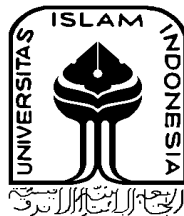


**PROSES PEMBUATAN BILAH KINCIR ANGIN
MENGUNAKAN KOMPOSIT *SANDWICH* DENGAN
CORE HASIL *ADDITIVE MANUFACTURING***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

Nama : Juliyanto

No. Mahasiswa : 16525063

NIRM : 2016050511

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2022

PERNYATAAN ORISINALITAS TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, Juliyanto menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul “PROSES PEMBUATAN BILAH KINCIR ANGIN MENGGUNAKAN KOMPOSIT SANDWICH DENGAN CORE HASIL ADDITIVE MANUFACTURING” adalah hasil tulisan saya sendiri. Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan, pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui sebagai tulisan saya sendiri atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis lainnya.

Yogyakarta 10 maret 2022



Juliyanto

NIM 16525063

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PROSES PEMBUATAN BILAH KINCIR ANGIN
MENGUNAKAN KOMPOSIT *SANDWICH* DENGAN
CORE HASIL *ADDITIVE MANUFACTURING***

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

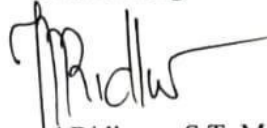
Nama : Juliyanto

No. Mahasiswa : 16525063

NIRM : 2016050511

Yogyakarta, 15 Februari 2022

Pembimbing



Muhammad Ridlwan, S.T., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PROSES PEMBUATAN BILAH KINCIR ANGIN MENGUNAKAN KOMPOSIT *SANDWICH* DENGAN *CORE HASIL ADDITIVE MANUFACTURING*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Juliyanto


No. Mahasiswa : 16525063

NIRM : 2016050511

Tim Penguji

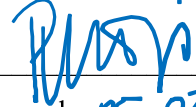
Muhammad Ridlwan, ST, M.T

Ketua


Tanggal : 09/03/2022

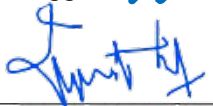
Purtojo, ST, M.Sc.

Anggota I


Tanggal : 05-03-2022

Yustiasih Purwaningrum, ST, MT

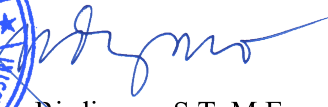
Anggota II


Tanggal : 3/2022

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin




Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng

HALAMAN PERSEMBAHAN

Sebagai rasa terima kasih yang tidak terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada kedua orang tua yang memberikan kasih sayang, nasehat, doa, dan segala dukungan yang tidak mungkin dapat dibalas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata cinta dan persembahan. Semoga ini menjadi awal untuk membuat bapak dan ibu Bahagia.

Terima Kasih Untuk Kedua Orangtua.....

Terima kasih kepada Bapak Muhammad Ridlwan, S.T.,M.T

Terimakasih atas ilmu dan bimbingan yang diberikan.

Terimakasih untuk semua kerabat, sahabat, dan selalu membantu, memotivasi, dan memberikan saran selama proses pengerjaan skripsi ini.

HALAMAN MOTTO

“Dimanapun engkau berada selalulah menjadi yang terbaik dan berikan yang terbaik dari yang bisa kita berikan”

(B.J. Habibie)

“Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan mudahkan baginya jalan menuju surga”

(HR. Muslim)

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur senantiasa kita tujukan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat, taufiq serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul Proses pembuatan bilah kincir angin menggunakan komposit *sandwich* dengan *core* Hasil *additive manufacturing*.

Selanjutnya, ijinakan penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada pihak-pihak yang telah membimbing dan membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Ucapan terimakasih tersebut penulis sampaikan kepada :

1. Allah SWT, karena atas izin-Nya penulis dapat menyelesaikan seluruh rangkaian kegiatan skripsi dengan baik dan lancar.
2. Bapak dan ibu tercinta yang selalu mendoakan dan memberi dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan seluruh rangkaian skripsi.
3. Bapak Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Muhammad Ridlwan, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing yang banyak memberikan saran, masukan, bimbingan serta arahan dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
5. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
6. Saudara seperjuangan Angkatan 2016 atas kebersamaannya selama ini baik yang sudah mendapatkan gelar terlebih dahulu dan yang masih berjuang untuk mendapatkan gelarnya.
7. Gufran, Fadil, Galang, Asfan, Haidar, dan Abiyu Mahasiswa bimbingan bapak Muhammad Ridlwan atas dukungan dan bantuan selama dalam proses pengerjaan tugas akhir
8. Indra Alam, Imam Hanafi, Yulistiya Pratiwi, dan Nurul khatimah Putri yang selalu menghibur untuk mengurangi kejenuhan.

Penulis berharap, Laporan Tugas Akhir ini sesuai dengan yang diharapkan serta bermanfaat baik. Namun, penulis sadar bahwa masih banyak terdapat kekurangan

dan ketidaksempurnaan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mohon maaf dan berharap adanya kritik serta saran dari semua pihak yang dapat membangun demi terciptanya laporan Tugas Akhir yang lebih baik.

Wassalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Yogyakarta, 18 Februari 2022



Juliyanto

16525063

ABSTRAK

Bilah kincir angin adalah part yang memiliki peran penting pada kincir angin yang berfungsi sebagai alat yang mengubah gerak angin menjadi energi kinetik, dalam pembuatan bilah kincir angin pada umumnya menggunakan material kayu dan proses pengerjaannya dilakukan secara konvensional. dalam pembuatan bilah kincir angin peneliti ingin menggunakan metode baru, menggunakan material komposit sandwich dengan *core 3D print*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses *vakum infusion sandwich* dengan *core 3D print* dapat diaplikasikan dalam pembuatan bilah kincir angin, dan membandingkan biaya dan waktu hasil dari pembuatan menggunakan cara komposit *sandwich core 3D print* dan pembuatan menggunakan cara konvensional dari penelitian sebelumnya. hasil dari hasil perbandingan biaya pembuatan dari kedua proses manufaktur tersebut metode konvensional lebih murah dibandingkan dengan metode komposit *sandwich* dengan *core 3D print* dengan selisih biaya Rp. 270.500 dan hasil waktu pembuatan bilah kincir angin dengan proses pembuatan dengan metode komposit *sandwich* dengan *core 3D print* lebih cepat dengan selisih waktu proses pengerjaan 37 jam 9 menit.

