

**PEMBUATAN CETAKAN KOMPOSIT SERAT KARBON
MENGUNAKAN MATERIAL RESIN EPOXY DI PT.
KARYATAMA KOMPOSIT TEKNOLOGI**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Nur Muhamad Ilham Taufik H

No. Mahasiswa : 19525098

NIRM :

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

2025

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PEMBUATAN CETAKAN KOMPOSIT SERAT KARBON
MENGUNAKAN MATERIAL RESIN EPOXY DI PT.
KARYATAMA KOMPOSIT TEKNOLOGI**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

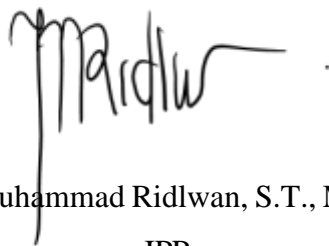
Nama : Nur Muhamad Ilham Taufik H

No. Mahasiswa : 19525098

NIRM :

Yogyakarta, 31 Januari 2025

Pembimbing I



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

IPP

Pembimbing II



Rio Helmi Ansori, S.T

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PEMBUATAN CETAKAN KOMPOSIT SERAT KARBON
MENGUNAKAN MATERIAL RESIN EPOXY DI PT.
KARYATAMA KOMPOSIT TEKNOLOGI
TUGAS AKHIR


Disusun Oleh :

Nama : Nur Muhamad Ilham Taufik H
No. Mahasiswa : 19525098
NIRM :

Tim Penguji


Ir. Muhammad Ridwan, S.T., M.T., IPP

Ketua



Tanggal : 05/03/2025

Ir. Santo Ajie Dhewanto, S.T., MM, IPP

Anggota I


Tanggal : 5/2/2025

Ir. Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng., IPP
Anggota II


Tanggal : 5/3/2025

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Muhammad Ridwan, S.T., M.T., IPP

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya yang bertanda tangan dibawah ini, Nur Muhamad Ilham Taufik Hidayatullah selaku penulis Tugas akhir yang berjudul "Pembuatan Cetakan Komposit Serat Karbon Menggunakan Material Resin Epoxy di PT. Karyatama Komposit Teknologi" menyatakan bahwa karya tulis ilmiah yang saya buat merupakan karya sendiri bukan hasil *plagiarisme* dari karya tulis yang dibuat orang lain. Semua referensi dan kutipan yang saya tulis pada karya tulis ini saya cantumkan sitasi dan sumber Pustaka nya. Apabila dikemudian hari saya dianggap melakukan pelanggaran hak kekayaan intelektual dan yang saya tulis pada karya ilmiah ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi dan hukuman yang berlaku.

Yogyakarta, 11 Maret 2025



Nur Muhamad Ilham Taufik H.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur yang sangat mendalam, penulis mempersembahkan laporan tugas akhir ini kepada:

1. Bapak, Ibu, adek saya Khusnul khotimah, Nur Muhamad Bagus Saputra, Nur Muhamad Pandu Mustaqim, dan juga seluruh keluarga besar yang sudah mendukung dan mendo'akan saya dalam segala urusan.
2. Dosen pembimbing tugas akhir saya Bapak Ir. Muhammad Ridlwan, S.T., M.T., IPP yang selalu memberikan masukan, motivasi, saran dan ilmu yang bermanfaat bagi saya.
3. Kepada Bapak Abdul Malik, Bapak Wahrudin Abdul Khamid, Bapak Rio Helmi Ansori dan juga seluruh staf dan juga karyawan PT. Karyatama Komposit Teknologi yang selalu membimbing.
4. Dosen-dosen Teknik Mesin UII yang selalu mendukung dan memberikan ilmu yang bermanfaat kepada saya.
5. Sahabat, teman satu Angkatan, maupun teman dari satu daerah yang telah senantiasa tidak bosan-bosan memberikan dukungan, semangat, dan juga membantu penulis.

HALAMAN MOTTO

*“Tanpa tindakan, pengetahuan tidak ada gunanya
dan pengetahuan tanpa tindakan itu sia-sia”*

(Abu Bakar Asshidiq)

*“Hidup bukanlah tentang ‘Aku Bisa Saja’, namun tentang ‘Aku Mencoba’ Jangan
pikirkan tentang kegagalan, itu adalah pelajaran”*

(Ir. Soekarno)

“Jangan pernah protes terhadap proses”

(Nur Muhamad Ilham Taufik H)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur kita panjatkan kepada Allah SWT yang hanya kepada-Nya penulis memohon pertolongan. Alhamdulillah atas segala pertolongan, rahmat, dan kasih sayang-Nya, laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam kepada Rasulullah SAW yang senantiasa menjadi sumber inspirasi dan teladan terbaik untuk seluruh umat manusia.

Pada proses penyelesaian tugas akhir ini banyak pihak yang memberikan dukungan dan bantuan baik secara langsung ataupun tidak langsung. Oleh karena itu, sudah seharusnya dengan penuh hormat penulis mengucapkan terima kasih dan mendoakan semoga Allah SWT memberikan balasan terbaik kepada:

1. Allah SWT, atas segala karunia yang telah diberikan untuk menyelesaikan Tugas Akhir
2. Ibu, bapak, adek dan juga semua saudara selaku keluarga penulis dan tempat untuk berkeluh kesah penulis, beserta dukungan yang diberi melalui doa dan materi.
3. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafid, S.T., M.T., IPP, selaku Kaprodi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ir. Muhammad Ridlwan S.T., M.T., IPP selaku Dosen Pembimbing tugas akhir yang telah sangat membantu dan membimbing dengan penuh kesabaran selama proses pengerjaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini.
5. Kepada seluruh rekan-rekan PT. Karyatama yang telah berhasil bekerja sama dan saling membantu selama proses pengerjaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini.
6. Segenap Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
7. Teman-teman Angkatan 2019 Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia untuk dukungan dan bantuannya selama menjalani perkuliahan ini.

8. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan dengan berlipat ganda.
Amin

Akhir kata, dalam penulisan tugas akhir ini disadari bahwa tidak ada yang sempurna, masih banyak kesalahan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, penulis memohon maaf yang sebesar besarnya atas kesalahan yang terjadi. Harapannya laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat dan dapat dijadikan referensi demi pengembangan ke arah yang lebih baik. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan rida-Nya kepada kita semua.

ABSTRAK

Komposit merupakan struktur material yang terdiri dari dua atau lebih kombinasi yang konstituen yang terkombinasi dalam level mikroskopik. Dikarenakan karakteristik pembentuknya berbeda-beda, maka akan dihasilkan material baru yaitu komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material-material pembentuknya PT. Karyatama komposit Teknologi adalah perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur komposit khususnya pada produksi material *carbon fiber*, antara lain kap mobil, *body drone*, *tubing*, *bottle cage*, *escape muffler*. Studi literatur yang dilakukan bertujuan untuk memenuhi tahapan-tahapan dalam mencapai kriteria hasil pengujian produk. Produk yang digunakan pada PT. Karyatama Komposit Teknologi adalah *cover* radiator mobil Toyota Fortuner. Pada pembuatan cetakan komposit serat karbon menggunakan material resin *epoxy* di PT. Karyatama Komposit Teknologi ada beberapa hal yang perlu disiapkan yaitu material master produk *cover* radiator Toyota Fortuner, *Resin epoxy*, *Fiberglass WR 250*, *Gelcoat*, *Miracle Gloss*, Karton PVA, dan *Hardener*. Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui apakah dengan metode tersebut dapat mendapatkan hasil *efisiensi* produksi, *durability*, dan penggunaan *prepreg*. Dari hasil pengujian menggunakan metode *curing oven* menunjukkan adanya percepatan produksi sehingga didapatnya pemaksimalan efisiensi pembuatan produk, pengujian *durability* (ketahanan) menunjukkan hasil adanya deformasi (perubahan bentuk) dimana kondisi cetakan tersebut masih memenuhi standar penggunaan pembuatan produk dan penggunaan *prepreg* menunjukkan dimana dapat digunakan pada cetakan.

Kata Kunci : Komposit, *Curing Oven*, *Vacuum Infusion*

ABSTRACT

Composite is a material structure consisting of two or more combinations of constituents combined at the microscopic level. Because the characteristics of the constituents are different, a new material will be produced, namely a composite that has different mechanical properties and characteristics from the constituent materials. PT Karyatama Composite Teknologi is a company engaged in composite manufacturing, especially in the production of carbon fiber materials, including car hoods, drone bodies, tubing, bottle cages, escape mufflers. The literature study conducted aims to meet the stages in achieving product test result criteria. The product used at PT. Karyatama Komposit Teknologi is a Fortuner car radiator cover. In making carbon fiber composite molds using epoxy resin material at PT. Karyatama Komposit Teknologi, several things need to be prepared, namely the master material for the Toyota Fortuner radiator cover product, Epoxy Resin, Fiberglass WR 250, Gelcoat, Miracle Gloss, PVA Carton, and Hardener. The purpose of this test is to find out whether this method can obtain production efficiency, durability, and prepreg usage results. From the test results using the curing oven method, it shows an acceleration of production so that the efficiency of product manufacturing can be maximized, durability testing shows the results of deformation (change in shape) where the condition of the mold still meets the standards for using the product and the use of prepreg shows where it can be used in the mold

Keywords: composite, curing oven, Vacuum infusion

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing.....	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji.....	iii
Halaman Persembahan.....	4
Halaman Motto	5
Kata Pengantar	6
Abstrak.....	viii
Abstract.....	ix
Daftar Isi	x
Daftar Tabel.....	xii
Daftar Gambar	xiii
Bab 1 Pendahuluan	15
1.1 Latar Belakang	15
1.2 Rumusan Masalah	16
1.3 Batasan Masalah	16
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan.....	16
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan.....	17
1.6 Sistematika Penulisan.....	17
Bab 2 Tinjauan Pustaka	19
2.1 Kajian Pustaka.....	19
2.2 Dasar Teori.....	20
2.2.1 Komposit.....	20
2.2.2 <i>Hand lay-up</i>	21
2.2.3 <i>Vacuum Bagging</i>	21
2.2.4 <i>Resin</i>	23
2.2.5 <i>Hardener</i>	24
2.2.6 <i>Fiber carbon</i> (serat karbon).....	24
2.2.7 <i>Fiberglass</i> (Serat kaca)	24

2.2.8	<i>Molding</i>	24
2.2.9	<i>Curing</i>	25
Bab 3	metode penelitian.....	26
3.1	Alur Penelitian.....	26
3.2	Peralatan dan Bahan.....	27
3.3	Pembuatan Cetakan.....	29
3.4	Proses Produksi	33
3.5	Proses Analisis <i>Deformasi</i>	37
Bab 4	hasil dan pembahasan	40
4.1	Hasil Produksi	40
4.2	Hasil Pengujian	40
4.2.1	Pengujian Kelayakan Cetakan	41
4.2.2	Pengujian Efisiensi Produksi	42
4.2.3	Pengujian Pada Material Prepreg.....	44
4.2.4	Pengujian Pada Material Prepreg.....	46
4.2.5	Pengujian Pada Material Prepreg.....	48
4.2.6	Pengujian <i>Durability</i> /Ketahanan	50
Bab 5	Penutup.....	53
5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya	54
Daftar Pustaka	55

