

**PENGARUH ORIENTASI SUDUT ANYAMAN SERAT ALAM
TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT POLIESTER**

**SKRIPSI
Konsentrasi Teknik Produksi**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**HENRY SETIAWAN
NIM. 0610623031-62**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2010**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH ORIENTASI SUDUT SERAT ALAM TERHADAP
KEKUATAN TARIK KOMPOSIT POLIESTER**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:
HENRY SETIAWAN
NIM. 0610623031-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc, CSE.
NIP. 19670923 199303 1 002

Ir. Endi Sutikno, MT.
NIP. 19590411 198710 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH ORIENTASI SUDUT SERAT ALAM TERHADAP
KEKUATAN TARIK KOMPOSIT POLIESTER**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

**HENRY SETIAWAN
NIM. 0610623031-62**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 15 Desember 2010

Skripsi I

Skripsi II

Ir. Saifuddin Baedowie
NIP. 19460703 197009 1 001

Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng., Ph.D.
NIP. 19590703 198303 1 002

Komprehensif

Dr. Ir. Achmad As'ad Sonief, MT
NIP. 19591128 198710 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.
NIP. 19720903 199702 1 001

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmaanirrohiim

Alhamdulillah, segala puji hanya milik Allah SWT. Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat rahmat-NYA penyusunan skripsi dengan judul "Pengaruh Orientasi Sudut Anyaman Serat Alam Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Poliester" ini dapat terselesaikan dengan baik guna memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada Bunda dan Ayah serta adikku tercinta, atas semangat, segala kasih sayang, pengorbanan, doa, dan hal lain yang tak terhitung dengan apapun didunia ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan tak lepas dari bantuan, petunjuk dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini, yaitu:

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
2. Bapak Dr. Eng. Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
3. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc, CSE., selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Teknik Produksi.
4. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc, CSE., selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan, petunjuk dan saran dalam penyusunan skripsi ini,
5. Bapak Ir. Endi Sutikno, MT., selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, petunjuk dan saran dalam penyusunan skripsi ini,
6. Bapak Sugiarto, ST. MT., selaku Dosen Wali,
7. Kedua orang tua penulis beserta keluarga atas doa dan dukungannya,
8. Keluarga Besar Mahasiswa Mesin Universitas Brawijaya khususnya angkatan 2006 yang secara langsung maupun tidak langsung membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, rampage,
9. Teman-teman Kendal-Motor, Andra, Andri, Arief, Hemo, Dekri, Toto, Navi, Anton, Andi dan lain lain, trims atas berbagi suka dukanya.

10. Keluarga besar LABKOM, Mas yudis, Mas tatas, Mas Indra dan lain lain, Terima kasih semuanya

11. Serta semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini, yang tidak memungkinkan penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan skripsi ini masih sangat jauh dari sempurna, maka dari itu penulis sangat mengharapkan masukan, saran dan kritik dari berbagai pihak. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan juga bagi pembaca pada umumnya. Tidak ada yang sempurna dalam setiap karya manusia, tapi justru itulah yang membuat manusia berpikir untuk menghasilkan karya yang lebih baik.

Malang, 15 Desember 2010

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR SIMBOL	x
RINGKASAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	4
2.2 Pengertian MaterialKomposit.....	4
2.2.1. Komposit Serat(<i>Fiber Composite</i>).....	5
2.2.2. Serat yang Danyam (<i>Woven Fibres</i>).....	5
2.2.3. Bentuk Anyaman	6
2.3 Matrik.....	7
2.3.1. Polimer Termoset	8
2.3.2. Katalis MEKPO	9
2.4 Serat Pengisi (<i>Filler</i>)	9
2.4.1. Serat Pengisi Organik (<i>Natural Fiber</i>)	9
2.4.2. Serat Rami	10
2.4.3. Serat Abaka	11
2.5 Ikatan Mekanik Pada Komposit (<i>Mechanical Bonding</i>).....	12
2.6 Metode <i>Hand Lay-Up</i>	12
2.7 Fraksi Volume.....	13



2.8	Sifat-Sifat Komposit	14
2.8.1.	Deformasi Elastis	15
2.8.2.	Kekuatan Tarik Longitudinal Komposit	17
2.9	Rotasi Sumbu Komposit	18
2.10	Uji Kecukupan Data	22
2.11	Hipotesis	22

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 23

3.1	Metode Penelitian	23
3.2	Variabel Penelitian	23
3.3	Alat dan Bahan yang Digunakan	24
3.3.1.	Alat yang Digunakan	24
3.3.2.	Bahan yang Digunakan	26
3.4	Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.5	Prosedur Penelitian	26
3.6	Metode Pengujian Kekuatan Tarik Komposit	27
3.6.1.	Prosedur Pengujian	28
3.7	Rancangan Penelitian	28
3.8	Perhitungan Uji Kecukupan Data	29
3.9	Analisa Statistik	29
3.9.1.	Analisis Varian Satu Arah	29
3.10	Diagram Alir Penelitian	32

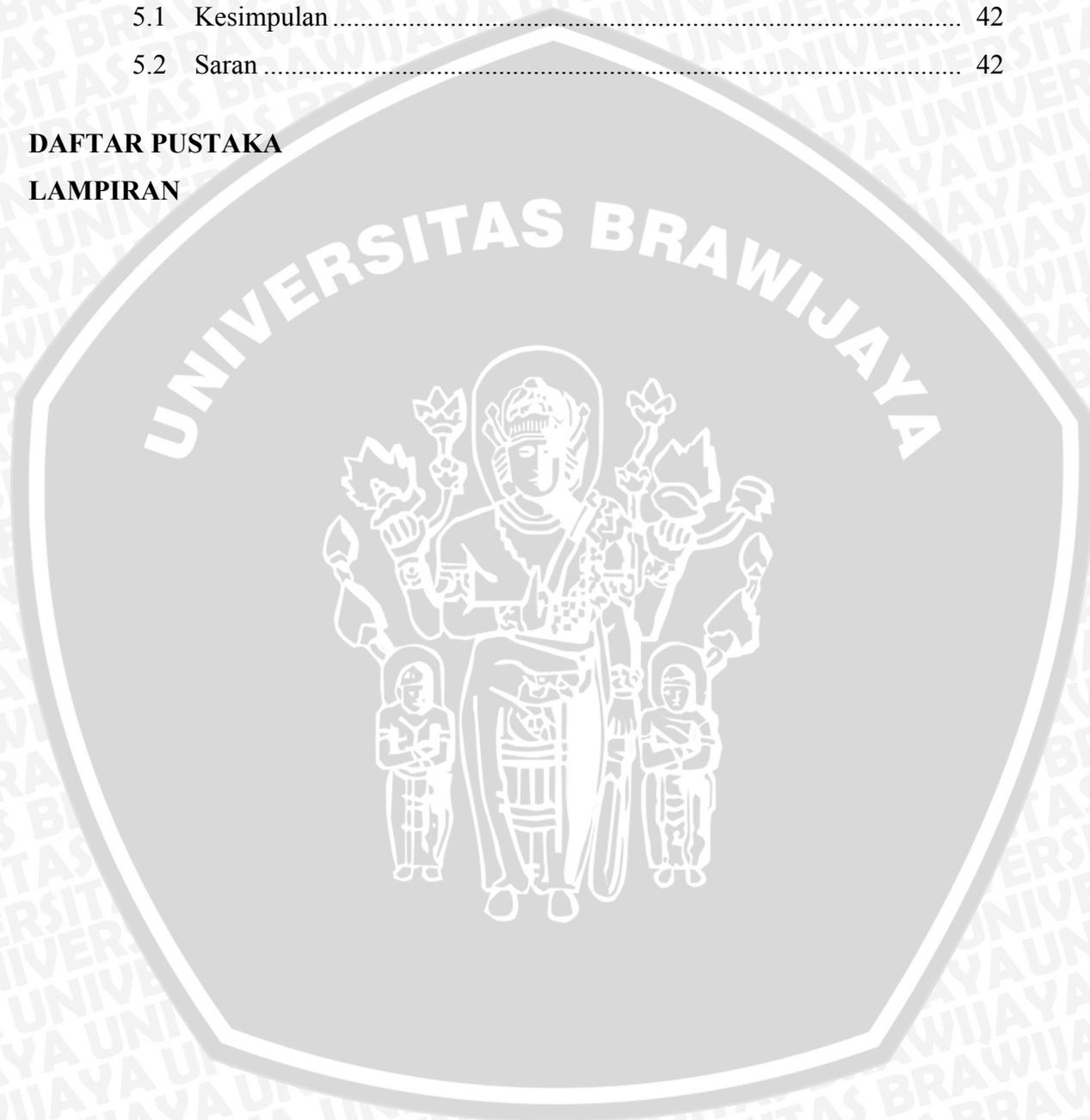
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 33

4.1	Data Hasil Penelitian	33
4.2	Analisis Statistik	33
4.2.1.	Analisis Varian (Anova)	33
4.3	Pembahasan	36
4.3.1.	Analisis Hubungan Orientasi Sudut Terhadap Kekuatan Tarik pada Metode Penyusunan SR/SA	36
4.3.2.	Analisis Hubungan Orientasi Sudut Terhadap Kekuatan Tarik pada Metode Penyusunan SA/SR	37
4.3.3.	Analisis Hubungan antara Orientasi Sudut dan Metode Penyusunan Serat Terhadap Kekuatan Tarik	38

4.4	Foto Spesimen Uji Tarik Komposit Poliester	40
4.4.1.	Foto Spesimen dengan Metode Penyusunan SR/SA.....	40
4.4.2.	Foto Spesimen dengan Metode Penyusunan SA/SR.....	41
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1	Kesimpulan	42
5.2	Saran	42

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Sifat-Sifat Serat Rami, Abaka, Flax, dan Kapas	10
Tabel 3.1.	Dimensi Spesimen Pengujian Kekuatan Tarik	27
Tabel 3.2.	Tabel Rancangan Penelitian	28
Tabel 3.3.	Analisis Varian Satu Arah	30
Tabel 4.1.	Tabel Hasil Pengujian Kekuatan Tarik	33
Tabel 4.2.	Tabel pengolahan data pengujian hipotesis pengaruh sudut peletakan anyaman serat dan penempatan anyaman terhadap kekuatan tarik	34
Tabel 4.3.	Tabel analisis varian pengaruh orientasi sudut peletakan anyaman serat dan orientasi penempatan anyaman serat terhadap kekuatan tarik	35



DAFTAR GAMBAR

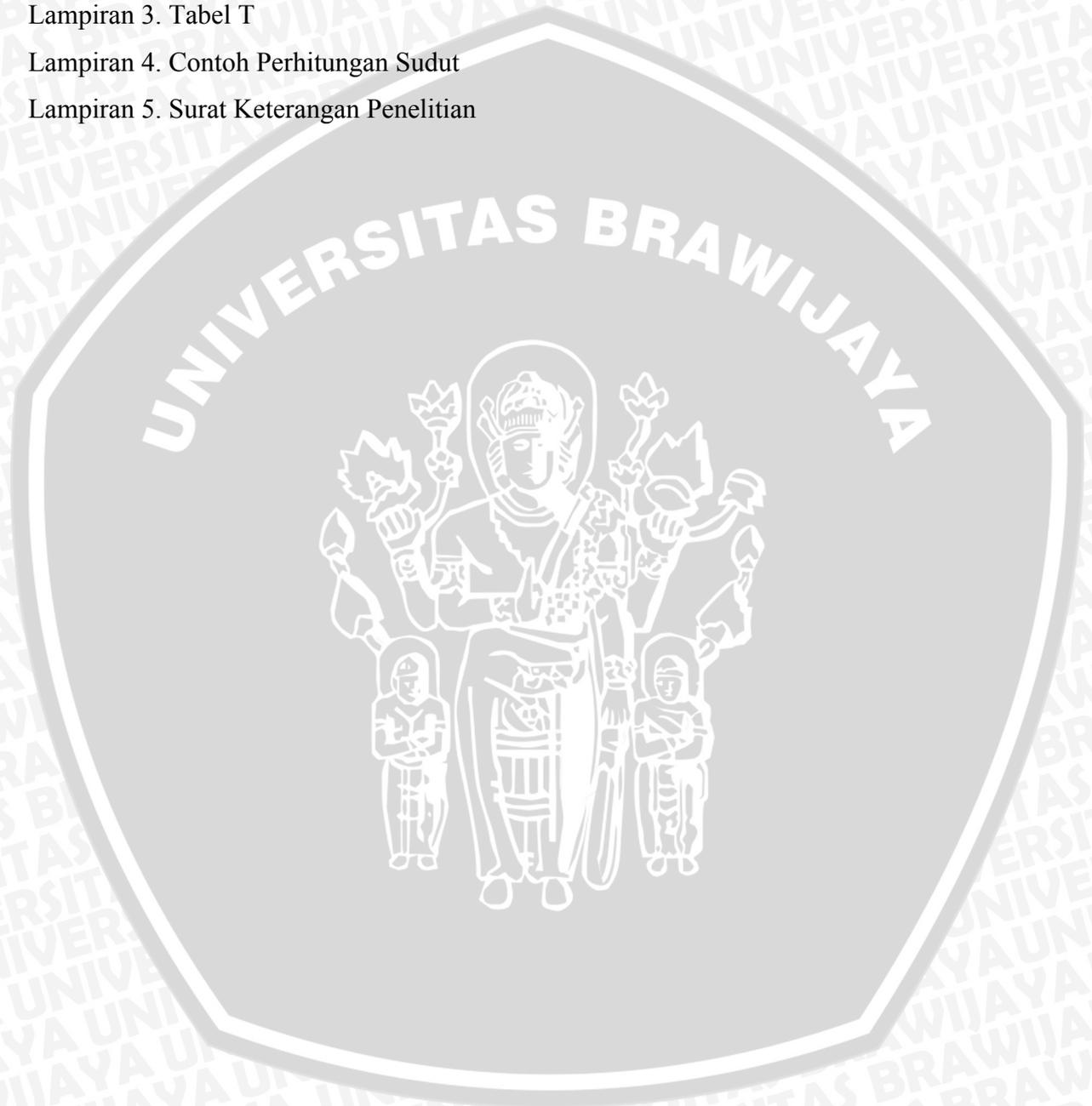
No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Dua jenis penempatan serat pada lamina (a) Serat Searah Kontinyu, dan (b) Serat yang Dianyam	6
Gambar 2.2	<i>Plain Weave pattern</i>	7
Gambar 2.3	Tanaman Rami	11
Gambar 2.4	Tanaman Abaka	12
Gambar 2.5	<i>Mechanical bonding</i>	12
Gambar 2.6	<i>Hand lay-up</i>	13
Gambar 2.7	Tegangan – regangan matrik, komposit dan <i>filler (fiber)</i>	15
Gambar 2.8	Efek pada poisson's ratio	16
Gambar 2.9	Rotasi sumbu pada komposit	18
Gambar 2.10	Rotasi sumbu pada bidang	18
Gambar 2.11	Elemen pada arah n-m dengan orientasi pada θ terhadap sumbu y	19
Gambar 2.12	Elemen pada arah n-m dengan orientasi pada θ terhadap sumbu x	19
Gambar 3.1	Alat uji tarik	24
Gambar 3.2	Cetakan spesimen uji tarik	23
Gambar 3.3	Ilustrasi peletakan serat dengan orientasi berturut-turut $0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	26
Gambar 3.4	Penempatan serat pada <i>weft</i> dan <i>warp</i> pada sudut 0°	27
Gambar 3.5	Spesimen pengujian kekuatan tarik	28
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Orientasi Sudut terhadap Kekuatan Tarik pada Metode Penyusunan anyaman SR/SA	36
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Orientasi Sudut terhadap Kekuatan Tarik pada Metode Penyusunan anyaman SA/SR	37
Gambar 4.3	Grafik Pengaruh Orientasi Sudut terhadap Kekuatan Tarik pada Metode penyusunan anyaman SR/SA dan SA/SR	38
Gambar 4.4	Spesimen dengan orientasi sudut 0° dengan metode penyusunan SR/SA setelah diuji tarik	40

Gambar 4.5	Spesimen dengan orientasi sudut 10° dengan metode penyusunan SR/SA setelah diuji tarik	40
Gambar 4.6	Spesimen dengan orientasi sudut 20° dengan metode penyusunan SR/SA setelah diuji tarik	40
Gambar 4.7	Spesimen dengan orientasi sudut 30° dengan metode penyusunan SR/SA setelah diuji tarik	41
Gambar 4.8	Spesimen dengan orientasi sudut 0° dengan metode penyusunan SA/SR setelah diuji tarik	41
Gambar 4.9	Spesimen dengan orientasi sudut 10° dengan metode penyusunan SA/SR setelah diuji tarik	41
Gambar 4.10	Spesimen dengan orientasi sudut 20° dengan metode penyusunan SA/SR setelah diuji tarik	42
Gambar 4.11	Spesimen dengan orientasi sudut 30° dengan metode penyusunan SA/SR setelah diuji tarik	42



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1.	Hasil pengujian di Laboratorium Metalurgi/ Pengujian Bahan
Lampiran 2.	Tabel F
Lampiran 3.	Tabel T
Lampiran 4.	Contoh Perhitungan Sudut
Lampiran 5.	Surat Keterangan Penelitian



DAFTAR SIMBOL

Besaran Dasar	Satuan dan Singkatannya	Simbol
Gaya	Newton atau N	F
Panjang	Meter atau m	l
Tegangan	Pascal atau Pa (N/m^2)	p



RINGKASAN

Henry Setiawan ; 2010 ; *Pengaruh Orientasi Sudut Anyaman Serat Alam Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Poliester*; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya ; Dosen Pembimbing : Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc, CSE., dan Ir. Endi Sutikno, MT.

