

TESIS

Kaji Eksperimental dan Teoritis Pengaruh Absorpsi Air Laut Terhadap Kekuatan Impak Komposit Rajutan Rami dengan Metode Statistik



Dibuat oleh

ZULKIFLI

P2202211402

**PROGRAM PENDIDIKAN PASCA SARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN MAKASSAR
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

2013

**KAJI EKSPERIMENTAL DAN TEORITIS PENGARUH ABSORPSI
AIR LAUT TERHADAP KEKUATAN IMPAK KOMPOSIT RAJUTAN
RAMI DENGAN METODE STATISTIK**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Derajat Magister

Program Studi

Teknik Mesin / Konstruksi Mesin

Disusun dan diajukan oleh

Zulkifli

KEPADA

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2013

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Zulkifli
Nomor Pokok : P2202211402
Program Studi : Teknik Mesin
Konsentrasi : Konstruksi Mesin

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar 3 Oktober 2013

Yang membuat pernyataan

(Zulkifli)

PRAKATA

Dengan ucapan Alhamdulillah, segala puji dan syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan tesis ini dengan sebaik-baiknya. serta tidak lupa kita panjatkan shalawat dan salam kepada Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarga.

Tesis yang berjudul “ *Kaji Eksperimental Dan Teoritis Pengaruh Absorpsi Air Laut Terhadap Kekuatan Impak Komposit Rajutan Rami Dengan Metode Statistik* ” ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi untuk memperoleh gelar magister pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.

Pada kesempatan ini penghargaan dan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada kedua orang tua penulis, Ayahanda Haji Abd. Azis laba, Ibunda terkasih Hajjah Sitti Subaedah, dan Istri tercinta Wahyuni, serta kakak dan adik-adikku. Terima kasih atas doa, dorongan, semangat dan sumber inspirasinya, sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini.

Penulis juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan petunjuk, terutama kepada :

1. Prof. Dr. Ir. H. Hammada Abbas, MSME, selaku ketua komisi penasehat atas segala waktu dan bimbingannya selama penyusunan tesis ini.

2. Dr.Ir.Johannes Leonard,DEA, selaku anggota komisi penasehat atas segala waktu dan bimbingannya selama penyusunan tesis ini.
3. Rafiuddin Syam,ST.M.eng.PhD, selaku ketua Program Studi Pascasarjana Teknik Mesin sekaligus sebagai Ketua Tim Penguji atas waktu dan segala masukan yang bermanfaat dalam penyelesaian tesis ini.
4. Prof. Dr. Ir. H. A. Syamsul Arifin P, ME. selaku Anggota Tim Penguji atas waktu dan segala masukan yang bermanfaat dalam penyelesaian tesis ini.
5. Dr.Rustan Tarakka. S.T., MT. selaku Anggota Tim Penguji atas waktu dan segala masukan yang bermanfaat dalam penyelesaian tesis ini.
6. Dr.-Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Bapak Direktur beserta Staf Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin atas segala pelayanannya.
8. Bapak Rektor Universitas Hasanuddin.
9. Pimpinan Universitas Gajah Mada Jogjakarta beserta jajaran (Dosen dan Administrasi), terkhusus bapak Ir. Zulkifli Djafar. MT (Mahasiswa Pasca Sarjana Program S3 dan dosen teknik mesin UNHAS) yang telah membantu melakukan penelitian dan pengambilan data pada Laboratorium Metalurgi dan Material Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, serta masukan yang bermanfaat dalam penyelesaian tesis ini..
10. Bapak, ibu dosen serta staf Pengajar Jurusan Mesin Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.
11. Kepada seluruh teman-teman Pascasarjan Teknik Mesin 2011 (Johanes Ohoiwutun, Edi Rande Padang, Muhamaad Iqbal Achmad, Hamka Munir, Randis,

Saeful dll yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu), yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tesis ini.

12. Kepada seluruh teman-teman Pascasarjana Teknik Mesin 2012 atas bantuan dan doa selama penyusunan tesis ini.

Akhir kata, terima kasih atas semua dukungan yang telah diberikan. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan oleh karena itu, masukan dan kritikan sekalian kiranya dapat membantu pengembangan penelitian ini selanjutnya.

Makassar, Oktober 2013

Zulkifli

ABSTRAK

ZULKIFLI. *Kaji Eksperimental dan Teoretis Pengaruh Absorpsi Air Laut Terhadap Kekuatan Impak Komposit Rajutan Rami dengan Metode Statistik* (dibimbing oleh Hammada Abbas dan Johannes Leonard).

Kajian ini bertujuan mengetahui (1) rumus empiris regresi linear sederhana dari pertambahan berat material komposit selama 84 hari, (2) daya penyerapan air laut pada material komposit selama 84 hari, dan (3) pengaruh perendaman selama 28, 56, dan 84 hari terhadap kekuatan impak material komposit diperkuat rajutan rami.

Kajian ini menggunakan rajutan jenis basket dari serat rami yang dipotong dengan ukuran 25 cm x 25 cm sebagai penguatnya dan direndam di perairan pulau Barrang Lompo Makassar dengan variasi lama perendaman 28 hari, 56 hari, dan 84 hari sesuai standar ASTM D570-98. Perbandingan antara matriks *epoxy resin* dan *epoxy hardener*, yaitu 64:36. Material uji impak dibuat dengan teknik *press mold* dan dipotong sesuai dengan dimensi uji impak sesuai ASTM D5942-96.

Hasil pengujian impak menunjukkan bahwa pertambahan berat akibat absorpsi air laut berbanding lurus dengan lama perendaman dengan rumus empiris regresi linear sederhananya, yaitu $Y=0,071+0,500X$. Hal ini juga memengaruhi bertambahnya kadar air dari material komposit. Dengan bertambahnya kadar air laut pada material komposit akan menurunkan kekuatan impak komposit, tetapi tidak signifikan. Penurunan kekuatan impak terendah terjadi pada perendaman selama 84 hari, yaitu sebesar 5,86902281 j/m diikuti juga dengan menurunnya energi serap material komposit, yaitu sebesar 0,232686462 joule jika dibandingkan dengan kekuatan impak pada masa perendaman 28 hari, yaitu sebesar 6,16754411 j/m² dengan energi serap sebesar 0,26052974 joule.

Kata kunci: komposit, rajutan rami, perendaman, ASTM, regresi linear, energi serap, kekuatan impak



DAFTAR ISI

PRAKATA	i
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xii
I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	16
B. Rumusan Masalah	20
C. Tujuan Penelitian	21
D. Batasan Masalah	21
E. Manfaat Penelitian.....	22
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	23
A. Kekuatan Impak	23
B. Komposit	26
1. Definisi Komposit.....	26
2. Klasifikasi Material Komposit Berdasarkan bentuk komponen strukturalnya.....	28
3. Unsur-unsur Utama Pembentuk Komposit FRP	32
C. Serat Rami	38
1. Struktur Molekul	42
2. Susunan Kimia	42
3. Bentuk Serat Rami	43
4. Sifat Fisika.....	45

5. Sifat Kimia	45
D. Tenunan	47
1. Kain Tenun dengan Silang Polos (Plain Weave).....	48
2. Kain Tenun dengan Silang Kepar (Twill Weave).....	49
3. Kain Tenun dengan Silang Satin (Satin Weave)	50
E. Water-Absorption	57
F. Regresi	59
1. Regresi Linier Sederhana.....	60
G. Air Laut	61
1. Salinitas.....	62
2. Temperatur.....	63
3. Konduktivitas	63
4. Densitas	64
III. METODELOGI PENELITIAN	65
A. Tempat dan Waktu Penelitian	65
B. Alat Dan Bahan	65
1. Alat	65
2. Bahan.....	68
C. Proses Pencetakan	70
D. Proses Perendaman	72
E. Pengujian Impak.....	73
F. Diagram Alir.....	77
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	78
A. Hasil	78
1. Uji Regresi Linear Sederhana	78

2. Uji Absorpsi Air Laut	81
3. Uji Impak	82
B. Pembahasan	84
1. Uji Regresi Linear Sederhana	84
2. Uji Absorpsi Air Laut	89
3. Uji Impak	91
V. PENUTUP	97
A. Kesimpulan	97
B. Saran.....	98

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Keterangan	Halaman
1	Kelas kekuatan kayu (Direktorat Jenderal Kehutanan Departemen Pertanian, 1976)	2
2	Perbandingan Sifat Fisik Serat Rami Dan Kapas sebelum Dimasak	26
3	Komposisi Kimia Serat Rami	28
4	Keterangan ukuran dimensi dari gambar spesimen	59
5	Berat Material rata-rata dan Lama Perendaman.	64
6	Korelasi hubungan antara Berat Material dan Lama Perendaman.	65
7	Variabel masuk dan keluar terhadap Berat Material dan Lama Perendaman.	65
8	Model Sisaan terhadap Berat Material dan Lama Perendaman.	65
9	Analisis Varians terhadap Berat Material dan Lama Perendaman.	66
10	Koeffisien Variabel Bebas terhadap Berat Material dan Lama Perendaman.	66
11	Data spesimen lentur untuk panel 1 setelah 28 hari perendaman sesuai standar ASTM D5942-96.	77
12	Data hasil pengujian Impak pada <i>Impact Charpy Machine</i> untuk panel 1 setelah 28 hari perendaman	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Keterangan	Halaman
1	(a) Spesimen yang digunakan untuk pengujian impak. (b) Skematik peralatan uji impak.	10
2	<i>Continuous fiber composite</i>	14
3	<i>Woven fiber composite</i>	14
4	<i>Chopped fiber composite</i>	15
5	<i>Hybrid composite</i>	15
6	Komposit Partikel	15
7	Struktur Molekul Serat Selulosa	27
8	Penampang Membujur Serat Rami	29
9	Penampang Melintang Serat Rami	29
10	Tenunan silang polos	37
11	Tenunan Silang Kepar	37
12	Tenunan Silang Satin	38
13	<i>Sateen</i>	39
14	Bahan berbulu kapas (<i>pile</i>)	40
15	Tenunan Silang Leno	40
16	Tenunan Silang Keranjang (<i>Basket Weave</i>)	41
17	Tenunan Tulang Ikan Herring/Variasi (<i>Herringbone twill Variation</i>)	42
18	Tenunan Dobby (<i>Dobby Weave</i>)	42
19	<i>Water-absorption</i> komposit	44
20	Kandungan air laut	47
21	Cetakan	51
22	Gelas ukur	52
23	Alat press hidrolik	52
24	Mistar dan jangka sorong	52
25	Mesin gergaji	53
26	Kuas	53

27	Mesin bor tangan	53
28	Neraca digital	53
29	<i>Impact Charpy Machine</i>	54
30	Alat Tenun Bukan Mesin Dan Rajutan Basket Rami	54
31	Epoksi resin	55
32	Wax (Lilin)	55
33	Spesimen hasil cetakan	57
34	Spesimen uji impak	58
35	<i>Impak Charpy Machine</i>	59
36	Pemasangan specimen	59
37	Distribusi sebaran data disekitar garis lurus.	67
38	Pengaruh waktu perendaman dalam air laut terhadap pertambahan berat material komposit tenunan ramie untuk masing – masing panel.	68
39	Pengaruh lama perendaman terhadap persentase penyerapan air laut pada material komposit tenunan ramie untuk masing - masing panel.	74
40	Diagram batang untuk energi serap komposit tenunan ramie dengan lama perendaman	76
41	Diagram batang untuk kekuatan impak komposit tenunan ramie dengan lama perendaman	76
42	Gafik hubungan antara energi serap komposit tenunan ramie dengan lama perendaman	79
43	Gafik hubungan antara kekuatan impak komposit tenunan rami dengan lama perendaman	80

DAFTAR NOTASI

No	Notasi	Keterangan	Satuan
1	K	Kekuatan Impak	Joule/mm ²
2	E _{serap}	Energi Serap/Patahan	Joule
3	A ₀	Luas Penampang	mm ²
4	B	Lebar	mm
5	H	Tebal	mm
6	L	Panjang Span	mm
7	L ₀	Panjang Total	Mm
8	M	Berat Pendulum	Kg
9	G	Percepatan Gravitasi	mm/s ²
10	R	Panjang Lengan	m
11		Sudut Pendulum Sebelum diayunkan	(⁰)
12		Sudut Ayunan Pendulum Setelah Mematahkan Specimen	(⁰)
13	W	Berat Spesimen	gr
14	MC	Muister of Conten	%

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia, menurut data Departemen Dalam Negeri Republik Indonesia tahun 2004, Indonesia memiliki sebanyak 17.504 buah pulau dan 7.870 di antaranya telah mempunyai nama, sedangkan 9.634 belum memiliki nama. Sejalan dengan itu pada tahun 2009, jumlah penduduk Indonesia yang berprofesi sebagai nelayan tangkap mencapai 2,75 juta jiwa. Dari jumlah itu, lebih dari 95 persen adalah nelayan tangkap tradisional (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2009). Sehingga menempatkan Indonesia sebagai produsen perikanan terbesar di dunia dengan nilai produksi 5,384 juta ton, menyusul Cina(14,8 juta ton) dan Peru (7,4 juta ton) seperti yang dilansir oleh Food and Agriculture Organization (FAO) pada tahun 2010 (www.okezone.com, 2011)

Sejalan dengan banyaknya jumlah nelayan tangkap indonesia sehingga banyak pula jumlah kapal yang di butuhkan untuk digunakan dalam penangkapan ikan, menurut data dari Badan Pusat Statistik Indonesia (BPS) pada tahun 2010 jumlah kapal/perahu penangkap ikan mencapai 742,369 buah perahu/kapal. Dimana jumlah ini terdiri dari 570,827 buah perahu/kapal penangkap ikan di laut dan 171,542 buah

perahu/kapal penangkap ikan di perairan umum (Badan Pusat Statistik, 2010).

Sampai saat ini sarana yang digunakan di laut masih sangat tergantung dari bahan baku kayu. Pemilihan jenis kayu yang digunakan, masih didasarkan kepada pengalaman dan tradisi yang berlaku oleh nenek moyang terdahulu. Jenis yang dipilih umumnya terbatas pada jenis yang sudah dikenal seperti jati (*Tectona grandis* L.f.), merbau (*Intsia bijuga* O.Ktz.), kolaka (*Parinari corymbosa* Miq.), ulin (*Eusideroxylon swageri* T.et B.), laban (*Vitex pubescens* Vahl.), rasamala (*Altingia exelsa* Noronha) dan lain-lainnya.

Kayu sebagai bahan utama pembuatan kapal diisyaratkan mempunyai kekuatan tertentu, terutama mengenai sifat fisik/mekaniknya. Di dalam vademecum kehutanan Indonesia, kayu dibagi atas V (lima) kelas yang didasarkan pada kekuatannya, seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Kelas kekuatan kayu (Direktorat Jenderal Kehutanan Departemen Pertanian, 1976)

Kelas Kayu	Berat Jenis	Keteguhan Lekung Mutlak (kg/cm ²)	Keteguhan Tekan Mutlak (kg/cm ²)
I	0,90	1.100	650
II	0,60 0,90	725 1.100	425 650
III	0,40 0,60	500 725	300 425
IV	0,30 0,40	300 500	215 300
V	0,30	300	215

Namun kekuatan kayu dipengaruhi salah satunya oleh kadar air yang dikandung kayu tersebut. Menurut Robby Tamba (2005) perendaman kayu pada air laut mengakibatkan meningkatnya kadar garam dalam kayu sebesar 0,6 % s/d 2,5% tetapi akibat meningkatnya kadar garam ini mengakibatkan penurunan kekuatan kayu : sebesar 1,33% s/d 16,10% terhadap kuat tekan kayu tanpa perendaman; 3,42% s/d 23,29% terhadap kuat tarik kayu tanpa perendaman dan sebesar 1,36% s/d 20,85% terhadap kuat lentur kayu tanpa perendaman.

Sementara menurut Mohammad Muslich dan Nurwati Hadjib (1998), Kayu yang direndam di laut, mengalami perubahan sifat fisis dan mekanis kayu, seperti berat jenis, kerapatan, modulus elastisitas, kekuatan lentur dan keteguhan tekan sejajar menurun, sedangkan kadar airnya meningkat, seperti Rasamala yang tidak direndam termasuk dalam kelas kuat II dan setelah direndam menjadi kelas kuat III. Kelapa yang tidak direndam termasuk kelas kuat II-III, setelah direndam menjadi kelas kuat IV. Karet dan nangka yang tidak direndam termasuk kelas III, setelah direndam kekuatan kayu karet menjadi kelas kuat V.

Penggunaan Polimer dan komposit dewasa ini kian meningkat di segala bidang kehidupan seperti untuk pembuatan kapal. Komposit berpenguat serat banyak diaplikasikan pada alat-alat yang membutuhkan material yang mempunyai perpaduan dua sifat dasar yaitu kuat namun

juga ringan. Komposit merupakan material alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi ketergantungan terhadap kayu pada produksi kapal.

Dalam menentukan sifat-sifat mekanik struktur komposit, ada beberapa faktor yang mempengaruhinya seperti, orientasi arah serat dalam material komposit sebagai penguatnya dan fraksi volume serat yang di gunakan. Penempatan serat dengan sudut arah tertentu dalam matriks komposit, dimaksudkan agar tegangan yang terjadi dapat di distribusikan merata pada bagian-bagian serat sehingga memberi kekakuan yang baik. Salah satu keuntungan bahan komposit adalah dapat menerima beban dalam arah tertentu artinya bahaan tersebut hanya kuat dan kaku pada arah tertentu dan lemah pada arah-arrah yang tidak dikehendaki (Bishop dan Smallman, 1990).

Namun komposit polimer mempunyai sifat akan kemampuan menyerap air jika berada di udara lembab atau ketika polimer tersebut dicelupkan di dalam air (*Water-absorption*). *Water-absorption* pada komposit merupakan salah satu masalah terutama dalam penggunaan komposit di luar ruangan (Wang dkk, 2005). *Water-absorption* pada komposit berpenguat serat alami memiliki beberapa pengaruh yang merugikan dalam propertiesnya dan mempengaruhi kemampuannya dalam jangka waktu yang lama juga penurunan secara perlahan dari ikatan interface komposit serta menurunkan sifat mekanis komposit seperti

kekuatan tariknya. Penurunan ikatan interface komposit menyebabkan penurunan properties mekanis komposit tersebut (Errajhi dkk, 2005).

Rami merupakan tanaman tahunan dengan bentuk tanaman herba berumpun banyak yang menghasilkan serat dari kulit batangnya. Batang tanaman rami dipanen setiap dua bulan sekali dan diproses dengan mesin dekortikator sehingga menghasilkan serat kasar (china grass), Sebelum dipintal menjadi benang. Pertimbangan menggunakan serat rami sebagai alternatif bahan penguat pada material komposit karena ketersediaan bahan ini cukup banyak dan bahan ini tergolong dalam serat panjang, kuat, dan baik untuk bahan baku tekstil karena memiliki struktur yang mirip dengan serat kapas (Setyo dkk, 2005). Pembuatan komposit yang diperkuat serat alami (rami) dimaksud untuk mencari alternatif material komposit yg tidak tergantung pada serat sintetis.

Berdasarkan pemikiran dan uraian di atas, maka akan dilakukan penelitian dengan judul : **Kaji Eksperimental dan Teoritis Pengaruh Absorpsi Air Laut Terhadap Kekuatan Impak Komposit Rajutan Rami dengan Metode Statistik.**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rumus empiris dari regresi pertambahan berat material komposit selama 84 hari ?

2. Bagaimana daya penyerapan air laut material komposit diperkuat rajutan rami yang direndam selama 84 hari ?
3. Bagaimana pengaruh perendaman selama 28, 56, dan 84 hari terhadap kekuatan impact material komposit diperkuat rajutan rami?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menghasilkan rumus empiris regresi sederhana dari pertambahan berat material komposit selama 84 hari.
2. Mengetahui daya penyerapan air laut pada Material Komposit selama 84 hari.
3. Mengetahui pengaruh perendaman selama 28, 56, dan 84 hari terhadap kekuatan impact material komposit diperkuat rajutan rami.

D. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Difokuskan pada analisa daya serap air laut dan kekuatan impact komposit diperkuat rajutan rami.
2. Polimer yang digunakan jenis resin epoksi.
3. Perbandingan antara resin epoksi dengan hardener yaitu 64:36 .
4. Jenis rajutan yang digunakan adalah jenis rajutan basket.

5. Material uji yang di rendam adalah pelat komposit polimer yang diperkuat rajutan rami dengan ukuran 250 x 250 x 4 mm.
6. Perendaman dilakukan pada air laut dengan kandungan salinitas 20-35 ‰.
7. Material uji direndam per 24 jam sesuai standar ASTM D570-98
8. Material uji impak dipotong sesuai standar ASTM D5942-96.
9. Material direndam ± 10 cm di bawah permukaan air laut.
10. Analisis Numerik regresi sederhana penambahan berat menggunakan Software SPSS for windows 17.0 dan analisis secara eksperimental menggunakan *Impact Charpy Machine*.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Menjadi referensi pembandingan dalam menghitung dan menganalisa kekuatan impack material komposit diperkuat rajutan rami
2. Menjadi acuan dalam penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian material komposit diperkuat serat alam jenis lain.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kekuatan Impak

Pengujian impak bertujuan untuk mengukur berapa energy yang dapat diserap suatu material sampai material tersebut patah. Pengujian impak merupakan respon terhadap beban kejut atau beban tiba-tiba (beban impak).

Dalam pengujian impak terdiri dari dua teknik pengujian standar yaitu Charpy dan Izod. Pada pengujian standar Charpy dan Izod, dirancang dan masih digunakan untuk mengukur energy impak yang juga dikenal dengan ketangguhan takik (Calliester, 2007).

Spesimen Charpy berbentuk batang dengan penampang lintang bujur sangkar dengan takikan V oleh proses permesinan (gambar 1.a). Mesin pengujian impak diperlihatkan secara skematik dengan (gambar 1.b). Beban didapatkan dari tumbukan oleh palu pendulum yang dilepas dari posisi ketinggian h . Spesimen diposisikan pada dasar seperti pada (gambar 1.b) tersebut. Ketika dilepas, ujung pisau pada palu pendulum akan menabrak dan mematahkan spesimen ditakikannya yang bekerja sebagai titik konsentrasi tegangan untuk pukulan impak kecepatan tinggi. Palu pendulum akan melanjutkan ayunan untuk mencapai ketinggian maksimum h' yang lebih rendah dari h . Energi yang diserap dihitung dari perbedaan h^1 dan h ($mgh - mgh^1$), adalah ukuran dari energi impak.

Posisi simpangan lengan pendulum terhadap garis vertikal sebelum dibenturkan adalah θ_1 dan posisi lengan pendulum terhadap garis vertikal setelah membentur spesimen adalah θ_2 . Dengan mengetahui besarnya energi potensial yang diserap oleh material maka kekuatan impak benda uji dapat dihitung (Standar ASTM D256-00).

$$\begin{aligned}
 E_{\text{serap}} &= \text{energi awal} - \text{energi yang tersisa} \\
 &= m \cdot g \cdot h - m \cdot g \cdot h^1 \\
 &= m \cdot g \cdot (R - R \cos \theta_1) - m \cdot g \cdot (R - R \cdot \cos \theta_2) \\
 E_{\text{serap}} &= mg \cdot R \cdot (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \dots\dots\dots(1)
 \end{aligned}$$

dimana :

E_{serap} : energi serap (J)

M : berat pendulum (kg)

g : percepatan gravitasi (m/s²)

R : panjang lengan (m)

θ_1 : sudut pendulum sebelum diayunkan

θ_2 : sudut ayunan pendulum setelah mematahkan specimen

Harga impact dapat dihitung dengan :

Harga impact dapat dihitung dengan :

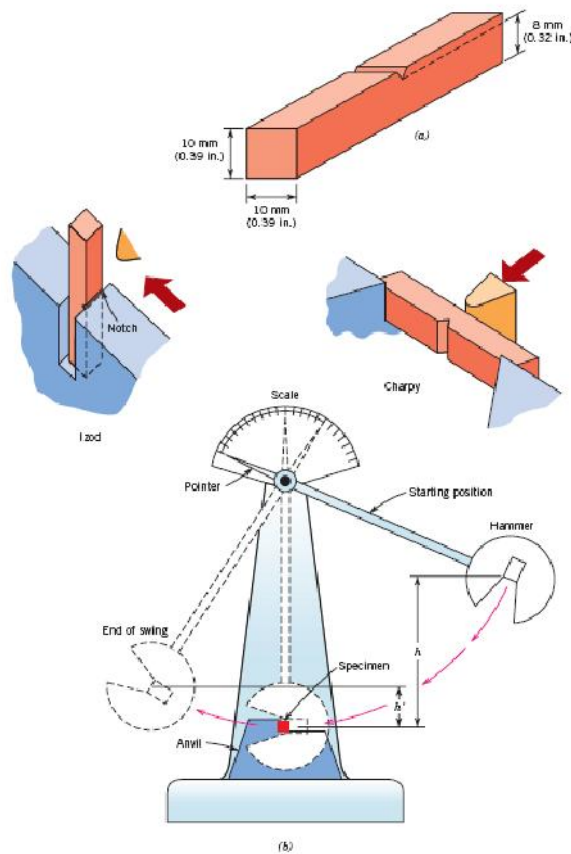
$$K = \frac{E_{\text{serap}}}{A_0} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

K : Harga Impact (J/mm²)

E_{serap} : energi serap (J)

A₀ : Luas penampang (mm²)



Gambar 1. (a) Spesimen yang digunakan untuk pengujian impact. (b) Skematik peralatan uji impact. (Callister, 2007).