DAFTAR TABEL

Tabel 3.2-1 Bahan.....	27
Tabel 3.2-2 Alat.....	28
Tabel 4.2-1 Parameter Suhu dan Waktu.....	43
Tabel 4.2-2 Parameter Suhu dan Waktu.....	45
Tabel 4.2-3 Parameter Suhu dan Waktu.....	47
Tabel 4.2-4 Parameter Suhu dan Waktu.....	49
Tabel 4.2-5 Parameter Suhu dan Waktu.....	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2-1 Proses Hand Lay-up	21
Gambar 2.2-2 Proses Vacuum Bagging.....	22
Gambar 2.2-3 Proses Vacuum Infusion.....	23
Gambar 3.1-1 Alur Penelitian	26
Gambar 3.3-1 Prepare Master Produk	29
Gambar 3.3-2 Pembuatan Flange	29
Gambar 3.3-3 Dasaran Gelcoat	30
Gambar 3.3-4 Penguatan Fiberglass	30
Gambar 3.3-5 Penguatan Fiberglass	31
Gambar 3.3-6 Pembuatan Tulangan	31
Gambar 3.3-7 Pemotongan Akhir.....	32
Gambar 3.3-8 Hasil Akhir Molding.....	32
Gambar 3.4-1 Prepare Cetakan.....	33
Gambar 3.4-2 Penataan Lapis Karbon.....	34
Gambar 3.4-3 Pemasangan Peel Play dan Flow Media.....	34
Gambar 3.4-4 Pemasangan Vacuum Bagging.....	35
Gambar 3.4-5 Infusi Resin	35
Gambar 3.4-6 Pengeringan dan Pematatan.....	36
Gambar 3.4-7 Pelepasan Karbon	36
Gambar 3.5-1 Proses 3D Scan Cetakan.....	37
Gambar 3.5-2 Software Polyworks 2020.....	37
Gambar 3.5-3 Reference Object.....	38
Gambar 3.5-4 Import File.....	38
Gambar 3.5-5 Point Pairs Objects.....	39
Gambar 3.5-6 Surface Defects Of Data Objects.....	39
Gambar 4.1-1 Hasil Produk Cover Radiator VRZ.....	40
Gambar 4.2-1 Vacuum Infusion Cover Radiator VRZ	41
Gambar 4.2-2 Hasil 3D Scanner.....	42
Gambar 4.2-3 Oven.....	42

Gambar 4.2-4 Grafik Pengujian ke-2.....	43
Gambar 4.2-5 Hasil <i>3D Scann</i>	44
Gambar 4.2-6 Hasil Produk <i>Prepreg</i>	44
Gambar 4.2-7 Grafik Pengujian ke-3.....	45
Gambar 4.2-8 Hasil <i>Compare 3D Scann</i>	46
Gambar 4.2-9 Hasil Karbon <i>Prepreg</i>	46
Gambar 4.2-10 Grafik Pengujian ke-4.....	47
Gambar 4.2-11 Hasil <i>Compare 3D Scan</i>	48
Gambar 4.2-12 Hasil Pematangan Karbon <i>Prepreg</i>	48
Gambar 4.2-13 Grafik Pengujian Ke-5.....	49
Gambar 4.2-14 Hasil <i>Compare 3D Scann</i>	50
Gambar 4.2-15 Grafik Pengujian Ke-6.....	51
Gambar 4.2-16 Hasil <i>Compare</i>	52

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material, dimana sifat mekanik dari material pembentuknya berbeda-beda. Komposit merupakan struktur material yang terdiri dari dua atau lebih kombinasi yang konstituen yang terkombinasi dalam level mikroskopik (Pandiangan, dkk, 2024). Dikarenakan karakteristik pembentuknya berbeda-beda, maka akan dihasilkan material baru yaitu komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material-material pembentuknya. Untuk penggunaan dan pemanfaatan material komposit saat ini semakin berkembang, seiring dengan meningkatnya penggunaan bahan komposit yang semakin meluas salah satu yang memproduksinya adalah PT. Karyatama komposit Teknologi.

PT. Karyatama Komposit Teknologi adalah perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur komposit khususnya pada produksi material karbon fiber, antara lain kap mobil, *body drone*, *tubing*, *bottle cage*, *escape muffler*, dan lain sebagainya. Material komposit telah diterapkan di beberapa produk otomotif khususnya body mobil dikarenakan sifat materialnya yang kuat dan ringan (Kajang, G., & Fahar, A. A.,2024). Secara singkat perusahaan tersebut memiliki 5 divisi , *warehouse*, *vacuum division*, *fiber Division*, *Skinning Division*, *Resin Spray Division*, *Initial Finishing Division*, *Final Finishing Division*.

Proses produksi yang dilakukan PT. Karyatama Komposit Teknologi menggunakan 2 metode yaitu *Hand Lay Up* dan *vaccum Infusion*. *Vaccum infusion* adalah teknik pembuatan komposit yang menggunakan vakum untuk menarik resin melalui serat karbon *fiberglass* (Wicaksono, D., & Setiawan, F,2023). Pada metode pembuatan *molding* di PT. Karyatama Komposit Teknologi menggunakan *molding* dengan material resin polyester. Meskipun dengan menggunakan metode ini mampu untuk menekan cost rendah namun masih terdapat beberapa kekurangan yaitu *durability* yang masih rendah, proses produksi yang lebih lama, karena proses pengeringan resin tidak bisa di percepat dengan bantuan *oven* dan lemah akan ketahanan terhadap suhu tinggi. Oleh karena itu, ide yang di usulkan penulis adalah membuat *molding* komposit dengan material *epoxy* supaya dapat meningkatkan *durability* dan juga mempercepat waktu produksi karbon. Pada penggunaan

material *fiberglass* akan menyebabkan nilai kuat tekan menjadi lebih rendah. Sebaliknya, penggunaan *fiberglass* di dalam campuran *epoxy* resin pada cetakan akan membuat lebih kuat. Dari hasil uji kuat tekan, menunjukkan berbanding lurus melebihi nilai kuat dengan *fiberglass* (Utomo, B., & Nurjannah, S. A, 2021).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan pada latar belakang, maka perlu dirumuskan masalah-masalah yang perlu di selesaikan pada penelitian ini.

1. Bagaimana cara untuk menguji kemampuan material resin *epoxy* sebagai cetakan komposit serat karbon?
2. Apakah dengan cetakan resin *epoxy* dan juga metode curing oven bisa meningkatkan efisiensi produksi?
3. Bagaimana hasil pengujian ketahanan (*durability*) pada cetakan menggunakan material resin *epoxy*?
4. Apakah cetakan dapat digunakan pada material berbahan karbon *prepreg* atau tidak?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Dalam pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *molding* berbahan material resin *epoxy*.
2. Melakukan pengujian efisiensi produksi yang sebelumnya memakan waktu 48 jam untuk sekali produksi.
3. Melakukan pengujian dengan metode *vacuum infusion* dan juga *curing oven*.
4. Melakukan pengujian durability sebanyak 25 kali pengujian.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Adapun tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah:

1. Menguji kemampuan material resin *epoxy* sebagai cetakan komposit serat karbon.

2. Membuat cetakan berbahan dasar resin *epoxy* dengan *cover* radiator mobil Toyota Fortuner.
3. Melakukan analisis *deformasi* sebelum dan sesudah di *curing* untuk mengetahui *durability* cetakan.
4. Melakukan pengujian efisiensi produksi sebanyak 25 kali.
5. Mencari temperatur suhu dan waktu untuk penggunaan material karbon *prepreg*.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Adapun manfaat yang diperoleh dari perancangan ini adalah:

1. Memberikan alternatif lain untuk pembuatan produk komposit serat karbon.
2. Memberikan informasi proses pembuatan produk komposit serat karbon menggunakan metode *curing oven*.
3. Memberikan informasi temperatur suhu dan waktu untuk pematangan karbon *prepreg*.
4. Memberikan informasi untuk meningkatkan *efisiensi* produksi cetakan cover radiator Toyota Fortuner pada PT. Karyatama komposit Indonesia.

1.6 Sistematika Penulisan

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

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah tujuan perancangan, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan mengenai kajian pustaka dan menjelaskan dasar teori yang digunakan dalam perancangan yang dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan alur penelitian, peralatan dan bahan, serta proses pengerjaan dari penelitian ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil dari proses pengerjaan, dan pembahasan dari penelitian.

BAB V PENUTUP

Bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan dan saran untuk perancangan selanjutnya agar lebih baik selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Proses pembuatan produk komposit dapat dilakukan dengan berbagai cara. Cara yang paling banyak digunakan adalah metode *hand lay-up*, metode ini merupakan metode yang paling mudah dan sederhana karena alat bantu yang dibutuhkan mudah ditemukan (Prasetya, Dadang Sanjaya Atmaja, 2022). Cetakan pada komposit serat karbon umumnya menggunakan material berbahan resin *polyester*, hal ini disebabkan karena harga daripada resin tersebut cukup ekonomis dibandingkan dengan resin *epoxy* yang kualitasnya jauh lebih baik di bandingkan resin *polyester*, hal ini dilihat dari kekuatan dan juga durability resin polyester dibandingkan dengan resin epoksi.

Vaccum infusion adalah salah satu proses pembuatan komposit, proses *vaccum infusion* kita hanya membutuhkan tenaga untuk menata *carbon fiber* saja, (Maulana, Fauzan, 2024). *Vaccum infusion* metode alat yang digunakan untuk membuat material komposit dengan cara *modern*, lebih efisien dan ringan. Proses *vaccum infusion* adalah proses cetakan tertutup yang mampu menghasilkan kinerja tinggi skala besar dengan biaya perkakas rendah. Keunggulan *vaccum infusion* adalah desain perkakas cetakan yang *fleksibel* dan pemilihan bahan cetakan, mampu memproduksi bagian komposit yang besar dan kompleks dengan kualitas yang baik.

Serat karbon (karbon fiber) sebagai alternatif serat grafit, grafit karbon atau karbon fiber adalah bahan yang terdiri dari serat yang sangat tipis sekitar 0.005-0.010 mm dan sebagian besar terdiri dari atom karbon. Atom karbon yang terikat bersama dalam kristal mikroskopis yang lebih atau kurang sesuai sejajar dengan sumbu panjang serat. kesesuaian kristal membuat serat yang sangat kuat dan ringan. Serat karbon memiliki banyak pola menenun yang berbeda dan dapat di kombinasikan dengan resin atau di cetak untuk membentuk material komposit seperti plastik yang di perkuat serat karbon. Kepadatan serat karbon juga lebih rendah daripada baja, sehingga

ideal untuk aplikasi yang memerlukan berat benda yang rendah. Sifat dari serat karbon seperti kekuatan tarik tinggi, berat badan rendah, dan ekspansi termal rendah membuatnya sangat populer di gunakan dalam berbagai macam hal seperti industri otomotif, pesawat terbang peralatan olahraga dan yang lain nya (Pramono, Setyo Permana Sutisna, 2017).

