



**PENGARUH VARIASI TEBAL CORE DAN FRAKSI VOLUME
TERHADAP KEKUATAN MEKANIK KOMPOSIT SANDWICH
POLYESTER BERPENGUAT SERAT DAUN NANAS (ANANAS)
DENGAN CORE STYROFOAM**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Silvia Pratiwi
NIM 101910101066

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur yang tiada henti penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu wa taala atas curahan rahmat, nikmat serta hidayatnya sehingga karya tulis dalam bentuk skripsi ini dapat selesai. Dengan rasa bangga dan kerendahan hati skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda Wawan Gunawan dan Ibunda Suwarti. Terima kasih atas semua cinta, kasih sayang, pengorbanan, perhatian, doa, motivasi dan bimbingan serta didikan yang selalu tiada henti tuncurahkan untuk saya, serta mohon maaf atas segala kesalahan dan kekurangan;
2. Adikku Gilang Prasetya tercinta. Mari kita raih yang terbaik dan tetap semangat wujudkan impian orang tua agar ayah dan ibu kita bangga dan bahagia di dunia maupun di akhirat nanti;
3. Semua guru dari taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi. Tiada ilmu yang saya dapatkan tanpa perantara Bapak-Ibu, terima kasih banyak untuk semuanya;
4. Almamater yang kubanggakan;
5. Untuk calon imamku, Dwi Yono yang kucinta dan kusayang. Semoga ini awal untuk masa depan kita;
6. Semua sahabat-sahabatku Mech-X, yang sudah memberikan motivasi yang begitu berarti khususnya kepada sahabat-sahabat tercinta Aditya Wahyu Pradana (nyund), Permadi Yudha Winata (samadun), dan Erfina Ayu Wardhani (ndaho) terima kasih untuk semua dukukungannya.

MOTTO

اللَّهُ سَبِيلٌ فِي فَهُوَ الْعِلْمِ طَلَبِ فِي جَ حَرَ مَنْ

‘‘Barang siapa keluar untuk mencari ilmu maka dia berada di jalan Allah ‘‘
(HR.Turmudzi)

Eat Failure, and you will know the taste of success.
(Mahatma Gandhi)

Work Hard, Stay Humble, Dream Big
(Anonim)

Dream as if you will live forever, and live as if you'll die today
(ONE OK ROCK)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Silvia Pratiwi**

NIM : **101910101066**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “*pengaruh variasi tebal core dan fraksi volume terhadap kekuatan mekanik komposit sandwich polyester berpenguat serat daun nanas (ananas) dengan core styrofoam*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, April 2015
Yang menyatakan,

Silvia Pratiwi
NIM. 101910101066

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI TEBAL CORE DAN FRAKSI VOLUME
TERHADAP KEKUATAN MEKANIK KOMPOSIT SANDWICH
POLYESTER BERPENGUAT SERAT DAUN NANAS (ANANAS)
DENGAN CORE STYROFOAM**

Oleh

Silvia Pratiwi

NIM 101910101066

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Hary Sutjahjono, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “pengaruh variasi tebal core dan fraksi volume terhadap kekuatan mekanik komposit sandwich polyester berpenguat serat daun nanas (ananas) dengan core styrofoam” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Rabu, 1 April 2015

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.
NIP. 19691201 199602 1 001

Anggota I,

Hari Arbiantara B., S.T., M.T.
NIP. 19670924 199412 1 001

Sekretaris,

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.
NIP. 19681205 199702 1 002

Anggota II,

Ir. Dwi Djumhariano, M.T.
NIP. 19600812 199802 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

Pengaruh Variasi Tebal Core Dan Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Sandwich Polyester Berpenguat Serat Daun Nanas (Ananas) Dengan Core Styrofoam

Silvia Pratiwi, 101910101066; 2015; 85 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Bahan komposit memiliki banyak keunggulan dibandingkan bahan konvensional, diantaranya berat yang lebih ringan, kekuatan yang dapat diatur (*tailorability*), tahan lelah (*fatigue resistance*) yang baik, tahan korosi, dan memiliki kekuatan jenis (*rasio kekuatan terhadap berat jenis*) yang tinggi. Produk tanpa pengecatan, anti gores, lebih ringan dan ekonomis. Material komposit terdiri dari dua buah penyusun yaitu *filler* (bahan pengisi) dan *matriks*. Material komposit terdiri dari dua buah penyusun yaitu filler (bahan pengisi) dan matriks. Filler adalah bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit, biasanya berupa serat atau serbuk. Matriks secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit.

Pembuatan cetakan dan komposit dilakukan di Laboratorium Desain dan Uji Bahan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember. Untuk pengamatan struktur mikro dilakukan di Laboratorium Biomedik, Fakultas Farmasi Universitas Jember. Waktu pelaksanaan penelitian 25 Agustus sampai dengan 25 September 2014. Variabel yang digunakan variasi fraksi volume 10%, 20% dan 30%, dan variasi tebal core 10 mm, 15 mm, 20 mm. Sedangkan parameter yang diamati adalah kekuatan *Impact*, kekuatan *Bending* dan struktur mikro patahan.

Dari hasil analisa, pada penelitian ini diketahui terjadi peningkatan kekuatan. Pada variasi fraksi volume serat 10% dengan tebal core 10 mm memiliki nilai rata-rata paling rendah yaitu 0,516 J/mm², dan fraksi volume serat 30% dengan tebal core 20 mm mempunyai harga *impact* tertinggi yaitu dengan rata-rata sebesar 0,818 J/m². Peningkatan kekuatan tersebut terjadi karena ikatan yang bagus antara matriks dan

serat dengan ditandai banyaknya *fiber break* pada daerah patahan. Jenis patahan yang terjadi adalah patah getas, karena permukaan patahan dari specimen rata dan tidak terlihat adanya deformasi plastis pada daerah patahan. Untuk kekuatan *bending* fraksi volume 10% dengan tebal core 10 mm mempunyai nilai kekuatan *bending* terendah yaitu 0,52 MPa dengan defleksi sebesar 0,0596 mm, dan fraksi volume 30% dengan tebal core 20 mm mempunyai harga *bending* tertinggi yaitu dengan rata-rata sebesar 2,45 MPa dengan defleksi sebesar 14,0886 mm.

Dari pengamatan struktur mikro dapat diketahui bahwa kegagalan atau cacat yang terjadi baik pada specimen uji impact maupun specimen uji *bending* adalah adanya serat terlepas atau *fibers pull out* akibat ikatan yang lemah antara matriks dan serat, serta adanya celah pada *interface* akibat kegagalan matriks mengikat serat yang jumlahnya terlalu banyak.

SUMMARY

Effect of Core Thickness Variation and Volume Fraction Of Mechanical Strength Reinforcement Polyester Fiber Composite Sandwich Leaf Pineapple (Ananas) With Core Styrofoam

Silvia Pratiwi, 101910101066; 2015; 85 page; Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, Jember University.

Composite materials have many advantages over conventional materials, among which are lighter weight, power adjustable (tailorability), resistant tired (fatigue resistance) is good, corrosion resistant, and has a kind of strength (ratio of strength to density) high. Products without painting, scratch-resistant, lighter and economical. Composite material composed of two constituent namely filler (fillers) and matrix. Filler is a material used in the manufacture of composites, usually in the form of fibers or powders. General matrix serves the fibers into a composite structure.

Making of molds and composite conducted at the Design and Test Materials Department of Mechanical Engineering Laboratory, Faculty of Engineering, University of Jember. For microstructure observation conducted Biomedical Laboratory, Faculty of Pharmacy, University of Jember. The variables used variations of the volume fraction of 10 %, 20 % and 30 %, and the variation of the core 10 mm thick, 15 mm, 20 mm. While the parameters measured were Impact strength, bending strength and fracture microstructure.

From the analysis, the study showed an increase in strength. In a variation of fiber volume fraction of 10% with 10 mm thick core had an average value of the low at 0.516 J/mm², and a fiber volume fraction of 30% with 20 mm thick cores have the highest impact prices by an average of 0.818 J/m². The increase was due to the power of a good bond between the matrix and fibers with a marked number of fiber breaks at the fracture area. The type of fault that occurred has brittle fracture, fracture surface of the specimen flat and no visible plastic deformation in the fault

area. For the bending strength of the volume fraction of 10% with 10 mm thick core had low bending strength values, 0.52 MPa with a deflection of 0.0596 mm, and at volume fraction of 30% with 20 mm thick cores had the highest bending strength by an average of 2.45 MPa with a deflection of 14.0886 mm.

From observation of the microstructure should that the failure or defect that occurs in both the test specimen and the impact bending test specimen has the presence of fiber break or fibers pull out regardless due to weak bonding between the matrix and fibers, as well as the gap in the interface due to the failure of a number of fiber matrix binding too much.

PRAKATA

Segala puji dan syukur kehadirat ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Pengaruh Variasi Tebal Core Dan Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Sandwich Polyester Berpenguat Serat Daun Nanas (Ananas) Dengan Core Styrofoam*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayahanda tercinta Wawan Gunawan dan Ibunda tercinta Suwarti atas segala do'a, dukungan semangat dan materil. Adikku Gilang Prasetya Gunawan yang tak henti-hentinya memberi semangat dan motivasi, serta saudara-saudaraku semua yang telah memberikan doa kepada saya.
2. Bapak Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing anggota yang selalu memberikan ide, saran, dan motivasi, serta meluangkan waktunya untuk membimbing saya selama proses penelitian dan penyusunan laporan skripsi ini.
3. Bapak Hari Arbiantara, S.T., M.T. selaku dosen penguji I, dan Bapak Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T. selaku dosen penguji II yang memberikan saran dan kritikan bersifat konstruktif untuk penyusunan skripsi ini.
4. Seluruh staf pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan membimbing saya selama saya duduk di bangku perkuliahan.

5. Semua teman-teman teknik mesin 2010 (MECHANICAL – X), terimakasih untuk motivasi, dukungan serta kebersamaannya selama kurang lebih 5 tahun disini.
6. Teman-teman yang selalu memberi dukungan, Ervina Ayu Wardhani terimakasih untuk motivasi dan kebersamaannya.
7. Semua pihak yang telah membantu proses penelitian dan penyusunan skripsi ini dari awal hingga akhir.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, April 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMBUTAN	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	5
1.4.1. Tujuan.....	5
1.4.2. Manfaat.....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Komposit	7
2.1.1 Definisi Komposit.....	7
2.1.2 Jenis – Jenis Material Komposit	9
2.1.3 Penempatan Serat	10
2.1.4 Komposit Sandwich	12
2.2 Komposit Matrik Polimer (Polimer Sebagai Matrik)	13
2.3 Resin Polyester	13

2.4 Core Styrofoam dan Fraksi Volume	16
2.4.1 Styrofoam.....	16
2.4.2 Fraksi Volume.....	18
2.5 Nanas	18
2.5.1 Definisi nanas	18
2.5.2 Klasifikasi	19
2.6 Uji Bending	21
2.7 Uji Impact	22
2.8 Mobil Irit	25
2.9 Hipotesa	25
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.2 Bahan dan Alat	26
3.2.1 Bahan	26
3.2.2 Alat.....	26
3.3 Pelaksanaan Penelitian	27
3.3.1 Penetapan Metode Penelitian	27
3.3.2 Penetapan Variabel Terikat dan Variabel Bebas.....	27
3.4 Metode Penelitian	27
3.4.1 Proses Pengambilan Serat	27
3.4.2 Perlakuan Serat Daun Nanas.....	28
3.5 Pembuatan Cetakan	28
3.5.1 Cetakan Spesimen <i>Impact</i>	28
3.5.2 Cetakan Spesimen <i>Bending</i>	28
3.6 Pemilihan Parameter	30
3.6.1 Tebal Core Styrofoam.....	30
3.6.2 Fraksi Volume.....	30
3.7 Pengukuran Parameter	31
3.7.1 Kekuatan <i>Impact</i>	31

3.7.2 Pengujian <i>Bending</i>	32
3.8 Metode Pengujian	32
3.8.1 Model Tetap	32
3.8.2 Penyajian Data	33
3.8.3 Uji Hipotesis	35
3.8.4 Pengujian Anova.....	36
3.9 Flow Chart Penelitian	38
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Data Percobaan	39
4.1.1 Data Spesifikasi Bahan	39
4.1.2 Data Perhitungan Komposisi Komposit Sandwich.....	39
4.1.3 Data kekuatan <i>Impact</i>	40
4.1.4 Data kekuatan <i>Bending</i>	42
4.2 Analisis Perhitungan Sifat Mekanis Material	43
4.2.1 Pengujian Hipotesis terhadap Kekuatan <i>Impact</i>	43
4.2.2 Pengujian Hipotesis terhadap Kekuatan <i>Bending</i>	46
4.3 Pembahasan	49
4.3.1 Pembahasan Kekuatan <i>Impact</i>	49
4.3.2 Pembahasan Kekuatan <i>Bending</i>	56
4.3.3 Pembahasan Pengamatan Mikro	60
BAB 5. PENUTUP	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	70

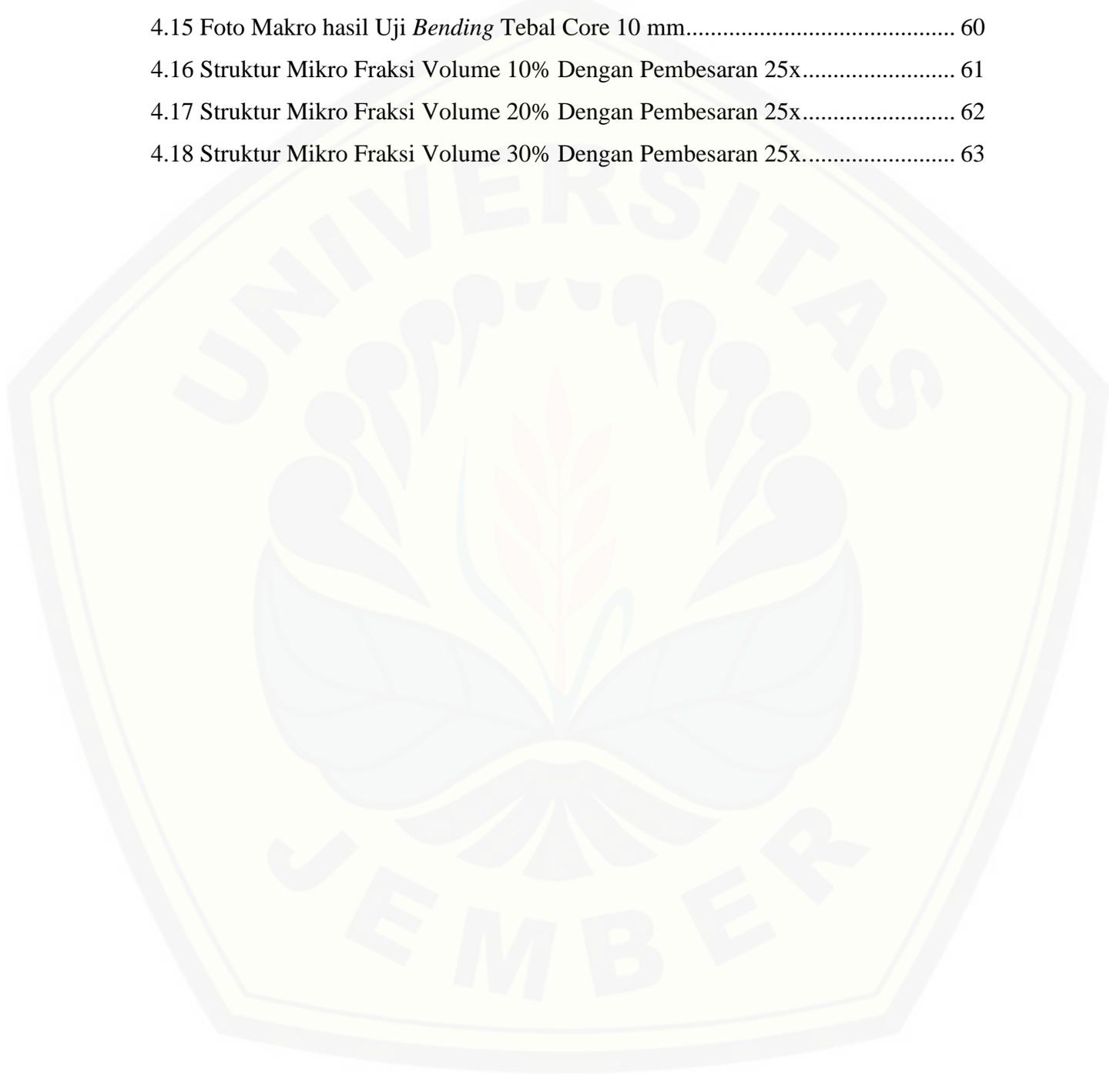
DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Sifat Mekanik Polyester Seri Yukalac 157 BQTN-EX.....	15
2.2 Sifat Mekanik Serat.....	21
3.1 Data Sampel Untuk Desain Eksperimen Faktorial $a \times b$	33
3.2 Penyajian Data Hasil Penelitian	34
3.3 Tabel Anova	36
4.1 Hasil Perhitungan Komposisi Komposit Sandwich	40
4.2 Data Pengamatan Uji <i>Impact</i> Untuk Desain Ekperimen Factorial.....	44
4.3 Daftar ANOVA Untuk Kekuatan <i>Impact</i>	45
4.4 Data Pengamatan Uji <i>Bending</i> Untuk Desain Ekperimen Factorial	47
4.5 Daftar ANOVA Untuk Kekuatan <i>Bending</i>	48
4.6 Data Defleksi Hasil Uji <i>Bending</i>	49

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Komposisi Serat	9
2.2 Komposit Laminat.....	9
2.3 Komposit Partikel	10
2.4 Tipe Serat Pada Komposit.....	10
2.5 Tipe Discontinuous Fiber.....	11
2.6 Struktur Komposit Sandwich	12
2.7 Struktur ideal dari <i>Polyester Isophthalic</i>	14
2.8 Resin Polyester.....	15
2.9 Gambar Tanaman Nanas.....	18
2.10 Skematik peralatan uji <i>Impact</i> . (Callister, 2007)	24
2.11 Bodi Mobil Irit	25
3.1 Spesimen Uji <i>Impact</i>	28
3.2 Spesimen Uji <i>Bending</i>	29
3.3 Flow Chart penelitian.....	38
4.1 Dimensi Spesimen Uji <i>Impact</i> ASTM D5942	40
4.2 Sebelum Di Ayunkan (α) Setelah Mematahkan Spesimen (β)	41
4.3 Dimensi Spesimen Uji <i>Bending</i> ASTM C393	42
4.4 Grafik Kekuatan <i>Impact</i> Komposit Sandwich	50
4.5 Foto Makro Patahan Hasil Uji <i>Impact</i> Tebal Core 10 mm	52
4.6 Foto Makro Patahan Hasil Uji <i>Impact</i> Tebal Core 15 mm	51
4.7 Foto Makro Patahan Hasil Uji <i>Impact</i> Tebal Core 20 mm	51
4.8 Penampangan Patahan Spesimen Uji <i>Impact</i> Tebal Core 10 mm.....	52
4.9 Penampangan Patahan Spesimen Uji <i>Impact</i> Tebal Core 15 mm.....	53
4.10 Penampangan Patahan Spesimen Uji <i>Impact</i> Tebal Core 20 mm.....	54
4.11 Grafik Kekuatan <i>Bending</i>	56
4.12 Grafik Defleksi Uji <i>Bending</i>	57

4.13 Foto Makro hasil Uji <i>Bending</i> Tebal Core 20 mm.....	58
4.14 Foto Makro hasil Uji <i>Bending</i> Tebal Core 15 mm.....	59
4.15 Foto Makro hasil Uji <i>Bending</i> Tebal Core 10 mm.....	60
4.16 Struktur Mikro Fraksi Volume 10% Dengan Pembesaran 25x.....	61
4.17 Struktur Mikro Fraksi Volume 20% Dengan Pembesaran 25x.....	62
4.18 Struktur Mikro Fraksi Volume 30% Dengan Pembesaran 25x.....	63



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi pada dunia industri saat ini berkembang semakin pesat. Hal ini lah yang membuat para peneliti untuk terus melakukan inovasi – inovasi terbaru, dengan mulai melirik suatu bahan yang berasal dari alam untuk dimanfaatkan dan di olah sehingga menambah nilai fungsi dari bahan tersebut, bukan hanya itu kelebihan serat alam yang ramah lingkungan dan biaya produksinya yang relatif lebih murah menjadikan serat alam kembali jadi pilihan untuk diolah menjadi sebuah material yang disebut komposit.

Bahan komposit memiliki banyak keunggulan dibandingkan bahan konvensional, diantaranya berat yang lebih ringan, kekuatan yang dapat diatur (tailorability), tahan lelah (fatigue resistance) yang baik, tahan korosi, dan memiliki kekuatan jenis (rasio kekuatan terhadap berat jenis) yang tinggi. Produk tanpa pengecatan, anti gores, lebih ringan dan ekonomis.

Menurut Ikhsan T. dkk, (2013) kata komposit (*Composite*) merupakan kata sifat yang berarti susunan atau gabungan. *Composite* ini berasal dari kata kerja “*to compose*” berarti menyusun atau menggabung. Jadi, komposit dapat diartikan sebagai dua atau lebih bahan/material yang dikombinasikan menjadi satu.