Kata kunci : Komposit *sandwich core 3D print*, Bilah kincir angin, resin, *Vacuum infusion, fiberglass*

ABSTRACT

Windmill blades are parts that have an important role in windmills that function as tools that convert wind motion into kinetic energy, in making windmill blades generally use wood material and the process is done conventionally. In making windmill blades, researchers want to use a new method, using sandwich composite material with 3D printed cores. This study aims to determine the process of vacuum infusion sandwich with core 3D print can be applied in the manufacture of windmill blades, and compare the cost and time of the results of the manufacture using the composite sandwich core 3D print method and the manufacture using the conventional method from previous studies. the results of the comparison of the manufacturing costs of the two manufacturing processes, the conventional method is cheaper than the sandwich composite method with 3D print cores with a cost difference of Rp. 270,500 and the result of the time of making windmill

Keywords: 3D printed sandwich core composite, Windmill blade, resin, Vacuum infusion, fiberglass

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Halaman Persembahan	iv
Halaman Motto	v
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	vi
Abstrak	viii
Daftar Isi	x
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan	2
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	5
2.2.1 Komposit	5
2.2.2 <i>Vacuum infusion</i>	5
2.2.3 <i>Additive manufacturing</i>	6
2.2.4 Komposit <i>Sandwich</i>	7
Bab 3 Metode Penelitian Dan proses pengerjaan	8
3.1 Alur Penelitian	8
3.2 Peralatan dan Bahan	8
3.2.1 Perangkat Keras	9
3.2.2 Perangkat Lunak	9

3.2.3	Alat dan Bahan Penelitian	9
3.3	Perancangan	16
3.3.1	Desai Bilah Kincir Angin	16
3.3.2	Pembuatan desain <i>puzzle</i> pada bilah.....	16
3.4	Pembuatan <i>core 3D print</i>	17
3.4.1	Parameter yang digunakan.....	17
3.4.2	Proses penyambungan bilah kincir angin	18
3.5	Proses <i>Vacuum infusion sandwich</i>	18
3.5.1	Persiapan <i>vacuum infusion sandwich</i>	18
3.5.2	Pebandingan resin dan katalis.....	19
3.5.3	Proses <i>vacuum infusion</i>	20
3.5.4	Proses <i>Finishing</i>	20
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	22
4.1	Desain Bilah Kincir Angin	22
4.2	Perubahan Desain Bilah.....	22
4.3	Hasil 3D Print	23
4.4	Hasil Proses <i>Vacuum Infusion</i>	23
4.5	Hasil <i>Finishing</i> Bilah	24
4.6	Hasil <i>Asembly</i> Bilah Kincir Angin.....	24
4.7	Perbandingan Hasil Metode.....	25
4.7.1	Biaya pembuatan	25
4.7.2	Waktu pembuatan	26
4.7.3	Dimensi bilah.....	27
4.7.4	Berat bilah	27
Bab 5	Penutup.....	29
5.1	Kesimpulan	29
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	29
Daftar Pustaka	30

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Parameter 3D Print	17
Tabel 4.1 Biaya Pembuatan Bilah Komposit	25
Tabel 4.2 Biaya Pembuatan Bilah Konvensional	26
Tabel 4.3 Waktu Pembuatan Bilah Komposit	26
Tabel 4.4 Waktu Pembuatan Bilah Konvensional.....	27
Tabel 4.5 Dimensi Bilah.....	27
Tabel 4.6 Berat Bilah.....	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses <i>Vacuum infusion</i>	5
Gambar 2.2 Creality Ender 6.....	6
Gambar 2.3 Komposit <i>sandwich core 3D print</i>	7
Gambar 3.1 Tabung vakum	9
Gambar 3.2 <i>Vacuum pump</i>	9
Gambar 3.3 PLA.....	10
Gambar 3.4 Resin	10
Gambar 3.5 Katalis	11
Gambar 3.6 Serat fiber.....	11
Gambar 3.7 Katup	12
Gambar 3.8 <i>Filter Resin</i>	12
Gambar 3.9 <i>Vacuum bagging film</i>	13
Gambar 3.10 Kain Strimin	13
Gambar 3.11 <i>Peel ply</i>	14
Gambar 3.12 Selang Spiral.....	14
Gambar 3.13 Selang Pneumatik	15
Gambar 3.14 <i>Sealant tape Vacuum</i>	15
Gambar 3.15 Desain Bilah Kincir Angin	16
Gambar 3.16 Pembuatan <i>Puzzle</i> pada bilah.....	16
Gambar 3.17 Potongan Bilah	17
Gambar 3.18 Proses 3D <i>Print</i>	17
Gambar 3.19 Penyambungan Bilah.....	18
Gambar 3.20 Persiapan <i>vacuum infusion</i>	18
Gambar 3.21 Pemasangan Selang resin.....	19
Gambar 3.22 Pengecekan Kebocoran.....	19
Gambar 3.23 Pencampuran Resin Dan Katalis	20
Gambar 3.24 Proses Infus resin.....	20
Gambar 3.25 Proses <i>Finishing</i>	21
Gambar 3.26 Proses <i>Finishing</i>	21
Gambar 4.1 Desain Bilah Kincir Angin	22

Gambar 4.2 Revisi Desain Bilah	22
Gambar 4.3 Hasil 3D Print	23
Gambar 4.4 Produk Bilah komposit	24
Gambar 4.5 Bilah setelah di <i>assembly</i>	25

DAFTAR NOTASI

cm : Centimeter

mm : Milimeter

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kincir angin merupakan alat yang digunakan untuk mengkonversi energi kinetik dari angin menjadi energi listrik. Turbin dari kincir angin memiliki dua bentuk umum, yaitu vertikal dan horizontal. Turbin kincir angin memiliki ukuran yang berbeda-beda, mulai dari ukuran kecil yang umumnya dipakai untuk pemakaian listrik rumahan, dan ukuran yang besar yang umumnya dipakai pada industri pembangkit listrik

Dalam membuat bilah kincir angin, kayu merupakan salah satu pilihan yang dapat digunakan karena kayu merupakan material yang kuat, ringan, mudah dibentuk, dan getas (Piggott, 1997). Dalam pembuatan bilah kincir angin dengan material kayu, proses yang dilakukan masih menggunakan cara manual yaitu dengan alat perkakas, hal tersebut dapat menyebabkan bentuk antara bilah menjadi tidak sama, selain itu material kayu memiliki kelemahan seperti rawan terjadinya pelapukan.

Di Indonesia terdapat sebuah metode penggabungan antara produk 3D print yang diperkuat dengan material komposit menggunakan metode *vacuum infusion sandwich*. Pada metode ini produk 3D print berfungsi sebagai pembentuk geometri atau *core* sehingga tidak memerlukan cetakan untuk membuat sebuah produk baru. Keunggulan dari metode komposit *sandwich* dibandingkan dengan metode konvensional adalah lebih ringan dan proses pengerjaannya lebih cepat.

