

**PENGARUH VARIASI BAHAN *ADHESIVE* SKIN SERAT AREN
DENGAN *CORE* LIMBAH GERGAJI KAYU SENGON LAUT
TERHADAP KEKUATAN BENDING KOMPOSIT *SANDWICH***

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat sarjana strata 1



Disusun oleh:

Arief Rahman Hakim

NIM: 14040045

**PROGAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI ADISUTJIPTO
YOGYAKARTA**

2020

**PENGARUH VARIASI BAHAN *ADHESIVE* SKIN SERAT AREN
DENGAN *CORE* LIMBAH GERGAJI KAYU SENGON LAUT
TERHADAP KEKUATAN BENDING KOMPOSIT *SANDWICH***

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat sarjana strata 1



Disusun oleh:

**Arief Rahman Hakim
NIM: 14040045**

**PROGAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI ADISUTJIPTO
YOGYAKARTA**

2020

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI BAHAN *ADHESIVE SKIN* SERAT AREN DENGAN *CORE*
LIMBAH GERGAJI KAYU SENGON LAUT TERHADAP KEKUATAN *BENDING* DAN
FOTO MAKRO KOMPOSIT *SANDWICH*



Disusun Oleh:

Arief Rakhman Khakim
NIM: 14040045

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal 6 Februari 2020 dan dinyatakan telah memenuhi syarat guna memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Dosen Pembimbing

Pembimbing I
Nurfi Ahmadi, S.T., M.Eng.
Pembimbing II
Ir. Sudarmanto, M.T.

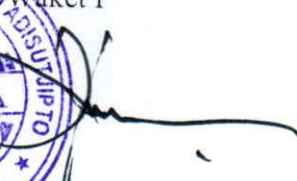
()
()

Susunan Tim Penguji

Ketua Penguji
Fajar Nugroho, S.T., M.Eng.
Penguji I
B.Mardwianta, S.T., M.T.
Penguji II
Bahrul Jalaali, S.T., M.Eng.

()
()
()

Yogyakarta, 18 Februari 2020

A.n Ketua STTA
Waket I

Dede Hermawan S., S.T., M.T.
NIP. 010202007

Kepala Departemen
Teknik mesin

Fajar Nugroho, S.T., M.Eng.
NIP. 19760612 200501 1 001

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arief Rakhman Khakim
NIM : 14040045
Departemen : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Bahan Adhesive *Skin* Serat Aren dengan *Core* Limbah Gergaji Kayu Sengon Laut Terhadap Kekuatan Bending Komposit *Sandwich*

Menyatakan bahwa tugas akhir ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya, tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau telah dipergunakan dan diterima sebagai persyaratan penyelesaian studi pada universitas atau instansi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu yang telah dinyatakan dalam teks.

Yogyakarta, Februari 2020



Yang Menyatakan,


Arief Rakhman Khakim

NIM. 14040045

LEMBAR PERSEMBAHAN

Sebuah karya yang sangat sederhana ini penulis persembahkan kepada:

Kedua orang tuaku yang selalu membantu dan memberikan dorongan dalam bentuk apapun

Kakak yang selalu perhatian dan memberikan pertolongan disaat saya membutuhkannya

Kedua pembimbing Tugas Akhir yakni Pak Nurfi dan Pak Sudarmanto yang selalu membantu, mensupport

Para pengajar dan seluruh staf di Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto

Tidak lupa pula para ibu dan bapak kantin di Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto

KATA PENGANTAR

Segala puji dan rasa syukur penulis panjatkan ke hadirat ALLAH SWT yang telah memberikan seluruh limpahan Rahmat, hidayah dan karunia-Nya serta memberikan anugrah tak terhingga kepada penulis berupa kesehatan, waktu, kecerdasan berpikir, kesabaran dan kesempatan untuk belajar mengetahui segala hal yang baru sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “*pengaruh variasi bahan adhesive skin serat aren dengan core limbah gergaji kayu sengon laut terhadap kekuatan bending komposit sandwich*”. Tidak lupa pula shalawat serta salam teriring untuk junjungan baginda *Rasulullah Salallahu Alaihi Wassallam* dan para sahabatnya yang telah memberikan sauri tauladan bagi kita semua.

Dalam penyusunan tugas akhir ini ternyata tidak lepas dari bantuan, bimbingan, arahan dan juga dorongan dari berbagai pihak yang diberikan kepada penulis. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati dan keterbatasan penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. kedua orang tua serta kakak yang senantiasa mendoakan dan member semangat.
3. Bapak Dr. Ir. Drs. T. Ken Darmastono, M.Sc., selaku Ketua Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto (STTA) Yogyakarta.
4. Bapak Fajar Nugroho, S.T., M.Eng, selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto (STTA) Yogyakarta.
5. Bapak Nurfi Ahmadi, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing dan mengarahkan penulis sampai selesainya laporan tugas akhir ini.
6. Bapak Ir. Sudarmanto, M.T., selaku dosen pembimbing II yang selalu memotivasi dan menyemangati penulis sampai selesainya laporan tugas akhir ini.

7. Seluruh dosen-dosen yang telah membantu dan mengajarkan penulis selama studi di Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto (STTA) Yogyakarta.
8. Teman-teman di rumah dan di perantauan yang selalu menyemangati kepada penulis.
9. Semua teman-teman di kampus dan rekan-rekan seperjuangan angkatan 14 yang tidak mungkin disebut satu per satu, yang telah banyak memberikan dorongan semangatnya serta telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung, sekali lagi terima kasih untuk semuanya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan dikarenakan keterbatasan kemampuan dalam diri penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun demi sangat penulis harapkan demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini.

Yogyakarta, Februari 2020

Penulis

Arief Rakhman Khakim

MOTTO

“Saat anda merasa paling tinggi, itu berarti anda berada di titik paling rendah dalam diri anda”

“jika kau ingin mengatur orang lain, atur dirimu sendiri dulu”

“semua orang mempunyai kesalahan dan berhak untuk memperbaikinya”

“jika kamu tidak membangun mimpimu, seorang akan mempekerjakanmu untuk membangun mimpinya”

(tony gaskins)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMBANG	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.5.1 Bagi Penulis	4
1.5.2 Bagi Institusi dan Mahasiswa	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kajian Pustaka	6
2.2 Dasar Teori	7
2.2.1 Kajian Teori Komposit	7
2.2.2 Komposit Struktur	8
2.2.3 <i>Sandwich</i>	9

2.2.3.1	<i>Skin</i>	9
2.2.3.2	<i>Core</i>	9
2.2.3.3	Adeshive	10
2.2.3.3.1	Jenis-jenis adhesive	10
2.2.4	Serat Aren	11
2.2.5	Serbuk Gergaji Kayu Sengon	14
2.2.6	<i>Matrix Polymer</i>	14
2.2.7	<i>Polymer Thermoplastic</i>	15
2.2.8	<i>Polymer Thermosetting</i>	15
2.2.9	Resin <i>Unsaturated Polyester</i> (UP)	15
2.2.10	Katalis <i>Methyl Ethyl Ketone Peroxide</i> (MEKPO)	16
2.2.11	Pengeringan Serat	17
2.2.12	Fraksi <i>Volume</i> Komposit	19
2.2.13	Proses Pembuatan Komposit	19
2.2.13.1	Proses Cetakan Tertutup (<i>Closed Mold Process</i>)	19
2.2.13.2	Proses Cetakan Terbuka (<i>Open Mold Process</i>)	20
2.3	Pengujian Material	21
2.3.1	Pengujian Kelenturan atau <i>Bending</i>	21
2.3.2	Foto Makro	23
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1	Diagram Alir Penelitian	24
3.2	Peralatan Spesimen Uji	25
3.2.1	Persiapan Peralatan yang Digunakan	25
3.2.2	Bahan Penelitian	26
3.3	Pelaksanaan Penelitian	28
3.3.1	Persiapan Alat dan Bahan	28
3.3.2	Pengolahan Bahan Dasar	28
3.3.3	Teknik Pembuatan Komposit	29
3.3.4	Variasi Penelitian	30

3.3.5	Perhitungan Kebutuhan Resin, Katalis dan Serat	
	Aren	30
3.3.6	Perhitungan Kebutuhan Resin, Katalis dan Serbuk	
	Kayu Sengon Laut	31
3.4	Proses Pembuatan Spesimen	32
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1	Pengujian <i>Bending</i>	34
4.2	Morfologi Komposit <i>Sandwich</i>	36
BAB V	PENUTUP	40
5.1	Kesimpulan	40
5.2	Saran	40
	DAFTAR PUSTAKA	41
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Komposit Struktur	8
Gambar 2.2	Komposit <i>Sandwich</i>	9
Gambar 2.3	Pohon Aren	12
Gambar 2.4	Proses <i>Hand Lay-Up</i>	21
Gambar 2.5	Benda Uji <i>Bending</i> ASTM C 393.....	22
Gambar 2.6	Pemasangan Benda Uji	22
Gambar 3.1	Cetakan	26
Gambar 3.2	Dimensi Spesimen Uji <i>Bending</i> ASTM C 393	33
Gambar 3.3	Spesimen Komposit <i>Sandwich</i>	33
Gambar 4.1	Kekuatan <i>Bending</i> Tiap Spesimen	35
Gambar 4.2	Foto Makro Komposit Sandiwch Bahan Adhesive a) Versamid, b) Cloroprene, c) Yukalac BQTN-EX	36
Gambar 4.3	Foto patahan dari samping Komposit Sandwich Variasi Adhesive a) Yukalac BQTN-EX, b) Cloroprene, c) Versamid 140	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat Mekanik dan Fisik Serat Aren dan Beberapa Serat Lainnya	13
Tabel 2.2	Kandungan Kimia Kayu Sengon	14
Tabel 2.3	Spesifikasi Resin <i>Unsaturated Polyester Yukalac BQTN 157^R</i> ...	17
Tabel 3.1	Bahan yang Digunakan dalam Penelitian	26
Tabel 4.1	Data Pengujian Kekuatan <i>Bending</i> Tiap Struktur	34

DAFTAR LAMBANG

Lambang	Besaran	Satuan
S	Kekuatan bending	MPa
P	Beban	N
L	Panjang spesimen	mm
b	Lebar spesimen	mm
h	Tebal spesimen	mm
ρ	Massa jenis	gr
m_f	Massa serat	gr
m_m	Massa matrik	gr
ρ_f	Massa jenis serat	gr/mm ³
ρ_m	Massa jenis matrik	gr/mm ³

DAFTAR SINGKATAN

singkatan	keterangan
ASTM	<i>American Standar Testing and Material</i>
UPRs	<i>Unsaturated polyester resin</i>
MPa	Mega paskal
GPa	Giga paskal
mm	milimeter
gr	gram
KML	Komposit matrik logam
KMP	Komposit matrik polimer
KMK	Komposit matrik keramik
MEKPO	<i>Methyl ethyl ketone peroxide</i>

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1 FOTO MAKRO SPESIMEN
- LAMPIRAN 2 GRAFIK PENGUJIAN *BENDING*
- LAMPIRAN 3 TABEL HASIL PENGUJIAN *BENDING*

PENGARUH VARIASI BAHAN *ADHESIVE SKIN* SERAT AREN DENGAN *CORE* LIMBAH GERGAJI KAYU SENGON LAUT TERHADAP KEKUATAN *BENDING* KOMPOSIT *SANDWICH*

Disusun oleh:

Arief Rahman Hakim
14040045

Pembimbing 1: Nurfi Ahmadi, S.T., M.Eng.

Pembimbing 2: Ir. Sudarmanto, M.T.

ABSTRAK

Komposit *sandwich* adalah jenis komposit yang mempunyai kekuatan cukup tinggi apabila digunakan sebagai struktur primer maupun sekunder. Komposit juga memiliki kelebihan dari sifat mekaniknya, tahan korosi, massa jenis yang kecil dan proses pembuatannya yang sederhana. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh variasi bahan *adhesive* lapisan kulit serat aren dengan inti limbah gergaji kayu sengon laut terhadap kekuatan *bending* komposit *sandwich*.

Bahan penelitian ini adalah serat aren, *unsaturated polyester* resin 157 BQTN-EX, *versamid* 140, *chloroprene*, serbuk limbah gergaji kayu sengon laut dan urea *formaldehyde*. Spesimen ini dibuat dengan metode cetak tekan dengan tebal *skin* (2 mm) dan tebal *core* (10 mm). Pengujian *bending* komposit *sandwich* ini mengacu pada standar ASTM C 393. Metode yang digunakan dalam proses pembuatan komposit ini adalah metode *hand lay up*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi *adhesive* berpengaruh pada kekuatan *bending* komposit *sandwich* di mana nilai tertinggi dicapai dengan *adhesive versamid* 140 dengan nilai kekuatan *bending* sebesar 25,86 MPa. Pengamatan permukaan patah spesimen uji *bending* memperlihatkan pada komposit *sandwich* dengan *adhesive versamid* 140 memiliki ikatan antar permukaan lebih baik dari *yukalac* BQTN-EX dan *chloroprene*.

Kata kunci: komposit, sandwich, kekuatan bending, adhesive

**THE EFFECTS OF ADHESIVE VARIATIONS ON SANDWICH
COMPOSITE WITH ARENGA PINNATA FIBER SKIN AND
PARASERIANTHES FALCATARIA SAWDUST CORE ON THE BENDING
STRENGTH**

Written by:
ARIEF RAKHMAN KHAKIM
14040045

Supervisor 1: Nurfi Ahmadi, S.T., M.Eng.
Supervisor 2: Ir. Sudarmanto, M.T.

ABSTRACT

Sandwich composite is a type of composite that has enough strength when it is used as a primary or secondary structure. Composites also have the advantage on their mechanical properties, corrosion resistance, small density and simple manufacturing process. This research aims to investigate the effects of adhesive variations on composite sandwich with arenga pinnata fiber as skin and paraserianthes falcataria sawdust as core on the bending strength of the material.

The materials on this research are arenga pinnata fiber, unsaturated polyester resin 157 BQTN-EX, versamid 140, chloroprene, sawdust from paraserianthes falcataria sawdust and urea formaldehyde. This specimen was made by using press casting method with 2 mm of skin thickness and 10 mm of core thickness. The bending strength test refers to the ASTM C 393. The method used in the process of making this composite is hand lay-up method.

The results showed that adhesive variation affected the bending strength of sandwich composites where the highest value was achieved using adhesive versamid 140, with bending strength value of 25.86 MPa. Observation on the fracture surface of the bending test specimens showed that the composite sandwich with adhesive versamid 140 had a better inter-surface bond than the BQTN-EX yupalac and chloroprene.

Keywords: composite, sandwich, bending strength, adhesive

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material, dimana sifat mekanik dari material pembentuknya berbeda-beda. Dikarenakan karakteristik pembentuknya berbeda-beda, maka akan dihasilkan material baru yaitu komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material-material pembentuknya.

Bahan penyusun komposit yang paling utama adalah matrik dan bahan penguat. Matrik yang biasanya digunakan adalah matrik polyester, karena memiliki kekurangan sifatnya yang kaku dan rapuh maka untuk meningkatkan kekuatannya diberi penguat serat, sebagai elemen penguat serat sangat menentukan sifat mekanik dari komposit karena meneruskan beban yang didistribusikan oleh matrik. Orientasi, ukuran, dan bentuk serta material serat adalah faktor yang mempengaruhi property mekanik dari komposit sandwich. Dengan memvariasi bahan adesif diharapkan akan didapatkan hasil property mekanik komposit yang maksimal untuk mendukung pemanfaatan komposit.

Pada saat ini, serat alami mulai mendapat perhatian yang serius dari para ahli material komposit, selain memiliki kekuatan yang spesifik yang tinggi karena memiliki berat jenis rendah, serat alam lebih mudah didapat dan merupakan sumber daya alam yang diolah kembali dan harganya jauh lebih murah dibandingkan dengan fiber glass.

Kawasan Industri Mie Sohun (Bihun) di daerah Desa Tulung, Klaten, Jawa Tengah berpeluang sebagai pemasok limbah serat aren yang cukup menjanjikan. Dari kegiatan industri tersebut dihasilkan limbah serat aren dalam jumlah yang besar.

Limbah cair berasal dari proses pamarutan atau pelepasan pati dari serat dan pengendapan tepung aren. Limbah padat yang berupa serbuk serat aren semula dimanfaatkan oleh industri budidaya jamur di kota Yogyakarta.

Kebutuhan bahan baku batang aren per hari sekitar 150 ton. Dari kegiatan proses produksi tepung aren dihasilkan tepung (pati), limbah padat (ampas dan kulit kayu) dan limbah cair. Produk buangan limbah ampas tepung aren tersebut mencapai 50 ton per hari dan limbah kulit aren mencapai 20 ton per hari. Limbah ampas yang mengandung serat kasar sekitar 50% dari limbah ampas (25 ton per hari). Eksistensi limbah ampas tepung aren yang mengandung serat ini sangat potensial untuk digunakan sebagai penguat panel komposit, seperti serat alam yang lain (kenaf, rami, rosella, abaca dll). Solusi kreatif pemanfaatan limbah serat aren menjadi produk teknologi dengan nilai ekonomi tinggi merupakan langkah yang tepat untuk menjawab permasalahan ini.

