

Pembuatan Dan Pengujian Alat Fabrikasi Komposit *Vacuum Bag* Dengan Menggunakan Metode VDI 2221

Yulius O. Bani¹⁾, Daud P. Mangesa¹⁾, Jefri S. Bale¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana
Jl. Adi Sucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp: (0380)881597
Email : yuliusbani10@gmail.com

Abstrak

Penggunaan serat alam sebagai penguat material komposit polimer memberikan beberapa keuntungan karena serat alam memiliki massa jenis yang rendah, mampu terbiodegradasi, mudah di daur ulang, murah, memiliki sifat mekanik yang baik dan dapat diperbaharui. Gwang merupakan tumbuhan yang populer di daerah Nusa Tenggara Timur dan menjadi serat yang digunakan dalam penelitian ini. Metode pencetakan komposit merupakan faktor penentu kekuatan komposit tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan sebuah alat cetak komposit metode *vacuum bag*. Spesimen hasil cetak alat ini di uji dan dibandingkan dengan spesimen hasil cetak *hand lay-up*. Pembuatan alat cetak komposit metode *vacuum bag* ini menggunakan metode perancangan VDI 2221. Spesimen uji yang di hasilkan memiliki arah orientasi serat acak dengan panjang serat 5 cm dan matriks yang digunakan adalah *resin polyester*. Pengujian spesimen komposit serat gwang ini dilakukan menurut standar pengujian ASTM D5766 (*Standard Test Method for Open-Hole Tensile Strength of Polymer Matrix Composites Laminates*). Hasil pengujian tarik menunjukkan kekuatan mekanik komposit *vacuum bag* lebih tinggi dari komposit *hand lay-up* dengan kenaikan nilai tegangan tarik sebesar 29.41%, regangan tarik sebesar 8.47%, dan modulus elastisitas sebesar 19.30%.

Kata kunci: Fiber gwang, Vacuum bag, Metode VDI 2221, ASTM D5766.

Abstract

The use of natural fibers as reinforcing polymer composite materials provides several advantages because natural fibers have low density, biodegradable, easy to recycle, cheap, have good mechanical properties and can be renewed. Gwang is a popular plant in the area of East Nusa Tenggara and became the fiber used in this study. The composite fabrication method is a determinant of the composite strength. The purpose of this research is to produce a composite fabrication tool with vacuum bag method. The fabricated specimens of the tool are tested and compared to the hand lay-up specimens. The vacuum bag composite fabrication tool is made using VDI 2221 design method. The test specimens produced have random fiber orientation with 5 cm fiber length and polyester resin as the matrix. The test of the granular fiber composite specimen was performed according to ASTM D5766 testing standard (Standard Test Method for Open-Hole Tensile Strength of Polymer Matrix Composites Laminates). The tensile test results show that the mechanical strength of the vacuum bag composite is higher than the hand lay-up composite with an increase in tensile stress value of 29.41%, the tensile strain of 8.47%, and the modulus of elasticity of 19.30%.

Keyword: Gwang fiber, Vacuum bag, VDI 2221 method, ASTM D5766.

PENDAHULUAN

Penggunaan serat alam sebagai penguat material komposit polimer, memberikan beberapa keuntungan karena serat alam memiliki massa jenis yang rendah, mampu terbiodegradasi, mudah di daur ulang, murah, memiliki sifat mekanik yang baik dan dapat diperbaharui karena berasal dari alam. Salah

satu serat alami yang dapat dimanfaatkan sebagai penguat komposit polimer yaitu serat dari daun gwang [1]. Gwang adalah nama sejenis palma tinggi besar dari daerah dataran rendah. Pohon ini juga dikenal dengan nama-nama lain seperti gabang (Dayak Ngaju), gawang (Timor), pucuk, lontar utan, (Betawe.), pocok (Madura.), ibus (Batak, Sasa.), silar (Minahasa.), kuala (Mak.) dan lain-lain. Nama

ilmiahnya adalah *Corypha utan lamark* (wikipedia 2013). Serat daun gewang (*Corypha utan Lamark*) merupakan salah satu sumber serat alam alternatif yang sangat menjanjikan untuk digunakan sebagai penguat pada material komposit, mengingat sumbernya yang cukup melimpah, apalagi di daerah Timor-NTT.

Proses pencetakan bahan komposit untuk tujuan pembentukan material dengan sifat yang baru pada saat ini merupakan kebutuhan yang sangat diutamakan dalam proses fabrikasi komposit. Proses pencetakan komposit selama ini dilakukan dengan cara manual atau menggunakan tangan dan peralatan seadanya. Pekerjaan manual seperti ini banyak ditemukan dalam proses fabrikasi komposit mahasiswa Teknik Mesin Universitas Nusa Cendana Kupang. Dalam proses manual *fabrication*, di temukan kelemahan pada kerapatan partikel komposit dan kekuatannya jadi berkurang. Hal ini juga disebabkan oleh gelembung udara mikro yang terperangkap dalam komposit yang telah jadi.

