

# PERANCANGAN ALAT *RESIN TRANSFORMER MOULDING* (RTM) SEBAGAI MESIN PENCETAK SPESIMEN KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT ALAM DENGAN SISTEM INJEKSI MENGGUNAKAN METODE VDI 2221

*Jefri Samuel Bale, Rima Nindia Selan, Antonius Fandie Tei Seran*

*Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto  
Penfui, Kupang, NTT, 85001, Indonesia  
E-mail: jefri\_bale@staf.undana.ac.id*

## Abstrak

*Perkembangan di bidang teknologi dan sciences belakangan ini mendorong material komposit banyak di gunakan pada berbagai macam produk. Komposit yang diperkuat oleh serat alam telah banyak digunakan untuk aplikasi seperti aerospace, otomotif, alat olahraga, papan sirkuit, dan lain-lain. Dalam sebuah perancangan terdapat beberapa metode yang biasa digunakan, salah satunya adalah metode VDI 2221. Metode VDI 2221 menggunakan pendekatan sistematis terhadap desain untuk sistem teknik dan produk teknik. Metode VDI 2221 ini mempermudah perancang untuk membuat suatu produk sehingga perancangan produk dapat tercapai. Oleh karena itu penulis mempunyai rancangan untuk membuat alat resin transfer moulding (RTM) sebagai mesin pencetak spesimen komposit serat alam dengan sistem injeksi menggunakan metode VDI 2221 di harapkan dengan teknologi sistem injeksi bahan komposit yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik. Hasil perancangan mesin pencetak spesimen komposit berpenguat serat alam ini berdimensi panjang 110 cm, lebar 35 cm dan tinggi 60 cm.*

**Kata kunci:** *alat resin transformer moulding; pencetak spesimen komposit; VDI 2221*

## Abstract

*Recent developments in the fields of technology and science encourage composite materials to be widely used in various kinds of products. Composites reinforced by natural fibers have been widely used for applications such as aerospace, automotive, sports equipment, circuit boards, and others. In a design, there are several methods that are commonly used, one of which is the VDI 2221 method. The VDI 2221 method uses a systematic approach to design engineering systems and engineering products. The VDI 2221 method makes it easier for designers to make a product so that product design can be achieved. Therefore the author has a design to make a resin transfer molding (RTM) tool as a natural fiber composite specimen printing machine with an injection system using the VDI 2221 method. The results of the design of this natural fiber-reinforced composite specimen printing machine have dimensions of 110 cm long, 35 cm wide, and 60 cm high.*

**Keywords:** *resin transformer molding tool; composite specimen printer; VDI 2221*

## PENDAHULUAN

Resin transfer moulding (RTM) baru-baru ini menjadi terkenal sebagai proses volume tinggi berkecepatan tinggi untuk pembuatan komponen otomotif dengan throughput yang lebih tinggi dan biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan metode tradisional. Dalam proses RTM, preform kering pertama disampirkan ke cetakan, cetakan ditutup, dan kemudian resin disuntikkan ke dalam cetakan. Dalam proses RTM, ada tiga tahap penting dalam

pencetakan; a) injeksi resin (pengisian) b) pengawetan resin dan c) pengeluaran dan pendinginan bagian. Injeksi adalah tahap di mana resin disuntikkan ke dalam rongga cetakan untuk membasahi serat. Setelah resin mengisi rongga cetakan, injeksi dihentikan. Bahan pengawet ditambahkan ke resin sebelum injeksi resin untuk mempercepat proses pengawetan. Curing adalah tahap ketika resin berpolimerisasi dan menjadi padat di sekitar serat.

Ada beberapa penelitian yang sudah

dilakukan pada pembuatan mesin injeksi dengan judul Rancang Bangun *Plastic Injection Moulding* Pada Pemanfaatan Limbah Plastik Untuk Gagang Pisau. Alat tersebut berukuran 300x250 mm dengan tinggi sekitar 480 mm. Kapasitas daya motor yang digunakan adalah 600 watt. Adapun contoh lain yaitu dari mahasiswa Unika Atma Jaya dengan judul Rancang Bangun Prototipe Mesin Cetak Injeksi Dengan Menggunakan Elektro-Pneumatik. Alat ini berukuran 850x150x250 mm, menggunakan sistem elektropneumatik dan PLC sebagai controller [1].