Pengujian impak dapat diidentifikasi sebagai berikut :

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

B. Komposit

1. Definisi Komposit

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

Secara mikroskopis sehingga tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya (Jones, 1975). Sesungguhnya ribuan tahun lalu material

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

1. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih *rigid* serta lebih kuat.¹⁰
2. Matrik, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah.

Pada material komposit sifat unsur pendukungnya masih terlihat dengan jelas, sedangkan pada *alloy* / paduan sudah tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya. Salah satu keunggulan dari material komposit bila dibandingkan dengan material lainnya adalah penggabungan unsur-unsur yang unggul dari masing-masing unsure pembentuknya tersebut. Sifat material hasil penggabungan ini diharapkan dapat saling melengkapi kelemahan-kelemahan yang ada pada masing-masing material penyusunnya. Sifat-sifat yang dapat diperbaharui (Jones,1975) antara lain:

- a. kekuatan (*Strength*)
- b. kekakuan (*Stiffness*)

- c. ketahanan korosi (*Corrosion resistance*)
- d. ketahanan gesek/aus (*Wear resistance*)
- e. berat (*Weight*)
- f. ketahanan lelah (*Fatigue life*)
- g. Meningkatkan konduktivitas panas
- h. Tahan lama

2. Klasifikasi Material Komposit Berdasarkan bentuk komponen strukturalnya

Secara garis besar komposit diklasifikasikan menjadi tiga macam (Jones, 1975), yaitu:

1. Komposit serat (*Fibrous Composites*)
 2. Komposit partikel (*Particulate Composites*)
 3. Komposit lapis (*Laminates Composites*)
- a. Komposit serat (*Fibrous Composites*)**

Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari fiber dalam matriks. Secara alami serat yang panjang mempunyai kekuatan yang lebih dibanding serat yang berbentuk curah (*bulk*). Merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat / fiber. Fiber yang digunakan bisa berupa *fibers glass, carbon fibers, aramid fibers (poly aramide)*, dan sebagainya. Fiber ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Serat merupakan material

yang mempunyai perbandingan panjang terhadap diameter sangat tinggi serta diameternya berukuran mendekati kristal. serat juga mempunyai kekuatan dan kekakuan terhadap densitas yang besar (Jones, 1975).

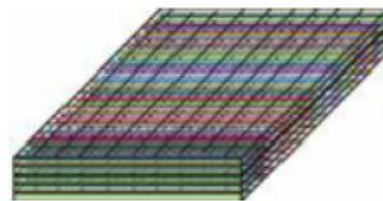
Kebutuhan akan penempatan serat dan arah serat yang berbeda menjadikan komposit diperkuat serat dibedakan lagi menjadi beberapa bagian diantaranya:

- 1) Continuous fiber composite (komposit diperkuat dengan serat kontinue).



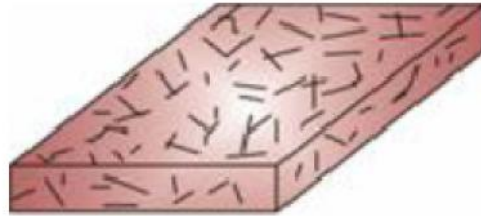
Gambar 2. *Continuous fiber composite* (Gibson, 1994)

- 2) Woven fiber composite (komposit diperkuat dengan serat anyaman).



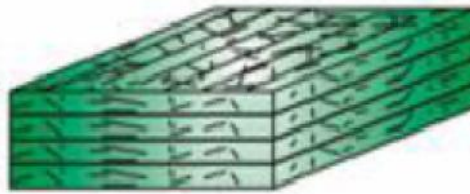
Gambar 3. *Woven fiber composite* (Gibson, 1994)

- 3) Chopped fiber composite (komposit diperkuat serat pendek/acak).



Gambar 4. *Chopped fiber composite* (Gibson, 1994)

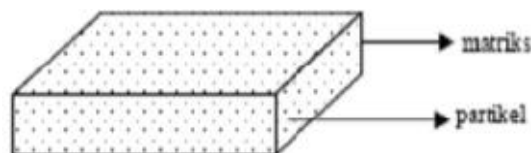
- 4) Hybrid composite (komposit diperkuat serat kontinyu dan serat acak).



Gambar 5. *Hybrid composite* (Gibson, 1994)

b. Komposit partikel (*Particulate Composites*)

Merupakan komposit yang menggunakan partikel serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriknya.



Gambar 6. Komposit Partikel (Kaw, 2006)

Komposit ini biasanya mempunyai bahan penguat yang dimensinya kurang lebih sama, seperti bulat serpih, balok, serta bentuk-bentuk lainnya yang memiliki sumbu hampir sama, yang kerap disebut partikel, dan bisa terbuat dari satu atau lebih material yang ditenamkan dalam suatu matriks dengan material yang berbeda. Partikelnya bisa logam atau non logam, seperti halnya matriks. Selain itu adapula polimer yang mengandung partikel yang hanya dimaksudkan untuk memperbesar volume material dan bukan untuk kepentingan sebagai bahan penguat (Jones, 1975).

c. Komposit lapis (*Laminates Composites*)

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

Komposit ini terdiri dari bermacam-macam lapisan material dalam satu matriks. Bentuk nyata dari komposit lamina adalah: (Jones, 1999)

1. Bimetal

Bimetal adalah lapis dari dua buah logam yang mempunyai koefisien ekspansi thermal yang berbeda. Bimetal akan melengkung seiring dengan berubahnya suhu sesuai dengan perancangan, sehingga jenis ini sangat cocok untuk alat ukur suhu.

2. Pelapisan logam

Pelapisan logam yang satu dengan yang lain dilakukan untuk mendapatkan sifat terbaik dari keduanya.

3. Kaca yang dilapisi

Konsep ini sama dengan pelapisan logam. Kaca yang dilapisi akan lebih tahan terhadap cuaca.

4. Komposit lapis serat

Dalam hal ini lapisan dibentuk dari komposit serat dan disusun dalam berbagai orientasi serat. Komposit jenis ini biasa digunakan untuk panel sayap pesawat dan badan pesawat.

3. Unsur-unsur Utama Pembentuk Komposit FRP

FRP (*Fiber Reinforced Plastics*) mempunyai dua unsur bahan yaitu serat (*fiber*) dan bahan pengikat serat yang disebut dengan matriks. Unsur utama dari bahan komposit adalah serat, serat inilah yang menentukan karakteristik suatu bahan seperti kekuatan, keuletan, kekakuan dan sifat mekanik yang lain. Serat menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada material komposit sedangkan matriks mengikat serat, melindungi dan meneruskan gaya antar serat (Van Vlack, 2005)

Secara prinsip, komposit dapat tersusun dari berbagai kombinasi dua atau lebih bahan, baik bahan logam, bahan organik, maupun bahan non organik. Namun demikian bentuk dari unsur-unsur pokok bahan

komposit adalah *fibers, particles, laminae or layers, flakes fillers* dan *matrix*. Matrik sering disebut unsur pokok body, karena sebagian besar terdiri dari matriks yang melengkapi komposit (Van vlack, 2005).

a. Serat

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 k, 2000).

Selain itu serat (*fiber*) juga merupakan unsur yang terpenting, karena seratlh nantinya yang akan menentukan sifat mekanik komposit tersebut seperti kekakuan, keuletan, kekuatan dan sebagainya. Fungsi utama dari serat adalah:

- Sebagai pembawa beban. Dalam struktur komposit 70% - 90% beban dibawa oleh serat.
- Memberikan sifat kekakuan, kekuatan, stabilitas panas dan sifat-sifat lain dalam komposit.
- Memberikan insulasi kelistrikan (konduktivitas) padakomposit, tetapi ini tergantung dari serat yang digunakan.

b. Matrix

Menurut Gibson (1994), bahwa matrik dalam struktur komposit dapat berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik.

Syarat pokok matrik yang digunakan dalam komposit adalah matrik harus bisa meneruskan beban, sehingga serat harus bisa melekat pada matrik dan kompatibel antara serat dan matrik. Umumnya matrik dipilih yang mempunyai ketahanan panas yang tinggi (Triyono & Diharjo, 2000).

Matrik yang digunakan dalam komposit adalah harus mampu meneruskan beban sehingga serat harus bisa melekat pada matrik dan kompatibel antara serat dan matrik artinya tidak ada reaksi yang mengganggu. Menurut Diharjo (1999) pada bahan komposit matrik mempunyai kegunaan yaitu sebagai berikut :

- Matrik memegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
- Pada saat pembebanan, merubah bentuk dan mendistribusikan tegangan ke unsur utamanya yaitu serat.
- Memberikan sifat tertentu, misalnya ductility, toughness dan electrical insulation.

Menurut Diharjo (1999), bahan matrik yang sering digunakan dalam komposit antara lain :

a) Polimer

Polimer merupakan bahan matrik yang paling sering digunakan. Adapun jenis polimer yaitu:

- Thermoset, adalah plastik atau resin yang tidak bisaberubah karena panas (tidak bisa di daur ulang).
Misalnya : *epoxy, polyester, phenotic*.
- Termoplastik, adalah plastik atau resin yang dapat dilunakkan terus menerus dengan pemanasan atau dikeraskan dengan pendinginan dan bisa berubah karena panas (bisa didaur ulang). Misalnya :
Polyamid, nylon, polysurface, polyether

b) Kramik

Pembuatan komposit dengan bahan keramik yaitu Keramik dituangkan pada serat yang telah diatur orientasinya dan merupakan matrik yang tahan pada temperatur tinggi. Misalnya :SiC dan SiN yang sampai tahan pada temperatur 1650 C.

c) Karet

Karet adalah polimer bersistem *cross linked* yang mempunyai kondisi semi kristalin dibawah temperatur kamar.

d) Matriks Logam

Matrik cair dialirkan kesekeliling sistem *fiber*, yang telah diatur dengan perekatan difusi atau pemanasan.

e) Matriks karbon

Fiber yang direkatkan dengan karbon sehingga terjadi karbonisasi.

Pemilihan matrik harus didasarkan pada kemampuan *elongisasi* saat patah yang lebih besar dibandingkan dengan filler. Selain itu juga perlunya diperhatikan berat jenis, viskositas, kemampuan membasahi filler, tekanan dan suhu curing, penyusutan dan voids.

Voids (kekosongan) yang terjadi pada matrik sangatlah berbahaya, karena pada bagian tersebut fiber tidak didukung oleh matriks, sedangkan fiber selalu akan mentransfer tegangan ke matriks. Hal seperti ini menjadi penyebab munculnya crack, sehingga komposit akan gagal lebih awal.

Kekuatan komposit terkait dengan void adalah berbanding terbalik yaitu semakin banyak void maka komposit semakin rapuh dan apabila sedikit void komposit semakin kuat.

Dalam pembuatan sebuah komposit, matriks berfungsi sebagai pengikat bahan penguat, dan juga sebagai pelindung partikel dari kerusakan oleh faktor lingkungan. Beberapa bahan matriks dapat memberikan sifat-sifat yang diperlukan sebagai

keliatan dan ketangguhan. Pada penelitian ini matrik yang digunakan adalah polimer termoset dengan jenis resin polyester.

Matriks 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 79 0C atau lebih tergantung partikel resin dan keperluannya (Schward, 1984). Keuntungan lain matriks polyester adalah mudah dikombinasikan dengan serat dan dapat digunakan untuk semua bentuk penguatan plastik.

c. Katalis

Katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Suatu katalis berperan dalam reaksi tapi bukan sebagai pereaksi ataupun produk. Katalis dapat dibedakan ke dalam dua golongan utama : katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis heterogen adalah katalis yang ada dalam fase berbeda dengan pereaksi dalam reaksi yang dikatalisinya, sedangkan katalis homogen berada dalam fase yang sama. Katalis ini digunakan untuk membantu proses pengeringan resin dan serat dalam komposit. Waktu yang dibutuhkan resin untuk berubah menjadi plastik tergantung pada jumlah katalis yang dicampurkan.

Semakin banyak katalis yang ditambahkan maka makin cepat pula proses curingnya. tetapi apabila pemberian katalis berlebihan maka akan menghasilkan material yang getas ataupun resin bisa terbakar. Penambahan katalis yang baik 1% dari volume resin. Bila terjadi reaksi akan timbul panas antara 60°C – 90°C. Panas ini cukup untuk mereaksikan resin sehingga diperoleh kekuatan dan bentuk plastic yang maksimal sesuai dengan bentuk cetakan yang diinginkan (Rusmiyatno, 2007). Dalam penelitian ini menggunakan katalis metilethyl katon peroxide (MEKPO) yang berbentuk cair, berwarna bening.

C. Serat Rami

Rami dikenal sebagai tanaman serat nabati yang menghasilkan serat dari kulit kayu merupakan rumpun dari kelompok tanaman daun gatal (netpe), dengan klasifikasi sebagai berikut:

- a. Divisi : *Magnoliophyta*
- b. Kelas : *Magnoliopsida*
- c. Ordo : *Urticales*
- d. Famili : *Urticaceae*
- e. Genus : *Boehmeria*
- f. Spesies : *Nivea L. Gaud*

Kata rami berasal dari melayu kuno. Di Jawa Barat tanaman ini disebut dngan istilah haramay, sedangkan di beberapa negara penghasil

serat istilah yang digunakan untuk rami yaitu “Chuma” di China, “Rhea” di India, “Amurai” di Filipina dan “Karamushi” di Jepang.

Tanaman rami mempunyai akar umbi yang tumbuh secara vertical masuk ke dalam tanah kira-kira 20-30 cm dengan diameter mencapai 1-2 cm. Setelah tanaman berumur 2-3 bulan, dari akar umbi dapat tumbuh batang yang menjalar ke dalam tanah disebut Rhizom yang berfungsi sebagai alat pembiakan. Batang berbentuk silinder dengan diameter 12-20 mm. Tinggi batang berkisar 1-2 m, dan ada pula yang lebih dari 2 m. Batang tidak bercabang, tetapi apabila pucuk tanaman mati atau patah dapat tumbuh cabang yang keluar dari ketiak daun dan hal ini sebaiknya dihindari. Serat yang merupakan hasil utama tanaman rami terletak pada kulit batang adalah serat primer yang terbentuk pada kulit kayu. Serat rami panjangnya bervariasi dari 2,5 -50 cm dengan rata-rata 12,5-15 cm, sedangkan diameter rata-rata 30-50 mikron. Daun berbentuk seperti jantung, panjang daun 7,5-20 cm, permukaan daun atas berwarna hijau muda sampai tua, sedangkan bagian bawah berwarna putih keperakan, berbulu halus.

Bunga kecil tumbuh di batang pada ketiak daun, tumbuh ke arah samping. Warna bunga bervariasi (putih, hijau atau merah) berubah coklat apabila sudah tua. Bunga jantan biasanya terletak lebih rendah dari pada bunga betina, mempunyai 3 – 5 kelopak dan beberapa benangsari, penyerbukan dilakukan oleh angin.

Serat rami mempunyai sifat-sifat:

- a. Berwarna putih, mudah diberi warna
- b. Kuat, memiliki kekuatan 4X lebih besar daripada linen, 6X dari sutera dan 7X darikapas.
- c. Kilapnya lebih tinggi dari beberapa linen, daya serap terhadap kelembaban 12%,(daya serap kapas 8%)
- d. Elastisitas rendah, licin dan kaku.

Saat ini penggunaan serat rami sebagai bahan baku tekstil mulai mendapat perhatian, hal ini disebabkan :

1. Sifat-sifatnya seperti kekuatan tarik, daya serap terhadap air maupun zat warna dan daya tahan kusutnya sangat baik sehingga nyaman dipakai.
2. Sangat baik dipintal dengan serat polyester dan kapas sebagai serat campuran untuk keperluan tertentu.

Keunggulan serat rami dibanding serat kapas adalah :

1. Memiliki kekuatan tarik (Tensile Strength) lebih besar dari serat kapas.
2. Daya serapnya (Absorbancy) tinggi hingga 12 % sedang serta kapas hanya 8 %.
3. Memiliki warna dan kilap yang lebih tinggi.
4. Lebih cepat kering.

5. Daya tahan kusutnya lebih baik dari pada kapas.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2. Perbandingan Sifat Fisik Serat Rami Dan Kapas sebelum Dimasak (<https://evgust.wordpress.com/2011/04/16/serat-rami/>)

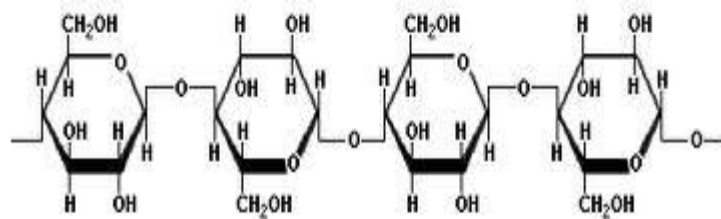
No	Sifat	Rami	Kapas
1	Tensile Strength (103) psi	58 – 136	59 - 67
2	Tenacity, Mn/tex	265 – 618	265 - 433
3	Pertambahan Kekuatan (%) 1. Basah 2. Kering	+ 34 -25	+ 65 -21
4	Mulur saat putus (%) 1. Basah 2. Kering	2,3 2,3	7,2 6,9
5	Kehalusan (d.tex)	4,5 – 10,5	2,1
6	Moisture regain (%)	12	8,5
7	Specific gravity (g/cm ³)	1,52	1,50
8	Kekakuan (Mn/tex)	16,2	5,3
9	Bulky	Kurang	baik

Banyak barang-barang yang unsure utamanya dibuat dari serat rami seperti jarring laba, belt, kelambu, permadani, kaos petromak, kaos kaki, serbet dan lain-lain. Contoh kain yang terbuat dari benang campuran adalah(<https://evgust.wordpress.com/2011/04/16/serat-rami/>) :

- Kain celana : Rami/Poliester, 50/50
- Kain kemeja : Rami/Poliester, 35/65
- Kain denim : Rami/Kapas, 55/45

1. Struktur Molekul

Analisa Frenderberg, Haworth dan Braun dalam buku Tekstil Fiber menunjukkan bahwa selulosa dibentuk oleh dindin glukosa, sehingga dapat disebutkan bahwa struktur serat selulosa merupakan kesatuan dari anhydro glukosa yang dihubungkan satu dengan yang lainnya oleh jembatan oksigen pada kedudukan 1 – 4, seperti ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Struktur Molekul Serat Selulosa
(<https://evgust.wordpress.com/2011/04/16/serat-rami/>)

2. Susunan Kimia

Analisa kimia memperlihatkan bahwa selulosa merupakan komponen utama dari serat rami. Komposisi kimia serat rami dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 3. Komposisi Kimia Serat Rami
(<https://evgust.wordpress.com/2011/04/16/serat-rami/>)

Komposisi	% terhadap berat kering
Selulosa	75
Hemi Selulosa	16
Pektin	2
Lignin	0,1
Lemak	0,3
Zat-zat lain	6

3. Bentuk Serat Rami

Serat rami panjangnya sangat bervariasi dari 2,5 cm sampai dengan 50 cm dengan panjang rata-rata 12,5 cm sampai dengan 15 cm. diameternya berkisar antara 25 μ sampai dengan 75 μ dengan rata-rata 30 – 50 μ .

Bentuk memanjang serat rami seperti silinder dengan permukaan bergaris-garis dan berkerut-kerut membentuk benjolan-benjolan kecil. Sedangkan irisan lintang berbentuk lonjong memanjang dengan dinding sel yang tebal dan lumen yang pipih, seperti terlihat pada gambar 8.

a) Membujur

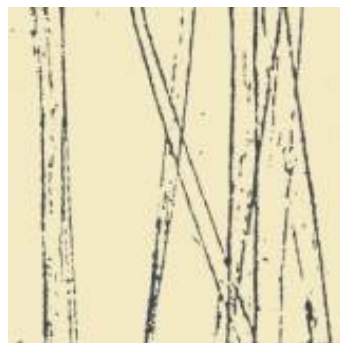
Bentuk memanjang seperti silinder dengan permukaan bergaris-garis dan berkerut-kerut membentuk benjolan-benjolan kecil.



Gambar 8. Penampang Membujur Serat Rami
(<https://evgust.wordpress.com/2011/04/16/serat-rami/>)

b) Melintang

Bentuk lonjong memanjang dengan dinding sel yang tebal dan lumen yang pipih. Ujung sel tumpul dan tidak berlumen.



Gambar 9. Penampang Melintang Serat Rami
(<https://evgust.wordpress.com/2011/04/16/serat-rami/>)

4. Sifat Fisika

Sifat fisika serat rami dalam keadaan standar adalah sebagai berikut(<https://evgust.wordpress.com/2011/04/16/serat-rami/>) :

1. Kekuatan : 33 – 99 gr/tex rata-rata 67 – 78 gr/tex
2. Mulur : 2 – 10 % rata-rata 3 – 4 %
3. Kehalusan : 0,5 – 1, 16 tex rata-rata 0,66 – 0,77 tex
4. Moisture regain : 12 %
5. Berat jenis : 1,50 – 1,55 rata-rata 1,51

5. Sifat Kimia

a) Pengaruh asam

Serat rami dapat turun kekuatannya atau rusak dalam beberapa kondisi Asam kuat. Adanya asam akan menghidrolisa selulosa menghasilkan Hidroselulosa.

b) Pengaruh Alkali

Serat rami tahan terhadap Alkali, larutan alkali encer tidak mempengaruhi serat meskipun pada suhu mendidih apabila tidak ada udara. Oksigen dari udara dapat menyebabkan terjadinya Oksiselulosa.

c) Pengaruh Panas

Serat rami mempunyai ketahanan yang baik terhadap panas. Warna serat akan berubah kekuning-kuningan bila dipanaskan pada suhu 120°C selama ± 5 jam. Sedangkan dalam waktu beberapa menit dengan suhu 240°C serat akan rusak.

d) Pengaruh Bakteri dan Jamur

Serat rami sangat tahan terhadap bakteri dan jamur.

e) GUM

Gum adalah polisakarida atau merupakan derivat polisakarida. Polisakarida $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ berupa rangkaian molekul-molekul monosakarida yang sejenis ataupun yang berlainan jenis. Polisakarida yang terdiri atas molekul heksosa yang disebut heksosan, contohnya glikogen, zat tepung, selulosa, pectin, getah-getahan, manan, galaktan dan hemiselulosa.

Polisakarida yang terdiri dari molekul-molekul pentose disebut pentosan, contohnya araban, silam, sedangkan monosakarida yang banyak terdapat di dalam tumbuh-tumbuhan adalah glukosa dan fruktosa. Gum yang berada dalam gandum, jagung, tapioca, sagu, kentang hamper sama dengan rami dan

struktur molekul yang jelas belum ditemukan. Karena gum pada rami mempunyai daya rekat, maka serat satu dengan yang lainnya akan terikat sehingga benang akan tampak lebih padat. Gum selain masuk ke dalam rongga-rongga yang kosong, juga melapisi bagian luar dari pada serat tersebut. Ikatan yang terjadi antara serat rami dan gum adalah ikatan hydrogen dan gaya-gaya van der waals.

D. Tenunan

Kain tenun dibuat dengan menyilang benang-benang membujur menurut panjang kain (arah lusi) dengan isian kain melintang menurut lebar kain (arah pakan). Benang pakan dan benang lusi di persilangkan tegak lurus (membentuk sudut 90°).

Benang-benang lusi di tarik memanjang ke atas pada suatu alat tenun dan benang-benang pakan di sisipkan selang seling di atas dan di bawah benang-benang lusi, dengan gerakan maju mundur. Kekencangan dari suatu tenunan tergantung pada jumlah benang-benang lusi dan benang-benang pakannya dalam setiap sentimeter (cm). Semakin banyak jumlah benang per 1 cm^2 , kain tenun semakin awet. Konstruksi tenunan didasarkan pada silang tenunan, yaitu silang dasar dan silang dasar yang divariasi.