Penggunaan teknologi *vacuum bag* telah menjawab kelemahan dan masalah pada proses fabrikasi komposit. *Vacuum bag* adalah suatu metode pembuatan spesimen komposit dengan cara pengepresan menggunakan kantong kedap udara untuk menekan suatu laminasi dari *gelcoat*, fiber dan lapisan lainnya pada cetakan sampai lapisannya menyatu sebagai suatu bahan komposit struktural.

Melihat persoalan tersebut, penulis tertarik untuk membuat dan menguji alat cetak komposit *vacuum bag* ini dengan mengambil judul penelitian “Pembuatan dan pengujian alat fabrikasi komposit *Vacuum bag* dengan menggunakan metode VDI 2221”.

Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Menghasilkan sebuah *prototype vacuum bag*
2. Mengetahui kelayakan penggunaan alat cetak komposit *Vacuum bag* dengan metode perancangan VDI 2221 melalui pengujian langsung
3. Membandingkan kekuatan mekanik komposit hasil cetak dengan metode *vacuum bag* dan komposit hasil cetak dengan metode

hand lay-up melalui pengujian tarik pada spesimen.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui proses pembuatan alat fabrikasi komposit *Vacuum bag*
2. Menguji kelayakan alat cetak komposit *Vacuum bag* yang telah dibuat.
3. Mengetahui perbandingan kekuatan mekanik komposit hasil cetak dengan metode *vacuum bag* dan komposit dengan hasil cetak dengan metode *hand lay-up*.

METODE PENELITIAN

Fabrikasi komposit

Material komposit dapat diproduksi dengan berbagai macam metode proses pabrikan [8]. Metode-metode pabrikan ini disesuaikan dengan jenis matriks penyusun komposit dan bentuk material komposit yang diinginkan sesuai aplikasi selanjutnya, antara lain :

1. *Close Molding Process* (Pencetakan tertutup)
 - a) *Compression molding*
 - b) *Pultrusion*
 - c) *Resin Transfer Molding (RTM)*
 - d) *Wet Lay-Up*
 - e) *Prepreg*
 - f) *Vacuum Infusion Processing*
 - g) *Vacuum Bag Molding*
2. *Open Molding Process* (Pencetakan Terbuka)
 - a) *Chopped Laminate Process*
 - b) *Filament Winding Process*
 - c) *Hand Lay-Up Process*

Vacuum Bag

Vacuum Bag adalah suatu metode pembuatan spesimen komposit dengan cara pengepresan menggunakan kantong kedap udara untuk menekan suatu laminasi dari *gelcoat*, fiber dan lapisan lainnya pada cetakan sampai lapisannya menyatu sebagai suatu bahan komposit struktural. *Vacuum Bag* menggunakan tekanan atmosfer sebagai penjepit untuk menekan lapisan laminasi secara bersamaan dengan tekanan yang sama rata. Laminasi disegel di dalam sebuah kantong kedap udara.

Kantong tersebut merupakan sebuah cetakan kedap udara pada satu sisi dan kantong kedap udara di sisi lain.

Ketika kantong disegel ke cetakan, tekanan pada luar dan dalam kantong ini sama dengan tekanan atmosfer: sekitar 29 inci air raksa (Hg), atau 14,7 psi. Kemudian pompa vakum menghisap udara dari bagian dalam kantong, tekanan udara dalam kantong berkurang sementara tekanan udara di luar kantong tetap pada 14,7 psi [9]. Tekanan Atmosfer menekan sisi kantong dan semua yang berada di dalam kantong secara bersamaan, menempatkan tekanan yang sama dan bahkan di atas permukaan kantong. Perbedaan tekanan antara bagian dalam dan luar kantong menentukan jumlah penjepitan yang berlaku pada laminasi.

Secara teoritis, tekanan maksimum dapat diberikan pada laminasi jika hal itu memungkinkan untuk mencapai kevakuman yang sempurna dan menghilangkan semua udara dari kantong, merupakan keadaan bertekanan 14,7 psi. Tekanan realistik diferensial (tekanan klem) sebesar 6-12,5 psi.

Sifat Tarik

Salah satu jenis pengujian mekanik pada komposit adalah pengujian tarik. Pengujian tarik adalah salah satu uji stress-strain mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Dalam pengujiannya, bahan uji ditarik sampai putus. Dari pengujian ini dapat diketahui sifat mekanik material yang sangat dibutuhkan dalam desain rekayasa. Hasil pengujian ini dapat ditampilkan dalam grafik tegangan regangan. Perhitungan beban dan elongation dapat dirumuskan sebagai berikut [11] :

Engineering Stress (tegangan)

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- σ = *Engineering Stress* (tegangan) (MPa)
- F = Beban dalam arah tegak lurus terhadap penampang spesimen (N)
- A₀ = Luas penampang spesimen sebelum diberikan pembebanan (mm²)