Material komposit terdiri dari dua buah penyusun yaitu filler (bahan pengisi) dan matrik. Filler adalah bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit, biasanya berupa serat atau serbuk. Serat yang sering digunakan dalam pembuatan komposit antara lain serat E-Glass, Boron, Carbon dan lain sebagainya. Bisa juga dari serat alam antara lain serat kenaf, jute, rami, cantula dan lain sebagainya. Matriks. Gibson R.F. (1994) mengatakan bahwa matriks dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Matriks secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit. Matriks memiliki fungsi mengikat serat menjadi satu kesatuan struktur, melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi

lingkungan, mentransfer dan mendistribusikan beban ke serat, menyumbangkan beberapa sifat seperti, kekakuan, ketangguhan dan tahanan listrik.

Serat alam (natural fiber) adalah jenis serat yang berasal dari tumbuhan, hewan, dan serat mineral. Serat alam tumbuhan diperoleh dari serat selulosa yang didapat dari batang dan daun tanaman.

Secara umum serat berfungsi sebagai penguat bahan, untuk memperkuat komposit sehingga sifat-sifat mekaniknya lebih kaku, tangguh dan lebih kokoh bila dibandingkan dengan tanpa serat penguat, selain itu serat juga menghemat penggunaan resin. Kekakuan adalah kemampuan dari suatu bahan untuk menahan perubahan bentuk jika dibebani dengan gaya tertentu di dalam daerah elastis (pada pengujian tarik), ketangguhan adalah kemampuan bahan menahan beban yang menyebabkan patah.

Menurut Pratikno, (2008) Serat daun nanas (pineapple-leaf fibres) adalah salah satu jenis serat yang berasal dari tumbuhan (vegetable fibre) yang diperoleh dari daun-daun tanaman nanas. Tanaman nanas yang juga mempunyai nama lain, yaitu Ananas, (termasuk dalam family Bromeliaceae), pada umumnya termasuk jenis tanaman semusim. Bentuk daun nanas menyerupai pedang yang meruncing diujungnya dengan warna hijau kehitaman dan pada tepi daun terdapat duri yang tajam. Tergantung dari species atau varietas tanaman, panjang daun nanas berkisar antara 55 sampai 75 cm dengan lebar 3,1 sampai 5,3 cm dan tebal daun antara 0,18 sampai 0,27 cm. Di samping species atau varietas nanas, jarak tanam dan intensitas sinar matahari akan mempengaruhi terhadap pertumbuhan panjang daun dan sifat atau characteristic dari serat yang dihasilkan.

Sejauh ini daun nanas belum dimanfaatkan secara komersial, melainkan hanya dibuang sebagai limbah. Jumlah daun nanas yang cukup banyak akan memiliki nilai jual yang menguntungkan apabila dimanfaatkan sebagai bahan penguat komposit dan secara ekonomis sangat menguntungkan bagi produsen.

Menurut Rihayat dkk, (2011) Pembuatan komposit dengan bahan epoxy dan serat daun nanas sebagai penguat dibuat dengan variasi komposisi, yaitu epoxy tanpa serat, epoxy dengan serat 20%, epoxy dengan serat 40%, dan epoxy dengan serat

50%. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa sifat mekanik yang paling baik terdapat pada komposit dengan epoxy dengan serat 20%, dimana nilai uji tarik dan impak maksimum yang paling baik didapatkan pada komposisi tersebut dengan struktur serat tersusun teratur. Nilai kekuatan tarik yang dihasilkan adalah 160,8 kgf/cm² dan nilai kekuatan uji impak mencapai 0,064 j/mm².

Dari berbagai variable yang dilakukan dalam penelitian, meliputi variasi komposisi matrik dan filler yang menyusun komposit, serta variasi struktur serat daun nanas, diperoleh bahwa komposit dengan komposisi matrik terbesar memiliki nilai kekuatan mekanik yang lebih besar. Dan sebaliknya, komposit dengan serat daun nanas sebagai filler lebih besar akan menjadikan komposit lebih rapuh karena semakin banyak serat berarti semakin mudah terjadinya gelembung udara dalam komposit. Namun, dengan komposisi yang sesuai komposit tersebut akan menghasilkan properties yang lebih baik dan lebih ramah lingkungan.

Variasi struktur serat daun nanas dalam komposit juga memberikan pengaruh terhadap sifat mekanis yang dihasilkan komposit. Dari hasil penelitian yang dilakukan, dapat dilihat bahwa nilai kekuatan atau sifat mekanik yang paling baik didapat pada struktur serat daun nanas yang tersusun secara teratur atau searah.

Menurut Sinarep dkk (2012) komposit sandwich dengan tebal Styrofoam core 20 mm memiliki kekuatan tekan rata-rata tertinggi dibandingkan dengan ketebalan lain yaitu sebesar 1,79 MPa. Selanjutnya kekuatan tekan tertinggi komposit sandwich dengan tebal Styrofoam core 30 mm dengan nilai rata-rata sebesar 1,65 MPa dan nilai rata-rata kekuatan tekan tertinggi pada variasi tebal Styrofoam core 40 mm sebesar 1,50 MPa. Sedangkan kekuatan tekan komposit secara keseluruhan berkisar antara 1,36 – 1,79 MPa.

Bagian yang mengalami kerusakan pertama kali adalah core karena bagian ini merupakan bagian yang paling rapuh, dimana pada setiap variasi serat memiliki jenis dan bentuk core yang sama sehingga tidak terlalu berpengaruh terhadap perbedaan kekuatan tekan komposit pada setiap variasi serat. Pada proses pengujian, spesimen akan terus di kenai beban sampai spesimen tersebut menjadi rusak karena tidak mampu menahan beban yang di berikan. Kekuatan tekan

komposit sandwich cenderung berkurang dengan bertambah tebal styrofoamcore, walaupun kecenderungannya sangat kecil. Semakin tebal core semakin banyak kemungkinan terjadinya cacat produksi pada Styrofoam. Semakin tebal core semakin banyak pula kemungkinan tidak senternya gaya tekan pada komposit saat core mulai terdeformasi pada pengujian tekan.

Oleh karena itu diperlukan penelitian mengenai pemanfaatan serat alam sebagai bahan penguat komposit sandwich dengan memvariasikan tebal core dan fraksi volume untuk mendapatkan kekuatan sifat mekanik yang maksimal. Salah satu bahan yang potensi untuk dikembangkan sebagai *filler* adalah serat daun nanas (*Ananas*) untuk menghasilkan komposit yang memiliki sifat yang diinginkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diambil perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi tebal core dan fraksi volume serat nanas terhadap kekuatan mekanik (kekuatan *impact* dan *bending*) komposit *Sandwich Polyester*.
2. Berapa tebal core styrofoam dan fraksi volume yang akan menghasilkan nilai maksimal dari kekuatan mekanik komposit.
3. Bagaimana struktur mikro komposit.

1.3 Batasan Masalah

Untuk mencapai tujuan yang diinginkan dan menghindari meluasnya permasalahan yang ada, maka dalam penelitian ini akan diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Serat yang digunakan adalah serat daun nanas dan matrik yang digunakan adalah *Polyester*;
2. Tidak membahas ikatan kimia yang terjadi;

3. Kandungan benda asing yang terbawa selama proses pengerjaan spesimen dianggap tidak ada/diabaikan;
4. Ukuran diameter serat daun nanas $\pm 0,10$ mm;
5. Panjang serat yang digunakan 20 cm.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi tebal core dan fraksi volume terhadap sifat mekanik pada komposit *sandwich polyester* dengan serat daun nanas.
2. Mengetahui pengaruh variasi tebal core dan fraksi volume pada komposit *sandwich polyester* dengan serat daun nanas yang memiliki sifat mekanik yang maksimal.
3. Mengetahui bagaimana struktur mikro pada komposit.

1.4.2 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai bahan pertimbangan penggunaan *filler* serat daun nanas dengan matrik *polyester* pada dunia industri;
2. Memberikan kontribusi terhadap perkembangan material alternatif yang berbahan alami sehingga menghasilkan harga yang relatif murah, ringan dan berkualitas;
3. Upaya meningkatkan nilai ekonomis dari serat daun nanas dan membuka lapangan pekerjaan dari budidaya daun nanas;

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

2.1.1 Definisi Komposit

Kata komposit berasal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Jadi komposit adalah suatu bahan yang merupakan gabungan atau campuran dari dua material atau lebih pada skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat. Komposit dan *alloy* memiliki perbedaan dari cara penggabungannya, yaitu apabila komposit digabung secara makroskopis sehingga masih kelihatan serat maupun matriknya (komposit serat) sedangkan pada *alloy* / paduan digabung secara mikroskopis sehingga tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya (Jones, 1975).

Sesungguhnya ribuan tahun lalu material komposit telah dipergunakan dengan memanfaatkannya serat alam sebagai penguat. Dinding bangunan tua di Mesir yang telah berumur lebih dari 3000 tahun ternyata terbuat dari tanah liat yang diperkuat jerami (Jamasri, 2008). Seorang petani memperkuat tanah liat dengan jerami, para pengrajin besi membuat pedang secara berlapis dan beton bertulang merupakan beberapa jenis komposit yang sudah lama kita kenal. Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

1. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih *rigid* serta lebih kuat;
2. Matrik, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah.

Pada material komposit sifat unsur pendukungnya masih terlihat dengan jelas, sedangkan pada *alloy* / paduan sudah tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya. Salah satu keunggulan dari material komposit bila dibandingkan dengan material lainnya adalah penggabungan unsur-unsur yang unggul dari masing-masing unsur pembentuknya tersebut. Sifat material hasil penggabungan ini diharapkan dapat

saling melengkapi kelemahan-kelemahan yang ada pada masing-masing material penyusunnya. Sifat-sifat yang dapat diperbaharui (Jones, 1975) antara lain:

- a. kekuatan (*Strength*)
- b. kekakuan (*Stiffness*)
- c. ketahanan korosi (*Corrosion resistance*)
- d. ketahanan gesek/aus (*Wear resistance*)
- e. berat (*Weight*)
- f. ketahanan lelah (*Fatigue life*)
- g. meningkatkan konduktivitas panas
- h. tahan lama

Secara alami kemampuan tersebut di atas tidak ada semua pada waktu yang bersamaan (Jones, 1975). Sekarang ini perkembangan teknologi komposit mulai berkembang dengan pesat. Komposit sekarang ini digunakan dalam berbagai variasi komponen antara lain untuk otomotif, pesawat terbang, pesawat luar angkasa, kapal dan alat - alat olah raga seperti ski, golf, raket tenis dan lain-lain.

Bahan komposit mempunyai keunggulan dibandingkan dengan material lainnya, diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Kekuatan material komposit jauh lebih besar dibandingkan material monolitik.
- b. Dapat dibuat sangat kuat, kerapatannya rendah (ringan) dibandingkan dengan material monolitik lainnya.
- c. Kekuatan impact dan termalnya yang baik
- d. Ketahanan oksidasi serta korosinya sangat baik.
- e. Muaihan termal rendah.
- f. Sifat produk dapat diatur terlebih dahulu, disesuaikan terapannya.

Pada umumnya sifat-sifat komposit ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain:

- a. Jenis bahan-bahan penyusun.
- b. Bentuk geometris dan struktur bahan penyusun.
- c. Rasio perbandingan bahan-bahan penyusun.
- d. Orientasi bahan penyusun.

e. Proses pembuatan.

2.1.2 Jenis-jenis Material Komposit

Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya (Agustinus dkk 2004), yaitu:

a. Komposit Serat (*Fibrous Composites*)

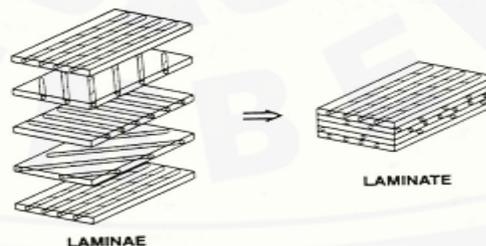
Merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat/fiber. Fiber yang digunakan bisa berupa glass fibers, carbon fibers, aramid fibers (*poly aramide*), dan sebagainya. Fiber ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.



Gambar 2.1 Komposit Serat (Agustinus dkk 2004)

b. Komposit Laminat (*Laminated Composites*)

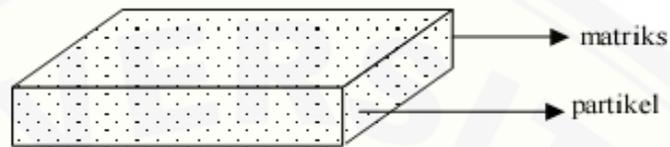
Merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.



Gambar 2.2 Komposit Laminat (Agustinus dkk 2004)

c. Komposit Partikel (*Particulate Composites*)

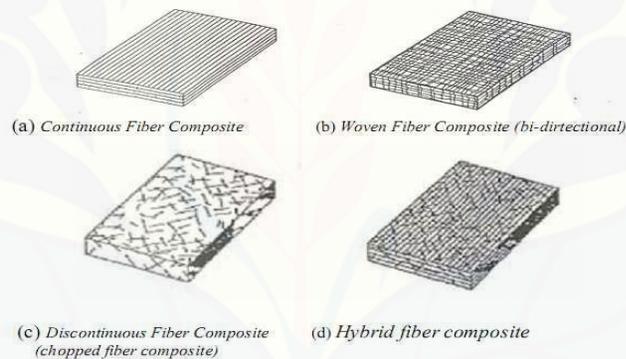
Merupakan komposit yang menggunakan partikel/serat sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya. Sifat dari komposit dengan bahan pengisi partikel adalah seragam (isotropik) dalam arah maupun karena distribusi partikel dalam matrik acak dan merata. Komposit berpenguat partikel dapat dilihat pada (Gambar 2.3).



Gambar 2.3 Komposit Partikel (Agustinus dkk 2004)

2.1.3 Penempatan Serat

Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit, yaitu :



Gambar 2.4 Tipe Serat Pada Komposit (Agustinus dkk 2004)

a. *Continous fiber 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.

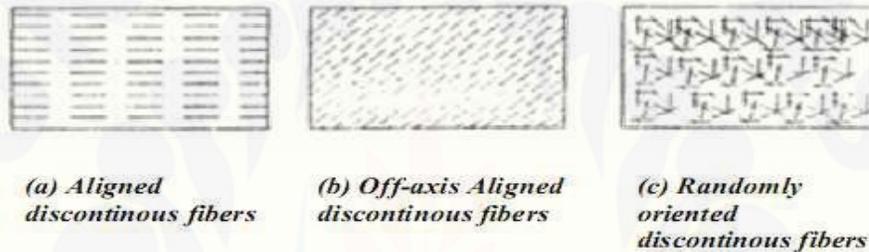
b. Woven fiber composit

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 *countinous fiber*.

c. Discontinuous fiber composit (chopped fiber composit)

Komposit tipe serat pendek masih dibagi menjadi:

- *Aligned discontinuous fiber*
- *Off axis aligned discontinuous fiber*
- *Randomly oriented discontinuous fiber*



Gambar 2.5 Tipe Discontinuous Fiber (Agustinus dkk 2004)

Randomly oriented discontinuous fiber merupakan komposit dengan serat pendek tersebar secara acak diantara metriknya. Tipe acak sering digunakan pada produksi dengan volume besar karena faktor biaya manufaktur yang lebih murah. Kekurangan jenis serat ini adalah sifat mekanik yang dibawah dari penguatan dengan serat lurus pada jenis serat yang sama.

d. Hybrid fiber composit

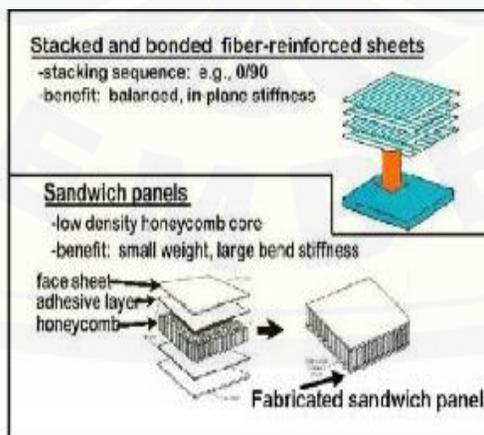
Hybrid fiber composite merupakan komposit gabungan antara tipe serat lurus dengan serat acak. Pertimbangannya supaya dapat mengeliminir kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihan keduanya.

2.1.4 Komposit *Sandwich*

Komposit *sandwich* merupakan material yang tersusun dari tiga material atau lebih yang terdiri dari *flat composite* sebagai *skin* dan *core* di bagian tengahnya. Jika digunakan perekat untuk menggabungkan *skin* dan *core*, maka lapisan bahan perekat diperhitungkan sebagai komponen tambahan. Ketebalan lapisan perekat umumnya diabaikan karena lebih tipis dari ketebalan *skin* maupun *core* (ASTM C 274-99, 1998). Untuk mendapatkan struktur *sandwich* yang memiliki sifat mekanis tinggi maka diperlukan jenis *skin* dan *core* yang tepat. Dalam struktur *sandwich*, fungsi utama *skin* antara lain: sebagai pelindung *core* dari benturan, gesekan dan memperbaiki penampilan (Steeves dan Fleck, 2005).

Dalam tugasnya sebagai lapisan pelindung, *skin* sangat tergantung pada jenis serat dan orientasinya. Serat menerima tegangan dari matrik dan meneruskan tegangan yang diberikan sesuai dengan orientasinya. Penentuan orientasi serat yang tepat akan sangat membantu dalam mentransfer tegangan tersebut sehingga bahan komposit yang dihasilkan memiliki sifat mekanis yang tinggi. Variasi ketebalan *core* juga turut mempengaruhi sifat mekanis komposit *sandwich*. (Istanto, 2008)

(Manik dan hadi, 2008) melakukan penelitian tentang analisa penggunaan coremat untuk FRP sandwich pada badan kapal, hasilnya terjadi kenaikan kekuatan tarik pada konstruksi sandwich dibandingkan dengan *single skin*. Sinarep dan catur (2012) dalam penelitiannya tentang pengaruh penambahan styrofoam core pada komposit sandwich menemukan bahwa penambahan styrofoam core dapat menurunkan berat jenis komposit.



Gambar 2.6 Struktur Komposit Sandwich (Istanto, 2008)

2.2 Komposit Matrik Polimer (Polimer Sebagai Matrik)

Pada penggunaan resin termoplastik, kita harus merubah dahulu resin termoplastik dari fasa padat (berupa pelet) menjadi fasa cair dengan memanaskannya terlebih dahulu hingga mencapai temperatur leleh (melting), baru kemudian fiber dicampurkan dan di aduk sehingga terdispersi secara merata. Kemudian setelah itu material baru dibentuk. Resin termoplastik ini jika dipanaskan kembali sampai temperatur yang sesuai ia akan meleleh kembali dan dapat menjadi keras kembali jika didinginkan, dan proses ini dapat dilakukan secara berulang – ulang tanpa mempengaruhi secara signifikan sifat materialnya. Contoh dari resin jenis ini adalah nilon, polipropilen dan ABS. Sedangkan resin termoset merupakan resin dengan fasa cair, yang akan mengeras jika ditambahkan aktivator dan atau katalisator.

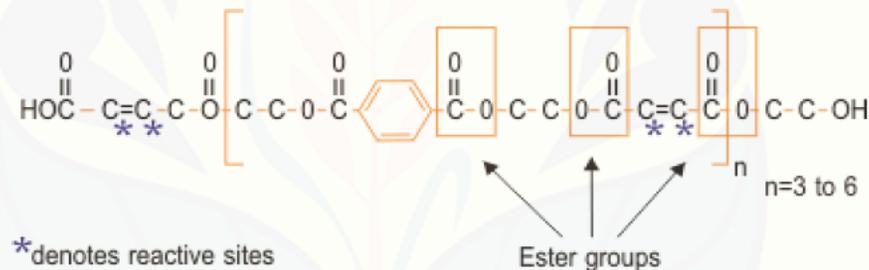
Metode pencampuran yang digunakan pada resin termoset relatif lebih sederhana, resin cair dicampurkan dengan fiber dengan kadar yang kita inginkan, kemudian diaduk, setelah itu ditambahkan hardener atau katalisator. Untuk beberapa jenis resin, seperti *Polyester* cukup didiamkan pada temperatur ruang material akan mengeras. Berbeda dengan resin termoplastik sekali mengeras maka resin termoset tidak dapat mencair kembali jika dipanaskan, walaupun pada temperatur tertentu yang dikenal dengan *Glass Transition Temperature (Tg)* sifat mekaniknya akan berubah secara signifikan. Tg pada setiap material termoset tidaklah sama tergantung dari jenis resin yang digunakan. Tipe Resin termoset yang sering digunakan dalam industri material komposit adalah Epoksi, *Vinil Ester* dan *Polyester* (Bramantyo , 2008).

2.3 Resin Polyester

Polyester adalah resin termoset yang berbentuk cair dengan viskositas yang relatif rendah dan paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, dengan penambahan katalis poliester akan mengeras pada suhu kamar. Resin poliester banyak mengandung monomer stiren sehingga suhu deformasi termal lebih rendah dari pada resin termoset lainnya dan ketahanan panas jangka panjang adalah kira-kira 110°C-140°C, ketahanan dingin resin ini relatif baik (Justus, 2001).

Jenis dari resin polyester yang digunakan sebagai matriks komposit adalah tipe yang tidak jenuh (*unsaturated polyester*) yang merupakan termoset yang dapat mengalami pengerasan (*curing*) dari fasa cair menjadi fasa padat saat mendapat perlakuan yang tepat. Berbeda dengan tipe polister jenuh (*saturated polyester*) seperti Terylene, yang tidak bisa mengalami curing dengan cara seperti ini. Oleh karena itu merupakan hal yang biasa untuk menyebut resin polyester tidak jenuh (*Unsaturated Polyester*) dengan hanya menyebutnya sebagai resin polyester.