Pemanfaatan limbah gergaji kayu sengon juga sudah banyak dilirik dan diaplikasikan di dalam teknologi komposit. Menurut data Desperindagkop, di karesidenan Surakarta banyak terdapat industri penggergajian kayu yang jumlahnya mencapai sekitar 150 unit industri per kabupaten (Sukoharjo, Sragen, Boyolali, Surakarta, Karanganyar, Klaten, Magelang, Wonosobo). Jenis kayu yang dikerjakan bermacam-macam seperti sengon, glugu, dan jati. Jumlah serbuk gergaji yang paling banyak dihasilkan adalah kayu sengon, mahoni dan glugu. Massa jenis kayu sengon adalah $0,33 \text{ gr/cm}^3$. Dengan massa jenis yang ringan, pemanfaatan serbuk gergaji kayu sengon lebih sesuai sebagai bahan *core* pada struktur panel *sandwich*. Setiap industri penggergajian dapat menghasilkan limbah serbuk gergaji kayu sengon sekitar 40-60 kg/hari. Limbah serbuk gergaji kayu sengon tersebut biasanya hanya dibiarkan membusuk atau dibakar jika sudah mengering. Eksistensi limbah serbuk gergaji dengan menambahkan perekat yang murah mempunyai potensi yang tinggi untuk direkayasa menjadi produk *core* fleksibel untuk pembuatan panel komposit *sandwich*.

Bahan urea formaldehide merupakan jenis resin yang tepat sebagai perekat pembuatan *core* limbah serbuk gergaji kayu sengon karena harganya yang murah. Bahan UF ini sangat cocok untuk digunakan sebagai perekat produk *core* karena komponen *core* di dalam struktur panel komposit *sandwich* mengalami pembebanan yang rendah.

Namun, jenis resin yang digunakan sebagai pembuat komposit *skin* diperlukan bahan resin yang memiliki kekuatan tinggi, fluiditas tinggi dan murah. Jenis resin yang paling cocok adalah *unsaturated polyester* yang harganya cukup terjangkau.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas oleh penulis dalam Tugas Akhir atau Skripsi ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi bahan *adhesive skin* serat aren dan *core* limbah gergaji kayu sengon laut terhadap bending komposit *sandwich*?
2. Bagaimana pengaruh variasi bahan *adhesive* dari pengujian bending terhadap foto makro komposit *sandwich*.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah sangat penting dilakukan karena besarnya permasalahan keterbatasan dalam waktu, dan kemampuan penulis dalam penyusunan, serta agar pembahasan tidak menyimpang dari tujuan. Oleh karena itu skripsi dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut:

1. Matriks yang digunakan adalah resin *unsaturated polyester yukalac® 157 BQTN-EX* dan *MEKPO*.
2. Serat penyusun yang digunakan untuk *skin* adalah jenis serat *arenga pinnata* (pohon aren) dengan fraksi volume 70% : 30%.
3. Serbuk penyusun yang digunakan untuk *core* adalah jenis serbuk gergaji kayu sengon laut dengan fraksi volume 60% : 40%.
4. Metode yang digunakan untuk menghasilkan komposit adalah dengan metode *Hand Lay-Up*.
5. Suhu pengeringan memanfaatkan energi sinar matahari.
6. Pengujian yang digunakan adalah pengujian bending dan foto makro.
7. *Adhesive* yang digunakan adalah versamid 140, yukalac BQTN-EX 157, chloroprene.

8. Jumlah bahan adhesive yang digunakan untuk adhesive versamid 140, yukalac BQTN-EX dan cloroprene adalah 8 gram.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh variasi bahan *adhesive skin* serat aren dan *core* limbah gergaji kayu sengon terhadap kekuatan *bending* komposit *sandwich*.
2. Mengetahui pengaruh variasi bahan *adhesive* dari pengujian *bending* terhadap foto makro komposit *sandwich*.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Bagi penulis

- a. Memperoleh pengetahuan yang sangat berguna secara akademis khususnya dibidang teknik komposit dan manufaktur.
- b. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi untuk membuat penelitian dari bahan yang sejenis ataupun penelitian lain di bidang teknik komposit.
- c. Secara praktis dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pengolahan serat aren serta memberikan inovasi dalam ilmu pengetahuan dan teknologi untuk pemanfaatan serat aren di dunia industri.
- d. Meningkatkan nilai jual serat aren sekaligus memotifasi masyarakat untuk memanfaatkan serat aren sehingga menghasilkan pendapatan bagi masyarakat.

1.5.2 Bagi Institusi dan Mahasiswa

- a. Memberikan sebuah referensi baru bagi institusi dalam bidang penelitian khususnya dalam bidang komposit.
- b. Memberikan sebuah pandangan baru tentang penelitian bagi mahasiswa lain yang akan ataupun sedang mengerjakan skripsi.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam sistematika penulisan skripsi ini dibagi menjadi 5 BAB dengan sistematika yaitu :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang topik apa yang dibahas pada penelitian ini, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan tentang teori dasar yang dipergunakan dalam pokok permasalahan dalam penelitian.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang metode yang digunakan dalam melakukan penelitian untuk penulisan skripsi, meliputi obyek penelitian, alur penelitian, dan metode pengumpulan data penelitian.

BAB IV : ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil dan pembahasan, berisi data hasil pengujian dan pembahasan.

BAB V : PENUTUP

Bab ini merupakan inti sari dari hasil penulisan secara keseluruhan dan berisikan kesimpulan dari pembahasan diatas serta saran secara menyeluruh.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Ardhian (2009) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi bahan perekat terhadap komposit sandwich UPRs-cantula anyaman 3D dengan core sampah kota. Berdasarkan penelitian menggunakan metode hand lay-up dan menggunakan resin polyester yang meliputi 157 BQTN EX, jenis *epoxy* yaitu VERSAMID dan chloroprene adhesive. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi *adhesive* pada komposit *sandwich UPRs-Cantula* anyaman 3D dengan *core* sampah kota menunjukkan bahwa nilai kekuatan bending tertinggi adalah 14,76 MPa yang dicapai oleh perekat *epoxy*.

Ariawan (2011) melakukan pengujian tentang pengaruh variasi adhesive terhadap kekuatan bending komposit cantula 3D-UPRs dengan core honeycomb tipe c-flute. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan lentur tertinggi adalah 7,98 MPa yang dicapai oleh perekat versamid 140. pengamatan komposit fraktur permukaan menunjukkan bahwa UPRs cantula 3D komposit sandwich dengan perekat versamid 140 memiliki tarikan yang lebih pendek dan fraktur serat pendek.

Sugiyanto dkk (2012) Melakukan penelitian tentang pengaruh variasi adhesive terhadap kekuatan sambungan komposit serat gelas. Jenis komposit yang digunakan adalah lap joint bahan yang digunakan adalah resin unsaturated polyester 157 BQTN, serat gelas dengan cara metode cetak tekan. Sambungan komposit dibuat dengan variasi jenis adhesive dengan tebal adhesive 0,25 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk variasi adhesive dengan tebal 0,25 mm, adhesive epoksi mempunyai kekuatan sambungan terbesar dengan 4,49 MPa, dan terendah pada lem kuning (cloroprene) yaitu 0,15 MPa.

Yudhi (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi adhesive terhadap karakteristik kekuatan mekanik komposit cantula 3D-UPRs dengan core honeycomb kardus tipe c-flute. Adhesive yang dipakai dalam penelitian ini adalah polyester yang meliputi 157 BQTN EX, LP 1Q EX,FW 21 EXL, dan jenis epoksi

yaitu versamid 140. Metode hand lay-up dipakai untuk membuat komposit cantula 3D-UPRs dengan fraksi berat 30%, Pengujian yang dilakukan meliputi uji geser dan uji bending. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi adhesive berpengaruh pada kekuatan geser dan kekuatan bending komposit sandwich cantula 3D-UPRs, dimana nilai tertinggi dicapai menggunakan epoksi versamid 140, dengan kekuatan geser sebesar 0,337943 MPa dan nilai kekuatan bending sebesar 7,980138 MPa.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Kajian Teori Komposit

Menurut Gibson (1994), komposit adalah perpaduan bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang unik dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusun. Dari material tersebut akan menghasilkan komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya.

Penggabungan dua material atau lebih dibedakan menjadi dua macam antara lain :

1. Penggabungan makro, yang memiliki ciri-ciri antara lain:
 - a. Dapat dibedakan secara langsung dengan cara melihat.
 - b. Penggabungannya lebih secara fisis dan mekanis.
 - c. Penggabungannya dapat dipisahkan secara fisis ataupun secara mekanis.
 - d. Contoh: *glass fiber reinforced plastic (GFRP)*.
2. Penggabungan mikro, yang memiliki ciri-ciri antara lain:
 - a. Tidak dapat dibedakan dengan melihat secara langsung.
 - b. Penggabungannya lebih secara kimiawi.
 - c. Penggabungannya tidak dapat dipisahkan secara fisis maupun mekanis, tetapi dapat dilakukan secara kimiawi.
 - d. Contoh: logam paduan, besi cor, baja dll.

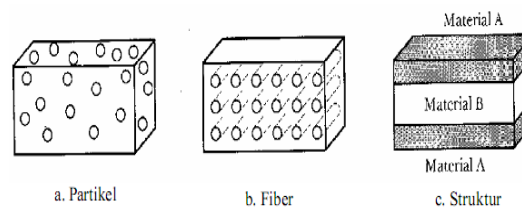
Penggabungan material yang berbeda bertujuan untuk menemukan material baru yang mempunyai sifat antara material penyusunnya yang tidak akan diperoleh jika material penyusunnya berdiri sendiri. Material penyusun komposit tersebut bisa berupa *fibers*, *particles*, *laminated or layers*, *flakes fillers* dan matrik. Matrik sering disebut sebagai unsur pokok bodi sedangkan *fiber*, *particles*, *laminated or layers*, *flakes fillers* disebut sebagai unsur pokok struktur (Schwartz, 1986). Sifat material hasil penggabungan ini diharapkan saling memperbaiki kelemahan dan kekurangan bahan-bahan penyusunnya. Sifat-sifat yang dapat diperbaiki antara lain kekuatan, kekakuan, ketahanan leleh, ketahanan *bending*, ketahanan korosi, berat jenis, pengaruh terhadap temperatur, isolasi termal, dan isolasi konduktivitas (Jones, 1975).

Secara umum pengelompokan komposit dapat dibedakan menjadi dua, pengelompokan tersebut yaitu berdasarkan matrik dan penguatnya. Berdasarkan matriknya komposit dapat digolongkan menjadi tiga (Courney, 1983) yaitu :

1. Komposit matrik logam (KML), yaitu logam sebagai matrik.
2. Komposit matrik polimer (KMP), yaitu polimer sebagai matrik.
3. Komposit matrik keramik (KMK), yaitu keramik sebagai matrik.

2.2.2 Komposit Struktur

Komposit struktur yaitu cara penggabungan material komposit. Komposit struktur adalah cara pembuatan komposit dengan menggabungkan beberapa lapis komposit. Skema pembuatan komposit struktur dapat kita lihat pada Gambar 2.1 berikut ini:

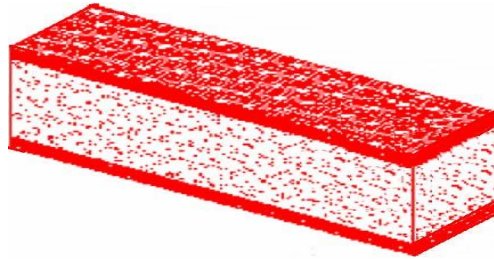


Gambar 2.1 Komposit Struktur

(Sumber: Courney, 1983)

2.2.3 Sandwich

Sandwich adalah material komposit yang terdiri dari dua buah *skin* dimana diantara dua buah *skin* tersebut terdapat *core*. Struktur komposit *sandwich* ditunjukkan pada Gambar 2.2 berikut ini:



Gambar 2.2 Komposit *Sandwich*

2.2.3.1 *Skin*

Pada bagian ini berfungsi untuk menahan *tensile* dan *compressive stress*. *Skin* biasanya mempunyai *rigidity* atau tingkat kekakuan yang rendah. Material-material konvensional seperti aluminium, baja, juga *stainless steel* bisa digunakan untuk bagian ini. Material-material berbentuk plastik yang diperkuat dengan serat gelas dan *fiber* menjadi pilihan yang baik karena bahan-bahan ini memiliki keunggulan seperti mudah untuk digabungkan, desain dapat dirancang sesuai dengan kebutuhan, serta bentuk permukaan yang baik (Hartomo, 2009).

2.2.3.2 *Core*

Salah satu bagian terpenting dari *sandwich* adalah *core*, dimana bagian ini harus cukup kaku agar jarak antar permukaan terjaga. Dengan kekakuannya *core* harus mampu menahan geseran agar tidak terjadi *slide* antar permukaan. Bahan dengan tingkat kekakuan yang rendah tidak baik untuk *core*, karena kekakuan pada *sandwich* akan berkurang atau hilang. Tidak hanya kuat dan mempunyai densitas rendah, *core* biasanya mempunyai syarat lain, seperti tingkat kadar air, *buckling*, umur panjang, dan lain sebagainya (Hartomo, 2009).

2.2.3.3 Adesif

Selain untuk menyatukan antara *skin* dan *core*, adesif harus mampu mentransfer gaya geser antara *skin* dan *core* agar kekuatan dari *sandwich* tetap terjaga. Adesif juga harus mampu menahan regangan dan gaya geser. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam adesif :

1. Persiapan permukaan

Skin dan *core* harus dibersihkan sebelum disatukan, bisa menggunakan mesin atau secara kimiawi.

2. Bahan pelarut

Core material biasanya sensitif terhadap bahan pelarut tertentu. Sebagai contoh : *polystyrene foams* sensitif terhadap *styrene* (*polyester* dan *vinyl ester* yang berisi *styrene*), sehingga epoxies dan polyurethanes yang mungkin untuk digunakan.

3. Tekanan

Tekanan diperlukan untuk mencegah munculnya pori-pori. Proses ini harus dilakukan dengan hati-hati agar *core* tidak mengalami kegagalan.

2. Adesif

Sebaiknya adesif memiliki viskositas yang cukup rendah sehingga memungkinkan untuk mengisi sel permukaan dengan baik dan meminimalisir udara yang terjebak. Tetapi viskositas dari adesif sebaiknya tidak terlalu rendah, sehingga saat ditekan adesif tidak mudah tumpah.

2.2.3.3.1 Jenis-jenis *adhesive*

- a. Versamid 140

Versamid 140 adalah resin poliamida dengan viskositas menengah, Resin ini juga berguna dalam aplikasi perekat. Versamid 140 menawarkan kombinasi unik dari kekerasan, fleksibilitas dengan bahan kimia dan ketahanan pelarut tertinggi dari seri resin poliamida berbasis dimer. Adhesive jenis versamid 140 memiliki kekuatan mekanik yang sangat baik, dan tahan terhadap bahan kimia. Polyamine ditambahkan pada formulanya untuk meningkatkan kekuatan mekaniknya adapun

kekurangannya yaitu permukaan terlalu licin. Versamid 140 pada aplikasinya digunakan untuk coating, laminasi, dan adhesive.

b. Yukalac BQTN-EX 157

Selain berfungsi sebagai matrik dalam stuktur komposit resin yukalac BQTN-EX dalam aplikasinya juga dapat berfungsi sebagai adhesive pada peralatan sanitasi, transportasi, dan produk-produk lainnya. Adhesive ini secara dominan menggunakan orthophthalic anhydride sebagai komponen asam jenuhnya. Kemudian di dalam formulanya ditambah lagi dengan glycol. kekurangan yukalac BQTN-EX adalah kaku dan rapuh, adapun kelebihan yaitu ringan, mudah dibentuk dan tahan terhadap korosi

c. Chloroprene

Chloroprene juga dikenal dengan istilah Neoprene merupakan jenis synthetic rubber adhesive, secara struktur kimia Chloroprene hampir sama dengan natural rubber. Adhesive jenis ini memiliki ketahanan terhadap bahan kimia, sinar matahari, solvent dan minyak. Kelemahan adalah chloroprene akan mengalami kegagalan atau kerusakan menjadi kaku dan mengeras di bawah suhu 40°F. Adhesive jenis ini digunakan pada plywood, plastik, karet, dan produk-produk lainnya.

2.2.4 Serat Aren

Aren (*Arenga Pinnata Wurm* atau *Arenga Saccharifera Labill*) termasuk suku *Arecaceae* (pinang-pinangan). Aren merupakan tumbuhan berbiji tertutup (*Angiospermae*) yaitu bijinya terbungkus oleh daging buah. Tanaman aren ini banyak terdapat mulai dari Pantai Timur India sampai ke Asia Tenggara (ASEAN).

Yakni meliputi negara India, Bangladesh, Burma, Thailand, Laos, Malaysia, Indonesia, Vietnam, Hawaii, Philipina, Guam dan berbagai pulau di sekitar Samudra Pasifik. Di Indonesia tanaman aren banyak terdapat di seluruh

wilayah nusantara. Umur pohon aren mencapai lebih dari 50 tahun, dan di atas umur ini biasanya pohon aren sudah mulai berkurang dalam memproduksi buahnya. Bahkan sudah tidak mampu lagi memproduksi buah (Sunanto, 1993). Gambar 2.3 adalah gambar pohon aren yang masih produktif.