Ada tiga macam silang dasar, yaitu silang polos, silang kepar, dan silang satin. Kebanyakan silang tenunan lainnya adalah variasi dari

semuanya ini, kecuali untuk tenunan yang berpola (*patterned*). Silang tenunan seperti ini berstruktur rumit dan memerlukan perencanaan khusus dari tenunan, yang diganti dengan merubah penataan benang-benang lusi dan benang-benang pakan yang digabungkan pada perkakas tenunnya. Setiap bahan tenunan mempunyai pinggiran yang dinamakan *selvage* (tepi kain) sepanjang kedua sisi kain dan biasanya tenunannya sedikit berbeda dari dasar bahannya. Hal ini bertujuan untuk menguatkan kain dan melindungi benang-benang supaya tidak mudah *berodhovaus* pada tirasnya. Selalu pastikan bahwa benag-benang pakan ada pada sudut yang tepat pada tepi kainnya (*selvage*). Ini akan menunjukkan bahwa bahan terletak pada lajurnya (*Grain*), suatu pertimbangan yang penting ketika memotong bahan.

1. Kain Tenun dengan Silang Polos (Plain Weave).

Silang polos merupakan silang paling tua dan paling banyak digunakan diantara silang lainnya. Diperkirakan 80% dari semua silang kain tenun adalah silang polos dan variasinya. Silang polos juga merupakan silang yang paling sederhana dengan permukaan timbal balik yang sama. Pada silang ini, benang pakan menyilang bergantian yaitu diatas benang lusi dan berikutnya dibawah benang lusi, begitu seterusnya. Silang ini dapat dinyatakan dengan rumus $1/1$ yang artinya satu benang lungsi diatas bennag pakan dan seterusnya. Karena silang diantara benang-benang lusi dan pakan pada silang polos paling banyak dibandingkan dengan silang lainnya, maka kain dengan silang

kokoh adalah silang yang paling kokoh. Beberapa tenunan dengan silangan polos yang terkenal dan banyak di pakai antara lain : kain muslim, mori, nainsook, voile, organdi, blacu dan sebagainya.

2. Kain Tenun dengan Silang Kepar (Twill Weave).

Silang kepar (Twill) adalah suatu benang-benang dengan silang lusinya menyilang di atas atau di bawah dua benang pakan atau lebih, dengan silangan benang lusi sebelah kiri atau kanannya, bergeser satu benang lusi sebelah kiri atau kanannya, bergeser satu benang pakan atau lebih untuk membentuk garis diagonal atau garis kepar. Cara pembuatan kain kepar yang paling sederhana hanya dapat di tulis dengan rumus $2/1$, yaitu angka dua menunjukkan lusi menyilang di atas dua pakan, kemudian menyilang di bawah sebuah benang pakan berikutnya yang di tunjukkan oleh angka satu. Dalam hal ini, permukaan kain merupakan permukaan lungsi karena lusi menyilang diatas pakan lebih banyak daripada menyilang di bawah pakan.

Kain kepar mempunyai dua permukaan, yaitu permukaan depan dan permukaan belakang. Kalau permukaan depan merupakan efek-efek lusi, maka permukaan belakang merupakan efek-efek pakan. Demikian pula sebaliknya, kalau garis kepar pada permukaan depan ke arah kanan, maka pada permukaan belakang, garis keparnya ke kiri dan begitu sebaliknya. Dibandingkan dengan tenunan polos, kain kepar kurang kuat sebab kain kepar mempunyai silangan lebih sedikit sehingga benang-benangnya lebih longgar. Kain kepar lebih lembut

dan supel sebab kain kepar mempunyai efek benang yang panjang-panjang sehingga benang-benangnya masih lebih bebas dan mudah bergerak. Karena persilangan benang pada silang kepar berkurang, kekokohan tenunan kepar pun berkurang dibandingkan dengan tenunan silang polos karena itulah kebanyakan tenunan kepar lebih rapat dari pada tenunan polos dan tenunan kepar pada umumnya lebih kuat dari tenunan polos. Beberapa tenunan dengan silang kepar antara lain drill, jeans, denim, gabardin, dan sebagainya.

3.Kain Tenun dengan Silang Satin (Satin Weave)

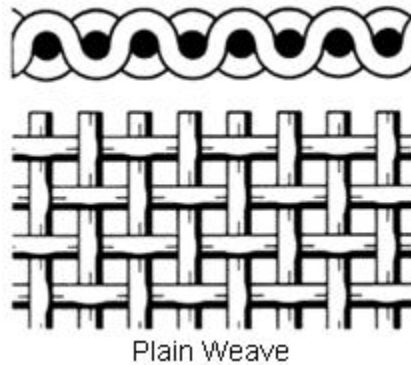
Efek-efek yang panjang, baik kearah lusi maupun kearah pakan menempati sebagian besar permukaan kain, tidak ada titik silang yang berimpit melainkan tersebar merata. Pada satin yang teratur, titik-titik silang pada lusi berikutnya bergeser dua pakan atau lebih. Efek yang panjang mengakibatkan kain yang lebih mengkilap daripada efek yang pendek-pendek. Satin dengan efek yang lebih panjang akan kurang kekuatannya karena benang-benang yang tidak kokoh letaknya, sehingga cenderung untuk mengendor. Satin biasanya di buat dari benang-benang filamen sutra maupun serat buatan seperti rayon, nilon dan sebagainya. Satin dibuat dari benang kapas, kainnya di merser dinamakan sateen atau satine yang biasanya dengan efek pakan, sedangkan satin dengan efek lusi. Kilau merupakan karakter yang paling menonjol pada kain satin. Jenis serat dan benang yang di gunakan dan panjang efek akan mempengaruhi kilau satin. Filamen

yang berkilau dengan antihan yang rendah akan menyebabkan kain lebih berkilau. Benang filamen di pakai untuk permukaan satin karena serat filamen meskipun antihanya rendah cukup kuat untuk di pakai sebagai benang lusi, sedangkan benang staple yang antihannya rendah tidak cukup kekuatannya. Apabila efek benang staple biasanya diperlukan pengerjaan penyempurnaan tertentu, seperti penyetrikaan kalender. Karena sedikitnya jumlah silang pada satin menyebabkan berhimpit satu sama lain dan menghasilkan sifat-sifat kain yang lebih halus, berkilau lembut dan lebih langsai dari kain-kain silang dasar lainnya.

Adapun konstruksi bahan tenunan antara lain :

a) Tenunan Silang Polos (*Plain Weave*).

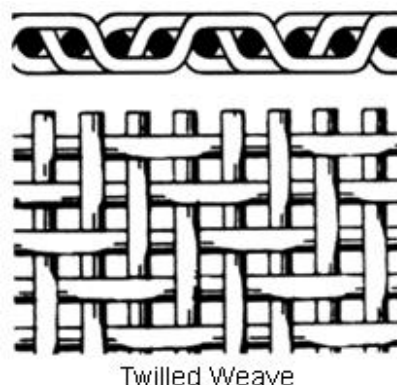
Tenunan silang polos (*Plain Weave*) adalah Tenunan yang paling sederhana dan sangat umum dari semua struktur tenunan. Memiliki pola silang satu diatas dan satu dibawah yang kuat serta awet.



Gambar 10. Tenunan silang polos (*Plain Weave*)
(<http://www.howardwire.com/terminology.html>)

b) Tenunan Silang Kepar (*Twill Weave*)

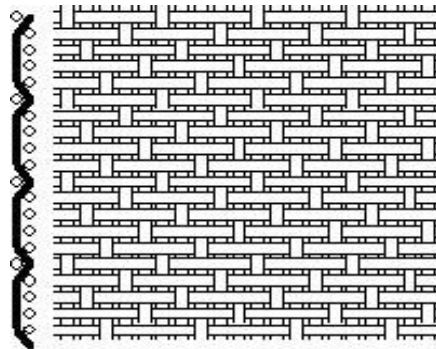
Tenunan silang kepar (*Twill Weave*) adalah adalah tenunan yang memiliki pola silang dua (bisa lebih) di atas, dua dibawah. Dengan demikian tercipta suatu bahan yang sangat kuat. Garis alur (*Ribs*) diagonal dikenal sebagai wales yang bisa pindah dari kiri ke kanan atau kanan ke kiri. Tenun silang kepar adalah tenun yang kencang serta menghasilkan bahan yang awet sewrta kuat.



Gambar 11. Tenunan Silang Kepar (*Twill Weave*)
(<http://www.howardwire.com/terminology.html>)

c) Tenun Silang Satin (*Satin Weave*)

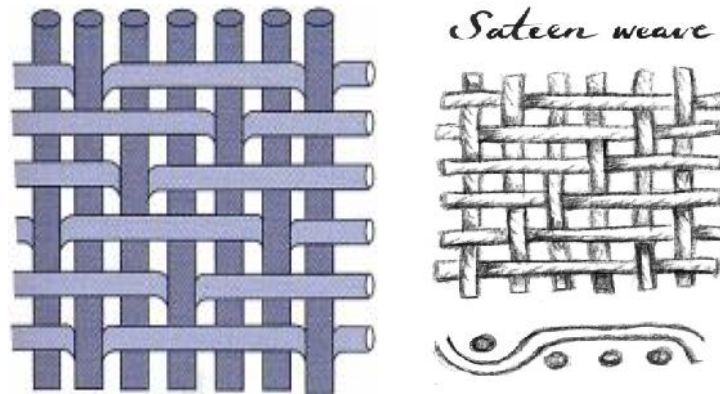
Tenun silang satin (*Satin Weave*) Menciptakan suatu bahan yang halus, berdaya drape yang tinggi dengan kilauan. Permukaan memantulkan cahaya sebab terbuat dari rakitan silang benang lusi (membujur) yang panjang berjalan menuju satu arah dan menjulur diatas empat sampai delapan benang pakan (melintang). Satin cenderung menjadi tenunan yang terlemah dari tiga dasar tenunan tersebut.



Gambar 12. Tenunan Silang Satin (*Satin Weave*)
(<http://www.tech.plym.ac.uk/sme/MATS324/MATS324C2%20fabrics.htm>)

d) *Sateen*

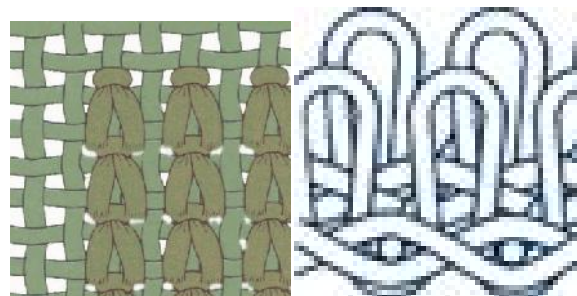
Sateen adalah suatu variasi dari tenunan silang satin, dimana rakitan silang benang pakan (melintang) memanjang secara horisontal di atas benang lusi (membujur). Permukaan secara umum kurang berkilau di banding dengan satin.



Gambar 13. Sateen
 (<http://emillywickhammaterialworld.wikispaces.com/2.+Research+and+Investigation>)

e) Bahan Berbulu Kapas (*pile*)

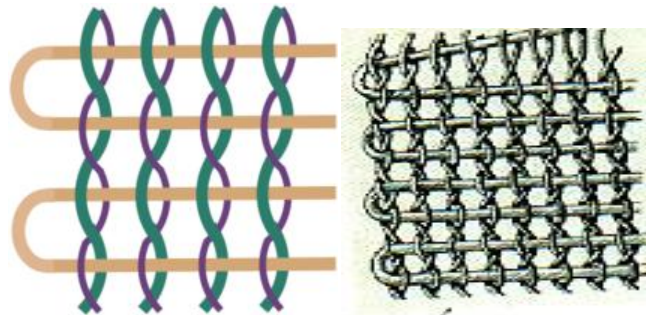
Bahan berbulu kapas (*pile*) memiliki isian atau benang lusi (membujur) yang ditarik menjadi sengkelit (kop) diatas permukaan bahan, buku kapasnya bisa di sengkelitkan untuk handuk (*toweling*) di potong pendek (*clipped*) untuk bahan corduroy, atau dicukur (*sheared*) untuk bahan beludru (*velvet*) dan bulu binatang.



Gambar 14. Bahan berbulu kapas (*pile*)
 (http://budgetdecorating.about.com/od/designresources/ss/Fabricweaves_6.htm)

f) Tenun silang leno

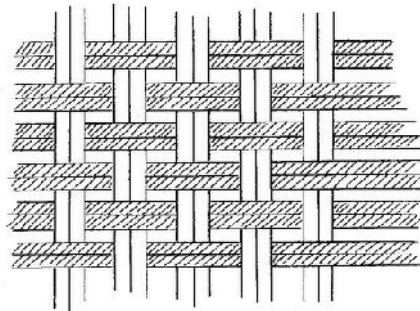
Tenun silang leno adalah suatu konstruksi tenunan terbuka serupa renda (*lace*). Benang lusi (arah membujur) di pelintir bersama dan benang pakan (arah melintang) di sisipkan di antaranya. walaupun kelihatan rapuh, tetapi pelintiran dari benang-benang memberikan kekuatan dan kestabilan.



Gambar 15. Tenunan Silang Leno
(http://www.digplanet.com/wiki/Leno_weave)

g) Tenunan silang keranjang (*Basket Weave*)

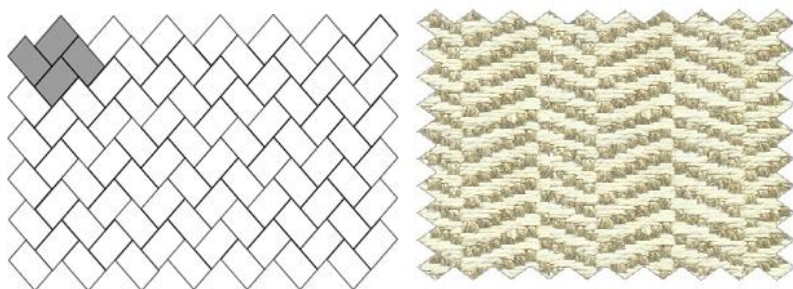
Tenunan silang Keranjang (*Basket Weave*) adalah variasi dari tenunan silang polos/biasa. Ttenunan ini di ciptakan dengan memperlakukan dua helai atau lebih benang, oleh karena benang-benang telah dipelintir bersama, maka tenunan menjadi lebih terbuka dan kuramg stabil dari pada tenunan polos/biasa.



Gambar 16. Tenunan Silang Keranjang (*Basket Weave*)
 (<http://motherearthdiploma.blogspot.com/2010/08/classification-of-weaves.html>)

h) Tenunan Tulang ikan Haring/Variasi (*Herringbone Twill Variation*)

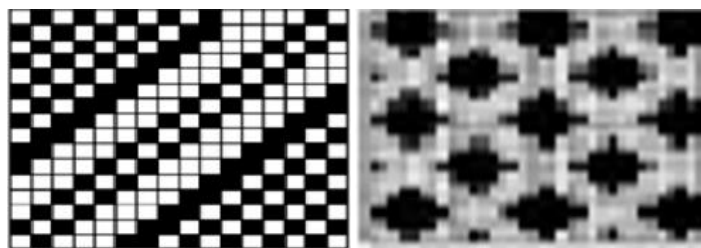
Tenunan tulang ikan haring/variasi (*Herringbone Twill Variation*) dari tenunan kepar ribs (gurat-gurat) arahnya berpindah dari muka kebelakang menciptakan tenunan tulang ikan herring. Tenunan sangat kuat, yang bisa dirubah dengan mengganti serat dan atau dengan kualitas tenunannya sendiri.



Gambar 17. Tenunan Tulang Ikan Haring/Variasi (*Herringbone twill Variation*)
 (http://pavermodule.com/site/sub/laying_patterns.php?region=4&category=64)

i) Tenunan Dobby (*Dobby Weave*)

Tenunan Dobby (*Dobby Weave*) Dibuat dari suatu alat tenun yang berjarum banyak untuk membentuk pola yang kecil dan geometrik biasanya merupakan bahan yang mahal harganya.



Gambar 18. Tenunan Dobby (*Dobby Weave*)
(<http://craftingahomestead.wordpress.com/2011/07/11/the-new-old-dobby-loom/>)

E. Water-Absorption

Water-absorption dalam komposit merupakan kemampuan komposit dalam menyerap uap air dalam waktu tertentu. *Water-absorption* pada komposit merupakan salah satu masalah terutama dalam penggunaan komposit di luar ruangan (Wang dkk, 2005).

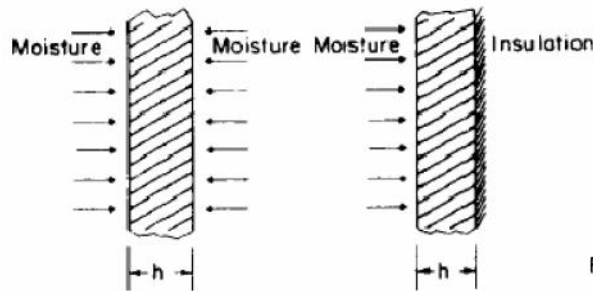
Pori-pori yang terjadi pada komposit dapat menjadi reservoir air bebas didalam resin. Presentase berat air yang mampu diserap resin dan serat didalam air disebut daya serapan air, sedangkan banyaknya air yang terkandung dalam resin dan serat disebut kadar air. Jumlah air yang dapat diserap bergantung kepada jumlah matriks resin yang terdapat pada komposit dan kualitas ikatan antara matriks resin dengan bahan pengisi.

Pengujian daya serap air (Water absorption) pada masing – masing komposit dapat dilakukan dengan cara menimbang massa kering sampel dan massa basah. Massa kering adalah massa pada saat sampel dalam keadaan kering, dan massa basah diperoleh setelah sampel mengalami perendaman. Menurut ASTM D570-98 untuk mendapatkan nilai penyerapan air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Daya serap air (\%)} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

M_b = Massa sampel dalam keadaan basah (gr)

M_k = Massa sampel dalam keadaan kering (gr)



Gambar 19. *Water-absorption* komposit (Springer,1975)

Water-absorption pada komposit berpenguat serat alami memiliki beberapa pengaruh yang merugikan dalam propertiesnya dan mempengaruhi kemampuannya dalam jangka waktu yang lama juga penurunan secara perlahan dari ikatan interface komposit serta menurunkan sifat mekanis komposit seperti kekuatan impaknya.

Penurunan ikatan interface komposit menyebabkan penurunan properties mekanis komposit tersebut (Errajhi dkk, 2005). Semakin besar fraksi volume serat pada komposit menyebabkan peningkatan *water-absorption*. Demikian pula ikatan matriks dengan serat membuat adanya celah yang membuat aliran air dapat masuk secara kapilarisasi yang menyebabkan serat membengkak sehingga terjadi kerusakan pada serat tersebut dimana salah satu karakteristik serat alami yaitu mudah mengalami pembusukan. Dengan adanya pembusukan pada serat maka menurunkan sifat kekuatan impak material komposit (Dhakal dkk, 2006).

F. Regresi

Regresi adalah pengukur hubungan dua variabel atau lebih yang dinyatakan dengan bentuk hubungan atau fungsi. Regresi digunakan untuk memprediksikan seberapa jauh perubahan nilai variabel dependen, bila nilai variabel independen di manipulasi. Manfaat dari hasil analisa regresi adalah untuk membuat keputusan apakah naik dan menurunnya variabel dependen dapat dilakukan melalui peningkatan variabel independen atau tidak.

Untuk menentukan bentuk hubungan (regresi) diperlukan pemisahan yang tegas antara variabel bebas yang sering diberi simbol X dan variabel tak bebas dengan simbol Y. Pada regresi harus ada variabel yang ditentukan dan variabel yang menentukan atau dengan kata lain adanya ketergantungan variabel yang satu dengan variabel yang lainnya

dan sebaliknya. Kedua variabel biasanya bersifat kausal atau mempunyai hubungan sebab akibat yaitu saling berpengaruh. Sehingga dengan demikian, regresi merupakan bentuk fungsi tertentu antara variabel tak bebas Y dengan variabel bebas X atau dapat dinyatakan bahwa regresi adalah sebagai suatu fungsi $Y = f(X)$. Bentuk regresi tergantung pada fungsi yang menunjangnya atau tergantung pada persamaannya.

1. Regresi Linier Sederhana

Regresi linier sederhana didasarkan pada hubungan fungsional ataupun kausal satu variabel independen dengan satu variabel dependen. Persamaan umum regresi linier sederhana adalah:

$$Y = a + bX \quad \dots\dots\dots (4)$$

Y = Nilai dalam variabel dependen yang diprediksi

a = Harga Y ketika X = 0 (harga konstan)

b = Angka arah atau koefisien regresi, yang menunjukkan angka

peningkatan ataupun penurunan variabel dependen yang

didasar pada perubahan variabel dependen. Bila (+) arah garis

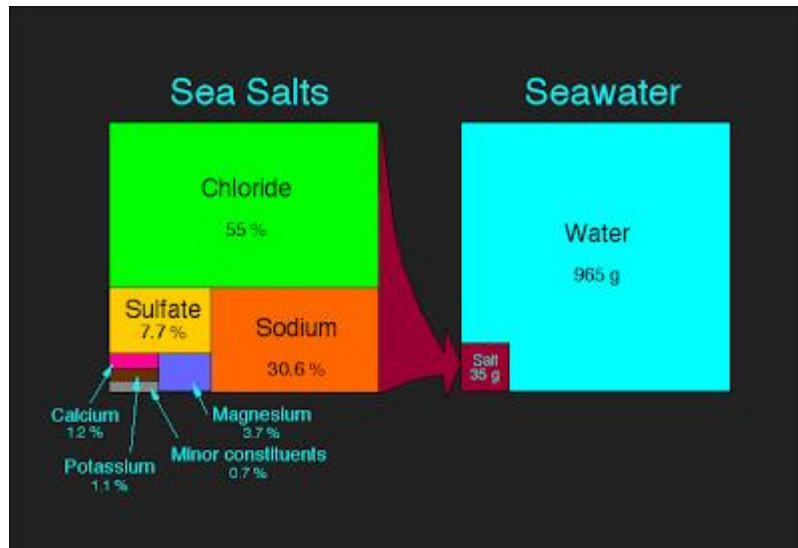
naik, dan bila (-) maka arah garis turun.

X = Subyek pada variabel independen yang mempunyai nilai tertentu.

Secara teknis harga b merupakan tangen dari (perbandingan) antara panjang garis variabel dependen, setelah persamaan regresi di temukan (Sugiyono,2011).

G. Air Laut

Air laut merupakan air dari laut atau samudra. Air laut merupakan campuran dari 96,5% air murni dan 3,5% material lainnya seperti garam-garaman, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Air laut memang berasa asin karena memiliki kadar garam rata-rata 3,5%. Artinya dalam 1 liter air laut (1000 ml) terdapat 35 gr. Garam. Kandungan garam di setiap laut berbeda kandungannya.



Gambar 20. Kandungan air laut (Gadang Priyotomo,2007)

Pada gambar di atas diambil dari suatu website tentang seawater memperlihatkan bahwa air laut terdiri dari 3,5% garam. Di dalam 3,5% garam terdiri dari :

- a) Senyawa Klorida 55%
- b) Senyawa sulfat 7,7%
- c) Sodium 30,6%
- d) Calcium 1,2%
- e) Potassium 1,1%
- f) Magnesium 3,7 %
- g) Lain-lain 0,7%

Air laut memiliki sifat-sifat fisis sebagai berikut:

1. Salinitas

Secara ideal, salinitas merupakan jumlah dari seluruh garam-garaman dalam gram pada setiap kilogram air laut. Secara praktis, untuk mengukur salinitas adalah susah, oleh karena itu penentuan harga salinitas dilakukan dengan meninjau komponen yang terpenting saja yaitu klorida (Cl). Sebaran salinitas di laut dipengaruhi oleh beberapa faktor dan keadaan lingkungannya seperti pola sirkulasi air, curah hujan, penguapan, musim, aliran sungai, serta interaksi antara laut dan daratan/gunung es. Secara umum, salinitas dapat disebut sebagai jumlah kandungan garam dari suatu perairan yang dinyatakan dalam permil (‰).

2. Temperatur

Dalam oseanografi dikenal dua istilah untuk menentukan temperatur air laut yaitu temperatur dan temperatur potensial. Temperatur adalah sifat termodinamis cairan karena aktivitas molekul dan atom di dalam cairan tersebut. Semakin besar aktivitas (energi), semakin tinggi pula temperaturnya. Temperatur menunjukkan kandungan energi panas. Energi panas dan temperatur dihubungkan oleh energi panas spesifik. Energi panas spesifik sendiri secara sederhana dapat diartikan sebagai jumlah energi panas yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur dari satu satuan massa fluida sebesar 1^0 . Jika kandungan energi panas nol (tidak ada aktivitas atom dan molekul dalam fluida) maka temperaturnya secara absolut juga nol (dalam skala Kelvin). Jadi nol dalam skala Kelvin adalah suatu kondisi dimana sama sekali tidak ada aktivitas atom dan molekul dalam suatu fluida. Temperatur air laut di permukaan ditentukan oleh adanya pemanasan (heating) di daerah tropis dan pendinginan (cooling) di daerah lintang tinggi. Kisaran harga temperatur di laut adalah -2^0 s.d. 35^0 C.