Engineering Strain (regangan)

$$\epsilon = \frac{l_i - l_o}{l_o} = \frac{\Delta L}{l_o} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

- ϵ = *Engineering Strain* (regangan) (%)
- l₀ = Panjang awal spesimen sebelum diberikan pembebanan (mm)
- l₁ = Panjang spesimen setelah ditarik (mm)
- ΔL = Pertambahan panjang (mm)

Langkah kerja Metode VDI 2221

Metode perancangan VDI 2221 menurut Gerhard Pahl dan Wolfgang Beitz (1984) dibagi beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Klasifikasi Tugas (*Clasification of the Task*)

Tahapan ini merupakan tahap pengumpulan informasi dan menguraikannya ke bentuk sejenis dan bentuk dasar spesifikasi (*requirement list*), serta megidentifikasi kendala –kendala yang dihadapi untuk mencapai solusi optimal.

2. Perancangan Konsep (*Conceptual Design*).

Tahapan ini berisi tentang pembahasan tentang permasalahan abstraksi, membuat struktur fungsi, kemudian melakukan pencarian prinsip pemecahan masalah yang cocok dan kombinasi dari prinsip pemecahan masalah tersebut.

3. Perancangan Wujud (*Embodiment Design*)

Tahapan ini meliputi beberapa langkah perancangan :

- 1. penguraian ke modul (*modular structure*),
- 2. pembentukan layout awal (*Preliminary layout*)
- 3. penentuan layout jadi (*definitive layout*).
- 4. Perancangan Detail (*Detail Design*)

Tahapan ini merupakan tahap akhir dalam perancangan. Hasil perancangan detail berupa gambar lengkap, daftar komponen, spesifikasi bahan, toleransi dan lainnya yang merupakan satu kesatuan dalam pembuatan produk.

Hipotesis

Dapat dihipotesiskan bahwa komposit dengan metode cetak *vacuum bag* memiliki

kekuatan mekanik yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit hasil cetak *hand lay-up*.

Metode Analisa Data

Data Perancangan :

Data perancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemilihan varian terbaik dari perancangan *vacuum bag* menggunakan metode VDI 2221. Varian terbaik ditentukan berdasarkan spesifikasi awal (geometri, gaya, energy, material, ergonomic, perakitan, dan biaya produksi), struktur fungsi, prinsip solusi sub fungsi, dan *selection chart*.

Data Pengujian :

Hasil cetak *vacuum bag* dibagi menjadi 2 bagian yaitu prototipe (tidak dilakukan pengujian tarik) dan spesimen uji tarik. Dari spesimen uji ini akan dilakukan perbandingan kekuatan antara hasil cetak komposit menggunakan *hand lay-up* dan hasil cetak komposit menggunakan *vacuum bag*.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Pompa *vacuum*
2. Selang
3. *Vacum Bag Conector*
4. Plastik *adhesive*
5. *Safety tool*
6. Cetakan komposit
7. *Vacuum gauge*

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Matriks (Resin Polyester + *Hardener*)
2. *Wax mirror glaze*
3. Serat (Serat gewang (5 cm))

Proses kerja

Tahap Persiapan

1. Pengolahan awal untuk mendapatkan serat gewang
2. Persiapan pembentukan cetakan komposit

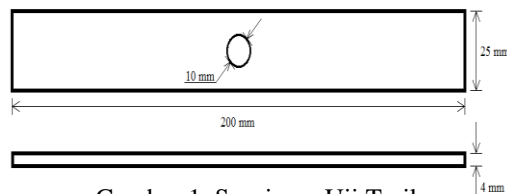
Tahap Pembuatan dan Pengujian *Vacuum Bag*

1. Instalasi *Vacuum Bag*
2. Pembersihan dan pelapisan cetakan dengan *wax* material yang bertujuan untuk mencegah rekatan antara cetakan dan resin
3. Pemasukan serat gewang ke dalam cetakan

4. Langkah selanjutnya adalah mengisolasi sisi atau bibir cetakan menggunakan perekat model *double tape*.
5. Pemasukan material atau laminasi pendukung sistem vakum
6. Cetakan kemudian ditutup atau di segel menggunakan plastik yang telah dihubungkan ke *vacuum pump*.
7. Langkah selanjutnya adalah memasukkan sisi lain dari selang *Vacuum Bag* yaitu selang penyedot resin ke dalam wadah yang telah berisi resin yang telah tercampur katalis.
8. Selang penyedot resin di segel saluran masuknya menggunakan penjepit.
9. Langkah selanjutnya adalah mengaktifkan *Vacuum pump* untuk menghisap udara pada cetakan komposit yang telah di segel plastik hingga pada kondisi udara *vacuum*.
10. Setelah dipastikan bahwa udara dalam cetakan telah *vacuum*, selang penyedot resin yang sebelumnya disegel harus dibuka salurannya agar resin mengalir menuju ke dalam cetakan.
11. Proses selanjutnya adalah menunggu hingga resin tersebar secara merata di dalam cetakan. Setelah serat gewang dan resin tercampur secara merata, cetakan didiamkan selama selang waktu tertentu hingga komposit menjadi kering.
12. Setelah komposit berada pada kondisi kering maka cetakan dibongkar dan instalasi *Vacuum Bag* dilepas kembali seperti semula.

