dan Angkutan Jalan (LLAJ).

Dimana sudah dikeluarkannya Peraturan Menteri Perindustrian RI No. 40/M-IND/PER/6/2008 Tentang Perberlakuan Standar Nasional Indonesia (SNI) Helm Pengendara Kendaraan Bermotor Roda Dua, yang mulai efektif berlaku sejak 1 April 2010.

Namun fakta di lapangan mencatat bahwa kecelakaan tetap saja ada diangka yang mengkhawatirkan, dimana korban kecelakaan pengendara sepeda motor mengalami cedera di kepala. Luka di kepala merupakan bagian terbesar dari kecelakaan parah dan fatal yang dialami oleh pengendara sepeda motor. Jenis luka yang terjadi dikepala berupa retaknya tempurung kepala, luka pada dahi atau wajah, bagian kepala belakang atau samping. Dan disinilah helm SNI menjalankan sebagai fungsinya demi mengurangi tingkat cedera yang mengenai kepala.

Mengenai helm SNI adalah helm yang sudah memenuhi standar SNI pada helm itu sendiri, diantaranya adalah minimal melindungi bagian atas dan belakang kepala (seperti helm *full-face* dan *open-face*), dengan kondisi busa, kaca, dan tempurung helm yang sudah memenuhi syarat-syarat keselamatan yang berlogo huruf timbul yang bertuliskan SNI.



Gambar 2.29 Contoh helm berlogo timbul SNI

2.13 Persyaratan Dasar Helm

1. Material Helm

Bahan helm harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a. Dibuat dari bahan yang kuat dan bukan logam, tidak berubah jika ditempatkan diruang terbuka pada suhu 0 °C sampai 55 °C dan tidak terpengaruh oleh radiasi ultra violet, serta harus tahan dari akibat pengaruh bensin, minyak, sabun, air, deterjen, dan pembersih lainnya.
- b. Bahan pelengkap helm harus tahan lapuk, tahan air, dan tidak dapat terpengaruh oleh perubahan suhu.
- c. Bahan yang bersentuhan dengan tubuh tidak boleh terbuat dari bahan yang dapat menyebabkan iritasi atau penyakit pada kulit, dan tidak mengurangi kekuatan terhadap benturan maupun perubahan fisik sebagai akibat dari bersentuhan langsung dengan keringat, minyak, dan lemak si pemakai.

2. Konstruksi Helm

Untuk memenuhi kriteria diatas, konstruksi helm haruslah kokoh, kuat, dan mempunyai daya redam yang baik terhadap energi kejut. Helm haruslah tetap utuh dan harus tetap terpasang dengan baik di kepala pemakai disaat terjadi benturan dengan benda keras.

Konstruksi helm harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Helm harus terdiri dari tempurung keras (shell) dengan permukaan halus, lapisan peredam benturan, dan tali pengikat ke dagu.
- b. Tinggi helm sekurang-kurangnya 114 milimeter diukur dari puncak helm ke bidang utama yaitu bidang horizontal yang melalui lubang telinga dan bagian bawah dari dudukan bola mata.
- c. Keliling lingkaran bagian dalam helm adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Persyaratan keliling lingkaran bagian dalam

Ukuran	Keliling Lingkaran Bagian Dalam (mm)
S	Antara 500-kurang dari 540
M	Antara 540- kurang dari 580
L	Antara 580-kurang dari 620
XL	Lebih dari 620

Sumber: Data SNI 1811:2007

- d. Tempurung terbuat dari bahan yang keras, sama tebal dan homogen kemampuannya, tidak menyatu dengan pelindung muka dan mata serta tidak boleh mempunyai penguatan setempat.

- e. Peredam benturan terdiri dari lapisan peredam kejut yang dipasang pada permukaan bagian dalam tempurung dengan tebal sekurang-kurangnya 10 milimeter dan jaring helm atau konstruksi lain yang berfungsi seperti jaring helm.
- f. Tali pengikat dagu lebarnya minimum 20 milimeter dan harus benar-benar berfungsi sebagai pengikat helm ketika dikenakan dikepala dan dilengkapi dengan penutup telinga dan tengkuk.
- g. Tempurung tidak boleh ada tonjolan keluar yang tingginya melebihi 5 milimeter dari permukaan luar tempurung dan setiap tonjolan harus ditutupi dengan bahan lunak dan tidak boleh ada bagian tepi yang tajam.
- h. Lebar sudut pandang sekeliling sekurang-kurangnya 105 derajat pada tiap sisi dan sudut pandang vertikal sekurang-kurangnya 30 derajat diatas dan 45 derajat dibawah bidang utama.
- i. Helm harus dilengkapi dengan pelindung telinga, penutup leher, pet yang bisa dipindahkan, tameng atau tutup dagu.
- j. Helm tidak boleh mempengaruhi fungsi aura dari pengguna terhadap suatu bahaya. Lubang ventilasi dipasang pada tempurung sedemikian rupa sehingga dapat mempertahankan temperatur pada ruang antara kepala dan tempurung.
- k. Setiap penonjolan ujung dari paku atau keling harus berupa lengkungan dan tidak boleh menonjol lebih dari 2 mm dari permukaan luar tempurung.

1. Helm harus dapat dipertahankan diatas kepala pengguna dengan kuat melalui atau menggunakan tali dengan cara mengaitkan dibawah dagu atau melewati tali pemegang dibawah dagu yang dihubungkan dengan tempurung.

2.14 Bagian-bagian Utama Helm

Fungsi dari bagian-bagian utama tersebut adalah sebagai berikut:

1. Lapisan keras, cangkang keras (*shell*) terbuat dari bahan fiberglass atau yang ringan dan lebih kuat, berfungsi untuk melindungi kepala terhadap benturan, goresan, dan tusukan dari benda keras dan tajam.
2. Lapisan peredam terbuat dari semacam sterofoam atau busa padat tapi mampu meredam goncangan, berfungsi meredam energi benturan sehingga energi benturan tidak diteruskan ke kepala. Lapisan ini bersifat lunak dan liat, tetapi tidak kenyal.
3. Lapisan bantalan lunak terbuat dari lapisan kain halus dan tebal terdiri dari bagian kepala atas, kepala belakang, pipi, dan leher, berfungsi untuk memberikan kenyamanan pada pemakai.
4. Tali dagu terbuat dari bahan kain bercampur nilon dan bahan yang tidak melar atau mulur, berfungsi untuk menetapkan atau mengikat helm ke kepala dengan baik. Tali dagu bersifat kuat dan tidak mulur saat terkena minyak atau keringat sang pemakai helm.

5. Kaca (*visor*) pelindung depan terbuat dari plastik bening, berfungsi untuk melindungi wajah pemakai helm dari terpaan hujan, kerikil, debu, dan hewan kecil atau serangga.

Komponen-komponen tersebut membentuk helm yang mampu memberikan perlindungan yang maksimum terhadap resiko cedera kepada pemakai saat terjadi kecelakaan.

Namun demikian, sebagai apapun helm jika tidak benar-benar pas pada kepala justru berbahaya. Helm yang longgar tidak baik digunakan karena akan kehilangan manfaat perlindungannya apabila terlepas dari kepala saat terjadi kecelakaan. Sebaliknya helm yang sempit juga tidak baik digunakan karena akan menghambat dan mengganggu aliran udara dan aliran darah didalam kepala.

Tali pengaman (sistem pengikat) merupakan salah satu bagian terpenting dari helm, bagian ini berfungsi untuk menjaga posisi helm pada kepala agar helm dapat berfungsi maksimal dalam meredam benturan saat terjadi kecelakaan.