Penerapan metode *vacuum infusion sandwich* di Indonesia masih dalam tahap pengembangan. Sehingga dalam penelitian ini peneliti ingin menerapkan metode *vacuum infusion sandwich* pada proses pembuatan bilah kincir angin, kemudian membandingkan produk yang dihasilkan dengan proses pembuatan manual dengan menggunakan material kayu.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang terdapat pada latar belakang maka dapat dibuat rumusan masalah yaitu :

1. Bagaimana mengaplikasikan material komposit *Sandwich* dengan *core 3D print* pada kincir angin
2. Bagaimana perbandingan hasil bilah yang dibuat dari komposit *sandwich* dengan *core 3D print* dan proses pembuatan bilah secara konvensional yang bermaterial kayu
3. Bagaimana melakukan proses *additive manufacturing* pada produk yang memiliki dimensi yang melebihi dari kapasitas mesin *3D print*

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah ada, maka disusunlah Batasan masalah. Adapun batasan permasalahan dalam penelitian ini antara lain:

1. Penelitian dilakukan hanya pada bagian bilah kincir angin.
2. Pembuatan bilah dilakukan di Laboratorium Proses Produksi dan Laboratorium Mekatronika Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia
3. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode *vacuum infusion*.
4. Hanya membandingkan bilah kincir angin yang dibuat secara konvensional dan komposit *sandwich* dengan *core Additive manufacturing*
5. Tidak membahas kekuatan produk

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan dan membuat bilah kincir angin dengan penggabungan material komposit *sandwich* dan *core 3D print* menggunakan metode *vacuum infusion*, serta membandingkan pembuatan bilah secara konvensional dan pembuatan bilah komposit *sandwich* dengan *core additive manufacturing* dari waktu dan biaya.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Berdasarkan tujuan penelitian yang ingin dicapai diharapkan memiliki manfaat dalam pengetahuan dan wawasan baik secara serta langsung maupun tidak langsung. Adapun manfaat dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perbandingan pembuatan bilah kincir angin menggunakan cara konvensional dan pembuatan bilah dengan proses *vacuum infusion sandwich* dengan *core additive manufacturing*
2. Sebagai alternatif baru dalam proses pembuatan bilah kincir angin

1.6 Sistematika Penulisan

Pada bagian ini dituliskan urutan dan sistematika penulisan yang dilakukan. Berikan ringkasan mengenai isi masing-masing bab.

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini terdiri dari lima bab, yaitu :

1. Bab 1. Pendahuluan, yang berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan
2. Bab 2. Kajian pustaka dan teori-teori yang akan dipakai pada penggunaan metode ini.
3. Bab 3. Metodologi penelitian, berisikan alur penelitian, alat, bahan, dan tahapan-tahapan proses pembuatan Bilah kincir angin.
4. Bab 4. Proses Pengerjaan dan Hasil Pembahasan, berisikan proses pembuatan produk, pembahasan proses pembuatan produk
5. Bab 5. Kesimpulan dan saran, berisikan kesimpulan dari hasil pembuatan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Berdasarkan penelitian di NMMU (Nelson Mandela Metropolitan University) tentang desain bilah turbin angin kecil, diperlukan metode manufaktur untuk membuat prototipe cepat berbagai iterasi desain bilah. Persyaratan metode pembuatannya adalah teknik yang cepat (beberapa hari), hemat biaya, dan akurat untuk menghasilkan bilah turbin angin kecil ukuran penuh (panjang hingga 1,4 m) yang dapat bertahan dalam pengujian jangka pendek. (poole, S & Philips, R, 2015)

Penggunaan metode *Vacuum Infusion* memiliki manfaat dan keunggulan karena dalam proses pembuatannya tidak perlu banyak campuran tangan manusia. Manusia hanya menyiapkan bahan-bahannya saja dan memantau kinerja dari alat tersebut. Dengan metoda ini mampu membuat benda kerja yang memiliki tingkat ketelitian yang cukup sulit. (Syarif, 2020)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Catur & Prayitno, 2014) mengenai “Sifat Mekanik Komposit *Sandwich* Berpenguat Serat Bambu *Fiberglass* dengan *Core Polyurethane Rigid Foam*”, prinsip struktur *sandwich* adalah menggabungkan kulit komposit dengan modulus elastisitas tinggi dengan *core* komposit yang ringan sehingga diperoleh kombinasi bahan yang kaku, kuat tetapi ringan.

3D printing adalah sebuah printer pencetak benda berdimensi tiga yang menampilkan data dalam bentuk cetakan, atau berupa gambar, berbeda dengan printing biasa yang mencetak data dalam sebuah kertas ataupun lembaran lainnya. (Rahman 2019) sehingga dengan *3D printing* bisa digunakan untuk membuat pemodelan pola yang cukup rumit, serta pembuatan produk bisa dilakukan dengan mudah dan leluasa karena mengandalkan teknologi tiga dimensi tersebut. Yang nantinya pasti dapat berguna bahkan penting dalam dunia Industri

Dengan menggunakan bahan dasar material *3D printing* yaitu PLA (Polactic Acid), PLA adalah polimer termoplastik yang terbuat dari asam laktat,

seperti kantong plastik dan gelas tanaman, tetapi pada prinsipnya PLA juga dapat digunakan sebagai bahan matriks dalam komposit. (Oksman, 2003)

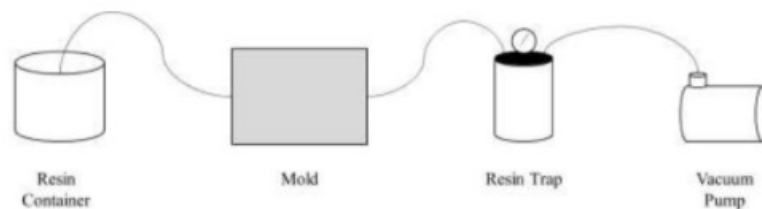
2.2 Dasar Teori

2.2.1 Komposit

Komposit merupakan suatu struktur yang tersusun atas beberapa bahan pembentuk tunggal yang digabungkan menjadi struktur baru dengan sifat yang lebih baik dibandingkan dengan masing-masing bahan pembentuknya. Oleh karena bahan pembentuknya berupa serat (fiber) maka disebut komposit serat. Komposit dibentuk menggunakan bahan utama berupa serat yang di ikat menggunakan bahan perekat atau pengikat. (Hartono, Mochammad , & Handoko, 2012)

2.2.2 *Vacuum infusion*

Vacuum Infusion adalah salah satu metode pembuatan komposit modern yang dapat menggantikan metode *hand lay up* dan *spray up* pada pembuatan komposit, dengan menggunakan metode *vacuum infusion* dapat meminimalisir kemungkinan udara yang terperangkap pada komposit itu sendiri dan metode *vacuum infusion* mempunyai kekuatan yang lebih baik daripada *hand lay up* (Lega Putri Utami et al., 2019) . Metode *vacuum infusion* ini dilakukan dengan memasukan perekat terlebih dahulu lalu memasukkan resin ke dalam cetakan dengan menggunakan bantuan pompa vakum.