Spesimen Uji Tarik

Pengujian kekuatan tarik komposit menggunakan spesimen hasil metode *hand lay-up* dan spesimen hasil metode *vacuum bag*, dengan arah orientasi serat adalah acak, dan juga menggunakan standar ASTM D5766 (Standard Test Method for Open-Hole Tensile Strength of Polymer Matrix Composites Laminates). Model spesimen pengujian dapat dilihat pada gambar di bawah ini [1]:



Gambar 1. Spesimen Uji Tarik

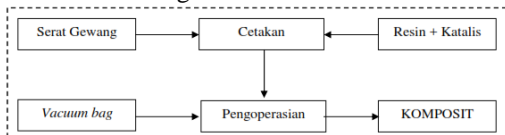
HASIL

Hasil perancangan menggunakan metode VDI 2221

1. Spesifikasi Awal

| Parameter | Spesifikasi | Demand (D) / Wish (W) |
|----------------|---------------------------------|-----------------------|
| Geometri | Dimensi perancangan | W |
| | Panjang | W |
| | Lebar | W |
| | Tinggi | W |
| Gaya | Kekakuan yang tinggi | D |
| | Titik berat yang tepat | D |
| | Mempergunakan motor listrik | D |
| | Bentuk rancangan hemat material | W |
| Energi | Energi berasal dari Listrik | D |
| | Energi yang digunakan kecil | W |
| Material | Komponen tidak mudah rusak | D |
| | Material mudah didapat | D |
| | Material tahan lama | D |
| Ergonomi | Bentuk proposional | W |
| Perakitan | Mudah untuk dibongkar pasang | W |
| Biaya produksi | Biaya pembuatan cukup murah | W |

2. Struktur Fungsi



3. Prinsip Solusi Sub Fungsi

| NO | Vacuum bag | Prinsip Solusi | | |
|----|-------------|-----------------|-------------|-------------|
| | | A | B | C |
| 1 | Serat | Gwang | Lontar | Fiber Glass |
| 2 | Cetakan | Silicone Rubber | Semen | Fiber Glass |
| 3 | Pompa | Vacuum | - | - |
| 4 | Resin | Epoksi | Polyester | Amino |
| 5 | Plastik/bag | Fleksibel | - | - |
| 6 | Penyegel | Tacky Tape | Double tape | - |

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

1. Varian 1 : A1 → C2 → A3 → B4 → A5 → A6
2. Varian 2 : B1 → A2 → B3 → C4 → C5 → B6
3. Varian 3 : A1 → A2 → A3 → B4 → A5 → A6
4. Varian 4 : C1 → B2 → A3 → B4 → A5 → B6

4. Selection Chart Pemilihan Varian

Dari gambar grafik diatas terlihat bahwa varian

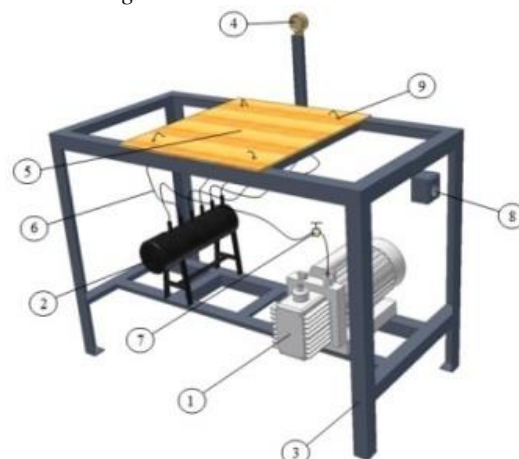
yang memenuhi kriteria perancangan adalah varian 1 dan 3.

| Selection Chart | |
|---|---|
| Varian Dievaluasi Dengan Kriteria Solusi | Keputusan Tanda Solusi Varian (SV) |
| (+) Ya | (+) Meningkatkan Solusi |
| (-) Tidak | (-) Menghilangkan Solusi |
| (?) Kekurangan Informasi | (?) Mengumpulkan Informasi |
| (!) Periksa Spesifikasi | (!) Memeriksa Spesifikasi Untuk Perubahan |
| Sesuai Dengan Fungsi Keseluruhan Sesuai Dengan Daftar Keahndak Secara Prinsip Dapat Diwujudkan Dalam Batasan Biaya Produksi Pengetahuan Tentang Konsep Memadai Sesuai Dengan Keinginan Pembuat Memenuhi Syarat Keamanan | |
| | Keterangan SV |
| V1 | + + + + + + + + Sesuai + |
| V2 | + - + + + ! + + Tidak Sesuai ! |
| V3 | + + + - + + + + Sesuai ! |
| V4 | + - + + - - + + Tidak Sesuai - |

Dengan memperhitungkan yang paling mungkin untuk diwujudkan dalam bentuk prototype sesuai batasan perancangan, pemilihan komponen yang mudah dan sesuai untuk Vacuum bag, maka dipilih varian 1 yang akan dilanjutkan ke proses perancangan.