*Injection molding* adalah salah satu metode pembentukan suatu benda atau produk dari material resin dengan ukuran dan bentuk tertentu menggunakan alat bantu berupa cetakan atau *molding* yang diberikan. *Injection molding* merupakan salah satu metode yang banyak digunakan karena biaya yang dibutuhkan lebih murah dan dapat memproduksi komponen yang kecil dan rumit [2].

*Injection molding* merupakan proses yang bersifat siklus, artinya langkah kerja yang sama dilakukan diulang-ulang secara terus menerus. Langkah kerja utama pada proses injeksi bisa dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Kondisi cetakan (clamp) menutup.
- 2) Unit injeksi maju hingga antara nozzle merapat ke fixed plate dari cetakan.
- 3) Screw berputar dan maju sehingga material resin dengan tekanan diinjeksikan ke dalam mal cetakan.
- 4) Packing adalah saat dimana material mampat pada cetakan.
- 5) Fase Holding time, merupakan waktu tunggu sampai material resin membeku seluruhnya, sehingga siap dikeluarkan.
- 6) Proses injeksi dihentikan.
- 7) Cetakan terbuka, hasil cetak siap di keluarkan dari mal cetakan.

Komposit didefinisikan sebagai suatu material yang terdiri dari dua komponen atau lebih yang memiliki sifat atau struktur yang berbeda yang dicampur secara fisik menjadi satu membentuk ikatan mekanik yang dengan struktur homogen secara makroskopik dan heterogen secara mikroskopik. Material campuran tersebut akan menghasilkan material yang baru yang memiliki sifat unggul dari material pembentuknya [3].

Secara keseluruhan langkah kerja yang terdapat dalam VDI 2221 dikelompokkan menjadi 4 fase yaitu:

1. Penjabaran Tugas (*Clarification Oof Task*)  
Penjabaran tugas ini meliputi informasi mengenai permasalahan dan kendala-kendala yang dihadapi. Kemudian disusun suatu daftar persyaratan mengenai rancangan yang akan dibuat.
2. Penentuan Konsep Rancangan (*Conceptual Design*).  
Pada penentuan konsep rancangan ini meliputi tiga langkah kerja, yaitu:
  - Menentukan fungsi dan strukturnya
  - Mencari prinsip solusi dan strukturnya
  - Menguraikan menjadi varian yang dapat direalisasikan
3. Perancangan Wujud (*Embodiment Design*)  
Pada perancangan wujud ini dimulai dengan menguraikan rancangan kedalam modul-modul yang diikuti oleh desain awal dan desain jadi.
4. Perancangan Rinci (*Detail Design*)  
Perancangan rinci ini merupakan proses perancangan dalam bentuk gambar. Yang meliputi gambar yang tersusun dan gambar yang detail termasuk daftar komponen, spesifikasi bahan, toleransi dan lain sebagainya. Pada fase ini semua pekerjaan didokumentasikan sehingga pembuatan produk dapat dilaksanakan oleh operator atau insinyur lain yang ditunjuk [4].

## METODE

Dalam perancangan pencetak spesimen komposit serat alam menggunakan metode VDI 2221, ada beberapa langkah umum yang harus dilakukan yaitu sebagai berikut:

### 1. Menentukan Spesifikasi Awal.

Sebagai acuan awal dalam perancangan ini, ditetapkan spesifikasi awal dengan memperhatikan persyaratan apakah keharusan (*demand*) atau keinginan (*wishes*).

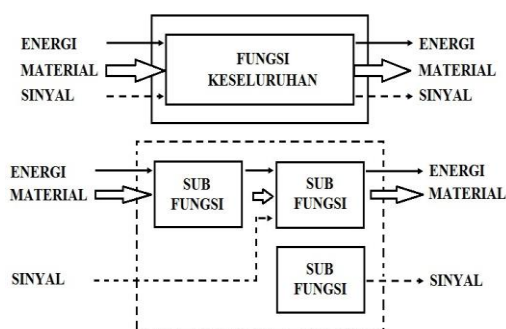
Tabel 1. Daftar spesifikasi awal.