3. Konduktivitas

Konduktivitas air laut bergantung pada jumlah ion-ion terlarut per volumenya dan mobilitas ion-ion tersebut. Satuannya adalah mS/cm (milli-Siemens per centimeter). Konduktivitas bertambah

dengan jumlah yang sama dengan bertambahnya salinitas sebesar 0,01, temperatur sebesar 0,01 dan kedalaman sebesar 20 meter. Secara umum, faktor yang paling dominan dalam perubahan konduktivitas di laut adalah temperatur.

4. Densitas

Densitas air laut merupakan jumlah massa air laut per satu satuan volume. Perbedaan densitas yang kecil secara horisontal (misalnya akibat perbedaan pemanasan di permukaan) dapat menghasilkan arus laut yang sangat kuat. Densitas air laut bergantung pada temperatur (T), salinitas (S) dan tekanan (p). Kebergantungan ini dikenal sebagai persamaan keadaan air laut (Equation of State of Sea Water): $\rho = \rho(T, S, p)$. Lambang yang digunakan untuk menyatakan densitas adalah ρ (rho). Densitas bertambah dengan bertambahnya salinitas dan tekanan serta berkurangnya temperatur, kecuali pada temperatur di bawah densitas maksimum. Densitas air laut terletak pada kisaran 1.025 kg m^{-3} sedangkan pada air tawar 1.000 kg m^{-3} .

(www.wordpress.com/2009/11/05/sifat-sifat-fisis-air-laut-oseanografi).

III. METODELOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di Pulau Barrang Lombo untuk perendaman material uji dan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada Yogyakarta untuk pengujian impak, eksperimen dari bulan Januari sampai Maret 2013.

B. Alat Dan Bahan

1. Alat

Peralatan yang di gunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

a) Alat-alat pembuatan material komposit yang terdiri dari :

- Cetakan, untuk membentuk material komposit dengan ukuran 300 x 300 mm dengan ketebalan pelat 20 mm



Gambar 21. Cetakan

- Gelas ukur 500 ml, yang harus di sediakan 2 buah untuk menakar matriks dan *hardener*.



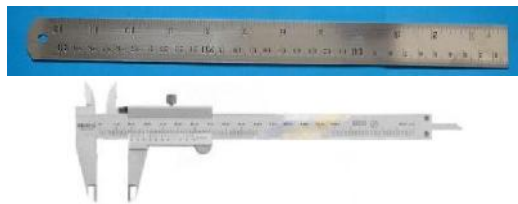
Gambar 22. Gelas ukur

- Alat press hidrolik, untuk menekan cetakan sampai ketebalan material yang sesuai dengan standar.



Gambar 23. Alat press hidrolik

- Mistar dan jangka sorong, untuk mengukur panjang, lebar dan tebal material komposit.



Gambar 24. Mistar dan jangka sorong

- Wadah sebagai tempat pencampuran matriks dan hardener.
- Mesin gergaji potong digunakan untuk memotong lempengan komposit sesuai bentuk spesimen uji impak sesuai dengan standar.



Gambar 25. Mesin gergaji

- Kuas digunakan untuk meratakan campuran resin ke cetakan dan untuk membantu memecahkan gelembung-gelembung udara yang terperangkap pada campuran resin.



Gambar 26. Kuas

- Amplas, untuk menghaluskan spesimen sesuai ukuran standar.

b) Alat-alat eksperimen perendaman yang terdiri dari :

- Mesin bor tangan, untuk melubangi material.



Gambar 27. Mesin bor tangan

- Neraca digital ini untuk menimbang berat serat dan berat komposit di udara.



Gambar 28. Neraca digital

- c) Alat *Impact Charpy Machine*, untuk mengetahui kekuatan impak material komposit.



Gambar 29. *Impact Charpy Machine*

2. Bahan

Bahan material komposit ini terdiri dari :

- a) Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat rami tenunan ATBM model *Basket tipe 3/12*. Bahan serat dalam kondisi kering dan telah mengalami proses dekortikasi dan pencucian dengan air *aquades* hingga pH sekitar 7.



Gambar 30. Alat Tenun Bukan Mesin Dan Rajutan Basket

Rami

- b) Matriks, yang digunakan adalah jenis *thermosetting* plastik, yaitu epoksi resin dengan campuran resin dan hardener. Ciri-ciri resin ini epoksi *hardener* ditunjukkan berwarna kecoklat-coklatan, sedangkan epoksi resin

berwarna bening yang biasa dikenal dengan sebutan *general purpose resin* keruh



Gambar 31. Epoksi resin

- c) Wax (lilin) berfungsi sebagai bahan perapat sambungan plat pada cetakan agar campuran matrik dan katalis tidak merembes atau bocor keluar cetakan yang menyebabkan void pada tiap pojok cetakan dan juga untuk memudahkan pelepasan komposit yang sudah kering.



Gambar 32. Wax (Lilin)

- a) Kayu, sebagai rangka dari pelampung.
b) Pipa, sebagai pelampung.
c) Tali, sebagai pengikat material.

C. Proses Pencetakan

Proses pencetakan komposit menggunakan pelat baja berukuran 300 mm x 300 mm. Langkah-langkah pencetakan spesimen komposit ini, yaitu:

1. Alat dan bahan harus dipersiapkan terlebih dahulu.
2. Langkah pertama yaitu tuangkan resin dan hardener sesuai perbandingan yang ditentukan kedalam gelas ukur.
3. Campurkan resin dan hardener pada sebuah wadah kemudian aduk campuran tersebut hingga merata dengan perbandingan 64:36 sesuai yang ditentukan.
4. Tuangkan campuran resin dan hardener kedalam cetakan secukupnya, kemudian ratakan hingga semua daerah cetakan terisi.
5. Masukkan perlahan-lahan lapis pertama lembaran serat kedalam cetakan kemudian siram serat dengan resin. Ratakan dan tekan serat dengan kuas supaya distribusinya merata.
6. Setelah lapis pertama terbasahi semua kemudian lembaran serat berikutnya diletakkan diatasnya, kemudian tuang resin lagi dan ratakan dengan kuas. Ratakan dan tekan kembali serat dengan pengaduk supaya distribusinya merata.

7. Tutup cetakan dengan penutup yang juga terbuat dari pelat baja kemudian tekanlah dengan alat press hidrolik. Hal ini dilakukan dengan harapan tebal komposit sesuai standar.
8. Tunggu selama 5-8 jam sampai cetakan mengering/mengeras.
9. Setelah kering hasil cetakan komposit dapat dilepas dan masih berupa lempengan. Seperti pada gambar berikut:



Gambar 33. Proses pencetakan spesimen

D. Proses Perendaman

Proses perendaman material komposit yang berukuran 280 x 280 x 40 mm, yaitu:

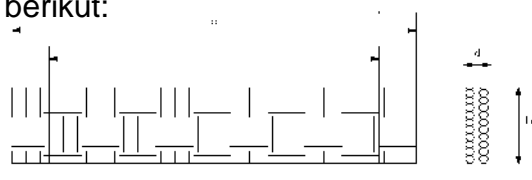
1. Buat 2 Lubang di sisi spesimen yang seratnya mengalami penarikan saat dirajut dengan menggunakan bor.
2. Spesimen terlebih dahulu ditimbang dengan menggunakan neraca digital.
3. Masukkan tali nilon ke lubang tersebut lalu ikat ke pelampung, dan lalu ikat pelampung ke dermaga.
4. Setiap 24 jam sekali angkat spesimen, bersihkan lalu ditimbang. Setelah itu ikat kembali spesimen ketempat semula.
5. Setiap 28 hari angkat satu spesimen, dan bersihkan. Kemudian lempengan ditempelkan kertas yang telah digambar spesimen uji impact sesuai dengan standar ASTM D5942-96 (lebar, panjang dan tebal telah sesuai) lalu dilakukan pemotongan dengan menggunakan mesin gergaji mengikuti bentuk gambar .
6. Hasil pemotongan dilakukan *finishing* dengan menggunakan amplas halus agar permukaan luar spesimen uji lebih halus dan merata.
7. Spesimen siap diuji.



Gambar 34. Proses Perendaman Material

E. Pengujian Impak

Bentuk Spesimen uji impact komposit mengacu pada pembuatan spesimen uji impact sesuai ASTM D5942-96 dengan model *flatwise impact*, dengan bentuk seperti gambar 15 dan tabel 2 keterangan dimensi gambar spesimen berikut:



Gambar 35. Spesimen uji impact

Tabel 4. Keterangan ukuran dimensi dari gambar spesimen:

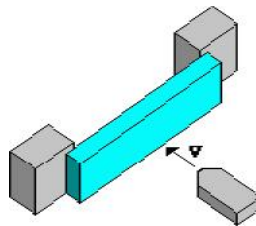
Simbol	Keterangan	Mm
L	Span	62 ± 8.5
L_0	Panjang total	80 ± 2
b	Lebar	10 ± 0.2
h	Tebal	Sesuai ketebalan material uji

Jumlah benda uji impak sebaiknya minimal berjumlah 6 (enam) buah. Hal ini bertujuan agar memperoleh data yang valid.

Mesin uji yang digunakan adalah *Impact Charpy Machine* yang dilengkapi dengan alat pemukul berupa palu dengan bentuk, ukuran dan berat tertentu ditunjukkan oleh gambar 36.



Gambar 36. *Impact Charpy Machine*



Gambar 37. Pemasangan spesimen

Tahapan pengujian impak dilakukan sesuai dengan langkah-langkah berikut:

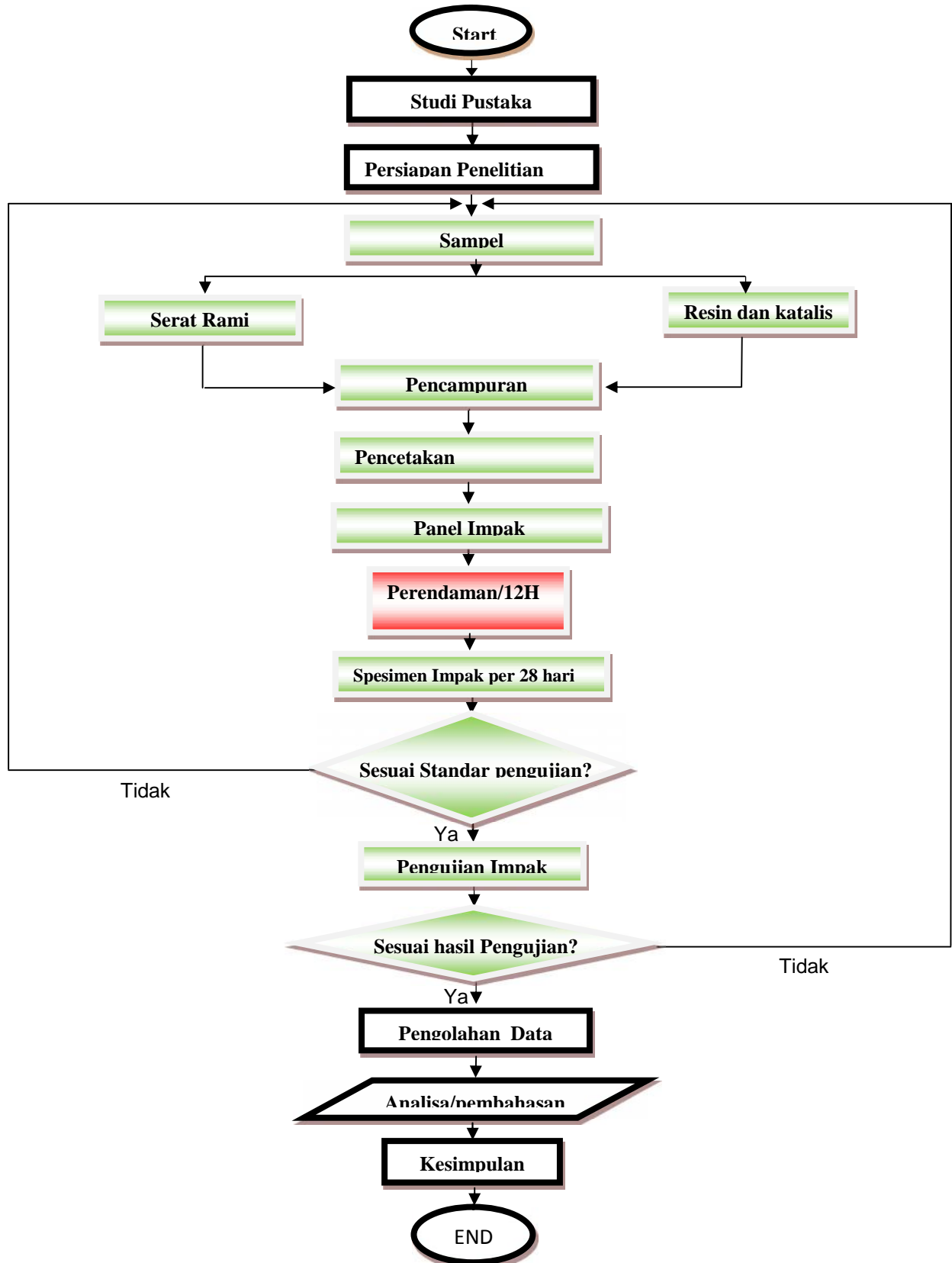
1. Mengukur dimensi spesimen meliputi: panjang, lebar dan tebal.
2. Pemberian label pada setiap spesimen yang telah diukur untuk menghindari kesalahan pembacaan.
3. Ukurlah benda uji dan sket benda tersebut sebelum dibentur dengan alat impak.

4. Naikkan pengangkat pembentur sesuai sudut yang telah ditentukan dengan memutar handle beban pembentur, kunci pembentur dengan benar.
5. Lepaskan pengunci pembentur setelah beban berada tahanan pemberat benda uji (sudut).
6. Setelah kembalikan dari puncak ayunan tersebut dapat dihentikan perlahan-lahan dengan rem.
7. Amati dan catat jarum yang terdorong, berapa derajat pemberat sudut ayunan tanpa beban uji.
8. Pasanglah pembentur dengan baik dan benar sehingga tidak membahayakan.
9. Pasanglah benda uji pada *anvil* (dudukan) yang ditunjukkan gambar 36 diatas, tepatkanlah dengan jarum center dan lepaskan jarum center tersebut jika posisi benda uji sudah benar, amati *anvil* jika kurang benar dan dapat disetel sesuai petunjuk.
10. Pembentur dapat dinaikkan secara perlahan-lahan dengan memutar *handle* tepat pada sudut yang ditentukan.
11. Lepaskan pengunci dengan menarik pengunci lengan.

12. Setelah pembentur berayun mematahkan benda uji, maka pembentur yang berayun dapat dihentikan dengan mengerem secara perlahan.
13. Amati sudut pada dial yang ditunjuk oleh jarum beban dan diperoleh harga energi impak (joule).

F. Diagram Alir

Adapun diagram alir dalam penelitian ini dapat dilihat di bawah ini:



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Uji Regresi Linear Sederhana

Regresi adalah pengukur hubungan dua variabel atau lebih yang dinyatakan dengan bentuk hubungan atau fungsi. Regresi digunakan untuk memprediksikan seberapa jauh perubahan nilai variabel dependen (berat material), bila nilai variabel independen (lama perendaman) di manipulasi .

Melalui proses pengolahan data dengan bantuan program SPSS (*Statistical Product and Service Solution*) version 17.0, seperti material 2 yang *outputnya* (Tabel 5, 6, 7, 8, 9 dan 10).

Tabel 5. Berat Material rata-rata dan Lama Perendaman.

Descriptive Statistics			
	Mean	Std. Deviation	N
Berat Material 2	3.5052	1.74646	84
Waktu Perendaman	42.5000	24.39262	84

Dari Tabel 5 tersebut diperoleh rata-rata berat material selama 84 hari lama perendaman adalah 3.5052 dengan standar deviasi 1.74646 sedangkan rata-rata lama perendaman adalah 42.5000 dengan standar deviasi 24.39262. dengan jumlah data sebanyak 84.

Tabel 6. Korelasi hubungan antara Berat Material dan Lama Perendaman.

Correlations			
		Berat Material 2	Waktu Perendaman
Pearson Correlation	Berat Material 2	1.000	.988
	Waktu Perendaman	.988	1.000
Sig. (1-tailed)	Berat Material 2	.	.000
	Waktu Perendaman	.000	.
N	Berat Material 2	84	84
	Waktu Perendaman	84	84

Hubungan variabel berat material dengan variabel lama perendaman atau sebaliknya adalah sebesar 0.988, seperti yang ditunjukkan oleh tabel 6.

Tabel 7. Variabel masuk dan keluar terhadap Berat Material dan Lama Perendaman.

Variables Entered/Removed^b			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Waktu Perendaman ^a	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Berat Material 2

Tabel 7 diatas menunjukkan variabel yang dimasukan adalah variabel lama perendaman dengan variabel berat material sebagai variabel dependen, sedangkan variabel yang dikeluarkan tidak ada (Variables Removed tidak ada).

Pada Tabel 8 angka R adalah 0.988 menunjukkan bahwa Korelasi atau keeratan hubungan antara berat material (Y) dengan lama

perendaman (X)., angka R Square atau koefisien determinasi adalah 97,6%. Standar Error of the Estimate (SEE) adalah 0.27469.

Tabel 8. Model Sisaan terhadap Berat Material dan Lama Perendaman.

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.988 ^a	.976	.975	.27469	.074

a. Predictors: (Constant), Waktu Perendaman

b. Dependent Variable: Berat Material 2

Uji ANOVA pada Tabel 9 didapat F hitung adalah 3273.175 dengan tingkat Signifikasi 0.000.

Tabel 9. Analisis Varians terhadap Berat Material dan Lama Perendaman.

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	246.972	1	246.972	3273.175	.000 ^a
	Residual	6.187	82	.075		
	Total	253.159	83			

a. Predictors: (Constant), Waktu Perendaman

b. Dependent Variable: Berat Material 2

Tabel 10. Koefisien Variabel Bebas terhadap Berat Material dan Lama Perendaman.

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.500	.060		8.263	.000
	Waktu Perendaman	.071	.001	.988	57.212	.000

a. Dependent Variable: Berat Material 2

Berdasarkan kolom Unstandardized Coefficients B dari tabel 10 diketahui nilai constantnya adalah 0,500 dan lama perendaman adalah 0.071.

Hasil program SPSS (*Statistical Product and Service Solution*) version 17.0, untuk material 1, 2, dan 3 dapat dilihat pada lampiran 3.

2. Uji Absorpsi Air Laut

Prosedur persentase air laut yang terserap oleh panel komposit tenunan ramie yang direndam dengan perendaman selama 84 hari mengacu pada ASTM D 570 – 98, sebagai berikut :

$$MC = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100 \%$$

Dimana :

MC = *Muister of Contain* (%)

M_b = Massa sampel dalam keadaan basah (gr)

M_k = Massa sampel dalam keadaan kering (gr)

Sebagai contoh pada panel 1 diketahui :

Perendaman selama 14 hari (M_b) = 350,66 gram

Berat awal panel 1 (Normal) M_k = 348,98 gram

$$MC = \frac{351,04 - 348,98}{348,98} \times 100 \%$$

$$MC = \frac{2,06}{348,98} \times 100 \%$$

$$MC = 0,59 \%$$

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh perbedaan berat panel sebelum dan sesudah direndam dalam air laut dengan lama perendaman selama 84 hari seperti pada tabel lampiran 2.

3. Uji Impak

Pengujian lentur dilakukan di laboratorium Metalurgi dan Material Jurusan Teknik Mesin Universitas Gajah Mada Yogyakarta dan didapatkan hasil seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 11. Data spesimen lentur untuk panel 1 setelah 28 hari perendaman sesuai standar ASTM D5942-96.

No	Panel	Lebar (mm)	Tebal (mm)		
			1	2	3
1	1	10	4,3	4,3	4,3
2		10	4,4	4,3	4,25
3		9,96	4,4	4,35	4,3
4		10	4,4	4,35	4,3
5		10	4,35	4,4	4,25
6		9,98	4,3	4,25	4,2

Tabel 12. Data hasil pengujian Impak pada *Impact Charpy Machine* untuk panel 1 setelah 28 hari perendaman

No	Panel	Lebar (mm)	Tebal (mm)					M (Kg)	R (cm)
			1	2	3	(°)	(°)		
1	1	10	4,3	4,3	4,3	156	151,5	1	83
2		10	4,4	4,3	4,25	156	151		
3		9,96	4,4	4,35	4,3	156	151		
4		10	4,4	4,35	4,3	156	151,5		
5		10	4,35	4,4	4,25	156	151,5		
6		9,98	4,3	4,25	4,2	156	151,5		

Dari hasil pengujian impak terhadap komposit tenunan ramie dengan pengaruh penyerapan air laut dengan lama perendaman 28 hari dapat dihitung kekuatannya dengan menggunakan persamaan sesuai standar ASTM D5942-96, yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 E_{\text{serap}} &= \text{energi awal} - \text{energi yang tersisa} \\
 &= m \cdot g \cdot h - m \cdot g \cdot h^1 \\
 &= m \cdot g \cdot (R - R \cos \theta) - m \cdot g \cdot (R - R \cdot \cos \phi) \\
 E_{\text{serap}} &= mg \cdot R \cdot (\cos \theta - \cos \phi)
 \end{aligned}$$

E_{serap} : energi serap (J)

M : berat pendulum (kg)

g : percepatan gravitasi (m/s²)

R : panjang lengan (m)

θ : sudut pendulum sebelum diayunkan

ϕ : sudut ayunan pendulum setelah mematahkan specimen

$$E_{\text{serap}} = mg \cdot R \cdot (\cos \theta - \cos \phi)$$

$$E_{\text{serap}} = 1 \times 9,81 \times 0,83 \times (\cos 151,5 - \cos 156)$$

$$E_{\text{serap}} = 0,282 \text{ Joule}$$

sehingga harga impak dapat dihitung dengan :

$$K = \frac{E_{\text{serap}}}{A_0}$$

Dimana:

K : Harga Impak (J/mm²)

E_{serap} : energi serap (J)

A_0 : Luas penampang (mm²)

$$K = \frac{E_{serap}}{A_0}$$

$$K = \frac{0,282}{10 \times 4,3}$$

$$K = 6576,01 \text{ Joule} / \text{m}^2$$

Dari hasil perhitungan pengujian impak komposit tenunan ramie dengan pengaruh penyerapan air laut dan lama perendaman 28, 56 dan 84 hari di dapatkan hasil seperti lampiran 4.

B. Pembahasan

1. Uji Regresi Linear Sederhana

Dari Tabel 5 tersebut diperoleh rata-rata berat material selama 84 hari lama perendaman adalah 3.5052 dengan standar deviasi 1.74646 sedangkan rata-rata lama perendaman adalah 42.5000 dengan standar deviasi 24.39262.

Besar kaitan antara hubungan variabel berat material dengan variabel lama perendaman atau sebaliknya adalah sebesar 0.988. Kedua variabel ini menunjukkan hubungan yang berbanding lurus dimana makin besar nilai lama perendaman maka makin tinggi pula nilai berat material atau sebaliknya hal ini di tunjukkan oleh tabel 6.

Korelasi atau keeratan hubungan antara berat material (Y) dengan lama perendaman (X) adalah sangat kuat hal ini ditunjukkan oleh besarnya harga R yaitu 0.988. Harga R^2 (koefisien determinasi) adalah

hasil kuadrat dari koefisien korelasi ($0,988 \times 0,988 = 97,6\%$) seperti yang ditunjukkan oleh tabel 8. Hal ini dapat diartikan bahwa 97,6% variasi dari variable (Y) berat material bisa dijelaskan oleh variasi dari variable (X) lama perendaman dari rumus empiris regresi linear sederhana.

Sedangkan sisanya 2,4% ($100\% - 97,6\% = 2,4\%$) dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain. Semakin besar angka R^2 (Koefisien determinasi) akan semakin baik, karena nilai prediksi dari sebuah variabel dependent (dalam kasus ini adalah berat material) oleh variabel independent (lama perendaman), semakin mendekati kebenaran/kenyataan. Serta ditunjang oleh nilai *Standar Error of the Estimate* (SEE) sebesar 0.27469 (satuan yang dipakai adalah variabel dependent), dimana semakin kecil nilai SEE maka variabel dependen dari model regresi tersebut semakin tepat diprediksi, karena kesalahan model regresi tersebut semakin kecil.