Batang aren tidak berduri, tidak bercabang, tinggi mencapai 25 m, diameter 65 cm bahkan lebih (mirip pohon kelapa). Pohon ini mulai berbunga dari umur 6-12 tahun. Umur produktif 2-5 tahun. Pohon ini dalam pertumbuhannya berguna untuk perlindungan erosi terutama tebing-tebing sungai dari bahaya tanah longsor maupun sebagai unsur produksi (Bahan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan dan Perkebunan, 1998).



Gambar 2.3 Pohon Aren

Pohon aren merupakan pohon yang menghasilkan bahan-bahan industri yang sudah sejak lama kita kenal. Hampir semua bagian atau produk tanaman ini dapat dimanfaatkan dan memiliki nilai ekonomis. Semua bagian pohon aren ini dapat diambil manfaatnya, mulai dari bagian-bagian fisik pohon maupun dari hasil-hasil produksinya. Hampir semua dari bagian fisik pohon ini dapat dimanfaatkan misalnya akar (untuk obat tradisional dan peralatan), batang (untuk berbagai macam peralatan dan bangunan), daun muda atau jamur (untuk pembungkus atau pengganti kertas rokok yang disebut dengan kawung). Di Indonesia pohon aren sebagian besar secara nyata digunakan untuk bahan bangunan, keranjang, kerajinan tangan, atap rumah, gula, manisan buah dan lain sebagainya (Sumarni, dkk., 2003).

Di Indonesia rata-rata tanaman ini tumbuh sangat baik dan mampu memproduksi pada daerah yang tanahnya subur pada ketinggian 500-800 m diatas permukaan laut. Pada daerah-daerah yang mempunyai ketinggian kurang dari 500 m atau yang lebih dari 800 m, tanaman aren tetap dapat tumbuh namun hasil produksi buahnya kurang memuaskan. Di samping itu, banyaknya curah hujan juga sangat berpengaruh pada tumbuhnya tanaman ini. Tanaman aren menghendaki curah hujan yang merata sepanjang tahun, yaitu minimum sebanyak 1200 mm setahun. Jika diperhitungkan dengan menggunakan rumus *Schmidt* dan *Ferguson*, iklim yang paling cocok untuk tanaman aren ini adalah iklim sedang sampai iklim agak basah (Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan dan Perkebunan, 1998).

Tabel 2.1 Sifat Mekanik dan Fisik Serat Aren dan Beberapa Serat Lainnya

<i>Natural fibre</i>	<i>Density gr/cm³</i>	<i>Tensile Strength, (MPa)</i>	<i>Tensile Modulus, (GPa)</i>	<i>Strain, %</i>	<i>Diameter, mm</i>
<i>Sugar palm</i>	1,29	190,29	3,69	19,6	99-311
<i>Curava</i>	1,33	665-1404	20-36	2-3	49-100
<i>Nettle</i>	1,53	1594	87	2,11	19,9
<i>Hemp</i>	1,48	270	19,1	0,8	31,2
<i>Hemp</i>	1,48	550-900	73	1,6	
<i>Jute</i>	1,18	393-773	26,5	1,8	200
<i>Coir</i>	1,25	138,7	6	10,5	396,98
<i>Kenaf</i>	1,4	215,4	13-17	1,18-1,31	
<i>Bamboo</i>	0,6-0,8	200,5		10,2	
<i>E-Glass</i>	2,25	1800-3000	72-83	3	4-14

(Bachtiar D, dkk, 2009)

2.2.5 Serbuk Gergaji Kayu Sengon

Serbuk gergaji adalah butiran kayu yang dihasilkan dari proses menggergaji. Serbuk-serbuk gergaji ini dapat diperoleh dari beragam sumber, seperti limbah pertanian atau perkayuan. Menurut Strak (1997), serbuk gergaji memiliki temperatur proses lebih rendah (kurang dari 400 °F). Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemanfaatan serbuk kayu jenis kayu, ukuran serbuk, sifat dasar dari serbuk kayu itu sendiri. Pemanfaatan serbuk gergaji kayu sebagai bahan material penyerap merupakan salah satu teknologi yang murah karena bahan bakunya mudah didapat.

Kayu sengon banyak digunakan untuk pembuatan peti, *veneer*, *pupl*, papan serat, papan partikel dan korek api. Kayu sengon termasuk kayu yang memiliki massa jenis ringan, yaitu 0,33 gr/cm³, lebih kecil dari 0,60 gr/cm³. Kayu yang memiliki berat jenis tinggi akan memakan waktu yang relatif lama dalam proses penggarangan. (Martawijaya et al., 1977).

Tabel 2.2 Kandungan Kimia Kayu Sengon

Komponen Kimia	Kadar (%)
Selulosa	49,40
Hemiselulosa	24,10
Lignin	26,50

2.2.6 Matrix Polymer

Matriks dalam komposit berfungsi sebagai bahan pengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi bahan penguat dari kerusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik, sehingga matrik dan serat saling berhubungan (Schwartz, 1996). Secara umum matrik polimer terbagi atas dua kelompok yaitu (Feldman dan Hartomo, 1995):

1. *Polymer Thermoplastics*
2. *Polymer Thermosetting*

2.2.7 *Polymer Thermoplastic*

Polymer thermoplastic merupakan bahan yang dapat lunak apabila dipanaskan dan mengeras jika didinginkan. Jika dipanaskan akan menjadi lunak dan dapat kembali ke bentuk semula karena molekul-molekulnya tidak mengalami *cross linking* (ikat silang). Contoh resin termoplastik adalah (Hesty,2009), *polypropylene*, poliamida, *polyethylene*, *polystyrene*, dan lain-lain.

2.2.8 *Polymer Thermosetting*

Thermosetting merupakan bahan yang sulit mencair atau melunak apabila dipanaskan karena harus membutuhkan temperatur yang sangat tinggi. Hal ini disebabkan karena molekul-molekul mengalami ikatan silang (*cross linking*) sehingga bahan tersebut sulit dan bahkan jarang didaur ulang, contohnya resin *epoxy*, poliester, *urea formadehyde*, *melamine formaldehyde*, dan lain-lain.

2.2.9 **Resin Unsaturated Polyester (UP)**

Unsaturated Polyester merupakan jenis resin *thermoset*. Karena berupa resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, *polyester* mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti banyak resin lainnya. Sifat resin ini adalah kaku dan rapuh. Mengenai sifat termalnya karena banyak mengandung *monomer stiren*, maka suhu deformasi *thermal* lebih rendah dari pada resin *thermoset* lainnya dan ketahanan panas jangka panjangnya adalah kira-kira 110-140⁰C. Ketahanan dingin resin *polyester* relatif lebih baik. Resin *polyester* juga mempunyai sifat kelistrikan yang lebih baik diantara resin *thermoset* (Wicaksono, 2006).

Penggunaan resin jenis ini dapat dilakukan dari proses hand lay-up sampai dengan proses yang kompleks yaitu dengan proses mekanik. Resin ini banyak digunakan dalam aplikasi komposit pada dunia industri dengan pertimbangan harga relative murah, *curing* yang cepat, warna jernih, kestabilan dimensional dan mudah penanganannya (Billmeyer, 1984). Pengesetan termal digunakan *benzoil peroksida* (BPO) sebagai katalis. Temperatur optimal adalah 80⁰-130⁰C, namun demikian kebanyakan pengesetan dingin digunakan *metyl etyl keton peroksida*

(MEKPO) yang digunakan sebagai katalis dan ditambahkan pada 1% (Justus, 2001).

Resin yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin *unsaturated polyester* (UP) *Yukalac 157^R BTQN-EX*. Pemberian bahan tambahan katalis jenis *methyl ethyl keton peroxide* (MEKPO) pada resin UP berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan cairan resin (*curing*). Penambahan katalis dalam jumlah banyak akan menimbulkan panas yang berlebihan pada saat proses *curing* (Billmeyer, 1984). Pada tabel 2.3 kita dapat melihat spesifikasi resin *Unsaturated Polyester Yukalac BTQN-EX 157^R*.

2.2.10 Katalis Methyl Ethyl Ketone Peroxide (MEKPO)

Katalis yang digunakan adalah katalis *methyl ethyl keton peroxide* (MEKPO) dengan bentuk cair, berwarna bening. Fungsi dari katalis adalah mempercepat proses pengeringan (*curing*) pada bahan matrik suatu komposit. Semakin banyak katalis yang dicampurkan pada cairan matriks akan mempercepat proses laju pengeringan.

Tetapi bila katalis yang dicampurkan terlalu banyak maka akan menyebabkan komposit menjadi getas (Saito, 1985). Penggunaan katalis sebaiknya diatur berdasarkan kebutuhannya. Pada saat mencampurkan katalis ke dalam matriks maka akan timbul reaksi panas (60-90°C). Proses pengerasan resin diberi bahan tambahan berupa katalis jenis *methyl ethyl ketone peroxide* (MEKPO) dan memiliki massa jenis 0,28 gr/cm³.

Katalis ini digunakan untuk mempercepat proses pengerasan cairan resin pada suhu yang lebih tinggi. Pemakaian katalis dibatasi sampai 1% dari volume resin (PT. Justus Sakti Raya, 2001).

Tabel 2.3 Spesifikasi Resin *Unsaturated Polyester Yukalac BQTN 157^R*

Item	Satuan	Nilai tipikal	Catatan
Berat jenis	Gr/cm ³	1.215	25 ⁰
Kekerasan		40	Barcol GYZJ 934-1
Suhu distorsi panas	⁰ C	70	
Penyerapan air (suhu ruangan)	%	0,188	24 Jam
	%	0,446	3 Hari
Kekuatan fleksural	Kg/mm ²	9,4	
Modulus fleksural	Kg/mm ²	300	
Daya rentang	Kg/mm ²	5,5	
Modulus rentang	Kg/mm ²	300	
Elongasi	%	1	

(Sumber : Justus Kimia Raya, 1996)

2.2.11 Pengeringan Serat

Proses pengeringan adalah proses terjadinya penguapan air ke udara karena perbedaan kandungan uap air antara udara dengan bahan yang dikeringkan. Dalam proses ini kandungan uap air udara lebih sedikit atau dengan kata lain udara mempunyai kelembaban relatif yang rendah, sehingga terjadi penguapan. Kemampuan udara membawa uap air bertambah besar jika perbedaan antara kelembaban udara pengering dengan udara di sekitar bahan semakin besar. Faktor yang dapat mempercepat proses pengeringan adalah kecepatan angin atau udara yang mengalir dan penambahan temperatur. Akan tetapi pengeringan yang terlalu cepat dapat merusak bahan, yakni permukaan bahan terlalu cepat kering, sehingga tidak sebanding dengan kecepatan pergerakan air bahan ke permukaan. Hal ini menyebabkan pengerasan pada permukaan bahan (Taib, 1988). Kandungan air yang terdapat di dalam kayu terdiri dari (Reeb, 1995) :

1. Air bebas (*free water*) adalah air yang terdapat di antara rongga sel selulosa. Air bebas paling mudah dan terlebih dahulu keluar apabila mengalami pengeringan. Air bebas ini tidak mempengaruhi sifat dan bentuk kecuali

berat. Bila air bebas telah keluar maka dapat dikatakan suatu bahan telah mencapai kadar air titik jenuh serat (*fiber saturation point*).

2. Air terikat (*bound water*) adalah air yang berada di dalam sel selulosa. Air terikat ini sangat sulit untuk dilepas apabila mengalami pengeringan. Air terikat inilah yang dapat mempengaruhi sifat misalnya penyusutan.

SG KSL mempunyai sifat higroskopis yaitu dapat menyerap atau melepas air atau kelembaban. Bila *core* SG KSL tersebut belum dikeringkan pada saat penggunaan, maka *core* SG KSL dapat mengembang pada kondisi musim hujan atau pada kelembaban tinggi dan dapat menyusut pada kondisi musim kemarau atau pada kelembaban rendah. Pengeringan *core* SG KSL adalah proses untuk melepas sebagian air yang terkandung di dalam *core* SG KSL hingga mencapai kadar air *core* SG KSL tertentu atau yang diinginkan. Kadar air *core* SG KSL adalah banyaknya air yang terkandung dalam *core* SG KSL yang dinyatakan dalam persen.

Beberapa keuntungan yang diperoleh dengan melakukan pengeringan *core* SG KSL sebagai berikut:

1. Menjamin kestabilan *core* SG KSL.
2. Membuat *core* SG KSL menjadi ringan, hemat ongkos angkut.
3. Mudah pengerjaan selanjutnya.
4. Mencegah serangan jamur dan hama kayu, karena organisme tersebut pada umumnya tidak dapat hidup di bawah kadar air 20 %.

Untuk menghasilkan kekuatan yang tinggi pada komposit *sandwich*, maka kegagalan akibat terjadinya delaminasi antara komposit *skin* dengan *core* tidak boleh terjadi. Hal ini dapat tercapai dengan mengurangi kadar air serbuk gergaji kayu jati dan serat aren. Kadar air bebas sel selulosa pada serat dan *core* SG KSL harus dihilangkan, namun kadar air terikat di dalam sel harus dipertahankan agar tidak terjadi degradasi kekuatan serat selulosa (Diharjo, 2006).

Penentuan kadar air pada *core* SG KSL dilakukan dengan membagi massa kayu kayu basah (massa awal) dengan massa kayu setelah kondisi kering (massa tetap). Kadar air pada *core* SG KSL dan serat dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.1 (Simpson, 1997).

$$Kd_{air} = \frac{W_a - W_o}{W_o} \times 100\% \quad (2-1)$$

dengan catatan : Kd_{air} = kadar air (%); W_a = massa *core* basah (gr); W_o = massa *core* kering (gr).

2.2.12 Fraksi Volume Komposit

Menurut Gibson (1994), penempatan serat harus mempertimbangkan geometri serat, arah, distribusi dan fraksi *volume*, agar dapat dihasilkan komposit berkekuatan tinggi. Untuk suatu lamina *unidirectional*, dengan serat kontinu dengan jarak antar serat yang sama, dan direkatkan secara baik oleh matrik. Fraksi *volume* (V) :

$$V_f = \frac{\text{Volume serat}}{\text{Volume komposit}} \times 100\% \quad (2-2)$$

$$V_{serat} = \frac{m_f/\rho_f}{m_f/\rho_f + m_m/\rho_m} \times 100\% \quad (2-3)$$

$$V_{matrik} = \frac{\text{Volume matrik}}{\text{Volume komposit}} \times 100\% \quad (2-4)$$

$$V_{matrik} = \frac{m_m/\rho_m}{m_f/\rho_f + m_m/\rho_m} \times 100\% \quad (2-5)$$

Dimana :

m_f = massa serat (gr)

m_m = massa matrik (gr)

ρ_f = massa jenis serat (gr/mm³)

ρ_m = massa jenis matrik (gr/mm³)

2.2.13 Proses Pembuatan Komposit

2.2.13.1 Proses Cetakan Tertutup (*Closed Mold Process*)

Dalam cetakan tertutup, bahan baku (serat dan resin) menyatu di dalam cetakan dua sisi atau di dalam kantong vakum (dimatikan dari udara). Proses

cetak tertutup biasanya otomatis dan memerlukan peralatan khusus, jadi terutama digunakan pada tanaman besar yang menghasilkan bahan dalam jumlah besar - sampai 500.000 bagian dalam setahun.

Komposit yang dihasilkan dari proses *Closed Mold Process* biasanya lebih baik dibandingkan dengan *Open Mold Process* karena udara yang terperangkap didalam komposit sangat sedikit, juga benda-benda yang dihasilkan akan memiliki ukuran yang baik. Tetapi proses ini memerlukan biaya produksi yang tinggi karena menggunakan peralatan yang cukup banyak dan mahal. Ada beberapa jenis *Closed Mold Process* antara lain:

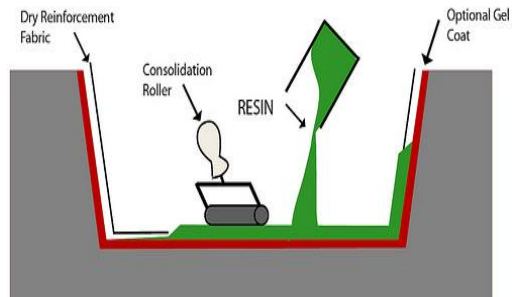
1. *Vacuum Molding*
2. *Compression Molding*
3. *Pultrusion Molding*
4. *Sentrifugal Molding*

2.2.13.2 Proses Cetakan Terbuka (*Open Mold Process*)

Dalam pencetakan terbuka, bahan baku (resin dan penambah) terpapar udara saat proses pencampuran atau saat proses solidifikasi. Proses ini banyak digunakan karena prosesnya mudah dan biayanya cukup murah, tetapi tidak dapat memproduksi banyak karena alat yang digunakan terbatas. Contoh dari *Open Mold Process* antara lain: Pencetakan terbuka menggunakan proses yang berbeda, termasuk *hand lay-up*, *spray-up*, *casting*, dan *filamen winding*.

Proses pembuatan komposit sangat beraneka ragam dari yang paling sederhana sampai dengan yang kompleks dengan sistem komputerisasi. Tiap proses memiliki kelebihan masing-masing. Ada berbagai macam proses yang dapat digunakan untuk membuat komposit antara lain metode *hand lay-up*, metode *spray-up*, metode *vacuum bagging* (Gibson, 1994).

