

Perancangan *Intake Manifold Diesel Engine Yanmar L48N6* Berbahan Dasar *Carbon Fiber Nylon* Menggunakan *3D Printing*

Muhammad Zikri Afdhol¹, Firman Yasa Utama², Arya Mahendra Sakti³, Ferly Isnomo Abdi⁴

^{1,2,3,4}Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia 60231

E-mail: * firmanutama@unesa.ac.id

Abstrak: Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) dan *Shell Eco Marathon* (SEM) adalah kompetisi yang mendorong inovasi dalam teknologi otomotif. GARNESA Racing Team berpartisipasi dalam ajang ini dengan menggunakan *diesel engine Yanmar L48N6* dalam kategori *Urban Diesel*. Pada tahun 2022, mereka mencapai konsumsi bahan bakar sebesar 165,25 km/L di KMHE dan 136 km/L di SEM, sementara pada tahun 2023, mereka mencapai 112 km/L di SEM dan 126 km/L di KMHE. Untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi bahan bakar, penelitian ini berfokus pada pengembangan *intake manifold* yang terbuat dari *carbon fiber nylon*, dirancang menggunakan *3D printing* dengan metode *Fused Deposition Modelling* (FDM). Studi ini meneliti efek variasi kecepatan pencetakan (100 mm/s, 50 mm/s, dan 20 mm/s) terhadap waktu pencetakan, berat, dan kualitas kerataan *intake manifold*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan pencetakan 100 mm/s adalah yang paling optimal, dengan durasi pencetakan 1 jam 41 menit, berat 38,65 gram, dan kualitas kerataan sebesar 0,13 mm yang diukur menggunakan *dial indicator*. Penelitian ini dapat menjadi panduan untuk penelitian selanjutnya, meskipun diperlukan investigasi lebih lanjut mengenai jenis printer, bahan filamen, dan parameter pencetakan *3D printing* lainnya untuk mendapatkan pengetahuan dan wawasan yang lebih mendalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi *3D printing*.

Kata kunci: *3D Printing, Carbon Fiber Nylon, Intake Manifold, Printing Speed.*

Abstract: The Energy Efficient Car Contest (KMHE) and Shell Eco Marathon (SEM) are competitions that encourage innovation in automotive technology. The GARNESA Racing Team participates in these events with a Yanmar L48N6 diesel engine in the Urban Diesel category. In 2022, they achieved fuel consumption of 165.25 km/L at KMHE and 136 km/L at SEM, while in 2023, they achieved 112 km/L at SEM and 126 km/L at KMHE. To improve performance and fuel efficiency, this research focuses on developing an intake manifold made from carbon fiber nylon, designed using 3D printing with the Fused Deposition Modelling (FDM) method. The study examines the effects of varying printing speeds (100 mm/s, 50 mm/s, and 20 mm/s) on the printing time, weight, and flatness quality of the intake manifold. Results indicate that a printing speed of 100 mm/s is optimal, with a printing duration of 1 hour 41 minutes, a weight of 38.65 grams, and a flatness quality of 0.13 mm measured by a dial indicator. These findings can guide future research, though further investigation is needed on different printers, filament materials, and 3D printing parameters to gain deeper insights into the factors affecting 3D printing.

Keywords: *3D Printing, Carbon Fiber Nylon, Intake Manifold, Printing Speed.*

© 2024, JRM (Jurnal Rekayasa Mesin) dipublikasikan oleh ejournal Teknik Mesin Fakultas Vokasi UNESA.

PENDAHULUAN (14 PT)

Kontes Mobil Hemat Energi atau yang biasa disingkat KMHE merupakan ajang nasional yang memperlombakan kreasi mobil hemat energi mahasiswa dari berbagai perguruan tinggi yang diselenggarakan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi (KEMDIKBUDRISTEK) setiap tahunnya. Secara umum bermaksud untuk mendesain dan membangun mobil dengan efisiensi tinggi atau menggunakan sumber energi alternatif yang berguna untuk mendorong inovasi pengembangan teknologi yang berkelanjutan pada bidang otomotif. KMHE bertujuan

untuk mengurangi ketergantungan pada penggunaan sumber daya energi yang tidak terbarukan, seperti fosil, serta untuk mengurangi pencemaran lingkungan dari emisi gas buang. Secara khusus tujuan KMHE menurut (Reksowardojo, 2021), “Memberikan wadah bagi mahasiswa teknik seluruh Indonesia untuk mengaplikasikan ilmu pengetahuan yang didapat dari bangku kuliah serta meningkatkan kreatifitas, disiplin, serta kemampuan *soft skill* dan *hard skill*.”

