

669.9
T44
2 e1

DIK RUTIN



LAPORAN KEGIATAN

**Analisis Ketangguhan Epoxy-Resin yang Diperkuat Serat Nanas
dengan Menggunakan Metode Energi Patah Esensial**

Oleh :

M. Taufiqirahman, ST
Sulardjaka, ST, MT
Yusuf Umardani, ST, MT

Dibiayai dengan dana DIK Rutin Universitas Diponegoro Tahun Anggaran 2004, sesuai dengan Perjanjian Tugas Pelaksanaan Penelitian Para Dosen Universitas Diponegoro, Nomor : 1269a/J07.11/PG/2004, Tanggal 5 Mei 2004

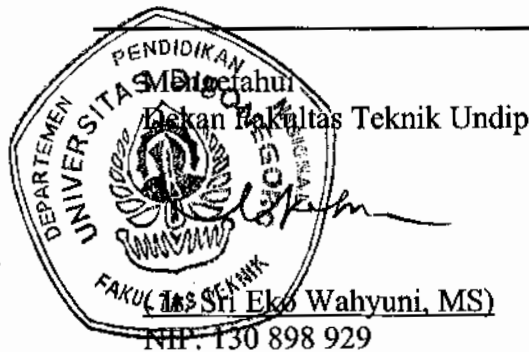
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG
NOVEMBER, 2004

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN DIK RUTIN

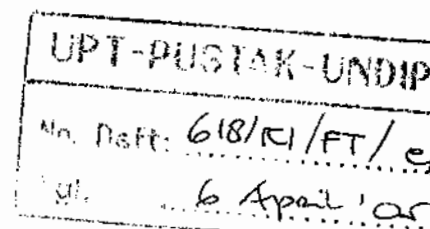
1. a. Judul Penelitian : Analisis Ketangguhan Epoxy-Resin yang diperkuat Serat Nanas dengan Menggunakan Metode Energi Patah Esensial
- b. Bidang Ilmu : Teknologi
- c. Kategori Penelitian : Pengembangan IPTEKS
2. Ketua Peneliti
 - a. Nama Lengkap dan Gelar : M. Tauviqirrahman, ST
 - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
 - c. Golongan Pangkat dan NIP : III A, NIP : 132 303 958
 - d. Jabatan Fungsional : -
 - e. Jabatan Struktural : -
 - f. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Mesin
 - g. Pusat Penelitian : Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro
3. Alamat Ketua Peneliti :
 - a. Alamat Kantor/telp/faks/e-mail : Jl. Prof. Sudarto, Kampus Teknik Mesin UNDP Tembalang. (024)7460059/me-undip@idola.net.id
 - b. Alamat Rumah/telp/faks/e-mail : Jl. Ngesrep Timur VI/27, Semarang
4. Jumlah Anggota Peneliti : 2 orang
 - a. Nama Anggota Peneliti 1 : Sulardjaka, ST, MT
 - b. Nama Anggota Peneliti 2 : Yusuf Umardani, ST, MT
5. Lokasi Penelitian : Laboratorium Metalurgi, Teknik Mesin UNDIP
6. Kerjasama dengan Instansi lain : -
7. Lama Penelitian : 6 bulan
8. Biaya yang diperlukan
 - a. Sumber dari Depdikbud : Rp. 3.000.000
 - b. Sumber Lain : -Jumlah : Rp. 3.000.000,00
(Tiga juta rupiah)

Semarang, Oktober 2004

Ketua Peneliti



(M. Tauviqirrahman, ST)
NIP. 132 303 958



ABSTRAKSI

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh panjang serat pada pengujian ketangguhan retak bahan *epoxy resin* yang diperkuat dengan serat rami dengan Metode Energi Patah Esensial (*Essential Work of Fracture Method*).