Gambar 2.1 Proses *Vacuum infusion*

Metode *vacuum infusion* ini dilakukan dengan memasukan perekat terlebih dahulu lalu memasukkan resin ke dalam cetakan dengan menggunakan bantuan pompa vakum. Metode *vacuum infusion* ini dapat mendistribusikan atau

menyebarkan resin kedalam cetakan secara merata sehingga menghasilkan komposit dengan *void* yang rendah dan meningkatkan sifat mekanik dari komposit itu sendiri. Selain pembuatan yang mudah, durasi juga harus diperhatikan dikarenakan campuran perekat yang terlalu mudah untuk mengeras agar resin yang dimasukkan kedalam cetakan dapat mengalir tanpa hambatan (Saputra & Setyarso, 2015)

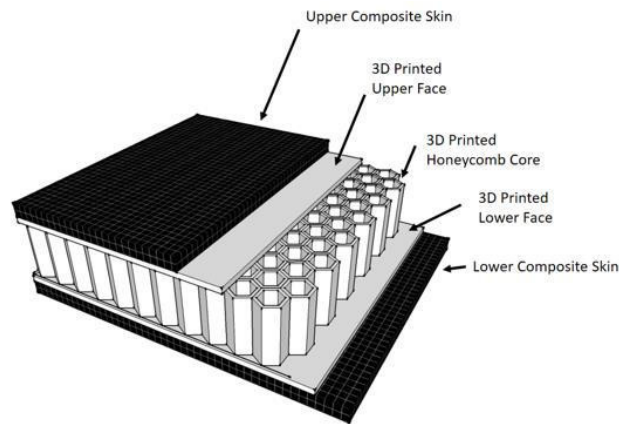
2.2.3 Additive manufacturing

Additive manufacturing atau dikenal juga sebagai *3D Printing* menurut Excell, Jon (2013) adalah proses membuat objek pada tiga dimensi atau bentuk apapun dari model digital. Cara kerjanya hampir sama dengan printer laser dengan teknik membuat objek dari sejumlah layer/lapisan yang masing-masing dicetak di atas setiap lapisan lainnya. Teknologi ini sendiri sebenarnya sudah berkembang sejak sekitar 1980-an namun belum begitu dikenal hingga tahun 2010-an ketika mesin cetak 3D ini dikenalkan secara komersial. Dalam sejarahnya *Printer 3D* pertama yang bekerja dengan baik dibuat oleh Chuck Hull dari *3D System Corp* pada tahun 1984. Sejak saat itu teknologi *3D printing* semakin berkembang dan digunakan dalam purwarupa (model) maupun industri secara luas seperti dalam arsitektur, otomotif, militer, industri medis, fashion, sistem informasi geografis sampai biotech (Sadana Kumara. 2018)



Gambar 2.2 Creality Ender 6

2.2.4 Komposit *Sandwich*



Gambar 2.3 Komposit *sandwich core 3D print*

Komposit *sandwich* merupakan salahsatu jenis komposit struktur yang sangat potensi untuk dikembangkan. Komposit *sandwich* adalah jenis komposit yang mempunyai kekuatan cukup tinggi apabila digunakan sebagai struktur sekunder maupun primer. Komposit ini terdiri dari flat komposit (*skin*) dan *core*. *Core* yang biasa dipakai adalah *coreimport*, seperti polyuretan (PU), Polyvynil Clorida (PVC), dan *honeycomb*.

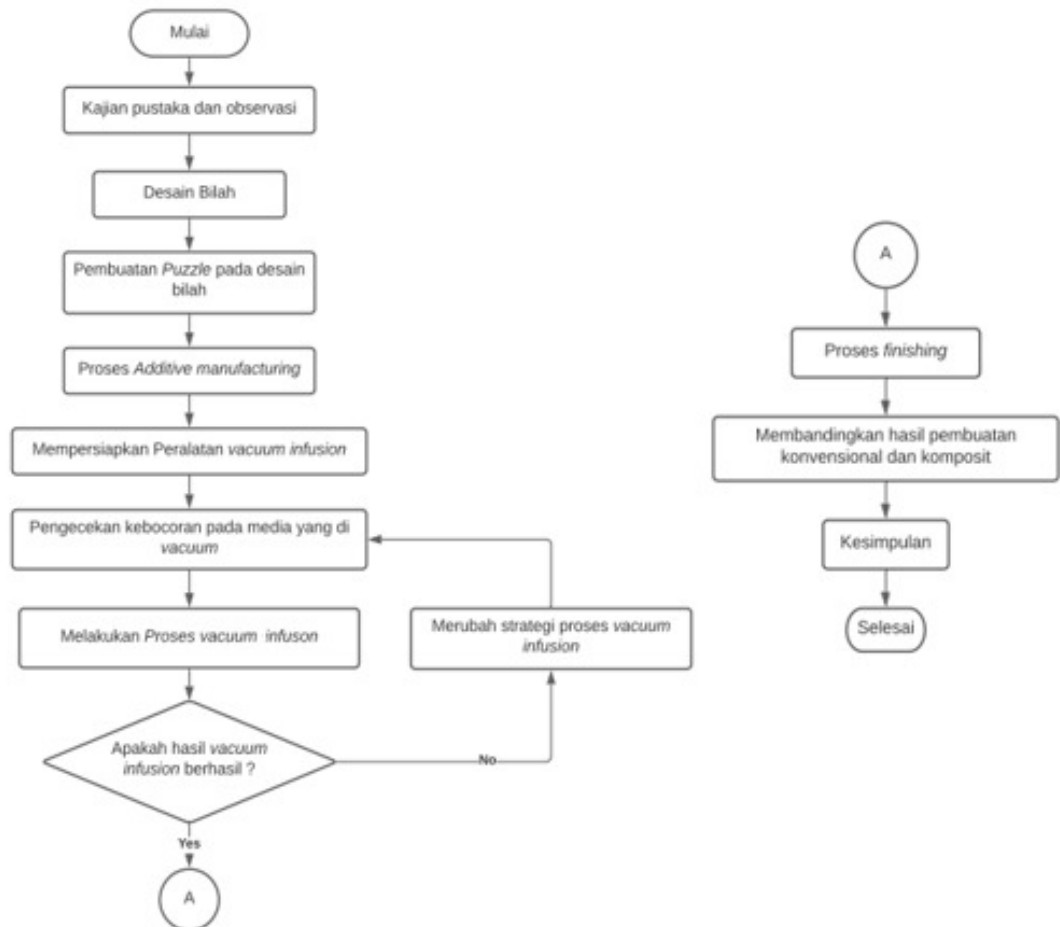
Core merupakan bagian inti dari komposit *sandwich* yang terletak dibagian tengah, dan berfungsi sebagai penambah kekuatan, dan ketebalan. Selain itu *core* mempunyai syarat lain seperti *buckling*, tingkat kadar air, dan umur Panjang. (Agus H.2007)

Skin merupakan bagian dari komposit *sandwich* yang terletak pada bagian paling luar atas dan bawah yang berfungsi sebagai penahan beban *compressive stress* dan *tensile*. Bagian *skin* ini memiliki kekuatan yang tinggi namun tingkat kekakuannya rendah, dan dapat digunakan material berbentuk plastik yang diperkuat oleh serat gelas dan fiber, karena mempunyai kelebihan yang mudah digabungkan, bentuk permukaan baik, dan desain dapat dirancang sesuai dengan kebutuhan.

