

MOTTO

“Man Jadda Wa Jadda”

*Barang siapa yang bersungguh - sungguh akan
mendapatkannya*

وَأَنْ لَّيْسَ لِلْإِنْسَانِ إِلَّا مَا سَعَىٰ ٣٩

*“ Dan bahwasanya seorang manusia tiada memperoleh selain
apa yang telah diusahakannya ” (Q.S. An-Najm: 39)*

*"Kebanggaan kita yang terbesar adalah bukan tidak pernah
gagal, tetapi bangkit kembali setiap kali kita jatuh."*

(Confusius)

*“ Sesuatu yang belum dikerjakan seringkali tampak mustahil,
kita baru yakin kalau kita telah berhasil melakukannya ”*

(Evelyn Underhill)

فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ ٧ وَإِلَىٰ رَبِّكَ فَارْغَبْ ٨

*“ Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan),
kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain,
dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap ”*

(Q.S. Al-Insyiroh: 7-8)

HALAMAN PERSEMBAHAN



Sujud syukur pada-Mu Allah SWT yang senantiasa memberikan kemudahan bagi hamba-Nya yang mau berusaha. Petunjuk dan bimbingan-Mu selama hamba menuntut ilmu berbuah karya sederhana ini yang kupersembahkan kepada:

- ❖ Agamaku Islam yang telah mengenalkan aku kepada Allah SWT serta Rosul-Nya dan mengarahkan jalan dari gelap gulita menuju terang benderang.
- ❖ Kedua orang tua Ayah dan Ibu tercinta, dengan do'a dan kasih sayang tulusnya selalu senantiasa memberikan kekuatan dalam setiap langkah anaknya, terima kasih atas semua pengorbanan yang tidak ternilai harganya.
- ❖ Kakakku yang selalu memberikanku do'a, inspirasi maupun dukungan kepadaku.
- ❖ Teman-temanku dan semua sahabat yang selalu memberi motivasi dan semangat.

KATA PENGANTAR



Assalammu'alaikum Wr. Wb.

Dengan Mengucapkan Puji dan Syukur penulis panjatkan akan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah -Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir dengan judul:

“ PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI LENTUR KOMPOSIT *HYBRID* SERAT IJUK ACAK/SERAT GELAS SEARAH BERMATRIKS *POLYESTER* ”

Berbagai upaya telah penulis lakukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini, tetapi karena keterbatasan kemampuan penulis, maka penulis meminta maaf yang sebesar-besarnya karena masih banyak kekurangan-kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, baik dalam susunan kata, kalimat maupun sistematik pembahasannya, penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan sumbangan yang cukup positif bagi penulis khususnya dan pembaca sekalian pada umumnya.

Terwujudnya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dorongan berbagai pihak yang sangat besar artinya, dan dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar dan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya.
2. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Bapak Drs. Sudarisman, M.S.Mechs., Ph.D. sebagai Dosen Pembimbing I yang dengan sabar membimbing, membagi ilmunya dan mengarahkan penulis selama melaksanakan penelitian Tugas Akhir hingga dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.

4. Bapak Muhammad Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng. sebagai Dosen Pembimbing II yang juga dengan sabar membimbing, membagi ilmunya dan mengarahkan penulis selama melaksanakan penelitian Tugas Akhir hingga dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph.D. selaku Dosen Penguji.
6. Bapak Jaza'ul Ikhsan, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
7. Segenap Dosen pengajar di Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
8. Staf Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
9. Kedua orang tuaku, yaitu: Bapak Haryono dan Ibu Ngasiyem serta Kakakku Ari Apriyono beserta keluarga besarku untuk segalanya yang telah kalian berikan dengan sepenuh hati.
10. Teman-teman Mesin kelas A 2013 yang selama ini belajar bersama dari semester 1 hingga sekarang.
11. Teman-teman tim Tugas Akhir Material Komposit yang telah membantu dari awal hingga selesai.
12. Serta semua pihak yang membantu dalam penulisan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terimakasih yang sebesar-besarnya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu penulisan sangat mengharapkan kritik serta saran yang dapat membangun untuk perbaikan dan pengembangan penelitian selanjutnya.

Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan memberikan tambahan ilmu bagi para pembaca. Semoga Allah SWT meridhoi kita semua. Aamiin yaa Robbal Aalamiin.