Penelitian ini dilakukan dengan spesimen berbentuk SENT (*Single Edge Notch Tension*) dengan fraksi massa serat rami sebesar 5 %, dan variasi panjang serat 2.5 mm, 5 mm, 10 mm, yang dilakukan pengujian tarik hingga diperoleh kurva beban vs simpangan. Dari kurva beban simpangan ini kemudian dihitung energi patah total spesifik (w_f). Spesimen dibuat dengan panjang ligamen yang berbeda-beda untuk satu kelompok uji. Hasil energi patah total spesifik tiap spesimen kemudian diplot ke dalam grafik energi patah total spesifik (w_f) terhadap panjang ligamen (l), dan diperoleh hubungan linear. Perpotongan garis regresi dengan sumbu vertikal merupakan harga energi patah spesifik (w_e).

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa energi patah spesifik (w_e) untuk *epoxy resin* tanpa diperkuat serat rami sebesar 0,1017 kg.mm/mm², sedangkan untuk *epoxy resin* dengan variasi panjang serat rami 2.5 mm, 5 mm, 10 mm, berturut-turut adalah sebesar 0.4617 kg.mm/mm², 0.5183 kg.mm/mm², dan 0.6333 kg.mm/mm².

Kata kunci : energi patah total spesifik (w_f), energi patah spesifik (w_e), panjang serat

DAFTAR ISI

	halaman
Halaman Judul	
Lembar Identitas	
Abstrak	
Kata Pengantar	
Daftar Isi	
Daftar Tabel	
Daftar Gambar	
BAB I. PENDAHULUAN	1
BAB II. DASAR TEORI	4
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT	18
BAB IV. METODE PENELITIAN	19
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
BAB VI. KESIMPULAN	32

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1	Hasil pengujian EWF untuk <i>epoxy resin</i> tanpa diperkuat serat rami.....	24
Tabel 5.2	Hasil pengujian EWF untuk <i>epoxy resin</i> yang diperkuat serat rami dengan panjang 2.5 mm.....	25
Tabel 5.3	Hasil pengujian EWF untuk <i>epoxy resin</i> yang diperkuat serat rami dengan panjang 5 mm.....	26
Tabel 5.4	Hasil pengujian EWF untuk <i>epoxy resin</i> yang diperkuat serat rami dengan panjang 10 mm.....	27
Tabel 5.5	Hasil pengujian EWF <i>epoxy resin</i> dengan variasi panjang serat rami.....	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema perpatahan ulet.....	6
Gambar 2.2	Hubungan beban dengan simpangan.....	6
Gambar 2.3	Skema permukaan patah.....	7
Gambar 2.4	Kurva kerja patah spesifik-panjang ligamen.....	8
Gambar 2.5	Skema klasifikasi penguatan komposit.....	10
Gambar 2.8	Skema tegangan pada daerah ikatan antar permukaan serat dan matrik.....	13
Gambar 2.9	Distribusi tegangan pada komposit tipe serat pendek.....	14
Gambar 4.1	Gambar Spesimen SENT	19
Gambar 4.2	Diagram alir Penelitian	20
Gambar 5.1	Kurva tegangan – regangan hasil pengujian tarik.....	22
Gambar 5.2	Kurva tegangan – regangan material plastik <i>epoxy resin</i> tanpa serat penguat.....	23
Gambar 5.3	Grafik hasil uji EWF <i>epoxy resin</i> tanpa diperkuat serat rami.....	24
Gambar 5.4	Grafik hasil uji EWF <i>epoxy resin</i> dengan variasi panjang serat rami 2.5 mm.....	25
Gambar 5.5	Grafik hasil uji EWF <i>epoxy resin</i> dengan variasi panjang serat rami 5 mm.....	26
Gambar 5.6	Grafik hasil uji EWF <i>epoxy resin</i> dengan variasi panjang serat rami 10 mm	27
Gambar 5.7	Grafik hubungan panjang serat terhadap energi patah spesifik.....	28
Gambar 5.8	Penampang permukaan patah.....	30
Gambar 5.9.a	Permukaan patah spesimen dengan panjang ligamen kecil.....	30
Gambar 5.9.b	Permukaan patah spesimen dengan panjang ligamen besar.....	31

Gambar 5.10 Perbandingan permukaan patah spesimen *epoxy resin* tanpa serat dengan *epoxy resin* yang diperkuat serat..... 31

