

Desain dan Fabrikasi Mandrel Pada Mesin Filament Winding Fiber Reinforced Plastic Untuk Produksi *Packing spacer* Pipa di PT. RPC Indonesia

Noviandini Galuh Permatasari ^{1*}, Adi Wirawan Husodo ², dan Dhika Aditya Purnomo ³

Program studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia^{1*}

Program studi Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia²

Program studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia³

Email: noviandinigp@gmail.com¹

Abstract – PT. RPC Indonesia produces pipes using the filament winding method. The pipe has shipping standards to ensure it reaches its destination safely, so a packing spacer is made as a pipe safety in the shipping process. Currently, the process of making packing spacers is using the hand lay-up method. This is deemed less effective because of the lengthy manual manufacturing process with poor results, and because it takes workers who only focus on making packing spacers. Therefore, a mandrel that functions as concrete was designed to transfer the hand lay-up process to the winding process using a filament winding machine for the production of packing spacers. The Ulrich method is used in the mandrel design process for packing spacers, starting from the requirements, making alternative design concepts, selecting design concepts, and realizing the design. Based on the results of the design concept, the selected design concept is design concept 2. Next, the process of fabrication and testing of the mandrel and the output produced by the mandrel are carried out. It was found that the mandrel was able to produce 18 pieces of DN100 pipe packing spacers in 8 hours. The output or packing spacers produced from the production process with a mandrel using a filament winding machine are able to withstand a load of 3008 kg. The total budget for making mandrels is Rp. 5,847,000. In future research, it is expected to add a silicone filament separator component that is resistant to high temperatures so that the fiber does not slip due to the presence of resin.

Keyword: Filament Winding, Packing spacer, Ulrich Method

Nomenclature

σ	tekanan
M	momen bending sumbu x-axis
Y	jarak titik berat
I	momen inersia
\square	defleksi
\square	beban struktur konstruksi
L	panjang
E	modulus elastisitas
I_x	momen inersia

1. PENDAHULUAN

Komposit memiliki beberapa metode dalam proses pembuatannya. Namun, metode sederhana yang sering digunakan untuk produksi komposit yaitu metode *hand lay-up*. *Hand lay-up* umum digunakan karena tingkat kemudahannya meskipun dalam prosesnya hasil dari metode ini memiliki kekurangan yang dapat mempengaruhi kekuatan komposit. Selain metode *hand lay-up*, terdapat metode filament winding yaitu proses serat tipe roving atau single stand dilewatkan wadah yang berisi resin lalu serat tersebut akan dililit sekeliling mandrel yang sedang bergerak arah radial dan arah tangensial. Proses ini dilakukan berulang sampai didapatkan hasil yang sesuai atau diinginkan. Proses filament winding biasa digunakan untuk komponen dengan bentuk seperti silinder, poros, dan kerucut. Proses produksi dengan mesin filament winding.

Saat ini, proses pembuatan *packing spacer* dengan metode *hand lay-up* yaitu mencetak satu persatu sesuai dengan ukuran pipa lalu dilakukan penyambungan dan pemotongan hingga didapatkan hasil *packing spacer* yang sesuai seperti pada Gambar 1 Kondisi lapangan dengan menggunakan metode *hand lay-up* adalah membutuhkan 2 pekerja, per satu orang pekerja menghasilkan 20 pcs/hari *packing spacer* dengan perhitungan upah yaitu AUD \$15/jam dikalikan dengan 10 jam kerja per hari nya. (Sumber: PT.RPC Indonesia). Proses pembuatan *packing spacer* dengan metode *hand lay-up* yaitu mencetak satu persatu sesuai dengan ukuran pipa lalu dilakukan penyambungan dan pemotongan hingga didapatkan hasil *packing spacer*. Kondisi lapangan dengan menggunakan metode *hand lay-up* adalah membutuhkan 2 pekerja, per satu orang pekerja menghasilkan 20 pcs/hari *packing spacer* dengan perhitungan upah yaitu AUD \$15/jam dikalikan dengan 10 jam kerja per hari nya. Perusahaan menginginkan adanya perbaikan dalam produksi *packing spacer* untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas, proses produksi tidak lagi dilakukan dengan proses manual sehingga pekerja dapat dialihkan ke proses produksi pipa dan hasil produksi *packing spacer* memiliki kualitas yang lebih tinggi lalu keuntungan yang didapat perusahaan pun lebih tinggi. Maka dari itu akan dirancang sebuah mandrel yang berfungsi sebagai cetakan guna memindahkan proses *hand lay-up* ke proses winding dalam pembuatan *packing spacer*.