Hasil Perancangan

Hasil perancangan pada penelitian ini dibagi menjadi dua. Perancangan pertama berupa gambar konsep alat dan perancangan kedua adalah bentuk jadi alat fabrikasi komposit vacuum bag.



Gambar 2. Rancangan alat fabrikasi komposit vacuum bag

Tabel 1. Keterangan gambar rancangan alat

| No. | Keterangan |
|-----|--------------------------|
| 1 | Pompa vakum |
| 2 | Tabung <i>trap</i> resin |
| 3 | Rangka besi siku (4x4) |
| 4 | <i>Vacuum gauge</i> |
| 5 | Meja / alas mal |
| 6 | Selang fleksibel |
| 7 | Keran angin |
| 8 | Penghubung listrik |
| 9 | Lubang dudukan selang |



Gambar 3. Prototipe fisik alat fabrikasi yang dibuat

Spesifikasi teknis alat fabrikasi komposit *vacuum bag*

| No. | Spesifikasi | Besar dan satuan |
|-----|------------------------------|--------------------|
| 1 | Panjang total rangka | 1 m |
| 2 | Lebar total rangka | 50 cm |
| 3 | Tinggi total rangka | 70 cm |
| 4 | Kapasitas pompa | 8 CFM |
| 5 | Bahan dasar mal gagang gitar | <i>Fiber glass</i> |
| 6 | Bahan dasar mal spesimen | Kaca |
| 7 | Lama waktu pengisian resin | 10 menit |
| 8 | Lama Waktu curing | 30 menit |
| 9 | Maksimal lama pengoperasian | 60 menit |
| 10 | Vacuum | 10 Pa |



Gambar 7. Spesimen hasil fabrikasi menggunakan metode *vacuum bag*



Gambar 8. Prototipe spesimen uji tarik ASTM D5766

PEMBAHASAN

Alat fabrikasi komposit *vacuum bag*

Dalam melakukan pembuatan dan pengujian *vacuum bag* ini, terlebih dahulu dilakukan survei mengenai *vacuum bag*. Berdasarkan hasil survei, dibuatlah alat fabrikasi komposit *vacuum bag* untuk mencetak komposit sesuai hasil perancangan benda cetak. Dari hasil survei, metode *vacuum bag* kebanyakan digunakan untuk mencetak serat-serat buatan pabrik atau yang lebih dikenal dengan fiber glass. Peneliti mencoba menguji *vacuum bag* yang mencetak komposit menggunakan serat gewang. Melalui penelitian ini juga, metode pembuatan cetakan dan material pembentuk cetakan menjadi salah satu tambahan informasi penentuan permukaan cetakan yang cocok dan mudah untuk didapatkan dalam mencetak komposit berpenguat serat gewang.

Untuk mengatasi resin yang terlampaui banyak dalam mal maka peneliti membuat sebuah tabung *trap* atau jebakan yang berfungsi untuk menampung aliran resin yang berlebihan dan mencegah resin mengalir langsung menuju saluran masuk pompa sehingga pompa tidak mengalami kerusakan. *Trap* resin ini memiliki saluran buang yang bisa dibuka dan berfungsi untuk memudahkan pembersihan resin berlebihan yang masuk ke dalam tabung dan telah mengeras. Pada tabung ini juga terdapat 6 port atau penghubung saluran udara dan resin. 2 port di sambungkan dengan selang penghubung pompa vakum dan selang penghubung *vacuum gauge*. Sedangkan 4 port terakhir dihubungkan dengan selang penghubung mal/cetakan. Port pada tabung *trap* ini bisa diperbanyak sesuai dengan keinginan tergantung dari kompleksitas dari cetakan.

Alat fabrikasi yang dibuat dalam penelitian ini menghasilkan 2 jenis bentuk hasil cetak. Hasil cetak pertama adalah spesimen komposit yang berbentuk pelat dan menggunakan kaca sebagai mal. Hasil cetak kedua adalah komposit gagang gitar dengan fiber glass sebagai bahan dasar pembuatan mal. Dari kedua mal ini, peneliti menggunakan jumlah selang penyedot udara yang berbeda. Untuk mal spesimen yang berbentuk pelat, peneliti menggunakan 4 buah selang peyedot

udara yang di tempatkan di setiap sudut mal dan 1 selang penyedot dan pendistribusi resin tepat ditengah mal. Hal ini bertujuan untuk memaksimalkan penyebaran resin ke semua sisi mal secara merata. Sedangkan untuk mal gagang gitar, terdapat 3 buah selang penyedot udara yang di tempatkan masing-masing di ujung dan bagian bawah dari mal dan 1 selang penyedot resin yang ditempatkan ditengah mal.