Orientasi sudut serat dan fraksi volume memiliki peranan penting dalam menentukan sifat mekanik dari sebuah material komposit. Penggunaan material komposit pun sudah banyak diaplikasikan pada industri-industri. Selain itu, diharapkan metode penyusunan serat dapat memberikan nilai positif pada material komposit, dikarenakan dengan penggunaan serat yang bervariasi maka akan menambah sifat khusus pada material komposit. Dengan fraksi volume serat yang sama, peneliti ingin mengetahui apakah dengan metode penyusunan serat yang divariasikan pada pola anyaman *plain weave woven* dengan orientasi sudut tertentu mampu meningkatkan kekuatan tarik dari material komposit.

Pada penelitian ini sendiri menggunakan serat rami dengan serat abaka bermatrik *polyester yukalac 157 BQTN* dengan katalis MEKPO 2% dengan metode penyusunan serat rami sebagai *warp*, abaka sebagai *weft* (SR/SA), dan abaka sebagai *warp*, rami sebagai *weft* (SA/SR) dengan fraksi volume 35%. Spesimen uji yang dibuat diuji tarik dengan perulangan masing-masing sebanyak tiga kali.

Kekuatan tarik tertinggi pada orientasi sudut 0° sebesar $78,043 \text{ MN/m}^2$ untuk metode penyusunan SR/SA dan $66,04 \text{ MN/m}^2$ untuk metode penyusunan SA/SR, dan kekuatan tarik terkecil pada orientasi sudut 20° sebesar $39,34 \text{ MN/m}^2$ untuk untuk metode penyusunan SR/SA dan $38,123 \text{ MN/m}^2$ untuk metode penyusunan SA/SR.

Kata kunci : komposit, serat rami, serat abaka, poliester, orientasi sudut, anyaman.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan dunia industri sekarang ini, penggunaan plastik semakin meningkat tiap tahunnya. Plastik digunakan karena memiliki sifat mekanik yang menyerupai sifat logam dengan nilai tambah seperti anti karat, berat yang ringan, dan dapat diproduksi dengan harga yang relatif murah (Schwartz,1996:5). Kebutuhan karakteristik plastik yang sesuai mengharuskan adanya modifikasi dalam proses pembuatannya. Salah satunya dengan cara menggabungkan material plastik dengan material yang lain, sehingga dihasilkan produk yang disebut material komposit.

Material komposit adalah material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang tetap terpisah dan berbeda pada level makroskopik ketika membentuk komponen tunggal. Bahan komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya berat yang lebih ringan, kekuatan yang lebih tinggi, tahan korosi. Komposit umumnya diperkuat oleh satu atau lebih serat yang disusun menjadi satu kesatuan.

Serat alami yang bisa digunakan menjadi *filler* (penguat) salah satunya adalah *Boehmeria nivea* (tanaman rami) dan serat *Abacca* (pisang manila) yang belakangan ini diteliti untuk pengganti serat *Kevlar* untuk rompi anti peluru, karena serat rami ini mempunyai modulus elastisitas yang sebanding dengan *Kevlar*. Tanaman Rami yang sudah ada sejak jaman Jepang pada waktu Perang Dunia II, adalah tanaman tahunan yang berbentuk rumpun mudah tumbuh dan dikembangkan di daerah tropis, tahan terhadap penyakit dan hama. Tanaman rami yang dikenal dengan nama latin *Boehmeria nivea* (L) Goud merupakan tanaman tahunan berbentuk rumpun yang dapat menghasilkan serat alam nabati dari pita (*ribbons*) pada kulit kayunya yang sangat keras dan mengkilap. Tanaman pisang manila yang bernama latin *Musa Textilis* ini banyak ditemukan di kepulauan Mindanau dan dibudidayakan di Sumatera, Jawa, dan Sulawesi. Serat ini tidak menghasilkan buah dan memang ditujukan untuk diambil seratnya. Salah satu sifat dari serat ini adalah kuat dan tahan terhadap air laut sehingga banyak digunakan untuk tali-temali dan bahan tali penambat kapal, selain itu serat ini juga dimanfaatkan sebagai bahan baku kerajinan tangan (Wikipedia,2010).

Pembudidayaan serat alam banyak diupayakan oleh pemerintah, salah satunya pendirian instansi atau balai penelitian serat (Balittas) yang meneliti bermacam-macam serat alam sebagai alternatif serat yang dapat digunakan menjadi bahan komposit.

Metode anyaman Plain Weave Woven pada umumnya digunakan pada fabrikasi pakaian dan sudah umum digunakan karena terkenal kuat dan tangguh. Dalam tenunan ini bagian lungsin (*warp*) dan pakan (*weft*) tersusun secara selaras sehingga membentuk pola silang menyilang yang sederhana (Wikipedia,2010).

Pamungkas, T. (2010) meneliti tentang pengaruh orientasi sudut dan jumlah lapisan serat *e-glass* terhadap kekuatan tarik komposit *polyester*. Spesimen uji yang digunakan ada dua macam, yaitu spesimen dengan satu lapisan serat dan dua lapisan serat dengan orientasi sudut 0° , 30° , 45° , 60° , dengan ASTM D638-97. Dari pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa jumlah lapisan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan tarik komposit *e-glass*, dan dengan orientasi yang mendekati tegak lurus terhadap pembebanan mengakibatkan kekuatan tarik yang cenderung menurun.

Pengaruh orientasi sudut tersebut belum diterapkan pada serat alam dan berbentuk anyaman, serat rami dan pisang manila (*abaca*) yang termasuk serat alam dengan *tensile strength* yang termasuk tinggi untuk serat alami dirasa cukup penting untuk dilakukan penelitian lebih lanjut. Orientasi peletakan serat pun memiliki peranan penting terhadap distribusi gaya yang bekerja pada material, sehingga perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh apabila serat-serat alam tersebut dikombinasikan dengan metode anyaman *Plain Weave Woven* pada serat yang akan digunakan sebagai bahan *filler* komposit. Sehingga pemanfaatan serat alam tersebut dapat digunakan untuk bermacam-macam aplikasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut: “ Bagaimana pengaruh orientasi sudut anyaman serat alam terhadap kekuatan tarik komposit poliester ”

1.3 Batasan Masalah

Untuk mencegah pokok bahasan yang lebih meluas , maka diberikan batasan–batasan masalah sebagai berikut :

1. Matrik yang digunakan adalah jenis *polyester* Yukalac 157 BQTN dengan katalis jenis MEKPO.
2. Serat penguat (*filler*) yang dipakai adalah serat *Boehmeria nivea* dan serat *Abacca* dengan persentase volume total 35%.

3. Tidak membahas pengaruh *additive* selain *filler* yang ditambahkan.
4. Proses yang digunakan adalah proses pelapisan *hand lay up*.
5. Metode anyaman yang digunakan adalah metode *Plain Weave Woven*.
6. Penempatan dengan metode *Plain Weave Woven* divariasikan menggunakan serat rami sebagai lungsin dan serat abaka sebagai pakan, serta serat abaka sebagai lungsin dan serat rami sebagai pakan.
7. Besarnya serat dikondisikan homogen.
8. Presentase volume katalis yang digunakan adalah sebanyak 2%.

1.4 Tujuan Penelitian

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh orientasi sudut anyaman serat alam terhadap kekuatan tarik komposit poliester.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi peneliti adalah untuk menambah pengetahuan, wawasan dan pengalaman tentang material komposit.
2. Penggunaan serat alam yang dapat memberikan nilai guna yang lebih dengan menjadikannya bahan baku material yang baru.
3. Bagi universitas, penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi tambahan untuk penelitian tentang komposit laminat dalam hal penggunaan macam-macam serat alam.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Diputra, E. (2008) meneliti *pengaruh arah anyaman fiberglass terhadap kekuatan tarik dan lentur komposit plastik polypropylene pada proses injeksi*. Spesimen uji yang dipakai adalah $[0^\circ/45^\circ]$, $[0^\circ/90^\circ]$, $[45^\circ/135^\circ]$ dan fraksi volume 20% dengan ASTM D638-97. Dari hasil penelitian yang dilakukan ternyata arah anyaman $[45^\circ/135^\circ]$ memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi dengan $60,684 \text{ MN/m}^2$ dan $[0^\circ/45^\circ]$ memiliki nilai terendah dengan $54,274 \text{ MN/m}^2$.

Suryansyah, H.A. (2004) meneliti *pengaruh fraksi volume serat tunggal enceng gondok dan serat tunggal e-glass terhadap kekuatan tarik dan impak komposit polyester*. Spesimen uji yang dipakai sebanyak dua macam, yaitu spesimen dengan penguat serat *e-glass* dengan fraksi volume 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, dan specimen dengan penguat serat enceng gondok dengan fraksi volume 15%, 20%, 25%, 30%, 35%. Dari pengujian yang dilaksanakan didapat nilai tertinggi kekuatan tarik dicapai oleh specimen berpenguat serat *e-glass* dengan fraksi volume 35% sebesar $325,2177 \text{ MN/m}^2$.

Pamungkas, T. (2010) meneliti *pengaruh orientasi sudut dan jumlah lapisan serat e-glass terhadap kekuatan tarik komposit laminat polyester*. Spesimen uji yang dipakai adalah spesimen dengan orientasi sudut $0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, \text{ dan } 60^\circ$, dan jumlah lapisan serat yang digunakan adalah satu lapis dan dua lapis serat, fraksi volume serat 35% dan ASTM D638-97. Dari hasil penelitian yang dilakukan ternyata orientasi sudut serat yang mendekati 0° terhadap beban tarik atau searah terhadap beban tarik, maka akan menghasilkan kekuatan tarik yang tinggi. Jika orientasi sudut semakin mendekati sudut 90° terhadap beban tarik atau tegak lurus terhadap beban tarik, maka akan menghasilkan kekuatan tarik yang rendah, dan pada volume serat yang sama, distribusi serat ternyata tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan tarik. Sehingga jumlah lapis tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan tarik.

2.2 Pengertian Material Komposit

Matthews (1994:1) menyatakan bahwa komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, yang mana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai

sifat mekanik yang berbeda dari material pembentuknya. Kita dapat leluasa merencanakan kekuatan material komposit yang kita inginkan dengan mengatur komposisi dari material pembentuknya. Komposit merupakan rangkaian dua atau lebih bahan yang digabung menjadi satu bahan secara mikroskopis sehingga bahan pembentuknya masih terlihat seperti aslinya dan memiliki hubungan kerja diantaranya sehingga mampu menampilkan sifat-sifat yang diinginkan (Mikell, 1996). Pada umumnya komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda yaitu:

- Matrik, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan yang lebih rendah.
- Penguat (*reinforcement*), umumnya berbentuk serat yang mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih kuat.

Keuntungan penggunaan material komposit adalah (Schwartz, 1996:5) :

1. Bobotnya ringan tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik.
2. Tahan terhadap korosi.
3. Hasil akhir (permukaan) lebih baik.
4. Biaya produksi lebih murah.

Kerugian dari material komposit adalah :

1. Beberapa bahan penyusun komposit mudah terbakar.
2. Peka terhadap perubahan temperatur yang drastis.
3. Perbaikan lebih sulit bila terjadi kerusakan.

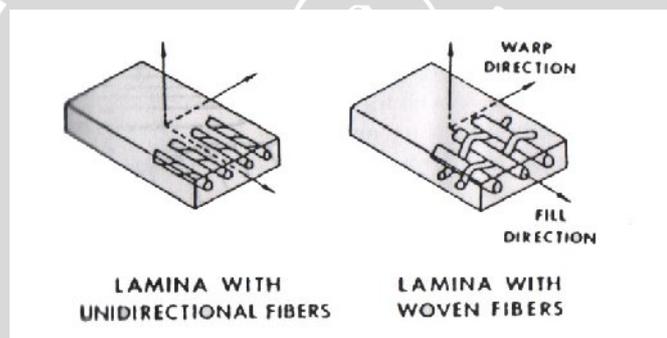
2.2.1 Komposit Serat (*Fiber Composite*)

Fiber composite materials (material komposit serat) terdiri dari dua komponen penyusun yaitu matrik dan serat. Matrik berfungsi sebagai perekat atau pemegang serat, melindungi serat dari kerusakan eksternal, dan sebagai pendistribusi beban yang dikenakan pada material komposit ke serat. Sedangkan serat berfungsi sebagai penguat matrik. Pada material komposit, serat membantu material komposit dalam pembagian pembebanan dalam struktur komposit. Pemilihan jenis serat, fraksi volume serat, panjang serat, dan orientasi sudut serat sangat penting untuk dapat meningkatkan sifat mekanik material komposit tersebut (Mallick, 2007:33).

2.2.2 Serat yang Danyam (*Woven Fibres*)

Dalam istilah polimer komposit, serat didefinisikan sebagai serat panjang yang diletakkan sebagai penguat material yang terdiri dari satu atau lebih lapisan. Lapisan ini tergabung menjadi satu oleh mekanisme *mechanical interlocking* dari serat itu sendiri

atau dari material lain untuk mengikat serat-serat ini menjadi satu atau menahan serat tersebut agar tetap pada tempatnya. Serat yang dianyam dihasilkan dengan cara menjalin bagian serat yang disusun sejajar dan tidak bergerak (*warp*) atau benang lungsin dengan bagian serat yang dimasukkan melintang pada bagian lungsin tersebut (*weft*) atau benang pakan dalam sebuah pola yang teratur atau salah satu jenis bentuk anyaman. Keutuhan serat dijaga oleh mekanisme saling mengunci atau *mechanical interlocking* serat itu sendiri. Beberapa teknik menganyam yang umumnya dipergunakan adalah *plain*, *twill*, *satın*, *basket*, *leno* dan *mock leno*. Kekuatan tarik dari komposit dengan serat yang dianyam dapat diatur menggunakan variasi serat yang digunakan dan variasi metode penganyaman. Variasi dari benang anyam yang dipakai dapat berupa jumlah benang yang dipakai pada bagian *warp* dan *fill* ataupun dengan penggunaan bermacam serat sebagai benang anyam (Mallick, 2007:247).



Gambar 2.1 Dua jenis penempatan serat pada lamina (a) Serat Searah Kontinyu, dan (b) Serat yang Dianyam

Sumber : Robert M Jones, 1999 : 14

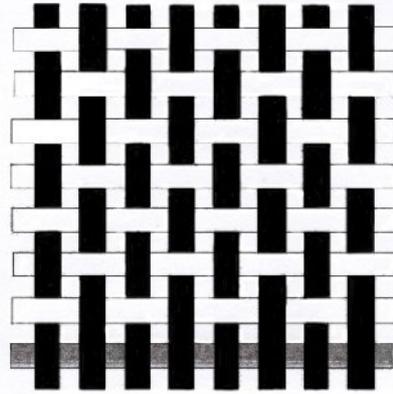
Penggunaan variasi lungsin dan pakan dapat digambarkan sesuai dengan gambar 2.1 diatas, dimana dibandingkan antara serat lurus dan serat yang dianyam.

2.2.3 Bentuk Anyaman

- *Plain Weave Woven* (anyaman polos)

Plain Weave Woven adalah salah satu dari tiga jenis tenunan yang sering dipakai. Anyaman ini termasuk populer dalam pelapisan basah (*wet layup*), karena kemudahan penanganan dan cepat basah (*fast wet out*). Anyaman ini tergolong kuat dan tangguh, biasanya digunakan pada pakaian. Dalam anyaman ini setiap serat yang dibengkokkan (*warp*) lewat bergantian pada bagian bawah dan atas pada masing-masing serat pakan (*weft*), jadi serat diatur agar tersusun dan membentuk pola selang-seling sederhana dan membentuk serat yang simetris, dengan stabilitas yang baik.

