

621.8
SUG
P CI



Laporan Akhir

JUDUL KEGIATAN:

**PENELITIAN TENTANG SIFAT GESER PADA
MATERIAL KOMPOSIT GRAPHITE-EPOXY
UNTUK BERBAGAI ARAH SERAT**

Oleh:

Ir. Sugiyanto, dkk

Biaya oleh Bagian Proyek Peningkatan Kualitas Sumber Daya Manusia
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional
Tahun Anggaran 2001

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO

LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN DOSEN MUDA UNDIP

-
1. a. Judul Penelitian : Penelitian Tentang Sifat Geser Pada Material Komposit Graphite-Epoxy Untuk Berbagai Arah Serat
b. Kategori : Mengembangkan IPTEKS
2. Ketua Peneliti
a. Nama Lengkap : Ir. Sugiyanto, DEA
b. Jenis Kelamin : Laki-Laki
c. Pangkat/Golongan/NIP : Penata Muda Tingkat I / IIIb / 131 668 484
d. Jabatan Fungsional : Assisten Ahli
e. Fakultas / Jurusan : Teknik / Mesin
f. Universitas : Diponegoro
g. Bidang Ilmu yang diteliti : Konstruksi
3. Susunan Tim Peneliti
Jumlah Anggota : 2 (dua) orang
4. Lokasi Penelitian : Laboratorium Metalurgi Fisik
Jurusan Teknik Mesin FT-UNDIP
5. Lama Penelitian : 6 (enam) bulan
6. Biaya yang dibelanjakan : Rp 5.000.000,- (Lima juta rupiah)
-

Semarang,
Ketua Peneliti,

Ir. Sugiyanto, DEA
NIP : 131 668 484



Menyetujui :
Ketua Lembaga Penelitian UNDIP

Prof. Dr. dr. Ign. Riwanto, Sp.BD
NIP : 130 529 454

ABSTRAK

Dalam bidang permesinan dan kendaraan, material merupakan komponen utama yang menentukan semua aspek, dari harga kendaraan, kemudahan perawatan sampai keawetan produk. Salah satu material teknik yang sangat menjanjikan untuk masa depan adalah komposit, yang memiliki beberapa keunggulan dibandingkan logam yaitu : ringan, kaku, kuat, tahan korosi dan isolator panas yang baik. Kekuatan bahan komposit yang perlu dievaluasi adalah kemampuannya terhadap gaya geser yang sering dialami pada mesin & kendaraan. Sehingga perlu dilakukan penelitian tentang kemampuan bahan komposit terhadap gaya geser dengan arah serat dibatasi menyudut 0° , 45° , 90° . sekaligus mencari modulus elastisitas geser.

Dalam penelitian ini bahan komposit yang dipilih adalah *Graphite-Epoxy* dan sering digunakan untuk struktur pesawat terbang dan mobil generasi baru. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Double V-notch* dengan sistim pembebanan *Asymetrical Four Point Bending* dengan spesimen uji balok.

Sesuai dengan yang diharapkan maka serat dengan kemiringan 90° mempunyai kemampuan yang lebih baik terhadap pembebanan geser dan kelembaban udara akan menaikkan kekuatan material komposit tersebut.

ABSTRACT

In machinery and vehicle, material is the main component which determinant all of aspect vehicle from price, maintenance and realibility product. Once of enginering materials which very prospectus for the future is composite, which have meny advantages than metals are : light, sifness, strength, corosion resistant and good heat isolator. Strength of materials of composite which have been evaluated is ability to the shear force. Research composites ability to support yhe shear force must be done. In the research fiber direction are 0° , 45° , 90° and to determine shear elastic moduly.

Material composite are *Graphite-Epoxy* which is often have been used in aeroplane and new generation car. The method of the research is *Double V-notch* which *Asymetrical Four Point Bending* load with beam specimen

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB – I : PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Pembatasan Masalah	2
BAB – II : TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Material Komposit	3
2.2. Teori Elastisitas Material Anisotrop	5
2.2.1. Hukum Hooke Material Anisotrop	6
2.2.2. Material Orthotropik Komposit	8
2.2.3. Transformasi Tegangan dan Regangan	10
2.3. Teori Laminat Klasik	12
2.3.1. Hubungan Tegangan-Regangan Laminat	12
2.3.2. Resultan Gaya dan Momen Pada Laminat	16
2.4. Uji Geser Material Komposit	18
2.4.1. In-Plane Shear Test	18
2.4.2. Interlaminar Shear Test	19
2.4.3. Metode AFPB Untuk Uji Geser	19
2.5. Skema Disain Alat Bantu Uji Tegangan Geser	23
2.5.1. Bagian-Bagian Alat Bantu Uji	23
2.6. Persiapan Spesimen	27
2.6.1. Dimensi Spesimen	27