2. METODOLOGI .

2.1 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan dalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Observasi lapangan
2. Identifikasi masalah
3. Studi literatur
4. Penyusunan daftar kebutuhan
5. Pembuatan konsep desain
6. Perhitungan dan analisa tegangan von mises, defleksi
7. Pemilihan konsep
8. Fabrikasi
9. Pengujian alat
10. Pengujian kekuatan output
11. Penyusunan anggaran biaya produksi

2.2 Metode Ulrich

Penelitian ini menggunakan metode Ulrich dalam prosesnya untuk mendapatkan desain terbaik yang memenuhi kebutuhan. Dengan metode ini, peneliti merancang 3 alternatif desain dan membandingkan 3 alternatif desain tersebut. Selanjutnya dilakukan penyaringan sehingga didapatkan 1 konsep desain berdasarkan kriteria.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penyusunan Daftar Kebutuhan

Berikut Tabel 1 adalah daftar kebutuhan yang digunakan sebagai referensi desain dan fabrikasi mandrel pada mesin filament winding FRP untuk produksi *packing spacer* pipa.

Tabel 1. Daftar Kebutuhan

DAFTAR KEBUTUHAN		
S/H	Aspek	Penanggung Jawab
S S	Manufaktur a. Proses manufaktur mudah b. Memanfaatkan material dan komponen yang tersedia di perusahaan.	Tim Desain dan Manufaktur
H S	Perakitan di lapangan a. Mudah digunakan b. Perakitan sederhana	Tim Desain dan Manufaktur
S	Biaya a. Mengurangi biaya operasional yang dibutuhkan sebelumnya	Tim Desain dan Manufaktur
H S S	Kekuatan a. Tidak mudah rusak b. Mampu menahan beban minimal 300 Kg (produk hasil / <i>packing spacer</i>) c. Mampu menahan beban komponen pada mandrel	Tim Desain dan Manufaktur

3.2 Pembuatan Konsep Desain

Dari daftar kebutuhan di atas, kemudian dibuat 3 alternatif konsep desain sebagai berikut:

1. Konsep Desain 1



Gambar 1. Konsep Desain 1

2. Konsep Desain 2



Gambar 2. Konsep Desain 2

3. Konsep Desain 3



Gambar 3. Konsep Desain 3

3.3 Perhitungan dan Analisa Software

Perhitungan tegangan normal yang terjadi pada batang dapat diketahui dengan menggunakan momen bending. Untuk rumus perhitungan tegangan menggunakan Persamaan 1 sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} \quad (1)$$

Perhitungan besarnya defleksi dilakukan untuk mengetahui besarnya defleksi pada Rectangular Hollow dengan menggunakan Persamaan 2.

$$\Delta_{max} = \frac{5 \times \omega \times L^2}{384 \times E \times I} \quad (2)$$

Hasil perhitungan tersebut akan dibandingkan dengan besarnya nilai defleksi yang diijinkan sesuai dengan Persamaan 3 berikut ini:

$$\Delta_{ijin} = \frac{1}{360} \times span \quad (3)$$

Hasil dari perhitungan secara manual dan analisa filament winding machine dari profil rectangular hollow ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan dan Simulasi Software

	Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3	
	σ (Gpa)	Δ_{max}	σ (Gpa)	Δ_{max} (mm)	σ (Gpa)	Δ_{max} (mm)
Perhitungan	46,56	15,50	46,74	15,48	39,35	13,03
Software	44,746	3,16	44,918	3,17	234,88	12,877

3.4 Pemilihan Konsep Desain

Penetapan konsep terpilih pada penelitian ini menggunakan pemilihan konsep dengan model matriks keputusan dengan tahapan penilaian konsep. Karena hanya ada 3 alternatif konsep desain, maka proses penyaringan konsep desain tidak diperlukan. Untuk kriteria seleksi yang telah ditetapkan berdasarkan spesifikasi dari daftar kebutuhan yaitu proses manufaktur, perakitan di lapangan, biaya, dan kekuatan. Tabel 3 adalah matriks penilaian konsep yang diberikan pada setiap kriteria berdasarkan daftar kebutuhan.