Penggunaan pola anyaman ini juga banyak diaplikasikan untuk industri dan dipakai sebagai pola anyaman umum pada pakaian, karung, juga sebagai pola dalam pembuatan *fiber belt* yang sering dijumpai pada *belt conveyor*. Pola anyaman ini dapat digambarkan pada gambar 2.2 dibawah ini:



Gambar 2.2 *Plain Weave pattern*

Sumber : <http://www.azom.com/details.asp?ArticleID=1091>, (diakses Juni 2010)

2.3 Matrik

Menurut Jones (1999:5) fungsi utama matrik di dalam material komposit adalah sebagai :

1. Bahan pengikat dan pendukung serat penguat
2. Pelindung permukaan serat
3. Media pentransfer tegangan pada serat

Matrik yang digunakan dapat berupa :

1. Polimer
2. Logam
3. Keramik, dan
4. Karbon

Polimer dibangun oleh satuan struktur (monomer) yang tersusun secara berulang dan diikat oleh gaya tarik-menarik yang kuat yang disebut ikatan kovalen (Tata Surdia, 1995:171). Secara umum polimer diklasifikasikan menjadi 3 golongan utama (Wikipedia, 2009), yaitu:

1. Polimer termoset
2. Polimer termoplastik
3. Elastomer

2.3.1 Polimer Termoset

Resin termoset terbentuk dengan jaringan struktur molekul ikatan kovalen. Resin ini memiliki rantai-rantai molekul yang saling berhubungan sehingga walaupun mengalami pemanasan dan penekanan, masing-masing rantai molekul tidak akan saling bergerak relatif. Resin akan mencair dan kemudian mengeras bersamaan dengan terbentuknya suatu jaringan ikatan rantai monomer sehingga akan bersifat stabil. Contoh resin termoset yaitu :

- Resin *Unsaturated Polyester*

Dalam kebanyakan hal ini disebut *polyester* saja. Karena berupa resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, 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 daripada resin *thermoset* lainnya dan ketahanan panas jangka panjangnya adalah kira-kira 110-140⁰C. Sifat listriknya lebih baik diantara resin *thermoset*. Mengenai ketahanan kimianya, pada umumnya kuat terhadap asam kecuali asam pengoksid, tetapi lemah terhadap alkali. Bila dimasukkan dalam air mendidih untuk waktu yang lama (300 jam), bahan akan pecah dan retak-retak. Bahan ini mudah mengembang dalam pelarut, yang melarutkan polimer stiren. Kemampuan terhadap cuaca sangat baik. Tahan terhadap kelembaban dan sinar ultra violet bila dibiarkan di luar, tetapi sifat tembus cahaya permukaan rusak dalam beberapa tahun. Secara luas digunakan untuk konstruksi sebagai bahan komposit. 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 relatif murah, curing yang cepat, warna jernih, kestabilan dimensional dan mudah penanganannya (Billmeyer, 1984). Matrik *polyester* paling banyak digunakan terutama untuk aplikasi konstruksi ringan, selain itu harganya murah, *resin* ini mempunyai karakteristik yang khas yaitu dapat diwarnai, transparan, dapat dibuat kaku dan fleksibel, tahan air, tahan cuaca dan bahan kimia. *Polyester* dapat digunakan pada suhu kerja mencapai 79⁰C atau lebih tergantung partikel *resin* dan keperluannya (Schward, 1984). Keuntungan lain matrik *polyester* adalah mudah dikombinasikan dengan serat dan dapat digunakan untuk semua bentuk penguatan plastik. MEKPO digunakan sebagai katalis dan ditambahkan pada 2 % (Surdia, 2001). Pada penelitian ini digunakan polyester Yukalac 157 BQTN dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Densitas matrik (ρ_m) = 1.65 [gr/cm³]
 - Kekuatan Tarik matrik (σ_m) = 40-90 [MPa]
 - Modulus Elastisitas matrik (E_m)= 2.24 [GPa]
- (Sumber : www.justus.co.id, diakses Mei 2010)

2.3.2 Katalis MEKPO

MEKPO (*Methyl ethyl ketone peroxide*) adalah sebuah peroksida organik, sebuah unsur yang mudah terbakar seperti peroksida aseton. MEKPO adalah sebuah unsur yang tidak berwarna, cair dan berminyak, sedangkan peroksida aseton berbentuk bubuk putih pada suhu ruangan. MEKPO banyak digunakan sebagai katalis atau *hardener* dari senyawa *polyester*. (Sumber: www.waytodeal.com, diakses Agustus 2010)

2.4 Serat pengisi (*Filler*)

Filler ditambahkan ke dalam matrik dengan tujuan meningkatkan sifat-sifat mekanis plastik melalui penyebaran tekanan yang efektif di antara serat dan matrik, serta mengurangi biaya dan memperbaiki beberapa sifat produknya (Smith, 2002). Dilihat dari proses pembuatannya, serat dibedakan menjadi dua yaitu serat alami dan serat sintetis (buatan). Dan serat sintetis terbagi dalam dua bagian, yaitu serat sintetis organik dan serat sintetis inorganik. Serat atau *fiber* dalam bahan komposit berperan sebagai bagian utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan serat pembentuknya. Semakin kecil bahan (diameter serat mendekati ukuran kristal) maka semakin kuat bahan tersebut, karena minimnya cacat pada material (Triyono & Diharjo, 2000). Selain itu serat (*fiber*) juga merupakan unsur yang terpenting, karena seratlal nantinya yang akan menentukan sifat mekanik komposit tersebut seperti kekakuan, keuletan, kekuatan dsb. Fungsi utama dari serat adalah:

1. Sebagai pembawa beban. Dalam struktur komposit 70% - 90% beban dibawa oleh serat.
2. Memberikan sifat kekakuan, kekuatan, stabilitas panas dan sifat-sifat lain dalam komposit.

2.4.1 Serat pengisi organik (*Natural Fiber*)

Serat alami seperti rami, abaka, sisal, serat kelapa, *jute*, *hemp* dan *flax* telah dipakai sebagai bahan untuk membuat keranjang, tali-temali, tas, ataupun permadani.

Serat alami yang digunakan dalam berbagai aplikasi kebanyakan diperoleh dari tumbuhan yang ada di sekitar kita dan umumnya dibudidayakan untuk diambil seratnya. Beberapa penelitian pada penggunaan serat alami, menunjukkan bahwa terdapat beberapa serat *biorenewable* atau serat terbarukan seperti, eceng gondok, serat nanas, serabut kelapa, dan lain sebagainya, yang pantas atau layak digunakan sebagai pengisi (*filler*) dalam aplikasi material komposit saat ini. Komposisi dari serat alam terdiri dari zat selulosa yang menyatu membentuk serat, adapun zat lignin pada batang yang berfungsi menyatukan serat tersebut menjadi batang. Bergantung pada jenis seratnya, kadar selulosa pada serat alam berkisar 60-80% dan kadar zat lignin berkisar 5-20%. Sebagai tambahan kadar kelembaban pada serat alam dapat mencapai sebesar 20%. Pada saat ini, polimer komposit dengan penguat serat alam telah dipakai oleh industri otomotif. Aplikasi penggunaannya seperti panel pintu bagian dalam, panel bagian dalam untuk atap mobil, aksesoris bagian dalam mobil, dashboard dan sebagainya (Mallick, 2007:57).

Tabel 2.1 Sifat-sifat serat rami, abaka, flax, dan kapas

Sifat	Rami	Abaka	Flax	Kapas
Panjang (mm)	125,0	87,0	33,0	25,0
Diameter (mm)	0,034	0,024	0,019	0,015
Kelembaban (%)	12,0	10,0	12,0	8,0
Kehalusan (denier)	6,0	8,9	1,9	3,2
Kekuatan(10^8 dyne/cm ²)	91,0	68,0	88,0	29,0
Densitas (gr/cm ³)	1,5	1,5	1,4	1,25

Sumber: Balai Penelitian Serat dan Tembakau Malang (2009)

Dari tabel 2.1 diatas, tampak bahwa dibanding serat lain, serat rami mempunyai kekuatan lebih tinggi sehingga serat rami tidak mudah putus. Tabel diatas juga menunjukkan sifat sifat dari serat alam tersebut.

2.4.2 Serat Rami (*Boehmeria nivea*)

Tanaman rami adalah tanaman berbunga dalam keluarga *Urticacae*, yang berasal dari Asia Timur. Tanaman ini merupakan tanaman herba tahunan yang tumbuh dengan ketinggian 1-2,5 meter, daunnya menyerupai bentuk hati dengan panjang 7-15 cm dan lebar 6-12 cm, memiliki sisi bawah daun berwarna putih. Tanaman rami sebenarnya banyak ditemukan di Cina atau sering dikenal dengan *China Grass* atau

White ramie karena tanaman ini dibudidayakan di Cina. Jenis kedua adalah *Green ramie* atau *Rhea* yang diyakini berasal dari Malay Peninsula, tipe ini memiliki daun yang lebih kecil dengan sisi bawah daun berwarna hijau. Tipe rami hijau ini lebih cocok untuk hidup di daerah tropis.



Gambar 2.3 Tanaman Rami

Sumber : <http://en.wikipedia.org/wiki/Ramie>, (diakses Juli 2010)

Serat rami adalah salah satu serat alami yang tergolong kuat, kekuatannya bahkan bertambah baik ketika basah. Serat rami dikenal terutama karena kemampuannya untuk menahan bentuknya dan mengurangi kerutan. Serat rami juga telah diteliti sebagai bahan alternatif pengganti Kevlar untuk bahan baju anti peluru. Serat rami yang masih mentah dan belum diolah memiliki diameter serat sebesar 0.034 mm, serta mempunyai massa jenis serat sebesar $1,56 \text{ gr/cm}^3$ (<http://en.wikipedia.org/wiki/Ramie>, diakses Juni 2010). Serat rami ini dihasilkan dari batang tanaman rami yang bisa dilihat di gambar 2.3 diatas.

2.4.3 Serat Abaka (*Musa Textilis*)

Serat Abaka adalah serat yang dihasilkan dari pisang manila, salah satu jenis pisang yang berasal dari Philipina. Banyak tumbuh di daerah Kalimantan dan Sumatra, tanaman ini hanya dipanen untuk diambil seratnya. Rata-rata tanaman ini tumbuh sekitar 6 meter tingginya. Serat Abaka tahan terhadap air laut, oleh karena itu banyak digunakan untuk bahan tali-temali penambat kapal, sekarang serat ini juga dipergunakan sebagai bahan baku uang kertas dan juga digunakan sebagai pengganti *fiberglass* dalam

interior dan exterior mobil. Serat Abaka memiliki diameter serat 0.024 mm,serta mempunyai massa jenis serat sebesar 1,5 gr/cm³.



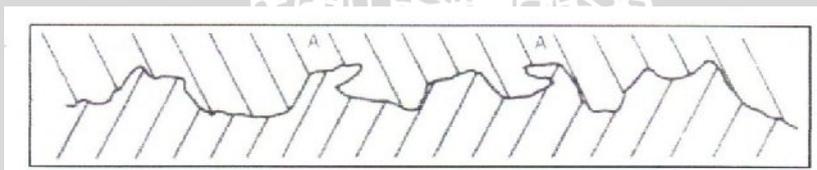
Gambar 2.4 Tanaman Abaka

Sumber : <http://fida.da.gov.ph/Abaca6.html>, (diakses Juli 2010)

Berbeda dengan serat rami yang dihasilkan dari batang, serat abaka dihasilkan dari daun tanaman abaka yang dapat dilihat pada gambar 2.4 diatas.

2.5 Ikatan Mekanik Pada Komposit (*Mechanical Bonding*)

Matrik cair akan menyebar ke seluruh permukaan pengisi dan mengisi setiap lekuk dan permukaan pengisi yang kasar sehingga terjadi mekanisme saling mengunci (*interlocking mechanism*) seperti pada Gambar 2.5 dan semakin kasar permukaan serat penguat maka semakin kuat ikatan yang terbentuk.



Gambar 2.5 *Mechanical bonding*

Sumber : Matthews and Rawlings , 1994 : 62

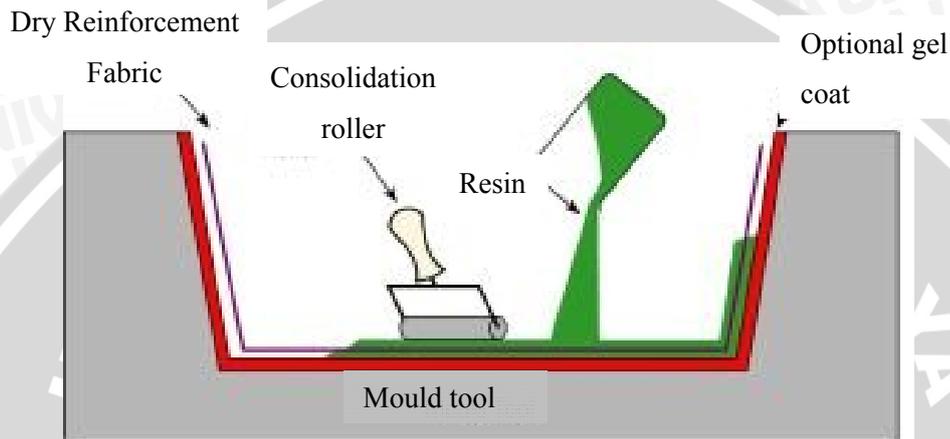
2.6 Metode *Hand Lay-Up*

Resin *polyester* ini dapat diproses dalam beberapa metode, namun pada umumnya di proses dengan metode *open handy lay-up* dan metode *spray-up* khususnya untuk volume material yang kecil. Proses pendinginan resin ini dapat terjadi pada temperatur ruang tanpa atau dipengaruhi tekanan (Shinroku, Saito. 1993). Pencetakan tangan (*Hand Lay-Up*) ialah, metode pembuatan produk material komposit

menggunakan tangan dengan bantuan kuas atau rol dalam pengolesan matrik (resin) dan penguas (katalis). Lapis-berlapis penguat ditata pada cetakan dan dituangkan polimer.

- Keuntungan : teknik sederhana, biaya lebih murah dibanding cara yang lain, dapat dibuat bentuk rumit, ukuran cetakan tak terbatas oleh proses.
- Kerugian : biaya tenaga kerja lebih mahal dan laju produksi lebih lambat dibandingkan cara yang lain, mutu tergantung keterampilan.

Ilustrasi dari metode ini dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini:



Gambar 2.6 *Hand lay-up*

Sumber : www.netcomposites.com2009, (diakses April 2010)

2.7 Fraksi Volume

Jumlah kandungan serat dalam komposit, merupakan hal yang menjadi perhatian khusus pada komposit berpenguat serat. Untuk memperoleh komposit berkekuatan tinggi, distribusi serat dengan matrik harus merata pada proses pencampuran agar mengurangi timbulnya *void*. Untuk menghitung fraksi volume, parameter yang harus diketahui adalah berat jenis resin, berat jenis serat, berat komposit dan berat serat. Adapun fraksi volume yang ditentukan dengan persamaan (Harper, 1996) :

$$W = \frac{V_f \rho_f + V_m \rho_m}{V_f \rho_f + V_m \rho_m + V_c \rho_c} = \frac{V_f \rho_f + V_m \rho_m}{V} \quad (2.1)$$

$$V = \frac{W}{\rho_c} = \frac{W}{\rho_f V_f + \rho_m V_m + \rho_c V_c} = 1 - V_f - V_m \quad (2.2)$$

Jika selama pembuatan komposit diketahui massa *fiber* dan matrik, serta density *fiber* dan matrik, maka fraksi volume dan fraksi massa *fiber* dapat dihitung dengan persamaan (Shackelford, 1992) :

$$v = \frac{w_f}{w_c} \frac{\rho_c}{\rho_f} \quad (2.3)$$

Keterangan:

W_f = Fraksi berat serat [%]

w_f = Berat serat [gram]

w_c = Berat komposit [gram]

ρ_f = *Density* serat [gr/cm³]

ρ_c = *Density* komposit [gr/cm³]

v_f = Fraksi volume serat [%]

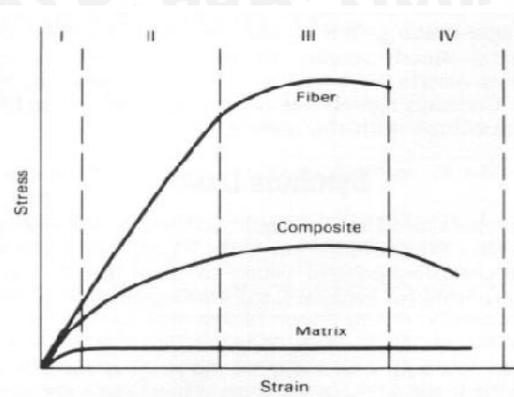
V_f = Volume serat [cm³]

V_m = Volume matrik [cm³]

V_c = Volume Komposit [cm³]

2.8 Sifat-Sifat Komposit

Sifat-sifat komposit yang diperkuat *filler* tergantung oleh banyak faktor, antara lain adhesi *filler*-matrik, fraksi volume *filler*, orientasi *filler* dan efisiensi transfer tegangan pada permukaan. Pada *unidirectional composite* yang diperkuat *filler*, tegangan ditransfer dari matrik ke filamen *filler* oleh gaya geser. Ketika terjadi tegangan tarik, keduanya antara matrik dan *filler* meregang bersamaan menurut prinsip gaya gabungan. Dari sini sifat mekanik komposit nilainya dapat ditentukan berdasarkan sifat matrik dan sifat *filler*.



Gambar 2.7 Tegangan – regangan matrik, komposit dan *filler* (*fiber*)

Sumber : Gibson, 1994: 69

Dari gambar 2.7 diilustrasikan empat tahapan deformasi pada matrik, komposit dan *filler*. Tahap I adalah deformasi elastis antara kedua matrik dan *filler*. Tahap II adalah deformasi elastis pada *filler* dan deformasi plastis pada matrik. Tahap III adalah deformasi plastis antara kedua matrik dan *filler*. Dan tahap IV adalah kerusakan antara kedua matrik dan *filler*.

2.8.1 Deformasi Elastis

Deformasi yang terjadi pada daerah elastis bersifat *reversible*. Maksudnya ketika tegangan dihilangkan, maka dimensi benda kerja akan kembali ke dimensi semula sebelum dikenai pembebanan. Pada deformasi elastis, adanya tegangan akan menggeser atom-atom ke tempat kedudukan yang baru dan atom-atom tersebut akan kembali ke tempat semula apabila tegangan tersebut diiadakan.