Parameter	Spesifikasi	<i>Demand</i> (D) / <i>Wish</i> (W)
Geometri	Dimensi perancangan	D
	Panjang	D
	Lebar	D

	Tinggi	D
	Kekakuan yang tinggi	D
	Titik berat yang tepat	D
Gaya	Mempergunakan motor listrik	D
	Bentuk rancangan hemat material	D
	Energi berasal dari Listrik	D
Energi	Energi yang digunakan kecil	D
	Komponen tidak mudah rusak	D
Material	Material mudah didapat	D
	Material tahan lama	D
	Bentuk proporsional	W
Ergonomi	Bentuk tidak kaku	W
Perakitan	Mudah untuk dibongkar pasang	W
Biaya produksi	Biaya pembuatan cukup murah	W

## 2. Membuat Struktur Fungsi.

Setelah daftar spesifikasi awal dibuat langkah selanjutnya adalah menentukan struktur fungsi dari produk yang akan dibuat yang menyatakan bagaimana alur kerja dari produk tersebut.



Gambar 1. Sub struktur fungsi dari sebuah perancangan produk.

## 3. Menentukan Prinsip Solusi Sub Fungsi.

Daftar prinsip solusi sub fungsi dibuat untuk menyeleksi komponen yang mungkin

digunakan dalam mewujudkan desain produk. Prinsip solusi sebaiknya sebanyak mungkin. Jika telah diperoleh, prinsip-prinsip solusi tersebut perlu dianalisis kembali, dimana prinsip solusi yang kurang bermanfaat dapat dihilangkan atau diabaikan dengan tujuan agar dalam tahap perancangan konsep selanjutnya tidak terlalu banyak evaluasi yang harus dilakukan.

Tabel 2. Prinsip solusi dan sub fungsi.

No	Produk	Prinsip Solusi		
		A	B	C
1	Sub Fungsi	A1	B1	C1
2		A2	B2	C2
3		A3	B3	C3
4		A4	B4	C4
5		A5	B5	C5
6		A6	B6	C6

Setelah prinsip solusi sub fungsi telah dibuat, maka perlu dilakukan kombinasi yang mungkin, sehingga terbentuk suatu sistem yang paling menunjang dalam bentuk beberapa varian. Berdasarkan prinsip-prinsip solusi yang telah dilakukan di atas, dapat diperoleh beberapa kombinasi atau variasi. Contoh hasil kombinasi atau variasi dapat yang ditentukan:

1. Varian 1: C1 → A2 → A3 → A4 → A5 → B6
2. Varian 2: B1 → A2 → B3 → C4 → C5 → B6
3. Varian 3: A1 → A2 → A3 → B4 → B5 → A6
4. Varian 4: A1 → A2 → A3 → B4 → B5 → A6

## 4. Membuat Selection Chart Untuk Memilih Varian.

Untuk menentukan varian yang mungkin dilanjutkan dalam proses perancangan ini, harus dilakukan seleksi terhadap varian yang ada. Salah satu cara pemilihan varian dapat dilakukan dengan menggunakan *selection chart*.

## 5. Tahap Persiapan

- 1) Desain gambar kerja yang sudah ditentukan di cetak untuk digunakan sebagai acuan dalam pembuatan alat.
- 2) Persiapan alat dan bahan yang akan digunakan

## 6. Tahap Pembuatan alat.

1. Mengukur masing-masing bagian alat dan selanjutnya dilakukan pemotongan bahan untuk membuat bagian-bagian dari alat uji yang sudah didesain. Seluruh komponen mempunyai ukuran yang sesuai dengan desain dan gambar kerja.
2. Merakit komponen-komponen yang sudah dipotong menjadi sebuah alat pencetak komposit. Langkah-langkahnya sebagai berikut:
  - a) Komponen untuk rangka dan bodi luar dilas sesuai bentuk dan ukuran pada gambar kerja.
  - b) Merakit komponen utama mesin pencetak komposit seperti; poros ulir, tabung, cetakan, gear box, motor listrik, *reducer* dan *hopper*.
  - c) Memeriksa komponen – komponen sudah dipasang serta sesuai dengan ukuran pada gambar kerja.

