





Lampiran 01.

Dokumentasi Bahan penelitian



Limbah Rambut Manusia



Resin polyester



Katalis



Lampiran 02.

Dokumentasi pengambilan data

Gambar Pengujian Tarik dan Pengambilan Data di Lab. Manufaktur
Universitas Pendidikan Ganesha



Proses Pembuatan Spesimen



Proses Uji Tarik



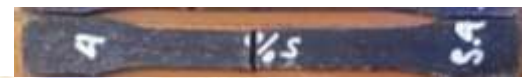
Spesimen Fraksi Volume 2,5%
Sebelum Uji Tarik



Spesimen Fraksi Volume 2,5%
Sesudah Uji Tarik



Spesimen Fraksi Volume 5%
Sebelum Uji Tarik



Spesimen Fraksi Volume 5%
Sesudah Uji Tarik



Spesimen Fraksi Volume 7,5%
Sebelum Uji Tarik



Spesimen Fraksi Volume 7,5%
Sesudah Uji Tarik



Lampiran 03.

Lembar Hasil Pengujian Tarik

Data Uji Tarik
Fraksi Volume 2,5%

Test No	Elastic modulus	Upper yield point	Last max point	Max point	Break point	Strain Energy
		Load	Load	Stress	Elongation	
	MPa	MPa	N	MPa	%GL	MPa
1	1,9209	17,123	0,4663	27,55228	1,166%	0,1782
2	1,9111	20,074	1,0956	32,35999	1,382%	0,2486
3	2,1462	23,464	23,464	37,53066	1,482%	0,3082
4	2,2127	25,315	25,315	40,80781	1,588%	0,3581
5	2,2824	27,276	27,276	43,88967	1,674%	0,4051
	2,09466	22,6504	15,52338	36,42808	1,458%	0,2996

Data Uji Tarik
Fraksi Volume 5%

Test No	Elastic modulus	Upper yield point	Last max point	Max point	Break point	Strain Energy
		Load	Load	Stress	Elongation	
	GPa	MPa	N	MPa	%GL	MPa
1	2,069	1546,4	178,17	22,32755559	0,98%	0,1190
2	2,103	1597	190,44	25,05565389	1,08%	0,1499
3	2,191	2285,6	104,79	32,93861857	1,34%	0,2433
4	2,265	1244,4	198,01	19,5441061	0,78%	0,0820
5	2,090	2163	108,33	30,64125731	1,33%	0,2232
	2,143	1767,28	155,948	26,10143829	0,01102	0,1635