BAB 3

METODE PENELITIAN DAN PROSES Pengerjaan

3.1 Alur Penelitian



3.2 Peralatan dan Bahan

Peralatan-peralatan yang digunakan untuk membuat bilah kincir angin menggunakan metode *vacuum infusion sandwich* dengan *core additive manufacturing*. Adapun macam- macam alat yang digunakan oleh penulis yaitu :

3.2.1 Perangkat Keras

1. Laptop Asus Intel Core i5
2. Mesin 3D print Creality Ender 6 Bed 250 x 250 x 400 mm

3.2.2 Perangkat Lunak

1. *Software Solidwork*
2. *Software 3D Print*

3.2.3 Alat dan Bahan Penelitian

1. Tabung Vakum



Gambar 3.1 Tabung vakum

Tabung vakum adalah tabung yang memiliki saluran *input* dan *output* yang berfungsi untuk menampung tekanan udara agar pada saat proses *vacuum infusion* memiliki daya hisap yang lebih tinggi. Adapun tabung yang digunakan pada penelitian ini dapat di tunjukan pada gambar 3.1

2. *Vacuum pump*



Gambar 3.2 *Vacuum pump*

Vacuum pump berfungsi sebagai alat untuk mengeluarkan molekul-molekul gas dari dalam media yang di vakum. *Vacuum pump* yang digunakan pada penelitian ini menggunakan kapasitas $\frac{1}{2}$ hp. *Vacuum pump* yang digunakan dapat dilihat pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada gambar 2.3

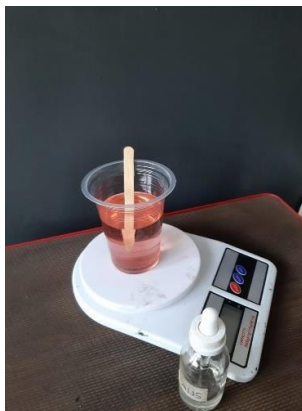
3. PLA



Gambar 3.3 PLA

Polyactic Acid (PLA) merupakan bahan dasar pembuatan 3D print. PLA disini menggunakan PLA CCTRE, PLA disini digunakan sebagai material master untuk pembuatan produk komposit sandwich. Adapun PLA yang digunakan pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada gambar 3.3

4. Resin



Gambar 3.4 Resin

Resin merupakan polimer sintetik yang memiliki perekat, dan mengeras pada waktu yang di tentukan. Resin yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis resin 2668 wnc. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.4

5. Katalis



Gambar 3.5 Katalis

Katalis berfungsi untuk mempercepat proses pengeringan (*curing*) pada bahan matriks suatu komposit. Katalis yang digunakan pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada gambar 3.5

6. Serat Fiber



Gambar 3.6 Serat fiber

Serat fiber pada penelitian ini berfungsi sebagai bahan pengikat dalam sebuah produk komposit, sehingga resin dan serat fiber dapat saling berikatan. Serat fiber yang digunakan pada penelitian ini menggunakan serat fiber acak, dapat ditunjukkan pada gambar 3.6

7. Katup



Gambar 3.7 Katup

Katup pada penelitian ini berfungsi sebagai katup untuk mengatur udara dari *vacuum pump* ke media yang di *vacuum*. Katup yang digunakan pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada gambar 3.7

8. Filter Resin



Gambar 3.8 Filter Resin

Filter resin merupakan pipa yang memiliki dua input yang berisi logam besi spiral, dibalut menggunakan jaring- jaring kawat, dan tissue untuk menampung sisa resin pada saat melakukan proses *Vacuum infusion*. Penggunaan filter ini bertujuan untuk mencegah masuknya resin pada tabung *Vacuum*. Filter Resin yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.8

9. *Vacuum bagging* film



Gambar 3.9 Plastik *Vacuum bagging*

Plastik *Vacuum* pada penelitian ini berfungsi sebagai penutup semua permukaan laminasi pada bagian produk yang ingin dilalukan proses *vacuum infusion*. Plastik ini adalah plastik khusus dalam melakukan proses *vacuum* memiliki sifat tidak mudah sobek dan tahan terhadap panas. Plastic yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3. 9

10. Kain Strimin



Gambar 3.10 Kain Strimin

Kain strimin merupakan kain yang menyerupai jaring yang mempermudah alairan resin menyebar dipermukaan media yang ingin di *vacuum*. Kain strimin yang digunakan pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada gambar 2. 10

11. *Peel ply*



Gambar 3.11 *Peel ply*

Peel ply adalah kain yang bermaterial nilon, *peel ply* berfungsi sebagai pembatas yang memudahkan pelepasan produk dari lapisan lapisan pendukung, selain itu *peel ply* juga berfungsi untuk menciptakan permukaan suatu produk yang dibuat lebih halus. Adapun *peel ply* yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3. 11

12. Selang Spiral



Gambar 3.12 Selang Spiral

Selang spiral yang berongga ini berfungsi untuk menyalurkan aliran tekanan dari vacuum pump guna menghisap cairan resin secara menyeluruh. Adapun selang spiral yang digunakan pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada gambar 3. 12

13. Selang Pneumatik



Gambar 3.13 Selang Pneumatik

Selang pneumatik berfungsi sebagai penyalur aliran tekanan udara dari *vacuum pump* dan sebagai saluran infus pada resin saat proses *vacuum infusion* berlangsung. Adapun selang yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada gambar 3. 13

14. *Sealant tape Vacuum*



Gambar 3.14 *Sealant tape Vacuum*

Sealant tape vacuum berfungsi untuk menempelkan bagian *bagging film* pada media yang ingin dilakukan proses *Vacuum infusion*. Adapun *Sealant tape Vacuum* yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3. 14

3.3 Perancangan

3.3.1 Desai Bilah Kincir Angin

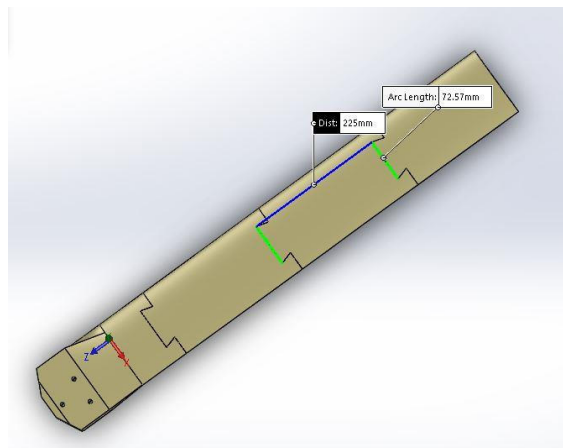
Desain bilah kincir angin di ambil dari penelitian yang dilakukan oleh (Reja, 2021). Desain yang dibuat menggunakan software solidwork. Bilah kincir angin memiliki dimensi 970 mm x 120 mm