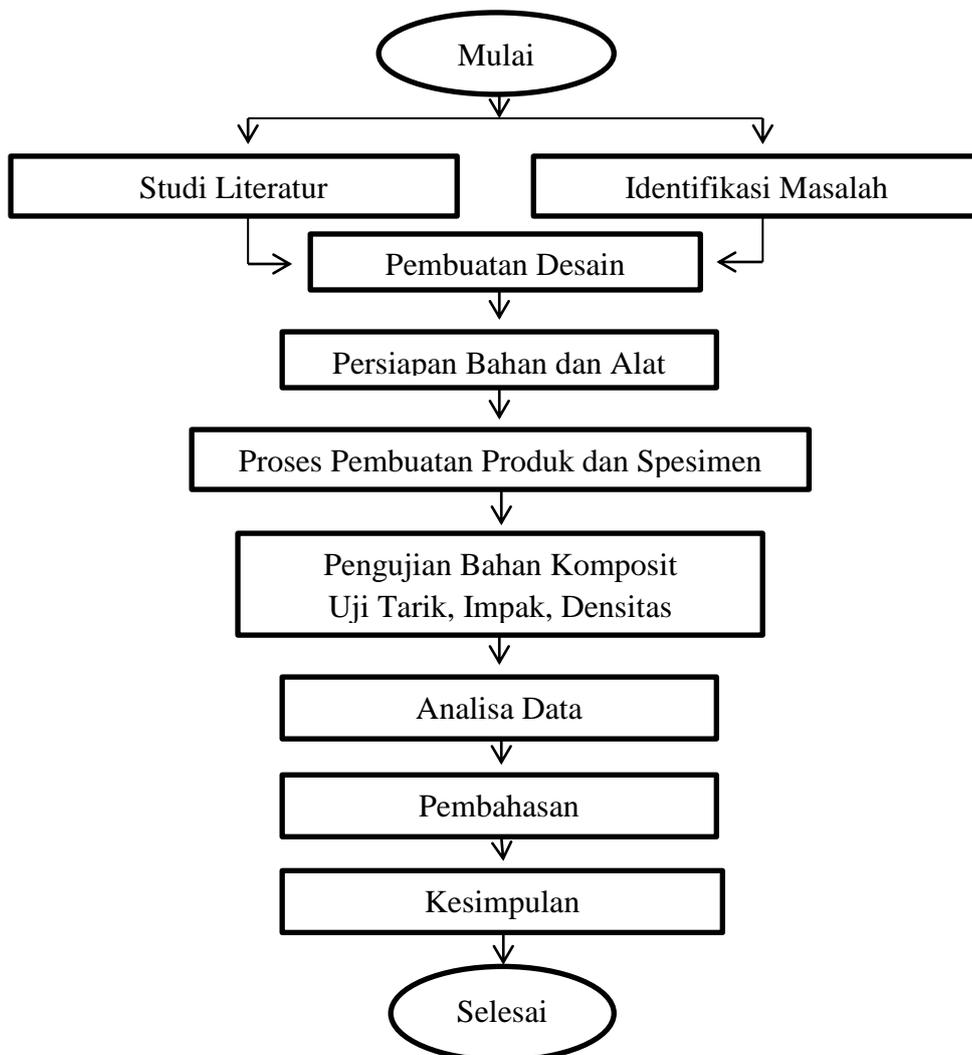
Helm ini harus pula memungkinkan pemakai bisa melihat dengan jelas, baik saat siang maupun malam atau saat terik panas maupun saat hujan. Beberapa helm harus memiliki kaca/mika yang baik dan didesain anti embun atau anti kabut. Ada juga kaca yang bisa menahan silaunya matahari karena terdapat lapisan filmnya namun saat malam juga cukup terang untuk melihat. Jangan memakai kaca/mika helm yang terlalu gelap karena dapat membahayakan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Dalam penelitian tugas akhir ini dapat dijelaskan secara sederhana oleh diagram proses alur penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alur Proses Penelitian

3.2 Persiapan Alat dan Bahan

Sebelum pembuatan komposit dilakukan persiapan beberapa hal. Seperti persiapan alat dan bahan yang digunakan. Adapun dalam penelitian ini alat dan bahan yang digunakan antara lain:

a. Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini yaitu:

1. Serat gelas

Serat gelas yang digunakan berjenis *E-Glass* dengan bentuk acak (*strand*) dan *Woven Roving* dengan bentuk benang panjang yang dianyam.

2. Resin

Sebagai matrik dalam penelitian ini menggunakan resin yang dipakai pada umumnya.

3. Katalis

Katalis yang digunakan memiliki senyawa *MEKPO* yaitu senyawa *Metyl Etyl Keton Peroksida*.

4. Talk

Dalam pembuatan produk diperlukan talk sebagai campuran agar permukaan helm mudah di ampelas saat proses *finishing*.

5. Dempul *Fiberglass*

Dempul digunakan untuk menutupi lubang (*void*) yang terdapat pada produk.

6. Mirror Glaze/MAA

Mirror glaze/MAA digunakan sebagai pelapis cetakan agar produk tidak menempel pada cetakan.

7. Komponen-komponen helm

Komponen-komponen helm yang dimaksud adalah bagian seperti kaca, styrofoam, busa, tali pengikat dagu, karet dan sebagainya yang diperlukan untuk pembuatan sebuah helm.

b. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| 1. Alat Ui tarik | 12. Gunting |
| 2. Alat Uji Impak | 13. Gelas Plastik |
| 3. Timbangan | 14. Pengaduk |
| 4. Gerinda Tangan | 15. Pisau |
| 5. Kuas | 16. Gergaji |
| 6. Ampelas | 17. Spray gun |
| 7. Cetakan | 18. Spidol |
| 8. Penggaris/Jangka Sorong | 19. Masker |
| 9. Bor Tangan | 20. Sarung Tangan Sensitif |
| 10. Sekrap | 21. Lakban kertas |
| 11. Lem | 22. Kertas karton |

3.3 Penentuan Komposisi

Penentuan komposisi dalam pembuatan suatu produk komposit memiliki peranan penting, karena unsur-unsur penyusun komposit baik matrik maupun penguatnya memiliki pengaruh yang besar terhadap sifat mekanik produk tersebut. Dalam tugas akhir ini penentuan komposisi yang dilakukan terdiri dari penentuan komposisi resin-katalis-talk dan komposisi polimer-penguat (serat).

3.3.1 Komposisi Resin-Katalis-Talk

Banyak sedikitnya katalis yang digunakan pada campuran resin akan berdampak pada kekerasan komposit yang dihasilkan. Semakin banyak katalis yang ditambahkan maka semakin cepat proses pengerasan pada campuran resin tersebut. Pada saat proses pengadukan dapat menimbulkan *void* pada hasil akhir produk komposit, *void* tersebut tidak dapat dihindarkan dari proses pembuatan komposit, untuk itu diperlukan komposisi dan cara pengadukan yang tepat agar meminimalisir terjadinya *void* pada produk.

3.3.2 Komposisi polimer-penguat (serat)

Komposisi unsur-unsur penyusun komposit polimer-penguat (serat) ditentukan dengan menggunakan fraksi volume.

3.4 Proses Persiapan

a. Proses Persiapan Cetakan

1. Cetakan dibersihkan menggunakan air dan sabun untuk menghilangkan debu dan kotoran.
2. Cetakan yang sudah dibersihkan kemudian dijemur pada panas matahari selama 1 jam.
3. Setelah penjemuran selesai, cetakan dibersihkan kembali menggunakan kain hingga bersih untuk memudahkan dalam proses pembuatan produk.

b. Persiapan Serat Gelas

1. Serat gelas yang digunakan dipotong dengan ukuran tertentu agar mudah digunakan pada saat proses pembuatan helm.
2. Serat gelas yang sudah dipotong kemudian ditimbang agar didapat serat dengan komposisi yang diinginkan.



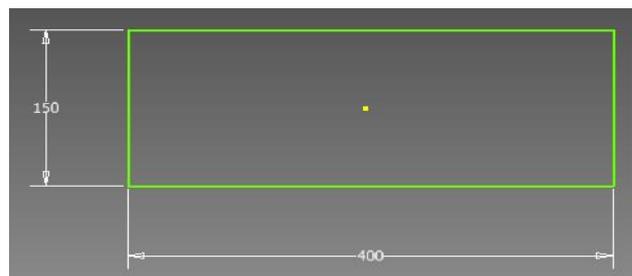
Gambar 3.2 Serat yang sudah dipotong

c. Persiapan Matriks

1. Resin disiapkan 100% atau secukupnya didalam gelas plastik lalu ditambahkan talk sesuai perbandingan yang ditentukan (tiap lapis berbeda perbandingan), lalu campuran bahan tersebut diaduk secara perlahan-lahan sampai rata.
2. Kemudian adonan tersebut ditambahkan katalis sebanyak 1% dari volume resin atau secukupnya dengan cara ditetaskan kedalam resin kemudian diaduk kembali perlahan-lahan hingga tercampur rata dan jangan sampai bergelembung (terjadi *void*).