Data Uji Tarik
Fraksi Volume 7,5%

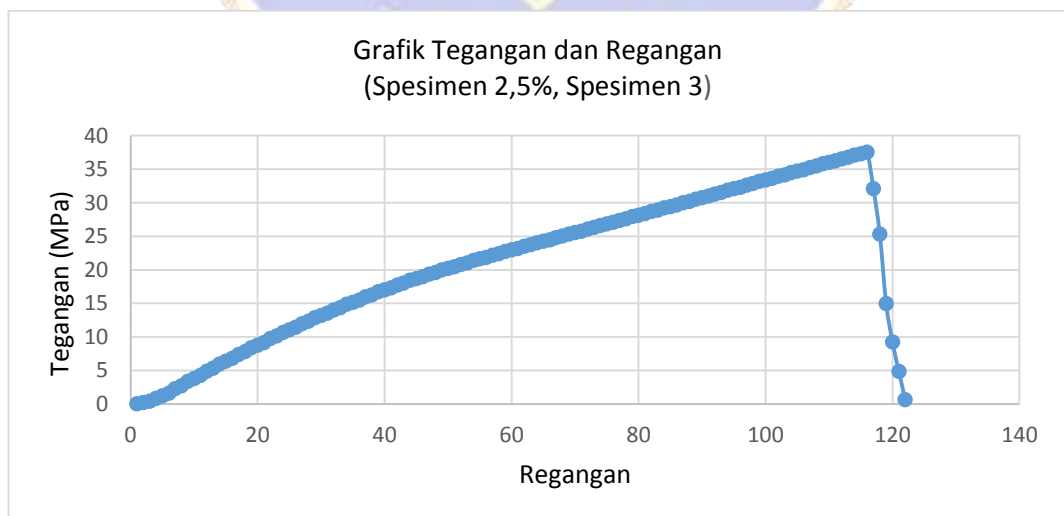
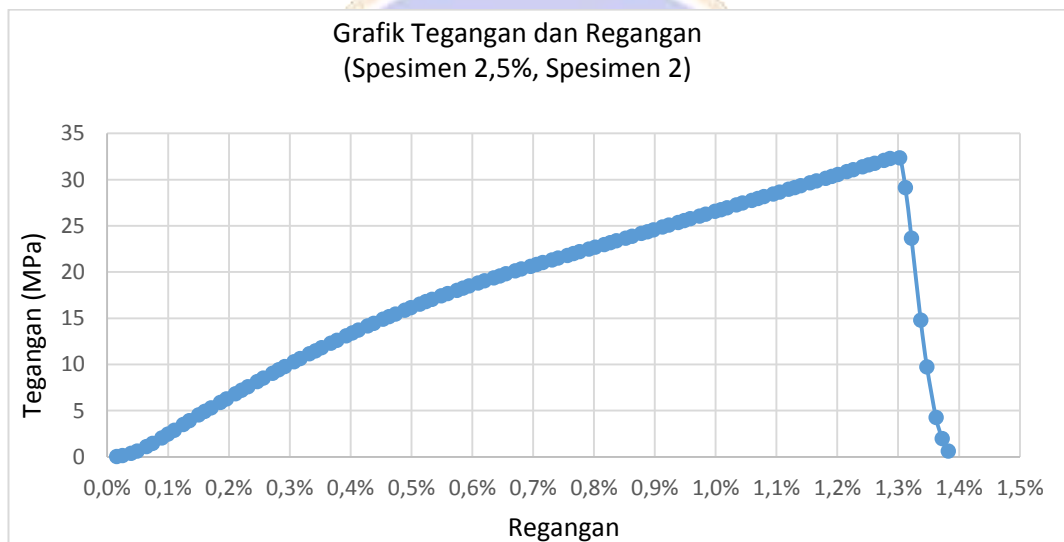
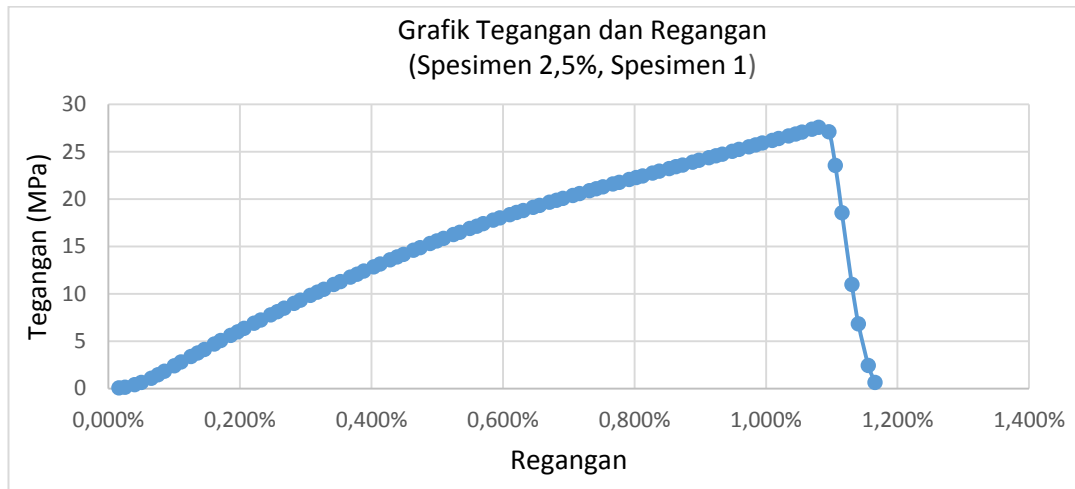
Test No	Elastic modulus	Upper yield point	Last max point	Max point	Break point	Strain Energy
		Load	Load	Stress	Elongation	
	MPa	MPa	N	MPa	%GL	MPa
1	1,9403	19,537	2,1112	30,14034057	1,298%	0,2091
2	2,0405	14,012	4,0858	20,18912628	0,877%	0,0977
3	2,2231	14,899	3,2557	23,09460001	0,947%	0,1173
4	2,1806	18,141	3,1965	28,51921028	1,095%	0,1702
5	2,0101	22,256	3,4926	31,94522337	1,322%	0,2326
	2,07892	17,769	3,22836	26,7777001	1,108%	0,1654

