

TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN ALAT *FILAMENT WINDING*
DALAM PEMBUATAN KOMPOSIT SERAT ALAM**



POLITEKNIK NEGERI BALI

OLEH

I Gede Krisna Prasatya Adi Putra
2215213019

D3 TEKNIK MESIN

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Permintaan akan material komposit ramah lingkungan terus meningkat seiring dengan berkembangnya isu keberlanjutan industri. Salah satu metode efisien untuk memproduksi komposit berbentuk tubular adalah filament winding, yaitu proses pelilitan serat berlapis resin pada mandrel dengan pola tertentu. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun alat filament winding skala kecil menggunakan bahan PETG melalui pencetakan 3D untuk komponen utama, serta plywood sebagai rangka. Motor DC 90 RPM digunakan sebagai penggerak dengan sistem transmisi pulley GT2 yang dikendalikan melalui dimmer. Pengujian dilakukan dengan variasi kecepatan mandrel untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap pola lilitan, sudut winding, dan distribusi antara resin dan serat. Hasil menunjukkan bahwa kecepatan mandrel yang lebih rendah menghasilkan lilitan lebih teratur dengan sudut winding yang meningkat serta dominasi resin yang lebih besar. Pada 30,2 RPM, distribusi serat paling merata dengan komposisi resin mencapai 88,35%. Alat yang dirancang terbukti efektif dan sesuai dengan tujuan teknis, serta berpotensi dikembangkan lebih lanjut untuk industri kecil sebagai solusi produksi komposit yang efisien dan ramah lingkungan.

Kata kunci: filament winding, serat alam, resin epoxy, 3D printing, PETG, motor DC.

ABSTRACT

The demand for environmentally friendly composite materials continues to grow in line with increasing concerns about industrial sustainability. One efficient method for producing tubular composites is filament winding, a process that involves winding resin-coated fibers around a mandrel in a specific pattern. This study aims to design and develop a small-scale filament winding machine using PETG material via 3D printing for key components and plywood for the frame. A 90 RPM DC motor is used as the driver, with a GT2 pulley transmission system controlled by a dimmer. Testing was conducted by varying the mandrel rotation speed to evaluate its effect on winding patterns, winding angles, and the distribution between resin and fibers. The results showed that lower mandrel speeds produced more uniform winding patterns, greater winding angles, and a higher resin dominance. At 30.2 RPM, the fiber distribution was most even, with the resin composition reaching 88.35%. The designed tool proved to be effective and met the technical objectives, showing potential for further development in small-scale industries as an efficient and eco-friendly composite production solution.

Keywords: filament winding, natural fiber, epoxy resin, 3D printing, PETG, DC motor.

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iv
SURAT BEBAS PLAGIAT.....	v
UNGKAPAN TERIMA KASIH.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.4.1 Tujuan Umum	3
1.4.2 Tujuan Khusus	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.5.1 Manfaat Bagi Penulis	4
1.5.2 Manfaat Bagi Politeknik Negeri Bali.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Definisi Rancang Bangun	6
2.2 <i>Filament winding</i>	7
2.3 Perancangan Alat <i>Filament winding</i>	10
2.3.1 Pemilihan Bahan Dari <i>Filament</i> 3d Printer.....	10
2.3.2 Parameter Kerja 3d <i>Printing</i>	11
2.3.3 <i>Stainless steel</i>	13
2.3.4 <i>Carriage</i>	15