NOMENKLATUR

A_0	=	Luas Penampang	(mm ²)
ε	=	Regangan / <i>elongation</i>	
Δl	=	Pertambahan panjang	(mm)
E	=	Modulus Elastisitas	(MPa)
F	=	Beban / gaya	(N)
ρ_c	=	Massa jenis komposit	$\left(\frac{kg}{m^3} \right)$
ρ_e	=	Massa jenis matriks	$\left(\frac{kg}{m^3} \right)$
ρ_f	=	Massa jenis serat	$\left(\frac{kg}{m^3} \right)$
l	=	Panjang Ligamen	(mm)
t	=	Tebal spesimen	(mm)
P_{maks}	=	Beban / gaya maksimum	(N)
σ	=	Tegangan	(MPa)
σ_f	=	Tegangan patah / <i>fracture strength</i>	(MPa)
σ_u	=	Tegangan maksimum / <i>ultimate strength</i>	(MPa)
σ_y	=	Tegangan <i>yield</i> / <i>yield strength</i>	(MPa)
v_c	=	Volume komposit	(mm ³)
v_e	=	Volume <i>matriks</i>	(mm ³)
v_f	=	Volume serat	(mm ³)
w_e	=	Energi patah Spesifik	(Kg.mm/mm ²)
w_f	=	Energi patah total spesifik	(Kg/mm)
V	=	Fraksi volume serat dalam komposit	(%)
V_e	=	Fraksi volume matriks dalam komposit	(%)

W	=	Fraksi massa serat dalam komposit	(%)
W_c	=	Massa komposit	(gram)
W_f	=	Massa serat	(gram)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Komposit banyak dikembangkan karena memiliki sifat sesuai keinginan yang tidak didapat dari material lain apabila berdiri sendiri. Komposit umumnya tersusun dari material pengikat (*matrix*) dan material penguat (*reinforce*). Logam, keramik, dan *polymer*, dapat digunakan sebagai material *matrix* pada pembuatan komposit, tergantung dari sifat yang ingin dihasilkan (Fasce,2001), namun *polymer* merupakan material yang paling luas digunakan sebagai *matrix* dalam komposit modern yang lebih dikenal dengan *reinforced plastic*.

Salah satu faktor yang membuat plastik menarik untuk aplikasi *engineering* adalah memungkinkannya peningkatan sifat dengan penguatan serat (Crawford, 1997) disamping itu plastik memiliki sifat utama ketahanan kimia (*chemical resistant*) yang baik. *Epoxy resin* dari jenis *thermosetting* plastik dipilih sebagai *matrix* dalam penelitian ini karena sifat ketahanan terhadap temperatur yang lebih baik dibanding plastik jenis lain, terutama dibandingkan dengan *thermoplastik*.

Serat rami (*ramie fiber*) memiliki kekuatan tarik yang relatif tinggi dan prospek ketersediaannya yang cukup melimpah, sehingga banyak dikembangkan sebagai material penguat dalam komposit. Serat penguat dari jenis serat alam juga semakin sering digunakan untuk material penguat (*reinforced plastics*), karena kecenderungan masyarakat modern yang semakin peduli terhadap dampak lingkungan, sehingga pemakaian serat sintetis mulai dikurangi. Serat alam juga mempunyai kelebihan dibanding serat sintetis, baik dari sifat mekanik maupun faktor ekonomis. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menganalisis kemampuan komposit *polymer* dengan penguatan serat alam. Misalnya penelitian mengenai sifat tarik dan *impact* pada komposit *polyester* yang diperkuat serat *sunhemp*, dari penelitian tersebut menghasilkan komposit dengan ketangguhan tinggi dan dengan biaya rendah (Sanadi, 1986).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketangguhan retak (*fracture toughness*) komposit yang terbuat dari serat rami sebagai penguat, dengan *epoxy resin* sebagai

matrix. Tipe serat dalam komposit, yaitu serat pendek acak (*randomly oriented discontinuous fiber*). Sifat mekanik yang ingin dianalisis difokuskan pada ketangguhan dengan menggunakan Metode Energi Patah Esensial (*Essential Work of Fracture Method*).