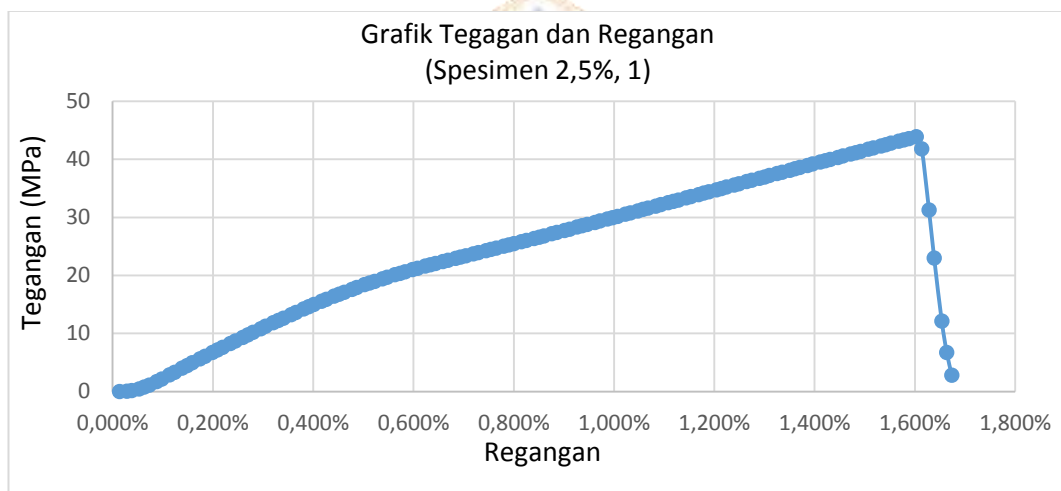
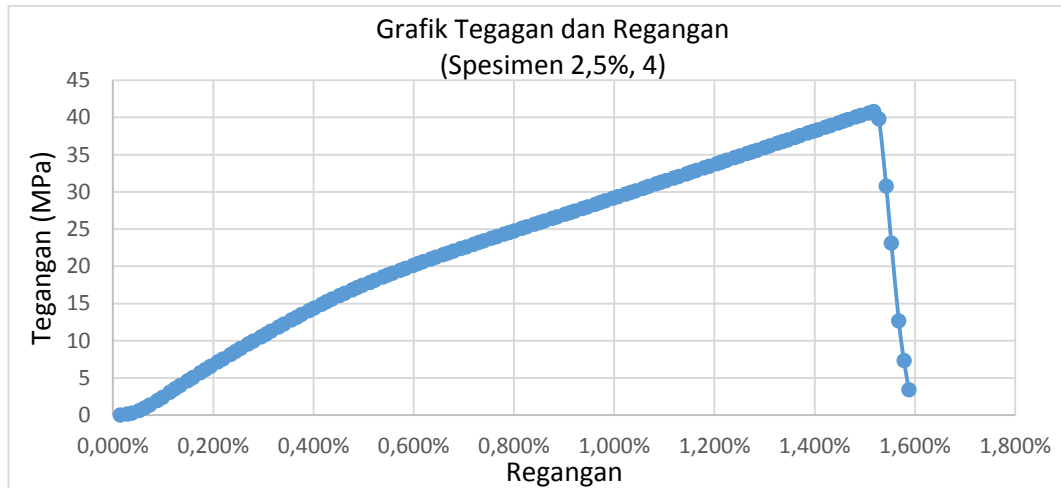


Lampiran 04.