Gambar 3.15 Desain Bilah Kincir Angin

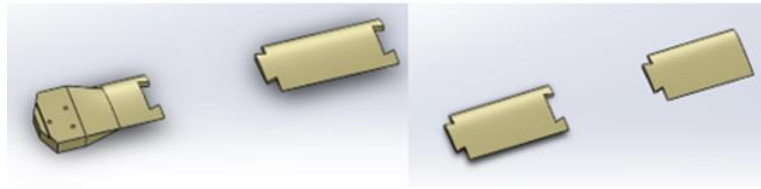
3.3.2 Pembuatan desain *puzzle* pada bilah

Karna dimensi bilah kincir angin yang cukup besar, Pada proses ini desain bilah kincir angin di bagi menjadi 4 bagian untuk menyesuaikan dengan kapasitas dari mesin 3D print.



Gambar 3.16 Pembuatan *Puzzle* pada bilah

Bilah dibagi menjadi 4 bagian dengan bentuk menyerupai puzzle. Hal ini bertujuan agar setiap sambungan bilah, ketika di pasang menjadi lebih kokoh.



Gambar 3.17 Potongan Bilah

3.4 Pembuatan *core 3D print*

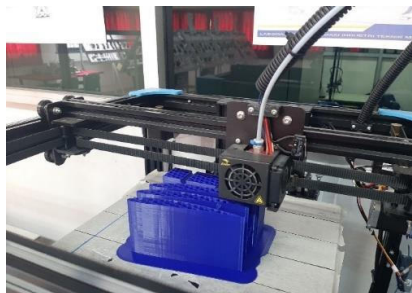
3.4.1 Parameter yang digunakan

Berikut adalah parameter yang digunakan dalam proses pembuatan *core 3D print* Bilah kincir angin menggunakan material PLA.

Tabel 3.1 Parameter 3D Print

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Infil Density</i>	20	%
<i>Infil Pattern</i>	<i>Tri Hexagonal</i>	-
<i>Material</i>	PLA	-
<i>Speed</i>	50	mm/s
<i>Printing Temperature</i>	200	°C
<i>Build Plate Temperature</i>	60	°C
<i>Fan Speed</i>	100	%

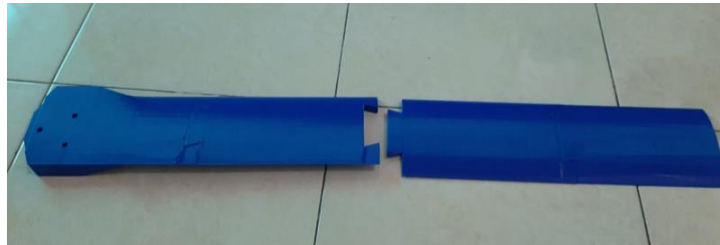
proses pencetakan bilah kincir angin menggunakan mesin *3D print* dengan menggunakan material PLA. Proses pencetakan bilah kincir angin dilakukan secara vertikal untuk menyesuaikan dimensi dari bed mesin *3D print*.



Gambar 3.18 Proses 3D Print

3.4.2 Proses penyambungan bilah kincir angin

Setelah setiap part selesai proses 3D *print*, kemudian setiap part tersebut disambung hingga menjadi satu dengan menggunakan metode penyambungan *puzzle* dan menggunakan lem untuk memperkuat sambungan yang diharapkan pada saat proses *Vacuum infusion* berlangsung bilah dari hasil 3D *print* tidak terlepas pada sambuangan yang dibuat.



Gambar 3.19 Penyambungan Bilah

3.5 Proses *Vacuum infusion sandwich*

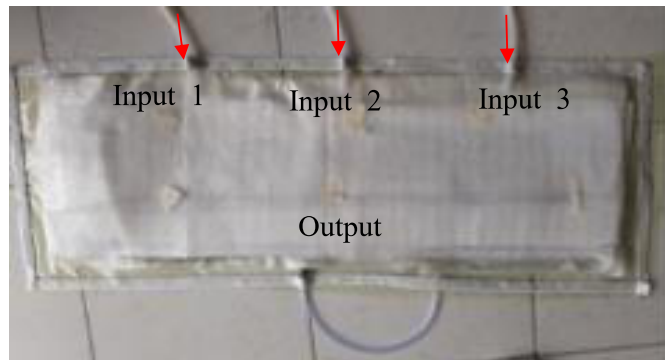
3.5.1 Persiapan *vacuum infusion sandwich*

pada proses persiapan *vacuum infusion* produk 3D *print* dilapisi oleh *Fiber glas* , *peel-ply*, *strimin*, dan *vacuum bagging film* yang telah di potong melebihi dimensi produk yang bertujuan untuk memudahkan pada saat mempelkan *sealant tape* dan mencegah perubahan bentuk pada produk saat di *vacuum* Adapun jumlah lapisan *fiber glas* yang dipakai dalam penelitian ini terdapat dua lapisan bagian atas dan dua lapisan bagian bawah *core*.



Gambar 3.20 Persiapan *vacuum infusion*

Lapisan tersebut dipasang pada seluruh permukaan produk 3D *print*. Pada proses ini ditambahkan tiga buah selang sebagai *input* resin dan satu buah selang sebagai *output* resin yang telah di hubungkan dengan selang spiral. Penggunaan tiga *input* resin bertujuan untuk mendapatkan penyebaran resin pada permukaan produk secara merata yang dikarenakan produk yang dibuat memiliki dimensi yang Panjang. saat menutup plastik *vacuum* digunakan *sealant tape* untuk mencegah kebocoran pada saat proses *vacuum infusion* berlangsung.



Gambar 3.21 Pemasangan Selang resin

Sebelum melakukan *vacuum infusion*, perlu dilakukannya proses uji coba untuk memastikan tidak terdapat kebocoran pada saat proses *vacuum infusion*. Hal ini bertujuan untuk mengurangi tingkat kegagalan pada saat proses *vacuum infusion*.