Ada dua prinsip dari resin polyester yang digunakan sebagai laminasi dalam industri komposit. Yaitu resin polyester orthophthalic, merupakan resin standar yang digunakan banyak orang, serta resin polyester isophthalic yang saat ini menjadi material pilihan pada dunia industri seperti industri perkapalan yang membutuhkan material dengan ketahanan terhadap air yang tinggi. Gambar 2.8 menunjukkan struktur ideal dari polyester Isophthalic. Perhatikan posisi grup ester (CO-O-C) dan bagian yang reaktif atau bertangan ganda (C*=C*) dalam rantai molekul.



Gambar 2.7 Struktur Ideal Dari *Polyester Isophthalic*

(<http://www.AZoNetwork.com>)

Posisi antara gugus ester yang berurutan dan berdekatan dengan bagian paling reaktif, menyebabkan material polyester Isophthalic hampir jenuh dan sulit untuk menyerap air. Hal inilah yang menyebabkan material ini memiliki ketahanan yang luar biasa terhadap penyerapan air.



Gambar 2.8 Resin Polyester

Menurut Bramantyo (2008) Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan jika akan menggunakan resin *Polyester*, yaitu :

- *Shrinkage (penyusutan volume)* yang relatif tinggi pada saat pengerasan
- Waktu pengerjaan yang terbatas, karena akan mengeras sendiri jika didiamkan terlalu lama.
- Mengeluarkan emisi gas *styrene* dalam kadar yang tinggi, sehingga dapat membahayakan kesehatan.

Tabel 2.1 Sifat Mekanik Polyester Seri Yukalac 157 BQTN-EX

Sifat mekanik	Satuan	Nilai Tipikal	Catatan
<i>Berat Jenis</i>	-	1,215	25°C
<i>Kekerasan</i>	-	40	
<i>Suhu distorsi panas</i>	°C	70	
<i>Penyerapan air</i>	%	0,188	24 jam
<i>Suhu ruang</i>	%	0,466	7 hari
<i>Kekuatan Fleksural</i>	kg/mm ²	9,4	-
<i>Modulus Fleksural</i>	kg/mm ²	300	-
<i>Daya rentang</i>	kg/mm ²	5,5	-
<i>Modulus rentang</i>	kg/mm ²	300	-
<i>Elongasi</i>	%	2,1	-

Sumber: Justus, 2001 dalam Nurmalita, 2010

2.4 Core Styrofoam dan Fraksi Volume

2.4.1 Styrofoam

Styrofoam juga dikenal dengan istilah *polystyrene* yang dihasilkan dari *styrene* ($C_6H_5CH=CH_2$) yang mempunyai gugus *phenyl* (enam cincin karbon) yang tersusun secara tidak teratur sepanjang garis karbon dari molekul. Penggabungan acak benzena mencegah molekul membentuk garis yang sangat lurus sebagai hasilnya *polystyrene* memiliki bentuk yang tidak tetap, transparan dan dalam berbagai bentuk plastik. Menurut Erliza dan Sutedja dalam Suryaman (2009), plastik dapat dikelompokkan atas dua tipe, yaitu *thermoplastic* dan *thermoset*. *Thermoplastic* adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali dengan menggunakan panas, antara lain *polyethylene*, *polypropylene*, *polystyrene*, dan *polyvinyl chloride*. Sedangkan *thermoset* adalah plastik yang tidak dapat dilunakkan oleh pemanasan, antara lain *henol formaldehid* dan *urea formaldehid*.

Menurut Nurminah (2002), secara umum dikenal beberapa jenis plastik yang sering digunakan antara lain:

1. *HDPE (High Density Polyethylene)*,
2. *LDPE (Low Density Polyethylene)*,
3. *PP (Polypropylene)*,
4. *PS (Polystyrene)*,
5. *Vinyl (Polyvinyl Chloride)*,
6. *PET (Polyethylene Terephthalate)*

Menurut Mujiarto (2005) sifat-sifat umum dari *styrofoam* atau *polystyrene* adalah:

1. Sifat mekanis

Sifat-sifat mekanis yang menonjol dari bahan ini adalah kaku, keras, mempunyai bunyi seperti metallic bila dijatuhkan.

2. Ketahanan terhadap bahan kimia

Ketahanan *polystyrene* terhadap bahan kimia tidak sebaik *polypropylene*. *Polystyrene* larut dalam eter, *hydrocarbon*. *Polstyrene* juga mempunyai daya serap air yang rendah dibawah 0,25%.

3. Abrasion Resistance

Polystyrene mempunyai kekuatan permukaan relatif lebih keras dibandingkan dengan jenis termoplastik yang lain. Meskipun demikian, bahan ini mudah tergores.

4. Transparansi

Mempunyai derajat transparansi yang tinggi dan dapat memberikan kilauan yang baik yang tidak dimiliki oleh jenis plastik lain.

5. Sifat elektrik

Karena mempunyai daya serap air yang rendah maka *polystyrene* digunakan untuk keperluan alat-alat listrik.

6. Ketahanan panas

Polystyrene mempunyai softening point yang rendah (90°C), sehingga tidak digunakan untuk pemakaian pada suhu tinggi. Selain itu polimer ini mempunyai sifat konduktivitas panas yang rendah.

Satyarno (2004) dalam Tiurma (2009) menjelaskan *styrofoam* adalah gabus putih yang banyak digunakan untuk bahan pengganjal pada pengepakan barang-barang elektronik.

Styrofoam merupakan bahan yang baik ditinjau dari segi mekanis maupun suhu namun bersifat agak rapuh dan lunak pada suhu dibawah 100°C menurut Billmeyer (1984) dalam Dharma Giri (2008). *Styrofoam* ini memiliki berat jenis sampai 1050 kg/m^3 , kuat tarik sampai 40 MN/m^2 , modulus lentur sampai 3GN/m^2 , modulus geser sampai $0,99\text{ GN/m}^2$, angka poisson $0,33$ menurut Crawford (1998) dalam Dharma Giri (2008).

Mujiarto (2005) menerangkan bahwa *styrofoam* mempunyai kekuatan permukaan relatif lebih keras dibandingkan dengan jenis termoplastik yang lain. *Styrofoam* memiliki sifat sangat ringan, *thermoplastic*, yaitu menjadi lunak jika dipanaskan dan mengeras kembali setelah dingin. Dengan pemanasan, *styrofoam* akan

menjadi lunak pada suhu 100 °C, namun jika dibakar secara langsung *styrofoam* akan mudah terbakar dan akan mengeluarkan api berwarna kuning dan akan meninggalkan jelaga. Selain itu juga memiliki sifat tahan terhadap asam, basa dan sifat korosif lainnya seperti garam. *Styrofoam* juga sangat stabil dan tidak mudah terurai dalam waktu yang lama (www.bfoam.com, 12 januari 2014).

2.4.2 Fraksi Volume

Untuk menghitung fraksi volume, parameter yang harus diketahui adalah berat jenis resin, berat jenis serat, berat komposit dan berat serat. Adapun fraksi volume yang dapat ditentukan dengan persamaan (Siswanto dkk, 2011) :

$$V_f = 1 - V_m$$

Keterangan : V_f = fraksi volume penguat (%)

V_m = fraksi volume matrik (%)

2.5 Nanas

2.5.1. Definisi Nanas

Tanaman nanas yang juga mempunyai nama lain, yaitu Ananas, (termasuk dalam family Bromeliaceae), pada umumnya termasuk jenis tanaman semusim. Menurut sejarah, tanaman ini berasal dari Brazilia dan dibawa ke Indonesia oleh para pelaut Spanyol dan Portugis sekitar tahun 1599 (Pratikno Hidayat, 2008).



Gambar 2.9 Gambar Tanaman Nanas (<http://Wikipedia.co.id>, 2014)

Tanaman nanas yang berusia satu sampai dua tahun, tingginya 50- 150 cm, mempunyai tunas yang merayap pada bagian pangkalnya. Daun berkumpul dalam roset akar, dimana bagian pangkalnya melebar menjadi pelepah. Daun berbentuk seperti pedang, tebal dan liat, dengan panjang 80-120 cm dan lebar 2-6 cm, ujungnya lancip menyerupai duri, berwarna hijau atau hijau kemerahan. Buahnya berbentuk bulat panjang, berdaging, dan berwarna hijau, jika masak warnanya menjadi kuning, rasanya asam sampai manis (<http://Wikipedia.co.id>, 2014).

2.5.2 Klasifikasi

Dalam klasifikasi atau sistematika tumbuhan (taksonomi), nanas termasuk dalam famili bromeliaceae. Kerabat dekat spesies nanas cukup banyak, terutama nanas liar yang biasa dijadikan tanaman hias, misalnya *A. bracteatus* (Lindl) Schultes, *A. Fritzmuelleri*, *A.* Adapun secara lengkap, klasifikasi tanaman Nanas adalah sebagai berikut : (<http://rocky16amelungi.wordpress.com>)

Kingdom : *Plantae* (tumbuh-tumbuhan)

Divisi : *Spermatophyta* (tumbuhan berbiji)

Kelas : *Angiospermae* (berbiji tertutup)

Ordo : *Farinosae* (*Bromeliales*)

Famili : *Bromeliaceae*

Genus : *Ananas*

Species : *Ananas comosus*

Tanaman ini cukup mudah dibudidayakan karena dapat tumbuh pada keadaan iklim basah maupun kering. Iklim Indonesia sangat cocok untuk membudidayakan tanaman nanas. Perkebunan nanas banyak terdapat di Jawa, Sumatera, dan Sulawesi. Sentra penanaman nanas antara lain terdapat di Subang, Provinsi Jawa Barat, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung, dan Kabupaten Musi banyuasin, Sumatera Selatan. Menurut data yang diperoleh perkebunan nanas yang dimiliki kabupaten DT II Muara Enim Palembang seluas 26.345 Ha, Subang 4000 Ha (perkebunan nanas dan abaka), Lampung utara 32.000 Ha dan Lampung Selatan 20.000 Ha. Menurut Kementerian Pertanian luas lahan nanas mencapai 166.000 ha

pada 2010. Populasi berkisar 30.000-40.000 tanaman per ha dengan jarak tanam 0,5 m x 0,75 m. (<http://trubus-on-line.co.id>)

Tanaman nanas akan dibongkar setelah dua atau tiga kali panen untuk diganti tanaman baru, oleh karena itu limbah daun nanas terus berkesinambungan sehingga cukup potensial untuk dimanfaatkan sebagai produk yang dapat memberikan nilai tambah. Namun hingga saat ini tanaman nanas baru buahnya saja yang dimanfaatkan, sedangkan daunnya belum banyak dimanfaatkan sepenuhnya.

Pada umumnya daun nanas dikembalikan ke lahan untuk digunakan sebagai pupuk. Tanaman nanas dewasa dapat menghasilkan 70 – 80 lembar daun atau 3 –5 kg dengan kadar air 85 %. Setelah panen bagian yang menjadi limbah terdiri atas daun 90 %, tunas batang 9 % dan batang 1 %. Serat nanas terdiri atas selulosa dan non selulosa yang diperoleh melalui penghilangan lapisan luar daun secara mekanik. Lapisan luar daun berupa pelepah yang terdiri atas sel kambium, zat pewarna yaitu *klorofil*, *xanthophyl* dan *carotene* yang merupakan komponen kompleks dari jenis tanin, serta lignin yang terdapat di bagian tengah daun. Selain itu lignin juga terdapat pada lamela dari serat dan dinding sel serat. Serat yang diperoleh dari daun nanas muda kekuatannya relatif rendah dan seratnya lebih pendek dibanding serat dari daun yang sudah tua.

Sel serat daun nanas berdiameter rata-rata 0,10 – 0,13 mm. Rata-rata ketebalan dinding sel serat daun nanas 8,3 μm , lebih tinggi ketimbang serat batang pisang yang hanya 1,2 μm . Itu yang menyebabkan serat daun nanas lebih kuat. Serat daun nanas mampu menahan tarikan hingga 42,33 kg/mm^2 , sedangkan serat kaca hanya 21,65 kg/mm^2 . Serat daun nanas per cm^3 memang lebih berat, yaitu 1,072 gram dibandingkan dengan bobot serat kaca per cm^3 yang hanya 0,31 gram. Namun, serat daun nanas tetap layak dimanfaatkan sebagai bahan pengisi komposit. (<http://trubus-on-line.co.id>)

Tabel 2.2 Sifat Mekanik Serat

<i>Fibre</i>	<i>Density</i> (<i>gr/cm³</i>)	<i>Elongation</i> (%)	<i>Tensile strength</i> (<i>MPa</i>)	<i>Young modulus</i> (<i>GPa</i>)
<i>Sansevieria trifasciata</i>	0.94	2.1 – 3.6	334 – 1121	-
<i>Cotton</i>	1.5 – 1.6	7.0 – 8.0	287 – 597	5.5 – 12.6
<i>Sisale</i>	1.5	2.0 – 2.5	511 – 635	9.4 – 22.0
<i>Ramie</i>	-	3.6 – 3.8	400 – 938	61.4 – 128
<i>Nanas</i>	1.072	2.7 – 3.3	356 – 432	16.2 – 38.4

Sumber: Xander Salahudin, 2012

2.6 Uji Bending

Pengujian *bending* adalah salah satu pengujian yang sudah lama dipakai karena dapat dilakukan pada bahan uji berbentuk standar dan tidak perlu menggunakan mesin uji khusus atau mesin uji seperti biasanya (Supardi, E, 1999).

Pengujian suatu bahan dimaksudkan untuk memperoleh kepastian mengenai sifat-sifat dan kekuatan bahan tersebut. Melalui pengujian yang teliti akan diketahui apakah bahan tersebut dapat digunakan untuk suatu konstruksi tertentu.

Pengujian *bending* (bengkok) static merupakan salah satu pengujian yang dipakai sejak lama karena dapat dilakukan terhadap batang uji berbentuk sederhana. Pengujian bengkok dapat dilakukan terhadap bahan getas dan untuk bahan liat dimaksudkan agar dapat menentukan adanya cacat dan retakan pada permukaan material. Pengujian bengkok pada bahan keras dan getas adalah cara terbaik untuk menentukan kekuatan dan kegetasan.

Untuk mengetahui kekuatan *bending* dapat dilakukan pengujian dengan mesin uji *Torse*. Pada pengujian *bending*, bagian atas spesimen akan mengalami tegangan tekan dan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik.

$$\sigma = \frac{PL}{2t(d+c)b}$$

dimana: P : beban yang diberikan (N);

d : tebal *sandwich* (mm);

c : tebal *core* (mm);

σ : kekuatan bending permukaan *sandwich* (MPa);

t : tebal *skin* bawah (mm);

L : panjang *span* (mm);

b : lebar *sandwich* (mm).

2.7 Uji Impact

Pengujian impact bertujuan untuk mengukur berapa energi yang dapat diserap suatu material sampai material tersebut patah. Pengujian impact merupakan respon terhadap beban kejut atau beban tiba-tiba (beban impact) (Calliester, 2003). Dalam pengujian impact terdiri dari dua teknik pengujian standar yaitu *Charpy* dan *Izod*. Pada pengujian standar *Charpy* dan *Izod*, dirancang dan masih digunakan untuk mengukur energy impact yang juga dikenal dengan ketangguhan takik (Calliester, 2003).

Spesimen *Charpy* berbentuk batang dengan penampang lintang bujur sangkar dengan takikan V oleh proses permesinan (gambar 2.5.a). Mesin pengujian impact diperlihatkan secara skematik dengan (gambar 2.5.b). Beban didapatkan dari tumbukan oleh palu pendulum yang dilepas dari posisi ketinggian h . Spesimen diposisikan pada dasar seperti pada (gambar 2.5.b) tersebut. Ketika dilepas, ujung pisau pada palu pendulum akan menabrak dan mematahkan spesimen di takikannya yang bekerja sebagai titik konsentrasi tegangan untuk pukulan impact kecepatan tinggi. Palu pendulum akan melanjutkan ayunan untuk mencapai ketinggian maksimum h' yang lebih rendah dari h . Energi yang diserap dihitung dari perbedaan h' dan h ($mgh - mgh'$), adalah ukuran dari energi impact. Posisi simpangan lengan pendulum terhadap garis vertikal sebelum dibenturkan adalah α dan posisi lengan pendulum terhadap garis vertikal setelah membentur spesimen adalah β . Dengan mengetahui besarnya energi potensial yang diserap oleh material maka kekuatan impact benda uji dapat dihitung (Standar ASTM D 5942).

$$\begin{aligned}
 E_{\text{serap}} &= \text{energi awal} - \text{energi yang tersisa} \\
 &= m \cdot g \cdot h - m \cdot g \cdot h' \\
 &= m \cdot g \cdot (R - R \cos \alpha) - m \cdot g \cdot (R - R \cos \beta) \\
 E_{\text{srp}} &= mg \cdot R \cdot (\cos \beta - \cos \alpha) \dots\dots\dots [2.1]
 \end{aligned}$$

dimana:

E_{srp} : energi serap (J)

m : berat pendulum (kg)

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

R : panjang lengan (m)

α : sudut pendulum sebelum diayunkan

β : sudut ayunan pendulum setelah mematahkan spesimen

Harga impact dapat dihitung dengan:

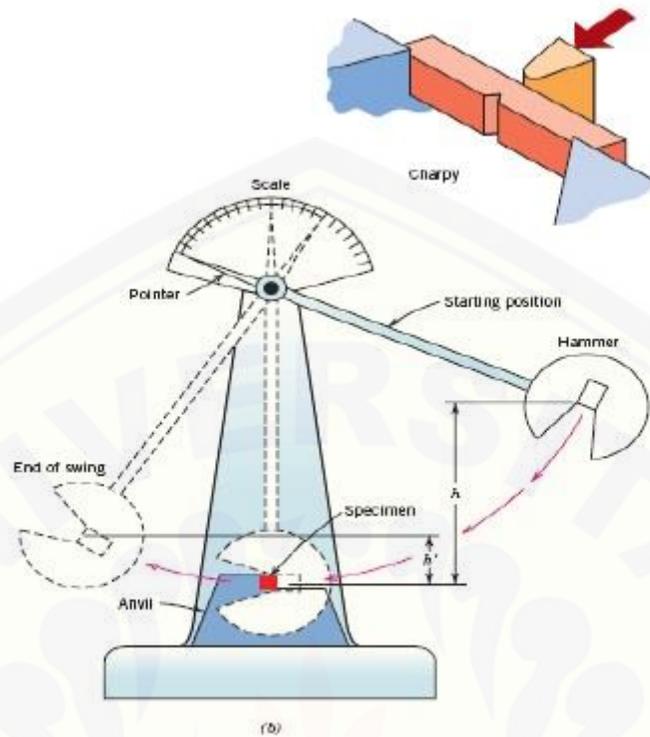
$$HI = E_{\text{srp}} / A_0 \dots\dots\dots [2.2]$$

dimana:

HI : Harga Impact (J/mm^2)

E_{srp} : energi serap (J)

A_0 : Luas penampang (mm^2)



Gambar 2.10. (a) Spesimen Yang Digunakan Untuk Pengujian Impact. (b) Skematik Peralatan Uji Impact. (Callister, 2007).

Pengujian *impact* dapat diidentifikasi sebagai berikut :

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

2.8 Mobil Irit

Mahalnya harga bahan bakar minyak, membuat produsen mobil berlomba-lomba membuat mobil yang irit bahan bakar minyak. Salah satu alternative untuk mengurangi penggunaan bahan bakar adalah menggunakan bodi mobil irit berbahan komposit. Bodi mobil akan lebih ringan, sehingga dapat mengurangi bobot total kendaraan yang pada akhirnya dapat berkontribusi dalam penghemataan bahan bakar.



Gambar 2.11 Bodi Mobil Irit (Mobil Irit Universitas Jember)

2.9 Hipotesa

Hipotesa yang dibuat pada penelitian ini sebagai berikut:

- Variasi fraksi volume serat daun nanas berpengaruh terhadap kekuatan *impact* dan *bending* pada komposit. Jadi semakin banyak serat maka semakin meningkat kekuatan mekaniknya.
- Variasi ketebalan core styrofoam berpengaruh terhadap kekuatan *impact* dan *bending* pada komposit. Jadi semakin tebal ketebalan core styrofoam maka semakin meningkat kekuatan mekaniknya.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Desain dan Uji Bahan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember dan di laboratorium Biologi, Fakultas Farmasi, Universitas Jember. Penelitian ini dilakukan selama 2 bulan.

3.2 Bahan Dan Alat

3.2.1 Bahan

1. Serat daun nanas
2. Styrofoam
3. NaOH
4. Air
5. Resin polyester merek yukalak
6. Hardener

3.2.2 Alat

1. Mesin Pengujian *Impact* dan *Uji Bending* (Universal Machine Testing)
2. Timbangan digital
3. Stopwatch
4. Gelas ukur
5. Cutter plastic
6. Double tape
7. Gergaji
8. Gerinda
9. Amplas
10. Gunting
11. Bak plastic
12. Penggaris
13. Micrometer
14. Mikroskop usb 500X
15. Cetakan specimen

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Penetapan Metode Penelitian

Metode penelitian “*Pengaruh Variasi Tebal Core Dan Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Sandwich Polyester Berpenguat Serat Daun Nanas (Ananas) Dengan Core Styrofoam*” yang dilaksanakan merupakan *experimental*, tahapan penelitian ini dibagi dalam 3 bagian yaitu studi literatur, studi lapangan dan pembuatan serta pengujian spesimen komposit.