Pada uji tarik peningkatan tegangan akan sebanding dengan peningkatan regangan ketika deformasi masih bersifat elastis. Hubungan ini disebut hukum *Hooke*, yang dirumuskan sebagai: (Matthew and Rawlings 1994: 211)

$$\sigma = E\varepsilon_y \quad (2.4)$$

Keterangan :

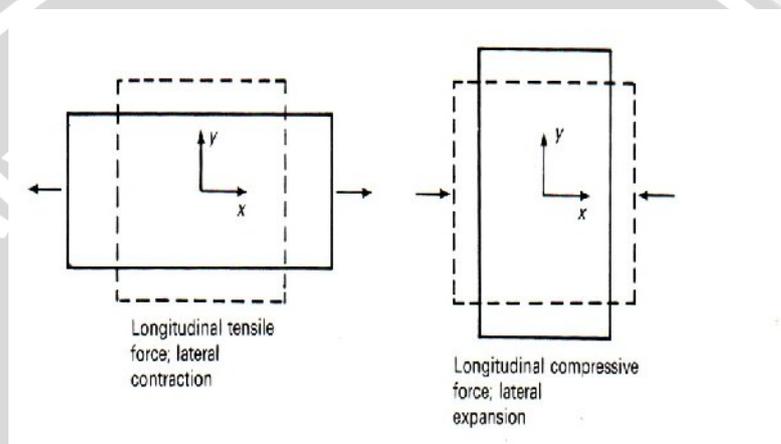
σ = tegangan normal [N/mm²]

E = modulus elastisitas [N/mm²]

ε_y = regangan [mm/mm]

Dengan E adalah *Young Modulus* atau Modulus Elastisitas. Modulus elastisitas menentukan kemiringan grafik daerah elastis. Modulus elastisitas mempunyai unit yang sama dengan tegangan. Semakin tinggi E maka material akan semakin kaku.

Ketika material mengalami tegangan tarik, maka material akan mengalami perpanjangan, namun akan mengecil penampang melintangnya. Perbandingan antara regangan tegak lurus dengan sumbu benda kerja dan regangan searah sumbu benda kerja disebut sebagai *Poisson's ratio*. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.8 tentang efek poisson's ratio yang terjadi pada material



Gambar 2.8 Efek pada poisson's ratio

Sumber: F.L. Matthew and R.D. Rawlings 1994: 211

$$\nu = \frac{-\varepsilon_y}{\varepsilon_x} \quad (2.5)$$

Keterangan :

ν = poisson's ratio

ε_y = regangan lateral [mm]

ε_x = regangan longitudinal [mm]

(Matthew and Rawlings 1994: 211)

Jika benda mengalami tegangan geser, maka hubungan antara tegangan geser dan regangan geser pada daerah elastis adalah: (Matthew and Rawlings 1994: 211)

$$\tau = G\gamma \quad (2.6)$$

Keterangan :

G = modulus elastisitas geser [N/mm^2]

γ = regangan geser [mm/mm]

2.8.2 Kekuatan Tarik Longitudinal Komposit

Kekuatan tarik adalah kemampuan suatu material untuk menahan beban tarik dari luar. Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus elastisitas bahan dengan cara menarik spesimen sampai putus. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik atau dengan *universal testing standar*. Hal-hal yang mempengaruhi kekuatan tarik komposit antara lain (Surdia, 1995) :

a. Temperatur

Apabila temperatur naik, maka kekuatan tariknya akan turun

b. Kelembaban

Pengaruh kelembaban ini akan mengakibatkan bertambahnya absorpsi air, akibatnya akan menaikkan regangan patah, sedangkan tegangan patah dan modulus elastisitasnya menurun.

c. Laju Tegangan

Apabila laju tegangan kecil, maka perpanjangan bertambah dan mengakibatkan kurva tegangan-regangan menjadi landai, modulus elastisitasnya rendah. Sedangkan kalau laju tegangan tinggi, maka beban patah dan modulus elastisitasnya meningkat tetapi regangannya mengecil.

Kekuatan tarik longitudinal komposit (σ_t) dapat ditentukan dengan persamaan

$$\sigma_t = \frac{P}{A_c} \quad (2.7)$$

Keterangan :

σ_t = Kekuatan tarik longitudinal komposit [MN/m^2]

P = Beban maksimum [N]

A_c = Luas penampang komposit [m^2]

Besarnya regangan adalah jumlah pertambahan panjang karena pembebanan dibandingkan dengan panjang daerah ukur (*gage length*). Nilai regangan ini adalah regangan proporsional yang didapat dari garis. Proporsional pada grafik tegangan-regangan hasil uji tarik komposit. (Surdia, 1995)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2.8)$$

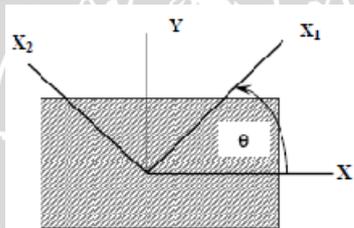
Keterangan:

ε = Regangan [mm/mm]

ΔL = pertambahan panjang [mm]

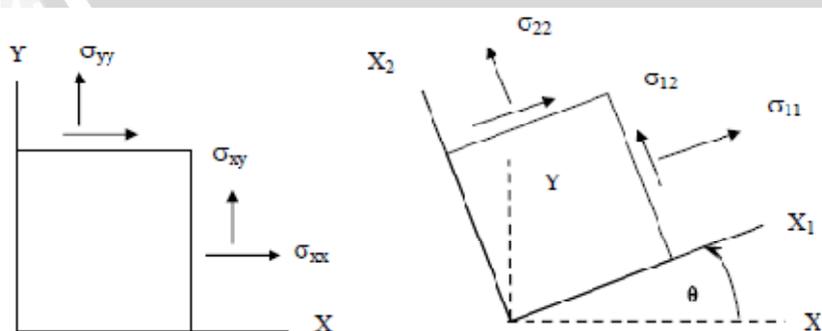
L_0 = panjang daerah ukur (*gage length*) [mm]

2.9 Rotasi Sumbu Komposit



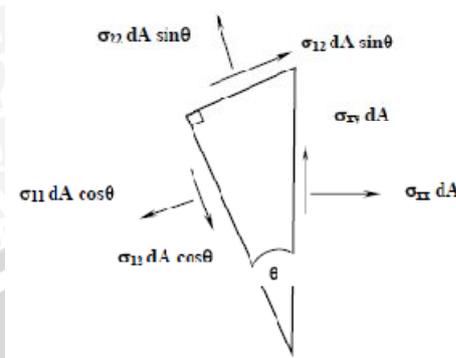
Gambar 2.9 Rotasi sumbu pada komposit
Sumber : Yuwono, 2009:7

Kekakuan matrik $[Q]$ dalam terminologi sumbu-sumbu utama material (*material principal axes*) atau dalam koordinat x_1 - x_2 . Pada kenyataannya laminat komposit terdiri dari suatu set lamina-lamina dengan arah orientasi serat, θ yang berbeda-beda. Oleh sebab itu diperlukan suatu cara untuk menghubungkan tegangan dan regangan (σ - ε) pada sumbu material (x_1 - x_2) yang bersifat lokal menjadi tegangan dan regangan pada sumbu global (x - y).



Gambar 2.10 Rotasi sumbu pada bidang
Sumber : Yuwono, 2009:7

Untuk memasuki tahap lebih lanjut, maka dapat dihubungkan $(\sigma_{11}, \sigma_{22}, \sigma_{12})^T \rightarrow (\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{xy})^T$



Gambar 2.11 Elemen pada arah n-m dengan orientasi pada θ terhadap sumbu y

Sumber : Yuwono, 2009:8

Σ Gaya pada arah x = 0

$$\sigma_{xx} dA + \sigma_{12} dA \sin\theta \cos\theta - \sigma_{22} dA \sin^2\theta + \sigma_{12} dA \cos\theta \sin\theta - \sigma_{11} dA \cos^2\theta = 0$$

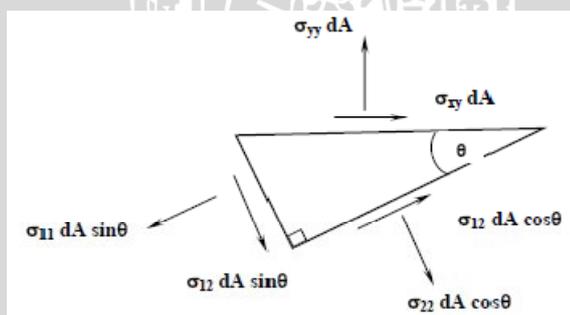
$$\rightarrow \sigma_{xx} = \sigma_{11} \cos^2\theta + \sigma_{22} \sin^2\theta - 2 \sigma_{12} \cos\theta \sin\theta \quad (2.9)$$

Σ Gaya pada arah y = 0

$$\sigma_{xy} dA + \sigma_{12} dA \sin^2\theta + \sigma_{22} dA \sin\theta \cos\theta - \sigma_{11} dA \cos\theta \sin\theta - \sigma_{12} dA \cos^2\theta = 0$$

$$\rightarrow \sigma_{xy} = \sigma_{11} \cos\theta \sin\theta - \sigma_{22} \sin\theta \cos\theta + \sigma_{12} (\cos^2\theta - \sin^2\theta) \quad (2.10)$$

Gaya-gaya pada prisma triangular dengan permukaan yang tegak lurus terhadap σ_{yy}



Gambar 2.12 Elemen pada arah n-m dengan orientasi pada θ terhadap sumbu x

Sumber : Yuwono, 2009:8

Σ Gaya pada arah $y = 0$

$$\sigma_{xy} dA - 2\sigma_{12} dA \sin\theta \cos\theta - \sigma_{22} dA \sin^2\theta - \sigma_{22} dA \cos^2\theta = 0$$

$$\rightarrow \sigma_{xy} = \sigma_{11} \sin^2\theta + \sigma_{22} \cos^2\theta + 2\sigma_{12} \sin\theta \cos\theta$$

$$\rightarrow \begin{bmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos^2\theta & \sin^2\theta & -2\sin\theta\cos\theta \\ \sin^2\theta & \cos^2\theta & 2\sin\theta\cos\theta \\ \sin\theta\cos\theta & -\sin\theta\cos\theta & (\cos^2\theta - \sin^2\theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_{11} \\ \sigma_{22} \\ \sigma_{12} \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

Hubungan di atas ini dapat dinyatakan dalam bentuk inversi sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \sigma_{11} \\ \sigma_{22} \\ \sigma_{12} \end{bmatrix} = [T] \begin{bmatrix} \sigma_{11} \\ \sigma_{22} \\ \sigma_{12} \end{bmatrix} \text{ dimana } [T] = \begin{bmatrix} \cos^2\theta & \sin^2\theta & -2\sin\theta\cos\theta \\ \sin^2\theta & \cos^2\theta & 2\sin\theta\cos\theta \\ \sin\theta\cos\theta & -\sin\theta\cos\theta & (\cos^2\theta - \sin^2\theta) \end{bmatrix}$$

Transformasi regangan dengan metode yang sama menghasilkan

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{22} \\ \gamma_{12} \end{bmatrix} = [T] \begin{bmatrix} \varepsilon_{xx} \\ \varepsilon_{yy} \\ \gamma_{xy}/2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{22} \\ \gamma_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos^2\theta & \sin^2\theta & -2\sin\theta\cos\theta \\ \sin^2\theta & \cos^2\theta & 2\sin\theta\cos\theta \\ \sin\theta\cos\theta & -\sin\theta\cos\theta & (\cos^2\theta - \sin^2\theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{xx} \\ \varepsilon_{yy} \\ \gamma_{xy}/2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{22} \\ \gamma_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos^2\theta & \sin^2\theta & -2\sin\theta\cos\theta \\ \sin^2\theta & \cos^2\theta & 2\sin\theta\cos\theta \\ \sin\theta\cos\theta & -\sin\theta\cos\theta & (\cos^2\theta - \sin^2\theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{xx} \\ \varepsilon_{yy} \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

Matriks di atas ini sama dengan $[T^T]^{-1}$

Dimana $()^T$ menyatakan transpose dan $()^{-1}$ adalah inversi matriks. Sebuah penyederhanaan dapat dibuat dengan menyatakan $[[T]^{-1}]$ sebagai $[T]^T$. Dengan demikian

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{22} \\ \gamma_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{xx} \\ \varepsilon_{yy} \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

Hubungan ini dapat dinyatakan sebagai inverse-nya untuk memperoleh:

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{xx} \\ \varepsilon_{yy} \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{22} \\ \gamma_{12} \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

Untuk mencari hubungan antara $(\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{xy})^T$ dan $(\varepsilon_{xx}, \varepsilon_{yy}, \gamma_{xy})$ yaitu dengan mencari $[Q]$ dimana $\{\sigma\} = [Q]\{\varepsilon\}$.

$$\begin{bmatrix} \sigma_{11} \\ \sigma_{22} \\ \sigma_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_{11} & Q_{12} & 0 \\ Q_{12} & Q_{22} & 0 \\ 0 & 0 & Q_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_{11} \\ \sigma_{22} \\ \sigma_{12} \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

↑
[]

Sehingga:

$$\begin{bmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} \\ \sigma_{22} & \sigma_{26} \\ \sigma_{16} & \sigma_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon_{xx} \\ \epsilon_{yy} \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

Hubungan yang dicari :

$$\begin{bmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \sigma_{16} \\ \sigma_{22} & \sigma_{26} & \sigma_{26} \\ \sigma_{16} & \sigma_{26} & \sigma_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon_{xx} \\ \epsilon_{yy} \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

$$\begin{bmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \epsilon_{xx} \\ \epsilon_{yy} \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix} \text{ dimana } \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \sigma_{16} \\ \sigma_{22} & \sigma_{26} & \sigma_{26} \\ \sigma_{16} & \sigma_{26} & \sigma_{66} \end{bmatrix}$$

Komponen-komponen dari ij adalah Q_{11} Q_{12} Q_{16} Q_{22} Q_{26} Q_{66} dan diberikan secara

eksplisit dengan :

$$\begin{aligned} 11 &= Q_{11} \cos^4 \theta + Q_{22} \sin^4 \theta + 2(Q_{12} + 2Q_{66}) \sin^2 \theta \cos^2 \theta \\ 12 &= (Q_{11} + Q_{22} - 4Q_{66}) \sin^2 \theta \cos^2 \theta + Q_{12} (\cos^4 \theta + \sin^4 \theta) \\ 22 &= Q_{11} \cos^4 \theta + Q_{22} \sin^4 \theta + 2(Q_{12} + 2Q_{66}) \sin^2 \theta \cos^2 \theta \\ 16 &= (Q_{11} - Q_{12} - 2Q_{66}) \cos^3 \theta \sin \theta - (Q_{22} - Q_{12} - 2Q_{66}) \cos \theta \sin^3 \theta \\ 26 &= (Q_{11} - Q_{12} - 2Q_{66}) \cos \theta \sin^3 \theta - (Q_{22} - Q_{12} - 2Q_{66}) \cos^3 \theta \sin \theta \\ 66 &= (Q_{11} + Q_{22} - 2Q_{12} - 2Q_{66}) \cos^2 \theta \sin^2 \theta + Q_{66} (\cos^4 \theta + \sin^4 \theta) \end{aligned} \quad (2.18)$$

- ij dapat diinversikan untuk memberikan matriks compliance $\bar{ij} = ij^{-1} \cdot []$ didefinisikan dengan:

$$\begin{bmatrix} \epsilon_{xx} \\ \epsilon_{yy} \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{xy} \end{bmatrix} \text{ dimana } \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{16} \\ S_{12} & S_{22} & S_{26} \\ S_{16} & S_{26} & S_{66} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \epsilon_{xx} \\ \epsilon_{yy} \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix} = [T]^T \begin{bmatrix} \epsilon_{11} \\ \epsilon_{22} \\ \gamma_{12} \end{bmatrix} \text{ dan}$$

$$\begin{bmatrix} \epsilon_{11} \\ \epsilon_{22} \\ \gamma_{12} \end{bmatrix} = [S] \begin{bmatrix} \sigma_{11} \\ \sigma_{22} \\ \sigma_{12} \end{bmatrix} = [S][T] \begin{bmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{xy} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \epsilon_{xx} \\ \epsilon_{yy} \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix} = [T]^T [S] [T] \begin{bmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{xy} \end{bmatrix} = [\bar{S}] \begin{bmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{xy} \end{bmatrix} \quad (2.19)$$

Dengan demikian $[\bar{S}]$ diberikan oleh $[\bar{S}] = [T]^T [S] [T]$ dengan masing-masing komponen adalah:

$$\begin{aligned}
-_{11} &= S_{11}\cos^4\theta + S_{22}\sin^4\theta + 2(S_{12} + 2S_{66})\sin^2\theta\cos^2\theta \\
-_{12} &= (S_{11} + S_{22} - S_{66})\sin^2\theta\cos^2\theta + S_{12}(\cos^4\theta + \sin^4\theta) \\
-_{22} &= S_{11}\cos^4\theta + S_{22}\sin^4\theta + (2S_{12} + S_{66})\sin^2\theta\cos^2\theta \\
-_{16} &= (2S_{11} - 2S_{12} - S_{66})\cos^3\theta\sin\theta - (2S_{22} - 2S_{12} - 2S_{66})\cos\theta\sin^3\theta \\
-_{26} &= (2S_{11} - 2S_{12} - S_{66})\cos\theta\sin^3\theta - (2S_{22} - 2S_{12} - 2S_{66})\cos^3\theta\sin\theta \\
-_{66} &= (4S_{11} + 4S_{22} - 8S_{12} - 2S_{66})\cos^2\theta\sin^2\theta + S_{66}(\cos^4\theta + \sin^4\theta)
\end{aligned} \tag{2.20}$$

2.10 Uji Kecukupan Data

Untuk mengetahui apakah data yang diambil sudah mencukupi, maka digunakan rumus uji kecukupan data sebagai berikut: (Walpole, 1992:262)

$$n \geq \frac{t^2}{f} \tag{2.21}$$

Keterangan :

- n = jumlah pengulangan
- $t / 2$ = nilai tingkat kepercayaan (tabel t) [$t = (\alpha / 2) ; (n - 1)$]
- α = derajat ketelitian 5%
- p = jumlah data pengulangan yang dianggap benar
- q = jumlah data pengulangan yang dianggap salah ($p - 1$)
- e = nilai tingkat ketelitian (tabel f) [$(k - 1) ; k(n - 1)$]
- k = jumlah variabel yang diberikan

2.11 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka serta penelitian terdahulu dapat dibuat hipotesis yaitu, dengan mengatur penyusunan anyaman serat rami dan serat abaka serta mengatur orientasi sudut penempatan anyaman maka dapat mempengaruhi kekuatan tarik dari material komposit poliester.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental sejati (*true experimental research*). Setelah benda kerja dibuat kemudian dilakukan pengujian tarik. Pengujian melibatkan satu variable bebas yaitu orientasi penempatan anyaman, serta satu variable terikat yaitu kekuatan tarik.