Salah satu bahan material yang memiliki reaksi untuk menambah daya tahan yang kuat jika terkena epoxy resin yaitu fiberglass (Jagarapu, dkk. 2016) Keuntungan menggunakan resin polimerik adalah memiliki kekuatan mekanis yang tinggi, durabilitas tinggi, dan ketahanan terhadap serangan kimia

Resin poliester telah digunakan sebagai matriks untuk material komposit dan material komposit canggih ini pada akhirnya akan digunakan dalam berbagai aplikasi industri, seperti di industri kedirgantaraan, otomotif, dan kelautan (Apicella et al. 1983; Kosar & Gomzi 2010; Visco et al. 2008). Namun, kerapuhan poliester membatasi sebagian besar aplikasinya yang memerlukan ketangguhan. Oleh karena itu, banyak upaya telah dilakukan untuk mengatasi masalah kerapuhan matriks poliester.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Komposit

Pengertian bahan komposit berarti terdiri dari dua atau lebih bahan yang di gabung atau di campur secara *makroskopis* menjadi satu bahan yang berguna (Jones, 1975). Komposit merupakan bahan gabungan secara makro, maka bahan komposit dapat didefinisikan sebagai suatu material yang tergabung dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berada di dalam bentuk atau komposisi material yang pada dasarnya tidak dapat di pisahkan (Schwartz, 1984). Bahan komposit secara umum terdiri dari penguat dan matriks.

Sifat-sifat komposit tidak dapat di lepaskan dari pengaruh kekuatan serat sebagai salah satu penyusunan utama komposit, dengan kandungan serat yang tinggi maka kekuatan tariknya juga akan tinggi, tetapi dengan kekuatan tarik yang tinggi belum tentu sifat-sifat lain juga akan lebih baik. Oleh karena itu

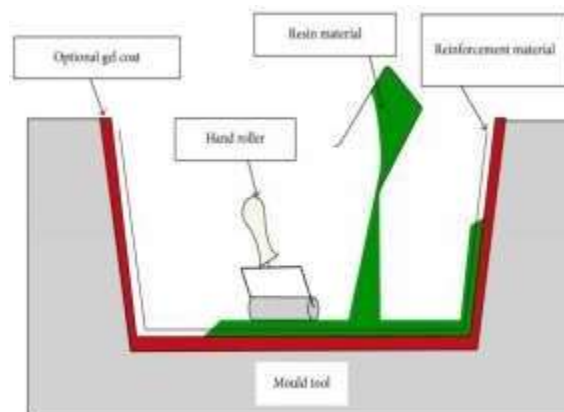
perbandingan jumlah resin dan serat merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan sifat-sifat material komposit (Lukkassen D. dan Meidell A, 2007).

Tujuan pembuatan material komposit yaitu sebagai berikut :

1. Memperbaiki sifat mekanik atau sifat spesifik tertentu.
2. Mempermudah bentuk yang sulit pada manufaktur.
3. Keleluasaan dalam bentuk yang dapat menghemat biaya.
4. Keleluasaan dalam bentuk yang dapat menghemat biaya.

2.2.2 *Hand lay-up*

Proses *Hand Lay-Up* merupakan proses laminasi serat secara manual, dimana merupakan metode pertama dalam pembuatan komposit. *Metode Hand Lay-Up* lebih ditekankan untuk pembuatan produk yang sederhana dan hanya menuntut satu sisi saja yang memiliki permukaan halus (Gibson, 1994).



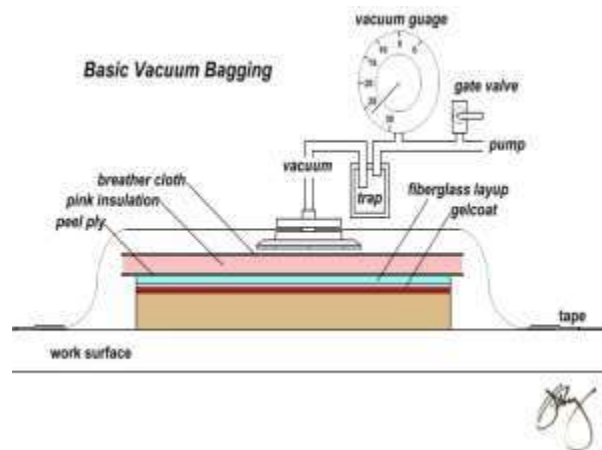
Gambar 2.2-1 Proses Hand Lay-up

2.2.3 *Vacuum Bagging*

Vacuum bagging adalah teknik yang digunakan untuk menciptakan tekanan mekanis pada laminasi selama siklus penyebaran resin. Penekanan laminasi komposit memiliki beberapa fungsi. Pertama, ini menghilangkan udara yang terjebak di antara lapisan. Kedua, ini memadatkan lapisan serat untuk transmisi gaya yang efisien di antara bundel serat dan mencegah pergeseran orientasi serat selama proses penyembuhan. Selanjutnya yang ketiga adalah mengurangi

kelembaban. Teknik mengantongi vakum mengoptimalkan rasio serat ke resin di bagian komposit. Ketika laminasi disegel tekanan udara di dalam cetakan dan di luar cetakan sama dengan tekanan *atmosfer*, sekitar 14,7 Psi. Kemudian pompa 16 vakum dinyalakan tekanan di dalam cetakan berkurang sementara tekanan di luar cetakan tetap pada 14,7 Psi.

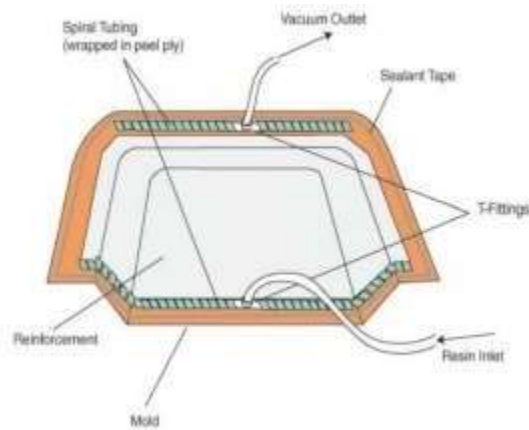
Tekanan *atmosfer* menekan semua sisi cetakan secara bersamaan, bahkan di atas permukaan cetakan. Perbedaan tekanan antara bagian dalam dan luar cetakan menentukan gaya yang timbul pada saat menekan laminasi apabila vakum bekerja sempurna dan dapat menghilangkan udara di dalam cetakan semua sisi cetakan bertekanan 14,7 Psi. Sehingga perbedaan tekanan yang terjadi pada dalam cetakan sebesar 6-12,5 Psi.



Gambar 2.2-2 Proses Vacuum Bagging
(Sumber: Gibson, 1994)

Vacuum infusion proses adalah teknik yang menggunakan tekanan vakum untuk mendorong resin ke laminasi. Serat ditempatkan ke dalam cetakan dan vakum diterapkan sebelum resin dimasukkan. Setelah vakum lengkap tercapai, resin terhisap ke dalam laminasi melalui tabung.

Pilihan resin adalah aspek kunci dari *vacuum infusion* karena yang harus diperhatikan adalah viskositas resin. *Viskositas* yang rendah akan membantu saat proses vakum karena memungkinkan penyebaran resin yang mudah. Namun, bukan berarti bahwa resin *viskositas* lebih tinggi tidak akan bekerja, tetapi saat proses vakum membutuhkan lebih berhati-hati perencanaan, garis resin lebih, dan media arus lebih.



Gambar 2.2-3 Proses *Vacuum Infusion*
(Sumber : Gibson, 1994)

2.2.4 Resin

Resin adalah istilah umum yang digunakan untuk menunjuk polimer, bahan *prekursor polimer* dan campuran atau formulasi dengan berbagai zat aditif atau komponen kimiawi reaktif. Bahan kimia komposisi dan sifat fisik dari resin, secara fundamental mempengaruhi pemrosesan, fabrikasi dan sifat-sifat akhir dari material komposit. Variasi dalam komposisi, keadaan fisik, atau *morfologi* resin dan kehadiran kotoran atau kontaminan dalam resin dapat mempengaruhi kemampuan untuk ditangani dan dapat diproses, sifat lamina laminasi, dan kinerja material komposit dan daya tahan jangka panjang.

Bagian ini menjelaskan bahan resin yang digunakan dalam komposit matriks polimer dan perekat, dan mempertimbangkan sumber-sumber yang mungkin dan konsekuensi dari variasi dalam kimia resin dan komposisi, serta efek dari kotoran dan kontaminan, pada karakteristik pengolahan resin dan pada sifat resin dan komposit. (Schwartz, 1984)

1. Resin *epoxy* berbentuk cairan kental atau hampir padat yang memiliki sifat mekanik, listrik, kestabilan dimensi, daya rekat dan penahan panas yang baik. *Resin epoxy* memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dari pada *resin polyester*.
2. *Resin polyester* mempunyai daya tahan terhadap impak, tahan terhadap cuaca, transparan dan efek permukaan yang baik.

3. *Resin Bisphenolic* ini memiliki karakter yang tahan terhadap asam, basa dan garam.

2.2.5 Hardener

Metyl Etyl Keton Peroksida (MEKOP) yaitu bahan kimia yang dikenal dengan sebutan *hardener* atau katalis. *Hardener* ini termasuk senyawa *polimer* dengan bentuk cair berwarna bening. Fungsi dari *hardener* ini adalah mempercepat proses pengeringan (*curing*) pada bahan matrik suatu komposit. Semakin banyak *hardener* yang dicampurkan pada matrik akan mempercepat proses pengeringan, akan tetapi akibat mencampurkan *hardener* terlalu banyak akan menyebabkan komposit menjadi getas. Penggunaan *hardener* sesuai dengan kebutuhan.

2.2.6 Fiber carbon (serat karbon)

Serat karbon muncul di pasaran pada tahun 1960 dan diproduksi dari serat organik (rayon, akrilik, dll) atau dari sisa minyak bumi. Serat karbon adalah serat penguat paling kaku dan kuat untuk komposit *polimer* yang paling banyak digunakan setelah serat kaca. Serat karbon sangat mahal dan dapat memberikan korosi *galvanik* saat kontak dengan logam (Lukkassen D, dan Meidell A 2007). Persamaan matematika sebaiknya dituliskan menggunakan *MS Equation* dan diberi nomor persamaan yang didahului nomor bab.

2.2.7 Fiberglass (Serat kaca)

Fiberglass reinforced plastic (FRP) adalah produk yang terdiri dari campuran resin, bahan penguat dan *additive* (bahan tambahan) yang digabung dan di proses agar mendapatkan hasil produk yang sesuai dengan kebutuhan.

2.2.8 Molding

Molding adalah proses manufaktur yang menggunakan cetakan atau *mold* untuk membentuk material mentah menjadi bentuk yang diinginkan. Proses ini melibatkan penggunaan tekanan, panas, atau kombinasi keduanya untuk memadatkan bahan mentah ke dalam bentuk cetakan yang telah ditentukan

sebelumnya. Hasil dari proses *molding* ini bisa berupa produk tunggal atau komponen yang akan digabungkan dengan bagian lain untuk membentuk produk akhir.

2.2.9 Curing

Curing adalah proses memanaskan produk komposit pada temperatur yang tinggi supaya material pengikat memiliki sifat mekanis yang cukup kuat. Pada saat kondisi suhu ruangan proses *curing* sudah terjadi, akan tetapi kekuatan dari material pengikat masih rendah. Proses *curing* yang baik dilakukan pada suhu yang tinggi atau diatas suhu ruangan. Peningkatan suhu dalam proses *curing* ini merupakan proses yang penting dilakukan agar produk yang dihasilkan memiliki sifat mekanis yang lebih baik.