Dalam proses pengujian dan fabrikasi menggunakan alat *vacuum bag* ini terjadi fenomena dimana pada permukaan spesimen dan produk hasil cetak terdapat lubang atau celah yang tidak terisi resin. Lubang atau celah ini lebih banyak terdapat dan terbentuk pada kontak permukaan antara mal dan bagian bawah spesimen maupun produk. Setelah dilakukan pengamatan secara langsung pada bagian mal berbahan kaca, kondisi berlubang atau celah ini terbentuk karena tekanan *bag* yang kuat sehingga serat daun gewang yang terdapat dalam mal mengalami tekanan ke permukaan mal dan membentuk penghalang aliran resin. Resin yang terhalang akan mengalir menuju jalur alternatif menuju selang penyedot udara dan meninggalkan celah yang belum sempat terisi resin.

Ergonomi penggunaan alat fabrikasi ini dapat dikatakan tidak menimbulkan banyak perubahan mendalam terhadap fungsi alat. Dilihat dari proses kerja pengguna alat fabrikasi, alat ini sengaja di desain dan buat dengan tinggi sepinggang dengan tujuan agar pengguna atau pekerja dituntut memperhatikan detail pengerjaan dalam posisi berdiri dengan sedikit menekuk tubuh kedepan meja kerja alat. Pelengkap seperti indikator kevakuman ditempatkan didepan pengguna pada ujung tengah permukaan meja kerja guna meningkatkan pemantauan kevakuman yang bisa terbilang nyaman dari segi antarmuka. Untuk memudahkan pemindahan tempat sesuai keinginan pengguna makan alat ini dipasang roda pada keempat sudut dari kaki alat. Alat ini juga dilengkapi dengan terminal pengaman hubungan listrik yang ditempatkan di tepi kanan dari meja kerja dengan tujuan pencegahan hal-hal yang tidak diinginkan yang bisa terjadi pada pompa vakum seperti hubungan singkat arus listrik dan ketidakstabilan arus listrik sehingga

pengguna bisa sigap dalam kasus seperti ini.

Pada akhir fabrikasi, *trap* resin dari alat ini mengalami penyumbatan pada saluran masuk yang diakibatkan oleh terperangkapnya resin yang mengeras.. Masalah ini dapat diatasi dengan melepas semua selang yang terhubung pada *trap* resin kemudian mengeluarkan *trap* resin dari rangka alat dan pengguna atau pekerja dapat melakukan pengeboran resin yang mengeras pada saluran yang bermasalah hingga selesai. Resin yang mengeras dalam *trap* resin dapat dikeluarkan dengan cara membuka penutup *trap* atau saluran buang kemudian diketok menggunakan benda runcing sehingga resin yang mengeras akan pecah menjadi serpihan dan dapat dikeluarkan dengan tangan. Untuk mempersingkat waktu pembersihan resin, maka langkah pencegahan awal dapat dilakukan dengan cara mengoles permukaan dalam tabung *trap* resin menggunakan *wax mirror glaze* begitu pula pada saluran masuk *trap* resin.

Dari segi perakitan alat apakah mudah dibongkar pasang merupakan sebuah harapan / *wish* dari pembuat. Alat fabrikasi ini dilengkapi dengan pompa vakum dan *trap* resin yang bilamana sewaktu-waktu dapat langsung dibersihkan dalam kondisi terpasang pada rangka alat maupun dapat dibongkar terdahulu kemudian dibersihkan tergantung dari kenyamanan dan pemeliharaan yang baik dari pengguna.

Pompa vakum memegang peranan penting dalam membuat alat fabrikasi komposit *vacuum bag*. Dari hasil survei lapangan berupa harga pompa vakum yang dijual dipasaran, biaya untuk membeli sebuah pompa vakum berkisar antara 1 juta hingga 2 juta rupiah hanya pada pembelian pompa, dan lebih dari 4 juta rupiah dengan kondisi *full system vacuum bag*. Melihat kisaran biaya ini maka pembuat hanya menyediakan pompa terpisah dari *full system* sehingga mengurangi biaya penyediaan alat fabrikasi komposit *vacuum bag*. Lagipula ketersediaan sebuah pompa vakum sudah sangat mendukung pembuat dalam memproduksi alat *vacuum bag* dengan perlengkapan lain yang bisa didapatkan dengan cara terpisah dan biaya yang lebih murah.