3.2 Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan oleh peneliti dan ditentukan sebelum penelitian. Variabel bebas divariasikan untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat sehingga tujuan penelitian dapat tercapai. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah:

- Orientasi sudut penempatan anyaman : 0° , 10° , 20° , 30° .

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang tergantung dari variabel bebas, dimana variabel terikat dalam penelitian ini adalah *Tensile Strength* (kekuatan tarik) [MN/m^2].

3. Variabel Terkendali

Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah fraksi volume serat total 35% , katalis sebanyak 2 % , serta metode penganyaman serat sebagai (*weft*) dan lungsin (*warp*) :

- Spesimen 1 : Serat *rami* (*weft*) dan serat abaka (*warp*)
- Spesimen 2 : Serat abaka (*weft*) dan Serat *rami* (*warp*)

3.3 Alat dan Bahan yang Digunakan

3.3.1 Alat yang digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Mesin pengujian tarik



Gambar 3.1 Alat Uji Tarik

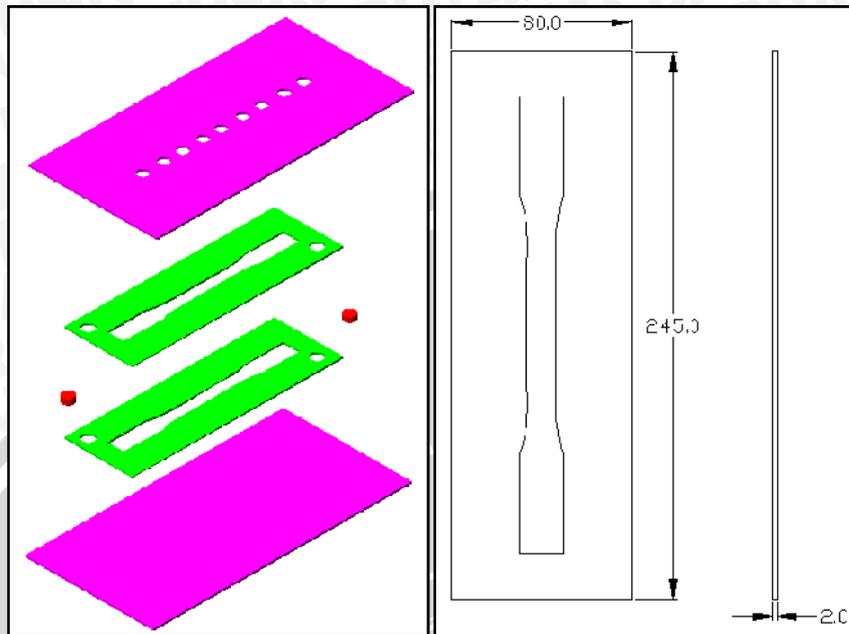
Sumber: Lab. Metalurgi Fisik Jurusan Mesin Institut Teknologi Nasional

Spesifikasi mesin uji tarik Lab. Metalurgi Fisik Jurusan Mesin Institut Teknologi Nasional adalah sebagai berikut:

- *Name* : *Computer Hydraulic Universal Testing Machine*
- *Test Description* : *Tensile*
- *Model* : *HT-9502*
- *Serial no.* : *1146*
- *Date* : *2001.09*
- *Country of original* : *Taiwan*
- *Max. load* : *50000 kg*
- *Stroke* : *250 mm*
- *Volt* : *380 V*

2. Cetakan Spesimen Pengujian Tarik

Digunakan untuk mencetak spesimen, bentuk cetakan untuk satu lapisan serat



Gambar 3.2 Cetakan Spesimen Uji Tarik

3. Gelas ukur

Digunakan untuk mengukur jumlah resin dan katalis yang dipergunakan dalam penelitian

4. Penggaris

Digunakan untuk mengukur panjang spesimen

5. Busur

Digunakan untuk mengukur orientasi sudut yang digunakan dalam penelitian

6. Kuas

Digunakan untuk meratakan resin pada cetakan

7. Alat bantu menganyam

Digunakan untuk mempermudah proses penganyaman

8. *Double tip*

Digunakan untuk menempelkan serat pada alat bantu anyam

9. Timbangan

Digunakan untuk menimbang berat serat yang diperlukan

10. Klip segitiga

Digunakan sebagai alat penekan

11. *Mould release wax* atau lilin

Digunakan untuk mempermudah pelepasan spesimen uji dari cetakan

3.3.2 Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. *Polyester* 157 BQTN sebagai matrik atau resin
2. Katalis MEKPO dengan persentase sebanyak 2%
3. Serat *Ramie* dan Serat *Abacca* yang dianyam dengan metode *Plain Weave Woven* sebagai serat(*filler*)

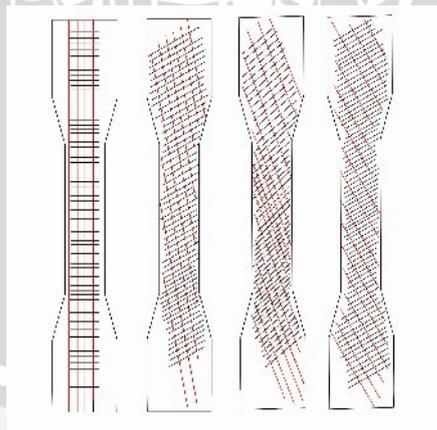
3.4 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Lab. Metalurgi Fisik Jurusan Mesin Institut Teknologi Nasional Malang.

3.5 Prosedur Penelitian

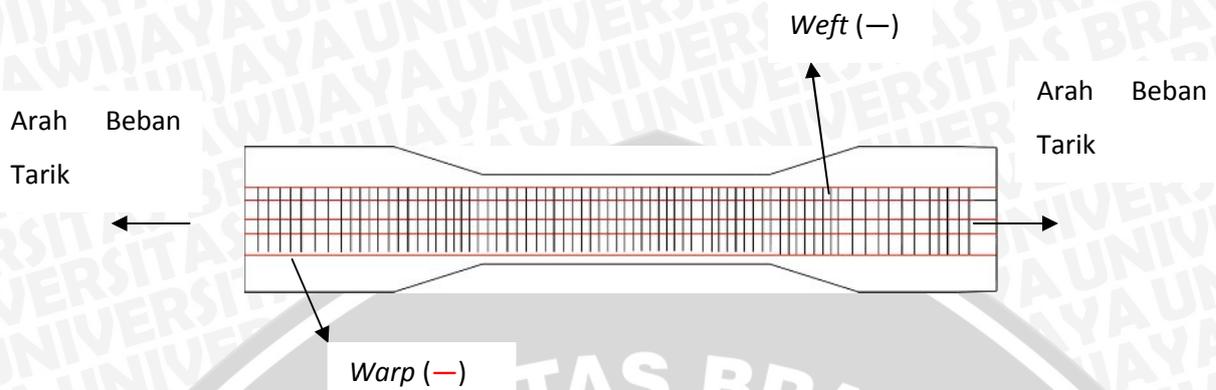
Langkah-langkah penelitian pada penelitian ini adalah:

1. Persiapan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Penataan dan pembuatan anyaman serat *ramie* dan *abacca* pada arah sudut yang telah ditentukan.
3. Memasukkan *polyester* sebagian sebagai dasar kedalam cetakan dengan cara *hand lay-up*.
4. Peletakan serat yang telah disusun pada cetakan.



Gambar 3.3 Ilustrasi orientasi serat dengan nilai berturut-turut 0°, 10°, 20°, 30°

5. Memasukkan sisa *polyester* kedalam cetakan dengan cara *hand lay-up*.
6. Menunggu material spesimen kering, kemudian mengambilnya.
7. Melakukan proses *finishing* pada material spesimen.
8. Melakukan pengujian pada material spesimen.



Gambar 3.4 : Penempatan serat pada *weft* dan *warp* pada sudut 0°

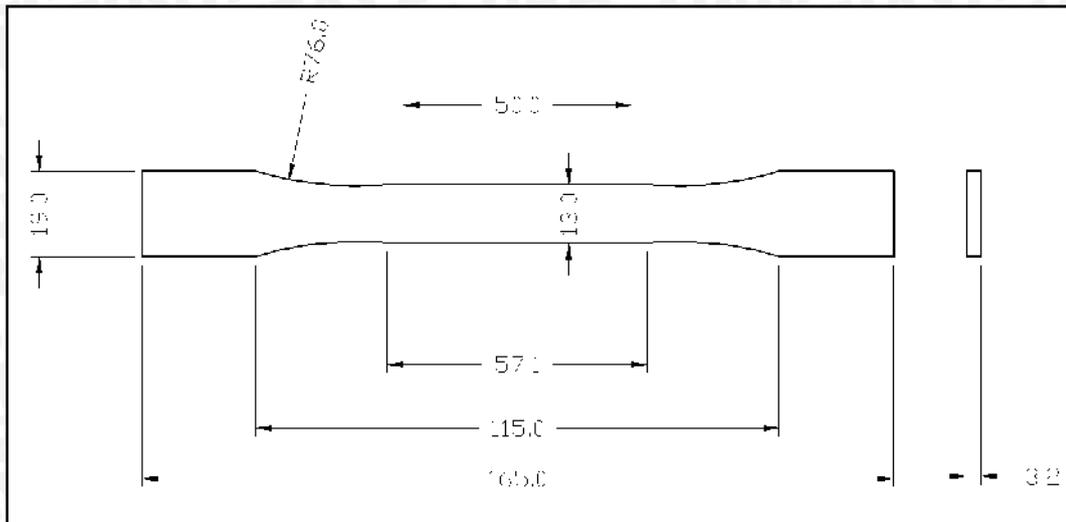
Variable metode penyusunan serat didalam penelitian ini ada dua jenis yaitu, SR/SA dan SA/SR yang mana diatur pada dua huruf pertama adalah bagian *warp* atau bagian serat yang searah dengan pembebanan. Jadi bila variabel SR/SA menunjukkan bahwa serat rami adalah bagian *warp* dan serat abaka adalah bagian *weft*, begitupun sebaliknya.

3.6 Metode Pengujian Kekuatan Tarik Komposit

Spesimen pengujian tarik dibuat dengan proses *hand lay-up* pada cetakan yang telah disiapkan sesuai dengan standar ASTM D638, yaitu standar ukuran untuk pengujian tarik material komposit. Proses dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan.

Tabel 3.1 Dimensi Spesimen Pengujian Kekuatan Tarik

<i>Width of narrow section</i>	<i>Length of narrow section</i>	<i>Width overall</i>	<i>Length overall</i>	<i>Gage Length</i>	<i>Distance between grips</i>	<i>Radius of fillet</i>	<i>Thickness</i>
13 mm	57 mm	19 mm	165 mm	50 mm	115 mm	76 mm	$3,2 \pm 0,4$ mm



Gambar 3.5 : Spesimen pengujian kekuatan tarik
 Sumber : ASTM D638, Tensile Properties of Plastics

3.6.1 Prosedur Pengujian

1. Spesimen dipasang pada cekam penjepit.
2. Memasukkan data dimensi spesimen pada komputer mesin uji tarik.
3. Mesin uji tarik dijalankan dan menunggu sampai spesimen patah dan data hasil pengujian tarik didapatkan.

3.7 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini akan mencari pengaruh satu variabel yaitu orientasi penempatan anyaman terhadap kekuatan tarik komposit. Ulangan dilakukan sebanyak tiga kali.

Tabel 3.2 Rancangan Penelitian

Orientasi Penempatan Anyaman	Ulangan	Metode orientasi peletakan anyaman serat			
		0°	10°	20°	30°
SR(<i>weft</i>)/SA(<i>warp</i>)	1	X ₁₁₁	X ₁₂₁	X ₁₃₁	X ₁₄₁
	2	X ₁₁₂	X ₁₂₂	X ₁₃₂	X ₁₄₂
	3	X ₁₁₃	X ₁₂₃	X ₁₃₃	X ₁₄₃
SA(<i>weft</i>)/SR(<i>warp</i>)	1	X ₂₁₁	X ₂₂₁	X ₂₃₁	X ₂₄₁
	2	X ₂₁₂	X ₂₂₂	X ₂₃₂	X ₂₄₂
	3	X ₂₁₃	X ₂₂₃	X ₂₃₃	X ₂₄₃

Keterangan:

SR = Serat *Ramie*

SA = Serat *Abacca*

X_{ijk} adalah data kekuatan tarik pada variasi orientasi penempatan serat ke-i dan metode anyaman serat ke-j serta ulangan ke-k.

3.8 Perhitungan Uji Kecukupan Data

Untuk mengetahui apakah data yang diambil sudah mencukupi, maka perlu dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$3 \geq \frac{, \times \times}{,}$$

$$3 \geq \frac{,}{,}$$

$$3 \geq 2,67$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa data yang dipergunakan dalam penelitian ini terbukti cukup untuk dilakukan pengolahan data.

3.9 Analisis Statistik

Untuk mengolah data analisis statistik dalam penelitian ini digunakan *software* Microsoft Excel dimana analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut.

3.9.1. Analisis Varian Satu Arah

Analisis varian satu arah untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh orientasi sudut penempatan serat anyaman terhadap kekuatan tarik material komposit *polyester*.

Data penelitian ini diajukan hipotesis sebagai berikut :

1. H_0^1 : tidak terdapat perbedaan kekuatan tarik berdasarkan orientasi sudut penempatan serat anyaman
- H_a^1 : terdapat perbedaan kekuatan tarik berdasarkan orientasi sudut penempatan serat anyaman

Untuk perhitungannya dipakai rumus-rumus antara lain:

$$1. \text{ jumlah seluruh perlakuan} : = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^t X_{ijk} \quad (3.1)$$

$$2. \text{ Jumlah kuadrat seluruh perlakuan} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^t X_{ijk}^2 \quad (3.2)$$

$$3. \text{ Faktor koreksi (FK)} = \frac{\left[\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^t X_{ijk} \right]^2}{rct} \quad (3.3)$$

$$4. \text{ Jumlah kuadrat total (JKT)} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^t X_{ijk}^2 - FK \quad (3.4)$$

$$5. \text{ Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)} = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c X_{ij}^2}{t} - FK \quad (3.5)$$

6. Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKP \quad (3.6)$$

7. Nilai varian dari masing-masing perlakuan sebagai berikut :

$$a. S_A^2 = \frac{JKA}{r-1} \quad (3.7)$$

$$b. S^2 = \frac{JKG}{rc(t-1)} \quad (3.8)$$

8. Nilai F_{hitung} dari masing-masing sumber keragaman adalah sebagai berikut :

$$a. \text{ Untuk pengaruh A : } F_{Ahitung} = \frac{S_A^2}{S^2} \quad (3.9)$$

Sehingga perhitungan tersebut dibuat tabel analisa varian sebagai berikut :

Tabel 3.3 Analisis varian satu arah

Sumber Keragaman	JK	Db	Varian (KT)	F_{hitung}	F_{table} $F(-, 1, 2)$
Perlakuan	JKA	$r-1$	$S_A^2 = \frac{JKA}{r-1}$		
Galat (error)	JKG	$Rc(t-1)$	$S^2 = \frac{JKG}{rc(t-1)}$		
Total	JKT	$rct-1$			

Keterangan :