Berdasarkan tabel 9, F hitung diperoleh 3273.175 dengan tingkat Signifikasi 0. Karena tingkat probabilitas (0.000) jauh lebih kecil dari tingkat kesalahan 5% maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksi berat material atau bisa dikatakan bahwa lama perendaman berpengaruh terhadap berat material.

Regresi linier sederhana didasarkan pada hubungan fungsional ataupun kausal satu variabel independen dengan satu variabel dependen.

Persamaan umum regresi linier sederhana adalah:

$$= a + bX$$

= Syyek dalam variabel dependen yang diprediksi (berat material)

- a = Harga Y ketika $X = 0$ (harga konstan)
- b = Angka arah atau koefisien regresi, yang menunjukkan angka peningkatan ataupun penurunan variabel dependen yang didasar pada perubahan variabel dependen. Bila (+) arah garis naik , dan bila (-) maka arah garis turun.
- X = Subyek pada variabel independen yang mempunyai nilai tertentu (lama perendaman).

Berdasarkan tabel 6, 12 dan 18 pada lampiran 3 diketahui nilai konstan untuk berat material untuk tiap-tiap material adalah 0,835, 0,500, dan 0,600 (material 1, 2, dan 3) dan nilai konstan untuk lama perendaman adalah 0,084, 0,071 dan 0,072. Dari keterangan kita memperoleh rumus empiris dari persamaan regresi linier yaitu.

$$Y = 0,084 + 0,835X \text{ (material 1)}$$

$$Y = 0,071 + 0,500X \text{ (material 2)}$$

$$Y = 0,072 + 0,600X \text{ (material 3)}$$

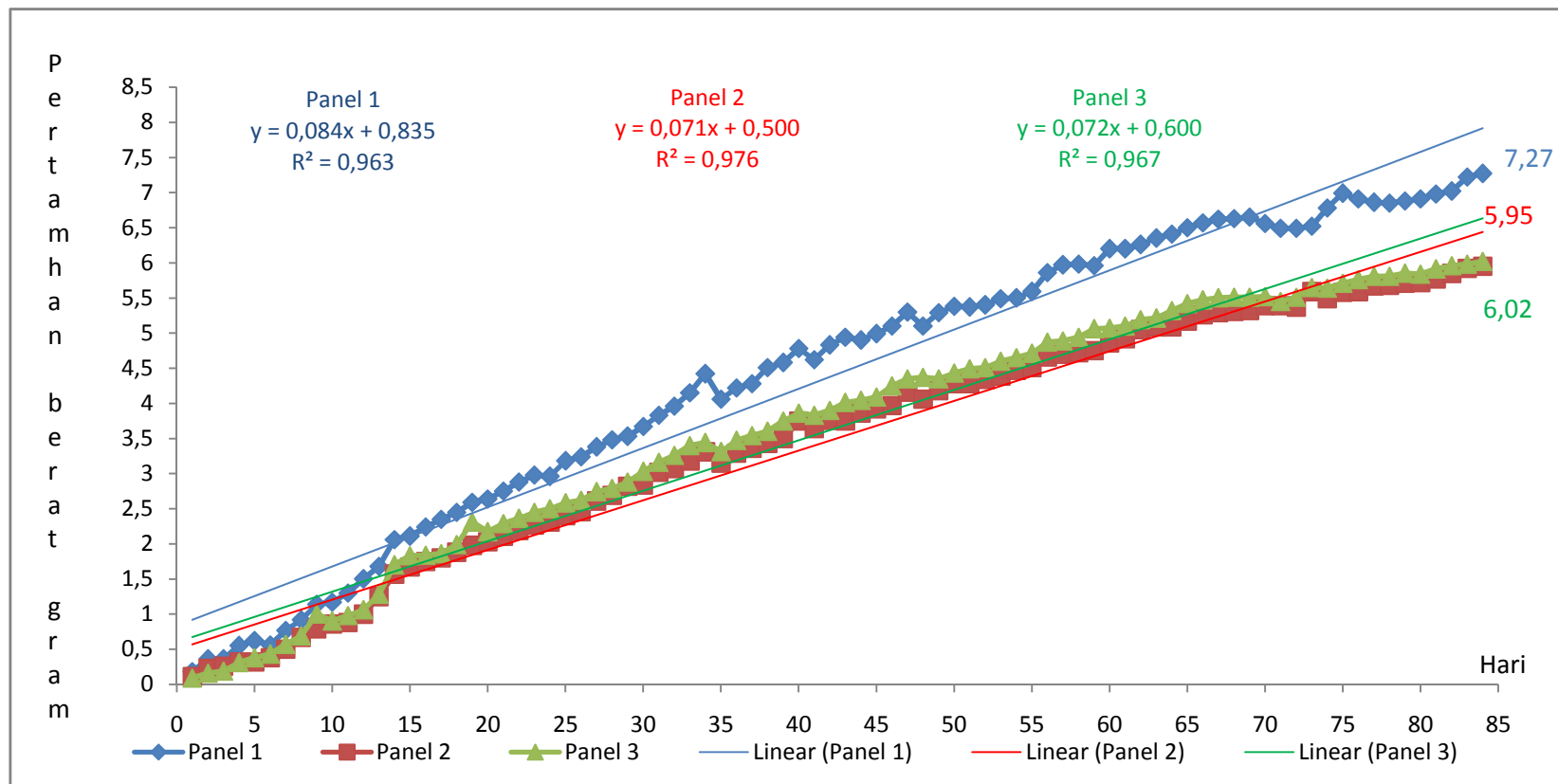
Hal ini berarti :

- Konstanta sebesar $a = 0,084, 0,071$ dan $0,072$ menyatakan bahwa jika tidak ada perendaman, berat material tetap sebesar 0,084 untuk material 1, 0,071 untuk material 2 dan 0,072 untuk material 3.
- Koefisien regresi sebesar $b = 0,835, 0,500$ dan $0,600$ menyatakan bahwa setiap penambahan 1 hari lama perendaman material akan meningkatkan berat material sebesar 0,835 untuk material1, 0,500 untuk material 2 dan 0,600 untuk material 3.

Berdasarkan rumus empiris regresi diatas diperoleh hasil prediksi penambahan berat material jika material tersebut di rendam selama 84 hari (tabel 19 lampiran 3) pada material 1 dari berat awal 348,98 gram menjadi 356,87 gram, pada material 2 dari berat awal 369,13 gram menjadi 375,59 gram dan material 3 dari berat awal 351,5 gram menjadi 358,14 gram.

Sedangkan berdasarkan hasil eksperimental yang di dapatkan dari lapangan penambahan berat untuk material yang direndam selama 84 hari (tabel 1 lampiran 2) yaitu pada material 1 dari berat awal 348,98 gram menjadi 356,25 gram, pada material 2 dari berat awal 369,13 gram menjadi 375,08 gram dan material 3 dari berat awal 351,5 gram menjadi 357,52 gram.

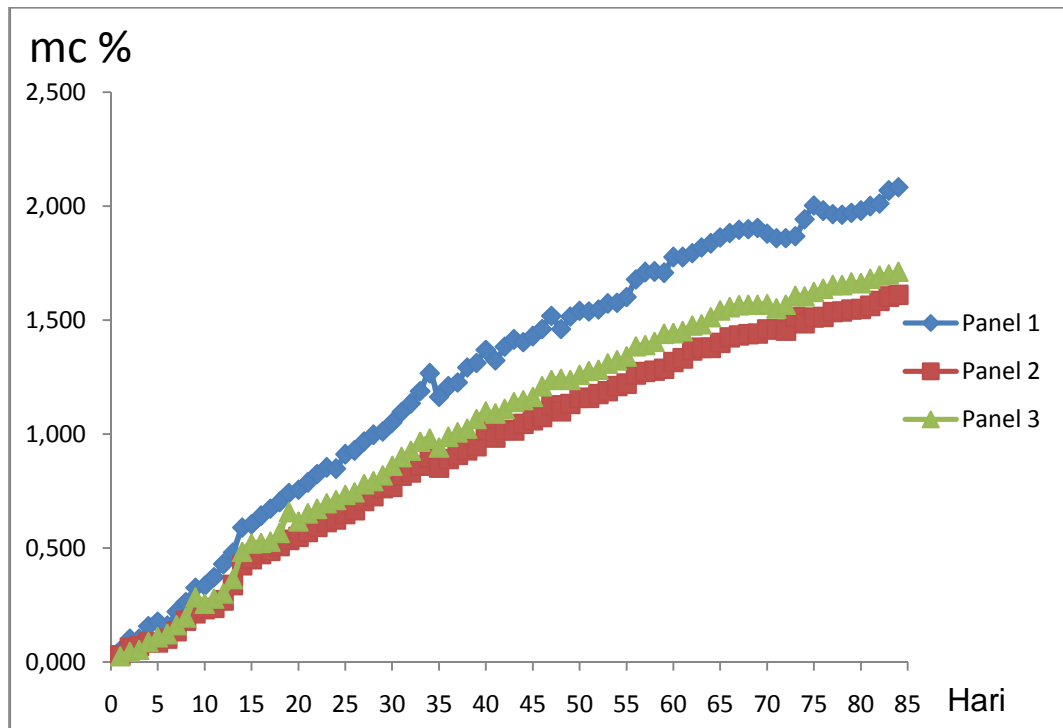
Pada gambar 38 menunjukkan laju regresi penambahan berat yang positif dimana makin lama material di rendam maka makin besar penambahan berat dari material tersebut. Pada gambar tersebut juga menunjukkan pada panel 2 memiliki garis linear yang paling dekat mendekati sebaran data-data eksperimental hal ini di sebabkan karena panel 2 memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) yang paling besar dibandingkan yang lain, dimana Semakin besar angka R^2 (Koefisien determinasi) akan semakin baik, karena nilai prediksi dari sebuah variabel dependent oleh variabel independent, semakin mendekati kebenaran/kenyataan.



Gambar 38. Hubungan lama perendaman terhadap pertambahan berat.

2. Uji Absorpsi Air Laut

Dari hasil yang di peroleh pada tabel 1 lampiran 2 maka dapat di buatkan grafik hubungan antara lama perendaman terhadap *muister of content* seperti gambar berikut:



Gambar 39. Hubungan *muister of content* terhadap lama perendaman

Seperti ditunjukkan pada gambar 38 diperoleh laju pertambahan berat panel komposit tenunan rami berbanding lurus dengan lama panel komposit tenunan rami direndam. Hal ini disebabkan karena Adanya serat rami sebagai penguat yang memiliki sifat *Moisture regain* sebesar 12% (<https://evgust.wordpress.com/2011/04/16/serat-rami/>), Sehingga menyebabkan komposit menyerap air, dimana salah satu karakteristik dari serat alam yaitu memiliki kemampuan menyerap air. Demikian pula ikatan

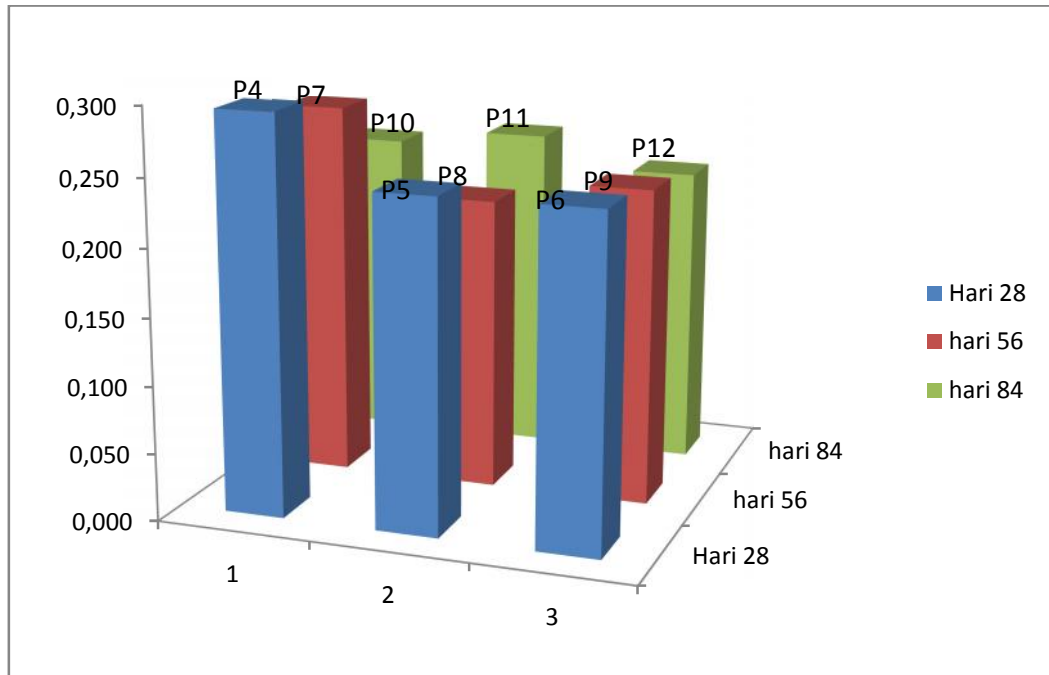
antara matriks dengan serat membuat adanya celah yang membuat aliran air dapat masuk secara kapilarisasi (dhakal et. Al, 2006).

Seiring bertambahnya berat dari masing-masing panel komposit tenunan rami maka mempengaruhi persentase *muister of conten* panel komposit rajutan rami. Dari tabel 1 pada lampiran 2. diperoleh bahwa semakin lama perendaman panel komposit rajutan rami dilakukan maka diikuti juga laju pertambahan berat dari masing-masing panel, sehingga *muister of conten* dari panel rajutan rami juga ikut meningkat.

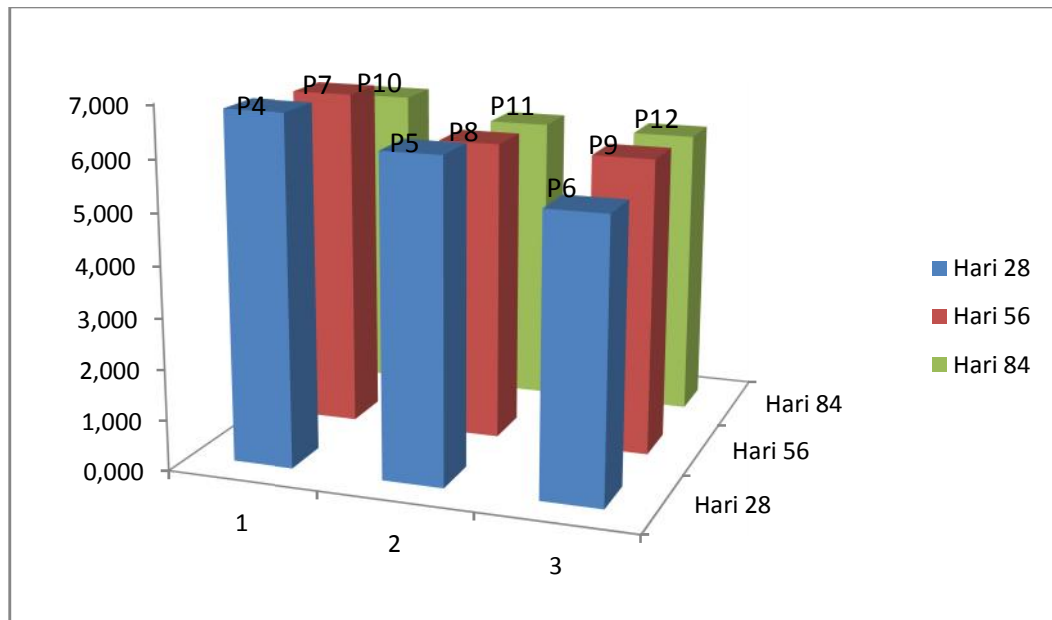
Dari grafik pada gambar 39 dapat dilihat pada hari ke 35 terjadi penurunan *muister of conten* semua panel material komposit rajutan rami hal ini di sebabkan oleh temperatur pada hari itu mencapai 30⁰ baik di atas air maupun dalam air dan disertai surutnya air laut sehingga terjadi penguapan air laut yang berada pada panel cukup besar. Dari gambar 39 juga dapat dilihat bahwa panel 1 memiliki peningkatan *muister of conten* yang lebih tinggi yaitu 2,083% di bandingkan dengan panel yang lain hal ini di sebabkan penyerapan air laut secara kapilarisasi yang cukup banyak diantara serat dengan celah komposit tersebut, sehingga berat komposit tenunan ramie menjadi bertambah dan lebih berat dari pada panel lainnya. Sedangkan panel 2 memiliki peningkatan *muister of conten* yang paling rendah dibandingkan dengan kedua panel lainnya masing-masing 1,612% untuk panel 2 dan 1,713% untuk panel 3.

3. Uji Impak

Berdasarkan pada lampiran 4 dapat dibuatkan diagram seperti sebagai berikut



Gambar 40. Energi serap komposit tenunan rami



Gambar 41. Kekuatan impak komposit tenunan rami

Dari hasil pengujian Impak dari komposit tenunan rami yang direndam selama 28 hari diperoleh harga yang paling optimal pada panel 1 dengan luas rata-rata $43,123 \text{ mm}^2$ yaitu sebesar $6,82183571 \text{ J/m}^2$ sedangkan yang terendah adalah komposit serat rami pada panel 3 dengan luas rata-rata 45 mm^2 yang mempunyai harga Impak rata-rata $5,430536939 \text{ J/m}^2$. Hal ini disebabkan oleh luasan daerah Impak di mana semakin luas daerah Impak semakin kecil pula harga Impak komposit tenunan rami tersebut.

Dan energi terserap Impak yang paling tinggi pada panel 1 dengan yaitu sebesar $0,29416078 \text{ J}$ sedangkan yang terendah adalah komposit serat rami pada panel 2 yang mempunyai harga energi terserap Impak rata-rata $0,243622974 \text{ J}$.

Dari hasil pengujian Impak dari komposit rami yang direndam selama 56 hari diperoleh harga yang paling optimal pada panel 4 dengan tebal rata-rata $41,58 \text{ mm}^2$ yaitu sebesar $6,683132108 \text{ J/m}^2$ sedangkan yang terendah adalah komposit serat rami pada panel 6 dengan tebal rata-rata $40,16 \text{ mm}^2$ yang mempunyai harga Impak rata-rata $5,809557316 \text{ J/m}^2$. Walaupun luasan daerah impak panel 4 lebih kecil dibanding dengan luasan daerah impak panel 6 tapi energi serap keduanya sangat berbanding signifikan dimana panel 4 memiliki energi serap $0,044567555 \text{ J/m}^2$ lebih besar dibandingkan dengan dengan panel 6.

Sedangkan jika energi serap panel 6 dibandingkan dengan energi serap panel 5 tidak terlalu signifikan bedanya tapi berbeda signifikan di luasan daerah impaknya dimana panel 5 memiliki luasan $3,5 \text{ mm}^2$ lebih kecil dibandingkan panel 6 sehingga panel 6 memiliki kekuatan impak paling kecil di bandingkan dengan yang lain pada lama perendaman 56 hari.

Dan energi terserap Impak yang paling tinggi pada panel 4 yaitu sebesar $0,277619141 \text{ J}$ sedangkan yang terendah adalah komposit serat rami pada panel 5 yang mempunyai harga energi terserap Impak rata-rata $0,216052873 \text{ J}$.

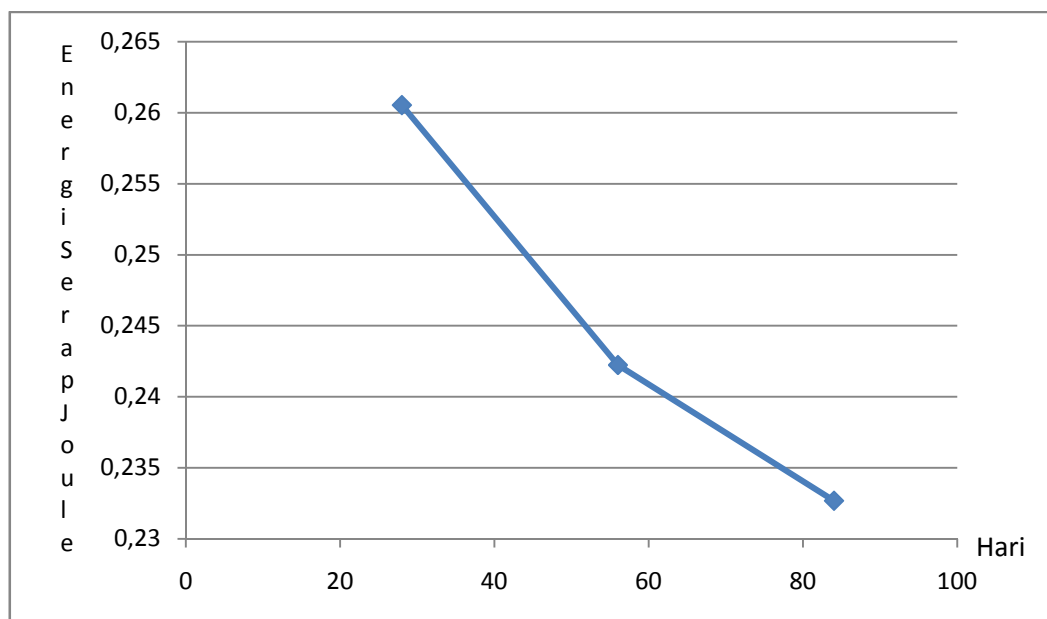
Dari hasil pengujian Impak dari komposit rami yang direndam selama 84 hari diperoleh harga impak yang paling optimal pada panel 7 dengan tebal rata-rata $37,89 \text{ mm}^2$ yaitu sebesar $6,149504438 \text{ J/m}^2$ sedangkan yang terendah adalah komposit serat rami pada panel 9 dengan tebal rata-rata $38,85 \text{ mm}^2$ yang mempunyai harga Impak rata-rata $5,701127191 \text{ J/m}^2$. Hal ini dipengaruhi oleh luasan daerah Impak semakin luas daerah Impak semakin kecil pula harga Impak komposit tersebut.

Dan energi terserap Impak yang paling tinggi pada panel 8 dengan yaitu sebesar $0,24380589 \text{ J}$ dan luasan daerah impaknya sebesar $42,35 \text{ mm}^2$ sehingga menyebabkan kekuatan impaknya lebih kecil dibandingkan panel 7, namun lebih besar dari panel 9, sedangkan yang terendah adalah

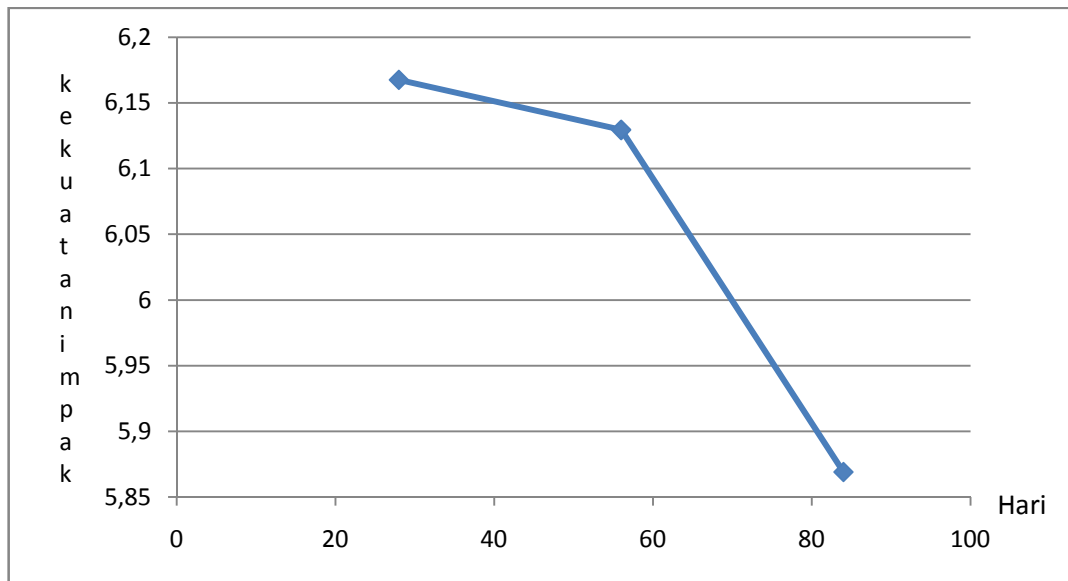
komposit serat rami pada panel 9 yang mempunyai harga energi terserap Impak rata- rata 0,221658561 J.

Dari Tabel 14 diperoleh data pengaruh lama perendaman dalam air laut terhadap kekuatan impak komposit tenunan rami dengan lama perendaman 84 hari sehingga dapat dibuatkan grafik hubungan antara lama perendaman dengan kekuatan impak dan energi serap.