3.5 Skema Cetakan Spesimen

Cetakan Spesimen yang digunakan dalam pembuatan spesimen komposit terbuat dari keramik yang diberi pembatas menggunakan kertas karton yang disatukan menggunakan lem. Ukuran cetakan yang digunakan ditunjukkan seperti pada gambar berikut:



Gambar 3.3 Skema cetakan spesimen

3.6 Pembuatan Spesimen Uji

Langkah-langkah dalam pembuatan sampel komposit yaitu menggunakan metode *hand lay-up* (HLU). Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Cetakan spesimen yang dibersihkan dari kotoran yang mengganggu lalu pada permukaan cetakan dioleskan menggunakan MAA, tujuan diberikan lapisan MAA tersebut untuk mempermudah melepas spesimen dari cetakan. Pelapisan MAA dilakukan dua kali pelapisan kemudian dijemur dibawah terik matahari hingga kering.
2. Mencampurkan bahan-bahan resin, talk, dan katalis pada gelas plastik. Untuk perbandingannya sebagai berikut:
 - a. Lapisan pertama, perbandingan resin dan talk 1:1 dan katalis sebanyak lima belas tetes.
 - b. Lapisan kedua, perbandingan resin dan talk 2:1 dan katalis sebanyak lima belas tetes.
 - c. Lapisan ketiga, resin tanpa talk dan katalis sebanyak lima belas tetes.
3. Aduk pelan-pelan adonan untuk lapisan pertama supaya tidak banyak udara yang masuk kedalam adonan tersebut.
4. Setelah cetakan dan bahan siap, tuangkan bahan tersebut kedalam cetakan yang sudah disiapkan.
5. Ratakan permukaan adonan yang dituang pada cetakan menggunakan sekrap karton. Pada saat meratakan resin dilakukan dengan perlahan agar mendapat hasil yang maksimal.

6. Setelah pelapisan selesai dan merata diseluruh bagian cetakan, diamkan sebentar lapisan tersebut hingga agak keras.
7. Proses selanjutnya membuat lapisan kedua dengan menggunakan serat gelas acak, proses pelapisan pada serat gelas menggunakan adonan lapisan kedua dengan cara menuangkan sebagian adonan keatas lapisan pertama kemudian diratakan menggunakan kuas, lalu letakan serat gelas yang sudah dipotong diatasnya. Kemudian tuangkan sisa adonan keatas serat gelas tersebut dan diratakan keseluruhan bagian sambil ditekan-tekan secara perlahan agar seluruh serat terkena resin. Cara tersebut disebut dengan teknik *hand lay-up* (HLU).
8. Setelah serat tertutupi resin dan sudah mulai agak keras, ulangi kembali cara diatas menggunakan adonan untuk lapisan ketiga dan menggunakan serat gelas anyam hingga serat tertutupi resin.
9. Kemudian diamkan cetakan spesimen tersebut sampai kering dan mengeras.
10. Cetakan spesimen yang sudah kering kemudian dilepas dari cetakan secara perlahan-lahan.
11. Komposit yang baik dari hasil proses pembuatan yaitu serat tertutup rata dengan resin dan tidak terdapat gelembung pada hasil cetakan.
12. Karena komposit hasil cetakan masih terdapat bagian yang tidak diperlukan, maka bagian tersebut dihilangkan menggunakan gerinda tangan.

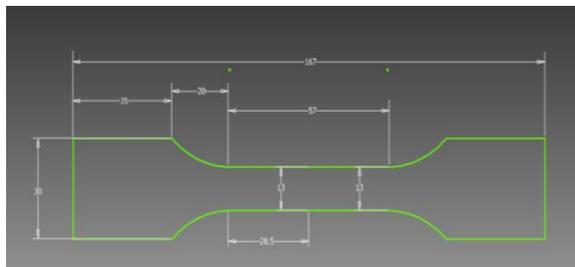


Gambar 3.4 proses pemotongan bagian yang tidak diperlukan

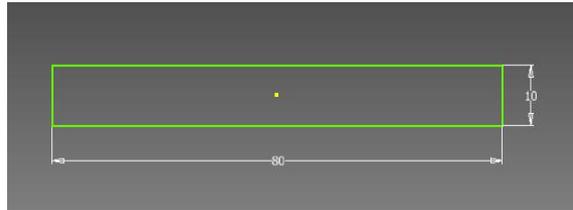
13. Setelah itu komposit dipotong dan dibentuk menjadi spesimen uji sesuai dengan standar uji tarik (ASTM D 638), dan uji impact (ASTM D 5896) dan untuk uji densitas dengan ukuran 25mm x 15mm.



Gambar 3.5 Spesimen uji tarik dan impact



Gambar 3.6 Skema spesimen uji tarik (ASTM D 638)



Gambar 3.7 Skema spesimen uji impak (ASTM D 5896)



Gambar 3.8 Spesimen uji densitas

3.7 Proses Pengujian

Bahan spesimen uji dibuat sesuai dengan standar uji tarik (ASTM D 638) dan uji impak (ASTM D 5896), selanjutnya spesimen diberi nomor untuk membedakan masing-masing model spesimen. Setelah itu, spesimen uji dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan UGM dengan mesin uji tarik *SERVOPULSER* dan alat uji impak *charpy* untuk material komposit.



Gambar 3.9 Alat uji tarik universal (*Universal Testing Material*)



Gambar 3.10 posisi pendulum sebelum menabrak benda uji

Untuk pengujian densitas dilakukan sendiri menggunakan jangka sorong untuk mengukur dimensi spesimen dan dengan timbangan digital untuk mengukur massa spesimen uji.



Gambar 3.11 Proses menimbang spesimen uji

3.7.1 Langkah-langkah uji tarik pada bahan komposit adalah sebagai berikut:

1. Spesimen uji dipasang pada mesin uji tarik.
2. Dijepit dengan pencekam pada ujung-ujungnya.
3. Ditarik kearah memanjang secara perlahan.
4. Selama penarikan setiap saat akan tercatat dengan grafik yang tersedia pada mesin sampai spesimen putus.
5. Amati dan catat gaya pada saat titik luluhnya dan titik *ultimatenya* juga pertambahan panjang dari spesimen uji setelah putus.
6. Hasil uji tarik berupa grafik bukan yang diberikan terhadap pertambahan panjang spesimen uji material komposit. Data atau grafik yang diperoleh setelah uji tarik nanti digunakan dalam perhitungan untuk mencari nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas komposit.

3.7.2 Langkah-langkah uji impak pada bahan komposit adalah sebagai berikut:

1. Mengkalibrasi ulang alat uji impak.
2. Memasang spesimen uji pada penahan yang terdapat pada alat uji impak.
3. Mengangkat pendulum pada alat uji impak.
4. Melepaskan tuas penahan pendulum hingga pendulum berayun dan menabrak spesimen uji.
5. Tunggu hingga pendulum berhenti berayun lalu ambil data yang terdapat pada skala penunjuk hasil pengujian.

3.7.3 Langkah-langkah pengujian densitas pada bahan komposit adalah sebagai berikut:

1. Ukur panjang, lebar, dan tebal masing-masing spesimen uji
2. Timbang masing-masing spesimen uji menggunakan timbangan digital agar lebih akurat
3. Data-data yang diperoleh kemudian hitung berapa nilai densitas masing-masing spesimen.

BAB IV

PEMBAHASAN

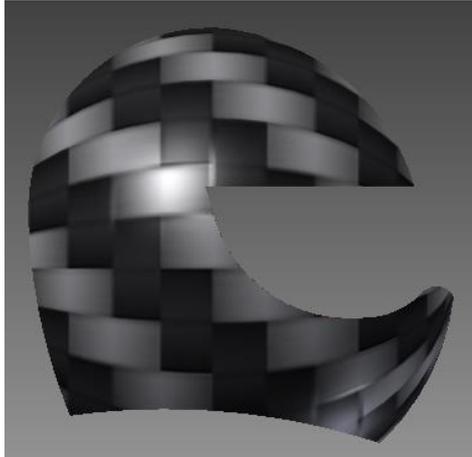
Data-data yang diperoleh dalam penelitian tugas akhir ini selanjutnya diolah dan dianalisa. Adapun langkah-langkah dalam pengolahan dan analisa data yaitu sebagai berikut:

1. Data dari proses pembuatan helm yang diperoleh kemudian disusun menjadi rangkaian-rangkaian proses pembuatan helm komposit.
2. Data dan grafik yang diperoleh dari hasil pengujian kemudian dilakukan penghitungan untuk mencari nilai kekuatan tarik, modulus elastisitas, dan kekuatan impak.
3. Menyimpulkan hasil eksperimen.

4.1 Proses Pembuatan Helm Komposit

4.1.1 Pemilihan desain helm

Desain helm yang dipakai adalah desain dari helm dengan merk “BANDIT” buatan jerman dengan tipe XXR yang memiliki bentuk dan desain menarik.