2.6.2.	Metode Manufaktur Komposit	28
2.6.3.	Proses Manufaktur Spesimen	30
BAB – II	: TUJUAN PENELITIAN	37
BAB – III	: METODOLOGI	38
BAB – V	: HASIL DAN PEMBAHASAN	40
5.1.	Pengujian	40
5.1.1.	Peralatan Pengujian	40
5.1.2.	Spesimen	40
5.1.3.	Prosedur Pengujian	41
5.1.4.	Data Hasil Pengujian	42
5.2.	Analisa Patahan Spesimen	43
5.3.	Kekuatan Geser Material Komposit	44
5.3.1.	Perhitungan $\bar{\tau}_{exp}$, γ_{xy} dan G_{xy}	44
5.3.2.	Perhitungan Dengan Teori Laminat	45
5.4.	Patahan Spesimen $[0^\circ]$ dan $[45^\circ]$	50
5.5.	Kurva Tegangan Geser – Regangan Geser	51
5.6.	Analisa Pengaruh Kandungan Moisture Terhadap Kekuatan Material Komposit	51
BAB – VI	: KESIMPULAN DAN SARAN	54
6.1.	Kesimpulan	54
6.2.	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA		55
LAMPIRAN		56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Dua Type Susunan Serat Lamina	4
Gambar 2.2. Konstruksi Laminat	5
Gambar 2.3. Epoxy Prepregs Tape	5
Gambar 2.4. Komponen Tegangan Tiga Dimensi	5
Gambar 2.5. Lamina Dengan Sumbu Utama (x,y) Bersudut θ Terhadap Sumbu Serat (1,2)	11
Gambar 2.6. Geometri Deformasi Pada Bidang XZ	13
Gambar 2.7. Geometri Laminat N Lapis	16
Gambar 2.8. Gaya-Gaya Bidang (in-plane) Pada Lamina	18
Gambar 2.9. Skema Pembebanan	19
Gambar 2.10. Skema Titik Pembebanan	20
Gambar 2.11. Diagram Benda Bebas	21
Gambar 2.12. Diagram Gaya Geser	21
Gambar 2.13. Diagram Moment Lentur	22
Gambar 2.14. Skema Alat bantu Uji Tegangan Geser	23
Gambar 2.15. Pemasangan Spesimen	24
Gambar 2.16. Penekan Atas & Bawah	25
Gambar 2.17. Batang Peluncur	25
Gambar 2.18. Landasan	26
Gambar 2.19. Batang Pelurus	27
Gambar 2.20. Dimensi Spesimen Uji Geser	28
Gambar 2.21. Open Mold – Hand Lay-Up – Spray-Up	29
Gambar 2.22. Proses Resin Transfer Molding	29
Gambar 2.23. Diagram Alir Pembuatan Spesimen	30
Gambar 2.24. Ply-On-Ply Lay-Up Manual	32
Gambar 2.25. Skema Vacuum Bag	33

Gambar 2.26. Autoclave	34
Gambar 2.27. Grafik Siklus Curing Yang Disederhanakan	35
Gambar 5.1. Type Arah Serat Spesimen	41
Gambar 5.2. Skema Set-Up Peralatan	42
Gambar 5.3. Kurva Tegangan Geser vs Regangan Geser	51

DAFTAR TABEL

	Halaman
Gambar 5.1. Data Hasil Pengujian	43
Gambar 5.2. Sifat Mekanik Graphite Epoxy FMS 2023	46
Gambar 5.3. Hasil Perhitungan Tegangan Geser	50
Gambar 5.4. Data Hasil Pengujian Terhadap Pengaruh Kandungan Moisture Terhadap Kekuatan Komposit	52

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB – I : PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Pembatasan Masalah	2
BAB – II : TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Material Komposit	3
2.2. Teori Elastisitas Material Anisotrop	5
2.2.1. Hukum Hooke Material Anisotrop	6
2.2.2. Material Orthotropik Komposit	8
2.2.3. Transformasi Tegangan dan Regangan	10
2.3. Teori Laminat Klasik	12
2.3.1. Hubungan Tegangan-Regangan Laminat	12
2.3.2. Resultan Gaya dan Momen Pada Laminat	16
2.4. Uji Geser Material Komposit	18
2.4.1. In-Plane Shear Test	18
2.4.2. Interlaminar Shear Test	19
2.4.3. Metode AFPB Untuk Uji Geser	19
2.5. Skema Disain Alat Bantu Uji Tegangan Geser	23
2.5.1. Bagian-Bagian Alat Bantu Uji	23
2.6. Persiapan Spesimen	27
2.6.1. Dimensi Spesimen	27