Ketika proses *curing* berlangsung terdapat suatu proses yang terjadi didalamnya yang di sebut *cross-linking*. Proses ini terjadi disebabkan oleh reaksi kimia yang terjadi antara resin *epoxy* dan juga katalis. Pada proses ini katalis memiliki fungsi sebagai mempercepat proses tersebut terjadi maka dibutuhkan suhu yang tinggi. Namun pada penggunaannya, katalis harus sesuai dengan ukuran yang telah di tentukan. Ketika penggunaan katalis terlalu banyak maka proses pengerasan akan terjadi sangat cepat sehingga menghasilkan udara yang terjebak yang mana hal tersebut mempengaruhi kualitas yang di hasilkan. Begitu sebaliknya apabila katalis terlalu sedikit proses pengeringan *epoxy* akan menjadi lambat.

2.2.10 Cover Radiator Fortuner

Cover radiator Toyota Fortuner adalah pelindung atau penutup radiator yang digunakan pada Toyota Fortuner VRZ. Komponen ini berfungsi untuk:

1. Melindungi radiator/Mencegah benturan dari kerikil, debu, atau benda asing yang bisa merusak kisi-kisi radiator.
2. Meningkatkan pendinginan atau beberapa desain cover radiator dibuat untuk mengoptimalkan aliran udara ke radiator, sehingga membantu sistem pendinginan mesin.
3. Tampilan estetika *cover* radiator juga bisa menambah kesan sporty dan gagah pada tampilan depan mobil.

Biasanya, cover radiator VRZ terbuat dari bahan plastik ABS atau besi dengan desain berlubang untuk menjaga sirkulasi udara. Ada juga model aftermarket dengan desain khusus yang bisa disesuaikan dengan selera pemilik kendaraan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2-4 berikut.

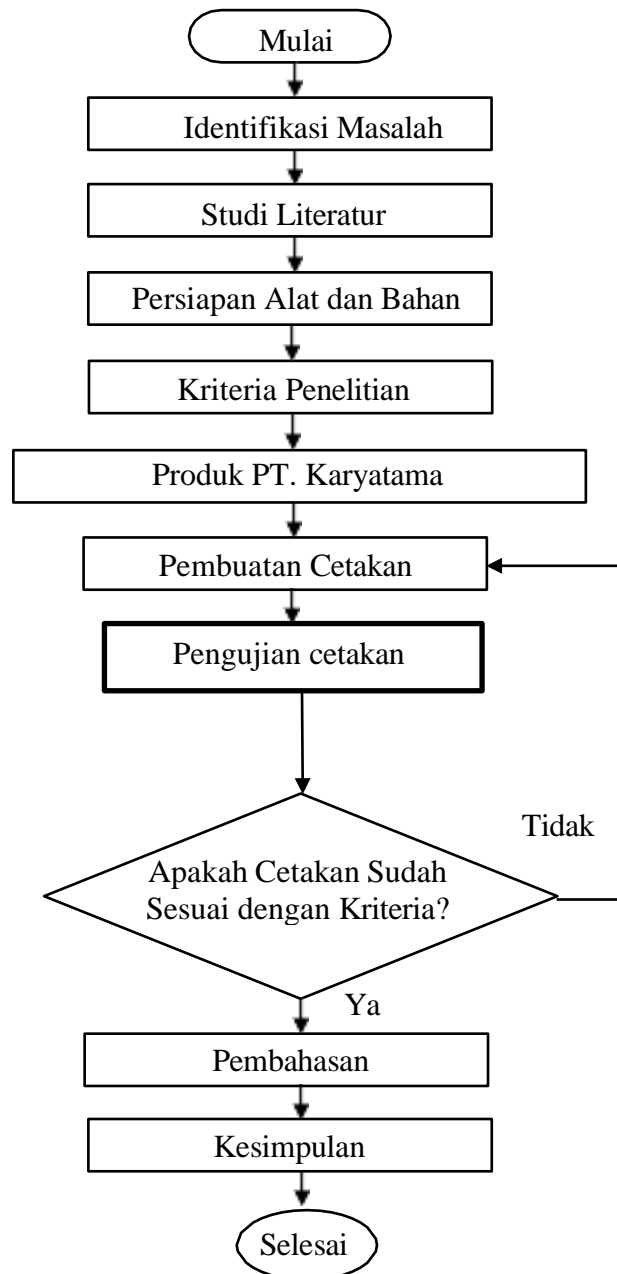


Gambar 2.2-4 *Cover Radiator Fortuner*

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



Gambar 3.1-1 Alur Penelitian

3.2 Peralatan dan Bahan

Adapun bahan dan alat yang dibutuhkan sebagai pendukung dalam melakukan perancangan dapat dilihat pada tabel 3-1 dan alat dapat dilihat pada tabel 3-2.

Tabel 3.2-1 Bahan

No	Nama Bahan	Fungsi
1.	<i>Master produk</i>	Untuk membuat pola cetakan
2.	Karton	Digunakan sebagai agen pelepas pada proses pencetakan untuk mencegah bahan cetakan menempel pada model atau cetakan.
3.	<i>Gelcoat</i>	Sebagai lapisan pertama ke dalam cetakan sebelum serat karbon dan resin ditambahkan.
4.	<i>Fiberglass</i> WR450 dan WR250	<i>Fiberglass</i> digunakan bersama resin (seperti <i>resin poliester</i> atau <i>epoxy</i>) untuk membuat lapisan yang kuat dan kaku.
5.	Pipa PVC	Di gunakan sebagai penguat cetakan bagian luar/sebagai tulangan
6.	Resin epoxy	<i>Resin epoxy</i> digunakan sebagai matriks yang mengikat serat penguat seperti serat karbon, <i>fiberglass</i> , atau <i>Kevlar</i>
7.	<i>Hardener</i>	<i>Hardener</i> di gunakan untuk mengubah resin cair menjadi material padat yang kuat dan tahan lama melalui proses kimia yang dikenal sebagai <i>polimerisasi</i> atau pengawetan

8.	Serat Karbon	Serat karbon digunakan dalam komposit untuk membuat material yang sangat kuat namun ringan
9.	<i>Miracle gloss</i>	Digunakan sebagai pembersih permukaan pada cetakan
10	<i>Velcro</i> Perekat	Untuk menggabungkan plastik vakum bagian atas dan juga bawah

Tabel 3.2-2 Alat

No	Nama Alat	Fungsi
1.	Kuas	Digunakan sebagai alat untuk melaminasi <i>gelcoat</i> dan juga resin pada cetakan
2.	Gunting	Digunakan untuk memotong <i>fiberglass</i> dan juga kertas karton PVA
3.	<i>Oven</i>	Digunakan untuk memanaskan cetakan
4.	<i>Vacuum</i>	Digunakan untuk menyedot udara pada plastik <i>vacuum</i>
5.	Timbangan	Untuk menimbang <i>resin</i> dan juga <i>hardener</i>
6.	Gerinda	Untuk memotong bagian samping cetakan yang tidak digunakan
7.	Laptop	Untuk menjalankan <i>software polyworks</i> dan juga untuk menyusun laporan
8.	<i>ZG Technology 3D Scann Rigel</i>	Untuk memindai objek fisik dan menghasilkan representasi digital dalam bentuk model <i>3d</i>
9.	Amplas	Untuk menghaluskan dan merapihkan bagian cetakan

3.3 Pembuatan Cetakan

Langkah-langkah/tahapan pembuatan *molding* material resin *epoxy*:

1. *Prepare master produk* Cover Radiator VRZ, pastikan master produk dalam keadaan tidak rusak dan siap di gunakan untuk tahapan selanjutnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3-1 berikut.



Gambar 3.3-1 *Prepare Master Produk*

2. Pembuatan *Flange*, pembuatan *flange* ini meliputi proses pengaplikasian *release agent wax/mirror*. Oleskan *release agent wax/mirror* sebanyak 3 kali, setiap kali oles tunggu kering dan dilap bersih (estimasi waktu 10 menit hingga kering). Aplikasikan *release agent PVA*, gunakan spon yang bersih dan tunggu sampai PVA kering, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3-2 berikut.



Gambar 3.3-2 Pembuatan *Flange*

3. Dasaran *gelcoat* dan 3610, aplikasikan *gelcoat tooling* secara merata. Aplikasikan 2 lapis *gelcoat* 3610, tiap lapis diberi jeda kurang lebih 1 jam hingga kering sebelum dilanjutkan lapisan berikutnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3-3 berikut.



Gambar 3.3-3 Dasaran *Gelcoat*

4. Penguatan *fiberglass*, meliputi beberapa proses di antaranya aplikasikan *gelcoat* dempul, aplikasikan *gelcoat* dempul 1 lapis kemudian fiberglass WR 200 sebanyak 3 layering, lalu aplikasikan *gelcoat* dempul 1 lapis kemudian fiberglass WR 450 sebanyak 4 layering. Setelah kering potong bagian pinggir cetakan yang tidak terpakai seperti di tunjukan pada Gambar 3.3-4 berikut.



Gambar 3.3-4 Penguatan *Fiberglass*

5. Penguatan *fiberglass*, lakukan proses poin ke-4. Setelah selesai dan kering lepas baut *insert nut*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3-5 berikut.



Gambar 3.3-5 Penguatan *Fiberglass*

6. Pembuatan tulangan, potong pipa PVC dan susun mengelilingi produk lalu lapisi dengan dempul *gelcoat* dan *fiberglass* 450 sebanyak 8 lapis, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3-6 berikut.



Gambar 3.3-6 Pembuatan Tulangan

7. Pemotongan akhir, potong sisa fiberglass mengikuti potongan pada langkah kerja nomor ke-4, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3-7 berikut.



Gambar 3.3-7 Pemotongan Akhir

8. *Demolding* dan *Finishing*, buka dengan hati-hati pada bagian tengah cetakan lalu amplas basah dengan amplas ukuran 240, 400, dan juga 800, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3-8 berikut.



Gambar 3.3-8 Hasil Akhir *Molding*

3.4 Proses Produksi

Proses pengujian ini dilakukan dengan cara membuat produk komposit karbon dengan beberapa cara di antaranya vaccum infusion, prepreg, dan juga vaccum infusion oven, adapun beberapa tahapan proses membuat produk sebagai berikut:

1. *Prepare* cetakan

Prepare cetakan sebelum di lakukannya pemasangan karbon pada cetakan, dilakukan pembersihan dan juga pengaplikasian pelepasan pada cetakan, lapisan pelepasan (*release agent*) di terapkan untuk memudahkan pelepasan produk komposit dari cetakan setelah proses selesai, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4-1 berikut.



Gambar 3.4-1 *Prepare* Cetakan

2. Penataan lapisan karbon

Pemilihan serat karbon, serat karbon dipilih berdasarkan jenis dan ketebalan yang dibutuhkan sesuai dengan kekuatan dan karakteristik produk yang diinginkan. Penataan lapisan karbon, lapisan serat karbon kemudian ditempatkan secara bertahap dan hati-hati pada cetakan sesuai dengan pola *desain* yang telah ditentukan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4-2 berikut.



Gambar 3.4-2 Penataan Lapis Karbon

3. Pemasangan *peel ply* dan *flow media*

Lapisan *peel ply* (lapisan yang mudah dilepas) ditempatkan diatas serat karbon, *peel ply* berfungsi untuk membantu proses *finishing* permukaan setelah proses infusi. *Flow media* atau bahan perantara aliran dipasang di atas lapisan karbon untuk membantu aliran *resin* secara merata di seluruh permukaan dan memastikan distribusi resin yang baik ke seluruh lapisan serat karbon, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4-3 berikut.