Proses *hand lay-up* merupakan proses laminasi serat secara manual, dimana merupakan metode pertama yang digunakan pada pembuatan komposit. metode *hand lay-up* lebih ditekankan untuk pembuatan produk yang sederhana dan hanya menuntut satu sisi saja yang memiliki permukaan halus (Gibson, 1994).



Gambar 2.4 Proses *Hand Lay-Up*
(Sumber: Gibson, 1994)

Keuntungan *hand lay-up* :

- Peralatan sedikit dan harga murah.
- Kemudahan dalam bentuk dan desain produk.
- Variasi ketebalan dan komposisi serat dapat diatur dengan mudah.

Fraksi serat yang tinggi dapat diperoleh dengan cara mengkombinasikan metode *hand lay-up* dengan cetak tekan (*press molding*). Pada metode cetak tekan pengontrolan fraksi *volume* dapat dilakukan dengan menggunakan *stopper* (Rusmiyatno, 2007).

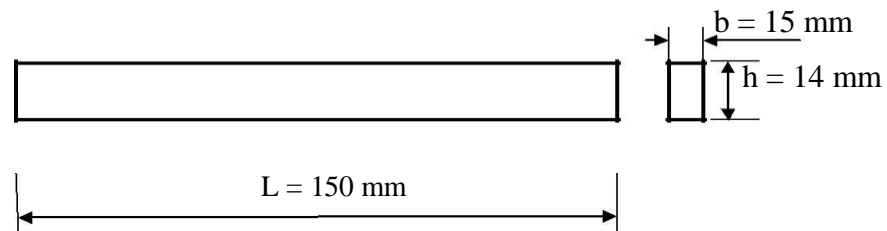
2.3 Pengujian Material

2.3.1 Pengujian Kelenturan atau *Bending*

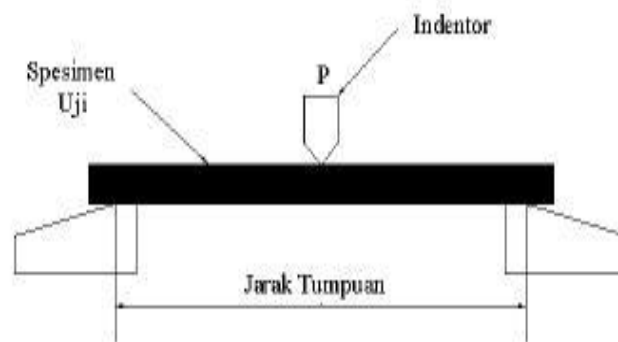
Untuk mengetahui kekuatan *bending* suatu material dapat dilakukan dengan pengujian *bending* terhadap material komposit tersebut. Kekuatan *bending* atau kekuatan lentur adalah tegangan *bending* terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Besar kekuatan *bending* tergantung pada jenis material dan pembebanan. Akibat pengujian *bending*, bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Dalam material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi dari pada kekuatan tariknya. Karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima, spesimen tersebut akan patah, hal tersebut

mengakibatkan kegagalan pada pengujian komposit. Kekuatan *bending* pada sisi bagian atas sama nilai dengan kekuatan *bending* pada sisi bagian bawah. Pengujian dilakukan *three point bending*.

Material komposit dibuat mengikuti standar ASTM C-939 dengan panjang 120 mm, lebar 15 mm dan tebal 14 mm.



Gambar 2.5 Benda Uji *Bending* ASTM C-939.



Gambar 2.6 Pemasangan Benda Uji

Pada perhitungan kekuatan *bending* ini, digunakan persamaan yang ada pada standar ASTM C-939, sama seperti pada persamaan di bawah, yaitu:

$$S = \frac{3PL}{2b \cdot h^2} \quad (2-6)$$

Dimana;

- S = Tegangan bending (MPa)
- P = Beban /Load (N)
- L = Panjang Span / *Support span* (mm)
- b = Lebar/ *Width* (mm)

h = Tinggi / *high* (mm)

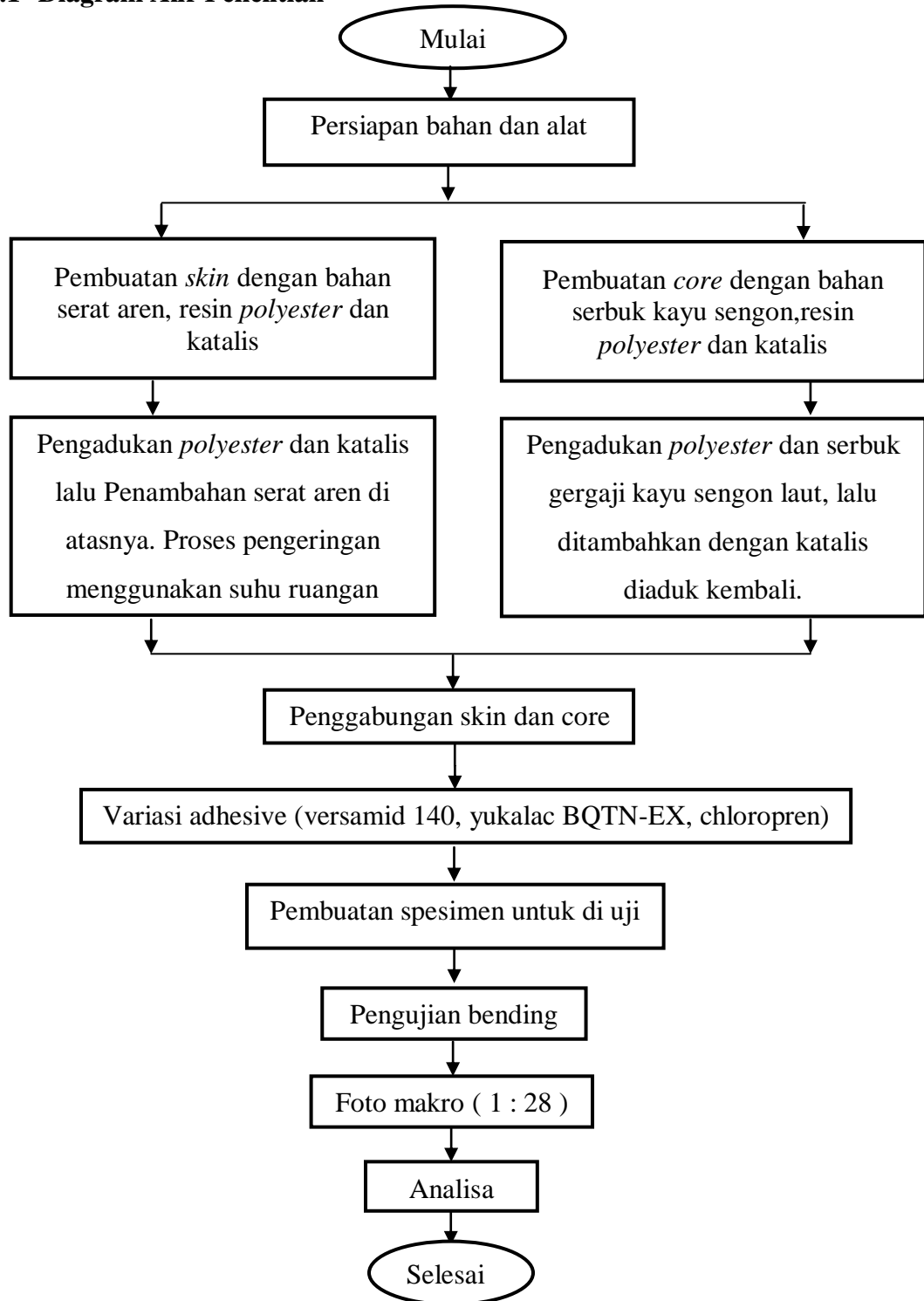
2.3.2 Foto Makro

Pengambilan foto makro bertujuan untuk mengetahui jenis/bentuk patahan dan pola kegagalan yang terjadi pada spesimen komposit akibat pengujian *bending*. Langkah-langkah pengambilan foto makro:

1. Nyalakan lampu sebagai sumber cahaya.
2. Letakan spesimen pada stage plate atau meja kerja.
3. Memasang lensa repro pada kamera dan atur perbesaran yang diinginkan.
Lihat gambar pada LCD yaitu pada layar kamera.
4. Fokuskan gambar.
5. Lakukan pemotretan.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



3.2 Peralatan Spesimen Uji

3.2.1 Menyiapkan Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan spesimen uji antara lain :

1. Timbangan Digital.

Timbangan digunakan untuk menimbang seberapa beratnya resin dan serat dicampurkan sesuai dengan fraksi volumenya. Selain itu juga untuk menguji hasil komposit apakah sesuai dengan fraksi volume yang telah ditentukan.

2. Gelas Ukur dan Suntikan.

Gelas ukur berfungsi untuk menakar matrik sesuai dengan hasil perhitungan. Suntikan berfungsi untuk menakar katalis yang akan dicampurkan sesuai dengan perhitungan.

3. Plastisin.

Plastisin ini berfungsi sebagai bahan perapat atau untuk merekatkan sambungan kaca cetakan agar campuran matrik dan katalis tidak merembes atau bocor keluar cetakan yang menyebabkan *void* pada tiap pojok cetakan ataupun spesimennya.

4. Jangka sorong.

Jangka sorong digunakan untuk mengukur panjang, lebar dan tebal spesimen.

5. Gerinda.

Gerinda tangan digunakan untuk membentuk dan memotong spesimen uji *bending*.

6. Kaca penekan atau *press mold*.

kaca penekan ini digunakan untuk menekan komposit pada cetakan.

7. Gelas corong dan pengaduk.

Gelas corong berfungsi untuk memasukkan campuran matrik dan serat ke dalam cetakan komposit agar tidak tumpah.

Pengaduk berfungsi sebagai alat pengaduk antara matrik dan katalis agar proses pencampuran bisa merata.

8. Cetakan terbuat dari kaca dengan panjang 150 mm, lebar 90 mm dan tinggi 14 mm.



Gambar 3.1. Cetakan

3.2.2 Bahan Penelitian

Berikut ini bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan komposit *sandwich* antara lain:

Tabel 3.1. Bahan yang digunakan dalam penelitian.

No	Bahan	Jenis	Sumber	Keterangan
1.	Limbah ampas pati aren (serat aren) <i>skin</i>	<i>Arenga pinnata</i>	Kawasan industri pati aren (kelompok UKM industri mie suun) di daerah desa, Tulung, Delanggu, Klaten Jawa Tengah	Sebagai penguat <i>skin</i> komposit
2.	Limbah serbuk gergaji kayu sengon laut	Kayu sengon laut	Berbagai UKM pengolahan kayu di daerah Kabupaten gunung kidul	Sebagai <i>core</i> komposit
3.	Matrik <i>core</i>	<i>Urea formaldehyde</i>	PT. Pamalite Adhesif Industri Probolinggo, Jawa Timur	Untuk mengikat <i>core</i>

4.	Katalis	<i>Methyl ethyl keton peroxide (MEKPO)</i>	PT. Justus Kimia Raya Semarang, Jawa Tengah	Mempercepat pengerasan
5.	Resin	<i>Unsaturated polyester resin (UPR)</i> yukalac® 157 BTQN-EX	PT. Justus Kimia Raya Semarang, Jawa Tengah	Sebagai pengikat atau matrik komposit
6.	Alkali	NaOH	Toko kimia di sekitar wilayah Yogyakarta	Untuk perlakuan alkali
7.	wax		Toko kimia di sekitar wilayah Yogyakarta	Untuk mempermudah melepaskan komposit <i>sandwich</i> dari cetakan
8	Epoxy	Versamid 140	Toko kimia di sekitar wilayah yogyakarta	Sebagai bahan adhesive
9	Cloroprene		Toko kimia di sekitar wilayah yogyakarta	Sebagai bahan adhesive

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Persiapan Alat dan Bahan

Alat-alat dan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan komposit disiapkan seperti serat aren, serbuk gergaji kayu sengon, resin, katalis, larutan NaOH, *urea fomaldehyde* dan peralatan yang menunjang lainnya dalam pembuatan specimen.

3.3.2 Pengolahan Bahan Dasar

a. Pencucian Serat Aren

Mekanisme pembersihan serat aren yang ada di dalam limbah ampas pati dilakukan dengan menggunakan air bersih. Hasilnya berupa serat bersih yang selanjutnya serat ditiriskan (pengeringan alami) tanpa sinar matahari selama 3 hari hingga kering. Serat yang sudah kering dimasukkan ke dalam plastik dan disimpan di dalam ruangan.

b. Netralisasi Serat

Selanjutnya serat dinetralkan dari larutan NaOH dengan direndam di dalam aquades selama 3 hari dimana setiap 12 jam serat dibilas 3x dan airnya selalu diganti secara periodik. Serat ditiriskan kembali hingga kering. Setelah kering serat tersebut sudah siap untuk diolah lebih lanjut.

c. Pengeringan Serbuk Gergaji

Bahan serbuk gergaji kayu jati dari industri pengolahan kayu sengon pembuatan pintu di Gunung kidul yang kemudian dikeringkan dengan ditiriskan tanpa sinar matahari. Serbuk gergaji yang sudah kering kemudian disimpan di dalam plastik agar tidak mudah menyerap uap air.

b. Pengujian Kadar Air Serat

Tahap preparasi serat sebelum dilakukan pencetakan adalah menyelidiki karakteristik pengeringan serat (kadar air yang terkandung di dalam serat). Hal ini dilakukan dengan mengontrol kandungan air yang terkandung di dalam serat aren dengan cara di oven dalam oven

pemanas, kemudian menguji kandungan air yang terkandung dalam serat aren tersebut dengan alat uji *moisture analyser*.

3.3.3 Teknik Pembuatan Komposit

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Menimbang massa serat aren, serbuk, resin dan katalis menggunakan timbangan digital sesuai dengan massa yang sudah ditentukan.
3. Proses pembuatan skin, pencampuran serat aren, resin *polyester* dan katalis yang sudah ditimbang terlebih dahulu, selanjutnya resin dan katalis dicampur dalam satu wadah dengan perbandingan 100 : 1, setelah itu diaduk menggunakan pengaduk dengan waktu pengadukan selama 1 menit supaya resin *polyester* dan katalis dapat tercampur secara merata.
4. Proses pengolesan matriks dan serat aren dengan perbandingan 70%: 30%.
5. Proses pembuatan *core*, pencampuran resin dan serbuk yang sudah ditimbang terlebih dahulu, selanjutnya resin dan serbuk dicampur dalam satu wadah dengan perbandingan 40%: 60%, setelah itu diaduk menggunakan pengaduk dengan waktu pengadukan 10 menit supaya resin dan serbuk tercampur secara merata.
6. Proses penambahan katalis kedalam campuran resin *polyester* dan serbuk kayu sengon dengan perbandingan 100: 1, kemudian campuran diaduk kembali dengan waktu 5 menit. Tujuan penambahan katalis supaya resin *polyester* cepat mengering.
7. Proses penuangan bahan komposit ke dalam cetakan.
8. Proses pembuatan skin, pencampuran serat aren, resin *polyester* dan katalis yang sudah ditimbang terlebih dahulu, selanjutnya resin dan katalis dicampur dalam satu wadah dengan perbandingan 100: 1, setelah itu diaduk menggunakan pengaduk dengan waktu pengadukan selama 10 menit supaya resin *polyester* dan katalis dapat tercampur secara merata.

9. Proses pengolesan matriks dan serat aren dengan perbandingan 70% : 30%.
10. Selanjutnya pengeringan komposit menggunakan suhu ruangan
11. Keluarkan komposit dari cetakan.

3.3.4 Variasi Penelitian

Dalam pengujian *bending* ini, variasi penelitian dari spesimen komposit *sandwich* yang digunakan adalah tebal *skin* 2 mm dan tebal *core* 10 mm. Spesimen uji *bending* komposit *sandwich* ini menggunakan komposisi *skin* serat aren matrik *polyester* dengan variasi fraksi *volume* serat adalah 70% : 30% dan komposisi *core* serbuk gergaji kayu sengon dengan komposisi 60% : 40% dengan *urea formaldehyde*.

3.3.5 Perhitungan kebutuhan resin, katalis dan serat aren.

Untuk memperoleh komposisi resin, katalis dan serat aren yang digunakan dalam komposit, maka terlebih dahulu dilakukan perhitungan volume cetakan kemudian perhitungan volume *skin*. Kemudian dilakukan perhitungan untuk masing-masing variasi *skin* komposit *sandwich*.

1. Menentukan variasi fraksi *volume* *skin* 70% : 30% harus diketahui berapa kebutuhan serat aren, resin dan katalis untuk mencetak specimen.