## 7. Tahap Pengujian Alat

Sebelum melakukan pengujian alat dengan menggunakan beban (resin) alat dihidupkan terlebih dahulu hal ini dilakukan agar memastikan mesin sudah bisa beroperasi dengan baik. Selanjutnya melakukan pengujian alat pencetak komposit dan adapun tahapan-tahapannya sebagai berikut:

1. Persiapkan bahan-bahan untuk mencetak material komposit.
2. Material komposit yang akan di cetak ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui berat awalnya.
3. Hidupkan mesin pencetak komposit.
4. Masukkan material kedalam mesin pencetak.
5. Mencatat waktu yang diperlukan selama proses pencetakan komposit.
6. Setelah proses pencetak selesai, komposit yang sudah dicetak dilakukan penimbangan.

## 8. Analisa Data

Data penelitian ini dibagi menjadi 2 yaitu perhitungan komponen alat dan pencetakan spesimen menggunakan alat yang dirancang. Data perancangan merupakan data detail alat dan spesifikasi alat yang dibuat

dalam bentuk gambar kerja. Data pengujian dalam penelitian ini berupa data pengujian hasil kinerja alat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini yaitu, perancangan mesin pencetak spesimen komposit berpenguat serat alam dengan sistem *injeksi* menggunakan metode VDI 2221 dan hasil pencetakan produk dengan menggunakan mesin injeksi yang di rancang.

Berdasarkan prinsip-prinsip solusi yang telah dilakukan di atas, dapat diperoleh beberapa kombinasi atau variasi.

Varian 1: 1B – 2A – 3A – 4B – 5A – 6B – 7A – 8B

Varian 2: 1B – 2A – 3A – 4A – 5A – 6C – 7C – 8A

Varian 3: 1C – 2B – 3C – 4C – 5C – 6B – 7B – 8A

Varian 4: 1A – 2C – 3B – 4B – 5B – 6A – 7C – 8C

Varian 1: Posisi alat horisontal, penggerak menggunakan motor listrik, ratio motor 1:5, rangka menggunakan stainless steel, poros ulir menggunakan besi baja, dies cetakan menggunakan plat alumunium, material tabung menggunakan pipa baja, material *Hopper* menggunakan plat baja.

Varian 2: Posisi alat horisontal, penggerak menggunakan motor listrik, rasio motor 1:5, rangka menggunakan besi siku, poros ulir menggunakan besi baja, dies cetakan menggunakan plat mika, material tabung menggunakan pipa stainless steel, material *Hopper* menggunakan plat alumunium.

Varian 3: posisi alat diagonal, penggerak motor diesel, rasio motor 1:15, ranggaka menggunakan besi kotak, poros ulir menggunakan alumunium, dies cetakan menggunakan plat alumunium, material tabung menggunakan pipa alumunium, material *Hopper* menggunakan plat alumunium.

Varian 4: posisi alat vertika, penggerak menggunakan manual, rasio motor 1:10, ranggaka menggunakan besi stainless steel, poros ulir menggunakan stainless steel, dies cetakan menggunakan plat baja, material tabung menggunakan pipa stainless steel, material *Hopper* menggunakan plat stainless steel.

Dengan mempertimbangkan kemungkinan untuk direalisasikan dalam bentuk *prototype* sesuai batasan perancangan

yang sudah dibahas maka varian 2 yang dipilih untuk melanjutkan ke proses perakitan dan pembuatan alat.