Gambar 3.22 Pengecekan Kebocoran

3.5.2 Pebandingan resin dan katalis

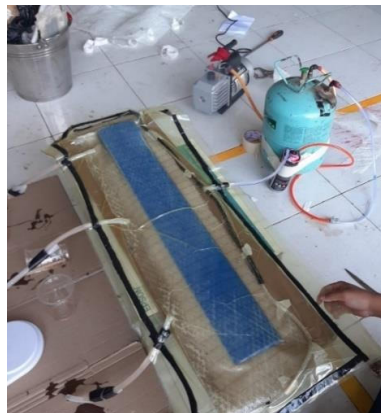
Pada proses ini resin dan katalis dicampur dengan perbandingan 1:100 dengan komposisi katalis 6 gr, dan resin 600 gr. Pada campuran resin dan katalis mengacu pada penelitian sebelumnya (Yudha Izma, 2021)



Gambar 3.23 Pencampuran Resin Dan Katalis

3.5.3 Proses *vacuum infusion*

Pada proses ini resin dibagi pada 3 wadah dengan takaran dan komposisi yang sama, proses pencampuran resin dan katalis dilakukan satu persatu sehingga mengurangi penggumpalan pada saat resin di infus kedalam produk, proses infus resin dilakukan secara satu persatu pada selang *input* resin



Gambar 3.24 Proses Infus resin

3.5.4 Proses *Finishing*

pada proses *finishing* produk dipisahkan dari plastik, *peel-ply* dan strimin menggunakan alat perkakas, kemudian melakukan proses pemotongan menyesuaikan bentuk dari produk yang dibuat dan melakukan proses pengeboran pada permukaan pangkal bilah.



Gambar 3.25 Proses *Finishing*

Setelah memotong sisa komposit yang tidak digunakan kemudian melakukan proses pendempulan dan pengecatan pada seluruh permukaan bilah kincir angin yang bertujuan untuk memperoleh hasil permukaan bilah kincir angin yang halus dan tahan akan cuaca.



Gambar 3.26 Proses *Finishing*

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

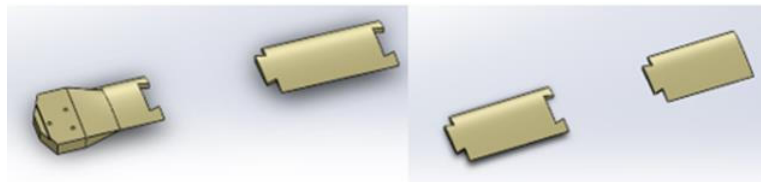
4.1 Desain Bilah Kincir Angin

Desain bilah kincir angin di ambil dari penelitian yang dilakukan oleh (Reja, 2021). Desain yang dibuat menggunakan *software solidwork*. Bilah kincir angin memiliki dimensi 970 mm x 120 mm



Gambar 4.1 Desain Bilah Kincir Angin

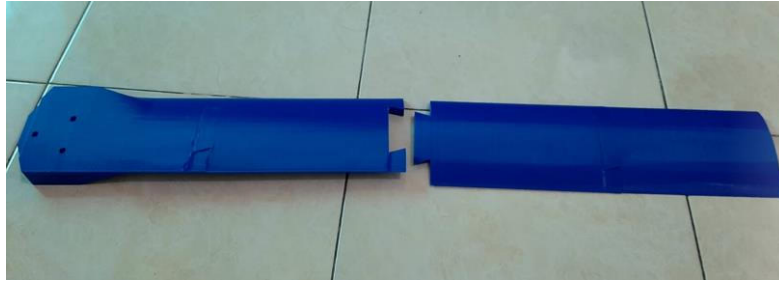
4.2 Perubahan Desain Bilah



Gambar 4.2 Perubahan Desain Bilah

Pada tahap ini bilah kincir angin dilakukan revisi desain yang dikarenakan keterbatasan dimensi mesin 3D *Print* sehingga desain bilah dibagi menjadi empat bagian dan penyambungan menggunakan mekanisme *puzzle* yang diharapkan sambungan tidak mudah bergeser ketika dilakukan proses *Vacuum infusion*. Adapun revisi desain yang kedua ditunjukkan pada gambar 4.2

4.3 Hasil 3D Print



Gambar 4.3 Hasil 3D Print

Proses *Additive Manufacturing* atau 3D Print mengalami beberapa kendala pada penyambungan bilah kincir angin mudah lepas disetiap sambungan, Adapun solusi yang dilakukan untuk mengatasi kendala tersebut dengan melakukan pengeleman pada sambungan yang diharapkan saat proses *vacuum infusion* dilakukan sambungan pada produk yang dibuat tidak bergeser.

4.4 Hasil Proses *Vacuum Infusion*

Pada proses *Vacuum infusion* produk yang pertama terdapat kendala yang ditemui yaitu terdapat kebocoran pada saat proses *vacuum infusion*. Hal ini menyebabkan adanya gelembung udara pada pada bagian permukaan produk sehingga pada permukaan produk yang dihasilkan kurang maksimal.



Gambar 4.4 Hasil *Vacuum infusion* pertama

Adapun solusi yang dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut ialah dengan dilakukan proses pengecekan kebocoran pada media yang ingin di vakum sehingga media yang divakum tidak mengalami kebocoran pada saat proses invus resin berlangsung dan penutupan katup pada selang *input* dan *output* harus

dipastikan tidak mengalami kebocoran, sehingga pada proses pengeringan material komposit produk yang dihasilkan lebih baik. Adapun hasil produk komposit setelah dilakukan proses pengecekan kebocoran sebelum dilakukan *infusion* resin pada produk yang dihasilkan memiliki *void* yang minim. Gambar produk yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Bilah Kincir *Vacuum kedua*

4.5 Hasil *Finishing* Bilah

Hasil pembuatan bilah kincir angin yang dibuat menggunakan komposit dengan menggunakan metode *vacuum infusion Sandwich* dengan *core 3D print* dapat diaplikasikan pada media yang memiliki dimensi yang besar dan dapat diaplikasikan pada pembuatan bilah kincir angin, Adapun hasil dari pembuatan bilah kincir angin dengan menggunakan material komposit dengan *core 3D Print* dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hasil *Finishing* Bilah Komposit

4.6 Hasil *Asembly* Bilah Kincir Angin

Untuk menggabungkan ketiga bilah kincir angin diperlukan sebuah penghubung yang terbuat dari material kayu yang dibentuk lingkaran. Hasil *assembly* bilah kincir angin dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.7 Bilah setelah di *assembly*

4.7 Perbandingan Hasil Metode

4.7.1 Biaya pembuatan

Biaya pembuatan satu bilah kincir angin menggunakan metode *vacuum infusion sandwich* dengan *core additive manufacturing* menghabiskan biaya sebesar Rp. 789.500 dengan rincian yang dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Biaya Pembuatan Bilah Komposit

No	Nama	Qty	Satuan	Harga	Jumlah
1	<i>Additive manufacturing</i>	505	gr	Rp. 1000	Rp.505.000
2	<i>Vacuum bagging film</i>	100x 100	cm	Rp.27.000	Rp.27.000
3	Stirimin	0,25 x 1	m	Rp. 7.500	Rp. 7.500
4	Peel-ply	0,25 x 1	m	Rp.13.000	Rp.13.000
5	Resin	0,8	kg	Rp.28.000	Rp.28.000
6	Katalis	4	gr	Rp.4.000	Rp.4.000
7	Selang <i>Vacuum</i>	2	m	Rp. 10.000	Rp.10.000
8	<i>Sealant tape</i>	2,5	m	Rp.25.000	Rp.25.000
9	Dempul	1	Kaleng	Rp.15.000	Rp.15.000
10	Cat semprot	1	Kaleng	Rp.20.000	Rp.20.000
11	Jasa <i>vacuum infusion</i>	1	Jam	Rp.100.000	Rp.100.000
12	Serat kaca	1	kg	Rp. 30.000	Rp.30.000
13	Amplas	1	m	Rp. 5.000	Rp. 5.000
					Rp.789.500