Gambar 9. Cacat pada permukaan spesimen vacuum bag

Survei perbandingan kondisi permukaan hasil cetak *vacuum bag* dengan serat daun gewang yang memiliki orientasi serat acak dan *vacuum bag* secara umum yang menggunakan *carbon fiber* dengan kondisi serat yang telah teranyam atau tersusun menunjukkan perbedaan yang signifikan. Pada *vacuum bag* dengan *carbon fiber* yang telah di anyam, permukaan hasil cetak cenderung sempurna atau tanpa adanya celah atau lubang. Kesimpulan sementara dari fenomena adalah, arah orientasi serat menentukan hasil dari kehalusan permukaan.

Pola aliran resin pada saat produksi sangat ditentukan oleh jumlah selang penyedot resin dan udara, bentuk cetakan / mal, dan arah orientasi serat. Pola aliran resin merupakan sebuah keharusan / *demand* dari produksi karena jika penentu aliran resin diatas mengalami kesalahan maka komposit akan mengalami kecacatan atau dengan kata lain sebagian dari permukaan serat tidak dialiri resin, maka untuk menjawab permasalahan ini pengguna dituntut untuk kreatif dalam menentukan aliran resin yang memungkinkan terjadinya sebaran seimbang/terjangkau dengan cara menambahkan jumlah selang penyedot pada setiap sisi atau sudut yang berpotensi tidak dialiri resin. Maka pola aliran resin merupakan keharusan yang dititikberatkan pada pengguna alat fabrikasi ini.

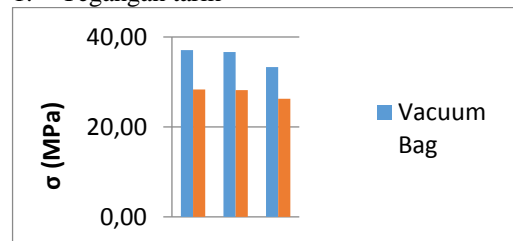
Dalam melakukan proses produksi menggunakan alat ini, terdapat kendala waktu yang lebih lama dibandingkan dengan proses produksi komposit pada umumnya (*hand lay-up*). Kendala lamanya waktu ini terdapat pada titik dimana persiapan awal seperti proses pelekatan *tacky tape*, peletakan serat dalam cetakan dan keharusan posisi serat yang seimbang dengan posisi selang penyedot, pemotongan *breather material* yang sesuai ukuran atau daerah batas *tacky tape* untuk

mencegah rekatan *breather material* dengan *tacky tape*, penentuan titik tengah *port* resin hingga pemasangan *port* resin ini pada *bag*, dan pelepasan segel perekat *tacky tape* untuk perekatan *bag* yang harus teliti sehingga mencegah atau meminimalisir kebocoran udara. Untuk menjawab persoalan lama waktu produksi pada titik ini maka peneliti berharap agar penyediaan bahan *bag portable* yang telah disediakan sesuai bentuk benda yang akan dicetak dan bisa langsung digunakan secara berulang kali dengan kemampuan anti lengket dengan resin pada saat produksi dan mudah dibongkar pasang.

Pembahasan hasil pengujian tarik statis

Perbandingan nilai tegangan, regangan, dan modulus elastisitas dari spesimen *vacuum bag* dan *hand lay-up*.

1. Tegangan tarik

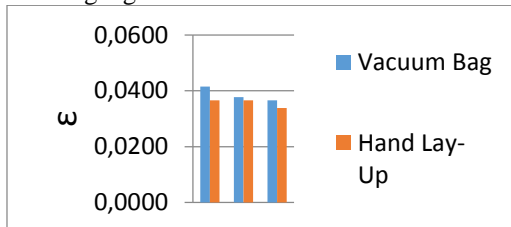


Gambar 10. Grafik perbandingan tegangan tarik

Dari grafik hasil pengujian tarik diketahui bahwa nilai tegangan tarik spesimen komposit serat daun gewang dengan metode fabrikasi *vacuum bag* lebih tinggi dari spesimen dengan metode fabrikasi *hand lay-up* kenaikan nilai tegangan tarik ini sebesar 29.41%. Tegangan tarik (tensile stress) adalah sifat suatu material yang dapat menahan kekuatan tarik tertentu dan didapat dari hasil perhitungan gaya maksimum dibagi dengan luas awal penampang material. Spesimen hasil fabrikasi dengan metode *vacuum bag* memiliki kekuatan yang lebih dalam menahan gaya tarik. Hal ini disebabkan oleh ikatan antara matriks dan serat yang merata pada saat fabrikasi dimana presentasi keberadaan udara yang menyebabkan *void* telah di minimalisir menggunakan pompa vakum. Faktor lain yang menyebabkan ikatan matriksnya sempurna adalah proses pemasukan resin. Proses pemasukan resin pada sistem

vacuum bag dimulai dari pusat mal spesimen kemudian resin akan menyebar secara merata menuju setiap sisi komposit dan membawa serta udara sisa yang terperangkap dalam *bag*.