3.3.2 Penetapan Variabel Terikat dan Variabel Bebas

Terdapat banyak variabel proses atau faktor yang berpengaruh terhadap proses pembuatan komposit polyester serat daun nanas. Dalam hal ini terdapat dua jenis variabel yaitu meliputi:

1) Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel prediktor, peneliti tidak dapat mengendalikan besar kecilnya variabel terikat. Dalam penelitian ini yang merupakan variabel terikat adalah kekuatan impact dan kekuatan bending.

2) Variabel Bebas

Merupakan variabel yang besarnya dapat ditentukan dan dikendalikan berdasarkan pertimbangan tertentu dan tujuan dari penelitian itu sendiri. Terdapat banyak variabel yang dapat dikendalikan dalam proses pembuatan komposit polyester dengan serat daun nanas. Akan tetapi dalam penelitian ini dipilih dua faktor kendali yang di duga memberikan pengaruh signifikan terhadap sifat mekanik. Faktor tersebut adalah variasi tebal core dan fraksi volume.

3.4 Metodologi Penelitian

3.4.1 Proses pengambilan serat daun nanas:

1. Pengambilan daun nanas dari pohon
2. Daun nanas dicuci dengan air untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada daun.

3. Pengambilan serat daun nanas dilakukan dengan cara diserut dengan tatakan sampai terlihat seratnya.
4. Serat daun nanas dicuci hingga bersih.
5. Serat daun nanas dikeringkan dengan cara diangin – anginkan.

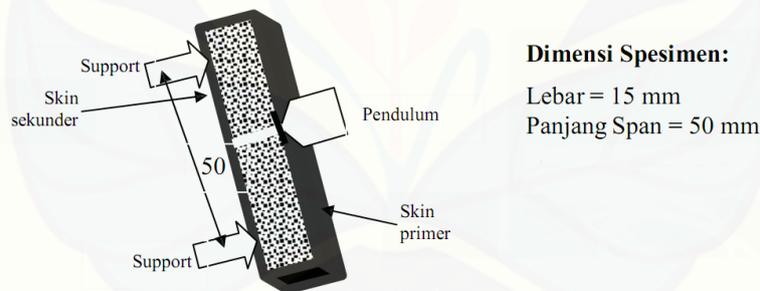
3.4.2 Perlakuan serat daun nanas

1. Serat yang sudah bersih dan kering diberi perlakuan alkali (perendaman dengan NaOH 4% selama 1,5 jam).
2. Setelah selesai proses perendaman, serat dicuci.
3. Kemudian serat dijemur hingga kering.

3.5 Pembuatan Cetakan

3.5.1 Cetakan Spesimen *Impact*

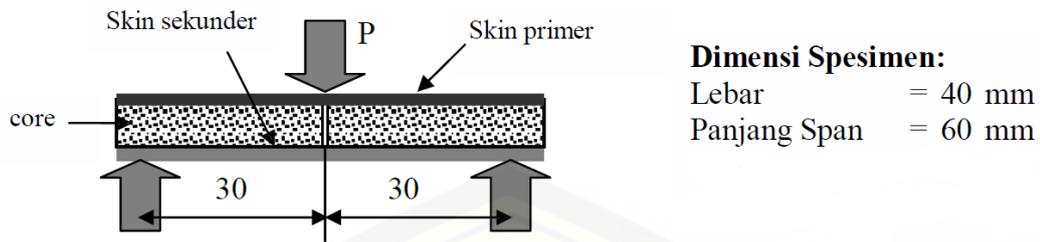
Untuk pengujian *impact* cetakan dibuat menggunakan kaca dengan ketebalan 3 mm dengan ukuran mengacu pada standar spesimen uji *impact* ASTM D 5942 yang mempunyai daerah pencetakan 20 × 20 cm dengan tebal spesimen 3 mm. (Istanto, 2008)



Gambar 3.1 Spesimen Uji *Impact* (Istanto, 2008)

3.5.2 Cetakan Spesimen Bending

Untuk pengujian *bending* cetakan dibuat menggunakan kaca dengan ketebalan 3 mm dengan ukuran mengacu pada standar spesimen uji *bending* ASTM C393-94 yang mempunyai daerah pencetakan 20 × 20 cm dengan tebal spesimen 3 mm. (Istanto, 2008)



Gambar 3.2 Spesimen Uji *Bending* (Istanto, 2008)

Proses pembuatan benda uji yang menggunakan resin *polyester*

1. Alat dan bahan dipersiapkan dahulu
2. Tahap awal yaitu olesi cetakan dengan margarin atau *wax mold* kemudian bungkus cetakan dengan plastik untuk memudahkan pengambilan benda uji dari cetakan.
3. Tata serat (sesuai variasi) dalam cetakan secara merata ke seluruh bagian cetakan dengan penataan teratur.
4. Tuangkan *polyester* dan katalis dengan perbandingan 10:1 ke dalam gelas pencampur kemudian aduk hingga campuran tersebut merata.
5. Kemudian tuang perlahan ke cetakan yang telah ditata serat tadi pastikan tertuang merata untuk menghindari adanya void
6. Penutupan dengan menggunakan kaca yang bertujuan agar void yang kelihatan dapat diminimalkan jumlahnya yang kemudian dilakukan pengepresan dengan menggunakan batu penekan.
7. Ulangi proses diatas dengan variasi berbeda yaitu variasi fraksi volume 10%, 20% dan 30% dengan tebal core styrofoam 10 mm, 15 mm, 20 mm.
8. Proses pengeringan dilakukan sampai benar-benar kering yaitu sekitar 2 jam dan apabila masih belum kering maka proses pengeringan dapat dilakukan lebih lama.
9. Proses pengambilan komposit dari cetakan yaitu menggunakan pisau ataupun cutter.
10. Benda uji komposit siap untuk dibentuk menjadi spesimen benda uji.

3.6 Pemilihan Parameter

3.6.1 Tebal Core Styrofoam

Tebal Core Styrofoam yang digunakan pada penelitian ini adalah 10 mm, 15 mm, 20 mm. Pemilihan tebal core styrofoam diambil karena dari penelitian sebelumnya (Istanto dkk, 2012) yang telah meneliti kekuatan impact dan bending komposit sandwich dengan variasi tebal Styrofoam core variasi tebal core (5, 10, 15, dan 20 mm) dengan skin 4 layer. Berdasarkan pembahasan tersebut di atas, maka dapat disimpulkan bahwa orientasi serat (0/90) memiliki kekuatan bending dan impact tertinggi. Orientasi serat yang searah beban akan meningkatkan kekuatan bending dan impact komposit GFRP. Peningkatan ketebalan skin akan meningkatkan energi patah dan kemampuan menahan beban bending komposit sandwich. Tebal skin pada komposit sandwich yang paling efektif adalah 4 layer. Peningkatan tebal core juga akan menurunkan kekuatan impact dan bending, namun kemampuan menahan momennya tetap lebih tinggi. Tebal core efektif yang paling baik untuk diaplikasikan adalah 5 mm. Penampang patahan komposit sandwich mengindikasikan bahwa kegagalan didominasi oleh lemahnya kekuatan core. Maka dari itu dipilih untuk memvariasikan tebal core styrofoam yaitu 10mm, 15mm, 20mm dengan volume serat 10%. Untuk mengetahui apakah nilai kekuatan mekanik komposit akan semakin besar jika semakin kecil ketebalan Styrofoam core.

3.6.2 Fraksi Volume

Fraksi volume yang digunakan setiap percobaan pada penelitian ini adalah 10%, 20% dan 30% serat daun nanas. Pemilihan fraksi volume serat daun nanas dipilih fraksi volume 10%, 20% dan 30% untuk mengetahui apakah kekuatan mekanik uji *bending* dan uji *impact* akan semakin besar seiring bertambahnya nilai fraksi volume dengan menggunakan orientasi serat daun teratur.

3.7 Pengukuran Parameter

3.7.1 Kekuatan Impact

a. Prosedur Pengujian

1. Ukur ketebalan h dan lebar b setiap spesimen pengujian.
2. Periksa vice dan shoulder yang akan digunakan apakah telah sesuai dengan yang akan digunakan. Bila belum sesuai ganti dengan yang sesuai.
3. Pasang pendulum yang sesuai.
4. Lakukan pengujian hampa (letakkan pendulum pada ketinggian yang ditentukan, dan tanpa spesimen uji, lalu lepaskan pendulumnya) dan catat kehilangan energi friksinya.
5. Letakkan pendulum pada ketinggian yang telah ditentukan.
6. Letakkan spesimen di tempat yang telah ditentukan, lalu lepaskan pendulumnya.
7. Letakkan pendulum pada ketinggian yang ditentukan dan tahan. Letakkan spesimen pada pendukung sehingga ujung pendulum yang terkena spesimen mengenai tengah-tengah spesimen.
8. Lepaskan pendulum. Catat energi impact yang diabsorpsi oleh spesimen dan aplikasi koreksi-koreksi perhitungan. Kekuatan *impact* ditentukan dari perbandingan kekuatan pada beban maksimum dengan luas area spesimen plastik (mm^2). Kekuatan *impact* tersebut dapat dirumuskan dengan:

$$HI = E_{\text{srp}} / A_0$$

Keterangan:

HI : harga impact (J/mm^2)

E_{srp} : energy serap (J)

A_0 : luas penampang (mm^2)

3.7.2 Pengujian Bending

Spesimen uji bending komposit sandwich mengacu pada standar ASTM C393-94, di mana mempunyai dimensi panjang sebesar 60 mm serta lebar specimen 40 mm dan tebal core sesuai spesimen seperti terlihat pada Gambar 3.2. kekuatan tegangan bending tersebut dapat dirumuskan:

$$\sigma_b = \frac{PL}{2t(d+c)b}$$

dimana: P : beban yang diberikan (N);

d : tebal *sandwich* (mm);

c : tebal *core* (mm);

σ : kekuatan bending permukaan *sandwich* (MPa);

t : tebal *skin* bawah (mm);

L : panjang *span* (mm);

b : lebar *sandwich* (mm).

3.8 Metode Pengujian

3.8.1 Model Tetap

Apabila peneliti hanya mempunyai a buah taraf faktor A dan hanya b buah taraf faktor B dan semuanya digunakan dalam eksperimen yang dilakukan maka model yang diambil adalah model tetap. Ini berarti bahwa taraf untuk masing – masing faktor tetap banyaknya dan kesemuanya digunakan dalam eksperimen.

Keterangan :

A : tebal core

B : fraksi volume

a : banyaknya level A yang di variasikan ada 3 variasi yaitu 10mm, 15mm, 20mm

b : banyaknya level B yang di variasikan ada 3 variasi yaitu 10%, 20%, 30%

Asumsi yang berlaku untuk model ini adalah

$$\sum_{i=1}^a A_i = \sum_{j=1}^b B_j = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Ab_{ij} = \sum_{j=1}^b \sum_{i=1}^a Ab_{ij} = 0$$

Model yang digunakan untuk desain faktorial a × b ini adalah:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_k(ij)$$

dengan $i = 1, 2, \dots, a$
 $j = 1, 2, \dots, b$
 $k = 1, 2, \dots, n$

Y_{ijk} = Variabel respon hasil observasi ke-k yang terjadi karena pengaruh bersama taraf ke-i faktor A dan taraf ke-j faktor B.

μ = rata-rata yang sebenarnya (berharga konstan)

A_i = efek taraf ke-i faktor A

B_j = efek taraf ke-j faktor B

AB_{ij} = efek interaksi antara taraf ke-i faktor A dan taraf ke-j faktor B

$\epsilon_k(ij)$ = efek unit eksperimen ke-k dalam kombinasi perlakuan (ij).

3.8.2 Penyajian Data

Tabel 3.1 Data Sampel Untuk Desain Eksperimen Faktorial $a \times b$

		Faktor B					Jumlah	Mean
		Taraf	1	2	3	...		
Faktor A	1		Y_{111}	Y_{121}	Y_{131}	...	Y_{1b1}	
			Y_{112}	Y_{122}	Y_{133}	...	Y_{1b2}	
			
			
			Y_{11n}	Y_{12n}	Y_{13n}	...	Y_{1bn}	
		Jumlah	J_{110}	J_{120}	J_{130}	...	J_{1b0}	J_{100}
		Mean	\bar{Y}_{110}	\bar{Y}_{120}	\bar{Y}_{130}	...	\bar{Y}_{1b0}	\bar{Y}_{100}
						
						
						
						
A		Y_{a11}	Y_{a11}	Y_{a11}	...	Y_{ab1}		
		Y_{a12}	Y_{a12}	Y_{a13}	...	Y_{ab2}		
			
			
			

	Y_{a1n}	Y_{a2n}	Y_{a3n}	...	Y_{abn}		
Jumlah	J_{a10}	J_{a20}	J_{a30}	...	J_{ab0}	J_{a00}	
Mean	\bar{Y}_{a10}	\bar{Y}_{a20}	\bar{Y}_{a30}	...	\bar{Y}_{ab0}		\bar{Y}_{a00}
Jumlah Besar	J_{010}	J_{020}	J_{030}	...	J_{0b0}	J_{000}	
Mean Besar	\bar{Y}_{010}	\bar{Y}_{020}	\bar{Y}_{030}	...	\bar{Y}_{0b0}		\bar{Y}_{000}

Tabel 3.2 Penyajian Data Hasil Penelitian

		faktor B (fraksi volume (%))			jumlah	rata-rata	bentuk patahan
		10%	20%	30%			
faktor A (tebal core (mm))	Taraf						
	10						
	Jumlah						
	rata - rata						
	15						
	Jumlah						
	rata - rata						
	20						
jumlah							
rata - rata							
jumlah besar							
rata - rata besar							

Dalam penelitian ini faktor atau perlakuannya yaitu variasi tebal core dan variasi fraksi volume, sedangkan data yang diambil yaitu nilai kekuatan *impact* dan kekuatan *bending* dengan :

banyak level A (a) = 3 (10mm, 15mm, dan 20mm)

banyak level B (b) = 4 (10%, 20%, dan 30%)

pengulangan (n) = 5 kali

3.8.3 Uji Hipotesis

Hipotesis adalah suatu pernyataan yang masih lemah kebenarannya dan perlu dibuktikan atau dugaan yang sifatnya masih sementara. Pengujian hipotesis akan menghasilkan keputusan menerima atau menolak hipotesis. Penolakan suatu hipotesis bukan berarti disimpulkan bahwa hipotesis salah, dimana bukti yang tidak konsisten dengan hipotesis. Penerimaan hipotesis sebagai akibat tidak cukupnya bukti untuk menolak dan tidak berimplikasi bahwa hipotesis itu pasti benar.

Adapun hipotesis nol yang dapat diuji untuk model acak adalah

a. $H_{01} : A_i = 0 ; (i = 1, 2, \dots, a)$ dimana: A = tebal core (mm)

$H_{a1} : A_i \neq 0$

H_{01} berbunyi: Tidak terdapat perbedaan atau pengaruh tingkat kekuatan mekanik pada komposit serat daun nanas akibat perlakuan A. Jika tolak H_{01} maka terima $H_{a1} : A_i \neq 0$ artinya terdapat perbedaan atau pengaruh tingkat kekuatan mekanik pada komposit serat daun nanas akibat perlakuan A.

b. $H_{02} : B_j = 0 ; (j = 1, 2, \dots, b)$ dimana: B = fraksi volume (kg/cm^2)

$H_{a2} : B_j \neq 0$

H_{02} berbunyi: Tidak terdapat perbedaan atau pengaruh tingkat kekuatan mekanik pada komposit serat daun nanas akibat perlakuan B. Jika tolak H_{02} maka terima $H_{a2} : B_j \neq 0$ artinya terdapat perbedaan atau pengaruh tingkat kekuatan mekanik pada komposit serat daun nanas akibat perlakuan B.

c. $H_{03} : AB_{ij} = 0 ; (i = 1, 2, \dots, a \text{ dan } j = 1, 2, \dots, b)$

$H_{a3} : AB_{ij} \neq 0$

H_{03} berbunyi: Tidak terdapat perbedaan atau pengaruh tingkat kekuatan mekanik pada komposit serat daun nanas akibat perlakuan AB.

Jika tolak H_{03} maka terima H_{a3} : $AB_{ij} \neq 0$ artinya terdapat perbedaan atau pengaruh tingkat kekuatan mekanik pada komposit serat daun nanas akibat perlakuan AB.

3.8.4 Pengujian Anova

1. Pengujian anova eksperimen faktorial

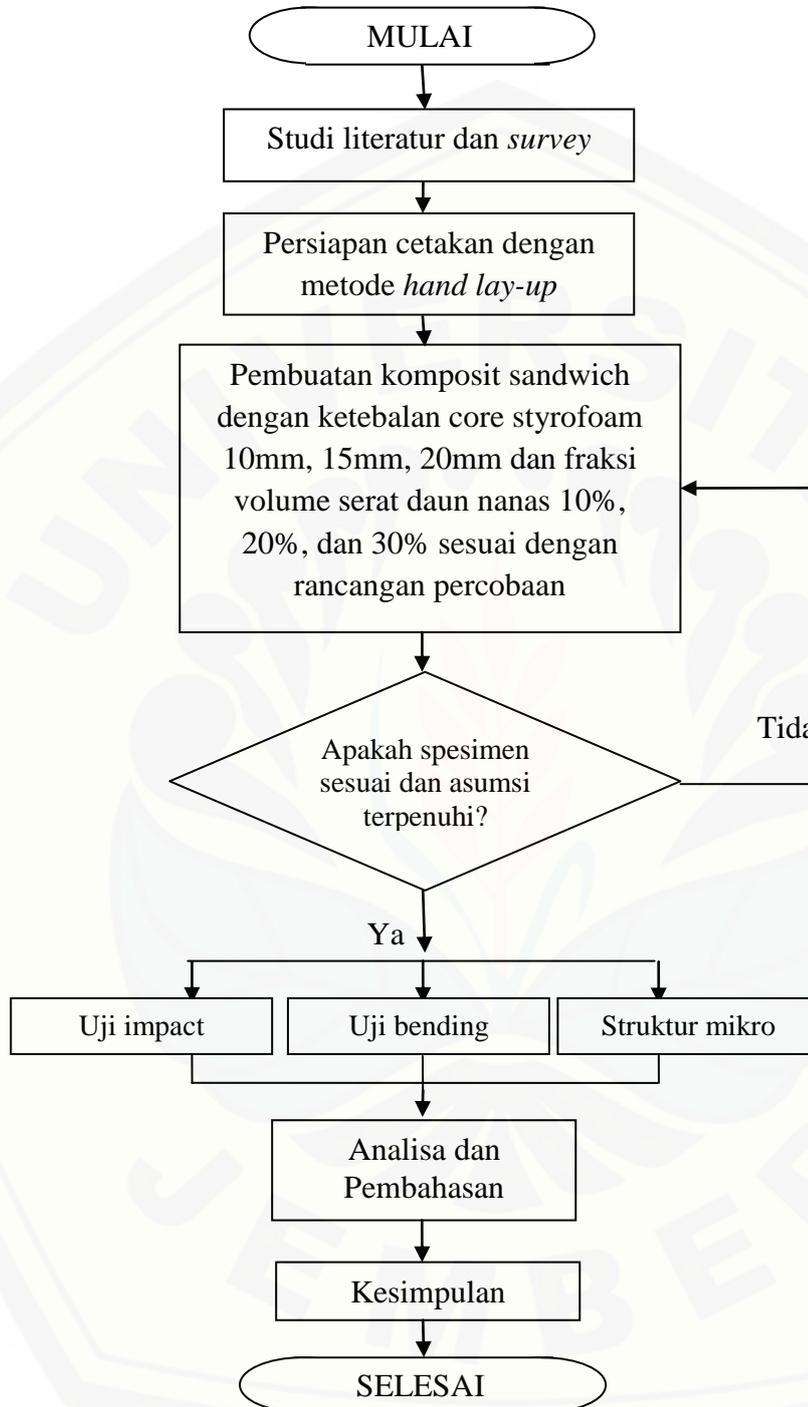
Eksperimen faktorial adalah eksperimen yang semua (hampir semua) taraf sebuah faktor tertentu dikombinasikan atau disilangkan dengan semua (hampir semua) taraf tiap faktor lainnya yang ada dalam eksperimen itu. Berdasarkan adanya banyak taraf dalam tiap faktor, eksperimen ini sering diberi nama dengan menambahkan perkalian antara banyak taraf faktor yang satu dengan banyak taraf faktor atau faktor-faktor lainnya.