Berdasarkan tabel 13 lampiran 4 diperoleh gambar berikut:



Gambar 42. Grafik hubungan antara energi serap komposit tenunan ramie dengan lama perendaman



Gambar 43. Grafik hubungan antara kekuatan impact komposit tenunan rami dengan lama perendaman

Dari hasil pengujian impact material komposit tenunan rami mengalami penurunan harga kekuatan impact dan energi serapnya seperti yang di perlihatkan pada gambar 46 dan gambar 47 mulai dari perendaman 56 hari sampai pada perendaman 84 hari. Hal ini disebabkan karena material menyerap air laut yang masuk secara kapilaritas melalui celah-celah antara matriks dan serat rami sehingga menyebabkan serat rami tersebut menjadi lemah (rapuh) yang mengakibatkan turunnya tingkat kelenturan serat rami tersebut.

Namun pada dasarnya perubahan nilai yang terjadi tidak besar. Itu juga dapat terlihat dari keseluruhan data specimen. Jadi berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa pengaruh lama perendaman komposit

serat tenunan rami terhadap variasi lama perendaman tidak menunjukkan perubahan kekuatan impak yang signifikan selama perendaman 84 hari.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari analisa hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, proses perendaman material komposit tenunan rami, penyerapan air laut pada pengujian impak dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian diperoleh rumus empiris regresi sederhana untuk tiap-tiap panel sebagai berikut:

$$Y_i = a_j + b_j X \quad i = \{ 1, 2, 3 \}$$

Di mana $a_1 = 0,084$ $a_2 = 0,071$ $a_3 = 0,071$ $b_1 = 0,835$ $b_2 = 0,5$ dan $b_3 = 0,6$.

2. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa daya serap air laut dari setiap material uji selama 84 hari yaitu 2,083% untuk material 1, 1,612% untuk material 2, 1,713% untuk material 3.
3. Dari hasil pengolahan data dan pengujian impak menunjukkan pada umur perendaman 28 hari yaitu 6,16754411 joule/m² , 56 hari yaitu 6,12946491 joule/m² dan 84 hari yaitu 5,86902281joule/m².

B. Saran

1. Untuk kegiatan penelitian selanjutnya diharapkan tidak hanya menganalisa kekuatan impact saja tetapi juga menganalisa kekuatan mekanis lainnya seperti analisa kekuatan tarik dan bendingnya.
2. Untuk kegiatan penelitian selanjutnya penulis menyarankan, agar perlu diteliti lebih lanjut waktu penelitiannya agar dapat diketahui waktu titik jenuh penyerapan airnya.
3. Untuk kegiatan penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan material komposit jenis tenunan dari serat alam lainnya supaya dapat membandingkan material komposit yang lebih kuat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM D 5942-96. 1998. Standart Test Methode for Impact Sifates of Plastic. American Sosiety for Testing and Materials, Philadelphia, PA.
- [2] ASTM. D 256 – 00 *Standard test methods for determining the izod pendulum impact resistance of plastics.*
- [3] ASTM. D 570 – 98 *Standard test method for water absorption of plastics.* Philadelphia, PA : *American Society for Testing and Materials.*
- [4] Aninomous, 1976. Vademecum Kehutanan Indonesia, Direktorat Jenderal Kehutanan Departemen Pertanian, Jakarta.
- [5] Budi,U.S, Hartati,R.S,Purwati,R.D, 2005. Biologi Tanaman Rami (*Boehmeria Nivea [L.] Gaud*). Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat.
- [6] Callister, W. D., 2007, Material Science and Engineering, An Introduction 7ed, Department of Metallurgical Engineering The University of Utah, John Willey and Sons, Inc.
- [7] Diharjo, K.,Triyono, T., 2003, *Buku Pegangan Kuliah Material Teknik*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [8] Diharjo, K., 2006. Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik bahan Komposit Serat Rami-polyester, Jurnal Teknik mesin.
- [9] Dhakal, H.N, Zhang, Z.Y, Richardson, M.O.W., 2006, Effect of Water Absorption on The Mechanical Properties of Hemp Fiber Reinforced Unsaturated Polyster Composite, Composite Science and Tecnology.
- [10] Errajhi, O.A.Z, Osborne, J.R.F, Richardson, M.O.W, Dhakal, H.N., 2005, Water Absorption Characteristic of Aluminised E-glass Fibre Reinforced Unsaturated Poliéster Composites, Composite Structures..
- [11] Jones, M. R., 1975, *Mechanics of Composite Material*, Mc Graww Hill Kogakusha, Ltd.

- [12] Muslich M, Hadjib N, 1998. Penurunan Sifat Fisik dan Mekanik Tiga Jenis Kayu dan Kayu Kelapa Terhadap Serangan Penggerek di Laut, Bandung.
- [13] Ronald,E.W, & Raymond H.M, 1995. Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan ilmuan, Edisi ke-4 Penerbit ITB Bandung.
- [14] Shen, C.H, & Springer, G.S 1975, Moisture Absorption and Desorption of Composite Materials, Department of Mechanical Engineering The University of Michigan Ann Arbor, Michigan
- [15] Sugiyono, 2011,Statistik Untuk penelitian ,Erlangga, Jakarta.
- [16] Tamba Robby, 2005, Studi Pengaruh Perendaman Menggunakan Air Laut Pada Kayu Meranti Merah Terhadap Kekuatan Kayu, FT-UNESA.
- [17] Van Vlack, 2005, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Erlangga Jakarta.
- [18] Wang, W, Sain, M, Copper, P.A.,2005, Study of Moisture Absorption in Natural Fiber Plastic Composites. *Composites Science and Technology* 66 (2006) 379-386
- [19] <http://www.bps.go.id/data-jumlah-kapal.html>
- [20] <http://www.howardwire.com/terminology.html>
- [21]<http://www.motherearthdiploma.blogspot.com/2010/08/classification-of-weaves.html>.
- [22]<http://www.okezone.com/liberalisasi-perikanan-dan-nasib-nelayan.html>
- [23] <http://www..wordpress.com/2009/11/05/sifat-sifat-fisis-air-laut.html>

Lampiran 1.



Designation: D 570 – 98

An American National Standard

Standard Test Method for Water Absorption of Plastics¹

This standard is issued under the fixed designation D 570; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the relative rate of absorption of water by plastics when immersed. This test method is intended to apply to the testing of all types of plastics, including cast, hot-molded, and cold-molded resinous products, and both homogeneous and laminated plastics in rod and tube form and in sheets 0.13 mm (0.005 in.) or greater in thickness.

1.2 The values given in SI units are to be regarded as the standard. The values stated in parentheses are for information only.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

NOTE 1—ISO 62 is technically equivalent to this test method.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

D 647 Practice for Design of Molds for Test Specimens of Plastic Molding Materials²

2.2 ISO Standard:

ISO 62 Plastics—Determination of Water Absorption³

3. Significance and Use

3.1 This test method for rate of water absorption has two chief functions: first, as a guide to the proportion of water absorbed by a material and consequently, in those cases where the relationships between moisture and electrical or mechanical properties, dimensions, or appearance have been determined, as a guide to the effects of exposure to water or humid conditions on such properties, and second, as a control test on the uniformity of a product. This second function is particularly applicable to sheet, rod, and tube forms when the test is made on the finished product.

3.2 Comparison of water absorption values of various plas-

tics can be made on the basis of values obtained in accordance with 7.1 and 7.4.

3.3 Ideal diffusion of liquids⁴ into polymers is a function of the square root of immersion time. Time to saturation is strongly dependent on specimen thickness. For example, Table 1 shows the time to approximate time saturation for various thickness of nylon-6.

3.4 The moisture content of a plastic is very intimately related to such properties as electrical insulation resistance, dielectric losses, mechanical strength, appearance, and dimensions. The effect upon these properties of change in moisture content due to water absorption depends largely on the type of exposure (by immersion in water or by exposure to high humidity), shape of the part, and inherent properties of the plastic. With nonhomogeneous materials, such as laminated forms, the rate of water absorption may be widely different through each edge and surface. Even for otherwise homogeneous materials, it may be slightly greater through cut edges than through molded surfaces. Consequently, attempts to correlate water absorption with the surface area must generally be limited to closely related materials and to similarly shaped specimens. For materials of widely varying density, relation between water absorption values on a volume as well as a weight basis may need to be considered.

4. Apparatus

4.1 *Balance*—An analytical balance capable of reading 0.0001 g.

4.2 *Oven*, capable of maintaining uniform temperatures of $50 \pm 3^\circ\text{C}$ ($122 \pm 5.4^\circ\text{F}$) and of 105 to 110°C (221 to 230°F).

5. Test Specimen

5.1 The test specimen for molded plastics shall be in the form of a disk 50.8 mm (2 in.) in diameter and 3.2 mm ($\frac{1}{8}$ in.) in thickness (see Note 2). Permissible variations in thickness are ± 0.18 mm (± 0.007 in.) for hot-molded and ± 0.30 mm (± 0.012 in.) for cold-molded or cast materials.

NOTE 2—The disk mold prescribed in the Molds for Disk Test Specimens Section of Practice D 647 is suitable for molding disk test

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-30 on Plastics and is the direct responsibility of Subcommittee D 20.50 on Permanence Properties. Current edition approved July 10, 1998. Published January 1999. Originally published as D 570 – 40 I. Last previous edition D 570 – 95.

² Discontinued 1994; replaced by D 1856, D 3419, D 3541, D 4703, and D 5227. See 1994 Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.01.

³ Available from American National Standards Institute, 11 W. 42nd St., 13th Floor, New York, NY 10036.

⁴ Additional information regarding diffusion of liquids in polymers can be found in the following references: (1) *Diffusion, Mass Transfer in Fluid Systems*, E. L. Cussler, Cambridge University Press, 1985. ISBN 0-521-29846-6. (2) *Diffusion in Polymers*, J. Crank and G. S. Park, Academic Press, 1969, and (3) "Permeation, Diffusion, and Sorption of Gases and Vapors," R. M. Felder and G. S. Huvard, in *Methods of Experimental Physics*, Vol 16C, 1980, Academic Press.

TABLE 1 Time to Saturation for Various Thickness of Nylon-6

Thickness, mm	Typical Time to 95 % Saturation, h
1	100
2	400
3.2	1 000
10	10 000
25	62 000

specimens of thermosetting materials but not thermoplastic materials.

5.2 *ISO Standard Specimen*—The test specimen for homogeneous plastics shall be 60 by 60 by 1 mm. Tolerance for the 60-mm dimension is ± 2 mm and ± 0.05 mm for the 1-mm thickness. This test method and ISO 62 are technically equivalent when the test specimen described in 5.2 is used.

5.3 The test specimen for sheets shall be in the form of a bar 76.2 mm (3 in.) long by 25.4 mm (1 in.) wide by the thickness of the material. When comparison of absorption values with molded plastics is desired, specimens 3.2 mm (1/8 in.) thick should be used. Permissible variations in thickness shall be 0.20 mm (± 0.008 in.) except for asbestos-fabric-base phenolic laminated materials or other materials which have greater standard commercial tolerances.

5.4 The test specimen for rods shall be 25.4 mm (1 in.) long for rods 25.4 mm in diameter or under and 12.7 mm (1/2 in.) long for larger-diameter rods. The diameter of the specimen shall be the diameter of the finished rod.

5.5 The test specimen for tubes less than 76 mm (3 in.) in inside diameter shall be the full section of the tube and 25.4 mm (1 in.) long. For tubes 76 mm (3 in.) or more in inside diameter, a rectangular specimen shall be cut 76 mm in length in the circumferential direction of the tube and 25.4 mm in width lengthwise of the tube.

5.6 The test specimens for sheets, rods, and tubes shall be machined, sawed, or sheared from the sample so as to have smooth edges free from cracks. The cut edges shall be made smooth by finishing with No. 0 or finer sandpaper or emery cloth. Sawing, machining, and sandpapering operations shall be slow enough so that the material is not heated appreciably.

NOTE 3—If there is any oil on the surface of the specimen when received or as a result of machining operations, wash the specimen with a cloth wet with gasoline to remove oil, wipe with a dry cloth, and allow to stand in air for 2 h to permit evaporation of the gasoline. If gasoline attacks the plastic, use some suitable solvent or detergent that will evaporate within the 2-h period.

5.7 The dimensions listed in the following table for the various specimens shall be measured to the nearest 0.025 mm (0.001 in.). Dimensions not listed shall be measured within 0.8 mm ($\pm 1/32$ in.).

Type of Specimen	Dimensions to Be Measured to the Nearest 0.025 mm (0.001 in.)
Molded disk	thickness
Sheet	thickness
Rod	length and diameter
Tube	inside and outside diameter, and wall thickness

6. Conditioning

6.1 Three specimens shall be conditioned as follows:

6.1.1 Specimens of materials whose water-absorption value would be appreciably affected by temperatures in the neighborhood of 110°C (230°F), shall be dried in an oven for 24 h

at 50 \pm 3°C (122 \pm 5.4°F), cooled in a desiccator, and immediately weighed to the nearest 0.001 g.

NOTE 4—If a static charge interferes with the weighing, lightly rub the surface of the specimens with a grounded conductor.

6.1.2 Specimens of materials, such as phenolic laminated plastics and other products whose water-absorption value has been shown not to be appreciably affected by temperatures up to 110°C (230°F), shall be dried in an oven for 1 h at 105 to 110°C (221 to 230°F).

6.1.3 When data for comparison with absorption values for other plastics are desired, the specimens shall be dried in an oven for 24 h at 50 \pm 3°C (122 \pm 5.4°F), cooled in a desiccator, and immediately weighed to the nearest 0.001 g.

7. Procedure

7.1 *Twenty-Four Hour Immersion*—The conditioned specimens shall be placed in a container of distilled water maintained at a temperature of 23 \pm 1°C (73.4 \pm 1.8°F), and shall rest on edge and be entirely immersed. At the end of 24, $+1/2$, -0 h, the specimens shall be removed from the water one at a time, all surface water wiped off with a dry cloth, and weighed to the nearest 0.001 g immediately. If the specimen is 1/16 in. or less in thickness, it shall be put in a weighing bottle immediately after wiping and weighed in the bottle.

7.2 *Two-Hour Immersion*—For all thicknesses of materials having a relatively high rate of absorption, and for thin specimens of other materials which may show a significant weight increase in 2 h, the specimens shall be tested as described in 7.1 except that the time of immersion shall be reduced to 120 \pm 4 min.

7.3 *Repeated Immersion*—A specimen may be weighed to the nearest 0.001 g after 2-h immersion, replaced in the water, and weighed again after 24 h.

NOTE 5—In using this test method the amount of water absorbed in 24 h may be less than it would have been had the immersion not been interrupted.

7.4 *Long-Term Immersion*—To determine the total water absorbed when substantially saturated, the conditioned specimens shall be tested as described in 7.1 except that at the end of 24 h they shall be removed from the water, wiped free of surface moisture with a dry cloth, weighed to the nearest 0.001 g immediately, and then replaced in the water. The weighings shall be repeated at the end of the first week and every two weeks thereafter until the increase in weight per two-week period, as shown by three consecutive weighings, averages less than 1 % of the total increase in weight or 5 mg, whichever is greater; the specimen shall then be considered substantially saturated. The difference between the substantially saturated weight and the dry weight shall be considered as the water absorbed when substantially saturated.

7.5 *Two-Hour Boiling Water Immersion*—The conditioned specimens shall be placed in a container of boiling distilled water, and shall be supported on edge and be entirely immersed. At the end of 120 \pm 4 min, the specimens shall be removed from the water and cooled in distilled water maintained at room temperature. After 15 \pm 1 min, the specimens shall be removed from the water, one at a time, all surface water removed with a dry cloth, and the specimens weighed to

the nearest 0.001 g immediately. If the specimen is 1/16 in. or less in thickness, it shall be weighed in a weighing bottle.

7.6 *One-Half-Hour Boiling Water Immersion*—For all thicknesses of materials having a relatively high rate of absorption and for thin specimens of other materials which may show a significant weight increase in 1/2 h, the specimens shall be tested as described in 7.5, except that the time of immersion shall be reduced to 30 ± 1 min.

7.7 *Immersion at 50°C*—The conditioned specimens shall be tested as described in 7.5, except that the time and temperature of immersion shall be 48 ± 1 h and 50 ± 1°C (122.0 ± 1.8°F), respectively, and cooling in water before weighing shall be omitted.

7.8 When data for comparison with absorption values for other plastics are desired, the 24-h immersion procedure described in 7.1 and the equilibrium value determined in 7.4 shall be used.

8. Reconditioning

8.1 When materials are known or suspected to contain any appreciable amount of water-soluble ingredients, the specimens, after immersion, shall be weighed, and then reconditioned for the same time and temperature as used in the original drying period. They shall then be cooled in a desiccator and immediately reweighed. If the reconditioned weight is lower than the conditioned weight, the difference shall be considered as water-soluble matter lost during the immersion test. For such materials, the water-absorption value shall be taken as the sum of the increase in weight on immersion and of the weight of the water-soluble matter.

9. Calculation and Report

9.1 The report shall include the values for each specimen and the average for the three specimens as follows:

9.1.1 Dimensions of the specimens before test, measured in accordance with 5.6, and reported to the nearest 0.025 mm (0.001 in.),

9.1.2 Conditioning time and temperature,

9.1.3 Immersion procedure used,

9.1.4 Time of immersion (long-term immersion procedure only),

9.1.5 Percentage increase in weight during immersion, calculated to the nearest 0.01 % as follows:

$$\text{Increase in weight, \%} = \frac{\text{wet weight} - \text{conditioned weight}}{\text{conditioned weight}} \times 100$$

9.1.6 Percentage of soluble matter lost during immersion, if determined, calculated to the nearest 0.01 % as follows (see Note 6):

$$\text{Soluble matter lost, \%} = \frac{\text{conditioned weight} - \text{reconditioned weight}}{\text{conditioned weight}} \times 100$$

NOTE 6—When the weight on reconditioning the specimen after immersion in water exceeds the conditioned weight prior to immersion, report “none” under 9.1.6.

9.1.7 For long-term immersion procedure only, prepare a graph of the increase in weight as a function of the square root of each immersion time. The initial slope of this graph is proportional to the diffusion constant of water in the plastic. The plateau region with little or no change in weight as a function of the square root of immersion time represents the saturation water content of the plastic.

NOTE 7—Deviation from the initial slope and plateau model indicates that simple diffusion may be a poor model for determining water content. In such cases, additional studies are suggested to determine a better model for water absorption.

9.1.8 The percentage of water absorbed, which is the sum of the values in 9.1.5 and 9.1.6, and

9.1.9 Any observations as to warping, cracking, or change in appearance of the specimens.

10. Precision and Bias⁵

10.1 *Precision*—An interlaboratory test program was carried out using the procedure outlined in 7.1, involving three laboratories and three materials. Analysis of this data yields the following coefficients of variation (average of three replicates).

	Within Laboratories	Between Laboratories
Average absorption above 1 % (2 materials)	2.33 %	4.89 %
Average absorption below 0.2 % (1 material)	9.01 %	16.63 %

NOTE 8—A round robin is currently under way to more completely determine repeatability and reproducibility of this test method.

10.2 *Bias*—No justifiable statement on the bias of this test method can be made, since the true value of the property cannot be established by an accepted referee method.

11. Keywords

11.1 absorption; immersion; plastics; water

⁵ Supporting data are available from ASTM Headquarters. Request RR: D-20-1064.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

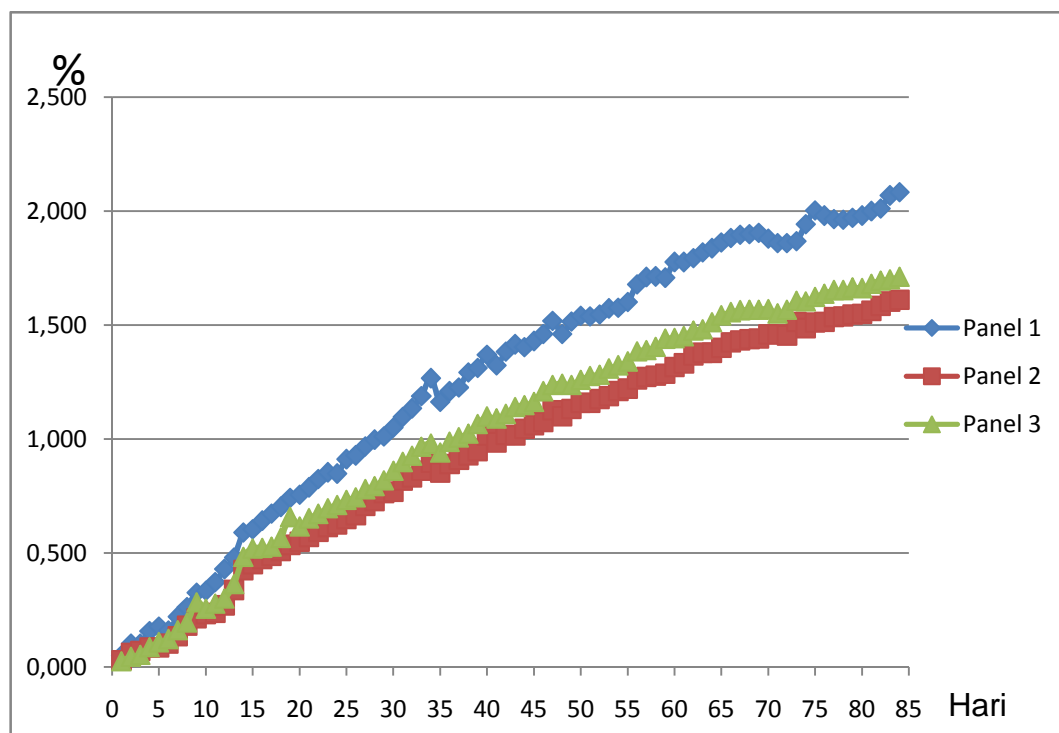
Lampiran 2

Tabel 1. Muister of Content (%) Material Komposit Rajutan Rami

No.	Hari	Penyerapan Air Laut (gr)			Pertambahan Berat (gr)			Persentase Berat (%)		
		Panel 1	Panel 2	Panel 3	Panel 1	Panel 2	Panel 3	Panel 1	Panel 2	Panel 3
1	Berat Awal	348,98	369,13	351,5	0	0	0	0,000	0,000	0,000
2	1	349,16	369,24	351,59	0,18	0,11	0,09	0,052	0,030	0,026
3	2	349,34	369,36	351,66	0,36	0,23	0,16	0,103	0,062	0,046
4	3	349,34	369,39	351,69	0,36	0,26	0,19	0,103	0,070	0,054
5	4	349,53	369,45	351,81	0,55	0,32	0,31	0,158	0,087	0,088
6	5	349,6	369,45	351,88	0,62	0,32	0,38	0,178	0,087	0,108
7	6	349,54	369,51	351,93	0,56	0,38	0,43	0,160	0,103	0,122
8	7	349,75	369,63	352,07	0,77	0,5	0,57	0,221	0,135	0,162
9	8	349,9	369,8	352,19	0,92	0,67	0,69	0,264	0,182	0,196
10	9	350,12	369,92	352,5	1,14	0,79	1	0,327	0,214	0,284
11	10	350,15	369,99	352,4	1,17	0,86	0,9	0,335	0,233	0,256
12	11	350,28	370,01	352,48	1,3	0,88	0,98	0,373	0,238	0,279
13	12	350,48	370,13	352,56	1,5	1	1,06	0,430	0,271	0,302
14	13	350,66	370,38	352,78	1,68	1,25	1,28	0,481	0,339	0,364
15	14	351,04	370,7	353,2	2,06	1,57	1,7	0,590	0,425	0,484
16	15	351,09	370,8	353,33	2,11	1,67	1,83	0,605	0,452	0,521
17	16	351,22	370,88	353,34	2,24	1,75	1,84	0,642	0,474	0,523
18	17	351,33	370,93	353,36	2,35	1,8	1,86	0,673	0,488	0,529
19	18	351,43	371,01	353,49	2,45	1,88	1,99	0,702	0,509	0,566
20	19	351,57	371,11	353,81	2,59	1,98	2,31	0,742	0,536	0,657
21	20	351,62	371,16	353,67	2,64	2,03	2,17	0,756	0,550	0,617
22	21	351,73	371,24	353,79	2,75	2,11	2,29	0,788	0,572	0,651
23	22	351,86	371,32	353,86	2,88	2,19	2,36	0,825	0,593	0,671
24	23	351,96	371,4	353,95	2,98	2,27	2,45	0,854	0,615	0,697
25	24	351,94	371,44	354	2,96	2,31	2,5	0,848	0,626	0,711
26	25	352,16	371,53	354,08	3,18	2,4	2,58	0,911	0,650	0,734
27	26	352,22	371,59	354,12	3,24	2,46	2,62	0,928	0,666	0,745
28	27	352,36	371,74	354,24	3,38	2,61	2,74	0,969	0,707	0,780
29	28	352,46	371,82	354,29	3,48	2,69	2,79	0,997	0,729	0,794
30	29	352,51	371,95	354,38	3,53	2,82	2,88	1,012	0,764	0,819
31	30	352,65	371,97	354,53	3,67	2,84	3,03	1,052	0,769	0,862