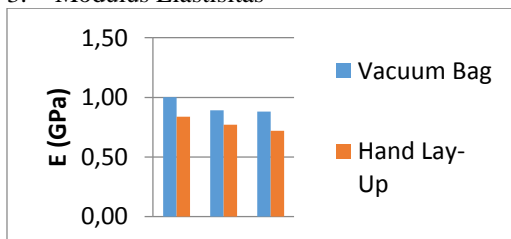
2. Regangan tarik



Gambar 11. Grafik perbandingan regangan tarik

Regangan tarik *vacuum bag* pada grafik di atas menunjukkan angka yang lebih tinggi dari spesimen *hand lay-up* dengan persentasi kenaikan sebesar 8.47%. Hal ini disebabkan oleh tegangan spesimen *vacuum bag* yang lebih tinggi sehingga nilai regangan pun akan berbanding lurus dengan tegangan. Regangan tarik pada spesimen *hand lay-up* menunjukkan nilai yang lebih rendah disebabkan oleh pertambahan panjang yang cepat pada gaya tarik yang masih kecil. Hal ini disebabkan oleh ikatan matriks yang kurang sempurna sehingga spesimen tidak dapat menahan gaya tarik yang diberikan. Ikatan matriks dan serat pada *hand lay-up* kurang sempurna karena saat fabrikasi, resin dimasukkan dengan cara dituang sehingga menyebabkan penyebaran resin yang kurang merata pada saat di *press*.

3. Modulus Elastisitas



Gambar 12. Grafik perbandingan modulus elastisitas

Modulus elastisitas atau modulus young merupakan ukuran kekakuan suatu material. Dari grafik diatas kekakuan material spesimen *vacuum bag* menunjukkan nilai yang lebih besar dari material spesimen *hand lay-up* dengan kenaikan sebesar 19.30%. Hal ini disebabkan

oleh nilai tegangan tarik spesimen *vacuum bag* yang lebih tinggi dalam menahan gaya tarik yang bekerja pada spesimen. Dari segi fabrikasi pun material spesiemen *vacuum bag* mengalami ikatan matriks yang lebih baik sehingga menghasilkan spesimen yang lebih kuat.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembuatan dan pengujian alat fabrikasi komposit *vacuum bag* dengan menggunakan metode VDI 2221 dan perbandingan hasil pengujian tarik yang dilakukan terhadap spesimen komposit serat daun gewang dengan metode fabrikasi *hand lay-up* dengan pembebanan statis, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. *Prototype* alat fabrikasi komposit *vacuum bag* berhasil dibuat
2. Alat fabrikasi komposit *vacuum bag* layak digunakan setelah dilakukan perancangan menggunakan metode perancangan VDI 2221 dan melalui pengujian langsung
3. Melalui pengujian tarik dapat diketahui bahwa persentasi kekuatan mekanik spesimen komposit hasil cetak metode *vacuum bag* lebih kuat dari spesimen komposit dengan metode cetak *hand lay-up*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM. Open-hole tensile strength of polymer composite laminates, ASTM D 5766/d5766m-02a. American Society for Testing and Materials (ASTM), West Conshohocken, PA, U.S.A.
- [2] Boimau, dkk. 2012. Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Berpenguat Serat Lontar Dan Serat Glass. UNDANA. Kupang.
- [3] Boimau. K., 2015, "Pengaruh Panjang Serat Terhadap Sifat Bending Komposit Poliester Berpenguat Serat Daun Gewang", Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV), Banjarmasin.
- [4] <https://www.google.co.id/websystem.com/%2Fss%2Fassets%2FHowTo-Publications%2Fvacuum-Bagging-Techniques.pdf> [Diakses pada 23 Februari 2017]

- [5] Irawan, Agustinus P. 2006. Perancangan Ulang Sepeda Elektrik Menggunakan Metode VDI 2221. [Online] Tersedia : <https://www.scribd.com/document/150800469/perancangan> [23 Februari 2017]
- [6] Kaw A. K., 1997. "Mechanics of Composite Materials", CRC Press, New York.
- [7] Matthews, F.L. dan Rowling R.D., 1994, Composite Material Engineering and science, Chapman and Hall, London.
- [8] Porwanto D.A., Johar L., 2008, "Karakterisasi Komposit Berpenguat Serat Bambu Dan Serat Gelas Sebagai Alternatif Bahan Baku Industri", Jurusan Teknik Fisika FTI ITS Surabaya.
- [9] Rahman M. B.N., Kamiel B. P., 2011, "Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap Sifat-sifat Tarik Komposit Diperkuat Unidirectional Serat Tebu dengan Matrik Poliester", Jurnal Ilmiah Semesta Teknik Vol. 14, No. 2, 133-138, November 2011.
- [10] Sabuin, Adoniram. 2015. Pengaruh Temperatur Pengovenan terhadap Sifat Mekanik Komposit Hibrid Polyester Berpenguat Serat Glass dan Serat Daun Gwang. [Online] Tersedia : <http://ejournal-fstunc.com/index.php/LJTMU/index> [Diakses pada 28 Maret 2017])