Menentukan volume komposit *skin* yang akan dicetak

$$\begin{aligned} \text{Volume komposit } \textit{skin} \textit{ } V_{cs} &= (P \times L \times T) \\ &= 150 \text{ mm} \times 90 \text{ mm} \times 2 \text{ mm} \\ &= 27.000 \text{ mm}^3 = 27 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Menentukan volume matrik *skin*

70% = matriks

30% = serat

$$V_f = 27 \text{ cm}^3 \times 0,3 = 8,1 \text{ cm}^3$$

Menentukan massa serat skin

$$\begin{aligned} M_f &= V_f \times \rho_f \\ &= 8,1 \text{ cm}^3 \times 1,29 \text{ g/cm}^3 \\ &= 10,45 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume matriks} &= V_{\text{komposit}} - V_f \\ &= 27 \text{ cm}^3 - 8,1 \text{ cm}^3 \\ &= 18,9 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Menentukan massa matrik skin

Perbandingan Resin dan Katalis 100: 1

$$\text{Volume Resin} = \frac{100}{101} \times 18,9 \text{ cm}^3 = 18,7128 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan massa Resin} &= V_{\text{resin}} \times \text{massa jenis resin} \\ &= 18,7128 \text{ cm}^3 \times 1,21 \text{ g/cm}^3 \\ &= 22,64 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\text{Volume katalis} = \frac{1}{101} \times 18,9 \text{ cm}^3 = 0,19 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan massa Katalis} &= V_{\text{katalis}} \times \text{massa jenis katalis} \\ &= 0,19 \text{ cm}^3 \times 1,28 \text{ g/cm}^3 \\ &= 0,24 \text{ g} \end{aligned}$$

3.3.6 Perhitungan kebutuhan resin, katalis dan serbuk kayu sengon laut.

Untuk memperoleh komposisi resin serta serbuk kayu sengon laut yang digunakan dalam komposit, maka terlebih dahulu dilakukan perhitungan volume cetakan kemudian perhitungan volume *core*.

Menentukan volume komposit *core* yang akan dicetak

$$\begin{aligned} \text{Volume komposit } core \text{ } V_{cc} &= (P \times L \times T) \\ &= 150 \text{ mm} \times 90 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \\ &= 135.000 \text{ mm}^3 \\ &= 135 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Menentukan volume matrik *core*

40% = matriks

60% = serbuk kayu sengon

$$V_{\text{serbuk}} = 135 \text{ cm}^3 \times 0,6 = 81 \text{ cm}^3$$

Menentukan massa serbuk *core*

$$\begin{aligned} M_{\text{serbuk}} &= V_{\text{serbuk}} \times \rho_{\text{serbuk}} \\ &= 81 \text{ cm}^3 \times 0,33 \text{ g/cm}^3 \\ &= 26,73 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume matriks} &= V_{\text{komposit}} - V_{\text{serbuk}} \\ &= 135 \text{ cm}^3 - 81 \text{ cm}^3 \\ &= 54 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Perbandingan Resin dan Katalis 100: 1

$$\text{Volume Resin} = \frac{100}{101} \times 54 \text{ cm}^3 = 53,46 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan massa Resin} &= V_{\text{resin}} \times \text{massa jenis resin} \\ &= 53,46 \text{ cm}^3 \times 1,21 \text{ g/cm}^3 \\ &= 64,7 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\text{Volume katalis} = \frac{1}{101} \times 54 \text{ cm}^3 = 0,53 \text{ cm}^3$$

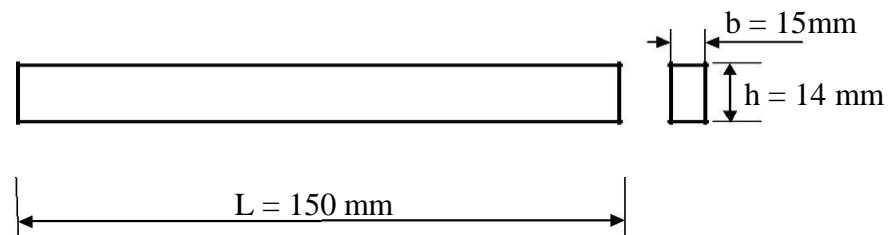
$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan massa Katalis} &= V_{\text{katalis}} \times \text{massa jenis katalis} \\ &= 0,53 \text{ cm}^3 \times 1,28 \text{ g/cm}^3 \\ &= 0,67 \text{ g} \end{aligned}$$

3.4 Proses Pembuatan Spesimen

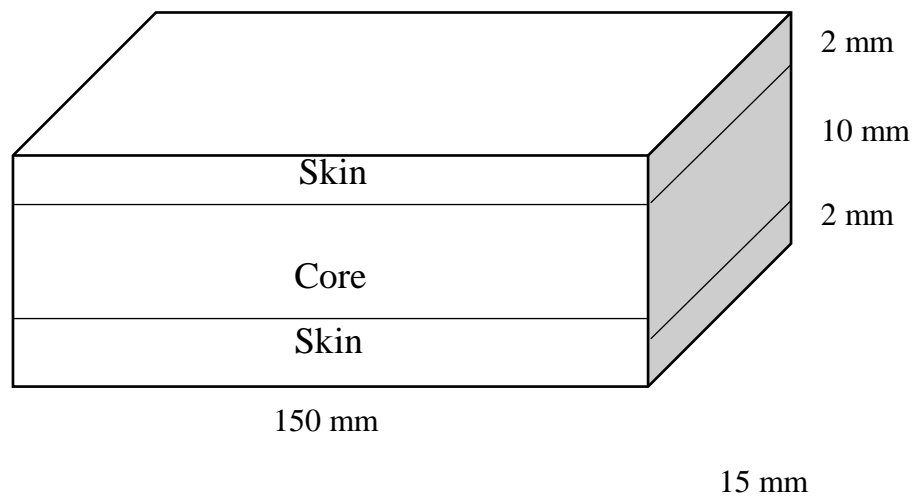
1. Pembuatan Spesimen Uji Kelenturan

- a. Material bahan komposit yang telah mengering atau jadi dilepas dari cetakan, selanjutnya diukur dan dibentuk sesuai bentuk standar benda uji *ASTM (American Standard Testing and Material)* yang digunakan.
- b. Untuk kekuatan lentur sesuai dengan batasan penelitian komposit yang sudah kering digambar/ditandai berdasarkan bentuk standar benda uji *ASTM (American Standard Testing and Material)* yang digunakan. Selanjutnya bahan komposit yang telah digambar dan dipotong menggunakan gerinda tangan dibuat radius menggunakan

kikir sampai terbentuk radius yang ditentukan, potong bahan komposit sesuai dengan jumlah spesimen yang diperlukan.



Gambar 3.2 Dimensi Spesimen Uji *Bending* ASTM C 393.



Gambar 3.3 Spesimen komposit sandwich

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian *Bending*

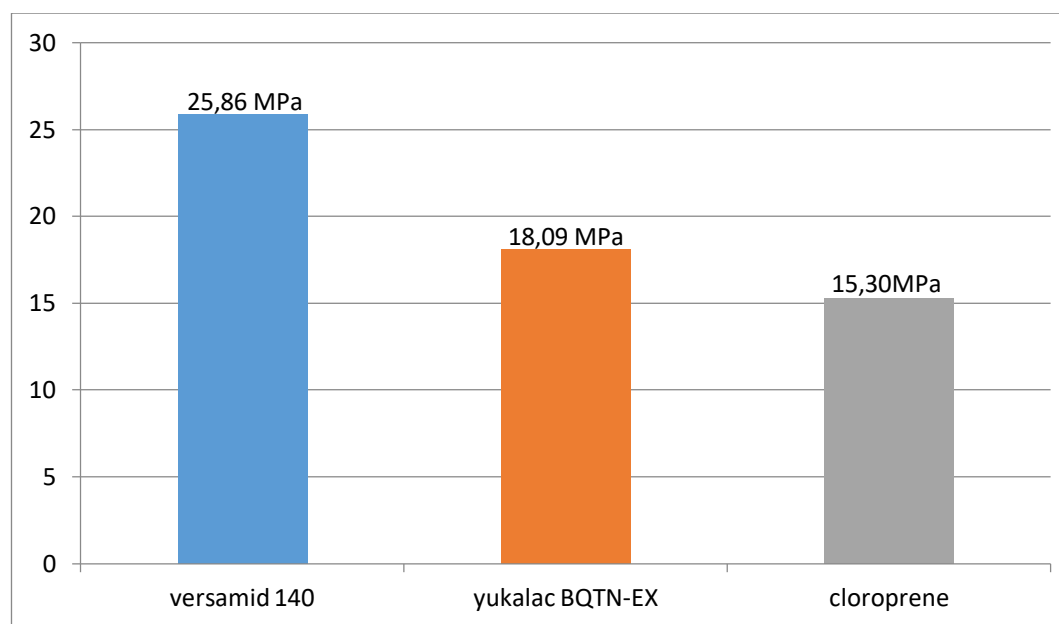
Pengujian bending merupakan suatu pengujian yang dilakukan untuk menguji ketangguhan suatu spesimen bila diberikan beban secara tiba-tiba atau langsung melalui tumbukan sehingga benda uji mengalami deformasi. Pengujian kekuatan *bending* komposit dengan penguat serbuk gergaji kayu sengon laut (*core*) fraksi *volume* 40% : 60% dan serat aren (*skin*) yang bermatrik *polyester*. Berikut data hasil dari pengujian *bending* tiap struktur dapat dilihat dari Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Data Pengujian Kekuatan *Bending* Tiap Struktur

Spesimen	<i>fraksi volume</i> 40 : 60	
Kekuatan <i>Bending</i> (MPa)	Skin	8,90 MPa
	Core	11,42 MPa

Dari Tabel 4.1 diketahui nilai tegangan maksimum yang diperoleh dari *skin* fraksi *volume* 40% : 60% adalah sebesar 8,90 MPa. Nilai tegangan maksimum yang diperoleh dari *core* dengan komposisi fraksi *volume* 40% : 60% sebesar 11,42 MPa.

Pengujian kekuatan *bending* tidak hanya dilakukan pada spesimen benda uji, tetapi dilakukan juga pada papan partikel yang ada di pasaran dimana pengujian pada papan partikel dilakukan untuk mengkomparasikan hasil kekuatan *bending* dengan komposit *sandwich* berpenguat serat aren (*skin*) dan serbuk gergaji kayu sengon (*core*). Berikut data hasil dari pengujian bending dapat dilihat dari Gambar 4.1 yang masing-masing hasilnya didapat dari rata-rata.



Gambar 4.1 Kekuatan *Bending* Tiap Spesimen

Pada Gambar 4.1 Diagram diatas menunjukkan bahwa komposit dengan sambungan *adhesive* versamid 140 memiliki kekuatan bending sebesar 25,86 MPa, dengan *adhesive* yukalac BQTN-EX memiliki kekuatan bending sebesar 18,09 MPa dan *adhesive* chloroprene memiliki kekuatan bending sebesar 15,30 MPa.

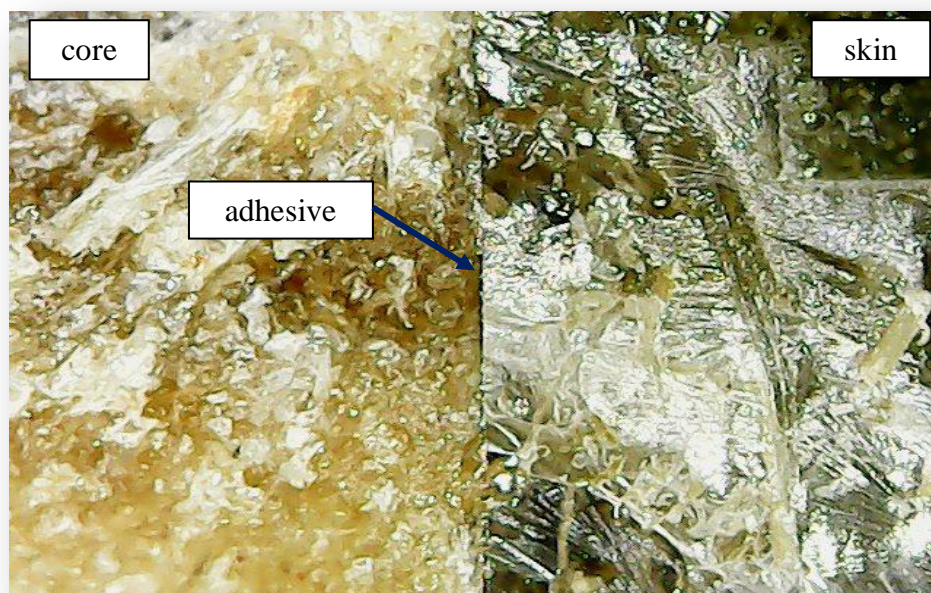
Hal ini disebabkan adhesive versamid 140 memiliki kekerasan dan fleksibilitas dengan bahan kimia yang tinggi sehingga ikatan interfacial lebih baik dari adhesive yukalac BQTN-EX dan cloroprene, sedangkan pada adhesive yukalac BQTN-EX dan cloroprene kegagalan rata-rata terjadi disebabkan permukaan sambungan sehingga nilainya lebih rendah dari versamid 140

Hasil dari data pengujian di atas, menunjukkan bahwa hasil kekuatan bending komposit *sandwich* berpenguat versamid 140 lebih tinggi dari pada hasil kekuatan *bending* papan partikel yang ada di pasaran.

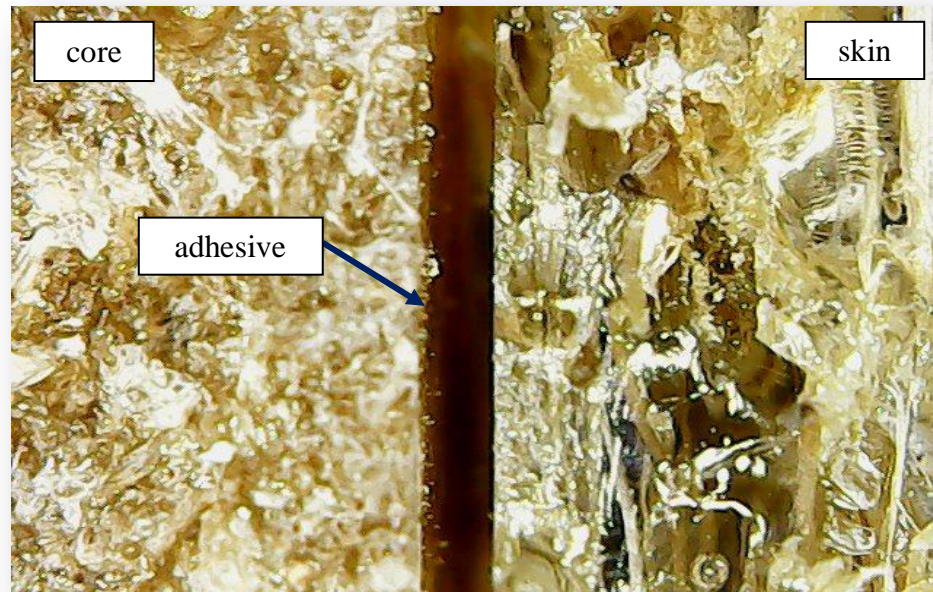
4.2 Morfologi Komposit *Sandwich*

Foto mikro dari komposit dapat memberikan sebagian informasi yang mendukung sifat dari komposit tersebut. Adapun hasil foto mikro yang dihasilkan dari pengamatan yang dilakukan sebagai berikut :

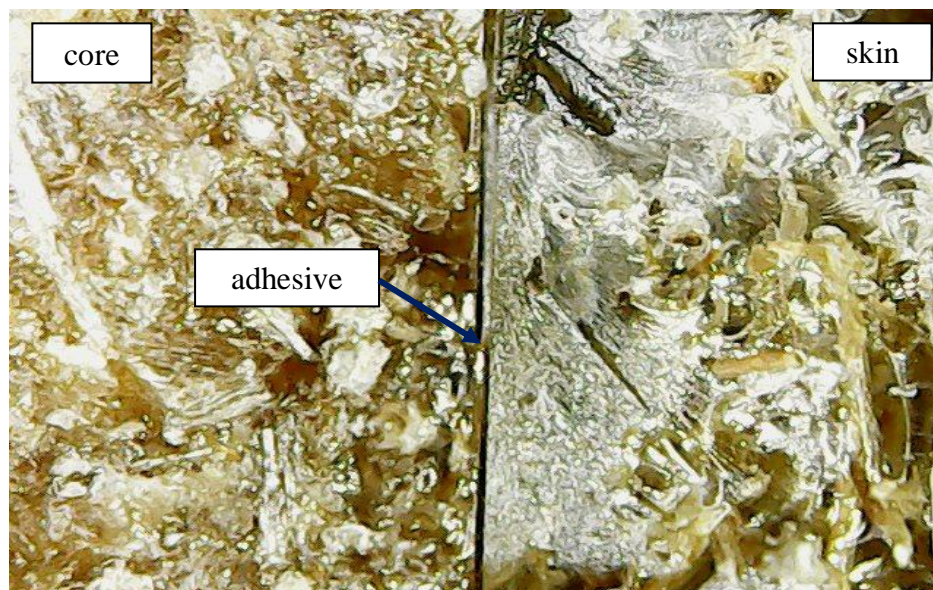
1. Morfologi penampang patahan



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.2 Foto Makro Komposit *Sandwich* bahan *adhesive* a) versamid 140, b) cloroprene, c) yukalac BQTN-EX.