2.3.5	Bantalan (<i>Bearing</i>)	17
2.3.6	Motor DC	18
2.4	Komposit	20
BAB III METODE PENELITIAN		22
3.1	Jenis Penelitian	22
3.1.1	Rancangan Alat <i>Filament winding</i>	22
3.1.2	Prinsip Kerja	23
3.2	Alur Penelitian (Diagram Alir)	25
3.3	Lokasi Waktu Penelitian	26
3.3.1	Lokasi Pembuat Alat	26
3.3.2	Waktu Penelitian	26
3.4	Sumber Daya Penelitian	26
3.4.1	Alat	26
3.4.2	Bahan	27
3.5	Menentukan Sumber Data	27
3.6	Instrumen Penelitian	27
3.7	Prosedur Penelitian	28
3.8	Pengujian Alat	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		30
4.1	Hasil Penelitian	30
4.1.1	Hasil Perancangan Alat	30
4.1.2	Produk Yang Dihasilkan	31
4.2	Proses Perancangan	31
4.2.1	Perancangan komponen <i>carriage</i>	32
4.2.1	Perancangan <i>Mandrel</i>	34
4.2.2	Proses Pembuatan Pulley gt2	35
4.2.3	Perancangan Mounting Motor	36
4.2.4	Proses pembuatan panel box	37
4.2.5	Perancangan Rangka <i>Filament winding</i>	38
4.2.6	Pembuatan Siku-Siku Rangka	39
4.2.7	Perancangan Wiring	39
4.2	Langkah Kerja Alat <i>Filament winding</i>	40

4.3	Pembuatan Komponen.....	41
4.3.1	Bahan Bahan Yang digunakan.....	41
4.3.2	Proses Pengerjaan Komponen.....	41
4.3.3	Proses Perakitan	47
4.5	Proses Pengujian.....	48
4.6	Biaya pembuatan alat	50
BAB V	PENUTUP	52
5.1	Kesimpulan	52
5.2	Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA		54

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komponen <i>Filament winding</i>	22
Tabel 3.2 Waktu Penelitian	26
Tabel 3.3 Alat	27
Tabel 3.4 Bahan	27
Tabel 3.5 Instrumen penelitian	29
Tabel 4. 1 Nama Komponen dan Fungsinya.....	31
Tabel 4. 2 Jumlah Komponen	41
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian	49
Tabel 4. 5 Biaya Pembuatan Alat.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Filament winding</i>	8
Gambar 2. 2 <i>Filament PETG</i>	11
Gambar 2. 3 <i>Stainless Steel</i>	15
Gambar 2. 4 <i>Carriage</i>	15
Gambar 2. 5 <i>Bearing</i>	17
Gambar 2. 6 Motor DC	18
Gambar 3.1 <i>Filament winding</i>	22
Gambar 3.2 Alur Penelitian	25
Gambar 4. 1 Alat Filament Winding tampak Atas	30
Gambar 4. 2 Tampak depan hasil Produk	31
Gambar 4. 3 Jalur Carriage tampak depan	32
Gambar 4. 4 jalur carriage tampak samping	32
Gambar 4. 5 Kontrol Carriage tampak depan	33
Gambar 4. 6 Jalur Serat Pada Carriage	33
Gambar 4. 7 mandrel tampak depan	34
Gambar 4. 8 mandrel tampak samping	35
Gambar 4. 9 Pulley Gt2	35
Gambar 4. 10 mounting motor	36
Gambar 4. 11 Tempat Motor Adjustable	37
Gambar 4. 12 Panel Box	37
Gambar 4. 13 Rangka Alat Filament winding tampak depan	38
Gambar 4. 14 Rangka Alat Filament winding tampak samping	38
Gambar 4. 15 Siku-Siku Rangka tampak samping dan tampak depan	39
Gambar 4. 16 Diagram Wiring	39
Gambar 4. 17 jalur carriage	42
Gambar 4. 18 mounting motor	43
Gambar 4. 19 panel box	43
Gambar 4. 20 siku siku penguat	44
Gambar 4. 21 jalur serat	44
Gambar 4. 22 jalur serat	45
Gambar 4. 23 jalur serat pada carriage	45
Gambar 4. 24 mandrel	46
Gambar 4. 25 Alat Filament Winding	48
Gambar 4. 26 Grafik perbandingan Rpm dengan Serat	50