Tabel 3. Matriks Penilaian Konsep

Matriks Penilaian Konsep									
Kriteria Seleksi	Bobot	Konsep Produk dan Referensi							
		Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3		Referensi	
		R a t e	S k o r	R a t e	S k o r	R a t e	S k o r	R a t e	S k o r
Manufaktur	20%	3	0,6	5	1	4	0,8	3	0,6
Perakitan	20%	2	0,5	4	0,8	4	0,6	3	0,6
Biaya	30%	4	0,5	5	1,5	2	0,6	3	0,9
Kekuatan	30%	5	1,5	4	1,2	2	0,6	3	0,9
Nilai Absolut		14	3	18	4,5	12	2,6	12	3,0
Nilai Relatif (%)		25	22,9	32,1	34,4	21,4	19,8	21,4	22,9
Ranking		2		1		3		4	

3.5 Fabrikasi

Berikut adalah tahapan fabrikasi pada mandrel pada mesin filament winding FRP untuk produksi *packing spacer*.

1. Pembuatan cetakan dudukan pipa
2. Pembuatan cetakan penguat *packing spacer*
3. Pembuatan *connector*
4. Pembuatan lubang baut di profil
5. Perakitan

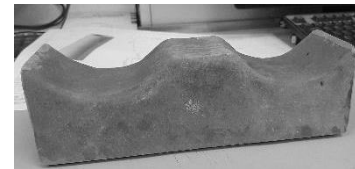
3.6 Pengujian Alat

Dari hasil perancangan dan pembuatan mandrel pada sub bab sebelumnya didapatkan hasil fabrikasi mandrel pada mesin filament winding FRP untuk produksi *packing spacer* seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Mandrel untuk Produksi *Packing spacer*

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa mandrel pada mesin filament winding FRP untuk produksi *packing spacer* dapat menghasilkan 18 pcs *packing spacer* ukuran pipa DN100 dalam waktu produksi 8 jam. Dibandingkan dengan metode hand-lay up yang saat ini digunakan dalam produksi *packing spacer* harga per satuan *packing spacer* dengan menggunakan mesin filament winding adalah AUD \$0.8/pcs atau IDR 8500. Dalam hal biaya dan waktu produksi mandrel pada mesin filament winding FRP unggul dibandingkan proses produksi sebelumnya. Gambar 5 adalah produk hasil pengujian alat mandrel



Gambar 5. *Packing spacer* Hasil Pengujian Mandrel

3.7 Pengujian Kekuatan Output

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, beban maksimal yang mampu diterima oleh *packing spacer* adalah 3008 kg. Dapat disimpulkan bahwa output yang dihasilkan dari proses produksi menggunakan mandrel filament winding memiliki persentase keberhasilan 100% atau 10 kali lipat lebih kuat dibandingkan proses produksi secara manual. Pada Gambar 4.58 menunjukkan proses pengujian kekuatan output dengan menggunakan mesin press dan diukur



Gambar 6. Hasil Pengujian Kekuatan Output

3.8 Penyusunan Biaya Produksi

Biaya pembuatan mandrel pada mesin filament winding FRP untuk produksi *packing spacer* dibagi menjadi 2 yaitu biaya material yang dibutuhkan dan biaya proses pembuatan. biaya total adalah jumlah semua biaya yang dikeluarkan saat proses pembuatan mandrel mesin filament winding FRP untuk produksi *packing spacer* di PT. RPC Indonesia atau akumulasi biaya material ditambah biaya pembuatan. Biaya material pada penelitian ini adalah Rp. 4.567.000 dan biaya pembuatan adalah Rp. 1.300.000. Jadi total biaya yang dikeluarkan untuk proses pembuatan mandrel mesin filament winding FRP untuk produksi *packing spacer* di PT. RPC Indonesia adalah Rp. 5.847.000,- atau lima juta delapan ratus empat puluh tujuh ribu rupiah.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembuatan desain mandrel mesin filament winding FRP untuk produksi *packing spacer* di PT. RPC Indonesia menggunakan *filament winding machine* Solidworks dan Autodesk Fusion 360. Metode yang digunakan adalah metode Ulrich dengan membuat 3 konsep desain yang berbeda dan mempertimbangkan kriteria yang ditetapkan yaitu proses manufaktur, perakitan di lapangan, biaya, dan kekuatan. Dari

ketiga konsep desain tersebut, didapatkan desain konsep 2 dengan nilai tertinggi yang kemudian dijadikan acuan desain dalam membangun mandrel.