Gambar 4.1 Desain helm BANDIT XXR

4.1.2 Persiapan cetakan (*molding*) helm

Penyiapan *molding* yang harus dilakukan sebelum memulai pembuatan helm komposit adalah sebagai berikut:

1. Pembersihan *molding*

Pembersihan *molding* dilakukan dengan cara membersihkan sisa sisa resin yang masih menempel pada *molding* kemudian dicuci dalam air sabun agar kotoran dan debu yang masih menempel dapat dibersihkan dengan sempurna dan tidak menyebabkan cacat pada permukaan helm yang dicetak. Setelah helm dicuci kemudian dilakukan pengeringan dengan cara dijemur hingga kering.

2. Pelapisan *molding* menggunakan mirror glaze/MAA

Setelah *molding* kering kemudian diolesi lapisan mirror glaze/MAA pada permukaan *molding* bagian dalam agar *molding* dan helm yang dibuat mudah dilepas. Pemberian

lapisan tersebut harus merata pada setiap bagian dalam *molding*.



Gambar 4.2 Pemberian lapisan MAA pada molding

Setelah pemberian lapisan MAA tersebut selesai maka selanjutnya *molding* dijemur agar lapisan mirror glaze/MAA kering dan tidak mudah luntur, setelah kering kemudian diamkan *molding* dan tunggu hingga *molding* dingin. Setelah dingin *molding* siap untuk digunakan.



Gambar 4.3 Penjemuran molding

4.1.3 Pembuatan helm komposit

Proses pembuatan helm komposit dengan metode *hand lay up* adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan lapisan pertama helm komposit

Pembuatan lapisan pertama dimulai dengan komposisi antara resin dan talk dengan perbandingan 1:1. Untuk tiap cetakan membutuhkan campuran antara resin 100 gram dan talk 100 gram. Dan untuk adonan penyambung membutuhkan campuran antara resin 30 gram dan talk 30 gram.



Gambar 4.4 Perbandingan 1:1 resin dan talk

Resin dan talk tersebut dicampur dan diberi katalis 15 tetes atau secukupnya kemudian diaduk perlahan hingga tercampur dan jangan sampai menimbulkan *void* (gelembung udara) didalam adonan. Lalu dituangkan pada kedua cetakan kemudian ratakan menggunakan scrap karton keseluruhan bagian cetakan, pastikan lapisan ini tidak terlalu tebal karena akan mempengaruhi berat helm. Lapisan ini bertujuan agar didapat lapisan yang mudah

dihaluskan pada sisi luar helm komposit pada saat proses finishing.



Gambar 4.5 Proses meratakan adonan lapisan pertama



Gambar 4.6 Cetakan yang sudah diberi lapisan pertama

Setelah semua bagian dari kedua cetakan tersebut diberi lapisan pertama kemudian tunggu lapisan tersebut kering dan dipegang sudah tidak begitu lengket lalu satukan kedua cetakan tersebut menggunakan 4 buah *bolt* pada sisi tengah bagian luar cetakan agar cetakan dapat menyatu dan tidak berubah-ubah ataupun bergeser posisinya.



Gambar 4.7 Cetakan yang sudah disatukan

Setelah cetakan berhasil disatukan, siapkan adonan penyambung kemudian beri katalis sebanyak 10 tetes atau secukupnya kemudian tuangkan adonan penyambung tersebut pada bagian tengah cetakan untuk menutup garis tengah pada sambungan cetakan, lalu ratakan menggunakan scrap karton hingga garis tersebut tertutup lapisan pertama dan cetakan benar-benar menyatu. Tunggu hingga agak kering kemudian siapkan adonan lapisan kedua.

2. Pembuatan lapisan kedua helm komposit

Pembuatan lapisan kedua dimulai dengan komposisi antara resin dan talk dengan perbandingan 2:1 dengan resin yang lebih banyak daripada talk, yaitu antara 400 gram resin dan 200 gram talk. Pada lapisan ini akan ditambahkan serat gelas jenis acak, untuk itu persiapkan terlebih dulu serat yang digunakan dengan

cara dipotong dengan ukuran 25x15cm agar mudah saat digunakan.



Gambar 4.8 Serat acak yang sudah dipotong

Resin dan talk tersebut kemudian dicampur dan diaduk secara perlahan hingga menjadi sebuah adonan. Kemudian diberi katalis sebanyak 15 tetes atau secukupnya kemudian diaduk perlahan hingga tercampur lalu oleskan secara merata dan tidak terlalu tebal keseluruh permukaan lapisan pertama menggunakan kuas, hal tersebut bertujuan agar lapisan pertama dan kedua saling melekat.



Gambar 4.9 Proses pelapisan sebelum diberi serat gelas

Setelah semua permukaan terlapisi oleh adonan lapisan kedua kemudian susun potongan potongan serat gelas yang sudah disediakan kedalam cetakan tersebut secara merata keseluruhan bagian cetakan.



Gambar 4.10 Proses penyusunan serat acak kedalam cetakan

Setelah semua bagian cetakan sudah tertutup serat maka selanjutnya menuang adonan lapisan kedua kedalam cetakan sambil diratakan sambil ditekan-tekan agar adonan dapat meresap kedalam serat menggunakan kuas keseluruhan bagian cetakan.



Gambar 4.11 Serat acak yang sudah dilapisi dengan resin

Pastikan semua bagian serat terkena adonan resin dan mampu merekat dengan baik pada lapisan pertama, jika tidak maka lapisan tersebut akan memiliki rongga-rongga udara (*void*) dan akan menimbulkan gejala pengangkatan lapisan. Jika semua serat sudah terlapisi menggunakan adonan maka langkah selanjutnya adalah menunggu lapisan kedua tersebut sampai agak kering dan apabila dipegang sudah tidak begitu lengket. Setelah lapisan kedua dirasa sudah agak kering maka kemudian melepas cetakan helm tersebut, caranya dengan melepas keempat *bolt* yang digunakan untuk menggabungkan cetakan. Kemudian lepas cetakan bagian depan secara perlahan-lahan karena hasil lapisan kedua belum sepenuhnya kering, hal ini bertujuan agar cetakan mudah saat dilepas dan diameter lubang cangkang helm dapat diperlebar sesuai ukuran yang diinginkan.



Gambar 4.12 Cetakan bagian depan yang sudah terlepas

Setelah cetakan bagian depan terlepas kemudian lepas cetakan bagian belakang secara perlahan. Setelah semua cetakan selesai dilepas kemudian potong/lubangi bagian depan cangkang helm menggunakan cutter atau gergaji, lubang tersebut nantinya sebagai lubang yang digunakan untuk melihat oleh pemakai helm.



Gambar 4.13 Proses membuat lubang pengelihatan pada helm

Setelah lubang pengelihatn selesai dibuat kemudian gunakan penyangga untuk membuat ukuran pada cangkang helm dengan cara menyangga bagian tengah cangkang helm sehingga memiliki diameter yang lebih lebar. Penyangga tersebut sudah diukur sesuai standar ukuran helm pada helm aslinya.



Gambar 4.14 Posisi pemasangan pipa penyangga ukuran helm

Setelah penyangga ukuran terpasang kemudian tunggu hingga cangkang lapisan kedua helm tersebut kering dan kaku sehingga saat penyangga dilepas cangkang helm tidak akan kembali keukuran semula (mengecil). Setelah cangkang helm mengeras dan pembuatan ukuran sudah berhasil maka persiapkan adonan untuk lapisan ketiga.

3. Pembuatan lapisan ketiga helm komposit

Pembuatan lapisan ketiga dimulai dengan komposisi antara resin tanpa menggunakan talk dengan perbandingan komposisi resin dan katalis yaitu antara 250 gram resin dan 1 gram katalis

atau secukupnya. Pada lapisan ini akan ditambahkan serat gelas jenis anyam, untuk itu persiapkan terlebih dulu serat yang digunakan dengan cara dipotong-potong sesuai ukuran yang dibutuhkan agar mudah saat digunakan.



Gambar 4.15 Serat anyam yang sudah dipotong-potong

Setelah adonan dan serat yang akan digunakan sudah disiapkan maka selanjutnya mencampur resin dengan katalis sebanyak 1 gram atau secukupnya kemudian diaduk perlahan hingga adonan tercampur rata, setelah itu oleskan sebagian adonan kedalam cangkang helm diatas lapisan kedua secara merata menggunakan kuas, hal ini bertujuan untuk menambah daya rekat antar lapisan kedua dan lapisan ketiga dan supaya serat dapat menempel pada cangkang helm dengan baik. Setelah semua bagian cangkang diolesi adonan resin kemudian susun serat anyam pada bagian sisi dalam helm secara menyeluruh.