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Filament winding adalah proses pembuatan yang digunakan untuk memproduksi komponen komposit, terutama yang berbentuk silindris atau konis, seperti tabung, tangki, dan komponen struktural lainnya. Proses ini melibatkan penggulangan serat (biasanya serat kaca, serat karbon, atau serat aramid) yang dilapisi dengan resin pada sebuah *mandrel* (alat cetak) dalam pola tertentu. Setelah penggulangan selesai, komponen tersebut biasanya akan dipanaskan atau dikeringkan untuk mengeras resin dan mengikat serat-serat tersebut, sehingga membentuk struktur yang kuat dan ringan. Pada proses *filament winding*, *carriage* adalah komponen mekanis dari mesin yang bertugas untuk menggerakkan sistem pengumpan serat (fiber) secara presisi ke posisi yang diinginkan di sepanjang permukaan *mandrel* (alat cetak). *Carriage* berfungsi memastikan serat dililitkan dengan pola tertentu sesuai dengan desain yang telah ditentukan, baik itu pola heliks, lingkaran, atau kombinasi lainnya.

Material komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih material yang berbeda menjadi suatu bentuk. Saat ini bahan komposit yang diperkuat dengan serat merupakan bahan Teknik yang banyak digunakan karena kekuatan dan spesifik yang jauh di atas bahan Teknik pada umumnya.

Sifat yang diinginkan dari komposit tidak didapat dari material lain apabila berdiri sendiri. Sifat material yang diinginkan diperoleh dengan membuatnya menjadi komposit, sehingga sifatnya dapat didesain sesuai kebutuhan (Jones, 1975). Bahan komposit terkenal ringan, kuat dan tidak terpengaruh korosi sehingga mampu bersaing dengan bahan logam.

Material komposit yang ramah lingkungan dan bisa didaur ulang kembali merupakan tuntutan saat ini. Untuk material pengisinya dapat berupa serat alami ataupun serat buatan. Serat buatan dapat diperoleh dari bahan plastik yang menjadi limbah yang tidak dapat diurai oleh alam. Bahan plastik ini diperoleh dari botol

bekas minuman kemasan, yang penggunaannya hanya sekali pakai. Jumlah ini sangat banyak di tempat pembuangan sampah, dan serat alami tersebut terdapat 3 macam yaitu serat tanaman, serat hewan (Siagian & Putra, 2024)

Berdasarkan pembahasan, *filament winding* merupakan salah satu proses manufaktur yang efektif untuk memproduksi material komposit berbentuk tubular dengan sifat yang kuat, ringan, serta tahan terhadap korosi. Keunggulan material komposit dibandingkan bahan teknik konvensional, terutama dalam hal kekuatan spesifik, memberikan potensi besar dalam berbagai aplikasi industri. Selain itu, material komposit yang ramah lingkungan seperti serat alami.

Dengan mempertimbangkan efisiensi proses, sifat unggul material komposit serat alam, dan potensi pengembangan bahan ramah lingkungan, sehingga saya mengambil kajian " Rancang Bangun Alat *Filament winding* Dalam Pembuatan Komposit Serat Alam". kajian ini mencerminkan fokus pada inovasi teknologi *filament winding* sekaligus mendukung isu keberlanjutan dalam produksi material teknik.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang akan di bahas dalam pembuatan rancang bangun alat *Filament winding* tersebut adalah sebagai berikut::

1. Bagaimana desain rancangan pergerakan *Carriage* pada *filament winding* ?
2. Bagaimana parameter proses manufaktur *3d printing* pada pembuatan komponen *filament winding* ?
3. Seberapa besar RPM motor pada gulungan dan penggerakan *Carriage* ?
4. Bagaimana hasil produk komposit serat alam yang di hasilkan dari alat *filament winding* ?

1.3 Batasan Masalah

Dalam proyek akhir, penulis mengambil tema rancang bangun alat *filament winding*. untuk membatasi permasalahan dalam rancang bangun ini, penulis menggunakan beberapa Batasan masalah, sehingga, pembahasan yang di lakukakan tidak keluar dari tujuan yang ada.

Adapun Batasan masalah yang akan dibatasi dalam pembuatan rancang bangun alat *filament winding* adalah sebagai berikut ::

1. Desain *filament winding* hanya sebatas prototipe yang memiliki ukuran maksimal 24cm
2. Bahan dari komponen tersebut adalah *Filament 3d Printing PETG (Polyethylene Terephthalate)* dan di cetak dengan mesin *3d printing*
3. Motor yang di gunakan adalah motor dc

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut

1.4.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari proses rancang *filament winding* ini adalah:

1. Mengaplikasikan ilmu-ilmu yang telah diperoleh selama mengikuti perkuliahan di jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali secara teori maupun praktek.
2. Untuk mengkaji dan mengembangkan ilmu pengetahuan yang diperoleh di bangku kuliah dan menerapkannya ke dalam bentuk perencanaan teknologi tepat guna.