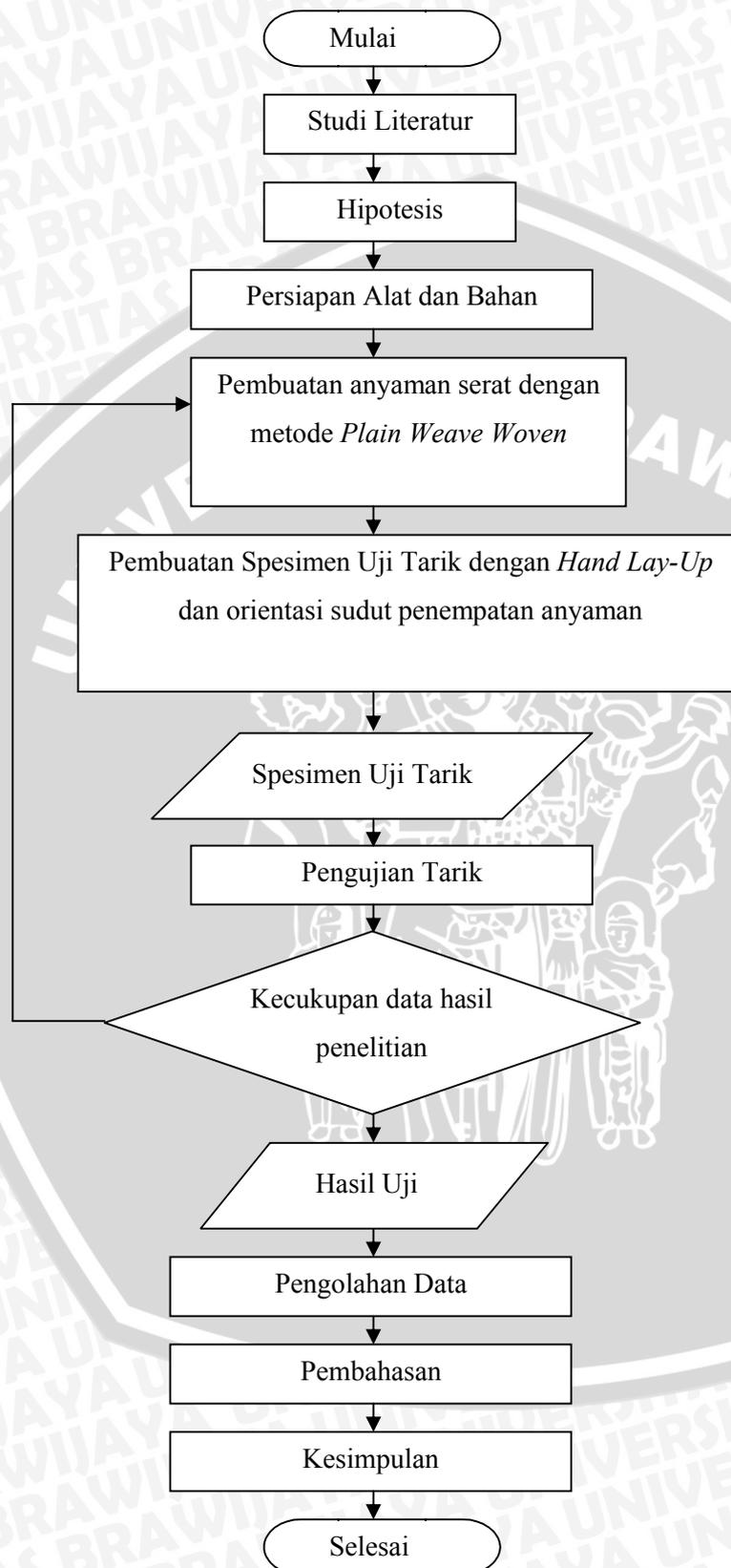
1. A : Orientasi penempatan anyaman

Kesimpulan yang diperoleh adalah dengan membandingkan antara F_{hitung} dan F_{tabel} , yaitu:

1. $F_{Ahitung} > F_{Atabel}$, berarti H_0^1 ditolak dan H_a^1 , menyatakan bahwa ada pengaruh yang nyata antara orientasi sudut penempatan serat anyaman terhadap kekuatan tarik material komposit.



3.10 Diagram Alir Penelitian



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Data hasil kekuatan tarik komposit dengan proses *hand lay up* yang diperoleh dengan menggunakan Mesin Pengujian Tarik ditampilkan pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Data Pengujian Kekuatan Tarik Serat Anyaman (MN/m^2)

Orientasi Penempatan Anyaman	Ulangan	Metode Orientasi Sudut Peletakkan Anyaman Serat			
		0°	10°	20°	30°
SR/SA	1	70,1	37,69	31,88	40,17
	2	86,25	55,24	46,42	49,97
	3	77,78	31,55	39,74	30,26
SA/SR	1	68,36	36,94	32,31	49,75
	2	69,53	52,88	33,6	55,14
	3	60,23	38,55	48,46	22,72

4.2 Analisis Statistik

Analisis statistik yang digunakan pada penelitian ini yaitu pengujian hipotesis. Pengujian hipotesis merupakan suatu prosedur yang akan menghasilkan suatu keputusan yaitu keputusan menerima atau menolak hipotesis.

4.2.1 Analisis Varian (Anova)

Dalam penelitian ini digunakan analisis varian (Anova) satu arah untuk menguji hipotesis, yaitu mengetahui pengaruh dari satu variabel yang diujicobakan. Faktor yang diteliti adalah orientasi sudut peletakan anyaman. Masing-masing faktor memiliki beberapa kondisi (perlakuan) yang berbeda. Orientasi sudut peletakan anyaman memiliki 4 kondisi yaitu 0°, 10°, 20°, dan 30°.

Langkah-langkah pengujian hipotesisnya adalah sebagai berikut :

1. Penentuan formulasi hipotesis
 - a. H_{01} : tidak terdapat perbedaan kekuatan tarik berdasarkan orientasi sudut penempatan serat anyaman
 - H_{11} : terdapat perbedaan kekuatan tarik berdasarkan orientasi sudut penempatan serat anyaman

2. Taraf nyata dan nilai F tabel

$$\alpha = 5\% = 0.05$$

Orientasi peletakan sudut anyaman: $k=4$

replikasi: $n=3$

- a. Faktor orientasi sudut peletakan anyaman : $v_1 = k-1=3$ dan $v_2 = k(n-1)=8$

$$F_{0,05}(3,8) = 4,07$$

3. Kriteria Pengujian

- a. H_{01} diterima apabila $F \leq 4,07$

$$H_{01} \text{ ditolak apabila } F > 4,07$$

4. Uji statistik

Dari data yang didapatkan dari penelitian yang dimasukkan dalam bentuk tabel 4.2, dapat dilakukan perhitungan untuk uji statistik sebagai berikut:

Tabel 4.2 Tabel pengolahan data pengujian hipotesis pengaruh sudut peletakan anyaman serat dan penempatan anyaman terhadap kekuatan tarik (MN/mm^2).

Orientasi Penempatan Anyaman	Ulangan	Metode Orientasi Sudut Peletakan Anyaman Serat				Σ_B
		0°	10°	20°	30°	
SR/SA	1	70,1	37,69	31,88	40,17	
	2	86,25	55,24	46,42	49,97	
	3	77,78	31,55	39,74	30,26	
Σ_{K1}		234,13	124,48	118,04	120,4	597,05
SA/SR	1	68,36	36,94	32,31	49,75	
	2	69,53	52,88	33,6	55,14	
	3	60,23	38,55	48,46	22,72	
Σ_{K2}		198,12	128,37	114,37	127,61	568,47
Σ_{total}		432,25	252,85	232,41	248,01	1165,52

a. Perhitungan jumlah kudrat

$$\begin{aligned}
 \sum h^2 &= 70,1 + 86,25 + \dots + 22,72 = 1165,52 \\
 \frac{1165,52}{4.2.3} &= 55601,536 \\
 (\sum h) - 55601,536 & \\
 = 62981,985 - 55601,536 &= 6380,449 \\
 \frac{(432,25 + 252,85 + 232,41 + 248,01)}{2 \times 3} - 55601,536 & \\
 = 61049,426 - 55601,536 &= 4447,889
 \end{aligned}$$

Dimana Pengaruh A yaitu faktor orientasi sudut peletakan anyaman serat

b. Perhitungan kuadrat tengah

$$\begin{aligned}
 h^2 &= \frac{4447,889}{3} \\
 &= 1482,630 \\
 h &= \frac{195,517}{8} \\
 &= 1703,099
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan F hitung dari masing-masing sumber keragaman sebagai berikut:

$$\text{Untuk faktor A : } = \frac{S_A^2}{S^2} = \frac{1482,63}{1703,099} = 13,93$$

Tabel 4.3 Tabel analisis varian pengaruh orientasi sudut peletakan anyaman serat dan orientasi penempatan anyaman serat terhadap kekuatan tarik (MN/m²)

Sumber varian	JK	Db	KT	F _{hitung}	F _{α,5%}
Efek peletakan sudut anyaman serat	4447,889	3	1482,630	13,930	4,07
Galat	1703,009	8	106,438		
Total	6380,449	23			

5. Kesimpulan

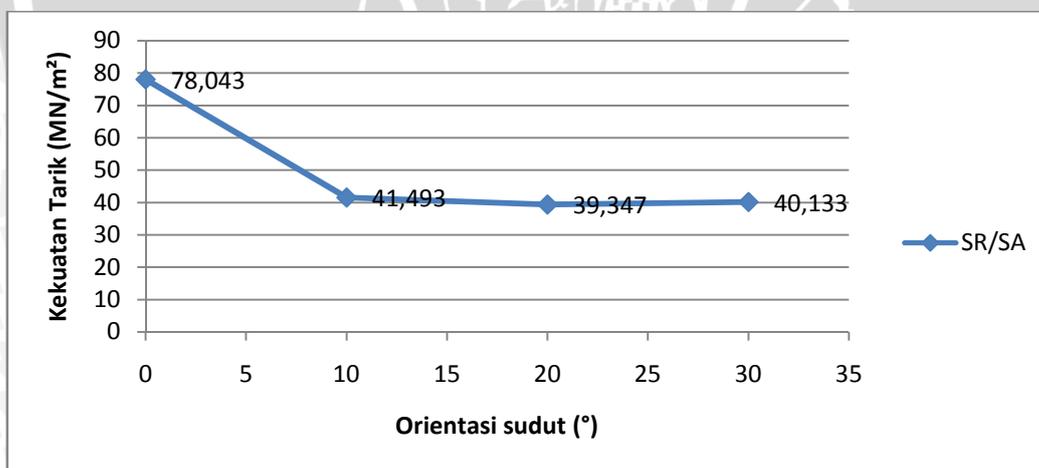
Berdasarkan hasil perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- $F_A \text{ hitung} > F_A \text{ tabel}$, maka H_{01} ditolak dan H_{11} diterima. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kekuatan tarik berdasarkan orientasi peletakan sudut anyaman serat yang artinya sudut peletakan anyaman memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik dengan tingkat keyakinan 95%.

4.3 Pembahasan

4.3.1 Analisis Hubungan Orientasi Sudut terhadap Kekuatan Tarik pada Metode Penyusunan SR/SA

Dari data kekuatan tarik pada metode penyusunan SR/SA dapat digambarkan dalam grafik hubungan orientasi sudut terhadap kekuatan tarik pada metode penyusunan anyaman SR/SA, seperti terlihat pada Gambar 4.1



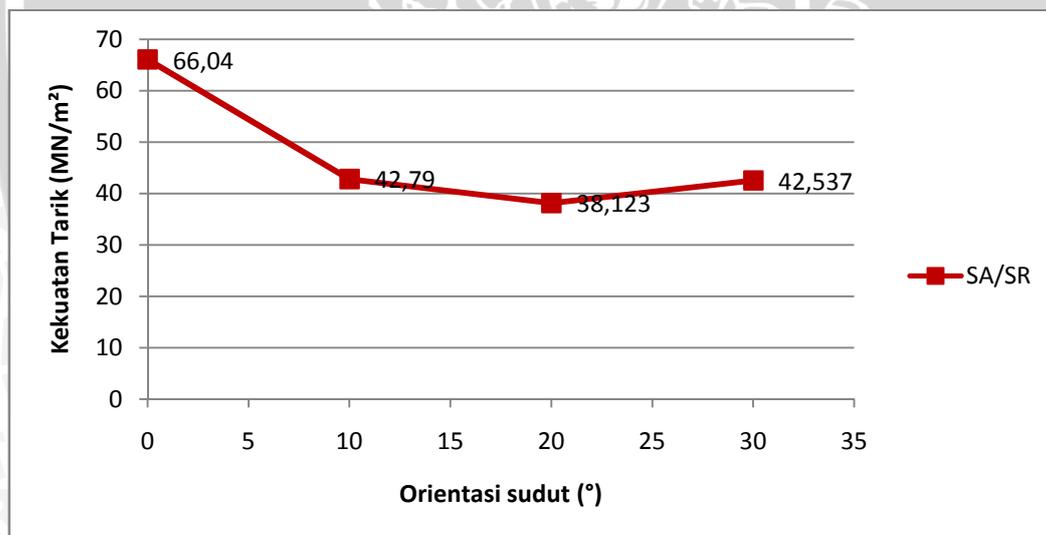
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Orientasi Sudut terhadap Kekuatan Tarik pada Metode Penyusunan anyaman SR/SA

Dari gambar 4.1 grafik hubungan orientasi sudut terhadap kekuatan tarik dengan metode penyusunan serat SR/SA menghasilkan kekuatan tarik tertinggi pada orientasi sudut 0° dengan nilai sebesar $78,043 \text{ MN/m}^2$ dan menghasilkan nilai terendah pada sudut 20° dengan nilai sebesar $39,347 \text{ MN/m}^2$. Namun pada saat orientasi sudut bernilai

20° sampai dengan 30° nilai kekuatan tarik mengalami peningkatan dari nilai 39,347 MN/m² menuju nilai 40,133 MN/m². Hal ini disebabkan karena serat abaka yang pada sudut 0° memiliki panjang lebih pendek daripada serat rami, sedang pada sudut 30° panjang serat abaka sebagai *warp* mulai mengalami peningkatan sehingga dapat membantu dalam meningkatkan kekuatan tarik komposit. Pada sudut 0° menuju sudut 10° mengalami penurunan yang sangat besar dengan nilai berturut-turut sebesar 78,043 MN/m² dan 41,493 MN/m², yang berarti bila tidak ada serat yang searah dengan pembebanan tarik maka nilai kekuatan tarik komposit tidak menghasilkan kekuatan yang maksimal.

4.3.2 Analisis Hubungan Orientasi Sudut terhadap Kekuatan Tarik pada Metode Penyusunan SA/SR

Dari data kekuatan tarik pada metode penyusunan SA/SR dapat digambarkan dalam grafik hubungan orientasi sudut terhadap kekuatan tarik pada metode penyusunan anyaman SA/SR, seperti terlihat pada Gambar 4.2



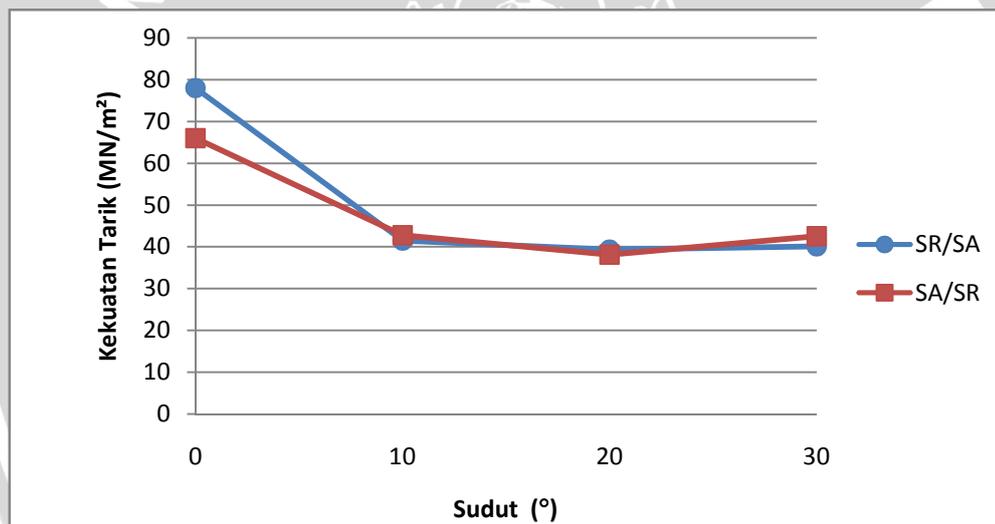
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Orientasi Sudut terhadap Kekuatan Tarik pada Metode Penyusunan anyaman SA/SR

Dari gambar 4.2 grafik hubungan orientasi sudut terhadap kekuatan tarik dengan metode penyusunan serat SA/SR menghasilkan kekuatan tarik tertinggi pada orientasi sudut 0° dengan nilai sebesar 66,04 MN/m² dan menghasilkan nilai terendah pada sudut 20° dengan nilai sebesar 38,125 MN/m². Namun pada saat orientasi sudut bernilai 20° sampai dengan 30° nilai kekuatan tarik mengalami peningkatan dari nilai 38,125 MN/m² menuju nilai 42,537 MN/m². Hal ini disebabkan karena serat rami yang pada

sudut 0° memiliki panjang lebih pendek daripada serat abaka, sedang pada sudut 30° panjang serat rami sebagai *warp* mulai mengalami peningkatan sehingga dapat membantu dalam meningkatkan kekuatan tarik komposit. Pada sudut 0° menuju sudut 10° mengalami penurunan yang sangat besar dengan nilai berturut-turut sebesar $66,04 \text{ MN/m}^2$ dan $42,79 \text{ MN/m}^2$, yang berarti bila tidak ada serat yang searah dengan pembebanan tarik maka nilai kekuatan tarik komposit tidak menghasilkan kekuatan yang maksimal.