Salah satu aspek penelitian yang banyak dilaksanakan adalah mengenai mekanika perpatahan. Penelitian di bidang ini salah satunya adalah untuk mengetahui sifat ketangguhan patah (*fracture toughness*) polimer. Sifat perpatahan polimer banyak ditentukan berdasarkan *Linier Elastic Fracture Mechanic (LEFM)*. Dengan cara ini ketangguhan suatu material dinyatakan dalam faktor intensitas tegangan K atau laju pelepasan energi regangan G . Kedua parameter ini apabila telah mencapai harga kritis tertentu K_c atau G_c maka akan terjadi proses perpatahan. Kesulitan penentuan ketangguhan dengan *LEFM* akan terjadi pada polimer khususnya yang memiliki perbandingan ketangguhan dan kekuatan luluh (K/σ_y) yang tinggi. Pada material yang demikian akan terjadi kondisi plastis yang melampaui kisaran daerah luluh yang hanya sempit. Bila ini terjadi maka keakuratan metoda *LEFM* kurang bisa terjamin (Katz dan Milewski, 1978).

Untuk mengatasi hal ini digunakan metoda *J-Integral*. Secara teoritis metoda ini telah banyak dikenal dan lebih mantap meskipun masih juga terdapat kontroversi. Misalnya untuk mendapatkan kurva *J-R* hanya diuji berdasarkan beban statis saja, kemudian ukuran spesimen yang digunakan untuk menguji ketangguhan metoda *J-integral* cukup sulit dan mahal bila diterapkan pada bahan polimer, bahkan tidak mungkin untuk diaplikasikan pada polimer tipis.

Metoda *J-Integral* banyak kekurangannya bila diterapkan pada bahan polimer karena sifatnya yang sangat berbeda bila dibandingkan dengan logam. Sedangkan konsep *J-Integral* dikembangkan pada meterial logam sebagai basisnya. Oleh karena itu perlu suatu teknik yang tepat untuk mengukur ketangguhan retak polimer maupun komposit.

Untuk mengatasi kesulitan yang timbul pada metoda *J-integral* maka diusulkan metoda alternatif yaitu *EWFM (Essential Work of Fracture Method)*. Pemanfaatan metoda ini menarik karena secara eksperimental prosedurnya cukup sederhana. Pendekatan *EWFM* pertama kali oleh Broberg (1968) dengan mengasumsikan bahwa

pada daerah non elastik di ujung retak terbagi menjadi dua yaitu “daerah dalam” tempat terjadi proses patah dan “daerah luar” tempat terjadinya deformasi plastis. Dengan merujuk pada pembagian tersebut maka Energi Total Patah pun dibagi menjadi dua yaitu energi yang dipergunakan pada daerah dalam dan energi untuk daerah luar. Energi di daerah dalam untuk proses patah disebut Energi Esensial Patah (*Essential Work of Fracture*), sedangkan energi di daerah luar untuk perubahan plastis dinamakan Energi non Esensial Patah (*Non Essential Work of Fracture*) (Katz dan Milewski, 1978).

1.2 TUJUAN PENULISAN

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

Mengetahui pengaruh variasi panjang serat pada tipe serat pendek acak terhadap nilai energi esensial patah spesifik (w_e) bahan komposit *epoxy resin* yang diperkuat serat rami (*ramie fiber reinforced plastic*).

1.3 PEMBATASAN MASALAH

Pembatasan masalah yang diambil dalam penulisan ini adalah :

1. Serat alam yang digunakan sebagai penguat material adalah serat rami.
2. Plastik jenis *thermosetting* yaitu *epoxy resin* dipilih sebagai material untuk *matrix*.
3. Variasi spesimen berdasarkan panjang serat 2.5 mm, 5 mm, 10 mm.
4. Tipe serat yang digunakan adalah *randomly oriented discontinuous fiber type* atau tipe serat pendek susunan acak..
5. Fraksi berat serat rami sebesar 5 %.
6. Spesimen berbentuk SENT (*Single Edge Notch Tension*).