1.4.2 Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Mampu membuat desain rancangan pergerakan *Carriage* pada *filament winding*.
2. mampu untuk mengetahui parameter proses manufaktur *3d printing* pada pembuatan komponen *filament winding*.
3. Mampu menghitung putaran motor untuk mendapat hasil yang baik dan Tepat.
4. Mampu membuat bentuk yang sesuai dengan alat tersebut.

1.5 Manfaat Penelitian

Setelah menyelesaikan penelitian dan alat yang dirancang sudah benar benar siap digunakan oleh para industri kecil dan bisa merasakan manfaat dari alat tersebut. Para industri kecil akan sangat terbantu pekerjaannya, sehingga tidak perlu khawatir lagi akan keterlambatan waktu pengerjaan. Berikut manfaat lain dari hasil penelitian yang dilakukan adalah:

1.5.1 Manfaat Bagi Penulis

Adapun manfaat dari rancang bangun alat *Filament winding* ini bagi penulis adalah:

1. Mampu menuangkan ide-ide yang dimiliki penulis ke dalam alat yang akan dibuat.
2. Mampu membantu para industri kecil yang dulunya masih menggunakan cara yang sederhana menjadi cara yang lebih mudah dengan adanya alat yang baru.
3. Mampu mengetahui cara-cara membuat suatu alat sehingga kemudian hari mampu membuat alat-alat yang lain yang bermanfaat.

1.5.2 Manfaat Bagi Politeknik Negeri Bali

Adapun manfaat dari rancang bangun alat *Filament winding* ini bagi Politeknik Negeri Bali adalah:

1. Menghasilkan mahasiswa-mahasiswi yang cerdas dan terampil di bidangnya masing-masing.
2. Lulusan Politeknik Negeri Bali bisa langsung mendapatkan pekerjaan sesuai dengan keahliannya masing-masing.
3. Dikemudian hari Politeknik Negeri Bali akan banyak calon-calon mahasiswa- mahasiswi yang ingin menuntut ilmu di kampus ini karena sudah terbukti mencetak tenaga kerja yang ahli, terampil dan professional.

1.5.3 Manfaat Bagi Masyarakat

Adapun manfaat dari rancang bangun alat *Filament winding* ini bagi masyarakat adalah:

1. Bisa membantu proses kerja untuk industri kecil dalam pembuatan pipa komposit sehingga dapat meningkatkan kualitas produk komposit yang dihasilkan, seperti tabung, pipa, dan komponen lainnya, yang memiliki kekuatan dan daya tahan lebih baik.
2. Bagi para industri kecil, manfaat yang diperoleh bisa lebih banyak, dan menghemat biaya

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian alat *filament winding* untuk pembuatan komposit serat alam, dapat disimpulkan bahwa alat ini berhasil dirancang dan berfungsi sesuai dengan tujuan. Komponen utama seperti *carriage*, *mandrel*, pulley, dan mounting dicetak menggunakan teknologi 3D printing berbahan PETG dengan suhu nozzle 225°C. Sistem pengatur tegangan (tension control) telah diterapkan untuk menjaga kestabilan serat, serta motor DC yang digunakan mampu dikendalikan kecepatannya melalui dimmer.

Adapun kesimpulan yang menjawab rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Desain rancangan pergerakan *carriage* pada alat *filament winding* berhasil dibuat dengan sistem rel dan as stainless, memungkinkan *carriage* bergerak secara presisi mengikuti pola penggulangan yang ditentukan.
2. Parameter proses manufaktur 3D printing menggunakan filament PETG telah ditentukan dengan suhu nozzle 225°C dan layer height standar, menghasilkan komponen yang kuat dan presisi.
3. Putaran motor yang dibutuhkan untuk penggulangan *carriage* dan *mandrel* telah dihitung, dengan hasil bahwa motor DC 90 RPM dapat mencapai kecepatan *carriage* $\pm 64,4$ RPM menggunakan rasio pulley GT2 yang sesuai (1:1,4).
4. produk komposit serat alam yang dihasilkan berupa lilitan serat alam pada *mandrel* yang telah direndam resin, membentuk lapisan serat yang merata dan rapi sesuai desain pola winding.