32	31	352,81	372,15	354,66	3,83	3,02	3,16	1,097	0,818	0,899
33	32	352,94	372,2	354,76	3,96	3,07	3,26	1,135	0,832	0,927
34	33	353,13	372,31	354,9	4,15	3,18	3,4	1,189	0,861	0,967
35	34	353,4	372,44	354,94	4,42	3,31	3,44	1,267	0,897	0,979
36	35	353,04	372,28	354,81	4,06	3,15	3,31	1,163	0,853	0,942
37	36	353,2	372,42	354,97	4,22	3,29	3,47	1,209	0,891	0,987
38	37	353,26	372,49	355,04	4,28	3,36	3,54	1,226	0,910	1,007
39	38	353,49	372,56	355,1	4,51	3,43	3,6	1,292	0,929	1,024
40	39	353,56	372,63	355,25	4,58	3,5	3,75	1,312	0,948	1,067
41	40	353,76	372,88	355,36	4,78	3,75	3,86	1,370	1,016	1,098
42	41	353,6	372,77	355,33	4,62	3,64	3,83	1,324	0,986	1,090
43	42	353,81	372,89	355,4	4,83	3,76	3,9	1,384	1,019	1,110
44	43	353,92	372,88	355,51	4,94	3,75	4,01	1,416	1,016	1,141
45	44	353,88	372,99	355,54	4,9	3,86	4,04	1,404	1,046	1,149
46	45	353,97	373,05	355,59	4,99	3,92	4,09	1,430	1,062	1,164
47	46	354,08	373,1	355,75	5,1	3,97	4,25	1,461	1,076	1,209
48	47	354,28	373,29	355,85	5,3	4,16	4,35	1,519	1,127	1,238
49	48	354,08	373,19	355,87	5,1	4,06	4,37	1,461	1,100	1,243
50	49	354,27	373,31	355,85	5,29	4,18	4,35	1,516	1,132	1,238
51	50	354,36	373,41	355,93	5,38	4,28	4,43	1,542	1,159	1,260
52	51	354,35	373,41	355,99	5,37	4,28	4,49	1,539	1,159	1,277
53	52	354,38	373,47	356,01	5,4	4,34	4,51	1,547	1,176	1,283
54	53	354,47	373,52	356,1	5,49	4,39	4,6	1,573	1,189	1,309
55	54	354,48	373,6	356,15	5,5	4,47	4,65	1,576	1,211	1,323
56	55	354,57	373,64	356,21	5,59	4,51	4,71	1,602	1,222	1,340
57	56	354,84	373,79	356,37	5,86	4,66	4,87	1,679	1,262	1,385
58	57	354,95	373,83	356,39	5,97	4,7	4,89	1,711	1,273	1,391
59	58	354,96	373,85	356,44	5,98	4,72	4,94	1,714	1,279	1,405
60	59	354,94	373,88	356,56	5,96	4,75	5,06	1,708	1,287	1,440
61	60	355,18	373,99	356,57	6,2	4,86	5,07	1,777	1,317	1,442
62	61	355,18	374,05	356,6	6,2	4,92	5,1	1,777	1,333	1,451
63	62	355,24	374,18	356,69	6,26	5,05	5,19	1,794	1,368	1,477
64	63	355,33	374,22	356,71	6,35	5,09	5,21	1,820	1,379	1,482
65	64	355,39	374,22	356,82	6,41	5,09	5,32	1,837	1,379	1,514
66	65	355,48	374,3	356,92	6,5	5,17	5,42	1,863	1,401	1,542
67	66	355,55	374,39	356,97	6,57	5,26	5,47	1,883	1,425	1,556
68	67	355,6	374,42	357	6,62	5,29	5,5	1,897	1,433	1,565
69	68	355,61	374,44	357,01	6,63	5,31	5,51	1,900	1,439	1,568

70	69	355,63	374,45	357,01	6,65	5,32	5,51	1,906	1,441	1,568
71	70	355,54	374,52	357,02	6,56	5,39	5,52	1,880	1,460	1,570
72	71	355,47	374,52	356,95	6,49	5,39	5,45	1,860	1,460	1,550
73	72	355,47	374,5	357,01	6,49	5,37	5,51	1,860	1,455	1,568
74	73	355,5	374,72	357,15	6,52	5,59	5,65	1,868	1,514	1,607
75	74	355,76	374,62	357,14	6,78	5,49	5,64	1,943	1,487	1,605
76	75	355,97	374,71	357,21	6,99	5,58	5,71	2,003	1,512	1,624
77	76	355,89	374,72	357,26	6,91	5,59	5,76	1,980	1,514	1,639
78	77	355,84	374,8	357,31	6,86	5,67	5,81	1,966	1,536	1,653
79	78	355,83	374,81	357,31	6,85	5,68	5,81	1,963	1,539	1,653
80	79	355,86	374,84	357,35	6,88	5,71	5,85	1,971	1,547	1,664
81	80	355,89	374,85	357,34	6,91	5,72	5,84	1,980	1,550	1,661
82	81	355,96	374,9	357,41	6,98	5,77	5,91	2,000	1,563	1,681
83	82	356	374,98	357,46	7,02	5,85	5,96	2,012	1,585	1,696
84	83	356,2	375,05	357,48	7,22	5,92	5,98	2,069	1,604	1,701
85	84	356,25	375,08	357,52	7,27	5,95	6,02	2,083	1,612	1,713



Gambar 1. Hubungan lama perendaman terhadap *muister of content*

Lampiran 3.

Proses pengolahan data dengan bantuan program SPSS (*Statistical Product and Service Solution*) version 17.0,
OUTPUT SPSS

```
REGRESSION      /DESCRIPTIVES MEAN STDDEV CORR SIG N      /MISSING  
LISTWISE       /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA      /CRITERIA=PIN(.05)  
POUT(.10)      /NOORIGIN      /DEPENDENT Y1      /METHOD=ENTER X  
/SCATTERPLOT=( *SRESID , *ZPRED)      /RESIDUALS DURBIN HIST(ZRESID)  
NORM(ZRESID) .
```

Regression Material 1

[DataSet0]

Tabel 1. Berat Material rata-rata dan Lama Perendaman.

Descriptive Statistics			
	Mean	Std. Deviation	N
Berat Material 1	4.4176	2.09553	84
Waktu Perendaman	42.5000	24.39262	84

Tabel 2. Korelasi hubungan antara Berat Material dan Lama Perendaman.

Correlations			
		Berat Material 1	Waktu Perendaman
Pearson Correlation	Berat Material 1	1.000	.981
	Waktu Perendaman	.981	1.000
Sig. (1-tailed)	Berat Material 1	.	.000
	Waktu Perendaman	.000	.
N	Berat Material 1	84	84
	Waktu Perendaman	84	84

Tabel 3. Variabel masuk dan keluar terhadap Berat Material dan Lama Perendaman.

Variables Entered/Removed ^b			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Waktu Perendaman ^a		. Enter
a. All requested variables entered.			
b. Dependent Variable: Berat Material 1			

Tabel 4. Model Sisaan terhadap Berat Material dan Lama Perendaman.

Model Summary ^b					
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.981 ^a	.963	.963	.40508	.077
a. Predictors: (Constant), Waktu Perendaman					
b. Dependent Variable: Berat Material 1					

Analisis Varians terhadap Berat Material dan Lama

Tabel 5. Perendaman.

ANOVA ^b						
Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	351.019	1	351.019	2139.232	.000 ^a
	Residual	13.455	82	.164		
	Total	364.474	83			
a. Predictors: (Constant), Waktu Perendaman						
b. Dependent Variable: Berat Material 1						

Koeffisien Variabel Bebas terhadap Berat Material dan
Tabel 6. Lama Perendaman.

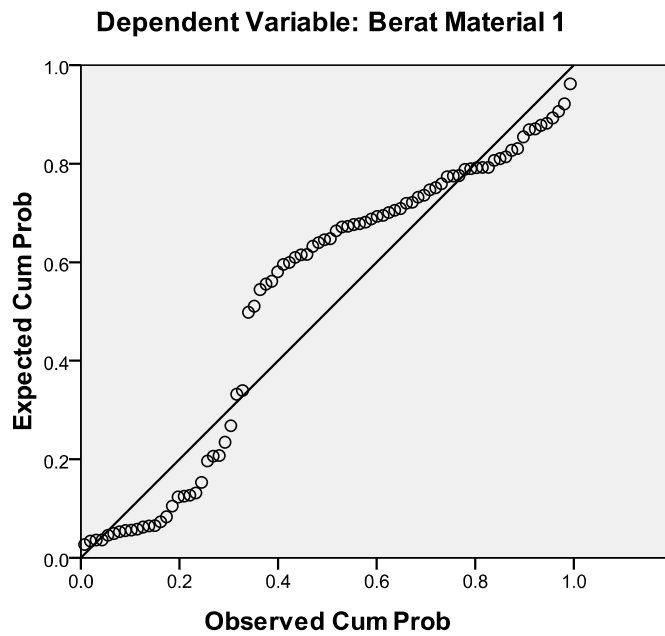
Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.835	.089		9.357	.000
	Waktu Perendaman	.084	.002	.981	46.252	.000

a. Dependent Variable: Berat Material 1

Charts

Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual



Regression Material 2

[DataSet0]

Tabel 7. Berat Material rata-rata dan Lama Perendaman.

Descriptive Statistics			
	Mean	Std. Deviation	N
Berat Material 2	3.5052	1.74646	84
Waktu Perendaman	42.5000	24.39262	84

Tabel 8. Korelasi hubungan antara Berat Material dan Lama Perendaman.

Correlations			
		Berat Material 2	Waktu Perendaman
Pearson Correlation	Berat Material 2	1.000	.988
	Waktu Perendaman	.988	1.000
Sig. (1-tailed)	Berat Material 2	.	.000
	Waktu Perendaman	.000	.
N	Berat Material 2	84	84
	Waktu Perendaman	84	84

Tabel 9. Variabel masuk dan keluar terhadap Berat Material dan Lama Perendaman.

Variables Entered/Removed ^b			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Waktu Perendaman ^a	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Berat Material 2

Tabel 10. Model Sisaan terhadap Berat Material dan Lama Perendaman.

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.988 ^a	.976	.975	.27469	.074

a. Predictors: (Constant), Waktu Perendaman

b. Dependent Variable: Berat Material 2

Tabel 11. Analisis Varians terhadap Berat Material dan Lama Perendaman.

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	246.972	1	246.972	3273.175	.000 ^a
	Residual	6.187	82	.075		
	Total	253.159	83			

a. Predictors: (Constant), Waktu Perendaman

b. Dependent Variable: Berat Material 2

Tabel 12. Koefisien Variabel Bebas terhadap Berat Material dan Lama Perendaman.

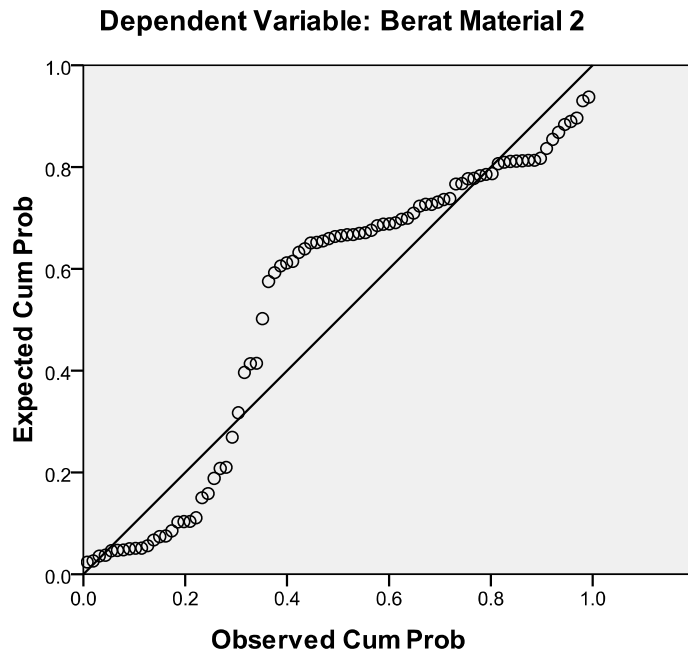
Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.500	.060		8.263	.000
	Waktu Perendaman	.071	.001	.988	57.212	.000

a. Dependent Variable: Berat Material 2

Charts

Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual



Regression Material 3

[DataSet0]

Tabel 13. Berat Material rata-rata dan Lama Perendaman.

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Berat Material 3	3.6527	1.78144	84
Waktu Perendaman	42.5000	24.39262	84

Tabel 14. Korelasi hubungan antara Berat Material dan Lama Perendaman.

Correlations			
		Berat Material 3	Waktu Perendaman
Pearson Correlation	Berat Material 3	1.000	.983
	Waktu Perendaman	.983	1.000
Sig. (1-tailed)	Berat Material 3	.	.000
	Waktu Perendaman	.000	.
N	Berat Material 3	84	84
	Waktu Perendaman	84	84

Tabel 15. Variabel masuk dan keluar terhadap Berat Material dan Lama Perendaman.

Variables Entered/Removed ^b			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Waktu Perendaman ^a		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Berat Material 3

Tabel 16. Model Sisaan terhadap Berat Material dan Lama Perendaman.

Model Summary ^b					
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.983 ^a	.967	.967	.32537	.065

a. Predictors: (Constant), Waktu Perendaman

b. Dependent Variable: Berat Material 3

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.983 ^a	.967	.967	.32537	.065

a. Predictors: (Constant), Waktu Perendaman

Tabel 17. Analisis Varians terhadap Berat Material dan Lama Perendaman.

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	254.723	1	254.723	2406.153	.000 ^a
	Residual	8.681	82	.106		
	Total	263.403	83			

a. Predictors: (Constant), Waktu Perendaman

b. Dependent Variable: Berat Material 3

Tabel 18. Koeffisien Variabel Bebas terhadap Berat Material dan Lama Perendaman.

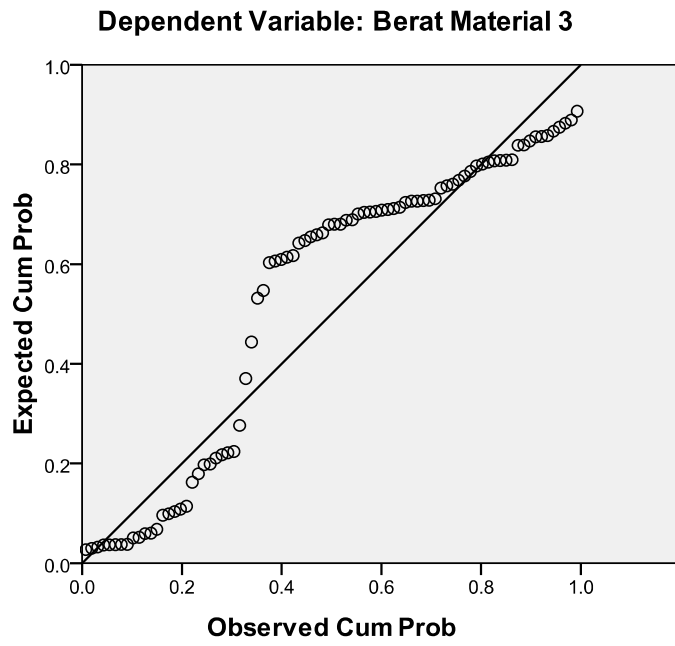
Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.600	.072		8.382	.000
	Waktu Perendaman	.072	.001	.983	49.053	.000

a. Dependent Variable: Berat Material 3

Charts

Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual



Tabel 19. Pengamatan Pertambahan Berat Material Secara Regresi

Panel 1 $y = 0,084x + 0,835$

Panel 2 $y = 0,071x + 0,500$

Panel 3 $y = 0,072x + 0,600$

Lama Perendaman (hari)	Massa (gr)	pertambahan MC/hr (gr)	Massa (gr)	MC/hr (gr)	Massa (gr)	MC/hr (gr)
Berat Awal	348,98	Panel 1	369,13	Panel 2	351,5	Panel 3
Variabel X Independent (Waktu)	Pertambahan Berat Panel 1, 2 dan 3 (gram)					
	Variabel Y Dependent (Berat)					
X	Y panel 1		Y panel 2		Y panel 3	
1	349,899	0,919	369,701	0,571	352,172	0,672
2	349,983	1,003	369,772	0,642	352,244	0,744
3	350,067	1,087	369,843	0,713	352,316	0,816
4	350,151	1,171	369,914	0,784	352,388	0,888
5	350,235	1,255	369,985	0,855	352,46	0,96
6	350,319	1,339	370,056	0,926	352,532	1,032
7	350,403	1,423	370,127	0,997	352,604	1,104
8	350,487	1,507	370,198	1,068	352,676	1,176
9	350,571	1,591	370,269	1,139	352,748	1,248
10	350,655	1,675	370,34	1,21	352,82	1,32
11	350,739	1,759	370,411	1,281	352,892	1,392
12	350,823	1,843	370,482	1,352	352,964	1,464
13	350,907	1,927	370,553	1,423	353,036	1,536
14	350,991	2,011	370,624	1,494	353,108	1,608
15	351,075	2,095	370,695	1,565	353,18	1,68
16	351,159	2,179	370,766	1,636	353,252	1,752
17	351,243	2,263	370,837	1,707	353,324	1,824
18	351,327	2,347	370,908	1,778	353,396	1,896
19	351,411	2,431	370,979	1,849	353,468	1,968
20	351,495	2,515	371,05	1,92	353,54	2,04
21	351,579	2,599	371,121	1,991	353,612	2,112
22	351,663	2,683	371,192	2,062	353,684	2,184
23	351,747	2,767	371,263	2,133	353,756	2,256
24	351,831	2,851	371,334	2,204	353,828	2,328
25	351,915	2,935	371,405	2,275	353,9	2,4

26	351,999	3,019	371,476	2,346	353,972	2,472
27	352,083	3,103	371,547	2,417	354,044	2,544
28	352,167	3,187	371,618	2,488	354,116	2,616
29	352,251	3,271	371,689	2,559	354,188	2,688
30	352,335	3,355	371,76	2,63	354,26	2,76
31	352,419	3,439	371,831	2,701	354,332	2,832
32	352,503	3,523	371,902	2,772	354,404	2,904
33	352,587	3,607	371,973	2,843	354,476	2,976
34	352,671	3,691	372,044	2,914	354,548	3,048
35	352,755	3,775	372,115	2,985	354,62	3,12
36	352,839	3,859	372,186	3,056	354,692	3,192
37	352,923	3,943	372,257	3,127	354,764	3,264
38	353,007	4,027	372,328	3,198	354,836	3,336
39	353,091	4,111	372,399	3,269	354,908	3,408
40	353,175	4,195	372,47	3,34	354,98	3,48
41	353,259	4,279	372,541	3,411	355,052	3,552
42	353,343	4,363	372,612	3,482	355,124	3,624
43	353,427	4,447	372,683	3,553	355,196	3,696
44	353,511	4,531	372,754	3,624	355,268	3,768
45	353,595	4,615	372,825	3,695	355,34	3,84
46	353,679	4,699	372,896	3,766	355,412	3,912
47	353,763	4,783	372,967	3,837	355,484	3,984
48	353,847	4,867	373,038	3,908	355,556	4,056
49	353,931	4,951	373,109	3,979	355,628	4,128
50	354,015	5,035	373,18	4,05	355,7	4,2
51	354,099	5,119	373,251	4,121	355,772	4,272
52	354,183	5,203	373,322	4,192	355,844	4,344
53	354,267	5,287	373,393	4,263	355,916	4,416
54	354,351	5,371	373,464	4,334	355,988	4,488
55	354,435	5,455	373,535	4,405	356,06	4,56
56	354,519	5,539	373,606	4,476	356,132	4,632
57	354,603	5,623	373,677	4,547	356,204	4,704
58	354,687	5,707	373,748	4,618	356,276	4,776
59	354,771	5,791	373,819	4,689	356,348	4,848
60	354,855	5,875	373,89	4,76	356,42	4,92
61	354,939	5,959	373,961	4,831	356,492	4,992
62	355,023	6,043	374,032	4,902	356,564	5,064
63	355,107	6,127	374,103	4,973	356,636	5,136

64	355,191	6,211	374,174	5,044	356,708	5,208
65	355,275	6,295	374,245	5,115	356,78	5,28
66	355,359	6,379	374,316	5,186	356,852	5,352
67	355,443	6,463	374,387	5,257	356,924	5,424
68	355,527	6,547	374,458	5,328	356,996	5,496
69	355,611	6,631	374,529	5,399	357,068	5,568
70	355,695	6,715	374,6	5,47	357,14	5,64
71	355,779	6,799	374,671	5,541	357,212	5,712
72	355,863	6,883	374,742	5,612	357,284	5,784
73	355,947	6,967	374,813	5,683	357,356	5,856
74	356,031	7,051	374,884	5,754	357,428	5,928
75	356,115	7,135	374,955	5,825	357,5	6
76	356,199	7,219	375,026	5,896	357,572	6,072
77	356,283	7,303	375,097	5,967	357,644	6,144
78	356,367	7,387	375,168	6,038	357,716	6,216
79	356,451	7,471	375,239	6,109	357,788	6,288
80	356,535	7,555	375,31	6,18	357,86	6,36
81	356,619	7,639	375,381	6,251	357,932	6,432
82	356,703	7,723	375,452	6,322	358,004	6,504
83	356,787	7,807	375,523	6,393	358,076	6,576
84	356,871	7,891	375,594	6,464	358,148	6,648

Lampiran 4.

Tabel 1. Hasil pengujian impak panel 1 dengan lama perenmdaman 28 hari.

NO	PANJANG (mm)	LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	LUAS PENEMPANG		W		R		α		β		TENAGA PATAHAN (Joule)	KEKUATAN IMPAK		
				A (mm ²)	A (m ²)	(kg)	(N)	(cm)	(m)	(o)	cos α	(o)	cos β		(Joule/m ²)	(kJ/m ²)	
1	a	82	10	4,3	43	0,000043	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6576,014031	6,576014031
	b	82	10	4,3	43	0,000043	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6576,014031	6,576014031
	c	82	10	4,3	43	0,000043	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6576,014031	6,576014031
			10	4,3	43	0,000043									0,282768603	6576,014031	6,576014031
2	a	82	10	4,4	44	0,000044	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151	-0,874619707	0,316945138	7203,298598	7,203298598
	b	82	10	4,3	43	0,000043	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151	-0,874619707	0,316945138	7370,81717	7,37081717

	c	82	10	4,25	42,5	0,000043	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151	-0,874619707	0,316945138	7457,532666	7,457532666
			10	4,317	43,1667	0,000043									0,316945138	7343,882812	7,343882812
3	a	82	9,96	4,4	43,824	0,000044	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151	-0,874619707	0,316945138	7232,227508	7,232227508
	b	82	9,96	4,35	43,326	0,000043	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151	-0,874619707	0,316945138	7315,35656	7,31535656
	c	82	9,96	4,3	42,828	0,000043	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151	-0,874619707	0,316945138	7400,418846	7,400418846
			9,96	4,35	43,326	0,000043									0,316945138	7316,000971	7,316000971
4	a	82	10	4,4	44	0,000044	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6426,559167	6,426559167
	b	82	10	4,35	43,5	0,000044	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6500,427663	6,500427663
	c	82	10	4,3	43	0,000043	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6576,014031	6,576014031
			10	4,35	43,5	0,000044									0,282768603	6501,000287	6,501000287
5	a	82	10	4,35	43,5	0,000044	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6500,427663	6,500427663
	b	82	10	4,4	44	0,000044	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6426,559167	6,426559167
	c	82	10	4,25	42,5	0,000043	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6653,378902	6,653378902

			10	4,333	43,3333	0,000043										0,282768603	6526,788577	6,526788577
6	a	82	9,98	4,3	42,914	0,000043	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6589,192416	6,589192416	
	b	82	9,98	4,25	42,415	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6666,712327	6,666712327	
	c	82	9,98	4,2	41,916	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6746,07795	6,74607795	
			9,98	4,25	42,415	0,000042										0,282768603	6667,327564	6,667327564

Tabel 2. Hasil pengujian impak panel 2 dengan lama perenmdaman 28 hari.