Tabel 3.3 Tabel Anova

Sumber Keragaman (SK)	Jumlah Kuadrat (JK)	derajat bebas (db)	Kuadrat Tengah (KT)	f hitung	f tabel
Nilai tengah Baris	JKB	db numer1 = r-1	$s^2 B = KTB = \frac{JKB}{r-1}$	f hitung = $\frac{KTB}{KTG}$	$\alpha =$ db numer1= db denum = f tabel =
Nilai tengah Kolom	JKK	db numer2 = k-1	$s^2 K = KTK = \frac{JKK}{k-1}$	f hitung = $\frac{KTK}{KTG}$	$\alpha =$ db numer2= db denum = f tabel =
Interaksi [BK]	JK[BK]	db numer3 = [r-1][k-1]	$s^2 K = KT[BK] = \frac{JK[BK]}{[r-1][k-1]}$	f hitung = $\frac{KT[BK]}{KTG}$	$\alpha =$ db numer3= db denum = f tabel =
Galat	JKG	db denumer r.k.[n-1]	$s^2 G = KTG = \frac{JKG}{r.k.[n-1]}$		
Total	JKT	[r.k.n] -1			

3.9 Flow Chart Penelitian

Untuk prosedur penelitian disajikan dalam bentuk *flow chart* sebagai berikut:



Gambar 3.9 Diagram Alir Penelitian

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Percobaan

4.1.1 Data Spesifikasi Bahan

Beberapa bahan yang digunakan dalam proses pembuatan specimen komposit sandwich memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Serat daun nanas:

- massa jenis 1,072 gram/cm³
- kekuatan tarik 356-432 MPa dapat dilihat pada tabel 2.2
- diameter ± 0,5 mm
- panjang 20 cm

Styrofoam:

- massa jenis 1,05 gram/cm³
- tebal 10 mm, 15 mm, 20 mm
- panjang 20 mm
- lebar 20 mm

Resin polyester seri yukalac 157 BQTN-EX

- berat jenis 1,23 gram/cm³
- kekerasan 40
- suhu distorsi panas 70 °C dapat dilihat pada table 2.1

4.1.2 Data Perhitungan Komposisi Komposit *Sandwich*

Diketahui tebal *Core Styrofoam* yang digunakan adalah 10 mm, 15 mm dan 20 mm dengan tebal skin 3 mm. Kapasitas volume cetakan adalah 20 x 20 x 0,3 = 120 cm³, dimana massa jenis adalah massa persatuan volume. Massa jenis serat 1,072 gram/cm³, massa jenis polyester 1,23 gram/cm³, jadi massa jenis komposit adalah $10\% \times 1,072 \text{ gram/cm}^3 + 90\% \times 1,23 \text{ gram/cm}^3 = 1,214 \text{ gram/cm}^3$.

Volume komposit x massa jenis komposit = massa komposit

$$120 \text{ cm}^3 \times 1,214 \text{ gram/cm}^3 = 145,704 \text{ g}$$

Untuk persentase serat 10% volume seratnya dapat dihitung:

- Volume serat = $10/100 \times 120 \text{ cm}^3 = 12 \text{ cm}^3$
- Massa serat = $12 \text{ cm}^3 \times 1,072 \text{ gram/cm}^3 = 12,864 \text{ g}$
- Volume polyester = $90/100 \times 120 \text{ cm}^3 = 108 \text{ cm}^3$
- Massa polyester = $108 \text{ cm}^3 \times 1,23 \text{ gram/cm}^3 = 132,84 \text{ g}$

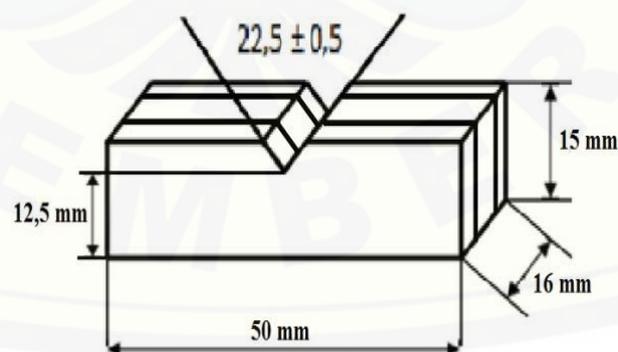
Persentasi komposisi 10%, 20% dan 30% pada tabel berikut :

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Komposisi Komposit Sandwich

No	Volume Serat (%)	Massa Serat (g)	Massa Polyester (g)	Massa Core(g)	Massa komposit(g)
1	10%	12,864 g	132,84 g	5,54 g	145,704 g
2	20%	25,728 g	118,08 g	5,54 g	143,808 g
3	30%	38,592 g	103,32 g	5,54 g	141,912 g

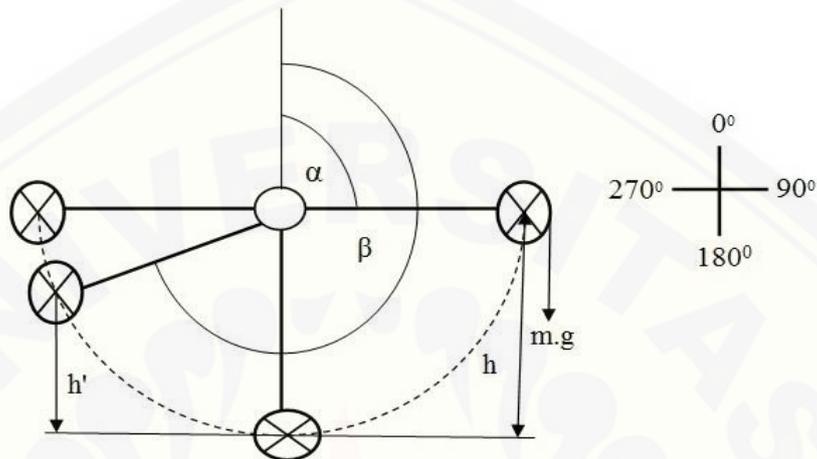
4.1.3 Data Kekuatan *Impact*

Komposit sandwich serat daun nanas yang dicetak menggunakan proses hand lay up dengan standar dimensi ASTM D5942 yang mempunyai daerah pencetakan 50 x 15 mm dengan tebal 16 mm.



Gambar 4.1 Dimensi Specimen Uji *Impact* ASTM D5942

Dari perlakuan dengan variasi fraksi volume serat daun nanas 10%, 20%, 30% diperoleh nilai kekuatan *impact* seperti pada tabel 4.2 di bawah ini. Perhitungan kekuatan *impact* atau Harga *Impact* (HI) diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:



Gambar 4.2 Sudut Sebelum Di Ayunkan (α) dan Sudut Setelah Mematahkan Spesimen (β)

E_{serap} = energi awal – energi yang tersisa

$$= m.g.h - m.g.h'$$

$$= m.g.(R-R.\cos \alpha) - m.g.(R- R.\cos \beta)$$

$$E_{\text{stp}} = mg.R.(\cos \beta - \cos \alpha)$$

Dimana : massa bandul (m) = 20,9 kg

Percepatan gravitasi (g) = 9,81 m/s²

Panjang lengan bandul (R) = 0,83 m

Sudut pendulum sebelum diayunkan (α) = 90⁰

Sudut ayunan pendulum setelah mematahkan spesimen (β)

= 230⁰ (Percobaan 1.1)

$$\begin{aligned}
 E_{srp} &= 20,9 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,83 \text{ m} \times (\cos 230^\circ - \cos 90^\circ) \\
 &= 20,9 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,83 \text{ m} \times (0,64 - 0) \\
 &= 108,91 \text{ Joule}
 \end{aligned}$$

$$HI = E_{srp} / A$$

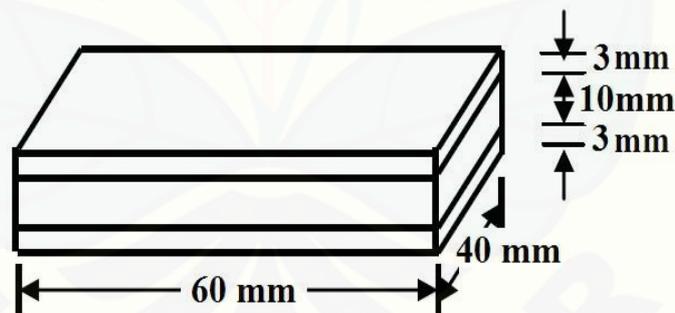
Dimana : Luas permukaan yang menerima beban (A) = $p \times l$

$$A = 12,5 \text{ mm} \times 16 \text{ mm} = 200 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 HI &= 108,91 \text{ Joule} / 200 \text{ mm}^2 \\
 &= 0,54 \text{ Joule/mm}^2
 \end{aligned}$$

4.1.4 Data Kekuatan *Bending*

Komposit sandwich serat daun nanas yang sudah dicetak menggunakan proses hand lay up dengan standar dimensi ASTM C 393 diuji menggunakan *three point bending* dan diambil nilai kekuatan *bending* dan momen *bending* nya.



Gambar 4.3 Dimensi Specimen Uji *Bending* ASTM C 393

Dari perlakuan dengan variasi fraksi volume serat daun nanas 10%, 20%, 30% diperoleh nilai kekuatan *bending* seperti pada tabel 4.5 di bawah ini. Perhitungan momen bending diperoleh dengan rumus :

$$M = \frac{PL}{4}$$

Sedangkan perhitungan kekuatan bending diperoleh dengan rumus :

$$\sigma = \frac{PL}{2t(d+c)b}$$

dimana ;

M : Momen bending (N.mm)

P : Beban (N) = 50 N.....(percobaan 1.1)

L : Panjang spesimen (mm) = 60 mm

σ : kekuatan bending (MPa)

t : tebal skin (mm) = 3 mm

d : tebal spesimen(mm) = 16 mm

c : tebal core (mm) = 10 mm

b : lebar spesimen (mm) = 40 mm

$$M = \frac{PL}{4} = \frac{50 \text{ N} \cdot 60 \text{ mm}}{4} = 750 \text{ N.mm}$$

$$\sigma = \frac{PL}{2t(d+c)b} = \frac{50 \text{ N} \cdot 60 \text{ mm}}{2 \cdot 3(16+10)40 \text{ mm}} = 0,48 \text{ Mpa}$$

4.2 Analisis Perhitungan Sifat Mekanis Material dengan Eksperimen Faktorial

4.2.1 Pengujian Hipotesis terhadap Kekuatan *Impact*

Pada pengujian hipotesa dapat diketahui pengaruh volume serat terhadap kekuatan *impact* komposit yang dihasilkan. Dari data uji *impact* yang didapat pada Tabel 4.2 akan diolah menggunakan software SPSS versi 16.0, sehingga didapat tabel Anova seperti pada Tabel 4.3.

Adapun hipotesis nol yang dapat diuji untuk model tetap adalah

a. $H_{01} : A_i = 0 ; (i = 1, 2, \dots, a)$ dimana: A = tebal core (mm)

$H_{a1} : A_i \neq 0$

H_{01} berbunyi: Tidak terdapat perbedaan atau pengaruh tingkat kekuatan mekanik pada komposit serat daun nanas akibat perlakuan A. Jika tolak H_{01} maka terima $H_{a1} : A_i \neq 0$ artinya terdapat perbedaan atau pengaruh tingkat kekuatan mekanik pada komposit serat daun nanas akibat perlakuan A.

b. $H_{02} : B_j = 0 ; (j = 1, 2, \dots, b)$ dimana: B = fraksi volume (kg/cm^2)

$H_{a2} : B_j \neq 0$

H_{02} berbunyi: Tidak terdapat perbedaan atau pengaruh tingkat kekuatan mekanik pada komposit serat daun nanas akibat perlakuan B. Jika tolak H_{02} maka terima $H_{a2} : B_j \neq 0$ artinya terdapat perbedaan atau pengaruh tingkat kekuatan mekanik pada komposit serat daun nanas akibat perlakuan B.

c. $H_{03} : AB_{ij} = 0 ; (i = 1, 2, \dots, a \text{ dan } j = 1, 2, \dots, b)$

$H_{a3} : AB_{ij} \neq 0$

H_{03} berbunyi: Tidak terdapat perbedaan atau pengaruh tingkat kekuatan mekanik pada komposit serat daun nanas akibat perlakuan AB.

Jika tolak H_{03} maka terima $H_{a3} : AB_{ij} \neq 0$ artinya terdapat perbedaan atau pengaruh tingkat kekuatan mekanik pada komposit serat daun nanas akibat perlakuan AB.

Jika nilai $\text{sig} > \alpha$, maka H_0 diterima, H_a ditolak

Jika nilai $\text{sig} < \alpha$, maka H_0 ditolak, H_a diterima

Tabel 4.2 Data Pengamatan Uji *Impact* Untuk Desain Ekperimen Factorial (J/mm^2)

faktor	faktor B (fraksi volume (%))			bentuk patahan	
	10	20	30		
faktor A (tebal core (mm))	10	0.54	0.57	0.77	getas
		0.54	0.54	0.74	getas
		0.48	0.57	0.77	getas
		0.48	0.58	0.75	getas
		0.54	0.54	0.77	getas
Jumlah	2.58	2.8	3.8		
rata - rata	0.516	0.56	0.76		
15		0.61	0.66	0.83	getas
		0.59	0.66	0.83	getas
		0.59	0.6	0.77	getas
		0.61	0.58	0.77	getas

	0.59	0.66	0.83	getas
Jumlah	2.99	3.16	4.03	
rata - rata	0.598	0.632	0.806	
	0.66	0.7	0.83	getas
	0.66	0.66	0.83	getas
20	0.6	0.66	0.8	getas
	0.6	0.66	0.8	getas
	0.66	0.7	0.83	getas
jumlah	3.18	3.38	4.09	
rata - rata	0.636	0.676	0.818	
jumlah besar	8.75	9.34	11.92	
rata - rata besar	0.583333	3.510667	0.794667	

Tabel 4.3 Daftar ANOVA Untuk Pengaruh Fraksi Volume Dan Tebal Core Terhadap Kekuatan *Impact*

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: kekuatan_impact

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.456 ^a	8	.057	80.804	.000
Intercept	20.032	1	20.032	2.839E4	.000
fraksi_volume	.377	2	.188	266.913	.000
tebal_core	.074	2	.037	52.191	.000
fraksi_volume * tebal_core	.006	4	.001	2.057	.000
Error	.025	36	.001		
Total	20.513	45			
Corrected Total	.482	44			

a. R Squared = .947 (Adjusted R Squared = .936)

Dengan nilai $\alpha = 0,05$ dapat dilihat bahwa nilai Sig pada “fraksi_volume” lebih kecil dari pada nilai α ($0,000 < 0,05$). Hal tersebut menunjukkan bahwa H_0 ditolak, artinya ada pengaruh dari fraksi volume serat daun nanas terhadap kekuatan *impact* komposit. Dilihat nilai sig pada “tebal_core” lebih kecil dari pada nilai α ($0,000 < 0,05$). Hal tersebut menunjukkan bahwa H_0 ditolak, artinya ada pengaruh dari tebal core terhadap kekuatan *impact* komposit. Sedangkan untuk interaksi antar keduanya yaitu fraksi_volume*tebal_core menunjukkan angka

yang lebih kecil dari pada nilai α ($0,000 < 0,05$). Hal tersebut menunjukkan bahwa H_0 ditolak, artinya ada pengaruh dari fraksi volume daun nanas dan tebal core terhadap kekuatan *impact* komposit.

4.2.2 Pengujian Hipotesis terhadap Kekuatan *Bending*

Pada pengujian hipotesa dapat diketahui pengaruh persentase massa serat terhadap kekuatan *bending* komposit yang dihasilkan. Dari data uji *bending* yang didapat pada Tabel 4.4 akan diolah menggunakan software SPSS versi 16.0, sehingga didapat tabel Anova seperti pada Tabel 4.5.

Adapun hipotesis nol yang dapat diuji untuk model tetap adalah

a. $H_{01} : A_i = 0 ; (i = 1, 2, \dots , a)$ dimana: A = tebal core (mm)

$H_{a1} : A_i \neq 0$

H_{01} berbunyi: Tidak terdapat perbedaan atau pengaruh tingkat kekuatan mekanik pada komposit serat daun nanas akibat perlakuan A. Jika tolak H_{01} maka terima $H_{a1} : A_i \neq 0$ artinya terdapat perbedaan atau pengaruh tingkat kekuatan mekanik pada komposit serat daun nanas akibat perlakuan A.

b. $H_{02} : B_j = 0 ; (j = 1, 2, \dots , b)$ dimana: B = fraksi volume (kg/cm^2)

$H_{a2} : B_j \neq 0$

H_{02} berbunyi: Tidak terdapat perbedaan atau pengaruh tingkat kekuatan mekanik pada komposit serat daun nanas akibat perlakuan B. Jika tolak H_{02} maka terima $H_{a2} : B_j \neq 0$ artinya terdapat perbedaan atau pengaruh tingkat kekuatan mekanik pada komposit serat daun nanas akibat perlakuan B.

c. $H_{03} : AB_{ij} = 0 ; (i = 1, 2, \dots , a \text{ dan } j = 1, 2, \dots , b)$

$H_{a3} : AB_{ij} \neq 0$

H_{03} berbunyi: Tidak terdapat perbedaan atau pengaruh tingkat kekuatan mekanik pada komposit serat daun nanas akibat perlakuan AB.

Jika tolak H_{03} maka terima $H_{a3} : AB_{ij} \neq 0$ artinya terdapat perbedaan atau pengaruh tingkat kekuatan mekanik pada komposit serat daun nanas akibat perlakuan AB.

Jika nilai $\text{sig} > \alpha$, maka H_0 diterima, H_a ditolak

Jika nilai $\text{sig} < \alpha$, maka H_0 ditolak, H_a diterima

Tabel 4.4 Data Pengamatan Uji *Bending* Untuk Desain Ekperimen Factorial (MPa)

faktor A (tebal core (mm))	taraf	faktor B (fraksi volume (%))			bentuk patahan	
		10	20	30		
	10		0,48	1,25	1,85	getas
			0,48	1,14	1,85	getas
			0,58	1,25	1,9	getas
			0,48	1,25	1,9	getas
			0,58	1,25	1,9	getas
		jumlah	2,6	6,14	9,4	
		rata - rata	0,52	1,228	1,88	
	15		0,69	1,39	2,29	getas
			0,76	1,46	2,29	getas
			0,69	1,39	2,22	getas
			0,76	1,39	2,22	getas
			0,76	1,46	2,22	getas
		jumlah	3,66	7,09	11,24	
		rata - rata	0,732	1,418	2,248	
	20		0,82	1,73	2,69	getas
		0,82	1,73	2,88	getas	
		0,87	1,83	2,88	getas	
		0,82	1,73	2,9	getas	
		0,82	1,73	2,9	getas	
	jumlah	4,15	8,75	14,25		
	rata - rata	0,83	1,75	2,85		
	jumlah besar	10,41	21,98	34,89		
	rata - rata besar	0,694	1,465333	2,326		

Tabel 4.5 Daftar ANOVA Untuk Pengaruh Fraksi Volume Dan Tebal Core Terhadap Kekuatan *Bending*

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: kekuatan_bending

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	22.729 ^a	8	2.841	1.069E3	.000
Intercept	99.904	1	99.904	3.761E4	.000
fraksi_volume	19.616	2	9.808	3.692E3	.000
tebal_core	2.583	2	1.291	486.055	.000
fraksi_volume * tebal_core	.530	4	.133	49.913	.000
Error	.096	36	.003		
Total	122.729	45			
Corrected Total	22.824	44			

a. R Squared = .996 (Adjusted R Squared = .995)

Dengan nilai $\alpha = 0,05$ dapat dilihat bahwa nilai Sig pada “fraksi_volume” lebih kecil dari pada nilai α ($0,000 < 0,05$). Hal tersebut menunjukkan bahwa H_0 ditolak, artinya ada pengaruh dari fraksi volume daun nanas terhadap kekuatan *bending* komposit. Dilihat nilai sig pada “tebal_core” lebih kecil dari pada nilai α ($0,000 < 0,05$). Hal tersebut menunjukkan bahwa H_0 ditolak, artinya ada pengaruh dari tebal core terhadap kekuatan *bending* komposit. Sedangkan untuk interaksi antar keduanya yaitu fraksi_volume*tebal_core menunjukkan angka yang lebih kecil dari pada nilai α ($0,000 < 0,05$). Hal tersebut menunjukkan bahwa H_0 ditolak, artinya ada pengaruh dari interaksi fraksi volume daun nanas dan tebal core terhadap kekuatan *bending* komposit.

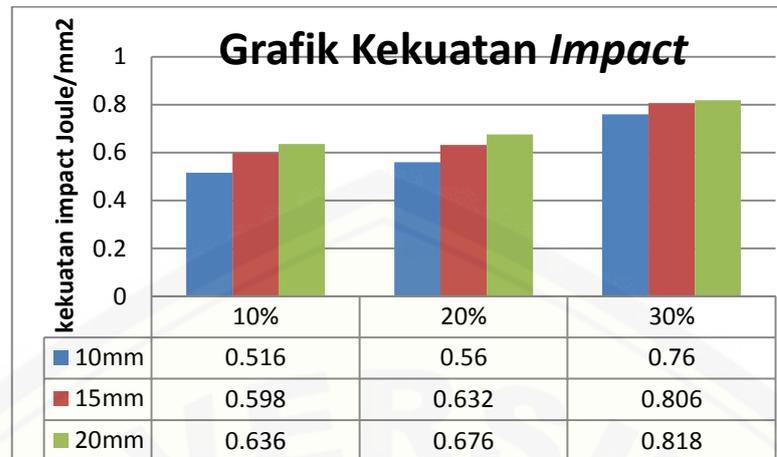
Tabel 4.6 Data Defleksi Hasil Uji *Bending* (mm)

faktor A (tebal core (mm))	Taraf	faktor B (fraksi volume (%))			bentuk patahan
		10	20	30	
10		0.032	1.23	2.301	getas
		0.049	1.465	2.678	getas
		0.051	1.59	2.837	getas
		0.079	1.731	3.071	getas
		0.087	1.764	3.175	getas
	Jumlah	0.298	7.78	14.062	
	rata - rata	0.0596	1.556	2.8124	
		4.079	5.781	7.67	getas
		5.155	5.08	7.837	getas
		5.154	5.025	7.921	getas
15		5.135	5.531	9.315	getas
		5.063	6.074	8.025	getas
	Jumlah	24.586	27.491	40.768	
	rata - rata	4.9172	5.4982	8.1536	
		10.337	12.811	13.01	getas
20		10.882	12.746	13.283	getas
		11.658	12.802	14.573	getas
		11.793	13.261	14.631	getas
		11.924	13.075	14.946	getas
	jumlah	56.594	64.695	70.443	
	rata - rata	11.3188	12.939	14.0886	
	jumlah besar	81.478	99.966	125.273	
	rata - rata besar	5.431867	6.6644	8.351533	

4.3 Pembahasan

4.3.1 Pembahasan Kekuatan *Impact*

Dari hasil pengujian *impact* menggunakan *software* spss, disimpulkan terdapat pengaruh fraksi volume serat dan tebal core terhadap nilai kekuatan *impact*. Serat sebagai penguat di material komposit memiliki peran yang sangat penting saat komposit menerima suatu beban karena beban yang diterima akan ditransfer hingga ke bagian serat. Oleh karena itu kekuatan dari material komposit dengan penguat berupa serat sangat dipengaruhi oleh kekuatan serat dan ikatan antara matriks dan serat itu sendiri.