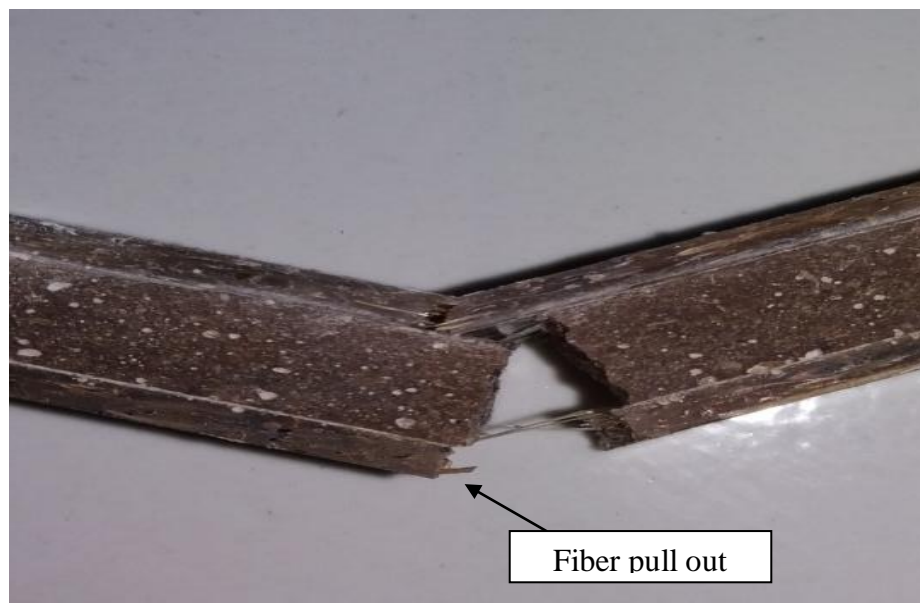
Pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa *adhesive* yukalac BQTN-EX mempunyai bahan yang sama dengan permukaan sambungan komposit, dimana komposit terbuat dari resin polyester dan katalis. Pada pengujian bending *adhesive* ini mempunyai nilai kekuatan lentur yang rendah bila dibandingkan dengan *adhesive*

versamid 140, sehingga sobekan permukaan komposit terjadi pada adhesivenya. Untuk *adhesive* chloroprene hanya menempel pada permukaan komposit atau tidak ada ikatan dengan komposit, sehingga pada pengujian didapatkan kekuatan bending sangat kecil bila dibandingkan dengan *adhesive* yukalac BQTN.

2. Morfologi patahan uji *bending* dari samping



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.3 Foto patahan dari samping Komposit *Sandwich* Variasi *Adhesive* a) yukalac BQTN-EX, b) cloroprene, c) versamid 140

Pada Gambar 4.3 terlihat adanya pola kegagalan komposit *sandwich* pada pengujian *bending* dengan *adhesive* yukalac BQTN-EX seperti kegagalan delaminasi *skin* pada sisi bawah, kegagalan tekan *skin* pada sisi atas, kegagalan *core*, delaminasi struktur *skin* komposit sisi bawah dengan *core* pada ikatan *interfacial*. Terlihat pula adanya pola kegagalan yang terjadi tidak hanya berupa retakan dimana pada komposit *sandwich* dengan *adhesive* cloroprene terdapat adanya kegagalan tarik *skin* pada sisi bawah, kegagalan geser *core*, dan adanya kegagalan serat terlepas atau *fiber pull out* pada *skin* komposit sisi bawah. Pada komposit *sandwich* dengan *adhesive* versamid 140, terlihat adanya pola kegagalan yang hanya sebatas retakan dimana terdapat adanya kegagalan tarik *skin* pada sisi bawah dan kegagalan geser *core*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari analisa yang telah dilakukan dengan pengujian maka dapat disimpulkan:

1. Kekuatan bending material meningkatkan dengan adanya bahan *adhesive* pada komposit *sandwich*, diketahui bahwa tegangan rata-rata komposit dengan adhesive cloroprene sebesar 15,30 MPa, *adhesive* yukalac BQTN sebesar 18,09 MPa, *adhesive* versamid 140 sebesar 25,86 MPa.
2. Hasil foto makro diambil 1 spesimen tiap variasi. Dapat dilihat bahwa komposit dengan adhesive versamid 140 memiliki ikatan *interfacial* lebih solid dibandingkan dengan adhesive yukalac BQTN dan cloroprene.

5.2 Saran

Untuk lebih mengembangkan penelitian ini, penulis menyarankan perlu adanya penelitian lanjutan dengan memvariasi fraksi volume *adhesive* yang digunakan dengan bahan yang sama dan diuji, untuk mengetahui pengaruh fraksi volume *adhesive* pada komposit *sandwich*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2004. *Annual book ASTM standar*.USA
- Ardhian ivan, 2009. Pengaruh variasi bahan perekat terhadap komposit sandwich UPRs-cantula anyaman 3D dengan core sampah kota. Fakultas teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Ariawan D, 2011. Pengaruh variasi adhesive terhadap kekuatan bending komposit cantula 3D-UPRs dengan core honeycomb kardus tipe c-flute.Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Bachtiar D, dkk. 2009 *the tensile properties of sugar palm (arengga pinnata) fiber*. Selangor: University Putra Malaysia.
- Billmeyer FW, 1984 *textbook of polimer science*, New york, USA
- Courtney TH, 1983 *Mechanical Behavior Of Material, Mc. Graw, Hill International Engineering, Material Science/ Metallurgy Series*.
- Departemen kehutanan & perkebunan, 1998, *buku panduan kehutanan Indonesia*.
- Gibson, 1994. *Principle Of Composite Materials Mechanics*, McGraw-Hill inc., New York, USA.
- Justus Kimia Raya, 2001. *Technical Data Sheet*, jakarta
- Kuncoro Diharjo, 2006. Karakteristik Alkali Terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester. Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Rusmiyatno, 2007 pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik dan kekuatan bending komposit serat pendek. Teknik Mesin. Universitas Negeri Semarang.
- Sugiyanto, 2012. Pengaruh *variasi adhesive* terhadap kekuatan sambung komposit serat gelas. Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Wicaksono, 2006. Aplikasi serat sisal sebagai komposit polimer, Universitas Negeri Semarang.

Wisuda B, 2008. Analisa sifat mekanik komposit epoksi dengan penguat serat aren (ijuk) model lamina berorientasi acak (random). Institut Teknologi Nasional Malang.

Yudhi wahyu bimawan, 2013. Pengaruh *variasi adhesive* terhadap karakteristik kekuatan mekanik komposit *cantula 3D-UPRs* dengan *core honeycomb kardus tipe c-flute*.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

(FOTO MAKRO SPESIMEN)

Adhesive versamid 140





Adhesive chloroprene





Adhesive yukalac BQTN-EX

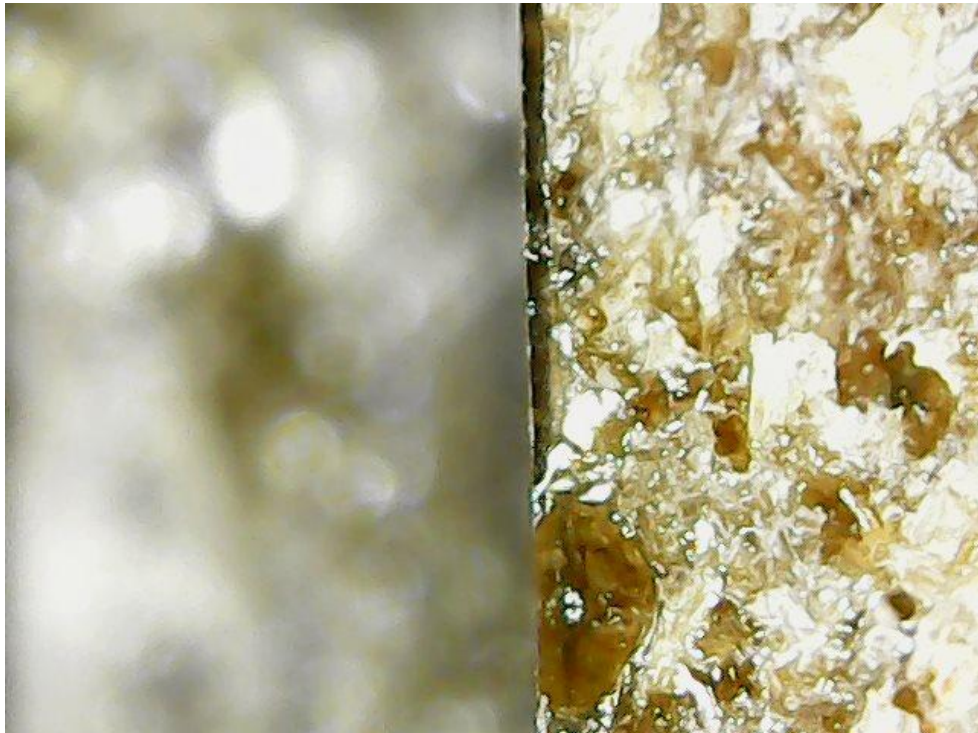




FOTO PATAHAN DARI SAMPING
Adhesive versamid 140



Adhesive Chloroprene



Adhesive yukalac BQTN-EX



LAMPIRAN 2

(GRAFIK PENGUJIAN *BENDING*)



Laboratorium Pengujian Bahan, Unit Pelaksana Teknis
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI ADISUTJIPTO (STTA)

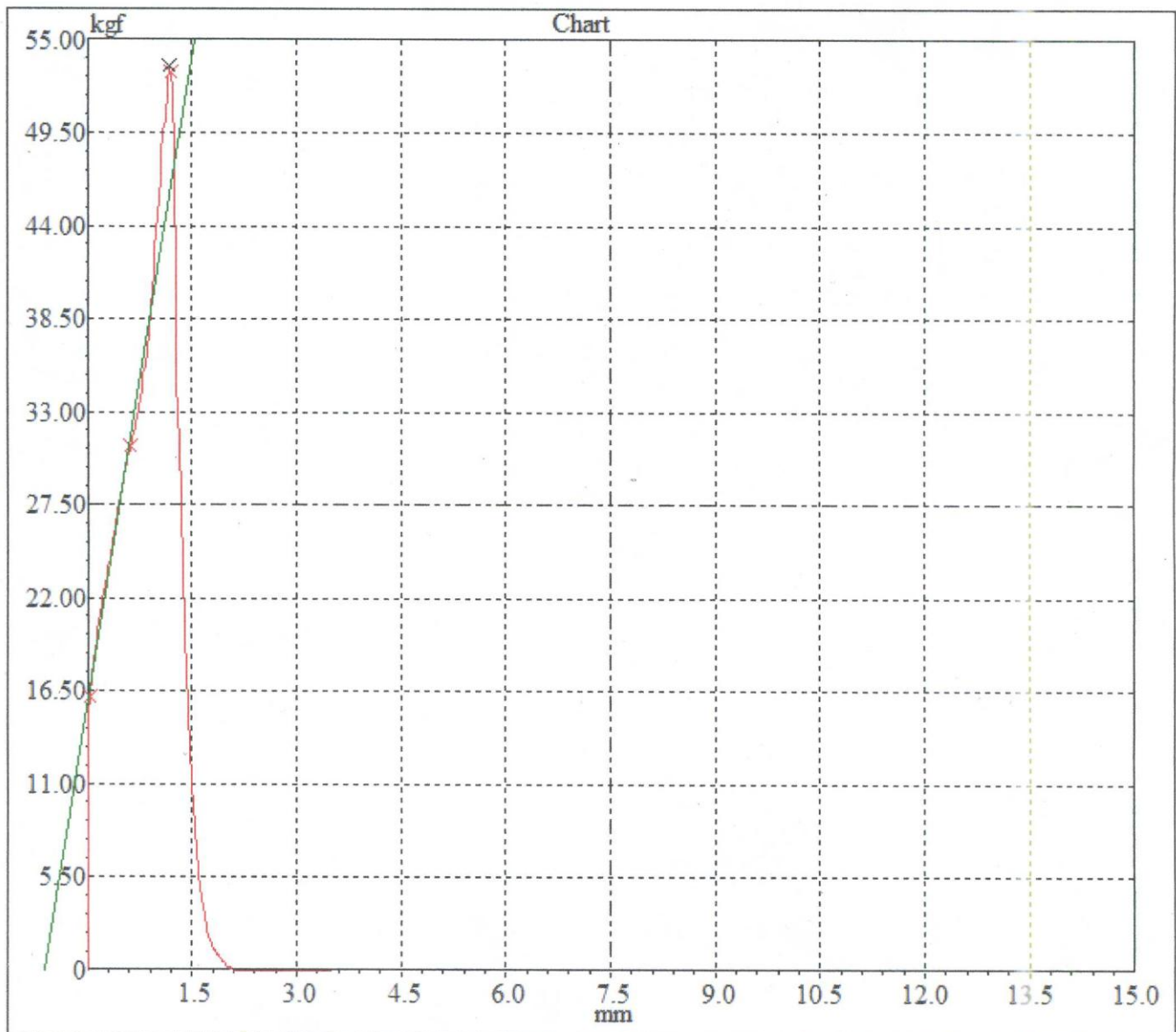
Jl. Janti Blok R Lanud Adisutjipto Yogyakarta
Telp. (0274) 451262 (Hunting) 451263 Fax (0274) 451265
Website : www.stta.ac.id, email : uptstta@stta.ac.id

Tanggal : 04-09-2019

Nama : Arif (14040045)

Speed : 1.000 mm/min

Test No.	Material	Max. Load kgf	Area mm ²	Yield point kgf/mm ²	Elastic modulus kN/m ²	Span mm
1	A 1	53.396	225.000	0.236	107051.067	100.000



Operator
Asisten/Laboran

Parno Hartanto

Mengetahui,
Ka. Lab Manufaktur & Dirgantara

Istyawan Priyahapsara, S.T, M. Eng.



Laboratorium Pengujian Bahan, Unit Pelaksana Teknis
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI ADISUTJIPTO (STTA)

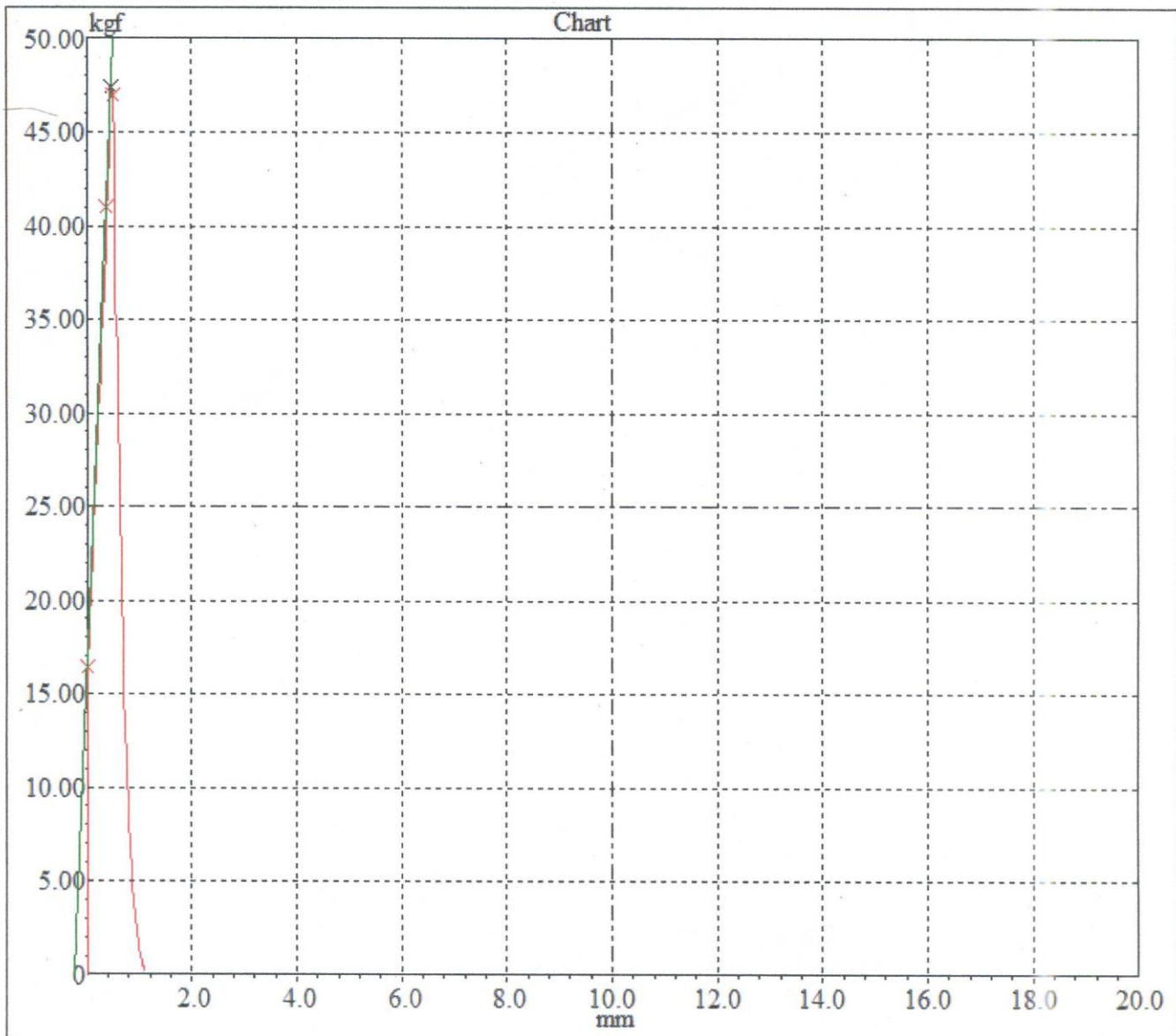
Jl. Janti Blok R Lanud Adisutjipto Yogyakarta
Telp. (0274) 451262 (Hunting) 451263 Fax (0274) 451265
Website : www.stta.ac.id, email : uptstta@stta.ac.id

Tanggal : 02-10-2019

Nama :

Speed : 1.000 mm/min

Test No.	Material	Max. Load kgf	Area mm ²	Yield point kgf/mm ²	Elastic modulus kN/m ²	Span mm
1	A	48.019	225.000	0.209	283321.306	100.000



Operator
Asisten/Laboran

Parno Hartanto

Mengetahui,

Ka. Lab Manufaktur & Dirgantara

Istyawan Priyahapsara, S.T., M. Eng.