2.6.2.	Metode Manufaktur Komposit	28
2.6.3.	Proses Manufaktur Spesimen	30
BAB – II	: TUJUAN PENELITIAN	37
BAB – III	: METODOLOGI	38
BAB – V	: HASIL DAN PEMBAHASAN	40
5.1.	Pengujian	40
5.1.1.	Peralatan Pengujian	40
5.1.2.	Spesimen	40
5.1.3.	Prosedur Pengujian	41
5.1.4.	Data Hasil Pengujian	42
5.2.	Analisa Patahan Spesimen	43
5.3.	Kekuatan Geser Material Komposit	44
5.3.1.	Perhitungan $\bar{\tau}_{exp}$, γ_{xy} dan G_{xy}	44
5.3.2.	Perhitungan Dengan Teori Laminat	45
5.4.	Patahan Spesimen $[0^\circ]$ dan $[45^\circ]$	50
5.5.	Kurva Tegangan Geser – Regangan Geser	51
5.6.	Analisa Pengaruh Kandungan Moisture Terhadap Kekuatan Material Komposit	51
BAB – VI	: KESIMPULAN DAN SARAN	54
6.1.	Kesimpulan	54
6.2.	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA		55
LAMPIRAN		56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Dua Type Susunan Serat Lamina	4
Gambar 2.2. Konstruksi Laminat	5
Gambar 2.3. Epoxy Prepregs Tape	5
Gambar 2.4. Komponen Tegangan Tiga Dimensi	5
Gambar 2.5. Lamina Dengan Sumbu Utama (x,y) Bersudut θ Terhadap Sumbu Serat (1,2)	11
Gambar 2.6. Geometri Deformasi Pada Bidang XZ	13
Gambar 2.7. Geometri Laminat N Lapis	16
Gambar 2.8. Gaya-Gaya Bidang (in-plane) Pada Lamina	18
Gambar 2.9. Skema Pembebanan	19
Gambar 2.10. Skema Titik Pembebanan	20
Gambar 2.11. Diagram Benda Bebas	21
Gambar 2.12. Diagram Gaya Geser	21
Gambar 2.13. Diagram Moment Lentur	22
Gambar 2.14. Skema Alat bantu Uji Tegangan Geser	23
Gambar 2.15. Pemasangan Spesimen	24
Gambar 2.16. Penekan Atas & Bawah	25
Gambar 2.17. Batang Peluncur	25
Gambar 2.18. Landasan	26
Gambar 2.19. Batang Pelurus	27
Gambar 2.20. Dimensi Spesimen Uji Geser	28
Gambar 2.21. Open Mold – Hand Lay-Up – Spray-Up	29
Gambar 2.22. Proses Resin Transfer Molding	29
Gambar 2.23. Diagram Alir Pembuatan Spesimen	30
Gambar 2.24. Ply-On-Ply Lay-Up Manual	32
Gambar 2.25. Skema Vacuum Bag	33

Gambar 2.26. Autoclave	34
Gambar 2.27. Grafik Siklus Curing Yang Disederhanakan	35
Gambar 5.1. Type Arah Serat Spesimen	41
Gambar 5.2. Skema Set-Up Peralatan	42
Gambar 5.3. Kurva Tegangan Geser vs Regangan Geser	51

DAFTAR TABEL

	Halaman
Gambar 5.1. Data Hasil Pengujian	43
Gambar 5.2. Sifat Mekanik Graphite Epoxy FMS 2023	46
Gambar 5.3. Hasil Perhitungan Tegangan Geser	50
Gambar 5.4. Data Hasil Pengujian Terhadap Pengaruh Kandungan Moisture Terhadap Kekuatan Komposit	52

BAB – I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penggunaan material komposit dewasa ini semakin luas. Hal ini dikarenakan material komposit memiliki beberapa keunggulan sifat dibandingkan dengan logam, antara lain kuat, kaku, ringan dan mudah dibentuk. Untuk aplikasi harus diketahui dengan baik tentang karakteristik atau sifat material komposit, sehingga tidak menimbulkan kegagalan-kegagalan / kerusakan-kerusakan akibat pembebanan.

Untuk mengetahui karakteristik tersebut diperlukan berbagai macam pengujian. Pengujian yang dilakukan dimaksudkan untuk mengetahui sifat : mekanik, optik, termal, elektrik dan kimia yang dimiliki material komposit. Dan sifat material komposit yang akan dibahas disini adalah salah satu sifat mekanik yaitu sifat geser (shear properties).

Dalam pengujian tegangan geser terdapat banyak metode dan dimensi spesimen yang dapat digunakan, salah satunya adalah metode Assymmetrical Four-Point Bending, yaitu pengujian yang menggunakan sistem pembebanan empat titik pembebanan yang tidak simetris.

1.2. Rumusan Masalah

Pengujian geser material komposit dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan spesimen dengan arah serat yang bervariasi. Hal ini untuk mengetahui sifat geser in-plane material komposit pada tiap-tiap arah serat tersebut.

Dan untuk melakukan pengujian tersebut dibuat alat bantu uji geser material komposit dengan metode AFPB, seperti yang telah disebutkan diatas. Pembahasan pembuatan alat bantu uji meliputi pembahasan fungsi suatu komponen dan proses pembuatannya.

1.3. Pembatasan Masalah

Tegangan geser yang diuji adalah sifat geser in-plane material komposit. Dalam pembahasannya digunakan asumsi-asumsi :

1. Pembahasan yang dilakukan dalam skala makroskopik, yaitu material dianggap homogen, jadi tidak diperhitungkan komponennya. Dan sifat-sifat yang digunakan adalah sifat pada material komposit secara keseluruhan.
2. Selama pembebanan dilakukan, tidak terjadi perubahan suhu pada material komposit. Jadi regangan yang timbul hanya karena pembebanan, bukan karena perubahan suhu.