Gambar 4.4 Grafik Kekuatan *Impact* Komposit Sandwich

Berdasarkan hasil pengujian *impact* yang dilakukan, pada variasi fraksi volume serat 10% dengan tebal core 10 mm memiliki nilai rata-rata paling rendah yaitu 0,516 J/mm², kemudian pada fraksi volume serat 20% nilai rata-rata kekuatan *impact* menjadi 0,56 J/mm², dan fraksi volumererat 30% mempunyai nilai *impact* tertinggi yaitu dengan rata-rata sebesar 0,76 J/mm². Peningkatan kekuatan tersebut terjadi karena ikatan yang bagus antara matriks dan serat dengan ditandai banyaknya *fiber break* pada daerah patahan. Jenis patahan yang terjadi adalah patah getas, karena permukaan patahan dari specimen rata dan tidak terlihat adanya deformasi plastis pada daerah patahan seperti pada gambar 4.3



Gambar 4.5 Foto Makro Patahan Hasil Uji *Impact* Tebal Core 10 mm

Pada tebal core 10 mm dengan fraksi volume serat 10%, 20% dan 30% berturut-turut memiliki nilai *impact* rata-rata sebesar 0,516 J/mm², 0,56 J/mm², 0,76 J/mm². Jenis patahan yang terbentuk adalah patah getas, karena permukaan

patahan relatif rata dan tidak terdapat deformasi plastis pada daerah patahan seperti yang terlihat pada gambar 4.5.



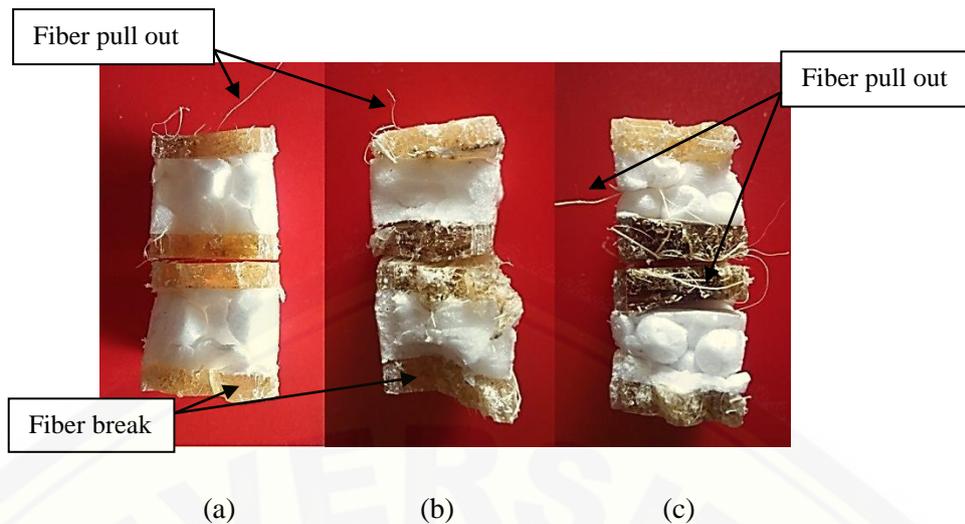
Gambar 4.6 Foto Makro Patahan Hasil Uji *Impact* Tebal Core 15 mm

Sedangkan pada tebal core 15 mm dengan fraksi volume serat 10%, 20% dan 30% berturut-turut memiliki nilai *impact* rata-rata sebesar $0,598 \text{ J/mm}^2$, $0,632 \text{ J/mm}^2$, $0,806 \text{ J/mm}^2$. Jenis patahan yang terbentuk adalah patah getas, karena permukaan patahan relatif rata dan tidak terdapat deformasi plastis pada daerah patahan seperti yang terlihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.7 Foto Makro Patahan Hasil Uji *Impact* Tebal Core 20 mm

Sedangkan pada tebal core 20 mm dengan fraksi volume serat 10%, 20% dan 30% berturut-turut memiliki nilai *impact* rata-rata sebesar $0,636 \text{ J/mm}^2$, $0,676 \text{ J/mm}^2$, $0,818 \text{ J/mm}^2$. Jenis patahan yang terbentuk adalah patah getas, karena permukaan patahan relatif rata dan tidak terdapat deformasi plastis pada daerah patahan seperti yang terlihat pada gambar 4.7.



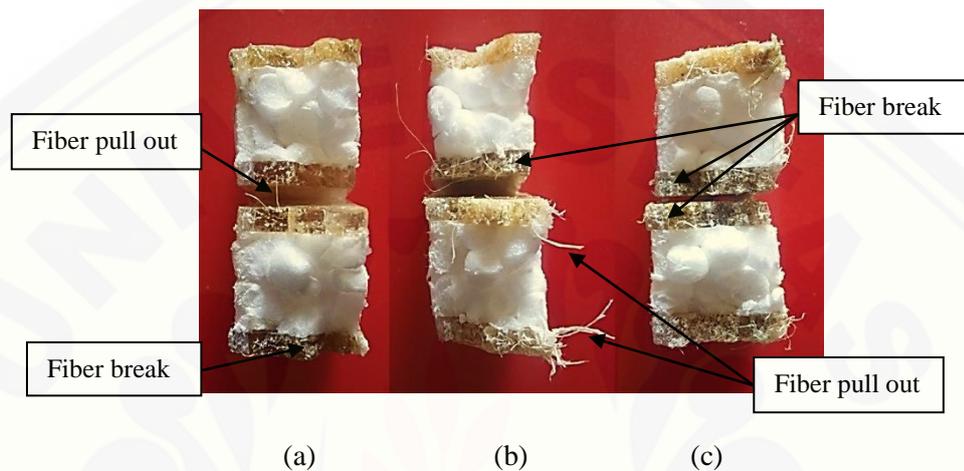
Gambar 4.8 Penampangan Patahan Spesimen Tebal Core 10 mm Setelah Di Uji *Impact*.

(a) Fraksi Volume 10% (b) Fraksi Volume 20% (c) Fraksi Volume 30%

Pada tebal core 10mm dengan persentasi serat 10% diperoleh rata-rata kekuatan *impact* yaitu $0,516 \text{ J/mm}^2$. Sedangkan pada persentasi serat 20% terjadi peningkatan kekuatan *impact* menjadi $0,56 \text{ J/mm}^2$, dan pada persentasi serat 30% kembali terjadi peningkatan yaitu menjadi $0,76 \text{ J/mm}^2$. Hal ini karena komposisi filler lebih banyak sehingga beban yang diterima diteruskan ke serat yang ada dalam komposit sandwich. Penyebaran serat juga lebih merata dan ikatan antara matrik dan filler terjadi dengan baik sehingga matrik mampu mengikat serat sehingga serat mampu menahan beban kejut yang diterima. Dapat dilihat pada gambar penyebaran serat yang lebih merata pada fraksi volume 30% dibandingkan dengan fraksi volume 10% dan 20%.

Dari gambar struktur makro nampak terjadi *Fiber break* dan beberapa *Fiber pull out*. Komposisi filler dan matrik yang tepat sehingga matrik mampu mengikat serat sehingga serat mampu menahan beban kejut yang diterima, ditandai dengan lebih banyaknya *fiber break* pada *skin* didaerah patahan. *Fiber break* pada komposit dipengaruhi oleh ikatan antar matrik dan serat yang kuat. Meskipun demikian terjadi juga beberapa *Fiber pull out* pada daerah patahan yang menandakan masih ada beberapa serat memiliki ikatan yang tidak bagus dengan matriks. Ketika matriks tidak mampu mengikat serat dengan baik maka saat menerima beban serat akan terlepas dari matriksnya atau disebut *fiber pull out*.

Sedangkan permukaan patahan relatif rata dan tidak terdapat deformasi plastis pada daerah patahan meskipun terdapat *fiber pull out*. Beban yang diterima matrik tidak dapat diterima dengan merata oleh serat karena sedikitnya serat pada *skin* komposit *sandwich*. Selain itu antara *skin* komposit dengan core Styrofoam terjadi ikatan yang baik, dapat dilihat tidak lepasnya *skin* dengan core Styrofoam setelah dilakukan pengujian.

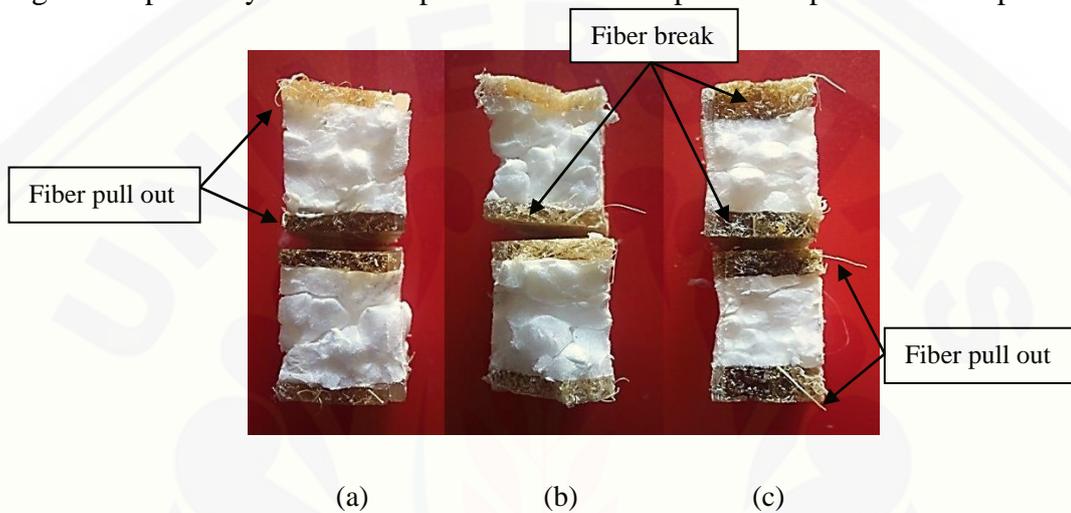


Gambar 4.9 Penampangan Patahan Spesimen Tebal Core 15 mm Setelah Di Uji *Impact*.

(a) Fraksi Volume 10% (b) Fraksi Volume 20% (c) Fraksi Volume 30%

Pada tebal core 15 mm dengan fraksi volume serat daun nanas 10% memiliki kekuatan *impact* sebesar $0,598 \text{ J/mm}^2$. Terjadi peningkatan kekuatan pada fraksi volume 20% yaitu menjadi $0,632 \text{ J/mm}^2$ dan pada fraksi volume 30% kembali mengalami peningkatan kekuatan *impact* yaitu menjadi $0,806 \text{ J/mm}^2$. Peningkatan kekuatan dari fraksi volume 10%, 20%, dan 30% dikarenakan komposisi filler lebih banyak sehingga beban yang diterima diteruskan ke serat yang ada dalam komposit *sandwich*. Penyebaran serat juga lebih merata karena proses pembuatan secara *hand lay-up* dan ikatan antara matrik dan filler terjadi dengan baik sehingga matrik mampu mengikat serat sehingga serat mampu menahan beban kejut yang diterima. Hal tersebut ditandai dengan banyaknya *fiber break* pada *skin* didaerah patahan dan hanya sedikit sekali *Fiber pull out*. *Fiber break* pada komposit dipengaruhi oleh ikatan antar matrik dan serat yang kuat, yaitu fraksi material dan komposisi materialnya sudah sesuai. Sehingga matriks

dapat mengikat serat daun nanas dengan kuat. Sebaliknya, *Fiber pull out* terjadi karena ikatan antara matriks dan filler tidak kuat. Skin komposit dengan core Styrofoam terjadi ikatan yang baik, dapat dilihat tidak lepasnya skin dengan core Styrofoam setelah dilakukan pengujian. Core Styrofoam dapat menerima beban yang juga diterima oleh skin dengan baik, beban yang diterima core dapat diteruskan ke skin bagian bawah. Dapat dilihat dari patahan Styrofoam yaitu patahan getas tanpa adanya deformasi plastis dan core tetap melekat pada skin komposit.



Gambar 4.10 Penampangan Patahan Spesimen Tebal Core 20 mm Setelah Di Uji *Impact*.
(a) Fraksi Volume 10% (b) Fraksi Volume 20% (c) Fraksi Volume 30%

Tebal core 20 mm dengan fraksi volume 10% mempunyai harga *impact* rata - rata yaitu $0,636 \text{ J/mm}^2$ dan mengalami peningkatan kekuatan pada fraksi volume 20% yaitu menjadi $0,676 \text{ J/mm}^2$. Peningkatan kekuatan juga terjadi pada fraksi volume 30% yaitu menjadi $0,818 \text{ J/mm}^2$. Peningkatan kekuatan *impact* ini terjadi seiring dengan meningkatnya komposisi filler pada komposit dan matriks dapat mengikat dengan baik sehingga beban yang diterima diteruskan langsung ke serat yang ada dalam komposit sandwich. Penyebaran serat juga merata dan ikatan antara matrik dan filler terjadi dengan baik sehingga matrik mampu mengikat serat sehingga serat mampu menahan beban kejut yang diterima. Dapat dilihat pada foto makro terdapat banyak *fiber break* pada *skin* di daerah patahan dan hanya sedikit sekali *Fiber pull out*. *Fiber break* pada komposit dipengaruhi oleh ikatan antar matrik dan serat yang kuat, yaitu fraksi material dan komposisi

materialnya sudah sesuai. Sehingga matriks dapat mengikat serat daun nanas dengan kuat. Sebaliknya, *Fiber pull out* terjadi karena ikatan antara matriks dan filler tidak kuat.

Pada tebal core 10 mm, 15 mm dan 20 mm juga mengalami peningkatan kekuatan *impact* seiring dengan semakin bertambahnya tebal core. Pada fraksi volume 10% dengan tebal core 10 mm memiliki kekuatan *impact* $0,516 \text{ J/mm}^2$ dan untuk tebal core 15 mm memiliki kekuatan *impact* sebesar $0,598 \text{ J/mm}^2$ sedangkan pada tebal core 20 mm memiliki kekuatan *impact* $0,636 \text{ J/mm}^2$.

Fraksi volume 20% dengan tebal core 10 mm memiliki kekuatan *impact* sebesar $0,56 \text{ J/mm}^2$ dan untuk tebal core 15 mm mempunyai kekuatan *impact* sebesar $0,632 \text{ J/mm}^2$ sedangkan untuk tebal core 20 mm mempunyai kekuatan *impact* sebesar $0,676 \text{ J/mm}^2$. Selanjutnya pada fraksi volume 30% dengan tebal core 10 mm mempunyai kekuatan *impact* $0,76 \text{ J/mm}^2$ dan pada tebal core 15 mm mempunyai kekuatan *impact* sebesar $0,806 \text{ J/mm}^2$ sedangkan pada tebal core 20 mm kekuatan *impact* kembali meningkat menjadi $0,818 \text{ J/mm}^2$.

Kekuatan *impact* meningkat seiring dengan bertambahnya tebal komposit, Peningkatan kekuatan *impact* ini terjadi dikarenakan Core Styrofoam mampu menahan beban dengan baik. Selain itu ikatan antara skin komposit dengan core Styrofoam terjadi dengan baik sehingga beban yang diterima dapat diteruskan langsung ke skin dan styrofoam yang ada dalam komposit sandwich. Hal ini dapat dilihat dengan tidak lepasnya skin dengan core Styrofoam setelah dilakukan pengujian. Core Styrofoam dapat menerima beban yang juga diterima oleh skin dengan baik, beban yang diterima core dapat diteruskan ke skin bagian bawah. Dapat dilihat juga dari patahan Styrofoam yaitu patah getas tanpa adanya deformasi plastis. dan core tetap melekat pada skin komposit.

Menurut Ikhsan dkk (2013) pada waktu pengujian, serat yang memiliki kekuatan lebih besar dan mempunyai ikatan (*bonding*) lebih baik akan terjadi *fiber break* dan serat yang memiliki kekuatan dan ikatan dengan matrik lebih kecil akan terjadi *pull out* atau terlepasnya serat dari matrik.

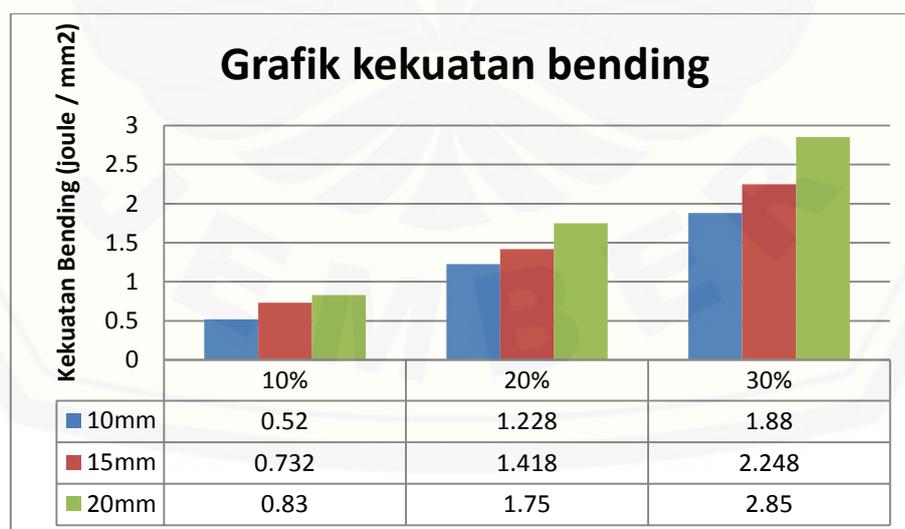
Menurut Herlina dkk (2011) kenaikan ketangguhan *impact* ini disebabkan adanya pertambahan volume serat yang digunakan dan dengan volume ini serat

menyebarkan lebih merata dan serat melengkung didalam cetakan dikarenakan ukuran serat yang lebih panjang daripada ukuran panjang specimen (cetakan) sehingga kondisi serat tersebut menyebabkan serat mampu meneruskan energy yang lebih merata antara serat dengan serat dibandingkan resin sehingga butuh energy yang besar untuk mematahkan specimen.

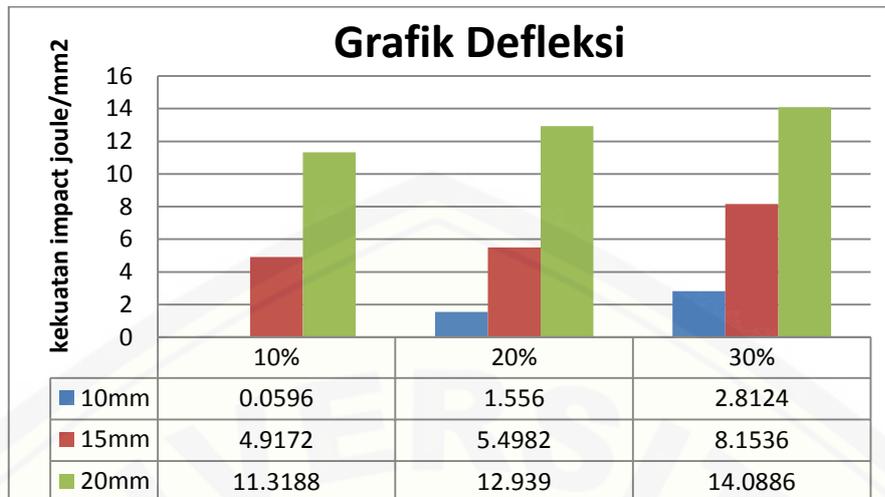
Pada penelitian yang dilakukan Wijoyo dan Achmad Nurhidayat (2013) tentang kajian ketangguhan impact komposit sandwich serat aren-polyester dengan core gedebog pohon pisang didapatkan nilai kekuatan impact maksimum pada 3 layer yaitu 0,143. Istanto dkk (2011) tentang kajian optimasi pengaruh orientasi serat dan tebal core terhadap peningkatan kekuatan bending dan impact komposit sandwich GFRP dengan core PVC diperoleh kekuatan impact tertinggi pada orientasi serat (0/90) itu 0,057 J/mm² dan pada ketebalan core 10 mm dengan jumlah layer 8 diperoleh kekuatan impact tertinggi yaitu 0,081 J/mm².

Kekuatan impact mengalami kenaikan seiring bertambahnya fraksi volume serat daun nanas dan tebal core Styrofoam dikarenakan pada pengujian impact spesimen mengalami gaya transversal. Gaya yang terjadi dapat diterima dengan baik oleh filler dan core komposit.