Gambar 3.4-3 Pemasangan *Peel Play* dan *Flow Media*

4. Pemasangan vakum (*vacuum bagging*)

Pemasangan kantong vakum, seluruh lapisan yang telah disusun kemudian dibungkus dengan kantong vakum. Kantong ini adalah plastik kedan udara yang akan menghisap udara dari dalam, menciptakan tekanan negatif yang diperlukan untuk proses infusi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4-4.



Gambar 3.4-4 Pemasangan *Vacuum Bagging*

5. Pengisian resin (*infusi*)

Pengisian resin, setelah sistem vakum terpasang dimasukan kedalam saluran inlet yang terhubung dengan kantong vakum. Tekanan *negatif* yang dihasilkan oleh vakum akan menarik resin melalui serat karbon secara merata, mengisi ruang antar serat karbon hingga seluruh lapisan terinfusi resin, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.4-5 berikut.



Gambar 3.4-5 *Infusi Resin*

6. Pengeringan dan pematatan

Setelah resin *terinfusi* sepenuhnya kedalam serat karbon, proses pematatan dilakukan. Pada beberapa kasus, komposit yang dihasilkan akan dipanaskan dalam oven. Waktu yang dibutuhkan untuk proses ini bervariasi tergantung pada jenis resin yang digunakan, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.4-6 berikut.



Gambar 3.4-6 Pengeringan dan Pematatan

7. Pelepasan karbon

Setelah resin mengeras dan komposit siap, produk dikeluarkan dari cetakan. *Peel ply* yang digunakan di permukaan produk akan dilepaskan untuk memberikan permukaan yang kasar yang siap untuk proses finishing lebih lanjut, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.4-7 berikut.



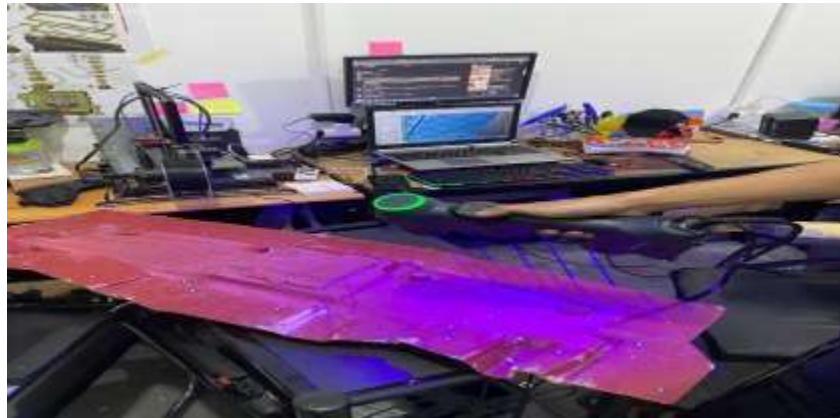
Gambar 3.4-7 Pelepasan Karbon

3.5 Proses Analisis Deformasi

Proses analisis perubahan bentuk dilakukan dengan menggunakan *ZG Technology 3D Scann Rigel* dan juga *software poliworks metrology suite 2020*.

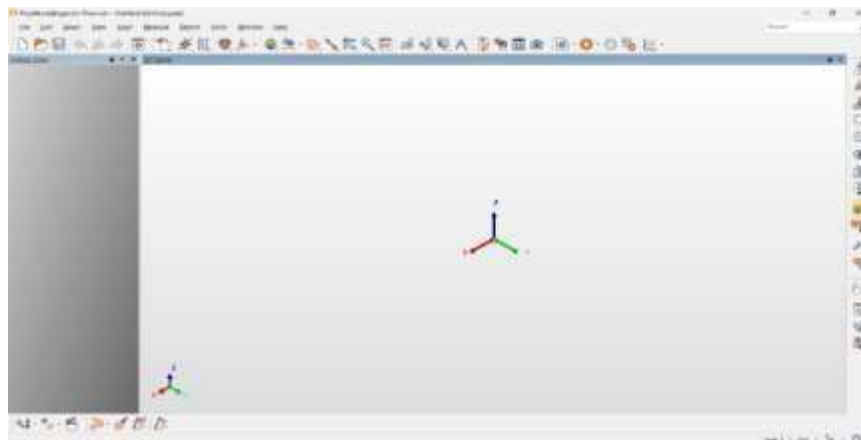
Proses ini dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu:

1. Melakukan *rekontruksi model 3D* cetakan cover radiator VRZ dengan menggunakan alat *3D scanning* yang mana bertujuan untuk menangkap bentuk dan dimensi objek dengan sangat akurat, yang kemudian digunakan untuk analisis lebih lanjut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5-1 berikut.



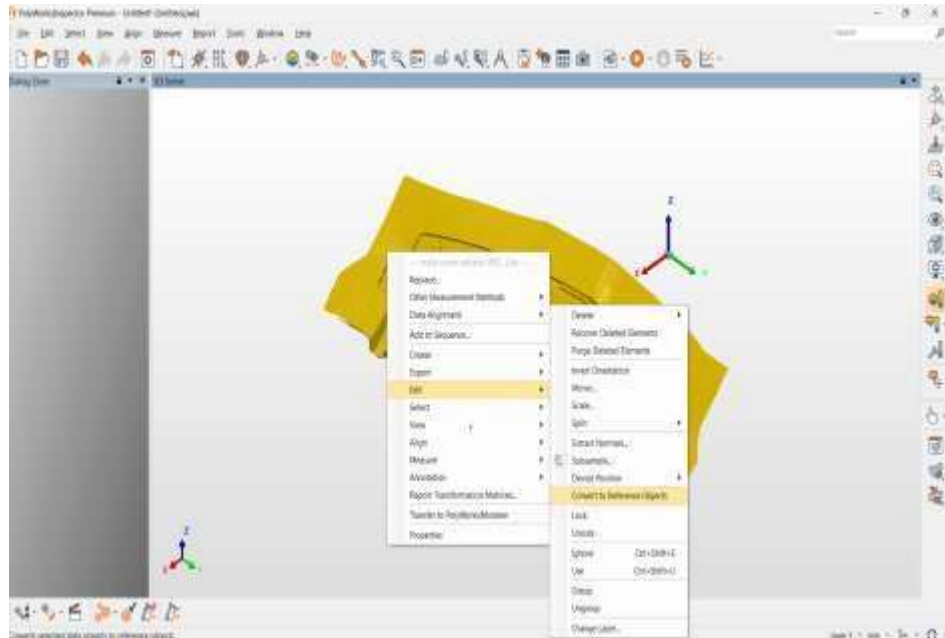
Gambar 3.5-1 Proses 3D Scan Cetakan

2. Membuka *software Polyworks metrology suite 2020*, lalu *import* hasil *3D Scann* yang telah discann sebelumnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5-2 berikut.



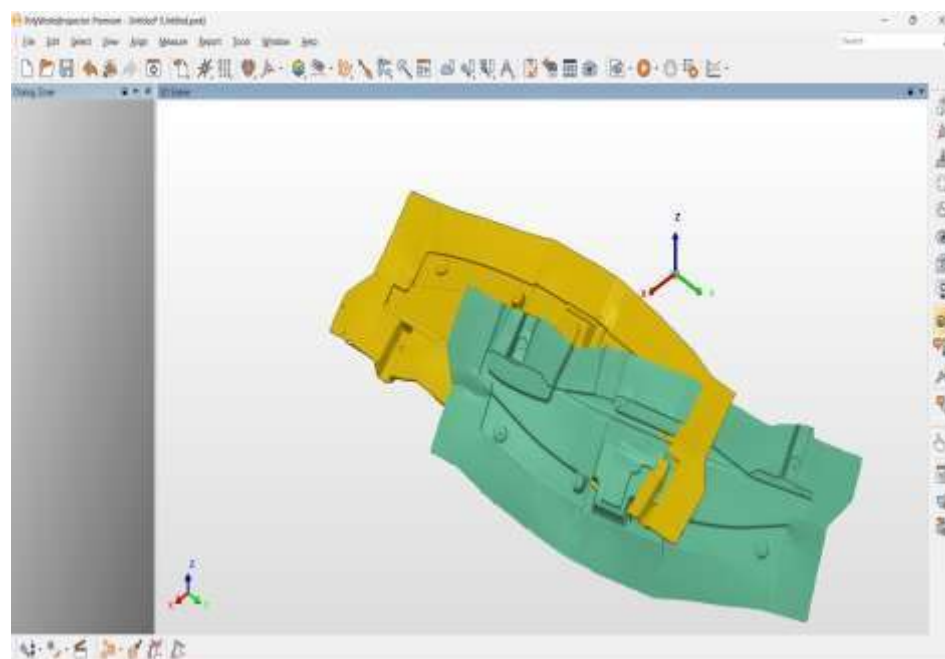
Gambar 3.5-2 Software Polyworks 2020

3. Setelah *file diimport* kemudian klik kanan pada *file* dan pilih *convert to reference object* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5-3 berikut.



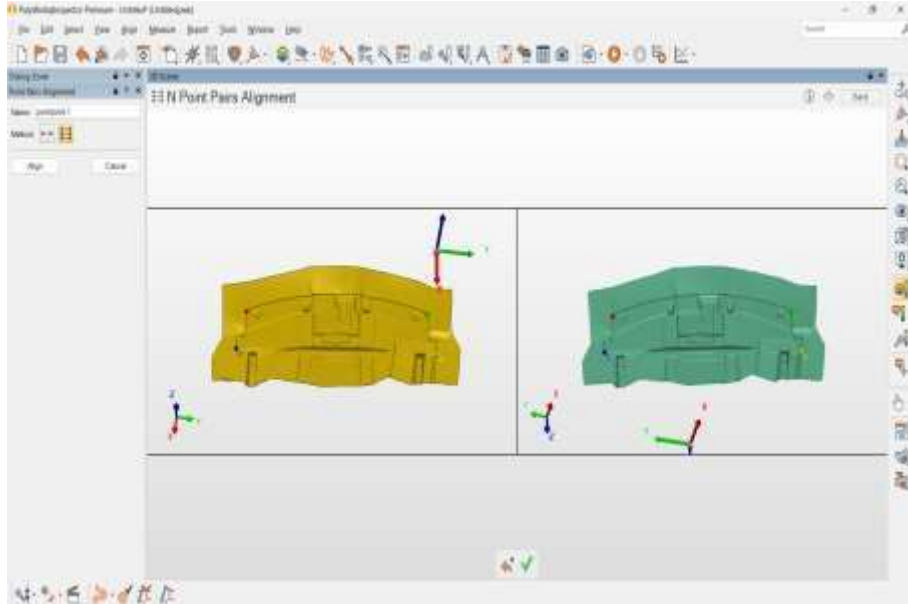
Gambar 3.5-3 Reference Object

4. Langkah berikutnya *import* file kedua yang akan dilakukan pembandingan dan juga analisis *deformasi* atau perubahan bentuk yang ditunjukkan pada Gambar 3.5-4 berikut.