Sama halnya dengan KMHE, kontes *Shell Eco Marathon* (SEM) juga merupakan kompetisi mobil hemat energi, namun berskala global/internasional. Salah satu peserta yang mengikuti dua lomba tersebut

adalah tim Garuda Universitas Negeri Surabaya (GARNESA) *Racing Team* dengan menggunakan *engine diesel Yanmar L48N6* yang termasuk dalam kategori *Urban Diesel*. Pada tahun 2022 memperoleh capaian konsumsi bahan bakar sebesar 165,25 km/L pada ajang KMHE dan 136 km/L pada ajang SEM. Sementara pada tahun 2023 sebesar 112 km/L pada SEM, sedangkan pada KMHE 126 km/L. Hal ini menandakan menurunnya performa mesin dan efisiensi konsumsi bahan bakarnya.

Berdasarkan hasil penelitian (Effendi, 2023), “Konsumsi bahan bakar spesifik terkecil dihasilkan oleh *intake manifold* 10 cm celah katup 0,1 mm pada putaran 3300 sebesar 261,87 g/kWh.” *Intake manifold* adalah salah satu bagian terpenting pada *engine diesel* dalam sistem pembakaran mesin yang berfungsi sebagai wadah penyalur campuran udara dan bahan bakar ke dalam ruang bakar, yang pada umumnya terbuat dari bahan logam. Parameter yang mempengaruhi kinerja *intake manifold* antara lain suhu, kelembaban, *velocity* dan tekanan udara. Untuk meningkatkan dan mengoptimalkan efisiensi konsumsi bahan bakar dan performa mesin, dipengaruhi oleh perancangan dan pengembangan *intake manifold* yang inovatif.

Material *carbon fiber nylon* adalah alternatif pilihan yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan *intake manifold* yang inovatif. *Carbon fiber* atau serat karbon merupakan material penguat yang paling kaku, namun serupa dengan *fiberglass* untuk kekuatan tarik dan tekannya, lebih lembut dan getas daripada *fiberglass* serta kekuatan tumbuknya yang lebih rendah (Travarel, Yudo, & Kiryanto, 2018). Dengan beberapa kelebihan yang dimiliki serat karbon (Umam, 2019) “Tahan korosi, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, lebih ringan dan lebih kuat dari pada logam, sehingga serat karbon dapat dijadikan pilihan sebagai penguat dalam bahan komposit polimer berpenguat serat sintetik.” Dalam penelitian ini penggunaan serat *nylon* sebagai material pengikat dan serat karbon sebagai material penguat, yang setara dengan material logam, baik besi maupun baja. Namun secara spesifik kekuatan dan ketahanan *carbon fiber nylon* terhadap suhu maupun hantaman/benturan belum dapat melebihi material logam. Dengan penggunaan bahan *carbon fiber nylon* sebagai material *intake manifold* yang harapannya, memiliki efisiensi yang lebih baik, lebih ringan serta pembuatannya yang lebih mudah dan murah.

Dengan menggunakan *3D printing*, proses pembuatan suatu objek fisik lebih efisien dan fleksibel karena dibuat secara *layer-by-layer*, termasuk pembuatan objek yang rumit dan kompleks, serta dapat memotong biaya produksi dengan menghilangkan kebutuhan alat, peralatan dan persiapan produksi yang mahal. Menurut (Kosasih, Nugraha, & Saefullah, 2021), “*3D Printer* dengan model *Fused Deposition Modelling* (FDM) menggunakan bahan *nozzle* yang dipanaskan dan melelehkan bahan pada hasil outputnya.” Secara keseluruhan penggunaan media *3D*

printing pada penelitian ini jauh lebih berguna daripada proses manufaktur konvensional yang lebih mahal, rumit dan memakan waktu yang lama. Selain itu, *3D printing* juga melibatkan pengembangan material baru yang *kompatibel* dengan perkembangan era digital, serta dapat membawa dampak yang signifikan diberbagai industri dan sektor kehidupan di masa depan. Oleh karena penggunaan *3D printing* yang menggunakan metode *Fused Deposition Modelling* (FDM), yaitu proses pencetakan *layer per layer*, maka peneliti tertarik untuk berfokus pada objek yang dihasilkan secara keseluruhan melalui proses pencetakannya dengan memperhatikan variasi kecepatan (*printing speed*) layer setiap objeknya.