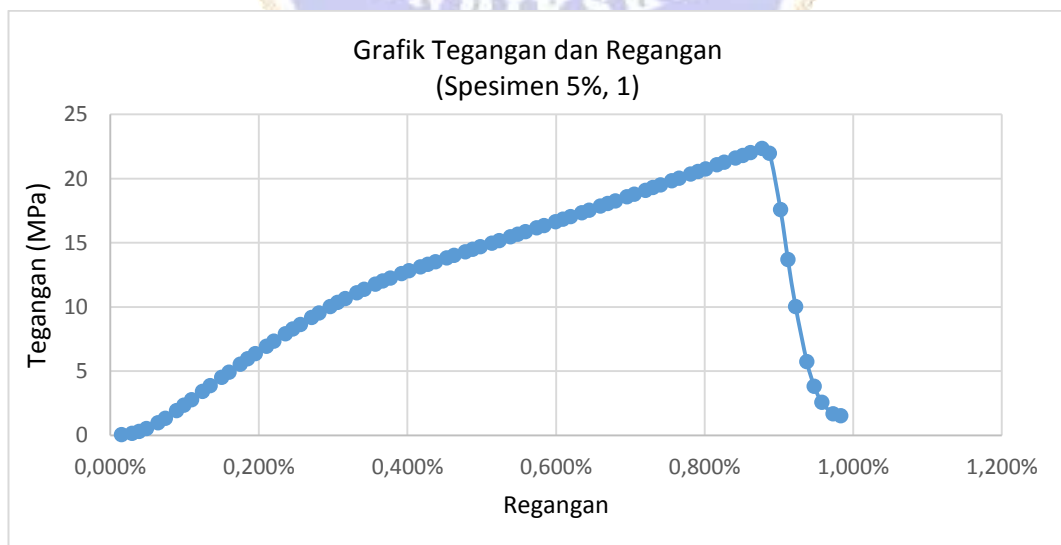
Grafik Tegangan dan Regangan

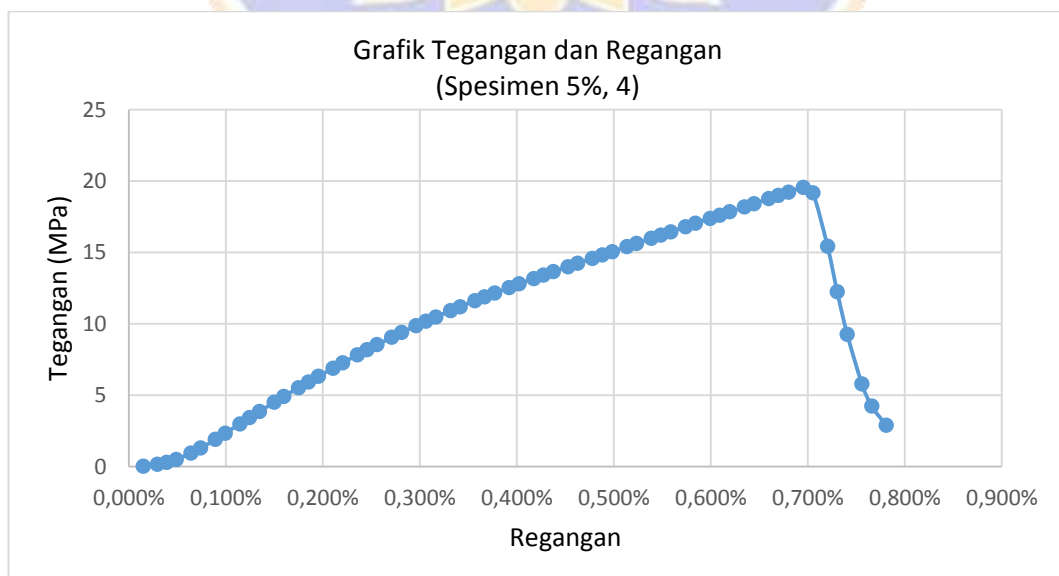
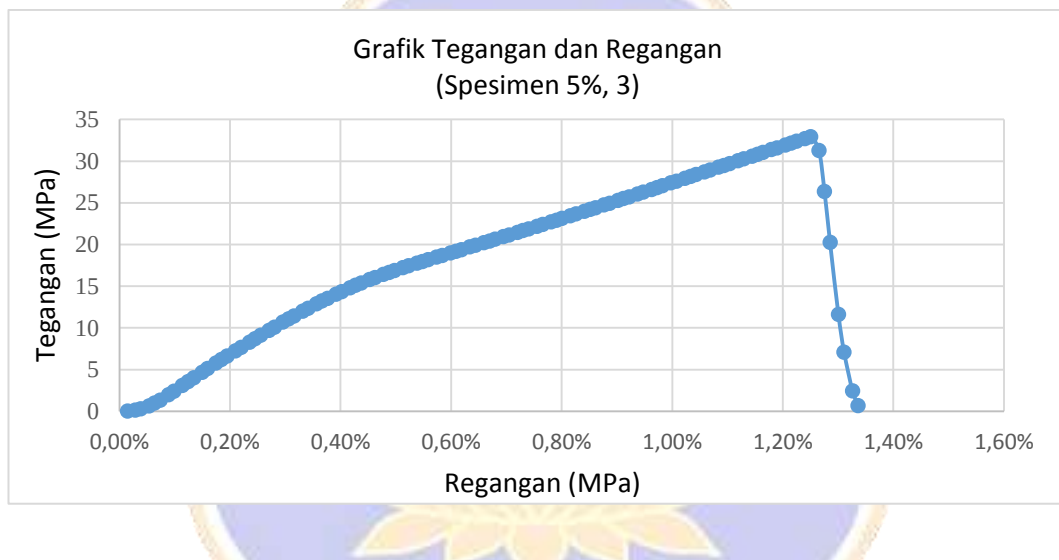
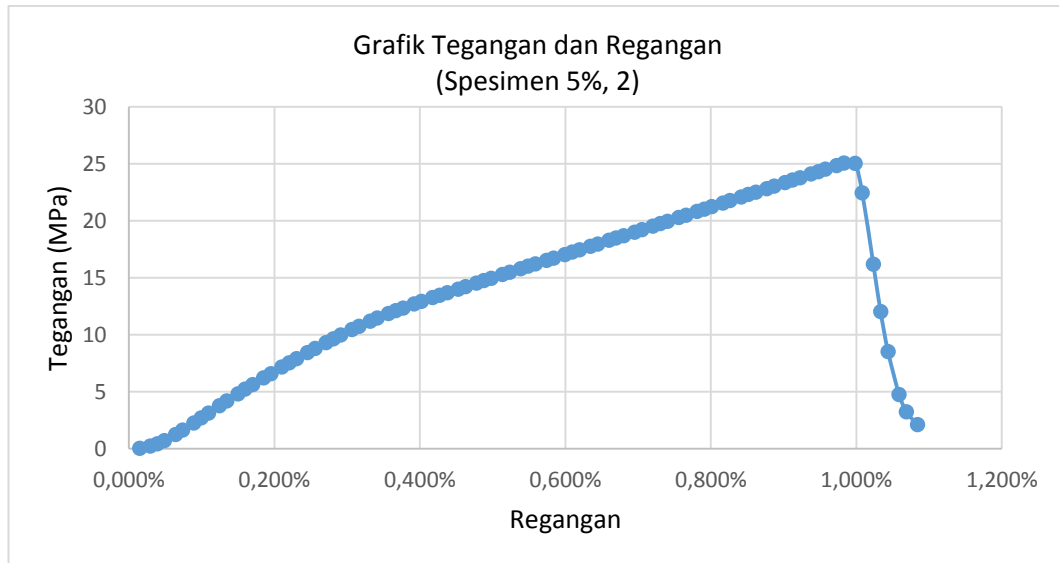
Fraksi Volume 2,5%