Pembuatan *prototype* mesin pencetak spesimen komposit dengan sistem *injeksi*

Setelah varian yang terbaik telah diperoleh, kemudian dilakukan perancangan detail. Perancangan detail meliputi perancangan konstruksi, penyediaan alat dan bahan, perhitungan dan pemilihan komponen elemen mesin, hingga pada perakitan komponen yang telah dipilih. Gambar rancangan mesin pencetak spesimen komposit serat alam dengan sistem *injeksi* dapat dilihat pada Gambar 2 *Prototype* fisik yang dibuat disajikan pada Gambar 3.



Gambar 2. Rancangan mesin pencetak spesimen dengan sistem injeksi



Gambar 3. Prototype mesin pencetak spesimen yang telah selesai dibuat

Hasil analisa pada bagian ini adalah perhitungan perencanaan elemen mesin. Hasil perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

#### 1. Daya Rencana

Gaya pada mesin ( $F$ ) = 23,544 N

Torsi yang diperlukan ( $T$ ) = 400,248 N.mm

Daya yang diperlukan ( $P$ ) = 200 Watt

#### 2. Pemilihan Poros

Daya rencana ( $P_d$ ) = 0,147 kW

Momen rencana ( $T$ ) = 695,714 kg mm

Tegangan geser yang diijinkan ( $\tau_a$ ) = 4,583 kg/mm<sup>2</sup>

#### 3. Pemilihan Bantalan

Beban aksial ( $F_a$ ) = 20,16 kg

Beban radial ( $F_r$ ) = 19,152 kg

Beban ekuivalen ( $P$ ) = 20,39184 kg

Faktor kecepatan putaran bantalan ( $F_n$ ) = 0,419 rpm

Kapasitas nominal dinamis spesifik ( $C$ ) = 600 kg

Faktor umur bantalan ( $F_h$ ) = 14,4469

Umur nominal bantalan ( $L_h$ ) = 1.507.627 jam

Faktor keandalan umur bantalan ( $L_n$ ) = 172,10 Tahun

Spesifikasi alat yang dihasilkan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

#### 1. Dimensi

- Tinggi : 60 cm
- Panjang : 110 cm
- Lebar : 35 cm

#### 2. Material

- Rangka : Siku galvanis
- Tabung : Pipa stainless
- Poros : Besi baja

#### 3. Kelengkapan alat

- Sebuah motor listrik 1/5 HP ratio 1:5
- Sebuah tabung besi stainless berdiameter 46 mm
- Poros ulir dari besi baja
- Nosel
- Sebuah Mal Cetakan
- Selang aliran resin menuju cetakan.

## SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pembuatan mesin pencetak spesimen komposit serat alam dengan sistem *injeksi* menggunakan metode VDI 2221, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Rancang wujud pencetak spesimen komposit serat alam dengan sistem *injeksi* menggunakan metode VDI 2221 berhasil dibuat sesuai varian terbaik dengan ukuran alat yaitu, panjang 110 cm, lebar 35 cm dan tinggi 60 cm.

Setelah melakukan perancangan dan pembuatan menggunakan metode VDI 2221 dan melalui pengujian langsung pada proses pencetakan hingga menghasilkan produk untuk perabot rumah tangga, pencetak spesimen



berpenguat serat alam dengan sistem *injeksi* ini dinyatakan layak digunakan.

Adapun saran yang perlu diperhatikan dalam penelitian ini, yaitu:

Perlu dibuat penelitian lanjutan tentang pengaruh panjang aliran resin terhadap waktu dan tekanan injeksi.

Perlu penyempurnaan pada bagian mal cetakan agar bisa menghasilkan produk yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1 Noor N. Perancangan Mesin Injeksi Plastik Portabel. POLITEKNIK

NEGERI BANDUNG.

2 Pambudi A. Proses Manufaktur Komposit Serat Bambu Betung (Dendrocalamus Asper) Dan Matriks Unsaturated Polyester Dengan Metode Hand Lay-Up Untuk Aplikasi Otomotif. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

3 Sularso, Suga K. Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin. PT. pradnya paramitha, Jakarta. 2004.

4 Pahl G, Beitz W, Feldhusen J, Grote KH. Engineering Design: A Systematic Approach. K Wallace and L T M Blessing, ed. Springer, Germany. 2007.