4.3.3 Analisis Hubungan antara Orientasi Sudut dan Metode Penyusunan Serat terhadap Kekuatan Tarik

Dari Tabel 4.2 dapat digambarkan dalam grafik hubungan peletakan sudut anyaman serat terhadap kekuatan tarik pada penempatan anyaman SR/SA dan SA/SR, seperti terlihat Gambar 4.3



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Orientasi Sudut terhadap Kekuatan Tarik pada Metode penyusunan anyaman SR/SA dan SA/SR

Dari gambar 4.1 grafik hubungan orientasi sudut dan metode penganyaman anyaman serat terhadap kekuatan tarik material komposit poliester menghasilkan kekuatan tarik terbesar terjadi pada variasi susunan anyaman serat Rami/Abaka dengan orientasi sudut 0° ($0^\circ/90^\circ$) dengan nilai kekuatan tarik $78,043 \text{ MN/m}^2$, sedangkan nilai kekuatan tarik terendah terjadi pada variasi susunan anyaman serat Abaka/Rami dengan orientasi sudut 20° ($30^\circ/120^\circ$) dengan nilai kekuatan tarik sebesar $38,125 \text{ MN/m}^2$. Pada grafik diketahui bahwa trend garis grafik dan nilai kekuatan tarik berdasar orientasi sudut pada anyaman SR/SA dan SA/SR mengalami kecenderungan menurun dan mulai

mengalami kenaikan pada sudut 30° . Kekuatan tarik komposit pada orientasi 0° ($0^\circ/90^\circ$) pada variasi penempatan rami sebagai *weft* dan abaka sebagai *warp* (SR/SA) didapatkan kekuatan tarik tertinggi sebesar $78,043 \text{ MN/m}^2$ sedangkan dengan orientasi yang sama pada variasi penempatan abaka sebagai *weft* dan rami sebagai *warp* (SA/SR) didapatkan kekuatan tarik tertinggi sebesar $66,04 \text{ MN/m}^2$. Data dari Balai Penelitian Serat dan Tembakau menunjukkan bahwa kekuatan serat rami lebih baik bila dibandingkan serat abaka, maka hal ini menunjukkan pada sudut 0° ($0^\circ/90^\circ$) pada anyaman bagian *weft* (bagian searah dengan pembebanan tarik) memiliki peran dalam kekuatan tarik komposit. Pada sudut 0° ($0^\circ/90^\circ$) sampai sudut 20° ($20^\circ/110^\circ$) kekuatan tarik komposit mengalami penurunan, akan tetapi pada sudut 30° ($30^\circ/120^\circ$) kekuatan tarik mulai mengalami peningkatan kecil. Hal ini disebabkan pada sudut 30° ($30^\circ/120^\circ$) serat rami dan abaka pembagian beban tarik antara kedua serat ternyata lebih merata karena bagian *warp* (bagian yang tegak lurus pembebanan tarik) mulai mempunyai ukuran panjang serat yang mulai berperan terhadap kekuatan tarik komposit. Hal ini sesuai dengan perhitungan yang dicantumkan pada lampiran, bahwa pada sudut 20° menuju sudut 30° memang didapatkan nilai kekuatan tarik yang meningkat.

Pada grafik juga dapat dilihat bahwa metode penyusunan serat ternyata kurang berpengaruh pada sudut 10° sampai dengan 30° karena nilai kekuatan tarik pada sudut tersebut menunjukkan nilai yang relatif serupa untuk kedua metode penganyaman. Hanya pada sudut 0° memberikan nilai berbeda, dikarenakan pada sudut tersebut serat yang lebih berperan terhadap kekuatan tarik adalah serat yang searah dengan pembebanan tarik.

4.4 Foto Spesimen Uji Tarik Komposit Poliester

Foto spesimen yang telah mengalami patah dapat dilihat pada gambar-gambar dibawah ini, sesuai dengan metode dan orientasi sudutnya.

4.4.1 Foto Spesimen dengan Metode Penyusunan SR/SA



Gambar 4.4 Spesimen dengan orientasi sudut 0° dengan metode penyusunan SR/SA setelah diuji tarik



Gambar 4.5 Spesimen dengan orientasi sudut 10° dengan metode penyusunan SR/SA setelah diuji tarik



Gambar 4.6 Spesimen dengan orientasi sudut 20° dengan metode penyusunan SR/SA setelah diuji tarik



Gambar 4.7 Spesimen dengan orientasi sudut 30° dengan metode penyusunan SR/SA setelah diuji tarik

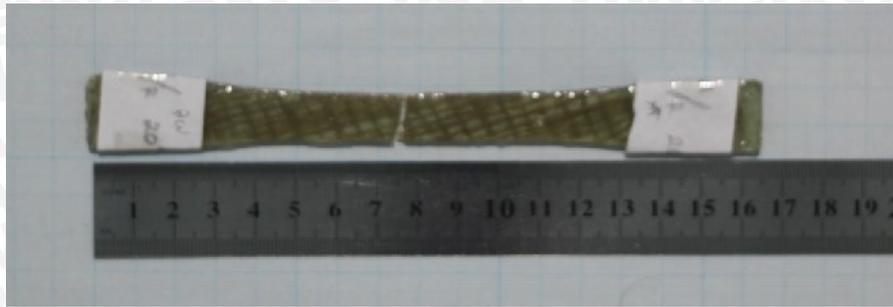
4.4.2 Foto Spesimen dengan Metode Penyusunan SA/SR



Gambar 4.8 Spesimen dengan orientasi sudut 0° dengan metode penyusunan SA/SR setelah diuji tarik



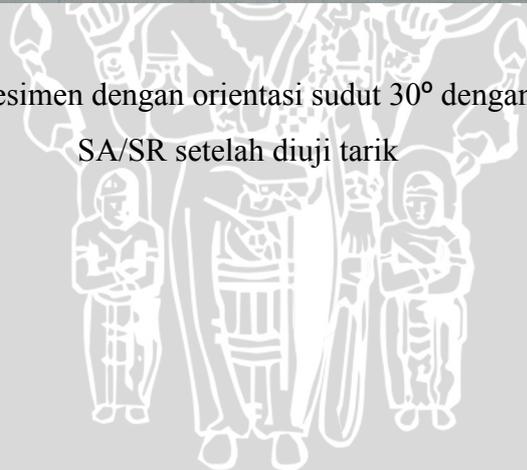
Gambar 4.9 Spesimen dengan orientasi sudut 10° dengan metode penyusunan SA/SR setelah diuji tarik



Gambar 4.10 Spesimen dengan orientasi sudut 20° dengan metode penyusunan SA/SR setelah diuji tarik



Gambar 4.11 Spesimen dengan orientasi sudut 30° dengan metode penyusunan SA/SR setelah diuji tarik



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pengamatan dan hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa semakin kecil orientasi sudut anyaman serat terhadap arah beban tarik, maka kekuatan tarik komposit akan menurun. Namun kekuatan tarik mengalami kenaikan ketika orientasi sudut berada pada sudut 20° sampai dengan sudut 30° .

5.2 Saran

Penggunaan komposit dengan metode penganyaman masih belum banyak dilakukan penelitian, oleh sebab itu penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menggunakan pola anyaman yang bervariasi, dengan orientasi sudut yang berbeda, dan dapat pula dengan menggunakan jenis serat yang berbeda.



DAFTAR PUSTAKA

- Billmeyer, Fred. 1984. *Textbook of Polymer Science*. John Wiley & Sons Inc, Singapura.
- Diputra, E. 2008. *Pengaruh Arah Anyaman Fiberglass Terhadap Kekuatan Tarik Dan Lentur Komposit Plastik Polypropylene Pada Proses Injeksi*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya
- Gibson, F.R. 1994. *Principles of Composite material Mechanis, International Edition*. New York: Mc Graw Hill.
- Harper, A. C. 1996, *Handbook of Plastics, Elastomers and Composites*. Mc Graw Hill.
- Jones, R.M. 1999. *Mechanics of Material Composite*. Virginia Polytechnic Institute and State University Blacksburg.
- Mallick, P.K. 2007, *Fiber-Reinforced Composites*. Michigan: CRC Press.
- Mathews, F.L. & Rawling, F.D. 1994. *Composite Material : Engineering and Science*. London UK: Chapman and Hall.
- Mikell P.G. 1996. *Composite Material Fundamental of Modern Manu-facturing Material, Processes, And System*. Prentice Hall.
- Pamungkas T.U. 2010. *Pengaruh Orientasi Sudut Dan Jumlah Lapisan E-Glass Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Laminat Polyester*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Schwart, M.M. 1984. *Composite Material Handbook*. New York: Mc Graw Hill.
- Schwart, M.M. 1996. *Composite Material Properties Non Destructive Testing*. Mc Graw Hill.
- Shackelford, J.F. 1992. *Introduction to Materials Science for Engineers*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Smith, W.F. 2002. *Foundations of Material Science And Engineering*. Mc Graw Hill International Editions.
- Surdia, T. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Suryansyah, H.A., 2004, *Pengaruh Fraksi Volume Serat Tunggal Enceng Gondok Dan Serat Tunggal E-Glass Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impak Komposit Polyester*, Teknik Mesin Universitas Brawijaya, Malang.
- Triyono, T. & Diharjo, K. 2003. *Buku Pegangan Kuliah Material Teknik*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Walpole, R.E. 1992. *Pengantar Statistika*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Yuwono, A.H., 2009, *Analisis Mekanik Komposit Laminat*, Jakarta: Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia

http://en.wikipedia.org/wiki/Plain_weave. (diakses Mei 2010)

http://en.wikipedia.org/wiki/Manila_hemp. (diakses Juni 2010)

<http://en.wikipedia.org/wiki/Ramie>. (diakses Juni 2010)

<http://fida.da.gov.ph/Abaca6.html>. (diakses Juni 2010)

http://geosyntheticsmagazine.com/articles/0409_tech3_comparing.html. (diakses Juni 2010)

<http://www.azom.com/details.asp?ArticleID=1091>. (diakses Mei 2010)

http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia-polimer/klasifikasi-polimer/berdasarkan-asalnya. (diakses September 2010)

http://www.justus.co.id/jsr/product_yukalac.html. (diakses Juni 2010)

<http://www.netcomposites.com>. (diakses Juni 2010)

<http://www.waytodeal.com/detail/product/6895/buy/Mekpo-Methyl-Ethyl-Ketone-Peroxide-Justus-Kimiaraya>. (diakses Agustus 2010)

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LAMPIRAN



LAMPIRAN

**Lampiran 1. Hasil pengujian di Laboratorium Metalurgi/ Pengujian Bahan
Institut Teknologi Nasional**



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI JURUSAN TEKNIK MESIN
LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL
Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Ext. 511 Malang

Nama : Henry Setiawan
Nim : 0610623031
Jurusan/ Prodi : Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

TEST REPORT

Hari / Tanggal : Senin, 25 – 10- 2010

Computer Hydraulic Universal Testing Machine

Maker	: Hung Ta HT - 9502	Country of original	: Taiwan
Max. Load	: 50.000 Kgf	Test Description	: Tensile
Serial No.	: 1146	Test Standard	: ASTM D 638

No	SPECIMENT	Area (m ²)	Max. Force (Newton)	Tensile Strength (MN/ m ²)	Rata-rata	Elongation (%)
1	Serat Abaka-Abaka 0°	45.50	1803.20	39.63		10.13
2	Serat Rami-Rami 0°	45.50	2185.40	48.03		21.07
3	Serat Abaka-Rami 0° 1	45.50	3110.38	68.36	66.04	18.76
4	Serat Abaka-Rami 0° 2	45.50	3163.61	69.53		12.27
5	Serat Abaka-Rami 0° 3	45.50	2740.46	60.23		11.73
6	Serat Rami-Abaka 0° 1	45.50	3189.55	70.01	78.01	13.96
7	Serat Rami-Abaka 0° 2	45.50	3924.37	86.25		26.22
8	Serat Rami-Abaka 0° 3	45.50	3538.99	77.78		18.93
9	Serat Abaka-Rami 10° 1	45.50	1680.70	36.94	42.79	9.69
10	Serat Abaka-Rami 10° 2	45.50	2405.90	52.88		12.09
11	Serat Abaka-Rami 10° 3	45.50	1754.20	38.55		9.24
12	Serat Rami-Abaka 10° 1	45.50	1715	37.69	41.49	11.90
13	Serat Rami-Abaka 10° 2	45.50	2513.70	55.24		18.22
14	Serat Rami-Abaka 10° 3	45.50	1435.70	31.55		6.84
15	Serat Abaka-Rami 20° 1	45.50	1470	32.31	38.12	7.56
16	Serat Abaka-Rami 20° 2	45.50	1528.80	33.60		8.36
17	Serat Abaka-Rami 20° 3	45.50	2205	48.46		10.31
18	Serat Rami-Abaka 20° 1	45.50	1450.40	31.88	39.35	6.49
19	Serat Rami-Abaka 20° 2	45.50	2111.90	46.42		16.80
20	Serat Rami-Abaka 20° 3	45.50	1808.10	39.74		11.20
21	Serat Abaka-Rami 30° 1	45.50	2263.80	49.75	42.54	10.40
22	Serat Abaka-Rami 30° 2	45.50	2508.80	55.14		24.71
23	Serat Abaka-Rami 30° 3	45.50	1033.90	22.72		5.96
24	Serat Rami-Abaka 30° 1	45.50	1827.70	40.17	40.13	22.67
25	Serat Rami-Abaka 30° 2	45.50	2273.60	49.97		14.40
26	Serat Rami-Abaka 30° 3	45.50	1376.90	30.26		9.51

Data ini dibuat berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium Pengujian Material / Metallografi (Grafik terlampir).

Malang, 28 November 2010
Kepala Laboratorium


Ir. H. Basuki Widodo, MT
 NIP. Y : 1018100037



Lampiran 2. Tabel F

NILAI-NILAI UNTUK DISTRIBUSI F

Baris atas untuk 5%
Baris bawah untuk 1%

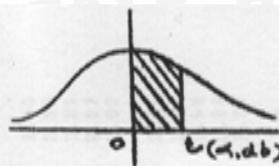
$V_1 = dk$ pembilang

$V_2 = dk$ Penyebut	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	0	
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	246	248	249	250	251	252	253	253	254	254	254	254
2	4,052	4,999	5,403	5,625	5,764	5,859	5,928	5,981	6,022	6,056	6,082	6,106	6,142	6,169	6,208	6,234	6,258	6,286	6,302	6,323	6,334	6,352	6,361	6,366	6,366
3	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,36	19,37	19,38	19,40	19,41	19,42	19,43	19,44	19,44	19,45	19,46	19,47	19,47	19,48	19,49	19,49	19,49	19,50	19,50
4	98,49	99,00	99,17	99,25	99,30	99,33	99,34	99,36	99,38	99,40	99,41	99,42	99,43	99,44	99,45	99,46	99,47	99,48	99,48	99,49	99,49	99,49	99,50	99,50	99,50
5	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,88	8,84	8,81	8,78	8,76	8,74	8,71	8,69	8,66	8,64	8,62	8,60	8,58	8,57	8,56	8,54	8,54	8,53	8,53
6	34,12	30,81	29,46	28,71	28,24	27,91	27,67	27,49	27,34	27,23	27,13	27,05	26,92	26,83	26,69	26,60	26,50	26,41	26,35	26,27	26,23	26,18	26,14	26,12	26,12
7	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,93	5,91	5,87	5,84	5,80	5,77	5,74	5,71	5,70	5,68	5,66	5,65	5,64	5,63	5,63
8	21,20	18,00	16,69	15,98	15,52	15,21	14,98	14,80	14,66	14,54	14,45	14,37	14,24	14,15	14,02	13,93	13,83	13,74	13,69	13,61	13,57	13,52	13,48	13,46	13,46
9	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,78	4,74	4,70	4,68	4,64	4,60	4,56	4,53	4,50	4,46	4,44	4,42	4,40	4,38	4,37	4,36	4,36
10	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67	10,45	10,27	10,15	10,05	9,96	9,89	9,77	9,68	9,55	9,47	9,38	9,29	9,24	9,17	9,13	9,07	9,04	9,02	9,02
11	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,03	4,00	3,96	3,92	3,87	3,84	3,81	3,77	3,75	3,72	3,71	3,69	3,68	3,67	3,67
12	13,74	10,92	9,78	9,15	8,75	8,47	8,26	8,10	7,98	7,87	7,79	7,72	7,60	7,52	7,39	7,31	7,23	7,14	7,09	7,02	6,99	6,94	6,90	6,88	6,88
13	5,59	4,74	4,35	4,14	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,63	3,60	3,57	3,51	3,49	3,44	3,41	3,38	3,34	3,32	3,29	3,28	3,25	3,24	3,23	3,23
14	12,25	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	7,00	6,84	6,71	6,62	6,54	6,47	6,35	6,27	6,15	6,07	5,98	5,90	5,85	5,78	5,75	5,70	5,67	5,65	5,65
15	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,34	3,31	3,28	3,23	3,20	3,15	3,12	3,08	3,05	3,03	3,00	2,98	2,96	2,94	2,93	2,93
16	11,26	8,65	7,59	7,01	6,63	6,37	6,19	6,03	5,91	5,82	5,74	5,67	5,56	5,48	5,36	5,28	5,20	5,11	5,06	5,00	4,96	4,91	4,88	4,86	4,86
17	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,13	3,10	3,07	3,02	2,98	2,93	2,90	2,86	2,82	2,80	2,77	2,75	2,73	2,72	2,71	2,71
18	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,62	5,47	5,35	5,26	5,18	5,11	5,00	4,92	4,80	4,73	4,64	4,56	4,51	4,45	4,41	4,36	4,33	4,31	4,31
19	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,97	2,94	2,91	2,86	2,82	2,77	2,74	2,70	2,67	2,64	2,61	2,59	2,56	2,55	2,54	2,54
20	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,21	5,06	4,95	4,85	4,78	4,71	4,60	4,52	4,41	4,33	4,25	4,17	4,12	4,05	4,01	3,96	3,93	3,91	3,91
21	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,86	2,82	2,79	2,74	2,70	2,65	2,61	2,57	2,53	2,50	2,47	2,45	2,42	2,41	2,40	2,40
22	9,65	7,20	6,22	5,67	5,32	5,07	4,88	4,74	4,63	4,54	4,46	4,40	4,29	4,21	4,10	4,02	3,94	3,86	3,80	3,74	3,70	3,66	3,62	3,60	3,60