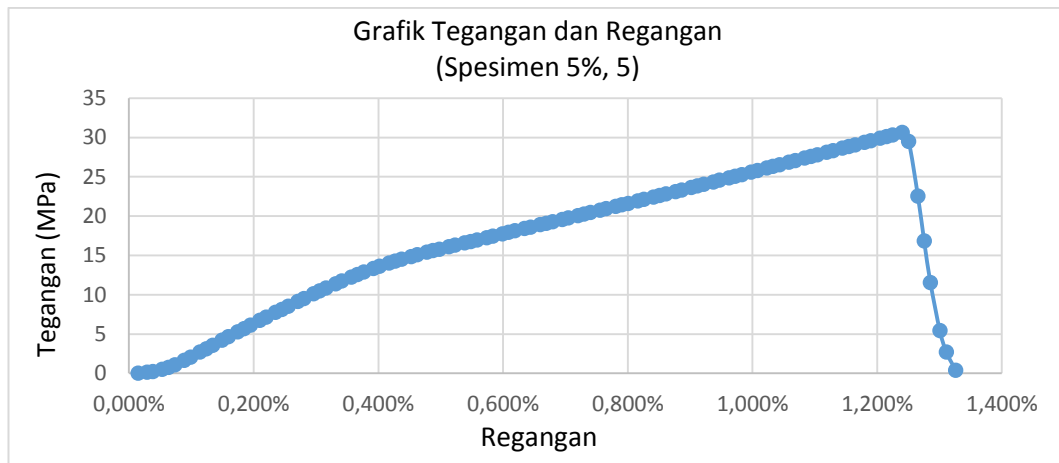




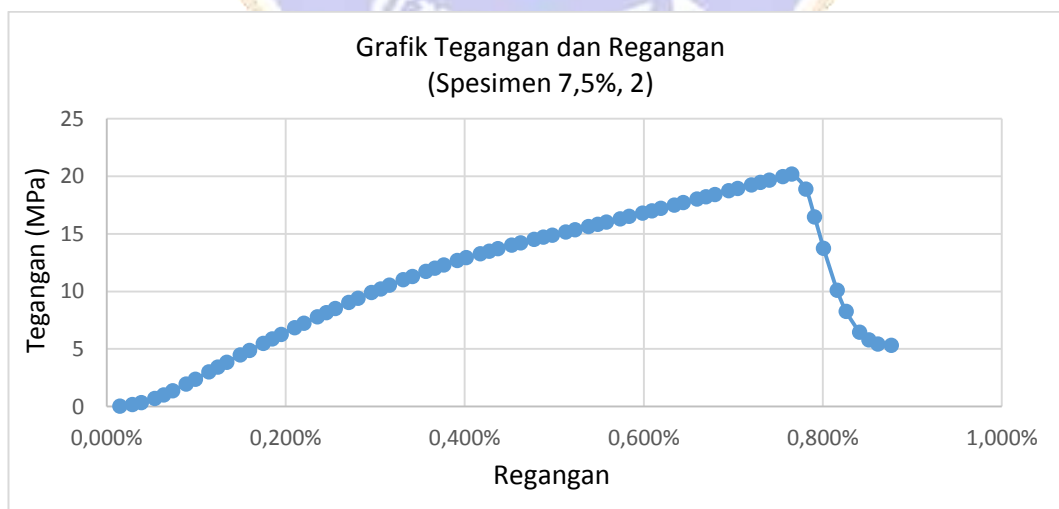
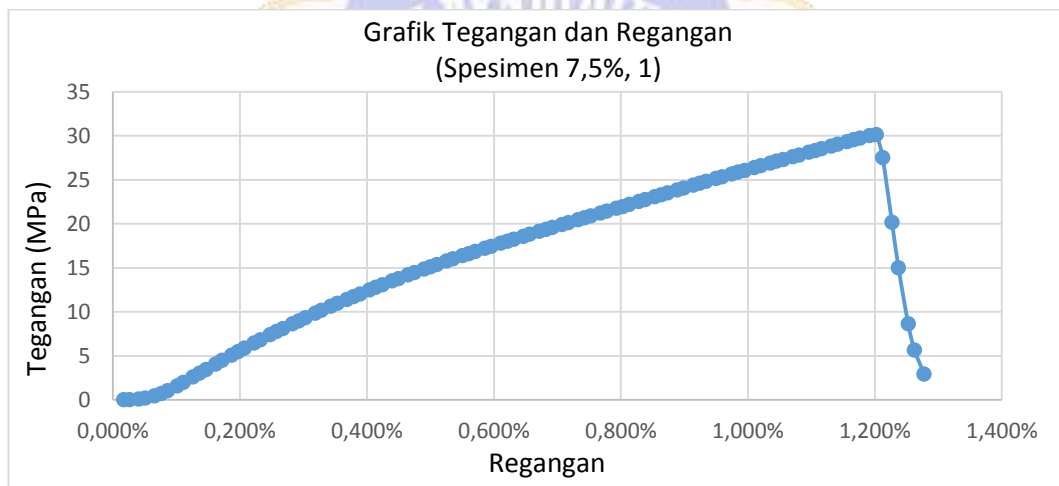
Fraksi Volume 5%