NO	PANJANG (mm)	LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	LUAS PENEMPANG		W		R		α		β		TENAGA PATAHAN (Joule)	KEKUATAN IMPAK		
				A (mm ²)	A (m ²)	(kg)	(N)	(cm)	(m)	(o)	cos α	(o)	cos β		(Joule/m ²)	(kJ/m ²)	
1	a	82	10	4	40	0,000040	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6228,424861	6,228424861
	b	82	10	4	40	0,000040	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6228,424861	6,228424861
	c	82	10	4	40	0,000040	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6228,424861	6,228424861
				10	4										0,249136994	6228,424861	6,228424861
2	a	82	10	3,9	39	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5539,817251	5,539817251
	b	82	10	3,95	39,5	0,000040	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5469,692982	5,469692982
	c	82	10	4	40	0,000040	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5401,321819	5,401321819
				10	3,95										0,216052873	5470,277351	5,470277351

3	a	82	10	3,9	39	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6388,128062	6,388128062
	b	82	10	3,9	39	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6388,128062	6,388128062
	c	82	10	3,9	39	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6388,128062	6,388128062
4	a	82	10	3,85	38,5	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6471,090764	6,471090764
	b	82	10	3,9	39	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6388,128062	6,388128062
	c	82	10	3,9	39	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6388,128062	6,388128062
5	a	82	10	3,85	38,5	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6471,090764	6,471090764
	b	82	10	3,85	38,5	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6471,090764	6,471090764
	c	82	10	3,85	38,5	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6471,090764	6,471090764

6	a	82	10	3,8	38	0,000038	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6556,236695	6,556236695
	b	82	10	3,8	38	0,000038	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6556,236695	6,556236695
	c	82	10	3,85	38,5	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6471,090764	6,471090764
			10	3,817											0,249136994	6527,854718	6,527854718

Tabel 3. Hasil pengujian impak panel 3 dengan lama perenmdaman 28 hari.

NO	PANJANG (mm)	LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	LUAS PENEMPANG		W		R		α		β		TENAGA PATAHAN (Joule)	KEKUATAN IMPAK		
				A (mm ²)	A (m ²)	(kg)	(N)	(cm)	(m)	(o)	cos α	(o)	cos β		(Joule/m ²)	(kJ/m ²)	
1	a	82	10	4,65	46,5	0,000047	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	4646,298339	4,646298339
	b	82	10	4,7	47	0,000047	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	4596,869634	4,596869634
	c	82	10	4,65	46,5	0,000047	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	4646,298339	4,646298339
			10	4,667											0,216052873	4629,822104	4,629822104
2	a	82	10	4,6	46	0,000046	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	4696,801582	4,696801582
	b	82	10	4,55	45,5	0,000046	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	4748,414786	4,748414786
	c	82	10	4,6	46	0,000046	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	4696,801582	4,696801582
			10	4,583											0,216052873	4714,005983	4,714005983

3	a	82	10	4,55	45,5	0,000046	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	5475,538339	5,475538339
	b	82	10	4,5	45	0,000045	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	5536,377654	5,536377654
	c	82	10	4,45	44,5	0,000045	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	5598,584144	5,598584144
				10	4,5											0,249136994	5536,833379
4	a	82	10	4,45	44,5	0,000045	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	4855,120737	4,855120737
	b	82	10	4,4	44	0,000044	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	4910,292563	4,910292563
	c	82	10	4,45	44,5	0,000045	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	4855,120737	4,855120737
				10	4,433											0,216052873	4873,511345
5	a	82	10	4,4	44	0,000044	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6426,559167	6,426559167
	b	82	10	4,4	44	0,000044	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6426,559167	6,426559167
	c	82	10	4,4	44	0,000044	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6426,559167	6,426559167
				10	4,4											0,282768603	6426,559167

6	a	82	10	4,45	44,5	0,000045	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6354,350637	6,354350637
	b	82	10	4,4	44	0,000044	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6426,559167	6,426559167
	c	82	10	4,4	44	0,000044	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6426,559167	6,426559167
			10	4,417											0,282768603	6402,489657	6,402489657

Tabel 4. Hasil pengujian impak panel 4 dengan lama perenmdaman 56 hari.

NO	PANJANG (mm)	LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	LUAS PENEMPANG		W		R		α		β		TENAGA PATAHAN (Joule)	KEKUATAN IMPAK		
				A (mm ²)	A (m ²)	(kg)	(N)	(cm)	(m)	(o)	cos α	(o)	cos β		(Joule/m ²)	(kJ/m ²)	
1	a	82	10	4,1	41	0,000041	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151	-0,874619707	0,316945138	7730,369227	7,730369227
	b	82	10	4,1	41	0,000041	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151	-0,874619707	0,316945138	7730,369227	7,730369227
	c	82	10	4,15	41,5	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151	-0,874619707	0,316945138	7637,232249	7,637232249
														0,316945138	7699,323568	7,699323568	
2	a	82	10	4,1	41	0,000041	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151	-0,874619707	0,316945138	7730,369227	7,730369227
	b	82	10	4,15	41,5	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151	-0,874619707	0,316945138	7637,232249	7,637232249
	c	82	10	4,15	41,5	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151	-0,874619707	0,316945138	7637,232249	7,637232249
														0,316945138	7668,277908	7,668277908	

3	a	82	10	4,15	41,5	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6813,701285	6,813701285
	b	82	10	4,15	41,5	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6813,701285	6,813701285
	c	82	10	4,15	41,5	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6813,701285	6,813701285
4	a	82	10	4,15	41,5	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	153	-0,891006524	0,183518758	4422,138744	4,422138744
	b	82	10	4,2	42	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	153	-0,891006524	0,183518758	4369,494235	4,369494235
	c	82	10	4,25	42,5	0,000043	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	153	-0,891006524	0,183518758	4318,08842	4,31808842
5	a	82	10	4,1	41	0,000041	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6896,795203	6,896795203
	b	82	10	4,15	41,5	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6813,701285	6,813701285
	c	82	10	4,2	42	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6732,585794	6,732585794
														0,282768603	6814,360761	6,814360761	

6	a	82	10	4,15	41,5	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6813,701285	6,813701285
	b	82	10	4,2	42	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6732,585794	6,732585794
	c	82	10	4,25	42,5	0,000043	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6653,378902	6,653378902
															0,282768603	6733,221994	6,733221994

Tabel 5. Hasil pengujian impak panel 5 dengan lama perenmdaman 56 hari.

NO	PANJANG (mm)	LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	LUAS PENEMPANG		W		R		α		β		TENAGA PATAHAN (Joule)	KEKUATAN IMPAK		
				A (mm ²)	A (m ²)	(kg)	(N)	(cm)	(m)	(o)	cos α	(o)	cos β		(Joule/m ²)	(kJ/m ²)	
1	a	82	9,95	3,85	38,3075	0,000038	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5639,962743	5,639962743
	b	82	9,95	3,7	36,815	0,000037	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5868,609881	5,868609881
	c	82	9,95	3,7	36,815	0,000037	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5868,609881	5,868609881
															0,216052873	5792,394168	5,792394168
2	a	82	10	3,75	37,5	0,000038	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5761,409941	5,761409941
	b	82	10	3,7	37	0,000037	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5839,266832	5,839266832
	c	82	10	3,7	37	0,000037	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5839,266832	5,839266832
															0,216052873	5813,314535	5,813314535

3	a	82	9,9	3,8	37,62	0,000038	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5743,032238	5,743032238
	b	82	9,9	3,7	36,63	0,000037	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5898,249325	5,898249325
	c	82	9,9	3,7	36,63	0,000037	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5898,249325	5,898249325
4	a	82	9,8	3,6	35,28	0,000035	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	6123,947641	6,123947641
	b	82	9,8	3,6	35,28	0,000035	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	6123,947641	6,123947641
	c	82	9,8	3,6	35,28	0,000035	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	6123,947641	6,123947641
5	a	82	9,8	3,7	36,26	0,000036	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5958,435543	5,958435543
	b	82	9,8	3,75	36,75	0,000037	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5878,989735	5,878989735
	c	82	9,8	3,75	36,75	0,000037	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5878,989735	5,878989735
															0,216052873	5905,471671	5,905471671

6	a	82	10	3,7	37	0,000037	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5839,266832	5,839266832
	b	82	10	3,65	36,5	0,000037	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5919,256788	5,919256788
	c	82	10	3,65	36,5	0,000037	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5919,256788	5,919256788
															0,216052873	5892,59347	5,89259347

Tabel 6. Hasil pengujian impak panel 6 dengan lama perenmdaman 56 hari.

NO	PANJANG (mm)	LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	LUAS PENEMPANG		W		R		α		β		TENAGA PATAHAN (Joule)	KEKUATAN IMPAK		
				A (mm ²)	A (m ²)	(kg)	(N)	(cm)	(m)	(o)	cos α	(o)	cos β		(Joule/m ²)	(kJ/m ²)	
1	a	82	10	3,9	39	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6388,128062	6,388128062
	b	82	10	3,9	39	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6388,128062	6,388128062
	c	82	10	3,95	39,5	0,000040	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994 0,249136994	6307,265682 6361,173935	6,307265682 6,361173935
2	a	82	10	4	40	0,000040	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151	-0,874619707	0,316945138	7923,628458	7,923628458
	b	82	10	4	40	0,000040	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151	-0,874619707	0,316945138	7923,628458	7,923628458
	c	82	10	4	40	0,000040	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151	-0,874619707	0,316945138 0,316945138	7923,628458 7923,628458	7,923628458 7,923628458

3	a	82	10	4	40	0,000040	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5401,321819	5,401321819
	b	82	10	4	40	0,000040	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5401,321819	5,401321819
	c	82	10	4	40	0,000040	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5401,321819	5,401321819
4	a	82	10	4	40	0,000040	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	153	-0,891006524	0,183518758	4587,968947	4,587968947
	b	82	10	4,05	40,5	0,000041	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	153	-0,891006524	0,183518758	4531,327355	4,531327355
	c	82	10	4,1	41	0,000041	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	153	-0,891006524	0,183518758	4476,067265	4,476067265
5	a	82	10	4,05	40,5	0,000041	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6151,530727	6,151530727
	b	82	10	4,05	40,5	0,000041	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6151,530727	6,151530727
	c	82	10	4,1	41	0,000041	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6076,512059	6,076512059
															0,249136994	6126,524504	6,126524504

6	a	82	10	4,05	40,5	0,000041	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	153	-0,891006524	0,183518758	4531,327355	4,531327355
	b	82	10	4,05	40,5	0,000041	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	153	-0,891006524	0,183518758	4531,327355	4,531327355
	c	82	10	4,1	41	0,000041	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	153	-0,891006524	0,183518758	4476,067265	4,476067265
															0,183518758	4512,907325	4,512907325

Tabel 7. Hasil pengujian impak panel 7 dengan lama perenmdaman 84 hari.

NO	PANJANG (mm)	LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	LUAS PENEMPANG		W		R		α		β		TENAGA PATAHAN (Joule)	KEKUATAN IMPAK		
				A (mm ²)	A (m ²)	(kg)	(N)	(cm)	(m)	(o)	cos α	(o)	cos β		(Joule/m ²)	(kJ/m ²)	
1	a	82	10	3,8	38	0,000038	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5685,601915	5,685601915
	b	82	10	3,8	38	0,000038	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5685,601915	5,685601915
	c	82	10	3,8	38	0,000038	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5685,601915	5,685601915
2	a	82	10	3,75	37,5	0,000038	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5761,409941	5,761409941
	b	82	10	3,8	38	0,000038	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5685,601915	5,685601915
	c	82	10	3,9	39	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5539,817251	5,539817251
															0,216052873	5662,276369	5,662276369

3	a	82	10	3,9	39	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6388,128062	6,388128062
	b	82	10	3,9	39	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6388,128062	6,388128062
	c	82	10	3,9	39	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6388,128062	6,388128062
4	a	82	10	3,65	36,5	0,000037	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6825,67108	6,82567108
	b	82	10	3,65	36,5	0,000037	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6825,67108	6,82567108
	c	82	10	3,65	36,5	0,000037	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6825,67108	6,82567108
5	a	82	10	3,85	38,5	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5611,762929	5,611762929
	b	82	10	3,9	39	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5539,817251	5,539817251
	c	82	10	3,95	39,5	0,000040	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5469,692982	5,469692982

6	a	82	10	3,65	36,5	0,000037	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6825,67108	6,82567108
	b	82	10	3,65	36,5	0,000037	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6825,67108	6,82567108
	c	82	10	3,7	37	0,000037	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6733,432282	6,733432282
															0,249136994	6794,924814	6,794924814

Tabel 8. Hasil pengujian impak panel 8 dengan lama perenmdaman 84 hari.

NO	PANJANG (mm)	LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	LUAS PENEMPANG		W		R		α		β		TENAGA PATAHAN (Joule)	KEKUATAN IMPAK		
				A (mm ²)	A (m ²)	(kg)	(N)	(cm)	(m)	(o)	cos α	(o)	cos β		(Joule/m ²)	(kJ/m ²)	
1	a	82	10	4,2	42	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	5931,833201	5,931833201
	b	82	10	4,2	42	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	5931,833201	5,931833201
	c	82	10	4,15	41,5	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6003,301071	6,003301071
														0,249136994	5955,655824	5,955655824	
2	a	82	10	4,25	42,5	0,000043	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6653,378902	6,653378902
	b	82	10	4,25	42,5	0,000043	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6653,378902	6,653378902
	c	82	10	4,2	42	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	151,5	-0,878817113	0,282768603	6732,585794	6,732585794
														0,282768603	6679,781199	6,679781199	

3	a	82	9,96	4,3	42,828	0,000043	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	5817,1522	5,8171522
	b	82	9,96	4,25	42,33	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	5885,589285	5,885589285
	c	82	9,96	4,25	42,33	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	5885,589285	5,885589285
4	a	82	9,96	4,25	42,33	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	5862,776923	5,862776923
	b	82	9,96	4,25	42,33	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	5885,589285	5,885589285
	c	82	9,96	4,3	42,828	0,000043	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	5817,1522	5,8171522
5	a	82	10	4,25	42,5	0,000043	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	5862,046928	5,862046928
	b	82	10	4,225	42,25	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	5896,733596	5,896733596
	c	82	10	4,3	43	0,000043	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	5793,883591	5,793883591

6	a	82	9,98	4,25	42,415	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	153	-0,891006524	0,183518758	4326,741904	4,326741904
	b	82	9,98	4,25	42,415	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	153	-0,891006524	0,183518758	4326,741904	4,326741904
	c	82	9,98	4,25	42,415	0,000042	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	153	-0,891006524	0,183518758	4326,741904	4,326741904
															0,183518758	4326,741904	4,326741904

Tabel 9. Hasil pengujian impak panel 9 dengan lama perenmdaman 84 hari.

NO	PANJANG (mm)	LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	LUAS PENEMPANG		W		R		α		β		TENAGA PATAHAN (Joule)	KEKUATAN IMPAK		
				A (mm ²)	A (m ²)	(kg)	(N)	(cm)	(m)	(o)	cos α	(o)	cos β		(Joule/m ²)	(kJ/m ²)	
1	a	82	10	4	40	0,000040	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6228,424861	6,228424861
	b	82	10	4	40	0,000040	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6228,424861	6,228424861
	c	82	10	4	40	0,000040	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6228,424861	6,228424861
2	a	82	10	3,9	39	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6388,128062	6,388128062
	b	82	10	3,95	39,5	0,000040	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6307,265682	6,307265682
	c	82	10	4	40	0,000040	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152	-0,882947593	0,249136994	6228,424861	6,228424861
														0,249136994	6307,939535	6,307939535	

3	a	82	10	3,9	39	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5539,817251	5,539817251
	b	82	10	3,9	39	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5539,817251	5,539817251
	c	82	10	3,95	39,5	0,000040	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5469,692982	5,469692982
															0,216052873	5516,442494	5,516442494
4	a	82	10	3,85	38,5	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	153	-0,891006524	0,183518758	4766,720983	4,766720983
	b	82	10	3,85	38,5	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	153	-0,891006524	0,183518758	4766,720983	4,766720983
	c	82	10	3,9	39	0,000039	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	153	-0,891006524	0,183518758	4705,609176	4,705609176
															0,183518758	4746,350381	4,746350381
5	a	82	9,98	3,8	37,924	0,000038	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5696,995907	5,696995907
	b	82	9,98	3,8	37,924	0,000038	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5696,995907	5,696995907
	c	82	9,98	3,85	38,423	0,000038	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5623,008947	5,623008947
															0,216052873	5672,333587	5,672333587

6	a	82	10	3,75	37,5	0,000038	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5761,409941	5,761409941
	b	82	10	3,75	37,5	0,000038	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5761,409941	5,761409941
	c	82	10	3,8	38	0,000038	1	9,81	83	0,83	156	-0,913545458	152,5	-0,887010833	0,216052873	5685,601915	5,685601915
															0,216052873	5736,140599	5,736140599

Tabel 10. Kuatan Impak Rata-rata pada Perendaman 28 Hari.

Panel	Tenaga Patahan	Impak
1	0,29416078	6,82183571
2	0,243622974	6,250259675
3	0,24380547	5,430536939

Tabel 11. Kekuatan Impak Rata-rata pada Perendaman 56 Hari.

Panel	Tenaga Patahan	Impak
4	0,277619141	6,683132108
5	0,216052873	5,895705297
6	0,233051586	5,809557316

Tabel 12. Kekuatan Impak Rata-rata pada Perendaman 84 Hari.

Panel	Tenaga Patahan	Impak
7	0,232594934	6,149504438
8	0,24380589	5,756436802
9	0,221658561	5,701127191

Tabel 13. Kekuatan impak rata-rata pada perendaman selama 84 hari.

Umur (hari)	Energi serap (joule)	Impak Joule/m ²)
28	0,26052974	6,16754411
56	0,2422412	6,12946491
84	0,232686462	5,86902281

Lampiran 5.

Tabel 1. Konversi Satuan

Conversion Factors

Length	1 in = 2.54 cm = 25.4 mm 1 m = 39.37 in 1 Å = 10 ⁻¹⁰ m
Mass	1 lbm (pound-mass) = 453.6 g = 0.4536 kg 1 kg = 2.204 lbm
Force	1 N = 0.2248 lbf (pound-force) 1 lbf = 4.44 N
Stress	1 Pa = 1 N/m ² 1 Pa = 0.145 x 10 ⁻³ lbf/in ² 1 lbf/in ² = 6.89 x 10 ³ Pa
Energy	1 J = 1 N · m 1 cal = 4.18 J 1 eV = 1.60 x 10 ⁻¹⁹ J
Power	1 W = 1 J/s
Temperature	°C = K - 273 K = °C + 273 °C = (°F - 32) / 1.8
Current	1 A = 1 C/s
Density	1 g/cm ³ = 62.4 lbm/ft ³
ln x = 2.303 log ₁₀ x	

Tabel 2. Awalan S.I

Awalan	Simbol	Faktor Multiplikasi
terra	T	10 ¹² = 1.000.000.000.000
gigga	G	10 ⁹ = 1.000.000.000
mega	M	10 ⁶ = 1.000.000
kilo	k	10 ³ = 1.000
hector	h	10 ² = 100
deka	da	10 ¹ = 10
deci	d	10 ⁻¹ = 0.1
centi	c	10 ⁻² = 0.01
milli	m	10 ⁻³ = 0.001
micro	μ	10 ⁻⁶ = 0.000.001
nano	n	10 ⁻⁹ = 0.000.000.001
pico	p	10 ⁻¹² = 0.000.000.000.001

Tabel 3. Konversi dari satuan yang biasa di AS ke Satuan SI

Satuan yang biasa di AS		Faktor konversi pengali		Sama dengan Satuan SI	
		Teliti	Praktis		
Percepatan					
Kaki per detik kuadrat	kaki/det ²	0.3048 ⁰	0.305	meter per detik kuadrat	m/det ²
inci per detik kuadrat	inci/det ²	0.0254 ⁰	0.0254	meter per detik kuadrat	m/det ²
Luas					
kaki kuadrat	kaki ²	0.09290304 ⁰	0.0929	meter kuadrat	m ²
inci kuadrat	inci ²	645.16 ⁰	645	milimeter kuadrat	mm ²
Kerapatan (massa)					
slug per kaki kubik	slug/kaki ³	515.379	515	kilogram per meter kubik	kg/m ³
Energi, kerja					
kaki-pon	kaki-lb	1.35582	1.36	joule	J
kilowatt-jam	kWh	3.6 ⁰	3.6	megajoule	MJ
Satuan panas Inggris	Btu	1055.06	1055	joule	J
Gaya					
Pon	lb	4.44822	4.45	newton	N
kip (1000 pon)	k	4.44822	4.45	kilonewton	kN
Intensitas gaya					
pon per kaki	lb/kaki	14.5939	14.6	newton per meter	N/m
kip per kaki	k/kaki	14.5939	14.6	kilonewton per meter	kN/m
Panjang					
Kaki	kaki	0.3048 ⁰	0.305	meter	m
Inci	inci	25.4 ⁰	25.4	milimeter	mm
Mil		1.609344 ⁰	1.61	kilometer	km
Massa					
Slug		14.5939	14.6	kilogram	kg
Momen gaya, torca					
kaki-pon	kaki-lb	1.35582	1.36	newton meter	N m
inci-pon	inci-lb	0.112985	0.113	newton meter	N m
kaki-kip	kaki-k	1.35582	1.36	kilonewton meter	kN m
inci-kip	inci-k	0.112985	0.113	kilonewton meter	kN m
Momen inersia (massa)					
slug kaki kuadrat		1.35582	1.36	kilogram meter kuadrat	kg m
Momen inersia (momen kedua and luas)					
inci pangkat empat	inci ⁴	416.231	416.000	milimeter pangkat empat	mm ⁴
inci pangkat empat	inci ⁴	0.415231 x 10 ⁻⁴	0.416 x 10 ⁻⁴	meter pangkat empat	m ⁴

Tabel 4. Konversi dari satuan yang biasa di AS ke Satuan SI (lanjutan)

Satuan yang biasa di AS		Faktor konversi pengali		Sama dengan Satuan SI	
		Teliti	Praktis		
Daya					
kaki – pon per detik	kaki-lb/det	1.35582	1.36	watt	W
kaki – pon per menit	kaki-lb/menit	0.0225970	0.0226	watt	W
daya kuda (550 kaki – pon per detik) hp		745.701	746	watt	W
Tekanan ; tegangan					
pon per kaki kuadrat	lb/kaki ²	47.8803	47.9	pascal (N.m ⁻²)	Pa
pon per inci kuadrat	lb/inci ²	6894.76	6890	pascal	Pa
kip per kaki kuadrat	k/kaki ²	47.8803	47.9	kilopascal	kPa
kip per inci kuadrat	k/inci ²	6894.76	6890	kilopascal	kPa
Modulus tumpang					
inci pangkat tiga	inci ³	16.3871	16.400	millimeter pangkat tiga	mm ³
inci pangkat tiga	inci ³	16.3871 x 10 ⁻⁴	16.4 x 10 ⁻⁴	meter pangkat tiga	m ³
Berat spesifik (kecepatan berat)					
pon per kaki kubik	lb/kaki ³	157.087	157	newton per meter kubik	N/m ³
pon per inci kubik	lb/inci ³	271.447	271	kilonewton per meter kubik	kN/m ³
Kecepatan					
kaki per detik	kaki/det	0.3048 ⁰	0.305	meter per detik	m/det
inci per detik	inci/det	0.0254 ⁰	0.0254	meter per detik	m/det
inci per jam	inci/det	0.44704 ⁰	0.447	meter per detik	m/det
mil per jam	mil/jam	1.609344 ⁰	1.61	milometer per jam	km/jam
Volume					
kaki kubik	kaki ³	0.0283168	0.0283	meter kubik	m ³
inci kubik	inci ³	16.3871 x 10 ⁻⁴	16.4 x 10 ⁻⁴	meter kubik	m ³
inci kubik	inci ³	16.3871	16.4	sentimeter kubik	cm ³
Gallon		3.78541	3.79	liter	L
Gallon		0.00378541	0.00379	meter kubik	m ³

- Faktor konversi yang pasti

Catatan : Untuk mengkonversikan Satuan SI ke Satuan yang biasa di AS, bagilah dengan factor konversi

Lampiran 6

Dokumentasi Penelitian



Tumbuhan / Tanaman Rami (Boehmeria Nivea)



Mesin Pengolahan Rami



Mesin Pemisah Serat Ramie dengan Batangnya



Mesin Pembersih Ramie



Mesin Pemisah Ramie

Mesin Pelembut Serat Ramie

Mesin Cutting dan Opening



Serat ramie yang telah diproses

Serat ramie menyerupai serat kapas dapat dipintal menjadi benang



Beberapa Benang Hasil Pengolahan Serat Ramie
Tekstil dari Ramie Peringkat No.2 setelah Sutera (Cotton nomor 7)



Proses Pembuatan Panel



Proses Perendaman Material



Pengambilan Data Lapangan



Penimbangan Material Komposit Tenunan Rami



Pembuatan Spesimen Uji Impak



Spesimen Uji Impak



Pengujian Impak