4.3.2 Pembahasan Kekuatan *Bending*



Gambar 4.11 Grafik Kekuatan *Bending* Komposit Sandwich

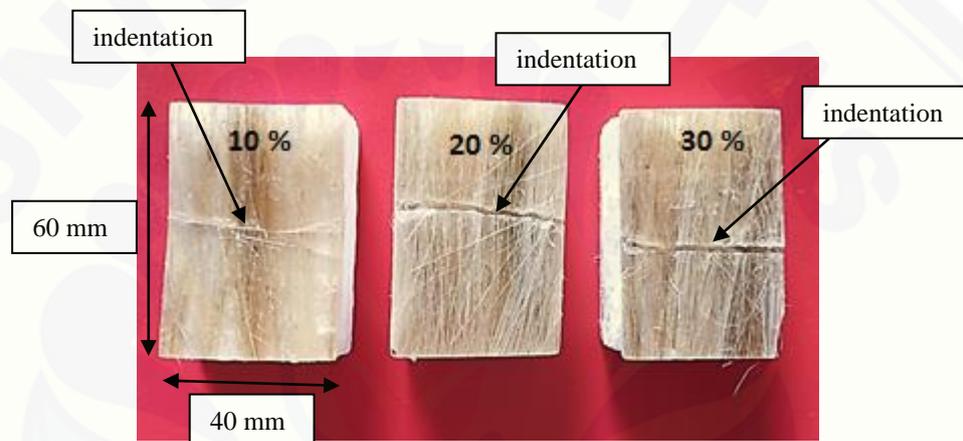


Gambar 4.12 Grafik Defleksi Uji *Bending* Komposit Sandwich

Dapat dilihat pada grafik kekuatan *bending* diatas pada tebal core 10 mm dengan fraksi volume 10% memiliki nilai kekuatan terendah yaitu sebesar 0,52 MPa dan defleksi sebesar 0,0596 mm. Pada fraksi volume 20% mengalami peningkatan kekuatan menjadi 1,228 MPa dan defleksi sebesar 1,556 mm, pada fraksi volume 30% kembali terjadi peningkatan kekuatan *bending* menjadi 1,88 MPa dan defleksi 2,8124 mm. Selanjutnya pada ketebalan core 15mm dengan fraksi volume 10% memiliki nilai kekuatan *bending* sebesar 0,732 MPa dan defleksi 4,9172 mm, sedangkan pada fraksi volume 20% nilai kekuatan *bending* meningkat menjadi 1,418 MPa dan defleksi 5,4982 mm, dan pada fraksi volume 30% kekuatan *bending* menjadi 2,248 MPa dan defleksi 8,1536 mm. Untuk ketebalan core 20 mm dengan fraksi volume 10% mempunyai nilai kekuatan *bending* sebesar 0,83 MPa dan defleksi 11,3188 mm, sedangkan pada fraksi volume 20% kekuatan *bending* sebesar 1,75 MPa dan defleksi 12,939 mm, dan pada fraksi volume 30% memiliki nilai kekuatan *bending* tertinggi yaitu sebesar 2,45 MPa dan defleksi 14,0886 mm.

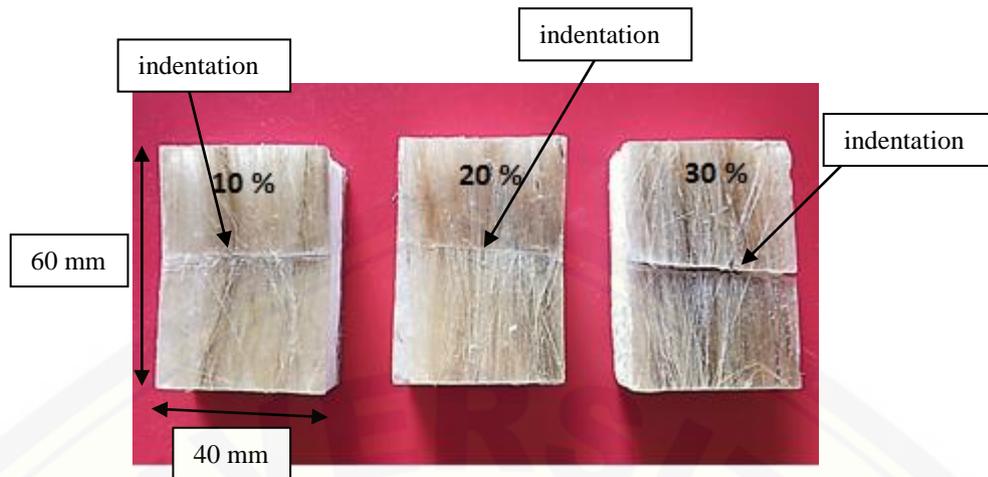
Dari grafik kekuatan *bending* diatas dapat diketahui bahwa nilai kekuatan *bending* tertinggi yaitu pada fraksi volume 30% dengan tebal core 20mm. Hal tersebut dikarenakan banyaknya komposisi serat dalam komposit, sehingga beban tekan yang diterima resin bisa terdistribusi merata pada serat. Selain itu ketebalan dalam spesimen mempengaruhi nilai kekuatan dari spesimen saat dikenai beban

bending. Semakin banyak serat dan tebal specimen yang digunakan maka kekuatan dalam menerima dan meneruskan beban akan semakin tinggi. Spesimen dengan fraksi serat 30% dengan tebal core 20 mm memiliki kemampuan menahan beban lebih tinggi sehingga kekuatannya juga akan lebih tinggi dibandingkan dengan specimen lain. Dari bentuknya juga terlihat bahwa spesimennya lebih ulet dan padat, sehingga kemungkinan untuk bergeser nya serat sangat sedikit. Terlihat pada gambar dibawah. Komposit sandwich mengalami retakan tepat didaerah penekanan (indentasi). Hal tersebut terjadi karena skin dan Styrofoam specimen dapat menahan dan meneruskan beban tekan yang diberikan.



Gambar 4.13 Foto Makro Patahan Hasil Uji *Bending* Tebal Core 20 mm

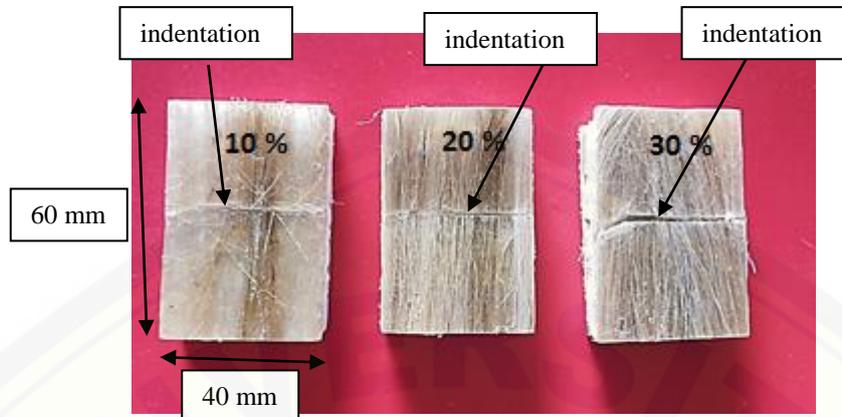
Spesimen yang menggunakan tebal core 15 mm dengan fraksi volume 10%, 20% dan 30% memiliki nilai berturut-turut sebesar 0,732 MPa, 1,418 MPa dan 2,248 MPa. Peningkatan kekuatan terjadi jika dibandingkan dengan tebal core 10 mm dengan fraksi volume yang sama. Hal ini dikarenakan jumlah serat yang digunakan lebih banyak dan ketebalan komposit lebih tinggi sehingga lebih mampu dalam menahan beban. Ini menandakan kekuatan dan elastisitas dalam menahan beban lebih tinggi. Adanya void pada permukaan skin menandakan bahwa tekanan yang diberikan pada saat pencetakan kurang sehingga menyebabkan udara terjebak didalamnya dan membentuk void.



Gambar 4.14 Foto Makro Patahan Hasil Uji *Bending* Tebal Core 15 mm

Pada *specimen* dengan menggunakan tebal core 10 mm dengan fraksi volume 10%, 20% dan 30% memiliki kekuatan *bending* maksimum yaitu sebesar 0,312 Mpa, 1,228 MPa, dan 1,88 MPa. Terjadi *fracture* atau patah pada skin atas komposit sandwich. *Fracture* terjadi didaerah yang menerima beban tekan.

Dari hasil pengujian didapat kekuatan *bending* yang paling rendah pada *specimen* dengan menggunakan tebal core 10 mm dengan fraksi volume 10%, dikarenakan kurangnya serat yang digunakan dan kurang tebalnya *specimen* pada komposit. Sehingga kemampuan serat untuk menahan beban yang diberikan oleh matrik akan berkurang, dan selain itu juga pada *specimen* dengan volume serat 10% masih terdapat banyak ruang kosong yang belum terisi oleh serat, disebabkan kurangnya serat yang dipakai. Sehingga dalam menahan beban yang diberikan juga kekuatan akan berkurang. Hal ini juga dikarenakan serat yang terlalu sedikit sehingga styrofoam pada komposit menerima beban yang besar.



Gambar 4.15 Foto Makro Patahan Hasil Uji *Bending* Tebal Core 10 mm

Jamasri dkk (2006) tentang studi perlakuan alkali dan tebal core terhadap sifat *bending* komposit sandwich berpenguat serat sawit dengan core kayu sawit diperoleh kekuatan bending tertinggi yaitu 20,05 MPa dengan tebal core 10 mm dan fraksi berat 30% skin.

Kekuatan bending mengalami kenaikan seiring bertambahnya fraksi volume serat daun nanas dan tebal core Styrofoam. Variasi fraksi volume serat daun nanas dengan core styrofoam matriks polyester diperoleh kekuatan bending tertinggi pada fraksi 30% dengan tebal core 20 mm yaitu 2,45 MPa.

4.3.3 Pembahasan Pengamatan Mikro

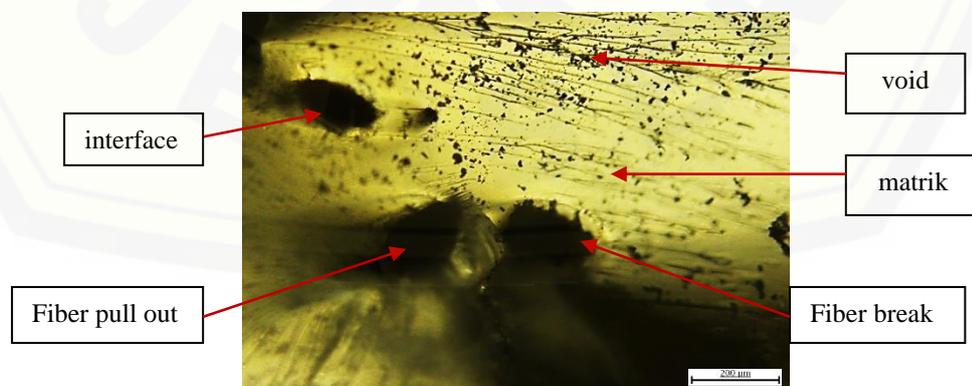
Pengambilan foto mikro penampang patahan spesimen uji impact dan bending setelah dilakukan pengujian, pengambilan gambar menggunakan mikroskop dapat menampilkan gambaran yang lebih jelas tentang fenomena-fenomena patahan yang terjadi pada spesimen serta dapat mengamati ikatan yang terjadi antara matriks Polyester dan serat daun nanas.

Pada penelitian ini pengamatan dilakukan dengan perbesaran 100x dan hasil pengamatan struktur mikro dari penampang patahan specimen uji *impact* dan *bending*, analisa pengamatan micro komposit polyester serat daun nanas dengan variasi fraksi volume 10%, 20% dan 30%.

Dalam hal ini analisa dilakukan pada skin komposit untuk melihat apakah terjadi fiber pull out atau fiber break setelah dilakukan uji tarik dan uji impact serta melihat ikatan antara filler dan matriks apakah terjadi dengan baik. Pada struktur mikro komposit sandwich serat daun nanas dapat diketahui struktur dari masing-masing material penyusun. Dari gambar mikro fraksi volume 10% tampak adanya *fiber break* yang menandakan bahwa terdapat ikatan yang baik antara matriks dan serat sehingga serat terputus akibat tidak mampu menahan beban. Selain itu terdapat beberapa *fiber pull out* pada daerah patahan yang menandakan adanya ikatan yang tidak bagus antara matriks dan serat. Ketika matriks tidak mampu mengikat serat dengan baik maka saat menerima beban serat akan terlepas dari matriksnya atau disebut *fiber pull out*.

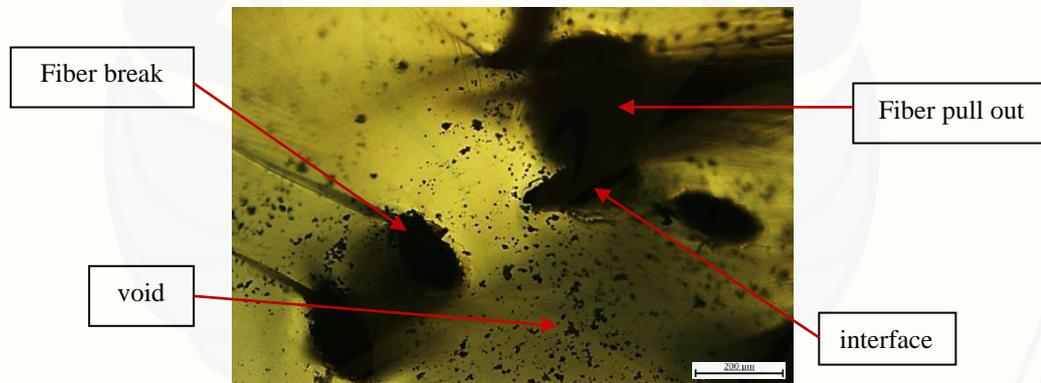
Tampak celah atau rongga pada *Interface* atau permukaan antara serat dan matriks yang menandakan bahwa ikatan (*bonding strength*) yang terjadi tidak kuat pada beberapa ikatan antara serat dan matriks.

Pada fraksi 10% terdapat banyak void seperti lubang kecil yang menandakan bahwa adanya udara yang terjebak didalam resin. Hal ini disebabkan beberapa factor seperti penumpukan serat sehingga resin tidak dapat menyelimuti serat dengan sempurna, atau pada saat proses penuangan resin pada serat tidak merata. Selain itu pada fraksi volume 10% terlihat penyebaran serat tidak merata karena komposisi serat sedikit jika dibandingkan dengan fraksi volume 20% dan fraksi volume 30%. Hal ini juga yang berpengaruh terhadap kekuatan mekanik komposit. Dapat terlihat juga arah serat tetap lurus teratur dan tidak mengalami perubahan arah akibat proses sebelum dan sesudah pencetakan pada komposit.



Gambar 4.16 Struktur Mikro Fraksi Volume 10% Dengan Perbesaran 25x

Pada fraksi volume 20% juga tampak adanya *fiber break* yang menandakan bahwa terdapat ikatan yang baik antara matriks dan serat sehingga serat terputus akibat tidak mampu menahan beban. Terdapat beberapa *fiber pull out* pada daerah patahan yang menandakan adanya ikatan yang tidak bagus antara matriks dan serat. Pada beberapa ikatan antara serat dan matriks tampak celah atau rongga pada *Interface* atau permukaan antara serat dan matriks yang menandakan bahwa ikatan (*bonding strength*) yang terjadi tidak kuat. Dapat dilihat juga terdapat banyak void seperti lubang kecil pada fraksi volume 20% yang menandakan bahwa banyak adanya udara yang terjebak didalam resin. Namun pada fraksi volume 20% terlihat penyebaran serat lebih merata dibandingkan fraksi volume 10% karena komposisi serat sedikit jika dibandingkan dengan fraksi volume 20% dan fraksi volume 30%. Hal ini berpengaruh terhadap kekuatan mekanik komposit pada fraksi volume 20% yang memiliki kekuatan impact dan bending lebih besar dari fraksi volume 10%. Arah serat tetap lurus teratur dan tidak mengalami perubahan.



Gambar 4.17 Struktur Mikro Fraksi Volume 20% Dengan Perbesaran 25x

Fraksi volume 30% memiliki nilai tertinggi untuk kekuatan *impact* dan *bending* komposit sandwich. Dari gambar struktur mikro dibawah terlihat penyebaran serat daun nanas lebih merata keseluruhan bagian specimen dibandingkan fraksi volume 10% dan fraksi volume 20%. Hal ini berpengaruh terhadap kekuatan mekanik komposit pada fraksi volume 30% yang memiliki kekuatan *impact* dan *bending* lebih besar dari fraksi volume 10% dan fraksi volume 20%. Tampak adanya *fiber break* yang menandakan bahwa terdapat

ikatan yang baik antara matriks dan serat sehingga serat terputus akibat tidak mampu menahan beban. Beberapa *fiber pull out* pada daerah patahan juga terlihat yang menandakan adanya beberapa ikatan yang tidak bagus antara matriks dan serat. Pada fraksi volume 30% juga tampak celah atau rongga pada *Interface* atau permukaan antara serat dan matriks yang menandakan bahwa ikatan (*bonding strength*) yang terjadi tidak kuat pada beberapa ikatan antara serat dan matriks.

Void seperti lubang kecil pada fraksi volume 30% lebih sedikit dibandingkan fraksi volume 10% dan fraksi volume 20%. Hal tersebut dapat disebabkan karena penyebaran serat cukup merata dan proses penuangan resin yang baik pada saat proses pencetakan. Selain itu arah serat juga tetap lurus teratur dan tidak mengalami perubahan akibat proses pencetakan spesimen.



Gambar 4.18 Struktur Mikro Fraksi 30% Dengan Perbesaran 25x

Pada struktur mikro komposit sandwich serat daun nanas dengan fraksi volume 10%, 20% dan 30% dapat diketahui struktur dari masing-masing material penyusun. Dari gambar - gambar diatas tampak adanya *fiber break* yang menandakan bahwa terdapat ikatan yang baik antara matriks dan serat sehingga serat terputus akibat tidak mampu menahan beban. Selain itu terdapat beberapa *fiber pull out* pada daerah patahan yang menandakan adanya ikatan yang tidak bagus antara matriks dan serat. Ketika matriks tidak mampu mengikat serat dengan baik maka saat menerima beban serat akan terlepas dari matriksnya atau disebut *fiber pull out*. Celah atau rongga pada *Interface* atau permukaan antara serat dan matriks yang menandakan bahwa ikatan (*bonding strength*) yang terjadi tidak kuat. Pada matriks terdapat void seperti lubang kecil yang menandakan

bahwa adanya udara yang terjebak didalam resin. Hal ini disebabkan beberapa factor seperti penumpukan serat sehingga resin tidak dapat menyelimuti serat dengan sempurna, atau pada saat proses penuangan resin pada serat tidak merata.

Fraksi volume 30% memiliki fiber break lebih banyak dibanding fraksi volume 10% dan fraksi volume 30%. Hal ini dikarenakan komposisi serat sebagai matrik dalam fraksi volume 30% yang lebih banyak dan matrik mampu mengikat serat dengan baik, sehingga kemampuan untuk menahan beban juga lebih baik dan kekuatan mekanik (*Impact* dan *Bending*) lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi volume 10%, dan 20%.

Menurut Ikhsan dkk (2013) pada waktu pengujian, serat yang memiliki kekuatan lebih besar dan mempunyai ikatan (bonding) lebih baik akan terjadi *fiber break* dan serat yang memiliki kekuatan tarik dan ikatan dengan matrik lebih kecil akan terjadi *pull out* atau terlepasnya serat dari matrik.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil penelitian variasi fraksi volume serat daun nanas 10%, 20% dan 30% dengan tebal core 10 mm, 15 mm, 20 mm dapat disimpulkan bahwa fraksi volume dan tebal core mempengaruhi harga kekuatan *impact* komposit sandwich polyester serat daun nanas. Dimana kekuatan *impact* terendah pada variasi fraksi volume serat 10% dengan tebal core 10 mm yaitu sebesar 0,516 J/m², pada variasi fraksi volume serat 20% mengalami peningkatan yaitu dengan rata-rata 0,56 J/mm², dan fraksi volume serat 30% dengan tebal core 10 mm mempunyai harga *impact* dengan rata-rata sebesar 0,76 J/m². Sedangkan pada fraksi volume serat 10% dengan tebal core 15 mm mempunyai nilai *impact* rata-rata 0,598 J/mm², pada variasi fraksi volume 10% dengan tebal core 20 mm mengalami peningkatan yaitu dengan rata-rata 0,636 J/mm². Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak serat dan semakin tinggi tebal core semakin meningkat kekuatan mekaniknya.
2. Dari hasil penelitian variasi fraksi volume serat daun nanas 10%, 20% dan 30% dengan tebal core 10 mm, 15 mm, 20 mm dapat disimpulkan bahwa fraksi volume dan tebal core mempengaruhi harga kekuatan *bending* komposit sandwich polyester serat daun nanas. Dimana fraksi volume 10% dengan tebal core 10 mm mempunyai nilai kekuatan *bending* terendah yaitu 0,52 MPa dengan rata-rata defleksi sebesar 0,0596 mm, pada fraksi volume 20% dengan tebal core 10 mm mempunyai nilai *bending* dengan rata-rata sebesar 1,228 MPa dengan rata-rata defleksi sebesar 1,556 mm, dan fraksi volume serat 30% dengan tebal core 10 mm mempunyai nilai *bending* dengan rata-rata sebesar 1,88 MPa dengan rata-rata defleksi sebesar 2,8124 mm. Sedangkan pada

fraksi volume serat 10% dengan tebal core 15 mm mempunyai nilai *bending* rata-rata 0,732 MPa dengan rata-rata defleksi sebesar 4,9172 mm, pada variasi fraksi volume 10% dengan tebal core 20 mm mengalami peningkatan yaitu dengan nilai rata-rata 0,83 MPa dengan rata-rata defleksi 11,3188 mm. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak serat dan semakin tinggi tebal core semakin meningkat kekuatan mekaniknya.