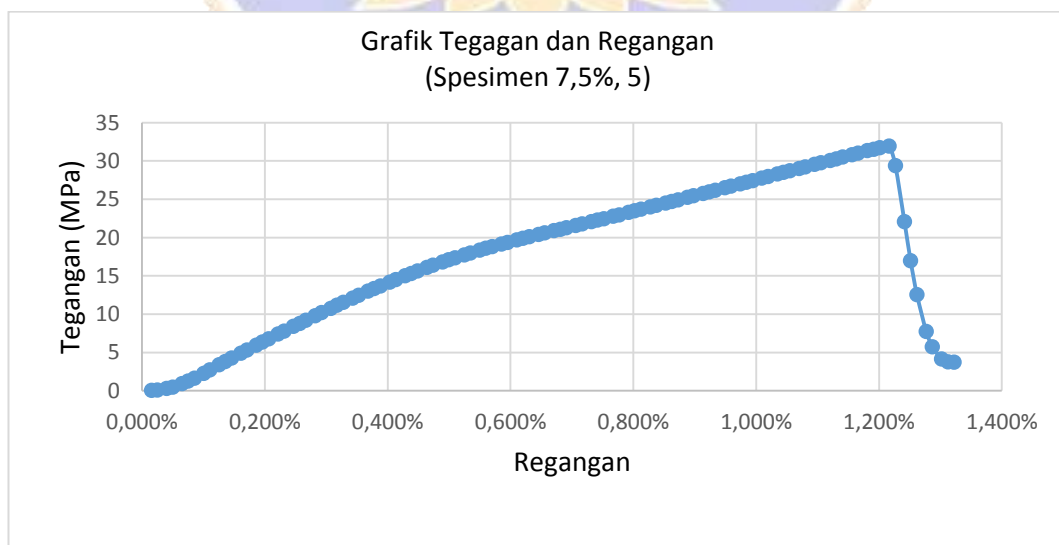
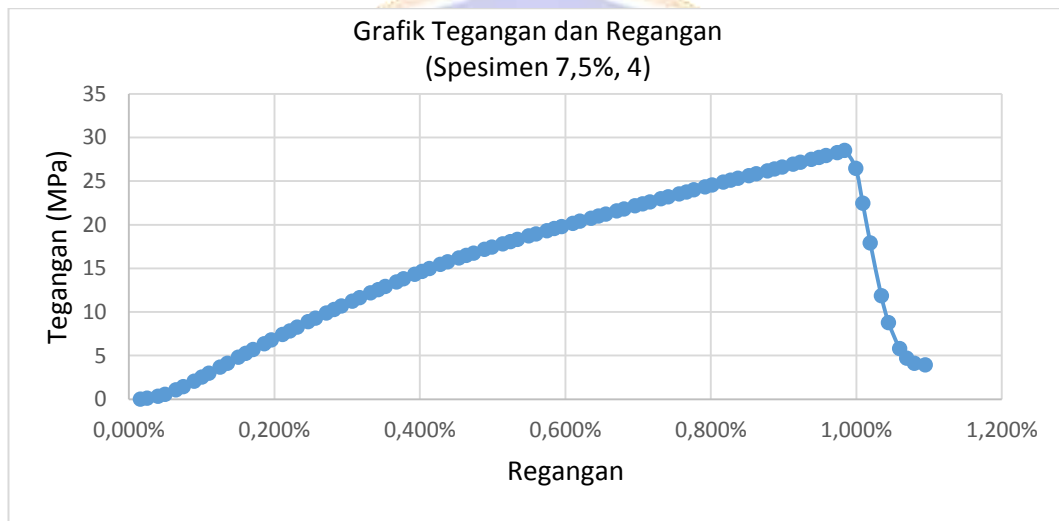
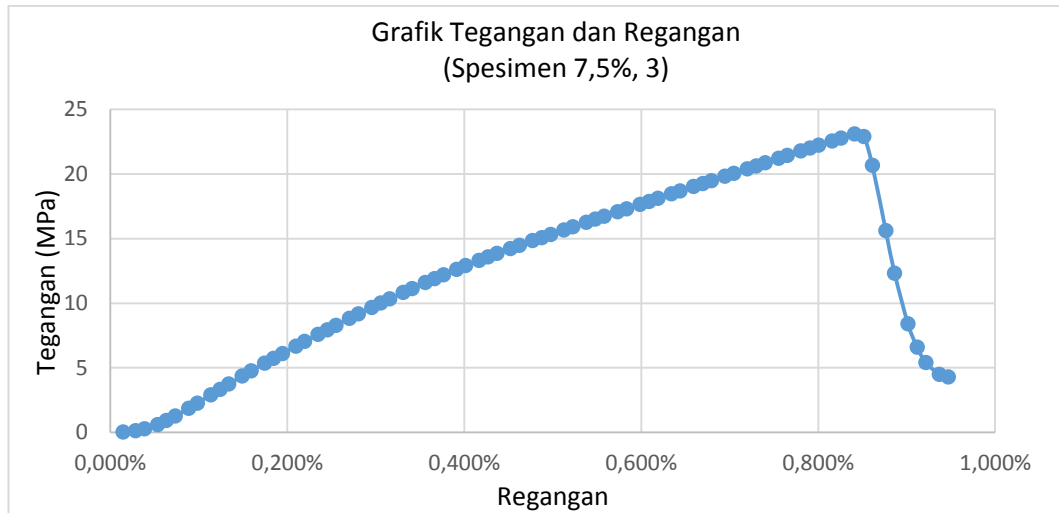