Wassalammu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Oktober 2017

Sandhi Isdiyanto
20130130029

INTISARI

Penggunaan material komposit serat alam sebagai pengganti material logam sudah banyak dikembangkan di dunia manufaktur. Salah satu serat alam yang berpotensi adalah serat ijuk. Namun dari beberapa penelitian yang telah dilakukan penggunaan serat alam (serat ijuk) sebagai penguat material komposit polimer terkadang tidak cukup memenuhi kebutuhan industri. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dibuat komposit *hybrid* yang diperkuat serat ijuk dan serat gelas sehingga diperoleh material baru yang memiliki sifat mekanis yang lebih baik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh substitusi serat gelas pada serat ijuk terhadap karakteristik lentur komposit.

Pembuatan komposit *hybrid* serat ijuk acak/serat gelas searah bermatriks *polyester* menggunakan *press mold* dan dilakukan pengujian *bending* dengan standar ASTM D-790. Perbandingan fraksi volume serat 0,32 dengan variasi rasio serat ijuk dengan serat gelas (*hybrid ratio*) 0,0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 dan variasi rasio panjang span terhadap tebal spesimen (L/d) = 16, 24, dan 32.

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa semakin bertambahnya fraksi volume serat gelas adanya kecenderungan meningkatkan kekuatan *bending* dan modulus elastisitas, namun pada $L/d = 16$ dengan *hybrid ratio* (r_h) 0,4 dan $L/d = 24$ dengan *hybrid ratio* (r_h) 0,3 nilai modulus elastisitas mengalami penurunan. Hasil kekuatan *bending* tertinggi diperoleh pada $L/d = 32$ dengan *hybrid ratio* (r_h) 0,4 yaitu sebesar 170,588 MPa sedangkan untuk kekuatan *bending* terendah diperoleh pada $L/d = 16$ dengan *hybrid ratio* (r_h) 0,0 yaitu sebesar 29,036 MPa. Untuk nilai regangan menurun dipenambahan volume serat gelas pada r_h 0,3 dan r_h 0,4. Hasil regangan *bending* tertinggi diperoleh pada $L/d = 16$ dengan *hybrid ratio* (r_h) 0,2 yaitu sebesar 0,125 mm/mm dan untuk regangan *bending* terendah diperoleh pada $L/d = 32$ dengan *hybrid ratio* (r_h) 0,0 yaitu sebesar 0,050 mm/mm. Sedangkan nilai modulus elastisitas tertinggi diperoleh pada $L/d = 32$ dengan *hybrid ratio* (r_h) 0,4 yaitu sebesar 3,484 GPa dan untuk nilai modulus elastisitas terendah diperoleh pada $L/d = 16$ dengan *hybrid ratio* (r_h) 0,0 yaitu sebesar 0,760 GPa.

Kata kunci : Komposit *hybrid*, *hybrid ratio*, serat ijuk, serat gelas, *bending*

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| SURAT PERNYATAAN..... | iii |
| MOTTO | iv |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| INTISARI..... | viii |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR SINGKATAN. | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Identifikasi Masalah | 4 |
| 1.3. Batasan dan Rumusan Masalah..... | 4 |
| 1.4. Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.5. Manfaat Penelitian | 5 |
| BAB II LANDASAN TEORI | 6 |
| 2.1. Tinjauan Pustaka | 6 |
| 2.2. Teori Komposit | 8 |
| 2.2.1. Pengertian Komposit | 8 |
| 2.2.2. Klasifikasi Material Komposit..... | 8 |
| 2.2.3. Aspek Geometri | 12 |
| 2.3. Serat..... | 14 |
| 2.3.1. Macam-Macam Serat..... | 14 |
| 2.3.2. Serat Ijuk..... | 18 |
| 2.3.3. Serat Gelas (<i>Glassfibre</i>)..... | 19 |
| 2.4. Alkali (NaOH)..... | 23 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 2.5. | Polimer Sebagai Matrik..... | 24 |
| 2.5.1. | <i>Polyester</i> | 25 |
| 2.6. | Katalis..... | 26 |
| 2.7. | Karakteristik Material Komposit | 27 |
| 2.8. | Karakteristik Patahan pada Material Komposit | 29 |
| 2.8.1. | Patah Tunggal | 29 |
| 2.8.2. | Patah Banyak | 30 |
| 2.8.3. | Delaminasi | 30 |
| 2.8.4. | <i>Fiber pull out</i> | 31 |
| 2.9. | Pengujian <i>Bending</i> | 31 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | | 35 |
| 3.1. | Bahan | 35 |
| 3.2. | Alat..... | 37 |
| 3.3. | Pengadaan dan Persiapan Serat | 42 |
| 3.3.1. | Perlakuan Serat | 46 |
| 3.4. | Variabel Penelitian | 43 |
| 3.4.1. | Bentuk dan Ukuran Spesimen | 43 |
| 3.4.2. | Pembuatan Komposit..... | 44 |
| 3.4.2.1 | Perhitungan Fraksi Volume..... | 44 |
| 3.4.2.2. | Pencetakan Komposit..... | 47 |
| 3.4.2.3. | Proses Pemotongan Spesimen..... | 51 |
| 3.5. | Prosedur Pengujian <i>Bending</i> | 51 |
| 3.6. | Pengamatan Struktur Makro | 53 |
| 3.7. | Diagram Alir | 54 |
| BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN | | 55 |
| 4.1. | Hasil Pengujian | 55 |
| 4.2. | Hasil Pengujian Foto Makro Penampang Patahan | 55 |
| 4.3. | Hasil Analisis Pengujian <i>Bending</i> | 62 |
| 4.3.1. | Pengaruh <i>Hybrid Ratio</i> Terhadap Kekuatan <i>Bending</i> | 62 |
| 4.3.2. | Pengaruh <i>Hybrid Ratio</i> Terhadap Regangan <i>Bending</i> | 65 |
| 4.3.3. | Pengaruh <i>Hybrid Ratio</i> Terhadap Modulus Elastisitas..... | 68 |