Gambar 4.16 Proses penambahan serat anyam lapisan ketiga

Setelah semua serat tersusun kemudian oleskan adonan resin keseluruhan bagian helm menggunakan kuas agar menutup dan meresap kedalam serat maka kuas agak ditekan-tekan sehingga resin akan meresap dengan baik kedalam serat, setelah semua terlapisi resin dan tidak ada serat yang masih terlihat kering maka selanjutnya menunggu lapisan tersebut hingga kering. Setelah lapisan ketiga kering, proses selanjutnya merapikan bagian luar helm dari bekas sambungan cetakan, sisa serat yang digunakan, dan menghaluskan bagian sisi lubang pengelihan menggunakan ampelas dan gergaji.

4.1.4 *Finishing* helm komposit

Proses finishing helm setelah proses pembuatan sudah selesai dilakukan antara lain sebagai berikut:

1. Proses pengampelasan, pendempulan, dan pembuatan lubang sirkulasi dan lubang mur dudukan kaca helm.

Proses pengampelasan dilakukan pada seluruh bagian luar cangkang helm dengan tujuan untuk menghaluskan permukaan cangkang helm, selain itu juga untuk mencari gelembung-gelembung udara kecil (*void*) yang ada pada permukaan helm, jika ditemukan adanya *void* maka dilakukan pengelupasan permukaan cangkang helm tersebut menggunakan *cutter* yang nantinya permukaan tersebut akan ditambal ulang menggunakan dempul.



Gambar 4.17 *Void* yang terdapat pada permukaan helm

Setelah proses pengampelasan dirasa cukup maka selanjutnya proses pendempulan. Proses pendempulan ini dilakukan untuk menutup *void* yang ada pada permukaan helm, dempul yang digunakan adalah dempul khusus plastik atau polyester, campurkan dempul dengan *hardener* sesuai petunjuk penggunaan kemudian oleskan pada lubang agar tertutup merata menggunakan scrap karton. Lakukan langkah tersebut keseluruhan lubang yang ada pada

permukaan cangkang helm hingga tidak ada lagi permukaan yang masih berlubang.



Gambar 4.18 Permukaan helm yang baru didempul

Setelah semua *void* sudah tertutup dempul maka langkah selanjutnya adalah mengampelas permukaan cangkang helm yang baru didempul tersebut hingga halus dan tidak ada sisa dempul yang terasa menonjol.



Gambar 4.19 Permukaan dempul yang sudah diampelas

Langkah selanjutnya setelah pendempulan selesai adalah pembuatan lubang sirkulasi dan lubang mur sebagai dudukan kaca

helm, pembuatan lubang tersebut menggunakan bor tangan dan dibuat pada bagian depan helm untuk lubang sirkulasi dan pada bagian samping kanan, kiri sesuai lekukan yang sudah tercetak pada permukaan cangkang helm.



Gambar 4.20 Proses pembuatan lubang sirkulasi

Setelah proses pembuatan lubang sirkulasi dan lubang mur dudukan kaca selesai selanjutnya memasang mur kedalam lubang tersebut, mur yang digunakan adalah mur yang memiliki gerigi agar pada saat dipasang dan direkatkan pada cangkang menggunakan adonan resin mur tersebut tidak mudah lepas atau goyang.



Gambar 4.21 Mur sebagai dudukan kaca

Setelah mur selesai dipasang kemudian ampelas kembali permukaan helm dan lubang sirkulasi yang baru dibuat agar lebih halus dan helm siap untuk masuk ke proses pengecatan (*painting*).



Gambar 4.22 Helm yang sudah siap dicat

2. Proses pengecatan (*painting*)

Pada proses pengecatan ini dilakukan pada ruang terbuka dan terhindar dari debu, untuk pencampuran cat dengan tiner dilakukan sesuai jenis cat yang digunakan, jangan membuat campuran yang terlalu kental dan jangan terlalu encer.

- a. Proses pengecatan dimulai dengan pengecatan menggunakan cat dasar epoxy agar menutup pori-pori pada permukaan helm yang masih kasar dan terbuka sehingga akan membuat permukaan helm memiliki permukaan yang halus dan siap untuk dilapisi cat dasar.



Gambar 4.23 Helm yang sudah dicat epoxy

- b. Setelah cat epoxy tahap selanjutnya adalah pengecatan warna dasar, karena helm akan dicat menggunakan warna merah ferrari dan hitam gloss maka cat dasar yang digunakan adalah cat warna putih, hal tersebut bertujuan agar cat warna merah Ferrari yang dihasilkan akan tampak lebih terang.



Gambar 4.24 Helm yang sudah dicat dasar

Setelah cat warna dasar sudah selesai dilakukan tunggu cat dasar tersebut hingga kering.

- c. setelah cat dasar kemudian dilakukan pengecatan menggunakan cat warna merah Ferrari secara perlahan hingga merata keseluruh bagian yang helm kemudian diamkan hingga cat tersebut kering.



Gambar 4.25 Helm yang dicat warna merah

- d. langkah selanjutnya adalah membuat pola grafis menggunakan lakban kertas, hal tersebut bertujuan untuk menutupi bagian yang tidak ingin terkena cat menggunakan lakban kertas



Gambar 4.26 Helm yang sudah diberi pola

- e. Setelah seluruh bagian pola sudah tertutup lakban kemudian dilakukan pengecatan warna hitam keseluruhan bagian helm secara perlahan dan merata.



Gambar 4.27 Proses pengecatan warna hitam

- f. Setelah semua bagian dicat warna hitam langkah selanjutnya menunggu cat tersebut kering dengan sempurna, setelah kering lepas lakban kertas dan Koran penutup pola, dan akan terlihat helm dengan warna hitam dengan pola grafis berwarna merah Ferrari.



Gambar 4.28 Hasil akhir pembuatan pola

- g. Langkah selanjutnya adalah mengecat keseluruhan helm tersebut menggunakan cat *clear* (transparan/vernis) agar cat warna yang tadi dibuat tidak mudah pudar dan semakin mengkilat (*glossy*).
- h. Setelah pengecatan dengan cat *clear* sudah selesai, langkah selanjutnya menunggu cat *clear* tersebut benar-benar kering sempurna. Setelah kering, lakukan pemolesan menggunakan kompon pada permukaan yang baru dicat agar hasil pengecatan terlihat lebih halus dan cat terlihat benar-benar mengkilat. Setelah itu cangkang helm siap untuk dirangkai.



Gambar 4.29 Hasil akhir proses pengecatan

3. Proses pemasangan komponen-komponen helm

Proses pemasangan komponen-komponen helm yang pertama adalah proses pemasangan karet penutup tepi bagian bawah dan tepi bagian lubang pengelihatan kemudian pemasangan

styrofoam pada bagian tempurung bagian dalam helm menggunakan lem, kemudian pasang tali pengikat dagu pada tempurung helm menggunakan paku keling, pastikan terpasang dengan baik setelah itu pasang busa dan jaring-jaring helm pada bagian atas dan samping bagian dalam helm supaya pemakai nyaman saat menggunakan helm.



Gambar 4.30 Komponen-komponen bagian dalam helm



Gambar 4.31 Komponen helm yang sudah terpasang

Yang terakhir pemasangan kaca bagian depan supaya pemakai terlindung dari debu khususnya pada bagian mata. Pastikan kaca dapat digerakan keatas dan kebawah atau bisa dibuka dan ditutup. Setelah semua komponen-komponen tersebut terpasang maka helm sudah dapat digunakan.



Gambar 4.32 Hasil akhir pembuatan helm

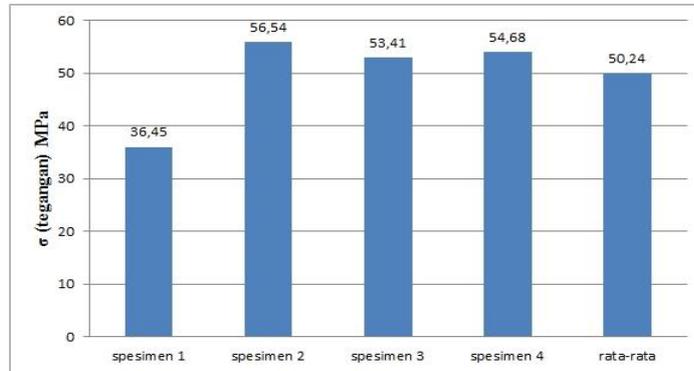
4.2 Hasil dan Pembahasan Pengujian

4.2.1 Pengujian tarik

1. Kekuatan tarik komposit polimer berpenguat serat gelas

Hasil pengujian tarik pada spesimen uji komposit 3 lapis serat anyam, acak, dan talk. Untuk spesimen 1 diperoleh nilai kekuatan tarik sebesar 36,45 MPa, untuk spesimen 2 memiliki nilai sebesar 56,54 MPa, untuk spesimen 3 memiliki nilai sebesar 53,41 MPa, dan untuk spesimen 4 memiliki nilai sebesar 54,68 MPa.