Fraksi Volume 7,5%







Lampiran 05.

Uji Mikroskopik pola patahan

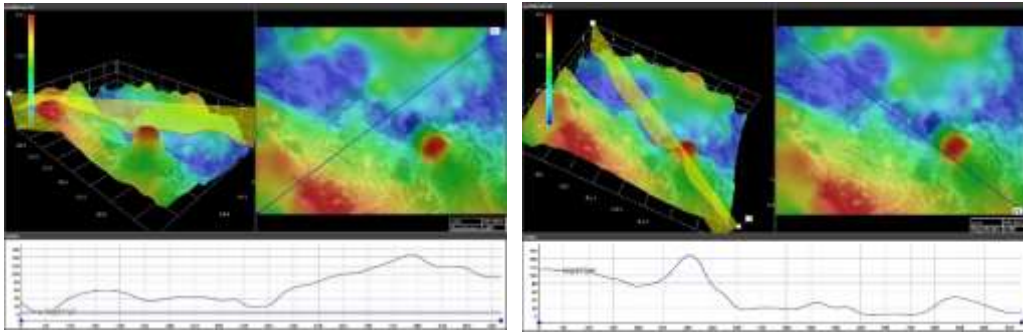
Dokumentasi Pengambilan Gambar Pola Patahan Dengan Mikroskop



Proses uji mikroskop



Hasil Foto Mikro



Contoh Foto patahan dalam 3D





Lampiran 06.

Surat Pencatatan Pencipta



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan	EC002025082526, 4 Juli 2025
Pencipta	
Nama	I Wayan Suartika, Dr. I Nyoman Pasek Nugraha, S.T., M.T dkk
Alamat	Desa Wanasari, Kec. Melaya, Melaya, Kab. Jembrana, Bali, 81116
Kewarganegaraan	Indonesia
Pemegang Hak Cipta	
Nama	Fakultas Teknik dan Kejuruan Universitas Pendidikan Ganesha
Alamat	Kampus FTK Desa Jinengdalem, Buleleng, Kab. Buleleng, Bali, 81119
Kewarganegaraan	Indonesia
Jenis Ciptaan	Modul
Judul Ciptaan	Proses Pembuatan Komposit Matriks Polyester Berpenguat Serat Limbah Rambut Manusia
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia	4 Juli 2025, di Singaraja
Jangka waktu perlindungan	Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman
Nomor Pencatatan	000922787

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



an MENTERI HUKUM
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL
u b
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri

Agung Darmasasongko, SH, MH
NIP. 196912261994031001

Disahkan:

1. Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pencatatan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.
2. Surat Pencatatan ini telah diunggah secara elektronik menggunakan segel elektronik yang diberikan oleh Balai Besar Serifikasi Elektronik, Balai Siber dan Sanksi Negara.
3. Surat Pencatatan ini dapat ditelusuri keabsahannya dengan memindai kode QR pada dokumen ini atau informasi yang tertera pada dokumen.