Dengan demikian, alat *filament winding* yang dirancang dapat digunakan untuk mendukung proses produksi komposit serat alam dengan efektivitas dan efisiensi yang baik.

5.2 Saran

1. Desain *carriage* perlu diperhatikan agar terlindungi dari tetesan resin, karena paparan langsung dapat mempercepat kerusakan mekanis dan mengganggu proses penggulungan.
2. Persediaan serat alam perlu disiapkan dalam jumlah lebih banyak, mengingat proses *filament winding* memerlukan panjang serat yang kontinu agar hasil penggulungan maksimal dan tidak terputus di tengah proses.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut pada mekanisme *carriage*, terutama terkait pengaturan titik balik dan distribusi pola lilitan, agar serat tidak menumpuk di bagian ujung *mandrel* dan hasil penggulungan tetap merata.
4. Disarankan menambahkan pelindung pada komponen sensitif, seperti motor dan panel kontrol, agar lebih aman dari debu, tetesan resin, dan gangguan lingkungan lainnya.
5. Perlu diperhatikan takaran resin yang dituangkan ke dalam cetakan, agar tidak berlebihan dan menyebabkan pemborosan material atau menurunnya kualitas hasil penggulungan akibat lapisan resin yang terlalu tebal.

DAFTAR PUSTAKA

- Arrabiyeh, P. A., May, D., Eckrich, M., & Dlugaj, A. M. (2021). An overview on current manufacturing technologies: Processing continuous rovings impregnated with thermoset resin. *Polymer Composites*, 42(11), 5630–5655. <https://doi.org/10.1002/pc.26274>
- Fazdi, M. F., & Hsueh, P.-W. (2023). Parameters Identification of a Permanent Magnet DC Motor: A Review. *Electronics*, 12(12), 2559. <https://doi.org/10.3390/electronics12122559>
- Henry, T. C., Bakis, C. E., & Smith, E. C. (2015). Determination of Effective Ply-level Properties of Filament Wound Composite Tubes Loaded in Compression. *Journal of Testing and Evaluation*, 43(1), 96–107. <https://doi.org/10.1520/JTE20130159>
- Marsavina, L., Dohan, V., & Galatanu, S.-V. (2024). Mechanical Evaluation of Recycled PETG Filament for 3D Printing. *Frattura Ed Integrità Strutturale*, 18(70), 310–321. <https://doi.org/10.3221/IGF-ESIS.70.18>
- Michieletto, G., Cenedese, A., & Franchi, A. (2016). Bearing rigidity theory in SE(3). *2016 IEEE 55th Conference on Decision and Control (CDC)*, 5950–5955. <https://doi.org/10.1109/CDC.2016.7799182>
- Siagian, D. E. N., & Putra, M. H. S. (2024). SERAT ALAM SEBAGAI BAHAN KOMPOSIT RAMAH LINGKUNGAN. *jurnalnasional.ump.ac.id*.
- Siregar, H. F., & Sari, N. (2018a). Rancang Bangun Aplikasi Simpan Pinjam Uang Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Asahan Berbasis Web. *JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI*, 2(1), 53. <https://doi.org/10.36294/jurti.v2i1.409>
- Siregar, H. F., & Sari, N. (2018b). Rancang Bangun Aplikasi Simpan Pinjam Uang Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Asahan Berbasis Web. *JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI*, 2(1), 53. <https://doi.org/10.36294/jurti.v2i1.409>

Tuthill, A. H., & Covert, R. A. (2018). STAINLESS STEELS: AN INTRODUCTION TO THEIR METALLURGY AND CORROSION RESISTANCE. *Dairy, Food and Environmental Sanitation*.