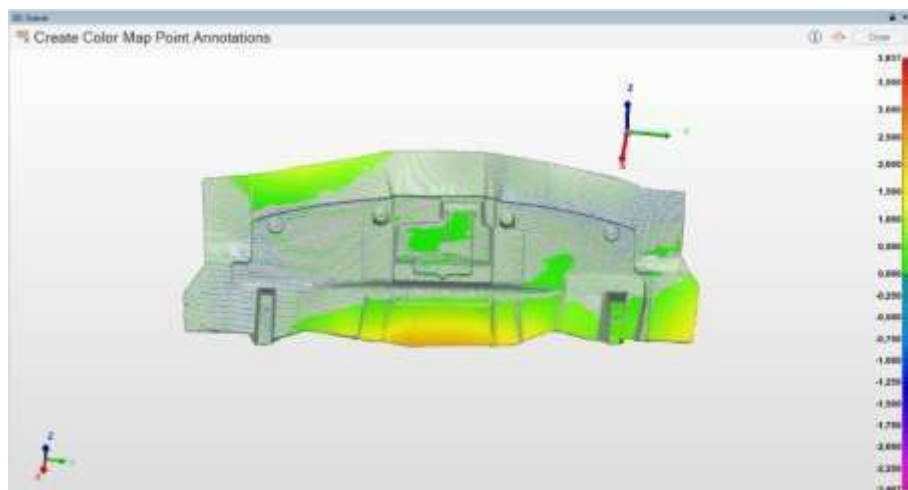
Gambar 3.5-4 Import File

- Melakukan *Point Pairs Alignment* pada kedua *file*. Gabungkan kedua *file* menjadi satu supaya dapat dilakukan tahap selanjutnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5-5 berikut.



Gambar 3.5-5 *Point Pairs Objects*

- Melakukan *measure Surface Defects Of Data Objects* untuk mengetahui perubahan pada cetakan setelah dilakukan pengujian, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5-6 berikut.



Gambar 3.5-6 *Surface Defects Of Data Objects*

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Produksi

Adapun hasil cetakan yang diperoleh adalah produk serat karbon cover radiator vrz dengan menggunakan bahan dan material yang sudah dijelaskan pada Bab 3. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1-1 dibawah.



Gambar 4.1-1 Hasil Produk *Cover* Radiator VRZ

Cetakan dilakukan pengujian berupa pembuatan produk menggunakan bahan komposit serat karbon dengan metode *vacuum infusion*, *vacuum infusion oven*, *prepreg oven*. Proses *vacuum infusion oven* dan *prepreg* dilakukan pengujian dengan cara di *oven* dengan variasi *temperature* tertentu. Pada penelitian ini, pengamatan dilakukan dengan alat *3D scanner* dan menitikberatkan pada kondisi cetakan setelah dilakukannya proses pengujian, perancangan produk cetakan berdasarkan kriteria yang telah di tentukan.

4.2 Hasil Pengujian

4.2.1 Pengujian Kelayakan Cetakan

Proses pengujian dilakukan dengan cara membuat produk *cover* radiator VRZ. Produk cetakan dinyatakan berhasil jika memenuhi kriteria yang telah dijelaskan. Adapun tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan apakah cetakan layak untuk digunakan dan dilakukan pengujian berikutnya, adapun target dari pengujian ini dilakukan diantaranya :

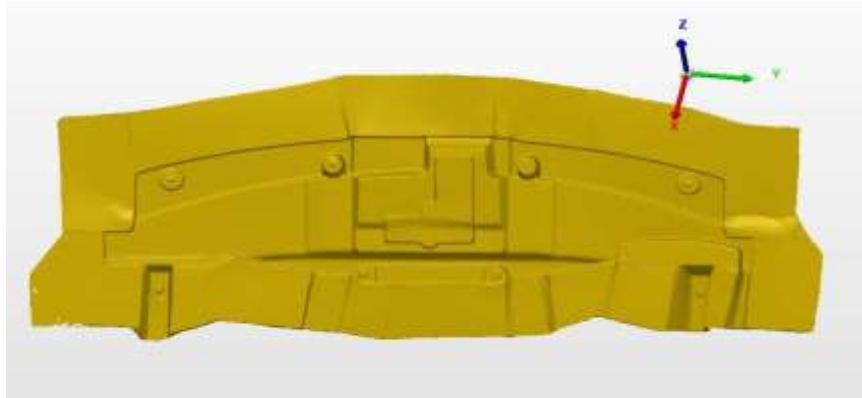
1. Tebal cetakan sebesar 8 mm.
2. Cetakan mampu digunakan sebanyak 25 kali produksi.
3. Kemudahan pelepasan produk dari cetakan.
4. Toleransi dimensi.
5. *Stabilitas termal*.
6. Kekuatan dan kekakuan.

Berikut adalah proses pengujian kelayakan cetakan (*vacuum infusion*) dan hasil produk yang terdapat pada Gambar 4.2-1 di bawah. Proses pengujian yang dilakukan dengan menggunakan *metode curing* pada cetakan dengan suhu ruangan yang berlaku (27°C) selama 48 jam. Pengujian dilanjutkan dengan melakukan pengukuran di beberapa titik pada bagian cetakan untuk memperoleh data ketebalan dari cetakan.



Gambar 4.2-1 *Vacuum Infusion Cover* Radiator VRZ

Berdasarkan hasil dari pengujian dan pengukuran, bahwa cetakan memperoleh tebal sebesar 8 mm. Dengan hasil tersebut cetakan dinyatakan layak untuk digunakan pada pengujian berikutnya, dikarenakan hasil yang diperoleh memenuhi kriteria yang ditargetkan.



Gambar 4.2-2 Hasil 3D Scanner

Setelah hasil cetakan dinyatakan layak untuk digunakan, tahap selanjutnya dilakukan *3d scanning* pada cetakan menggunakan alat *scanner* dan juga *software polyworks*, dengan tujuan hasil *3d scan* digunakan sebagai bahan *compare/pembandingan* pada pengujian berikutnya.

4.2.2 Pengujian Efisiensi Produksi

Pengujian kali ini dilakukan bertujuan untuk menguji apakah cetakan ini mampu untuk mempersingkat waktu pada proses produksi dengan menggunakan metode *vacuum infusion curing oven* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2-3, dengan parameter dan variasi suhu yang diambil dari jurnal uji *molding prepreg youtube composites*. Adapun kriteria yang dapat menyatakan bahwa cetakan ini mampu mempersingkat proses waktu produksi apabila proses tersebut mampu terselesaikan kurang dari 48 jam dengan parameter yang sudah tertera, serta tidak mengalami *deformasi* yang signifikan berdasarkan toleransi yang digunakan oleh perusahaan.



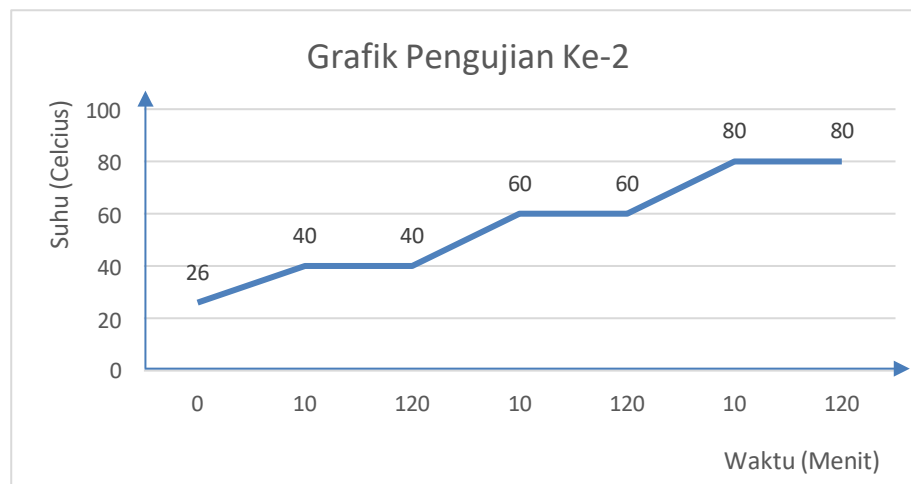
Gambar 4.2-3 Oven

Seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.2-1, data tersebut merupakan parameter yang diperoleh dari jurnal uji *composites molding*, lampiran hasil pengujian dan juga grafik suhu dan waktu yang diperoleh.

Tabel 4.2-1 Parameter Suhu dan Waktu

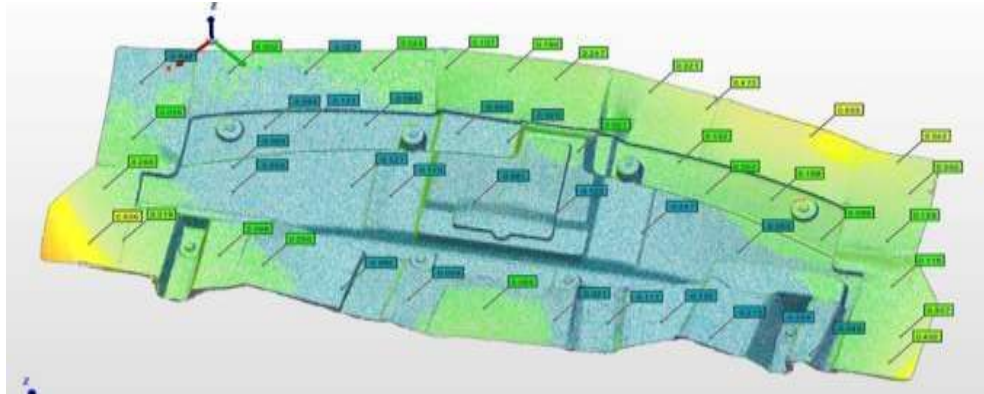
Suhu (°C)	Waktu yang diperoleh (Menit)
26 - 40	10
40	120
40 - 60	10
60	120
60 - 80	15
80	120

Adapun data yang mencangkup parameter yang diperoleh pada saat pengujian menggunakan metode *curing oven*. Kemudian data tersebut adalah sebagai variasi antara suhu dan waktu yang diperoleh. Kemudian data diolah menggunakan *microsoft excel* seperti pada gambar 4-2-4.



Gambar 4.2-4 Grafik Pengujian ke-2

Dari hasil grafik diatas menunjukkan hasil pengujian, yang mana dinyatakan mampu untuk mempersingkat waktu proses produksi dengan perolehan suhu 20°C sampai dengan 80°C selama 6 jam 30 menit, yang sebelumnya penggunaan cetakan tersebut membutuhkan waktu 48 jam untuk produksi. Pada grafik diatas menunjukkan bahwa cetakan dapat digunakan hingga suhu 80°C dengan kurun waktu 6 jam.



Gambar 4.2-5 Hasil *3D Scann*

Pada Gambar *3D Scann* hasil perbandingan pengujian ke-1 dan ke-2 menggunakan *software polyworks* diatas mendapatkan hasil *deformasi* pada bagian *flange/samping* dari cetakan sebesar 0.656 mm dan dari bagian utama dari cetakan dibagian dalam terdapat perubahan sebesar -0.095. Dari hasil terdapat beberapa *deformasi* atau perubahan bentuk namun *deformasi* tersebut masih masuk toleransi perubahan dari standar yang digunakan perusahaan.

4.2.3 Pengujian Pada Material Prepreg

Pengujian ketiga ini dilakukan dengan metode *vacuum infusion oven* yang mana pada pengujian tersebut dilakukan untuk mencari parameter untuk pematangan karbon *prepreg*. Dari hasil yang didapat karbon *prepreg* belum bisa matang maksimal dikarenakan variasi suhu dan waktu yang digunakan belum bisa membuat *prepreg* matang dengan sempurna, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2-6 bawah ini.