| | |
|------------------------------|-----------|
| BAB V PENUTUP | 71 |
| 5.1. Kesimpulan | 71 |
| 5.2. Saran..... | 72 |
| DAFTAR PUSTAKA | 73 |
| LAMPIRAN-LAMPIRAN | |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1. Kadar air dan massa jenis serat alam pada cuaca normal..... | 17 |
| Tabel 2.2. Sifat mekanis beberapa jenis serat alam..... | 18 |
| Tabel 2.3. Sifat mekanik serat ijuk..... | 18 |
| Tabel 2.4. Harga dan sifat serat kaca-E dan karbon bermodulus standar | 20 |
| Tabel 2.5. Sifat mekanis serat kaca-E | 22 |
| Tabel 2.6. Sifat-sifat serat kaca-E dan kaca-S..... | 22 |
| Tabel 2.7. Sifat mekanik dari beberapa jenis matriks <i>polymers</i> | 25 |
| Tabel 2.8. Spesifikasi resin <i>polyester</i> BQTN 108 | 26 |
| Tabel 3.1. Hasil perhitungan material | 47 |
| Tabel 4.1. Nilai rata-rata kekuatan <i>bending</i> komposit <i>hybrid</i> serat ijuk acak/serat gelas searah bermatriks <i>polyester</i> | 62 |
| Tabel 4.2. Nilai rata-rata regangan <i>bending</i> komposit <i>hybrid</i> serat ijuk acak/serat gelas searah bermatriks <i>polyester</i> | 65 |
| Tabel 4.3. Nilai rata-rata modulus elastisitas <i>bending</i> komposit <i>hybrid</i> serat ijuk acak/serat gelas searah bermatriks <i>polyester</i> | 68 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1. <i>Continous fiber composite</i> | 9 |
| Gambar 2.2. <i>Woven fiber composite</i> | 10 |
| Gambar 2.3. Tipe komposit serat pendek (a) <i>Aligned discontinuous fibre</i> (b) <i>Off axiz aligned discontinuous fibre</i> (c) <i>Random oriented discontinuous</i> | 10 |
| Gambar 2.4. <i>Hybrid fiber composite</i> | 11 |
| Gambar 2.5. Komposit partikel | 11 |
| Gambar 2.6. Komposit serpih..... | 12 |
| Gambar 2.7. Komposit laminat | 12 |
| Gambar 2.8. Serat ijuk..... | 19 |
| Gambar 2.9. <i>Direct-melt glass fiber manufacturing process</i> | 20 |
| Gambar 2.10. (a) Gulungan serat kaca E2350-11 dari Owens Corning Asia Pacific dengan berat bersih 17 kg, (b) Kaca-S2 <i>mat unidireksional</i> | 21 |
| Gambar 2.11. Alkali (NaOH) | 23 |
| Gambar 2.12. Patah tunggal | 30 |
| Gambar 2.13. Patah banyak..... | 30 |
| Gambar 2.14. Deliminasi..... | 31 |
| Gambar 2.15. <i>Fiber pull out</i> | 31 |
| Gambar 2.16. Penampang uji <i>bending</i> | 32 |
| Gambar 2.17. Pengaruh pembebanan lengkung terhadap bahan uji..... | 32 |
| Gambar 3.1. Serat ijuk aren | 35 |
| Gambar 3.2. Serat gelas..... | 36 |
| Gambar 3.3. Resin <i>polyester</i> dan katalis | 36 |
| Gambar 3.4. Alkali (NaOH) | 37 |
| Gambar 3.5. Timbangan digital Alat uji..... | 37 |
| Gambar 3.6. Cetakan | 38 |
| Gambar 3.7. Alat pres..... | 38 |
| Gambar 3.8. Mesin pemotong komposit | 39 |