Sehingga rata-rata nilai keempat spesimen tersebut adalah 50,24 MPa.



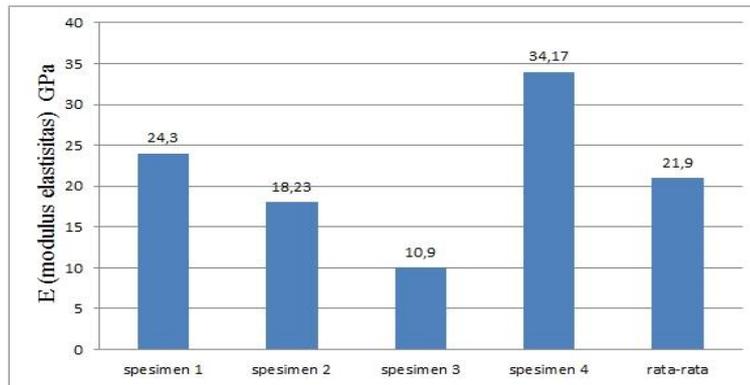
Gambar 4.33 Grafik kekuatan tarik komposit

Tabel 4.1 Kekuatan tarik komposit

Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Spesimen 4
36,45	56,54	53,41	54,68
50,24 MPa			

2. Modulus elastisitas komposit

Hasil pengujian tarik pada spesimen uji komposit 3 lapis serat anyam, acak, dan talk. Untuk spesimen 1 diperoleh nilai modulus elastisitas sebesar 24,3 GPa, untuk spesimen 2 memiliki nilai sebesar 18,23 GPa, untuk spesimen 3 memiliki nilai sebesar 10,9 GPa, dan untuk spesimen 4 memiliki nilai sebesar 34,17 GPa. Sehingga rata-rata nilai keempat spesimen tersebut adalah 21,9 GPa.



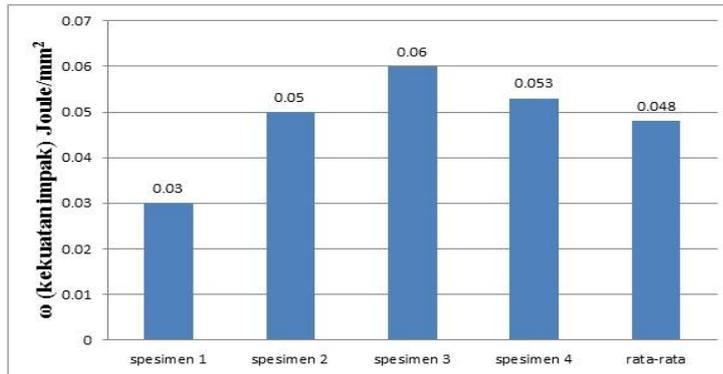
Gambar 4.34 Grafik modulus elastisitas komposit

Tabel 4.2 Modulus elastisitas komposit

Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Spesimen 4
24,3	18,23	10,9	34,17
21,9 GPa			

4.2.2 Pengujian impak

Hasil pengujian impak pada spesimen uji komposit 3 lapis serat anyam, acak, dan talk. Untuk spesimen 1 diperoleh nilai kekuatan impak sebesar $0,030 \text{ Joule/mm}^2$, untuk spesimen 2 memiliki nilai sebesar $0,050 \text{ Joule/mm}^2$, untuk spesimen 3 memiliki nilai sebesar $0,060 \text{ Joule/mm}^2$, dan untuk spesimen 4 memiliki nilai sebesar $0,053 \text{ Joule/mm}^2$. Sehingga rata-rata nilai keempat spesimen tersebut adalah $0,048 \text{ Joule/mm}^2$.



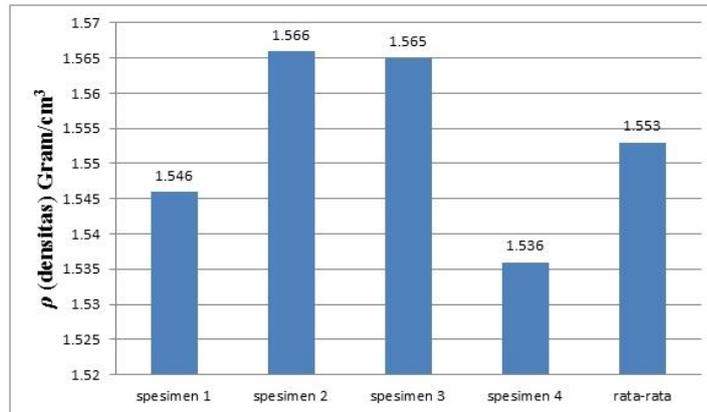
Gambar 4.35 grafik kekuatan impak komposit

Tabel 4.3 Kekuatan impak komposit

Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Spesimen 4
0,030	0,050	0,060	0,053
0,048 Joule/mm ²			

4.2.3 Pengujian densitas

Hasil pengujian densitas pada spesimen uji komposit 3 lapis serat anyam, acak, dan talk. Untuk spesimen 1 nilai kerapatan massanya sebesar 1,546 Gram/cm³, untuk spesimen 2 sebesar 1,566 Gram/cm³, untuk spesimen 3 sebesar 1,565 Gram/cm³, dan untuk spesimen 4 sebesar 1,536 Gram/cm³. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan nilai rata-rata densitas keempat spesimen sebesar 1,553 Gram/cm³.



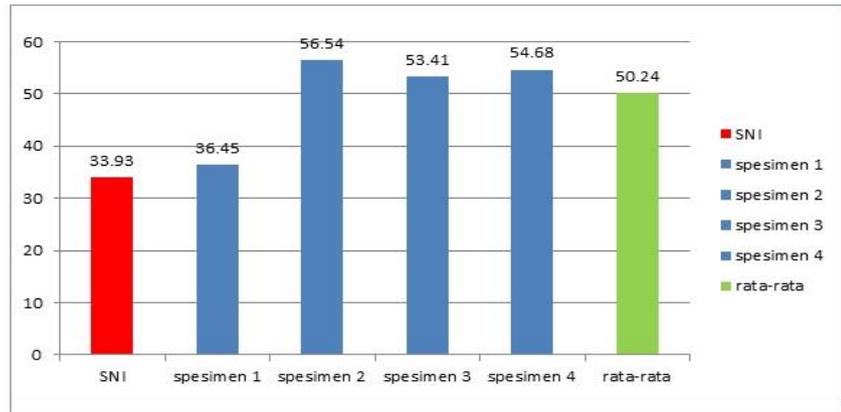
Gambar 4.36 Grafik densitas komposit

Tabel 4.4 Hasil pengujian densitas

Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Spesimen 4
1,546	1,566	1,565	1,536
1,553 Gram/cm ³			

4.2.4 Komparasi data pengujian

Hasil pengujian pada material komposit yang dibuat kemudian dibandingkan dengan data standarisasi material helm SNI (Alaya Fadllu dan Bambang Setyoko, 2014) bahwa pengujian material helm SNI yang mereka lakukan menunjukkan kekuatan sebesar 33,93 MPa, nilai tersebut berhasil dilalui oleh material uji komposit serat gelas kami yaitu dengan rata-rata keempat material uji sebesar 50,24 MPa.