3. Dari hasil data yang diolah menggunakan software SPSS versi 16.0, dengan nilai $\alpha = 0,05$ dapat dilihat bahwa nilai Sig pada “fraksi_volume” lebih kecil dari pada nilai α ($0,000 < 0,05$). Hal tersebut menunjukkan bahwa H_0 ditolak, artinya ada pengaruh dari fraksi volume serat daun nanas terhadap kekuatan mekanik (*Impact* dan *Bending*) komposit. Dilihat nilai sig pada “tebal_core” lebih kecil dari pada nilai α ($0,000 < 0,05$). Hal tersebut menunjukkan bahwa H_0 ditolak, artinya ada pengaruh dari tebal core terhadap kekuatan mekanik (*Impact* dan *Bending*) komposit. Sedangkan untuk interaksi antar keduanya yaitu fraksi_volume*tebal_core menunjukkan angka yang lebih kecil dari pada nilai α ($0,000 < 0,05$). Hal tersebut menunjukkan bahwa H_0 ditolak, artinya ada pengaruh dari fraksi volume daun nanas dan tebal core terhadap kekuatan mekanik (*Impact* dan *Bending*) komposit.
4. Dari pengamatan struktur mikro dapat diketahui bahwa kegagalan atau cacat yang terjadi baik pada spesimen uji impact maupun spesimen uji *bending* adalah adanya serat terlepas atau *fibers pull out* akibat ikatan yang lemah antara matriks dan serat, serta adanya celah pada *interface* akibat kegagalan matriks mengikat serat yang jumlahnya terlalu banyak. Fraksi volume 30% memiliki fiber break lebih banyak dibanding fraksi volume 10% dan 20%. Hal ini dikarenakan komposisi serat sebagai matrik dalam fraksi 30% yang lebih banyak dan matrik mampu mengikat serat dengan baik, sehingga kemampuan untuk menahan beban juga lebih baik dan kekuatan mekanik (*Impact* dan

Bending) lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi volume serat 10%, dan 20%.

5.2 Saran

- Sebaiknya memperhatikan saat penekanan proses pencetakan komposit, agar menghindari banyaknya void.
- Lebih cermat saat menuangkan resin kedalam cetakan agar ikatan serat dan matrik lebih baik.
- Untuk penelitian selanjutnya bisa memvariasikan orientasi serat untuk mengetahui sifat mekanik yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Zainuri, Nasmi H.S., M. Zaidan J. 2011. *Kekakuan Bending Eksperimen Komposit Sandwich Serat Sabut Kelapa-Matrik Polyester Dengan Core Kertas Kardus*. Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram, Mataram
- Agustinus, Soemadi, & Theresia Indrawati., 2004. *Diktat Kuliah Turunan Material Polimer*. Depok: Depart. Teknik Metalurgi dan Material FTUI. Hal 57-58 .
- ASTM, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959,. *Standard Test Method for Flexural Properties of Sandwich Construction*, United States
- Bramantyo, Amar., 2008. *Pengaruh Kosentrasi Serat Rami Terhadap Sifat Mekanik Material Komposit Poliester – Serat Alam*. Teknik metalurgi, Jakarta
- Callister, W.D. Jr., 2003. *Material Science and Engineering: an Introduction* NewYork: John Wiley and Sons Inc, hal. 193-207,471-474, 489-494, 538-539, 597.
- Callister, W. D., 2007. *Material Science and Engineering, An Introduction 7ed*, Department of Metallurgical Engineering The University of Utah, John Willey and Sons, Inc.
- Dharma Giri, I. B., Sudarsana, I. K., & Tutarani, N. M. (2008). *Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton dengan Penambahan Styrofoam (Styrocon)*. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 12(1).
- Dwi S.P., Herlina N.S, Gede D.P.P 2012. *Pengaruh Orientasi Dan Fraksi Volume Serat Daun Nanas (Ananas Comosus) Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Tak Jenuh (Up)* Universitas Mataram, Mataram
- Dyah Emmy. S, Herlina N.S, IGNK Yudhyadi, Sinarep,Topan. 2012. *Pengaruh Panjang Serat Dan Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Impact Dan Bending Material Komposit Polyester- Fiber Glass Dan Polyester-Pandan Wangi*. Fakultas Teknik Universitas Mataram. Mataram
- Gibson, R. F. 1994. *Principles of composite material mechanics*. *New York: McGraw-Hall Inc*.

- Herlina, Nasmi Sari, Zainuri A, Wahyu F. 2011. *Pengaruh Panjang Serat Dan Fraksi Volume Serat Pelepah Kelapa Terhadap Ketangguhan Impact Komposit Polyester*. Teknik Mesin Universitas Mataram. Mataram
- Hidayat, Pratikno. (2008). *Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil*. Jurnal Teknologi Industri, 13(2), 31-35.
- Ikhsan, Sugiyanto dan Zulhanif. 2013. *Perilaku Creep Pada Komposit Polyester Dengan Serat Kulit Bambu Apus*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung
- Iskandar F.R., Tarkono, Sugianto. 2013. *Studi sifat mekanik komposit serat senevieria cylindrical dengan variasi fraksi volume bermatrik polyester*. Teknik Mesin Universitas Lampung. Lampung
- Istanto Dkk., 2011, *Kajian Optimasi Pengaruh Orientasi Serat Dan Tebal Core Terhadap Peningkatan Kekuatan Bending Dan Impak Komposit Sandwich GFRP Dengan Core PVC*. Teknik Mesin FT UNS, Surakarta.
- Jamasri, Kuncoro Diharjo Dan Gunesti Wahyu Handiko. 2006. *Studi Perlakuan Alkali Dan Tebal Core Terhadap Sifat Bending Komposit Sandwich Berpenguat Serat Sawit Dengan Core Kayu Sawit*. Teknik Mesin FT – UGM, Yogyakarta
- Jones, M. R., 1975. *Mechanics of Composite Material*, Mc Graww Hill Kogakusha, Ltd.
- Junus, Salahuddin. 2011. *Komposit Proses, Fabrikasi dan Aplikasi*. Jember : Jember University Press
- Manik, P., & Hadi, E. S. (2008). *Analisa Teknis Dan Ekonomis Penggunaan Coremat Untuk Konstruksi Frp (Fiberglass Reinforced Plastic) Sandwich Pada Badan Kapal*. Kapal, 5(2), 71-81.
- Mujiarto, Imam. 2005. *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif*. Traksi Vol. 3 No. 2. AMNI. Semarang
- Rihayat, Teuku dan Suryani. 2011. *Pembuatan Polimer Komposit Ramah Lingkungan Untuk Aplikasi Industri Otomotif Dan Elektronik*. Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Aceh
- Sinarep, Agus Dwi Catur. 2012. *Pengaruh Tebal Styrofoam Core Terhadap Berat Jenis Dan Kekuatan Tekan Komposit Sandwich Matrik Polyester Diperkuat*

Serat Sisal Dan Serat Pohon Pisang. Teknik Mesin Universitas Mataram, Mataram

Simbolon, Tiurma. (2009). *Pembuatan dan Karakterisasi Batako Ringan yang Terbuat dari Styrofoam-Semen*.

Suryaman, F. (2009). *Pengaruh Penggunaan Limbah Botol Plastik Sebagai Bahan Tambah (Additive) Terhadap Karakteristik Beton Aspal* (Doctoral dissertation, UAJY).

Siswanto, Diharjo K. 2011. *Pengaruh Fraksi Volume Dan Ukuran Partikel Komposit Polyester Resin Berpenguat Partikel Genting Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Bending*. Teknik Mesin UNS. Solo

Steeves, Craig A., and Norman A. Fleck. (2006). "In-plane properties of composite laminates with through-thickness pin reinforcement." *International Journal of Solids and Structures* 43.10: 3197-3212.

Wiyono, T., & Supardi, S. (2013). *Kekuatan Tarik Dan Bending Komposit Klobot Jagung Dengan Perkat Resin Polyester*. Majalah Online Politeknosains.

Xander Salahudin. 2012. *Kaji Pengembangan Serat Daun Pandan Di Kabupaten Magelang Sebagai Bahan Komposit Interior Mobil*. Teknik Mesin Universitas Tidar, Magelang

LAMPIRAN PERHITUNGAN

1. Perhitungan Komposisi Komposit Sandwich

Diketahui :

Tebal skin	= 3 mm
Tebal core	= 10 mm
Massa core	= 5,54 gram
Volume cetakan	= 20 x 20 x 0,3 = 120 cm ³
Massa jenis serat	= 1,072 gram/cm ³
Massa jenis polyester	= 1,23 gram/cm ³

Untuk persentase serat 5% maka volume serat dapat dihitung :

$$\begin{aligned}
 \text{Massa jenis komposit} &= \text{fraksi volume serat} \times \text{massa jenis serat} + \text{fraksi} \\
 &\text{volume polyester} \times \text{massa jenis polyester} \\
 &= 10\% \times 1,072 \text{ gram/cm}^3 + 90\% \times 1,23 \text{ gram/cm}^3 \\
 &= 0,1 \times 1,072 \text{ gram/cm}^3 + 0,9 \times 1,23 \text{ gram/cm}^3 \\
 &= 0,1072 \text{ gram/cm}^3 + 1,107 \text{ gram/cm}^3 \\
 &= 1,2142 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa komposit} &= \text{Volume komposit} \times \text{massa jenis komposit} \\
 &= 120 \text{ cm}^3 \times 1,2142 \text{ gram/cm}^3 = 145,704 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume serat} &= \text{Fraksi volume serat} \times \text{volume komposit} \\
 &= 10\% \times 120 \text{ cm}^3 \\
 &= 12 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa serat} &= \text{Volume serat} \times \text{massa jenis serat} \\
 &= 12 \text{ cm}^3 \times 1,072 \text{ gram/cm}^3 = 12,864 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume polyester} &= \text{Fraksi volume polyester} \times \text{volume komposit} \\
 &= 90\% \times 120 \text{ cm}^3 \\
 &= 108 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa polyester} &= \text{Volume polyester} \times \text{massa jenis polyester} \\ &= 108 \text{ cm}^3 \times 1,23 \text{ gram/cm}^3 = 132,84 \text{ gram} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Kekuatan Impact Komposit Sandwich :

Perhitungan kekuatan *impact* atau Harga *Impact* (HI) sesuai standar dimensi ASTM D 5942 diperoleh sebagai berikut :

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{massa bandul (m)} &= 20,9 \text{ kg} \\ \text{Percepatan gravitasi (g)} &= 9,81 \text{ m/s}^2 \\ \text{Lengan bandul (R)} &= 0,83 \text{ m} \\ \text{Sudut pendulum sebelum diayunkan (}\alpha\text{)} &= 90^0 \\ \text{Sudut ayunan pendulum setelah mematahkan spesimen (}\beta\text{)} &= 230^0 \\ &(\text{ Percobaan 1 fraksi 10\% dengan tebal core 10 mm}) \end{aligned}$$

- Untuk kekuatan impact fraksi 10% dengan tebal core 10 mm:

Percobaan 1 :

$$\begin{aligned} E_{\text{serap}} &= \text{energi awal} - \text{energi yang tersisa} \\ &= m.g.h - m.g.h' \\ &= m.g.(R-R\cos \alpha) - m.g.(R- R.\cos \beta) \end{aligned}$$

$$E_{\text{srp}} = mg.R.(\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$\begin{aligned} E_{\text{srp}} &= 20,9 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,83 \text{ m} \times (\cos 230^\circ - \cos 90^\circ) \\ &= 20,9 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,83 \text{ m} \times (0,64 - 0) \\ &= 108,91 \text{ joule} \end{aligned}$$

$$HI = E_{\text{srp}} / A$$

Dimana : Luas permukaan yang menerima beban (A) = p x l

$$A = 12,5 \text{ mm} \times 16 \text{ mm} = 200 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 HI &= 108,91 \text{ joule/ } 200 \text{ mm}^2 \\
 &= 0,54 \text{ joule/mm}^2
 \end{aligned}$$

- Untuk kekuatan impact fraksi 20% dengan tebal core 10 mm:

Percobaan 1 :

$$\begin{aligned}
 E_{\text{serap}} &= \text{energi awal} - \text{energi yang tersisa} \\
 &= m.g.h - m.g.h' \\
 &= m.g.(R-R\cos \alpha) - m.g.(R- R.\cos \beta)
 \end{aligned}$$

$$E_{\text{srp}} = mg.R.(\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$\begin{aligned}
 E_{\text{srp}} &= 20,9 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,83 \text{ m} \times (\cos 228^\circ - \cos 90^\circ) \\
 &= 20,9 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,83 \text{ m} \times (0,67 - 0) \\
 &= 114,02 \text{ joule}
 \end{aligned}$$

$$HI = E_{\text{srp}} / A$$

Dimana : Luas permukaan yang menerima beban (A) = p x l

$$A = 12,5 \text{ mm} \times 16 \text{ mm} = 200 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 HI &= 114,02 \text{ joule/ } 200 \text{ mm}^2 \\
 &= 0,57 \text{ joule/mm}^2
 \end{aligned}$$

- Untuk kekuatan impact fraksi 30% :

Percobaan 1 :

$$\begin{aligned}
 E_{\text{serap}} &= \text{energi awal} - \text{energi yang tersisa} \\
 &= m.g.h - m.g.h' \\
 &= m.g.(R-R\cos \alpha) - m.g.(R- R.\cos \beta)
 \end{aligned}$$

$$E_{\text{srp}} = mg.R.(\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$\begin{aligned}
 E_{\text{srp}} &= 20,9 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,83 \text{ m} \times (\cos 205^\circ - \cos 90^\circ) \\
 &= 20,9 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,83 \text{ m} \times (0,91 - 0)
 \end{aligned}$$

$$= 154,86 \text{ joule}$$

$$HI = E_{\text{srp}} / A$$

Dimana : Luas permukaan yang menerima beban (A) = p x l

$$A = 12,5 \text{ mm} \times 16 \text{ mm} = 200 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} HI &= 154,86 \text{ joule} / 200 \text{ mm}^2 \\ &= 0,77 \text{ joule/mm}^2 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Kekuatan Bending Komposit Sandwich :

Perhitungan kekuatan bending komposit sandwich dengan pengujian *three point bending* sesuai ASTM C 393 yaitu :

Perhitungan kekuatan bending diperoleh dengan rumus :

$$\sigma = \frac{PL}{2t(d+c)b}$$

dimana ;

P	: Beban (N)	= 50 N
	(percobaan 1 fraksi 10% dengan tebal core 10 mm)	
L	: Panjang spesimen (mm)	= 60 mm
σ	: kekuatan bending (Mpa)	
t	: tebal skin (mm)	= 3 mm
d	: tebal spesimen(mm)	= 16 mm
c	: tebal core (mm)	= 10 mm
b	: lebar spesimen (mm)	= 40 mm

- Untuk kekuatan bending fraksi 10% dengan tebal core 10 mm
Percobaan 1 :

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{PL}{2t(d+c)b} \\ &= \frac{50 \text{ N} \cdot 60 \text{ mm}}{2 \cdot 3(16+10)40 \text{ mm}} = 0,48 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- Untuk kekuatan bending fraksi 20% dengan tebal core 15 mm
Percobaan 1 :

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{PL}{2t(d+c)b} \\ &= \frac{180 \text{ N} \cdot 60 \text{ mm}}{2 \cdot 3(21+15)40 \text{ mm}} = 1,39 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- Untuk kekuatan bending fraksi 30% dengan tebal core 20 mm
Percobaan 1 :

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{PL}{2t(d+c)b} \\ &= \frac{270 \text{ N} \cdot 60 \text{ mm}}{2 \cdot 3(26+20)40 \text{ mm}} = 2,69 \text{ MPa}\end{aligned}$$

LAMPIRAN TABEL

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Komposisi Komposit Sandwich

No	Volume Serat (%)	Massa Serat (g)	Massa Polyester (g)	Massa Core(g)	Massa komposit(g)
1	10%	12,864 g	132,84 g	5,54 g	145,704 g
2	20%	25,728 g	118,08 g	5,54 g	143,808 g
3	30%	38,592 g	103,32 g	5,54 g	141,912 g

Tabel 4.2 Data Pengamatan Uji *Impact* Untuk Desain Ekperimen Faktorial

faktor	faktor B (fraksi volume (%))			bentuk patahan	
	10	20	30		
faktor A (tebal core (mm))	10	0.54	0.57	0.77	getas
		0.54	0.54	0.74	getas
		0.48	0.57	0.77	getas
		0.48	0.58	0.75	getas
		0.54	0.54	0.77	getas
	Jumlah rata - rata	2.58	2.8	3.8	
	15	0.61	0.66	0.83	getas
		0.59	0.66	0.83	getas
		0.59	0.6	0.77	getas
		0.61	0.58	0.77	getas
		0.59	0.66	0.83	getas
	Jumlah rata - rata	2.99	3.16	4.03	
20	0.66	0.7	0.83	getas	
	0.66	0.66	0.83	getas	
	0.6	0.66	0.8	getas	
	0.6	0.66	0.8	getas	
	0.66	0.7	0.83	getas	
jumlah rata - rata	3.18	3.38	4.09		
rata - rata	0.63	0.67	0.81		
jumlah besar rata - rata besar	8.75	9.34	11.92		
	0.583333	3.510667	0.794667		

Tabel 4.3 Daftar ANOVA Untuk Pengaruh Tebal Core Dan Fraksi Volume Terhadap Kekuatan *Impact*

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: kekuatan_impact

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.456 ^a	8	.057	80.804	.000
Intercept	20.032	1	20.032	2.839E4	.000
fraksi_volume	.377	2	.188	266.913	.000
tebal_core	.074	2	.037	52.191	.000
fraksi_volume * tebal_core	.006	4	.001	2.057	.000
Error	.025	36	.001		
Total	20.513	45			
Corrected Total	.482	44			

a. R Squared = .947 (Adjusted R Squared = .936)

Tabel 4.4 Data Pengamatan Uji *Bending* Untuk Desain Ekperimen Faktorial

	faktor A (tebal core (mm))	faktor B (fraksi volume (%))			bentuk patahan
		10	20	30	
taraf	10	0,48	1,25	1,85	getas
		0,48	1,14	1,85	getas
		0,58	1,25	1,9	getas
		0,48	1,25	1,9	getas
		0,58	1,25	1,9	getas
		jumlah	2,6	6,14	9,4
	15	0,52	1,228	1,88	
		0,69	1,39	2,29	getas
		0,76	1,46	2,29	getas
		0,69	1,39	2,22	getas
		0,76	1,39	2,22	getas
		0,76	1,46	2,22	getas
jumlah	3,66	7,09	11,24		
20	rata - rata	0,732	1,418	2,248	
	0,82	1,73	2,69	getas	
	0,82	1,73	2,88	getas	
	0,87	1,83	2,88	getas	
	jumlah	2,51	5,34	11,55	
	rata - rata	0,837	1,78	3,85	

	0,82	1,73	2,9	getas
	0,82	1,73	2,9	getas
jumlah	4,15	8,75	14,25	
rata - rata	0,83	1,75	2,85	
jumlah besar	10,41	21,98	34,89	
rata - rata besar	0,694	1,465333	2,326	

Tabel 4.5 Daftar ANOVA Untuk Pengaruh Panjang Serat Dan Fraksi Volume Terhadap Kekuatan *Bending*

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: kekuatan_bending

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	22.729 ^a	8	2.841	1.069E3	.000
Intercept	99.904	1	99.904	3.761E4	.000
fraksi_volume	19.616	2	9.808	3.692E3	.000
tebal_core	2.583	2	1.291	486.055	.000
fraksi_volume * tebal_core	.530	4	.133	49.913	.000
Error	.096	36	.003		
Total	122.729	45			
Corrected Total	22.824	44			

a. R Squared = .996 (Adjusted R Squared = .995)

Tabel 4.6 Data Defleksi Hasil Uji *Bending*

faktor A (tebal core (mm))	Taraf	faktor B (fraksi volume (%))			bentuk patahan
		10	20	30	
10		0.03	1.23	2.30	getas
		0.04	1.46	2.67	getas
		0.05	1.59	2.83	getas
		0.07	1.73	3.07	getas
		0.08	1.76	3.17	getas
	Jumlah	0.29	7.78	14.06	
	rata - rata	0.059	1.556	2.812	
		4.07	5.781	7.67	getas
		5.15	5.08	7.83	getas
		5.15	5.02	7.92	getas
15		5.13	5.53	9.31	getas
		5.06	6.07	8.02	getas
	Jumlah	24.58	27.49	40.76	
	rata - rata	4.917	5.498	8.153	
		10.33	12.81	13.01	getas
		10.88	12.74	13.28	getas
		11.65	12.80	14.57	getas
		11.79	13.26	14.63	getas
		11.92	13.07	14.94	getas
	jumlah	56.594	64.695	70.443	
rata - rata	11.318	12.939	14.088		
jumlah besar	81.478	99.966	125.273		
rata - rata besar	5.431	6.664	8.351		

LAMPIRAN FOTO

Daun nanas yang sudah di potong



Penyerutan daun nanas dengan tatakan



Pengambilan serat daun nanas



Perendaman serat daun nanas dengan NaOH



Serat daun nanas



Styrofoam sebagai core



Resin seri Yukalac 157 BQT-EX



Penimbangan serat



Cetakan spesimen



Pencetakan specimen



Specimen setelah dicetak



Pemotongan specimen sesuai ASTM



Alat pengamatan mikroskop



Alat pengujian impact



Alat pengujian bending