DASAR TEORI

Pada Dasar Teori akan menguraikan konsep dan prinsip yang menjadi landasan dalam penelitian ini. Penjelasan teori mencakup tentang mesin *diesel*, *intake manifold*, material *carbon fiber nylon* dan *3D printing*.

Mesin Diesel

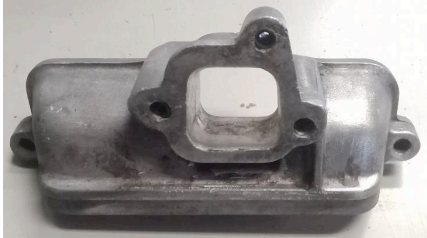
Menurut “Teori Dasar Motor Diesel” (Samlawi, 2015), “Mesin *diesel* adalah motor bakar dengan proses pembakaran yang terjadi didalam mesin itu sendiri (*internal combustion engine*) dan pembakaran terjadi karena udara murni dimampatkan (dikompresi) dalam suatu ruang bakar (silinder) sehingga diperoleh udara bertekanan tinggi serta panas yang tinggi, bersamaan dengan itu disemprotkan/ dikabutkan bahan bakar sehingga terjadilah pembakaran. Pembakaran yang berupa ledakan akan menghasilkan panas mendadak naik dan tekanan menjadi tinggi didalam ruang bakar. Tekanan ini mendorong piston kebawah yang berlanjut dengan poros engkol berputar.” Mesin *diesel* bekerja dengan menggunakan kompresi panas, udara dan suhunya terkompresi sangat tinggi, sehingga membakar bahan bakar *diesel* secara spontan. Salah satu mesin *diesel* yang umum digunakan adalah mesin *diesel Yanmar L48N*. Yang menggunakan satu silinder atau silinder tunggal dengan pendingin udara dan sistem injeksi langsung. Mesin *Yanmar L48N* merupakan mesin *diesel* yang diproduksi perusahaan Yanmar. Sering digunakan pada aplikasi *portable* atau yang memerlukan mobilitas, seperti pertanian, pompa air dan lain-lain.

Intake Manifold

Menurut penelitian (Adnan, 2014), “*Intake manifold* pada sepeda motor berfungsi sebagai wadah menyalurkan aliran campuran bahan bakar dan udara yang *homogen* ke dalam silinder.” *Intake manifold* merupakan bagian penting pada pembakaran internal, terutama pada mesin bensin dan *diesel*. *Intake*

manifold adalah saluran atau rongga yang menyalurkan udara dan bahan bakar ke dalam ruang bakar, yang berada diantara *throttle body* dan *port* masuk (*inlet port*). Berguna untuk mengoptimalkan kinerja dan performa efisiensi mesin.

Intake manifold didesain agar campuran udara dan bahan bakar bisa terdistribusikan secara merata ke setiap silinder mesin. Distribusi yang merata sangat berguna untuk performa dan efisiensi yang optimal. Mengubah bentuk dan panjang saluran *intake manifold* dapat meningkatkan torsi pada putaran mesin yang rendah atau meningkatkan daya pada putaran tinggi. Desain yang baik dapat mengoptimalkan efisiensi pembakaran, meningkatkan torsi dan daya mesin serta mengurangi emisi pembuangan. Variasi desain *intake manifold* juga dapat digunakan untuk tujuan lainnya, seperti meningkatkan performa pada lintasan balap atau meningkatkan efisiensi pembakaran pada penggunaan sehari-hari.



Gambar 1. *Intake Manifold Original*

Carbon Fiber Nylon

Komposit adalah material alternatif/pengganti yang sudah digunakan sejak lama dan terdiri dari dua jenis material yaitu sebagai penguat dan pengikat. Keuntungan material komposit antara lain, tahan korosi, ramah lingkungan dengan sifat fisik dan mekanik yang sangat baik, murah/mudah dalam produksinya, serta perbaikan ataupun perawatan sifat dan karakteristik mudah sesuai kebutuhan konstruksi dan ringan.

Berdasarkan penelitian (Mohammadizadeh & Fidan, 2021), “Nylon digunakan sebagai matriks dan serat *carbon* (CF), *fiberglass* (FG) dan Kevlar digunakan sebagai bahan penguat, dengan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa bagian yang diperkuat CF memiliki kinerja lebih baik dibandingkan komponen yang diperkuat FG dan Kevlar.” Dengan hasil tes uji pengaruh fraksi volume fiber/serat terhadap *Ultimate Tensile Strength* (UTS). *Ultimate Tensile Strength* (UTS) adalah tegangan maksimum yang dapat ditahan suatu bahan ketika ditarik atau diregangkan, sebelum bahan tersebut patah. Kinerja tertinggi pada bahan *Nylon-CF* yang awalnya 19,17 MPa menjadi 446,87 MPa. Dan hasil tes uji pengaruh

fraksi volume serat terhadap modulus elastis *Nylon* yang awalnya 0,297 GPa, menjadi 51,40 GPa ketika diperkuat oleh *Carbon Fiber*/serat karbon (CF) yang merupakan kinerja tertinggi.