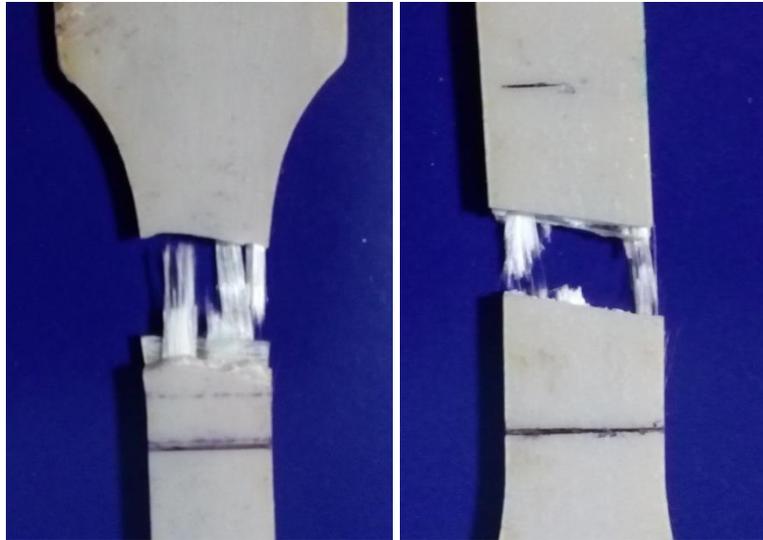
Gambar 4.37 Grafik komparasi pengujian SNI

Jadi dari acuan data tersebut dapat disimpulkan bahwa material komposit serat gelas yang kami buat sudah cukup baik dan memiliki standar material untuk helm SNI.

4.2.5 Foto makro spesimen uji

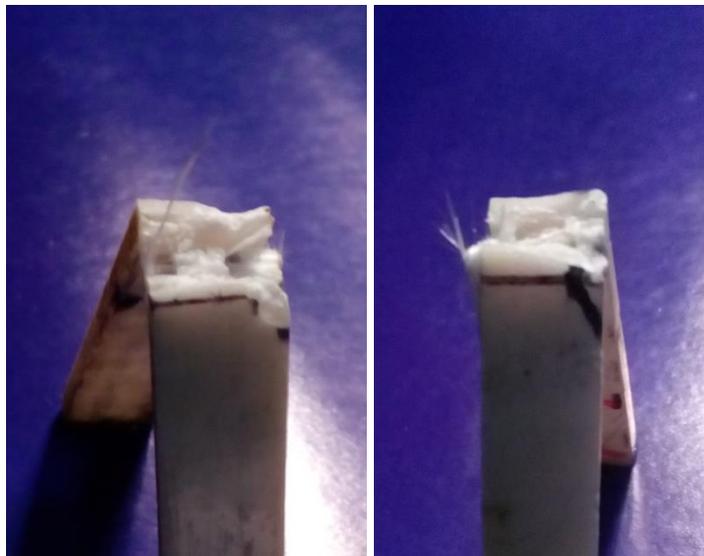
Hasil patahan pada material uji menunjukkan adanya *fiber pull out* yang menunjukkan bahwa bahan komposit tersebut memiliki sifat ulet dan tidak getas meskipun *fiber pull out* hanya terjadi pada lapisan ketiga dengan serat anyam. Dari hasil pengujian tarik dan impact menunjukkan bahwa lapisan ketiga serat anyam memiliki peran penting dalam memberikan nilai keuletan pada spesimen uji, hal tersebut ditunjukkan oleh banyaknya *fiber pull out* yang terjadi pada lapisan ketiga serat anyam. Untuk lebih jelasnya lihat gambar munculnya *fiber pull out* pada spesimen uji dibawah ini:

a. Spesimen pengujian tarik



Gambar 4.38 *Fiber pull out* pada spesimen uji tarik

b. Spesimen pengujian impact



gambar 4.39 *Fiber pull out* pada spesimen uji impact

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Pembuatan helm menggunakan metode *hand lay up* dengan menggunakan 2 molding dan dihasilkan helm *race* yang terdiri dari tiga lapisan yaitu serat anyam, serat acak, dan talk.
2. Berdasarkan uji tarik statik diperoleh kekuatan tarik rata-rata komposit tiga lapis yang diperkuat serat gelas anyam, acak, dan talk pada spesimen uji komposit tersebut adalah 50,24 MPa. Berdasarkan uji impak *charphy* diperoleh kekuatan impak rata-rata pada spesimen uji komposit tersebut adalah 0,048 Joule/mm². Berdasarkan pengujian densitas pada spesimen uji komposit tersebut didapatkan nilai rata-rata densitas keempat spesimen sebesar 1,553 Gram/cm³.
3. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, untuk hasil pengujian tarik dibandingkan dengan hasil pengujian material helm SNI (Alaya Fadllu dan Bambang Setyoko, 2014) maka material yang dibuat sudah lulus uji material untuk helm SNI dan memiliki kekuatan tarik rata-rata yang lebih besar 48% dari material helm SNI.

5.2 Saran

Dari hasil kesimpulan yang didapat, untuk itu saya selaku penganalisa ingin menyarankan kepada pembaca antara lain:

1. Untuk kesempurnaan dari hasil pengujian, hendaknya memperhatikan kondisi dari spesimen yang akan di uji tersebut, karena kondisi spesimen yang kurang sempurna misalnya seperti terdapat *void*/gelembung udara dapat mempengaruhi dari hasil pengujian tersebut.
2. Untuk mendapatkan helm komposit yang baik sesuai yang diinginkan maka pada saat pencetakan mulai dari proses awal sampai tahap akhir harus berhati-hati agar tidak menimbulkan *void* yang terlalu banyak.
3. Apabila ada yang ingin meneruskan penelitian ini, saran saya dalam proses pembuatan helm dan spesimen uji/panel komposit sebaiknya menggunakan metode *press molding* karena hasilnya akan memiliki ketebalan dan kekuatan yang seragam dan lebih tinggi kekuatannya daripada metode *hand lay up*.

LAMPIRAN-LAMPIRAN



Penghitungan pengujian tarik

1. Spesimen 1

a. Luas penampang spesimen 1

Diketahui: Tebal spesimen (t) = 3,41 mm

Lebar spesimen (L) = 12,77 mm

Ditanyakan A (luas penampang spesimen)?

$$\begin{aligned} A &= t \times L \\ &= 3,41 \times 12,77 \\ &= 43,54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

b. Regangan spesimen 2

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{0,26 \text{ mm}}{167 \text{ mm}} \times 100 = 0,15 \%$$

c. Tegangan spesimen 2

$$P = \frac{8,1}{100} \times 2000 \text{ Kg} = 162 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P}{A} = \frac{162}{43,54} \\ &= 3,72 \text{ Kg/mm}^2 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 36,456 \text{ MPa}\end{aligned}$$

d. Modulus elastisitas spesimen 1

$$\begin{aligned}E &= \frac{\sigma}{\varepsilon} \\ &= \frac{36,45}{0,15 \%} = \frac{36,45}{0,0015} \\ &= \frac{24300 \text{ MPa}}{1000} = 24,3 \text{ GPa}\end{aligned}$$

2. Spesimen 2

e. Luas penampang spesimen 2

$$\text{Diketahui: Tebal spesimen (t)} = 3,25 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar spesimen (L)} = 12,68 \text{ mm}$$

Ditanyakan A (luas penampang spesimen)?

$$\begin{aligned}A &= t \times L \\ &= 3,25 \times 12,68 \\ &= 41,21 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

f. Regangan spesimen 2

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{0,52 \text{ mm}}{167 \text{ mm}} \times 100 = 0,31 \%$$

g. Tegangan spesimen 2

$$P = \frac{11,9}{100} \times 2000 \text{ Kg} = 238 \text{ Kg}$$

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{238}{41,21}$$

$$= 5,77 \text{ Kg/mm}^2 \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 56,546 \text{ MPa}$$

h. Modulus elastisitas spesimen 2

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$= \frac{56,54}{0,31 \%} = \frac{56,54}{0,0031}$$

$$= \frac{18238 \text{ MPa}}{1000} = 18,23 \text{ GPa}$$

3. Spesimen 3

a. Luas penampang spesimen 3

Diketahui: Tebal spesimen (t) = 3,11 mm

Lebar spesimen (L) = 12,73 mm

Ditanyakan A (luas penampang spesimen)?

$$A = t \times L$$

$$= 3,11 \times 12,73$$

$$= 39,59 \text{ mm}^2$$

b. Regangan spesimen 3

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{0,82 \text{ mm}}{167 \text{ mm}} \times 100 = 0,49 \%$$

c. Tegangan spesimen 3

$$p = \frac{10,8}{100} \times 2000 \text{ Kg} = 216 \text{ Kg}$$

$$\sigma = \frac{p}{A} = \frac{216}{39,59}$$

$$= 5,45 \text{ Kg/mm}^2 \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 53,41 \text{ MPa}$$

d. Modulus elastisitas spesimen 3

$$\begin{aligned} E &= \frac{\sigma}{\varepsilon} \\ &= \frac{53,41}{0,49 \%} = \frac{53,41}{0,0049} \\ &= \frac{10900 \text{ MPa}}{1000} = 10,9 \text{ GPa} \end{aligned}$$