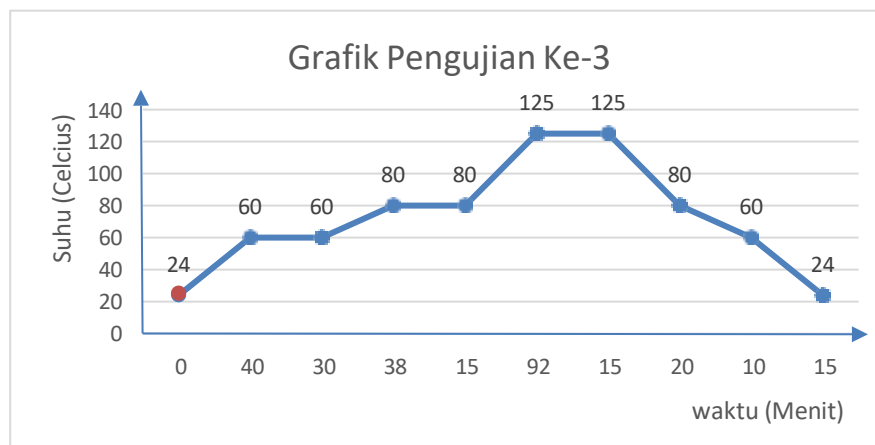


Gambar 4.2-6 Hasil Produk *Prepreg*

Tabel 4.2-2 Parameter Suhu dan Waktu

Suhu (°C)	Waktu (menit)
24-60	40
60	30
60-80	38
80	15
80-125	92
125	15

Tabel 4-2 adalah data yang mencakup suhu dan waktu dimana diperoleh pada saat pengujian menggunakan metode *curing oven*. Adapun data diatas adalah sebagai variasi antara suhu dan waktu. Kemudian data diatas diolah menggunakan *microsoft excel* sehingga memperoleh hasil grafik pengujian ke-3 di bawah.



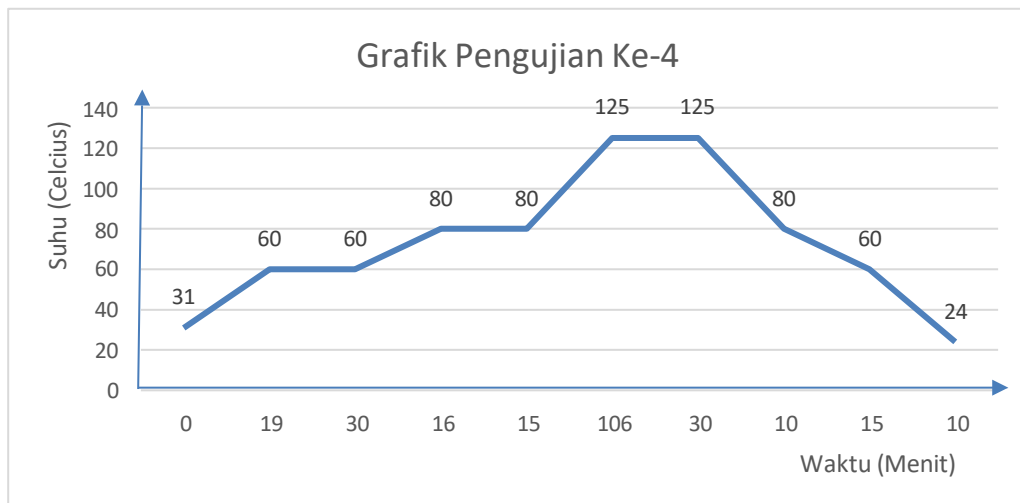
Gambar 4.2-7 Grafik Pengujian ke-3

Berikut adalah grafik variasi suhu dan waktu pengujian ke-3 yang dapat dilihat pada grafik diatas. Pada grafik diatas menunjukkan hasil bahwa penggunaan cetakan dapat digunakan pada meterial karbon *prepreg*, namun pada hasil ini masih belum mendapatkan pematangan yang maksimal, maka diperlukan pengujian kembali pada pengujian ke-4 sampai dengan pengujian ke-5 untuk melihat hasil yang sempurna. Selain itu pengujian ini juga dilakukan untuk mengetahui ketahanan cetakan pada suhu 125°C, untuk hasil *deformasi* dapat dilihat pada Gambar 4.2-8 hasil *compare 3D Scanner* dibawah.

Tabel 4.2-3 Parameter Suhu dan Waktu

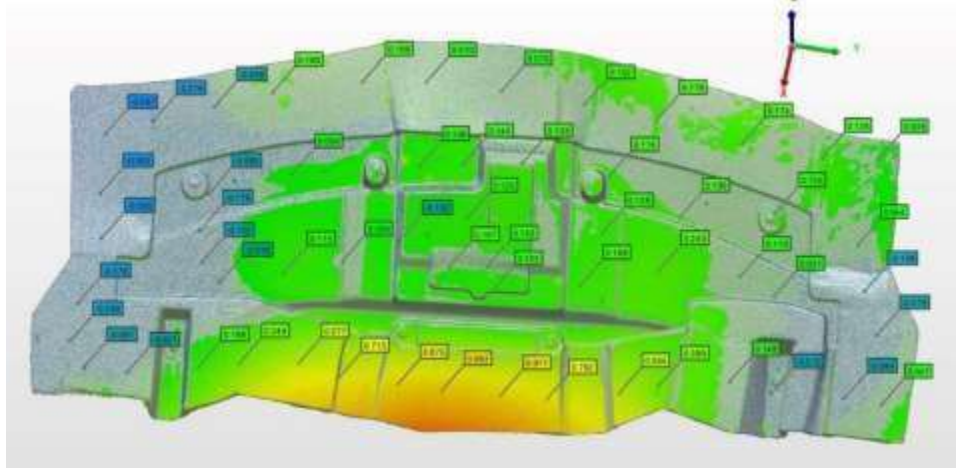
Suhu (°C)	Waktu (menit)
31-60	19
60	30
60-80	16
80	15
80-125	106
125	30

Tabel 4-3 di atas adalah data yang mencakup suhu dan waktu dimana diperoleh pada saat pengujian menggunakan *curing oven*. Adapun data diatas adalah sebagai variasi antara suhu dan waktu. Kemudian data diatas diolah menggunakan *microsoft excel* sehingga memperoleh hasil grafik pengujian ke-3 di bawah.



Gambar 4.2-10 Grafik Pengujian ke-4

Gambar grafik 4.2-10 variasi suhu dan waktu di atas adalah hasil pengujian ke-4. Pada grafik diatas menunjukkan hasil bahwa penggunaan cetakan dapat digunakan pada meterial karbon *prepreg*, namun pada hasil ini masih belum mendapatkan hasil yang maksimal, maka diperlukan pengujian kembali pada pengujian ke-5 sampai dengan pengujian ini berhasil. Selain itu pengujian ini juga dilakukan untuk mengetahui ketahanan cetakan pada suhu 125°C, untuk hasil *deformasi* dapat dilihat pada hasil *compare 3D Scanner* dibawah.

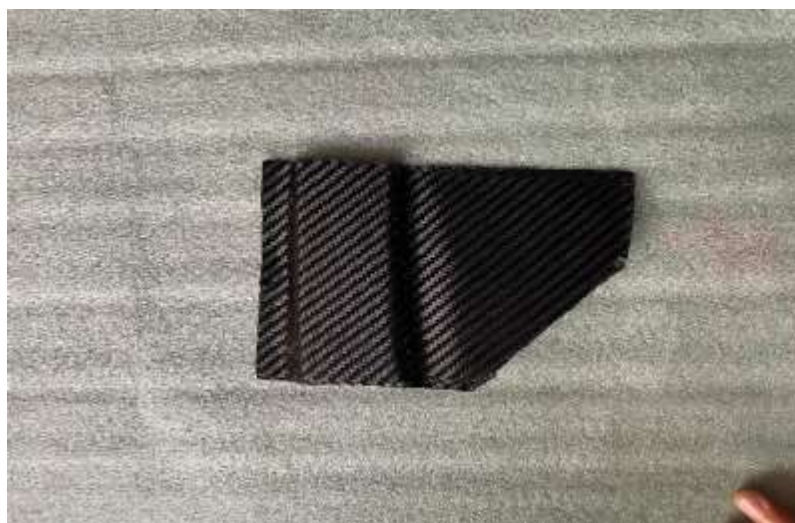


Gambar 4.2-11 Hasil *Compare 3D Scan*

Pada hasil *compare 3D Scanner* pengujian ke-4 ini mendapatkan hasil *deformasi* pada bagian *flange* sebesar 0.963 mm dan pada bagian dalam cetakan terdapat perubahan sebesar 0.167 mm, namun masih dalam termasuk kategori aman untuk dilakukan pengujian kembali.

4.2.5 Pengujian Pada Material Prepreg

Pengujian ke-5 dilakukan dengan metode *vacuum infusion oven* yang mana pada pengujian tersebut dilakukan untuk mencari hasil dari pematangan karbon *prepreg*. Dari hasil yang didapat karbon *prepreg* sudah bisa matang dengan sempurna seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2-12 berikut.

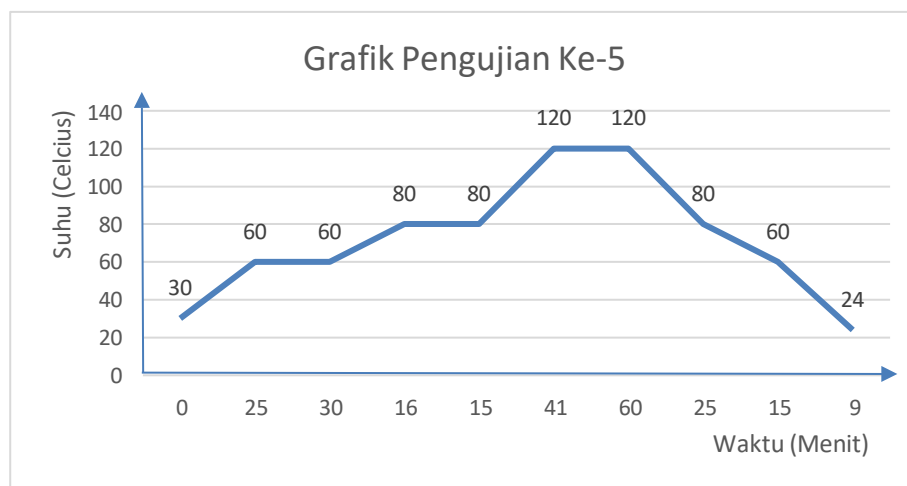


Gambar 4.2-12 Hasil Pematangan Karbon *Prepreg*

Tabel 4.2-4 Parameter Suhu dan Waktu

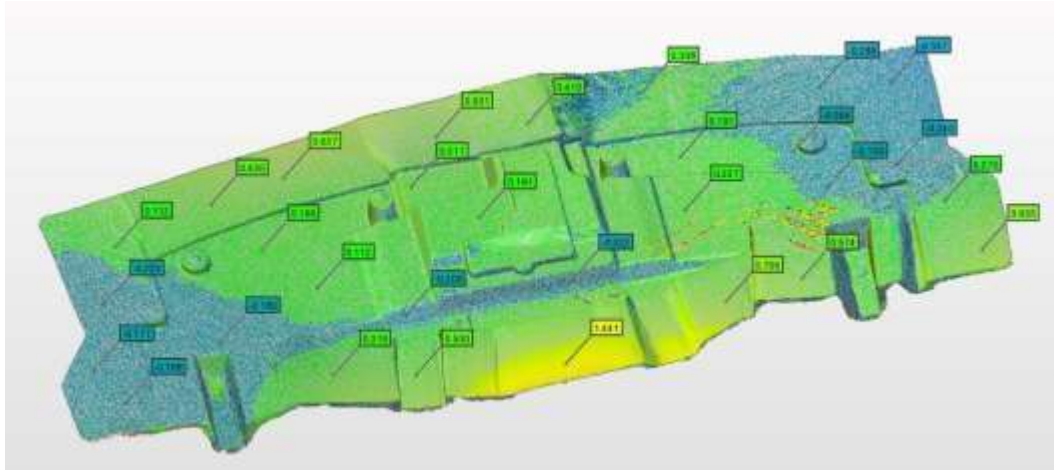
Suhu(°C)	Waktu (menit)
30-60	25
60	30
60-80	15
80	15
80-120	41
120	60