Laboratorium Pengujian Bahan, Unit Pelaksana Teknis
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI ADISUTJIPTO (STTA)

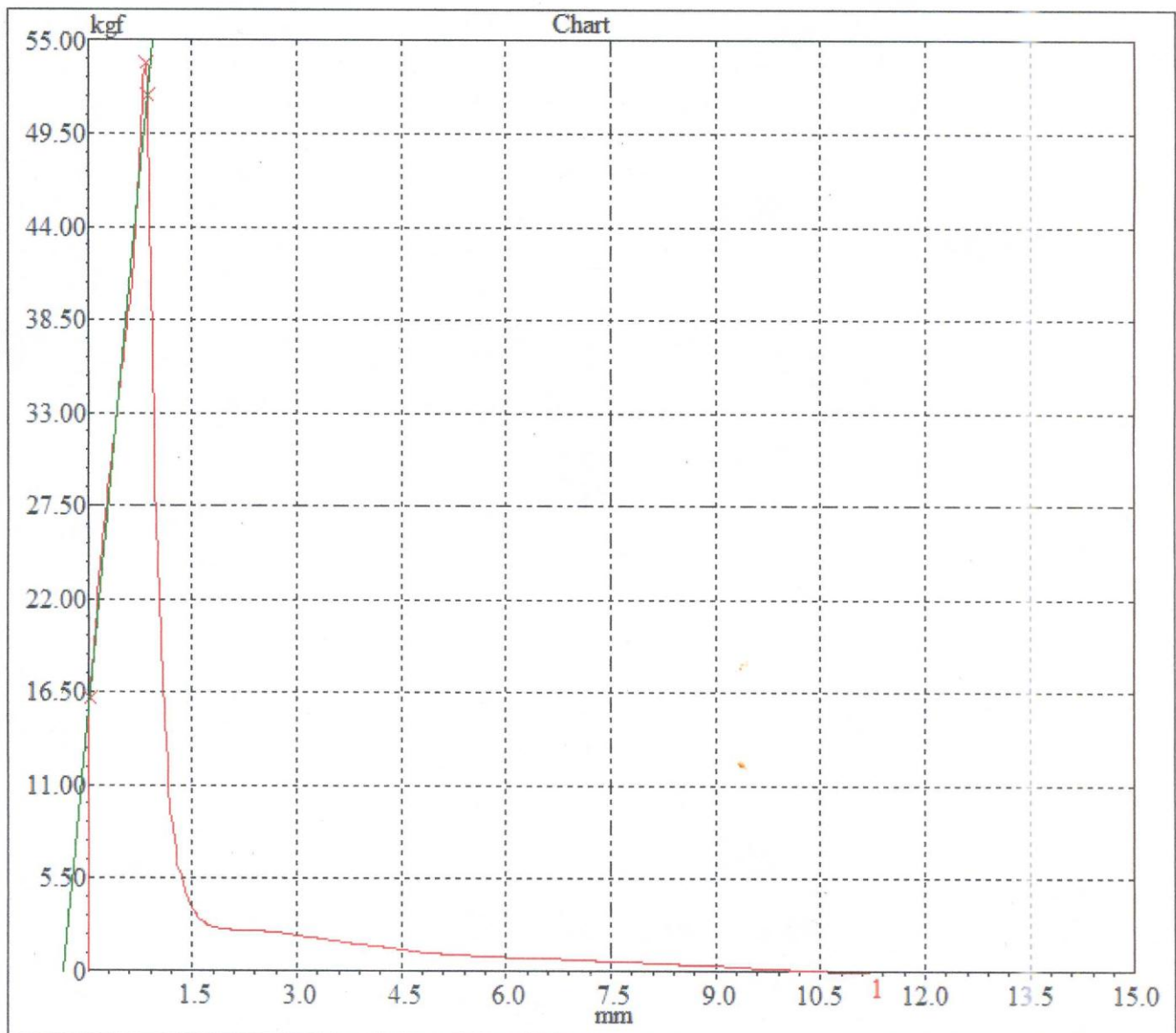
Jl. Janti Blok R Lanud Adisutjipto Yogyakarta
Telp. (0274) 451262 (Hunting) 451263 Fax (0274) 451265
Website : www.stta.ac.id, email : uptstta@stta.ac.id

Tanggal : 04-09-2019

Nama : Arif (14040045)

Speed : 1.000 mm/min

Test No.	Material	Max. Load kgf	Area mm ²	Yield point kgf/mm ²	Elastic modulus kN/m ²	Span mm
1	A 3	53.673	225.000	0.238	171331.837	100.000



Operator
Asisten/Laboran

Parno Hartanto

Mengetahui,
Ka. Lab. Manufaktur & Dirgantara

Istyawan Priyanapsara, S.T., M. Eng.



Laboratorium Pengujian Bahan, Unit Pelaksana Teknis
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI ADISUTJIPTO (STTA)

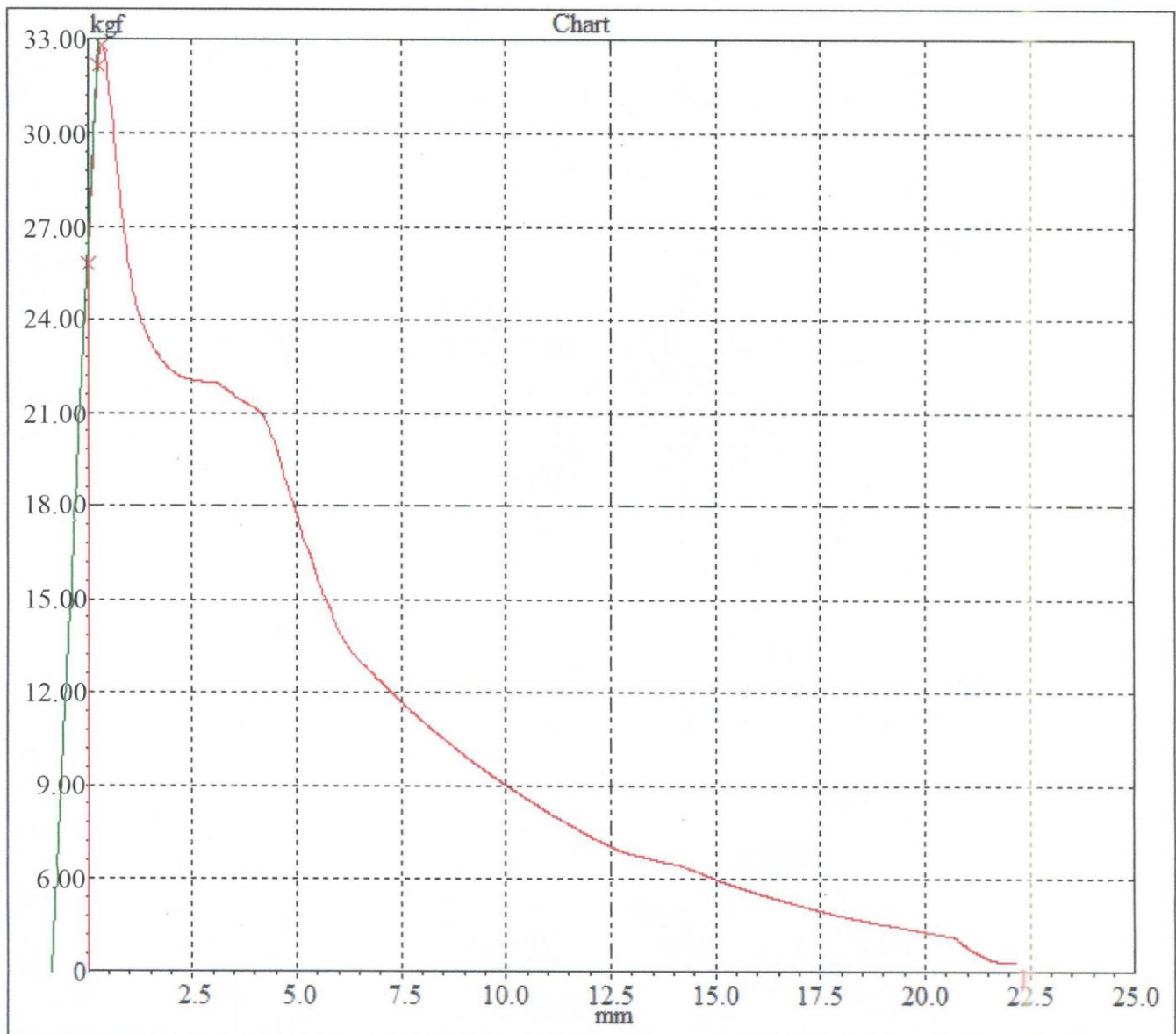
Jl. Janti Blok R Lanud Adisutjipto Yogyakarta
Telp. (0274) 451262 (Hunting) 451263 Fax (0274) 451265
Website : www.stta.ac.id, email : uptsta@stta.ac.id

Tanggal : 04-09-2019

Nama : Arif (14040045)

Speed : 1.000 mm/min

Test No.	Material	Max. Load kgf	Area mm ²	Yield point kgf/mm ²	Elastic modulus kN/m ²	Span mm
1	B 1	32.784	225.000	0.088	76233.717	100.000



Operator
Asisten/Laboran

Parno Hartanto

Mengetahui,
Ka. Lab Manufaktur & Dirgantara

Istyawan Priyadapsara, S.T., M. Eng.



Laboratorium Pengujian Bahan, Unit Pelaksana Teknis
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI ADISUTJIPTO (STTA)

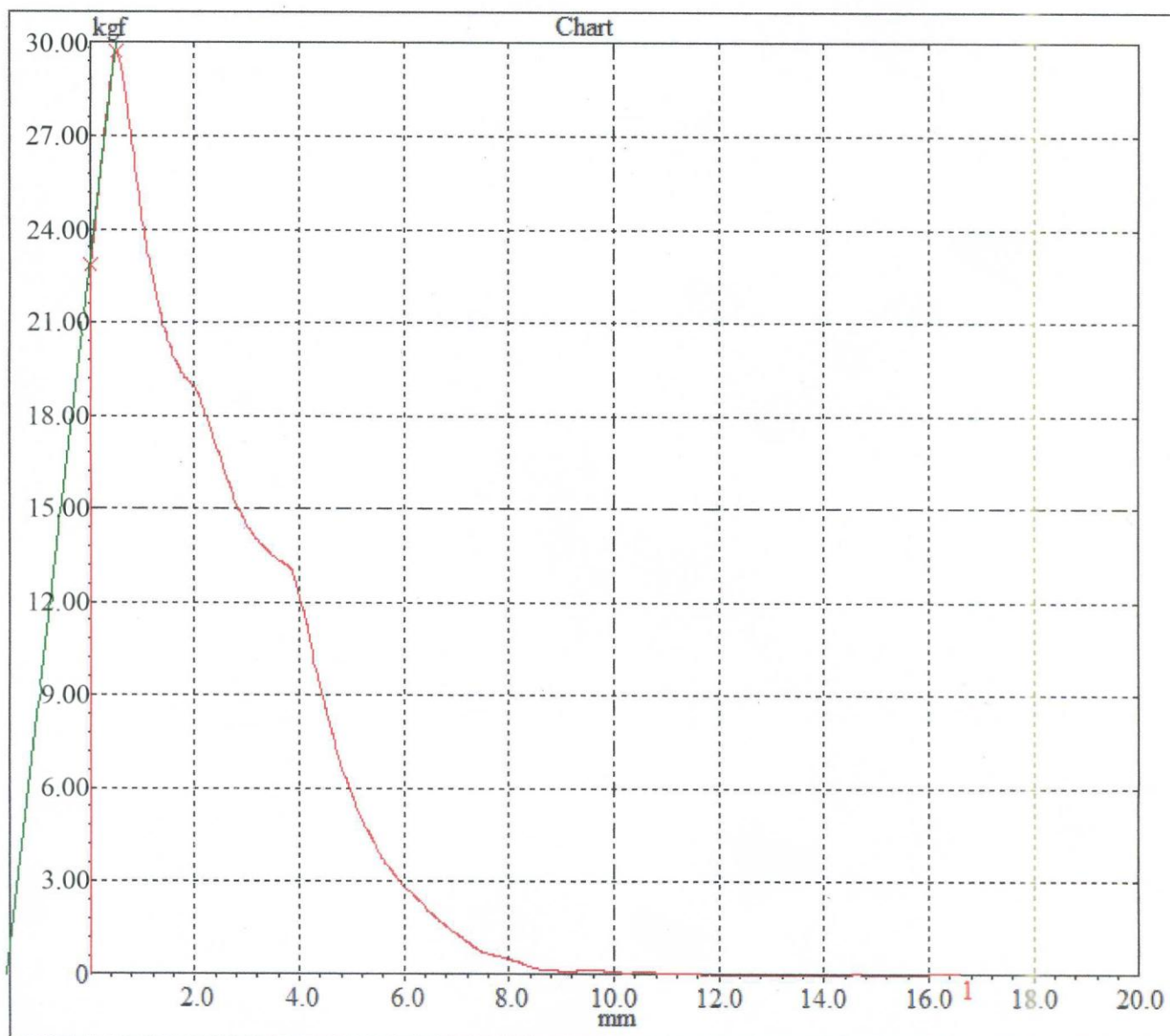
Jl. Janti Blok R Lanud Adisutjipto Yogyakarta
Telp. (0274) 451262 (Hunting) 451263 Fax (0274) 451265
Website : www.stta.ac.id, email : uptstta@stta.ac.id

Tanggal : 04-09-2019

Nama : Arif (14040045)

Speed : 1.000 mm/min

Test No.	Material	Max. Load kgf	Area mm ²	Yield point kgf/mm ²	Elastic modulus kN/m ²	Span mm
1	B 2	29.886	225.000	0.088	40339.993	100.000



Operator
Asisten/Laboran

Parno Hartanto

Mengetahui,
Ka. Lab Manufaktur & Dirgantara

Istyawan Priyadharsara, S.T., M. Eng.



Laboratorium Pengujian Bahan, Unit Pelaksana Teknis
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI ADISUTJIPTO (STTA)

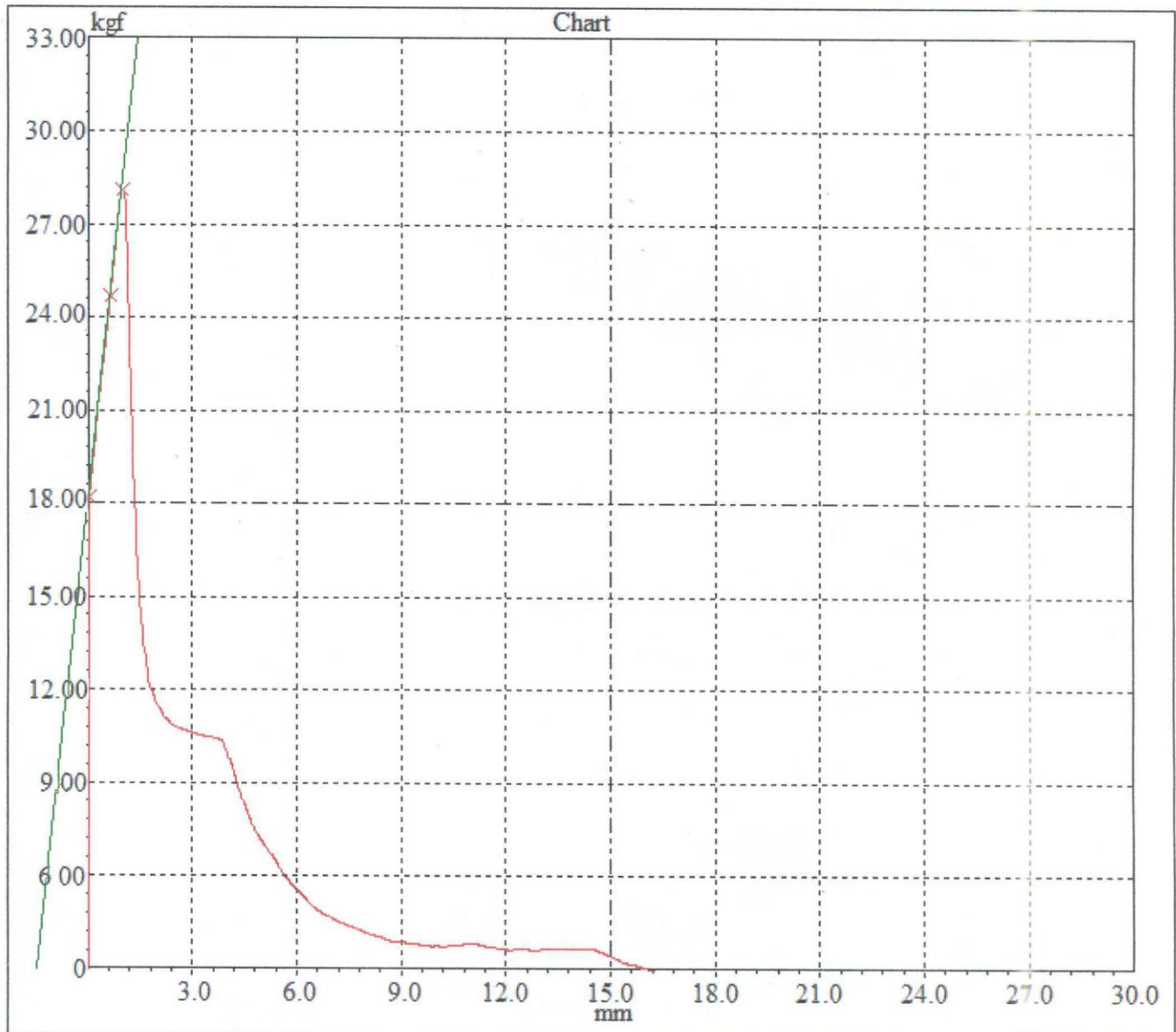
Jl. Janti Blok R Lanud Adisutjipto Yogyakarta
Telp. (0274) 451262 (Hunting) 451263 Fax (0274) 451265
Website : www.stta.ac.id, email : uptstta@stta.ac.id

Tanggal : 04-09-2019

Nama : Arif (14040045)

Speed : 1.000 mm/min

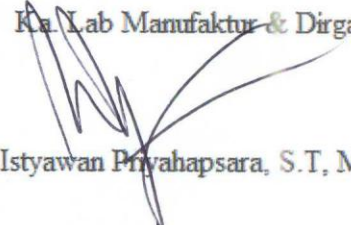
Test No.	Material	Max. Load kgf	Area mm ²	Yield point kgf/mm ²	Elastic modulus kN/m ²	Span mm
1	B 3	29.093	225.000	0.112	45964.507	100.000



Operator
Asisten/Laboran


Parno Hartanto

Mengetahui,
Ka. Lab Manufaktur & Dirgantara


Istyawan Priyahapsara, S.T, M. Eng.