Balai Besar Serifikasi Elektronik

LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	I Wayan Suartika	Desa Wimasari, Kec. Melaya Melaya, Kab. Jembrana
2	Dr. I Nyoman Pasek Nugraha, S.T., M.T.	Banjar Dinas Dalem, Desa Kerobokan Sawan, Kab. Buleleng
3	Ida Bagus Putu Purwadyana, S.T., M.T.	Jl. D BRATAN, GG IV NO 3 DENPASAR Denpasar Selatan, Kota Denpasar





Lampiran 07.

Modul





Lampiran 08.

Artikel



**Analisis Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat Terhadap Sifat
Mekanis dan Model Patahan Komposit Matriks Polyester Berpenguat
Serat Limbah Rambut Manusia**

*Analysis of the Effect of Fiber Volume Fraction Variations on the
Mechanical Properties and Fracture Model of Polyester Matrix
Composites Containing Human Hair Waste Fibers*

I Wayan Suartika¹, I Nyoman Pasek Nugraha², Ida Bagus Putu Purwadyana³

^{1,2,3}Program Studi Pend. Teknik Mesin Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja, Indonesia

e-mail: suartika.2@undiksha.ac.id, paseknugraha@undiksha.ac.id,
ipurwadyana@undiksha.ac.id,

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi volume serat terhadap sifat mekanik dan pola patahan pada material komposit bermatriks polyester yang diperkuat serat limbah rambut manusia. Limbah rambut manusia dipilih sebagai alternatif serat alam karena sifat mekaniknya yang potensial dan ketersediaannya yang melimpah. Fraksi volume serat yang digunakan adalah 2,5%, 5%, dan 7,5%. Proses pembuatan spesimen dilakukan dengan metode hand lay-up dan pengujian dilakukan sesuai standar ASTM D638. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fraksi volume 2,5% memberikan kekuatan tarik dan regangan maksimum tertinggi, masing-masing sebesar 36,42 MPa dan 1,45% kemudian patahan yang dihasilkan cenderung lebih ulet (ductile) dari fraksi volume lainnya. Sedangkan fraksi 5% terjadi penurunan kekuatan tarik menjadi 26,10 MPa dan regangan menjadi 1,10 % namun namun modulus elastisitas tertinggi sebesar 2,14 GPa dan menghasilkan patahan getas. Kemudian pada fraksi 7,5% nilai tegangan mengalami sedikit peningkatan menjadi 26,77 MPa, dengan regangan 1,11%, namun modulus elastis menurun menjadi 2,07 Gpa dan menghasilkan patahan getas namun lebih ulet dari fraksi volume 5%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa terdapat batas optimal fraksi volume untuk memperoleh sifat mekanik dan pola patahan terbaik, serta limbah rambut manusia berpotensi digunakan sebagai penguat dalam material komposit ramah lingkungan.

Kata kunci: komposit, rambut manusia, fraksi volume, kekuatan tarik, pola patahan

Abstract

This study aims to investigate the effect of varying fiber volume fractions on the mechanical properties and fracture patterns of polyester matrix composites reinforced with human hair waste fibers. Human hair waste was chosen as an alternative natural fiber due to its promising mechanical properties and abundant availability. The fiber volume fractions used were 2.5%, 5%, and 7.5%. Specimens were

DOI: <http://dx.doi.org/10.23887/jtm>





**I Wayan Suartika**

Lahir di Warnasari, Jembrana, Bali pada tanggal 22 Mei 2002. Penulis merupakan anak ke empat dari empat bersaudara dari pasangan suami istri I Nyoman Landra dengan Ni Wayan Candri, penulis beralamat di Desa Warnasari, Kecamatan Melaya, Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. Penulis pertama kali mengenyam pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 2 Warnasari pada tahun 2009-2015, kemudian penulis melanjutkan pendidikan pada tahun 2015-2018 di SMP Nasional 3 Melaya, selanjutnya penulis menempuh jenjang pendidikan SMK dengan mengambil jurusan Teknik dan Bisnis Sepeda Motor di SMK Negeri 2 Negara pada tahun 2018-2021. Kemudian dari tahun 2021 hingga sekarang penulis melanjutkan Pendidikan Strata 1 di Universitas Pendidikan Ganesha dengan mengambil Program Studi Pendidikan Teknik Mesin. Bisa dihubungi melalui email: suartika.2@undiksha.ac.id