Pada tabel diatas adalah data yang mencangkup suhu dan waktu dimana diperoleh pada saat pengujian menggunakan *curing Oven*. Adapun data diatas adalah sebagai variasi antara suhu dan waktu. Kemudian data diatas diolah menggunakan *microsoft excel* sehingga memperoleh hasil grafik pengujian ke-5 di bawah



Gambar 4.2-13 Grafik Pengujian Ke-5

Gambar 4.2-11 grafik variasi suhu dan waktu di atas adalah hasil pengujian ke-5. Pada grafik diatas menunjukkan hasil bahwa penggunaan cetakan dapat digunakan pada meterial karbon *prepreg* dengan matang sempurna. Selain itu pengujian ini juga dilakukan untuk mengetahui ketahanan cetakan pada suhu 120°C dengan kurun waktu 60 menit, untuk hasil deformasi setelah dilakukannya pengujian ini dapat dilihat pada hasil *compare 3d scanner* berikut.



Gambar 4.2-14 Hasil *Compare 3D Scann*

Pada hasil *compare 3D Scanner* pengujian ke-5 ini mendapatkan hasil *deformasi* pada bagian *flange* sebesar 1,441 mm dan pada bagian dalam cetakan sebesar -0,200 mm, namun masih dalam termasuk kategori aman untuk di gunakan kembali.

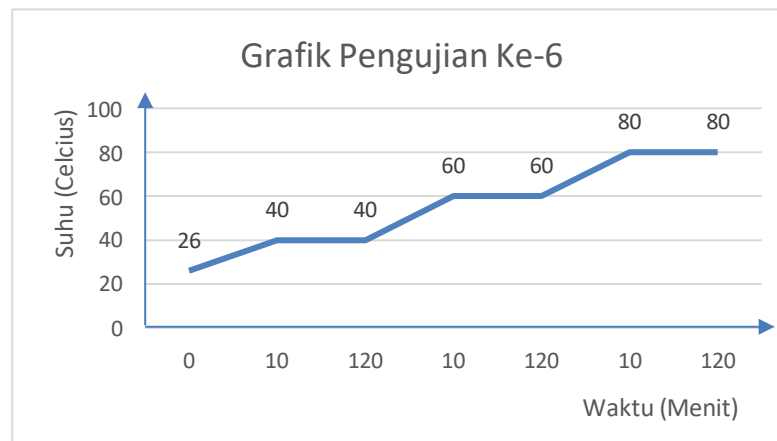
4.2.6 Pengujian *Durability*/Ketahanan

Pengujian ke-6 dilakukan dengan bertujuan untuk mengetahui ketahanan/*durability* dari cetakan. Ketahanan/*durability* yang dimaksud adalah jumlah penggunaan cetakan dengan jumlah penggunaan yang ditentukan tanpa menghasilkan deformasi yang signifikan (tanpa melewati toleransi yang di izinkan). Adapun kriteria pada pengujian kali ini yaitu cetakan dapat digunakan sebanyak 25 kali sesuai dengan standar perusahaan serta tidak menghasilkan deformasi yang signifikan. Pada pengujian ini dilakukan dengan setiap 10 kali pengujian diganti dengan pembuatan produk yang baru dan setelah itu dilakukannya analisis deformasi menggunakan alat *3sd scanner* dan juga *software polyworks*.

Tabel 4.2-5 Parameter Suhu dan Waktu

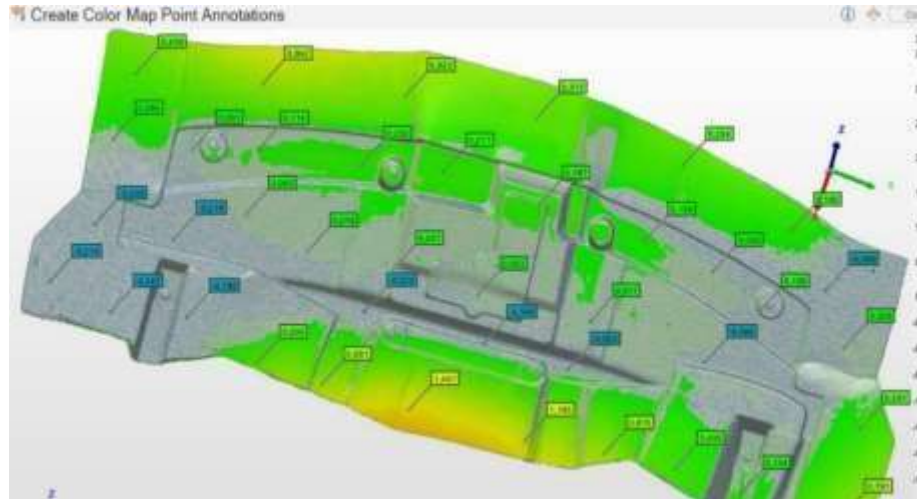
Suhu (°C)	Waktu (Menit)
26 - 40	10
40	120
40 - 60	10
60	120
60 - 80	15
80	120

Seperti yang ditunjukkan pada tabel 4-1, data tersebut merupakan parameter yang diperoleh dari jurnal uji composites molding, lampiran hasil pengujian dan juga grafik suhu dan waktu yang diperoleh.



Gambar 4.2-15 Grafik Pengujian Ke-6

Gambar 4.2-15 grafik variasi suhu dan waktu di atas adalah grafik yang digunakan pada pengujian ke-6. Grafik diatas digunakan sebagai grafik variasi suhu dan waktu pengujian dengan bertujuan untuk mencari ketahanan cetakan terhadap suhu 80°C. Pengujian ini dilakukan sebanyak 27 kali dan dilakukan berulang. Lalu setelah dilakukannya pengujian *curing oven* kemudian dilakukan analisa perubahan cetakan menggunakan alat *3d scan* dan juga *software polyworks*.



Gambar 4.2-16 Hasil *Compare*

Pada hasil *compare 3D Scanner* pengujian ke-4 ini mendapatkan hasil *deformasi* pada bagian *flange* sebesar 1.441 mm dan pada bagian dalam cetakan sebesar - 0.200 mm, namun masih dalam termasuk kategori aman untuk di gunakan kembali.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan yang dapat diambil yaitu:

1. Telah berhasil dibuat cetakan cover radiator mobil fortuner vrz dengan material resin *epoxy*.
2. Telah mendapatkan hasil *durability*/ketahanan cetakan sesuai dengan penggunaan prosedur perusahaan yaitu sebanyak 25 kali pemakaian
3. Telah berhasil menemukan parameter suhu dan waktu untuk pematangan karbon *prepreg* pada PT. Karyatama Komposit Teknologi Indonesia.
4. Telah menemukan metode untuk efisiensi produksi cetakan cover radiator vrz pada PT. Karyatama Komposit Teknologi Indonesia.
5. Dengan menggunakan alat *3d scan* dan juga *software polyworks* dapat mengetahui hasil perubahan/*durability* pada cetakan.

Adapun kendala yang dialami pada saat pengerjaan tugas akhir antara lain sebagai berikut:

1. Perlunya perbaikan oven pada saat pengerjaan pengujian pada PT. karyatama Komposit Indonesia dikarenakan suhu tidak dapat naik dengan signifikan.
2. Plastik bagging dan juga velcro perekat tidak tahan terhadap suhu panas sehingga di ganti dengan bahan yang high temperatur atau tahan terhadap panas.
3. Pada saat pengerjaan memerlukan waktu selama 4 bulan untuk menyelesaikan penelitian.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Pada penelitian selanjutnya diharapkan saat melakukan proses produksi *oven* harus dengan keadaan yang siap untuk digunakan supaya tidak mengalami perbaikan oven pada saat pengerjaan.

.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Akhmad Agung Riyadi, Agung. *Efektifitas Kinerja Mesin CNC Port U Shield 3 Axis Dengan CNC 5 Axis Port U Mach 3 Breakout Board Untuk Pembuatan Casing Hp*. Diss. Universitas Pancasakti Tegal, 2020.
- [2]. Berongga, P. T. P. E., Low, L. F., & BAKAR, A. A. (2013). Fracture toughness and impact strength of hollow epoxy particles-toughened polyester composite. *Sains Malaysiana*, 42(4), 443-448
- [3]. Farishi, A. (2024). *Pembuatan Produk Komposit Cover Shock Breaker Vespa Sprint 150 menggunakan Prepreg Carbon Fiber Melalui Metode Compression Molding* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- [4]. Kajang, G., & Fahar, A. A. (2024). Analisis Sifat Mekanik Material Komposit Berpenguat Serat Karbon. *JNSTA ADPERTISI JOURNAL*, 4(2), 18-22.
- [5]. Maulana, Fauzan, et al. "Perbandingan Kekuatan Bending Material Komposit Penguat Carbon Fiber Dengan Hasil Metode Pembuatan Vacuum Infusion Dan Manual Hand Lay-Up." *MSI Transaction on Education* 5.4 (2024).
- [6]. Nayiroh, N. (2013). Teknologi material komposit. *Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim: Malik*
- [7]. Pandiangan, N. R. G., Rosidah, A. A., Suheni, S., & Irawan, H. (2024, March). Sifat Daya Serap Air dan Kekuatan Tarik Komposit Epoksi Berpenguat Serat Sabut Kelapa. In *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan* (Vol. 4).
- [8]. Prasetya, Henry Widya, Dadang Sanjaya Atmaja, and Dimas Adi Perwira. "Material Komposit Laminasi Serat Karbon-Nylon Dengan Additive Aluminum Powder untuk Body Lori." *Jurnal Penelitian Sekolah Tinggi Transportasi Darat* 13.2 (2022).
- [9]. Pramono, Gatot Eka, and Setya Permana Sutisna. "Perbandingan Karakteristik Serat Karbon Antara Metode Manual Lay-Up dan Vacuum Infusion Dengan Penggunaan Fraksi Berat Serat 60%." *AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 3.1 (2017): 1-6.
- [10]. Utomo, B., & Nurjannah, S. A. (2021). Karakteristik Mortar Polimer Epoxy Resin Dengan Fiberglass. *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 10(2), 73-78.
- [11]. Wicaksono, D., & Setiawan, F. (2023). Penerapan Metode Manufaktur Terbaru Pada Body Drone Uav Skywalker. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 9(1), 201-208.