Laboratorium Pengujian Bahan, Unit Pelaksana Teknis
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI ADISUTJIPTO (STTA)

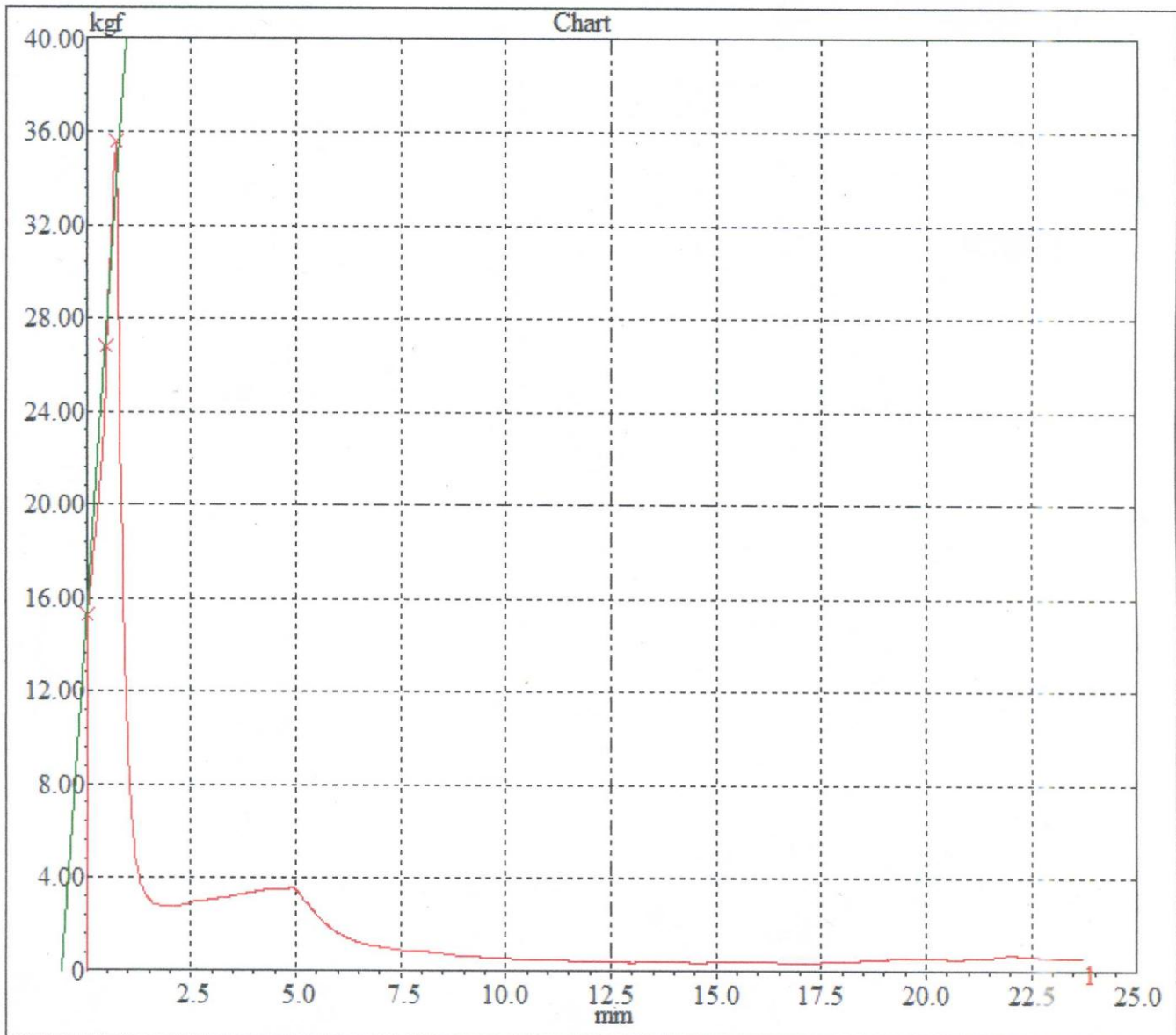
Jl. Janti Blok R Lanud Adisutjipto Yogyakarta
Telp. (0274) 451262 (Hunting) 451263 Fax (0274) 451265
Website : www.stta.ac.id, email : uptsta@stta.ac.id

Tanggal : 04-09-2019

Nama : Arif (14040045)

Speed : 1.000 mm/min

Test No.	Material	Max. Load kgf	Area mm ²	Yield point kgf/mm ²	Elastic modulus kN/m ²	Span mm
1	C 1	35.606	225.000	0.158	106820.693	100.000



Operator
Asisten/Laboran

Parno Hartanto

Mengetahui,
Ka. Lab Manufaktur & Dirgantara

Istyawan Priyahapsara, S.T, M. Eng.



Laboratorium Pengujian Bahan, Unit Pelaksana Teknis
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI ADISUTJIPTO (STTA)

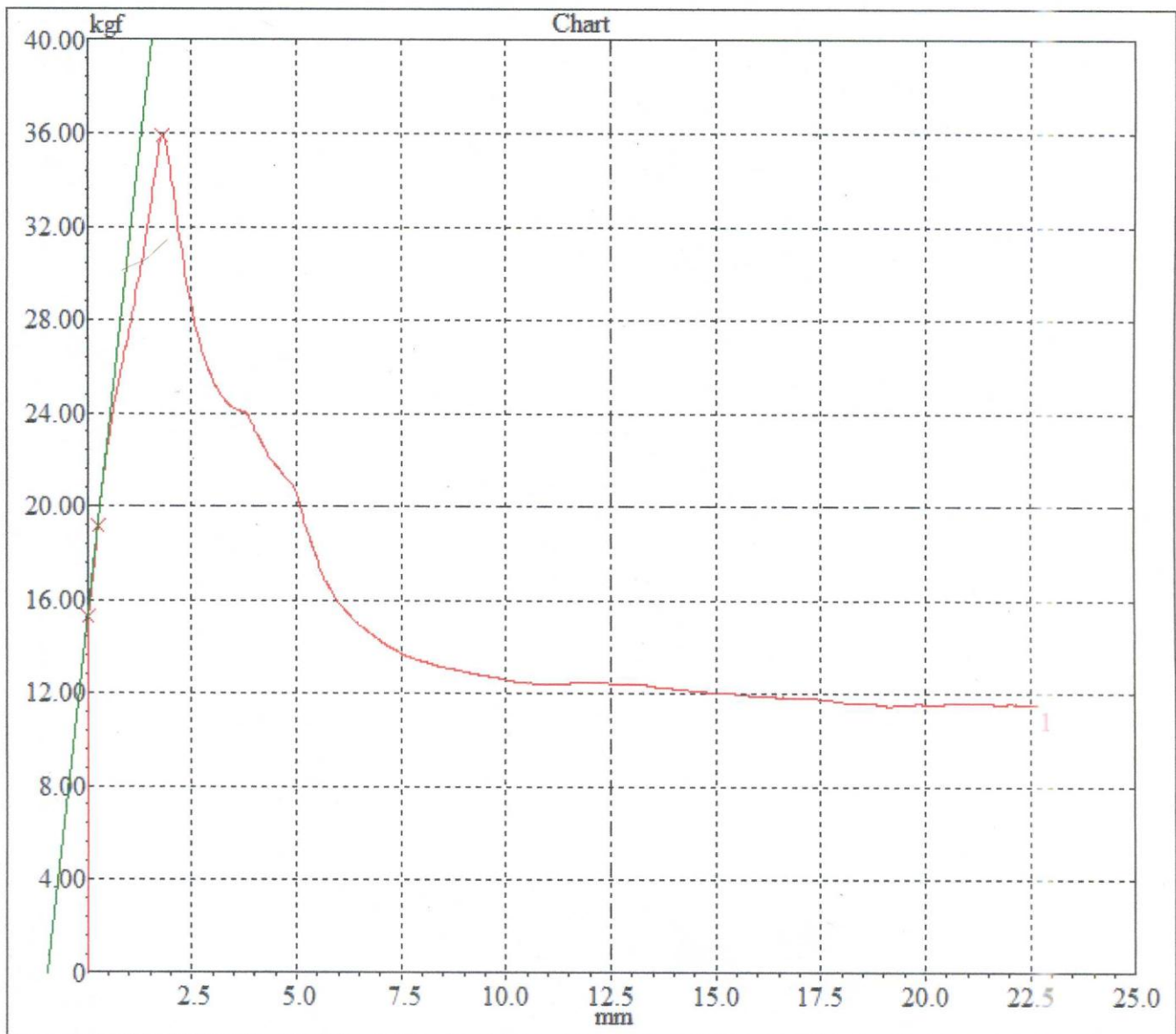
Jl. Janti Blok R Lanud Adisutjipto Yogyakarta
Telp. (0274) 451262 (Hunting) 451263 Fax (0274) 451265
Website : www.stta.ac.id, email : uptsta@stta.ac.id

Tanggal : 02-10-2019

Nama :

Speed : 1.000 mm/min

Test No.	Material	Max. Load kgf	Area mm ²	Yield point kgf/mm ²	Elastic modulus kN/m ²	Span mm
1	C	35.868	225.000	0.159	69812.986	100.000



Operator
Asisten/Laboran

Parno Hartanto

Mengetahui,
Ka. Dab. Manufaktur & Dirgantara

Istyawan Priyahapsara, S.T., M. Eng.



Laboratorium Pengujian Bahan, Unit Pelaksana Teknis
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI ADISUTJIPTO (STTA)

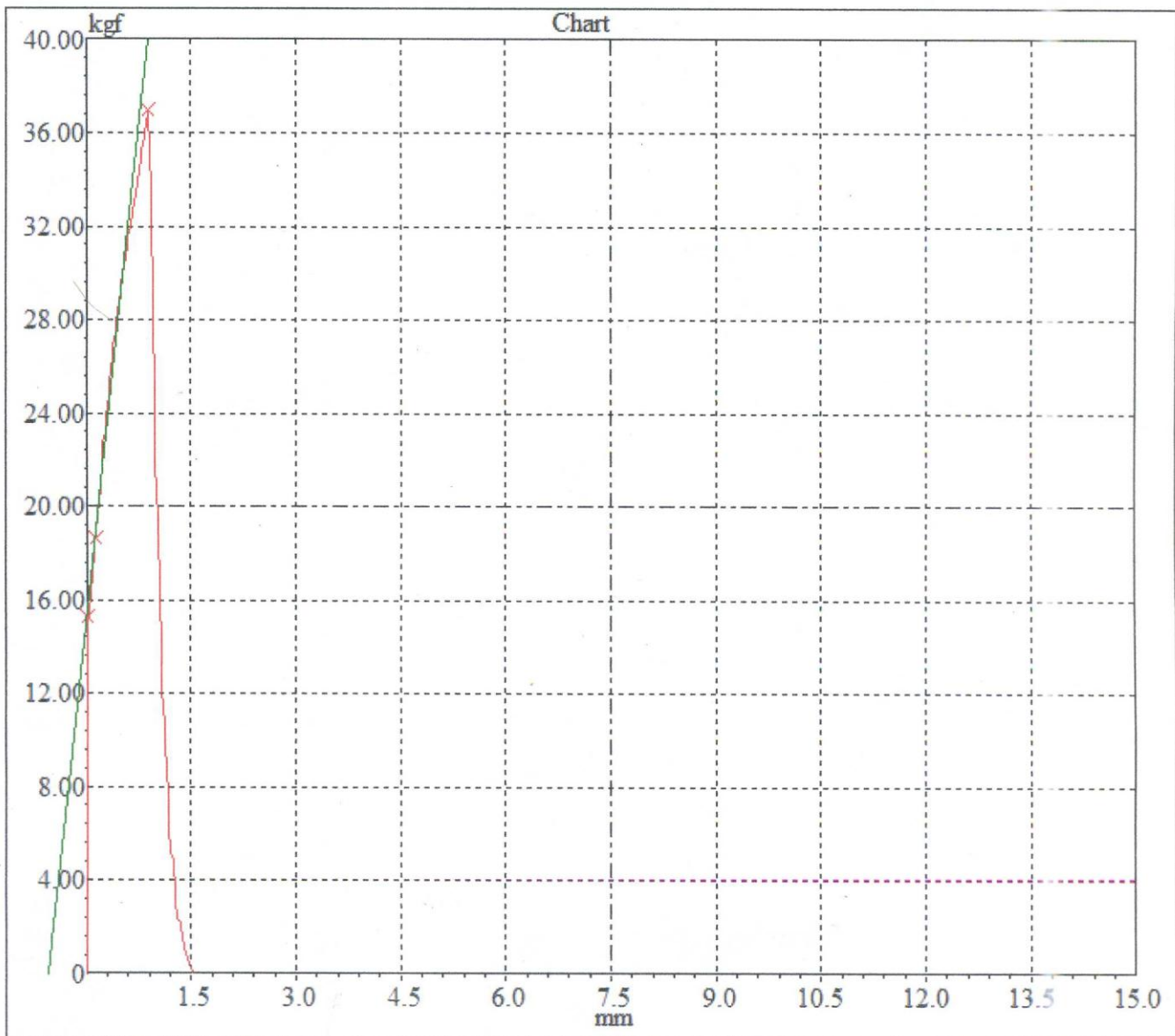
Jl. Janti Blok R Lanud Adisutjipto Yogyakarta
Telp. (0274) 451262 (Hunting) 451263 Fax (0274) 451265
Website : www.stta.ac.id, email : uptstta@stta.ac.id

Tanggal : 04-09-2019

Nama : Arif (14040045)

Speed : 1.000 mm/min

Test No.	Material	Max. Load kgf	Area mm ²	Yield point kgf/mm ²	Elastic modulus kN/m ²	Span mm
1	C 3	36.956	225.000	0.164	130215.400	100.000



Operator
Asisten/Laboran

Parno Hartanto

Mengetahui,
Ka. Lab Manufaktur & Dirgantara

Istyawan Priyanapsara, S.T, M. Eng.

LAMPIRAN 3

(TABEL HASIL PENGUJIAN *BENDING*)

Spesimen	Variasi bahan adhesive		
	Versamid 140	Yukalac BQTN-EX	Cloroprene

Gaya maksimum (kgf)	1	53.396 kgf	35.606 kgf	29.886 kgf
	2	48.019 kgf	35.868 kgf	32.784 kgf
	3	53.673 kgf	36.956 kgf	29.093 kgf
Rata-rata		51.696 kgf	36.143 kgf	30.587 kgf

Contoh perhitungan pengujian *bending* pada *adhesive* versamid 140

- Spesimen A1
 - P = 53.396 kgf
 - = 53.396 kgf × 9.80665 N/kgf
 - = 523.63 N
 - L = 100 mm
 - b = 15 mm
 - h = 14 mm

➤ Perhitungan *bending* (S)

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times h^2} \\
 &= \frac{3 \times 523,63 \times 100 \text{ mm}}{2 \times 15 \text{ mm} \times 14 \text{ mm}^2} \\
 &= \frac{157,089 \text{ N}}{5880 \text{ mm}^2} \\
 &= 26,71 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}
 \end{aligned}$$