$V_1 = dk$ pembilang

$V_2 = dk$ Penyebut	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	0
12	4.75	3.88	3.49	3.26	3.11	3.00	2.92	2.85	2.80	2.76	2.72	2.69	2.64	2.60	2.54	2.50	2.46	2.42	2.40	2.36	2.35	2.32	2.31	2.30
13	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.65	4.50	4.39	4.30	4.22	4.16	4.05	3.98	3.86	3.78	3.70	3.61	3.56	3.49	3.46	3.41	3.38	3.36
14	4.67	3.80	3.41	3.18	3.02	2.92	2.84	2.77	2.72	2.67	2.63	2.60	2.55	2.51	2.46	2.42	2.38	2.34	2.32	2.28	2.26	2.24	2.22	2.21
15	9.07	6.71	5.74	5.20	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10	4.02	3.96	3.85	3.78	3.67	3.59	3.51	3.42	3.37	3.30	3.27	3.21	3.18	3.16
16	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.77	2.70	2.65	2.60	2.56	2.53	2.48	2.44	2.39	2.35	2.31	2.27	2.24	2.21	2.19	2.16	2.14	2.13
17	8.86	6.51	5.56	5.03	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94	3.86	3.80	3.70	3.62	3.51	3.43	3.34	3.26	3.21	3.14	3.11	3.06	3.02	3.00
18	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.70	2.64	2.59	2.55	2.51	2.48	2.43	2.39	2.33	2.29	2.25	2.21	2.18	2.15	2.12	2.10	2.08	2.07
19	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80	3.73	3.67	3.56	3.48	3.36	3.29	3.20	3.12	3.07	3.00	2.97	2.92	2.89	2.87
20	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.45	2.42	2.37	2.33	2.28	2.24	2.20	2.16	2.13	2.09	2.07	2.04	2.02	2.01
21	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.61	3.55	3.45	3.37	3.25	3.18	3.10	3.01	2.96	2.89	2.86	2.80	2.77	2.75
22	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.62	2.55	2.50	2.45	2.41	2.38	2.33	2.29	2.23	2.19	2.15	2.11	2.08	2.04	2.02	1.99	1.97	1.96
23	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59	3.52	3.45	3.35	3.27	3.16	3.08	3.00	2.92	2.86	2.79	2.76	2.70	2.67	2.65
24	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.29	2.25	2.19	2.15	2.11	2.07	2.04	2.00	1.98	1.95	1.93	1.92
25	8.28	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.85	3.71	3.60	3.51	3.44	3.37	3.27	3.19	3.07	3.00	2.91	2.83	2.78	2.71	2.68	2.62	2.59	2.57
26	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.55	2.48	2.43	2.38	2.34	2.31	2.26	2.21	2.15	2.11	2.07	2.02	2.00	1.96	1.94	1.91	1.90	1.88
27	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.36	3.30	3.19	3.12	3.00	2.92	2.84	2.76	2.70	2.63	2.60	2.54	2.51	2.49
28	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.52	2.45	2.40	2.35	2.31	2.28	2.23	2.18	2.12	2.08	2.04	1.99	1.96	1.92	1.90	1.87	1.85	1.84
29	8.10	5.85	4.94	4.43	4.1	3.87	3.71	3.56	3.45	3.37	3.30	3.23	3.13	3.05	2.94	2.86	2.77	2.69	2.63	2.56	2.53	2.47	2.44	2.42
30	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.20	2.15	2.09	2.05	2.00	1.96	1.93	1.89	1.87	1.84	1.82	1.81
31	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.65	3.51	3.40	3.31	3.24	3.17	3.07	2.99	2.88	2.80	2.72	2.63	2.58	2.51	2.47	2.42	2.38	2.36
32	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.47	2.40	2.35	2.30	2.26	2.23	2.18	2.13	2.07	2.03	1.98	1.93	1.91	1.87	1.84	1.81	1.80	1.78
33	7.94	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26	3.18	3.12	3.02	2.94	2.83	2.75	2.67	2.58	2.53	2.46	2.42	2.37	2.33	2.31
34	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.45	2.38	2.32	2.28	2.24	2.20	2.14	2.10	2.04	2.00	1.96	1.91	1.88	1.84	1.82	1.79	1.77	1.76
35	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30	3.21	3.14	3.07	2.97	2.89	2.78	2.70	2.62	2.53	2.48	2.41	2.37	2.32	2.28	2.26
36	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.43	2.36	2.30	2.26	2.22	2.18	2.13	2.08	2.02	1.98	1.94	1.89	1.86	1.82	1.80	1.77	1.74	1.73
37	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.25	3.17	3.09	3.03	2.93	2.85	2.74	2.66	2.58	2.49	2.44	2.36	2.33	2.27	2.23	2.21
38	4.24	3.38	2.99	2.76	2.60	2.49	2.41	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.11	2.06	2.00	1.96	1.92	1.87	1.84	1.80	1.77	1.74	1.72	1.71
39	7.77	5.57	4.68	4.18	3.86	3.63	3.46	3.32	3.21	3.13	3.05	2.99	2.89	2.81	2.70	2.62	2.54	2.45	2.40	2.32	2.29	2.23	2.19	2.17
40	4.22	3.37	2.98	2.74	2.59	2.48	2.40	2.33	2.27	2.22	2.18	2.14	2.10	2.05	1.99	1.95	1.90	1.85	1.82	1.78	1.76	1.72	1.70	1.69
41	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.17	3.09	3.02	2.96	2.86	2.77	2.66	2.58	2.50	2.41	2.36	2.28	2.25	2.19	2.15	2.13

Lampiran 3. Tabel T



db	α	0,05	0,01	0,025	0,05	0,10
1		63,657	31,821	12,706	6,314	3,078
2		9,925	6,965	4,303	2,920	1,886
3		5,841	4,541	3,182	2,353	1,638
4		4,604	3,747	2,776	2,132	1,533
5		4,032	3,365	2,571	2,015	1,476
6		3,707	3,143	2,447	1,943	1,440
7		3,499	2,998	2,365	1,895	1,415
8		3,355	2,896	2,306	1,860	1,397
9		3,250	2,821	2,262	1,833	1,383
10		3,169	2,764	2,228	1,812	1,372
11		3,106	2,718	2,201	1,796	1,363
12		3,055	2,681	2,179	1,796	1,363
13		3,0122	2,650	2,160	1,771	1,350
14		2,977	2,624	2,145	1,761	1,341
15		2,947	2,602	2,131	1,753	1,341
16		2,921	2,583	2,120	1,746	1,337
17		2,898	2,567	2,110	1,740	1,333
18		2,878	2,552	2,101	1,734	1,330
19		2,861	2,539	2,093	1,729	1,328
20		2,845	2,526	2,086	1,725	1,325
21		2,831	2,518	2,090	1,721	1,323
22		2,819	2,508	2,074	1,717	1,321
23		2,807	2,500	2,069	1,714	1,319
24		2,797	2,492	2,064	1,711	1,315
25		2,787	2,485	2,060	1,708	1,316
26		2,779	2,479	2,056	1,706	1,315
27		2,771	2,473	2,052	1,703	1,314
28		2,763	2,467	2,049	1,701	1,313
29		2,756	2,462	2,045	1,699	1,311
30		2,750	2,457	2,042	1,696	1,310
40		2,704	2,423	2,021	1,684	1,303
60		2,660	2,390	2,000	1,671	1,296
100		2,617	2,356	1,980	1,658	1,288
-		2,576	2,326	1,960	1,645	1,282

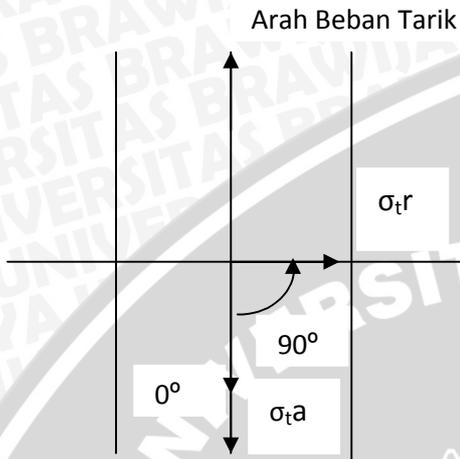
Lampiran 4. Contoh Perhitungan Sudut

$$\sigma_{ta} = 66,04 \text{ MPa pada } 0^\circ$$

$$\sigma_{tr} = 78,04 \text{ MPa pada } 0^\circ$$

SA/SR

Sudut 0° untuk metode penyusunan SA/SR

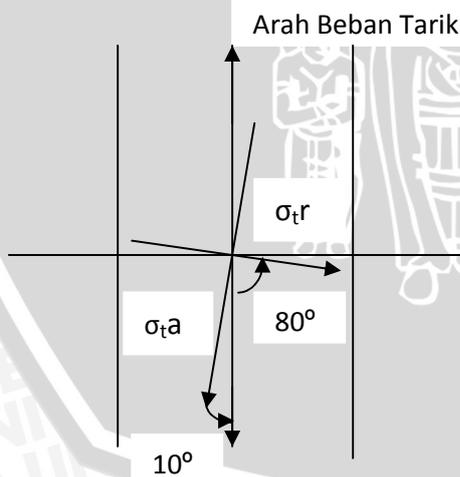


$$\sigma_t = \sigma_{ta} \cos 0^\circ + \sigma_{tr} \cos 90^\circ$$

$$= 66,04 * 1 + 78,04 * 0$$

$$= 66,04 \text{ MPa}$$

Sudut 10° untuk metode penyusunan SA/SR

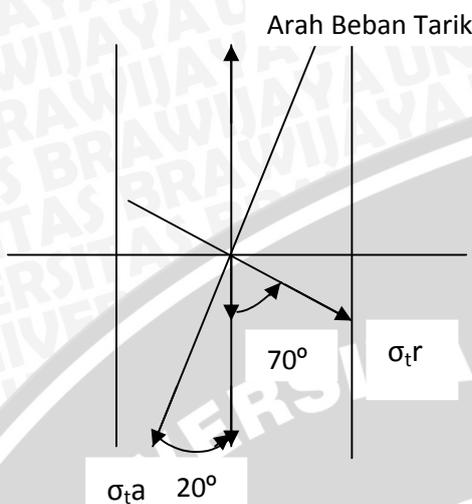


$$\sigma_t = \sigma_{ta} \cos 10^\circ + \sigma_{tr} \cos 80^\circ$$

$$= 66,04 * 0,98 + 78,04 * 0,17$$

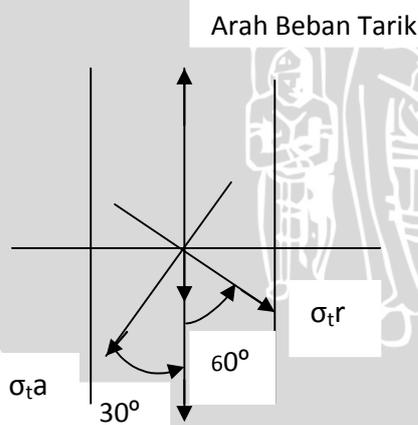
$$= 78,27 \text{ MPa}$$

Sudut 20° untuk metode penyusunan SA/SR



$$\begin{aligned}\sigma_t &= \sigma_{ta} \cos 20^\circ + \sigma_{tr} \cos 70^\circ \\ &= 66,04 * 0,94 + 78,04 * 0,34 \\ &= 88,21 \text{ MPa}\end{aligned}$$

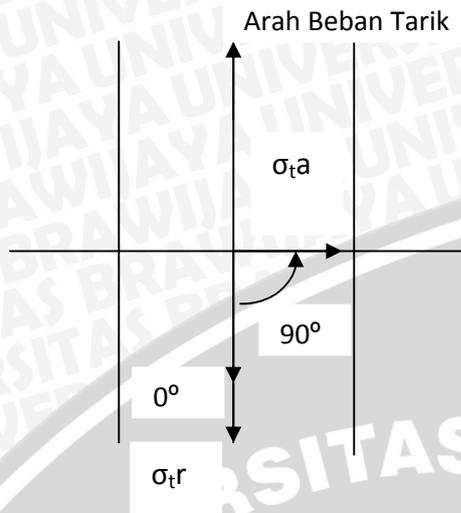
Sudut 30° untuk metode penyusunan SA/SR



$$\begin{aligned}\sigma_t &= \sigma_{ta} \cos 30^\circ + \sigma_{tr} \cos 60^\circ \\ &= 66,04 * 0,87 + 78,04 * 0,5 \\ &= 94,25 \text{ MPa}\end{aligned}$$

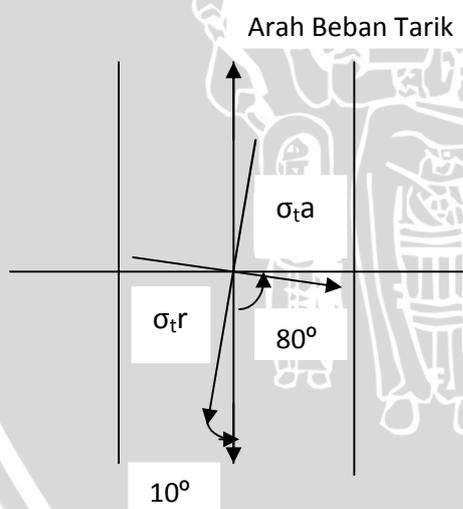
SR/SA

Sudut 0° untuk metode penyusunan SR/SA



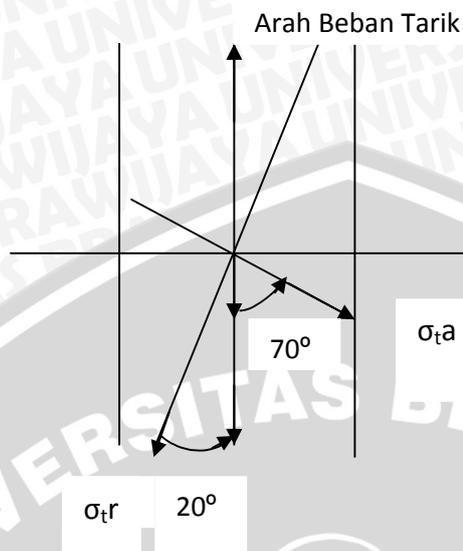
$$\begin{aligned}\sigma_t &= \sigma_{ta} \cos 90^\circ + \sigma_{tr} \cos 0^\circ \\ &= 66,04 * 0 + 78,04 * 1 \\ &= 78,04 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Sudut 10° untuk metode penyusunan SR/SA



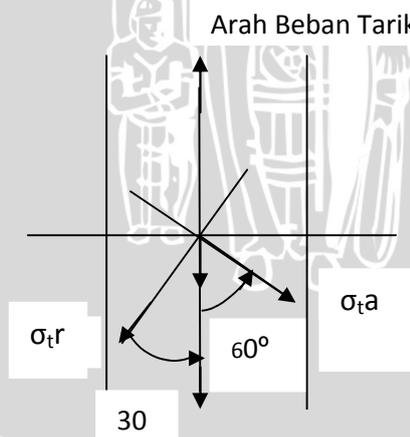
$$\begin{aligned}\sigma_t &= \sigma_{ta} \cos 80^\circ + \sigma_{tr} \cos 10^\circ \\ &= 66,04 * 0,17 + 78,04 * 0,98 \\ &= 87,706 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Sudut 20° untuk metode penyusunan SR/SA



$$\begin{aligned}\sigma_t &= \sigma_{ta} \cos 70^\circ + \sigma_{tr} \cos 20^\circ \\ &= 66,04 * 0,34 + 78,04 * 0,94 \\ &= 95,8112 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Sudut 30° untuk metode penyusunan SR/SA



$$\begin{aligned}\sigma_t &= \sigma_{ta} \cos 60^\circ + \sigma_{tr} \cos 30^\circ \\ &= 66,04 * 0,5 + 78,04 * 0,87 \\ &= 100,9148 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Tabel rekapitulasi perhitungan teoritis

θ	0°	10°	20°	30°
Metode SR/SA	78,04	87,706	95,8112	100,9148
SA/SR	66,04	78,27	88,21	94,25



Lampiran 5. Surat Keterangan Penelitian



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI JURUSAN TEKNIK MESIN
LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL
Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Ext. 511 Malang

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ir. H. Basuki Widodo, MT
Jabatan : Kepala Laboratorium Pengujian Material /
Metallografi

Menerangkan bahwa mahasiswa tersebut :

Nama : Henry Setiawan.
Nim : 0610623031
Jurusan/Fakultas : Teknik Mesin S 1
Universitas Brawijaya Malang

Telah melakukan penelitian (*Uji Tarik dengan judul skripsi Pengaruh Orientasi Sudut Anyaman dan metode Penyusunan Serat Alam terhadap Kekuatan Tarik Komposit Poliester*).

Di Lab. Pengujian Material / Metallografi, pada tanggal 25 Oktober 2010.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 28 oktober 2010

Kepala Laboratorium

Ir. H. Basuki Widodo, MT
NIP Y : 1018100037