| | |
|---|----|
| Gambar 3.9. Mesin amplas | 39 |
| Gambar 3.10. Alat bantu lain..... | 40 |
| Gambar 3.11. <i>Universal Testing Machine</i> | 41 |
| Gambar 3.12. <i>Olympus SZ 56</i> | 41 |
| Gambar 3.13. Proses perendaman dengan alkali..... | 42 |
| Gambar 3.14. Proses pengeringan | 43 |
| Gambar 3.15. (a) Pemilihan ijuk; (b) pemotongan ijuk; (c) proses pencucian ijuk; (d) pengeringan ijuk..... | 43 |
| Gambar 3.16. Bentuk dan ukuran spesimen (a) bentuk desain spesimen; b) plat komposit; (c) Spesimen dengan standar ASTM D790..... | 44 |
| Gambar 3.17. Cetakan komposit | 47 |
| Gambar 3.18. Proses persiapan serat (a) serat ijuk dan (b) serat gelas..... | 48 |
| Gambar 3.19. (a) Susunan serat gelas searah (b) penuangan matriks ke atas serat gelas..... | 49 |
| Gambar 3.20. Penaburan serat ijuk acak | 49 |
| Gambar 3.21. Pengepresan cetakan | 50 |
| Gambar 3.22. Hasil cetakan komposit (a) komposit serat ijuk acak dan (b) komposit <i>hybrid</i> serat ijuk acak/serat gelas searah | 50 |
| Gambar 3.23. Proses pemotongan komposit | 51 |
| Gambar 3.24. Posisi pemasangan spesimen (a) spesimen $L = 64$; (b) spesimen $L = 96$; dan (c) spesimen $L = 128$ | 52 |
| Gambar 3.25. Diagram alir penelitian | 54 |
| Gambar 4.1. Hasil foto makro patahan pada $L/d = 16$ (a) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,0, (b) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,1, (c) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,2, (d) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,3, dan (e) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,4 | 56 |
| Gambar 4.2. Grafik F-D pada $L/d = 16$ (a) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,0, (b) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,1, (c) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,2, (d) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,3, dan (e) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,4 | 57 |
| Gambar 4.3. Hasil foto makro patahan pada $L/d = 24$ (a) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,0, (b) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,1, (c) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,2, (d) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,3, dan (e) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,4 | 58 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.4. Grafik F-D pada $L/d = 24$ (a) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,0, (b) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,1, (c) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,2, (d) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,3, dan (e) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,4 | 59 |
| Gambar 4.5. Hasil foto makro patahan pada $L/d = 32$ (a) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,0, (b) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,1, (c) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,2, (d) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,3, dan (e) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,4 | 60 |
| Gambar 4.6. Grafik F-D pada $L/d = 32$ (a) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,0, (b) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,1, (c) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,2, (d) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,3, dan (e) <i>hybrid ratio</i> (r_h) 0,4 | 61 |
| Gambar 4.7. Grafik hubungan antara <i>hybrid ratio</i> (r_h) terhadap kekuatan <i>bending</i> | 63 |
| Gambar 4.8. Grafik hubungan antara <i>hybrid ratio</i> (r_h) terhadap regangan <i>bending</i> | 66 |
| Gambar 4.9. Grafik hubungan antara <i>hybrid ratio</i> (r_h) terhadap modulus elastisitas <i>bending</i> | 69 |

DAFTAR SINGKATAN

| | |
|-----------------|-------------------|
| MPa | = megapascal |
| GPa | = gigapascal |
| Kgf | = kilogramforce |
| N | = newton |
| mm | = milimeter |
| cm | = centimeter |
| gr | = gram |
| kg | = kilogram |
| m | = meter |
| ε | = regangan |
| σ | = tegangan |
| <i>E</i> | = elastisitas |
| °C | = derajat celcius |