Biaya yang digunakan dalam proses pembuatan bilah kincir angin dengan menggunakan metode konvensional yang bermaterial kayu menghabiskan biaya sebesar Rp.519.000, rincian biaya pada pembuatan bilah kincir angin ini diambil dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Ahmad, 2021), rincian biaya pembuatan kincir angin secara manual dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Biaya Pembuatan Bilah Konvensional

No	Nama	Qty	Satuan	Harga	Jumlah
1	Jasa pembuatan bilah			Rp.478.000	Rp. 478.000
2	Amplas	1	m	Rp. 20.000	Rp. 20.000
3	Print desain <i>airfoil</i>	1		Rp. 1.000	Rp. 1.000
4	Cat semprot	1	Kaleng	Rp. 20.000	Rp.20.000
					Rp. 519.000

4.7.2 Waktu pembuatan

Waktu dalam pembuatan bilah kincir angin menggunakan metode komposit *sandwich* dengan *core Additive manufacturing* menghabiskan waktu sebanyak 75 jam 25 menit. Rincian waktu pengerjaan dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Waktu Pembuatan Bilah Komposit

No	Proses	Waktu
1	Proses 3D print	2 hari 12 jam 25 menit
2	Proses <i>Vacuum infusion</i>	12 Jam
3	<i>Finishing</i>	3 jam
	Total waktu	75 jam 25 menit

Dalam pembuatan bilah kincir angin menggunakan metode konvensional menghabiskan waktu sebanyak 98 jam 15 menit (Ahmad, 2021). Rincian waktu pengerjaan dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Waktu Pembuatan Bilah Konvensional

No	Proses	Waktu
1	Pengeringan kayu	4 hari
2	Pengukuran garis toleransi	10 menit
3	Pembuatan Mal <i>Airfoil</i>	5 menit
4	Pengetaman kayu	43 menit
5	Pengetaman <i>Airfoil</i>	10 menit
6	Pembentukan <i>airfoil</i> dengan gerinda tangan	50 menit
7	Pembuatan pangkal	17 menit
	Total	98 jam 15 menit

4.7.3 Dimensi bilah

Pengukuran dimensi bilah dilakukan menggunakan alat ukur mistar baja. Proses pengukuran dilakukan dengan cara mengukur dimensi keseluruhan pada bilah. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan dimensi bilah setelah dilakukan proses manufaktur. Adapun hasil pengukuran bilah ditunjukkan pada tabel 4.5

Tabel 4.5 Dimensi Bilah

No	Jenis proses	Panjang Bilah	Lebar Bilah
1	Desain bilah	97 cm	12 cm
2	Bilah konvensional	97,1 cm	12,2 cm
3	Bilah Komposit	97,3 cm	12,2 cm

Dari hasil pengukuran bilah kincir angin dari kedua proses manufaktur yang berbeda didapatkan hasil yang memiliki sedikit perbedaan dimensi setelah dilakukan kedua proses manufaktur. Akan tetapi dalam proses pembuatan bilah menggunakan metode komposit *sandwich* menggunakan *core 3D print* memiliki penambahan dimensi sebesar 2 mm yang dikarenakan *core 3D print* dilapisi menggunakan serat *fiber glass*.

4.7.4 Berat bilah

Pengukuran berat bilah Komposit *sandwich* dengan *core 3D print* dilakukan menggunakan timbangan digital dengan membandingkan berat yang

dihasilkan setelah dilakukan proses manufaktur. Adapun hasil pengukuran berat bilah dapat ditunjukkan pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Berat Bilah

No	Proses pembuatan	Berat (g)
1	Konvensional	1.175
2	Komposit	783

Dari hasil pengukuran berat dari kedua proses manufaktur yang dilakukan bilah komposit lebih ringan dibandingkan dengan bilah konvensional yang bermaterial kayu dapat dilihat pada tabel 4.6

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, menghasilkan pengaplikasian material komposit sandwich dengan core 3D print pada bilah kincir angin tersebut diketahui bahwa

1. Telah dilakukan pengaplikasian material komposit *sandwich* dengan *core 3D Print* menggunakan metode *vacuum infusion* pada pembuatan bilah kincir angin.
2. Pembuatan bilah kincir angin dengan material komposit menghabiskan biaya yang lebih tinggi dari proses konvensional dengan selisih Rp.270.500 sedangkan dalam pembuatannya didapatkan bahwa metode komposit memerlukan waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan metode konvensional dengan selisih waktu 22 jam 49 menit.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

1. Dilakukan penelitian yang berfokus pada proses pengujian dari bilah kincir angin tersebut agar diketahui sifat fisik dan mekanik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S. (2021). *Perbandingan Hasil Proses Manufaktur Bilah Micro Wind Turbine Secara Manual Dan Mesin CNC Menggunakan Metode QCD*.
- Catur, A. D., & Prayitno, N. (2014). Sifat Mekanik Komposit Sandwich Berpenguat Serat. *Fakultas Teknik Universitas Mataram*, 1-2.
- Hartono, Mochammad, R., & Handoko, S. (2012). *Pengenalan Teknik Komposit*. Yogyakarta: CV. Budi Utama.
- Lega Putri, U., Delovita, G., Ahmad Kafrawi, N., & Budi, I. (2019). Universitas Muhammadiyah Riau. *Perbandingan Nilai Kekuatan Tarik Komposit Menggunakan Metode Hand Lay Up dan Metode Vari*, 6-7.
- Oksman. (2003). Natural fibres as reinforcement in polylactic acid (PLA) composites. *Norwegian University of Science and Technology*, 1.
- Piggott. (1997). *Windpower Workshop*. Buckley: Powys: The Centre of Alternative Energy.
- poole, S., & Philips, R. (2015). Rapid prototyping of small wind turbine blades using additive manufacturing. *Proceedings of the 2015 Pattern Recognition Association of South Africa and Robotics and Mechatronics International Conference*, 189-194.
- Saputra, A., & Setyarso, G. (2015). Vacuum infusion equipment design and the. *Universitas indonesia*, 5-6.
- Syarif, H. (2020). Aplikasi Perangkat Vacuum Infusion Untuk Pembuatan Komponen Berbahan komposit. *Politeknik Negri Bandung*, 3.
- Yudha Izma, A. (2021). Analisis Uji Bending Komposit Sandwich Yang Digabungkan 3D Print. *Universitas Islam Indonesia*, 17.