2. Berdasarkan konsep desain terpilih, tegangan yang terjadi pada mandrel menurut perhitungan adalah 46,74 MPa dan menurut simulasi yang dilakukan dengan *filament winding machine* didapatkan hasil maksimumnya adalah 44,918. Defleksi yang terjadi pada mandrel menurut perhitungan adalah 15,48 mm dan menurut simulasi yang dilakukan dengan *filament winding machine* didapatkan hasil maksimumnya adalah 3,17 mm.
3. Berdasarkan pengujian mandrel mesin filament winding FRP untuk produksi *packing spacer* didapatkan hasil, bahwa mandrel dapat menghasilkan 18 pcs *packing spacer* ukuran pipa DN100 dalam waktu 8 jam.
4. Output atau *packing spacer* yang dihasilkan oleh mandrel mampu menahan beban maksimal sebesar 3008 kg.
5. Total biaya untuk pembuatan mandrel sebesar Rp. 5.847.000,- atau lima juta delapan ratus empat puluh tujuh ribu rupiah.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada orang tua yaitu ayah Wakidi dan Ibu Ani Sugianti dan seluruh keluarga besar yang senantiasa memberi dukungan, doa, saran, dan nasehat kepada penulis. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc., FRINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Bapak George Endri Kusuma, S.T., M.Sc. Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan kapal. Bapak Pranowo Sidi, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi D4 Teknik Desain dan Manufaktur. Bapak Adi Wirawan Husodo, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I. Bapak Dhika Aditya Purnomo, S.ST., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah berkenan memberikan bimbingan serta membagikan ilmu dan saran dalam proses pengerjaan Penelitian ini. Bapak Rizal Indrawan, S.ST., M.T. selaku Koordinator Penelitian Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur. Seluruh rekan Teknik Desain dan Manufaktur Angkatan 2018 yang telah memberikan bantuan dalam pengerjaan Penelitian ini

7. PUSTAKA

- [1] Campbell, F.C., 2003. *Manufacturing Processes for Advanced*. United Kingdom. Tersedia dari Elsevier.
- [2] Azhar, D.W., 2016. *Rancang Bangun Mesin Filament Winding Designing of Filament winding machine*. Universitas Pasundan Bandung. Bandung
- [3] Fan, Yiming, Antonio Gomez, Serena Ferraro, Brian Pinto dan Anastasia Muliana. (2006). *Journal of Composites Materials*. Texas A&M University. Amerika Serikat.

- [4] Quanjin, Ma, M R M Rejab, M S Idris, D Bachtira, J P Siregar dan M N Harith (2018). *Design of Portable 2-Axis Filament winding machine with Inexpensive Control System*. Universitas Pahang. Malaysia.
- [5] Ragab, K, Abdel-Magied, Mohamed F. Aly, Heba I. Elkhoully, dan Abdelsalam Shabban. (2020). *A New Model of Filament winding machine As an Educational Tool*. Beni-Suef University. Mesir.
- [6] Hamdani, N.T., 2021. *Perancangan Pengembangan Rail Mover sebagai Alat Bantu Penggantian Rel Light Rail Transit*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Surabaya.
- [7] Gunardi, Budi., 2017. *Pengertian Defleksi dan Hal – Hal yang Mempengaruhi*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta
- [8] American Institute of Steel Construction., 2012. *Beam Diagrams and Formulas For Various Static Loading Conditions, AISC ASD 8th*.: American Institute of Steel Construction.
- [9] Spiegel, L., 2003. *Applied Statics and Strength of Materials*. 4th ed. Pearson Education International.
- [10] Rofeg, A dan Masruki Kabib., 2018. *Analisa Tegangan Screw Conveyor Pada Mesin Pencampur Garam Iodium Sesuai SNI 3556 Dengan Metode Elemen Hingga*. Universitas Muria Kudus. Kudus
- [11] Wulandari, Swissty., 2020. *Mengurangi Resiko Cedera Musculoskeletal Disorders (MSDs) Pada Pekerja di PT. Pindad*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Surabaya