4. Spesimen 4

a. Luas penampang spesimen 4

Diketahui: Tebal spesimen (t) = 3,32 mm

Lebar spesimen (L) = 12,73 mm

Ditanyakan A (luas penampang spesimen)?

$$\begin{aligned} A &= t \times L \\ &= 3,32 \times 12,73 \\ &= 42,26 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

b. Regangan spesimen 4

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{0,27 \text{ mm}}{167 \text{ mm}} \times 100 = 0,16 \%$$

c. Tegangan spesimen 4

$$p = \frac{11,2}{100} \times 2000 \text{ Kg} = 236 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{p}{A} = \frac{236}{42,26} \\ &= 5,58 \text{ Kg/mm}^2 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 54,684 \text{ MPa} \end{aligned}$$

d. Modulus elastisitas spesimen 4

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$= \frac{54,68}{0,16 \%} = \frac{54,68}{0,0016}$$

$$= \frac{34175 \text{ MPa}}{1000} = 34,17 \text{ GPa}$$

5. Rata-rata tegangan keempat spesimen

$$\text{Rata-rata} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4}{4}$$

$$= \frac{36,45 + 56,54 + 53,41 + 54,68}{4}$$

$$= 50,24 \text{ MPa}$$

6. Rata-rata modulus elastisitas keempat spesimen

$$\text{Rata-rata} = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + E_4}{4}$$

$$= \frac{24,3 + 18,23 + 10,9 + 34,17}{4}$$

$$= 21,9 \text{ GPa.}$$

Penghitungan pengujian impak

Diketahui: Sudut ayun bebas (α) = 157°
 Panjang lengan (R) = 83 cm = 0,83 m
 Massa pendulum (m) = 1 Kg
 Gaya grafitasi (g) = $9,8 \text{ m/s}^2$

1. Spesimen 1

a. Luas penampang spesimen 1

Diketahui: Tebal spesimen (t) = 3,10 mm
 Lebar spesimen (L) = 9,60 mm
 Sudut ayun (β) = 145°

$$\begin{aligned}
 A &= t \times L \\
 &= 3,10 \text{ mm} \times 9,60 \text{ mm} \\
 &= 29,76 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

b. Energi serap spesimen 1

$$\begin{aligned}
 E_{ch} &= G \times R \times (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 &= 9,8 \times 0,83 \times (0,88 - 0,99) \\
 &= 8,13 \times (-0,11) \\
 &= -0,894 \text{ Joule}
 \end{aligned}$$

c. Kekuatan impak spesimen 1

$$\begin{aligned}
 \omega &= -\frac{E_{ch}}{A} \\
 &= \frac{0,894}{29,76} = 0,030 \text{ Joule/mm}^2
 \end{aligned}$$

2. Spesimen 2

a. Luas penampang spesimen 2

Diketahui: Tebal spesimen (t) = 3,20 mm
 Lebar spesimen (L) = 9,58 mm
 Sudut ayun (β) = 142°

$$\begin{aligned}
 A &= t \times L \\
 &= 3,20 \text{ mm} \times 9,58 \text{ mm} \\
 &= 30,65 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

b. Energi serap spesimen 2

$$\begin{aligned}
 E_{ch} &= G \times R \times (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 &= 9,8 \times 0,83 \times (0,80 - 0,99) \\
 &= 8,13 \times (-0,19)
 \end{aligned}$$

$$= -1,544 \text{ Joule}$$

c. Kekuatan impak spesimen 2

$$\begin{aligned}\omega &= -\frac{Ech}{A} \\ &= \frac{1,544}{30,65} = 0,050 \text{ Joule/mm}^2\end{aligned}$$

3. Spesimen 3

a. Luas penampang spesimen 3

Diketahui: Tebal spesimen (t) = 3,0 mm

 Lebar spesimen (L) = 9,0 mm

 Sudut ayun (β) = 147°

$$\begin{aligned}A &= t \times L \\ &= 3,0 \text{ mm} \times 9,0 \text{ mm} \\ &= 27 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

b. Energi serap spesimen 3

$$\begin{aligned}Ech &= G \times R \times (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 9,8 \times 0,83 \times (0,79 - 0,99) \\ &= 8,13 \times (-0,20) \\ &= -1,626 \text{ Joule}\end{aligned}$$

c. Kekuatan impak spesimen 4

$$\begin{aligned}\omega &= -\frac{Ech}{A} \\ &= \frac{1,626}{27} = 0,060 \text{ Joule/mm}^2\end{aligned}$$

4. Spesimen 4

a. Luas penampang spesimen 4

Diketahui: Tebal spesimen (t) = 3,05 mm

$$\text{Lebar spesimen (L)} = 9,55 \text{ mm}$$

$$\text{Sudut ayun } (\beta) = 142^\circ$$

$$\begin{aligned} A &= t \times L \\ &= 3,05 \text{ mm} \times 9,55 \text{ mm} \\ &= 29,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

b. Energi serap spesimen 4

$$\begin{aligned} E_{ch} &= G \times R \times (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 9,8 \times 0,83 \times (0,80 - 0,99) \\ &= 8,13 \times (-0,19) \\ &= -1,544 \text{ Joule} \end{aligned}$$

c. Kekuatan impak spesimen 4

$$\begin{aligned} \omega &= -\frac{E_{ch}}{A} \\ &= \frac{1,544}{29,12} = 0,053 \text{ Joule/mm}^2 \end{aligned}$$

5. Rata-rata kekuatan impak keempat spesimen

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4}{4} \\ &= \frac{0,030 + 0,050 + 0,060 + 0,053}{4} \\ &= 0,048 \text{ Joule/mm}^2 \end{aligned}$$

Pengujian densitas material komposit

1. Densitas spesimen 1

$$\text{Diketahui: Volume spesimen (V)} = 1306 \text{ mm}^3 = 1,306 \text{ Cm}^3$$

$$\text{Massa spesimen (m)} = 2,02 \text{ Gram}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{1,306}{2,02} \\ &= 1,546 \text{ Gram/cm}^3\end{aligned}$$

2. Densitas spesimen 2

$$\text{Diketahui: Volume spesimen (V)} = 1283 \text{ mm}^3 = 1,283 \text{ Cm}^3$$

$$\text{Massa spesimen (m)} = 2,01 \text{ Gram}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{1,283}{2,01} \\ &= 1,566 \text{ Gram/cm}^3\end{aligned}$$

3. Densitas spesimen 3

$$\text{Diketahui: Volume spesimen (V)} = 1284 \text{ mm}^3 = 1,284 \text{ Cm}^3$$

$$\text{Massa spesimen (m)} = 2,01 \text{ Gram}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{1,283}{2,01} \\ &= 1,565 \text{ Gram/cm}^3\end{aligned}$$

4. Densitas spesimen 1

$$\text{Diketahui: Volume spesimen (V)} = 1204 \text{ mm}^3 = 1,204 \text{ Cm}^3$$

$$\text{Massa spesimen (m)} = 1,85 \text{ Gram}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{1,204}{1,85}\end{aligned}$$

$$= 1,536 \text{ Gram/cm}^3$$

5. Rata-rata densitas komposit

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{\rho_1 \rho_2 \rho_3 \rho_4}{4} \\ &= \frac{1,546 + 1,566 + 1,565 + 1,536}{4} \\ &= 1,553 \text{ Gram/cm}^3 \end{aligned}$$

Rincian biaya pembuatan helm komposit

No.	Nama Barang	Jumlah	Harga (Rupiah)
1	Resin SHCP	1 Kg	25.000
2	Katalis	1 botol	6.500
3	Serat acak	0,5 Kg	10.000
4	Serat anyam	50 Cm	11.000
5	Talk	0,5 Kg	10.000
6	MAA	1 buah	33.000
7	Kuas	3 buah	20.000
8	Ampelas	3 lembar	15.000
9	Dempul	1 buah	15.000
10	Lakban	1 buah	5.000
11	Mur dan baut	2 buah	4.000
12	Gelas plastik	6 buah	3.000
13	Kawat kasa	30 Cm	10.000
14	Lem	1 buah	10.000
15	Cat epoxy	100 ml	25.000
16	Cat dasar	50 ml	25.000
17	Cat warna merah	50 ml	30.000
18	Cat warna hitam	50 ml	30.000
19	Cat clear/vernish	50 ml	40.000
20	Komponen-komponen bagian dalam helm	1 set	180.000
21	Kaca	1 buah	45.000
22	Lain-lain	-	-
23	Total		552.500