Menurut (Prasetya, Atmaja, & Perwira, 2022), “Hasil penelitian menunjukkan bahwa susunan laminasi antar serat didalam penyusunan penguat material komposit dengan metode *hand lay up* akan mempengaruhi kekuatan tarik. Kekuatan tarik tertinggi sebesar 17.82 MPa, pada spesimen A1 yang susunan seratnya dengan laminasi (CNCNCN) serat karbon, serat nilon, serat karbon, serat nilon, dan serat nilon. Kekuatan tarik terendah sebesar 13 MPa, pada spesimen A3 yang susunan seratnya dengan laminasi (NNCCNN) serat nilon, serat nilon, serat karbon, serat karbon, serat nilon, dan serat nilon.”

3D Printing

Pencetakan 3 dimensi/3D dikenal juga sebagai *Additive Manufacturing* (AM) yang tengah berkembang pesat dan telah membawa perubahan besar pada bidang teknologi. Pencetakan/pembentukan suatu benda tiga dimensi menggunakan perangkat digital yang dilakukan dengan cara mengiris model 3D dalam beberapa lapisan. Desain model 3D yang diprogram melalui *device* kemudian direspon oleh printer untuk membuat benda 3D lapisan demi lapisan berturut-turut hingga pola selesai dan bahan lengkap dibuat, yang dikenal dengan teknik manufaktur additif (AM).

Proses pencetakan 3D berlangsung dari pembacaan file desain model 3D oleh *device* yang biasanya berbentuk file *STereoLithography* (STL). Model 3D dibuat dengan bantuan desain CAD atau pemindaian 3D dalam membentuk data geometris. Kemudian file STL yang telah dibaca, diproses oleh *device* kedalam bahasa pemrograman yang berisi arahan ke printer. Hal ini sangat berbeda dengan teknik manufaktur konvensional yang memotong materi dan menghasilkan banyak limbah.

Berbagai metode pencetakan 3D telah ditemukan seiring berkembangnya teknologi dan tingginya permintaan industri. Jenis proses pencetakan 3D bergantung pada material yang digunakan seperti polimer, logam, keramik dan komposit (semi cair, cair ataupun bubuk). Beberapa metode/jenis yang dapat digunakan dalam pencetakan 3D atau AM, antara lain:

1. Fused Deposition Modelling (FDM)

Menurut penelitian terdahulu (Pristiansyah, Hasdiansyah, & Sugiyarto, 2019), “Salah satu teknologi *3D Printing* yang terkenal dan murah adalah FFF (*Fused Filament Fabrication*) teknologi tersebut juga dikenal *Fused Deposition Modelling* (FDM), prinsip kerja FDM adalah dengan cara ekstrusi *thermoplastic* melalui *nozzle* yang panas pada *melting temperature* selanjutnya produk dibuat lapis per lapis.

Dua material yang paling umum digunakan adalah *Acrylonitrile butadiene styrene* (ABS) dan *Polylactic Acid* (PLA), sehingga sangat penting mengetahui akurasi dimensi produk.” Dalam metode ini, bahan material yang mengeras dilelehkan untuk membuat lapisan filamen.

2. *Selective Laser Sintering* (SLS)

Metode *Selective Laser Sintering* (SLS) adalah penggunaan sinar laser yang bergerak disepanjang jalur sesuai yang ditentukan. Bahan/material yang digunakan berupa bubuk, dengan cara menyinter bahan bubuk untuk membuat cetakan padat. Ketika partikel bubuk terkena sinar laser, bubuk tersebut menyatu karna panas laser untuk membuat cetakan, dan setiap cetakan dilekatkan ke lapisan sebelumnya dengan peleburan yang sama (Wickramasinghe, Do, & Tran, 2020).

3. *Stereolithography* (SLA)

“Teknologi high end memanfaatkan teknologi laser dengan material resin photopolymer (polimer yang berubah sifat bila terkena cahaya)” (AK, Ginting, Sani, & Astra, 2019). Sinar laser ditembakkan ke permukaan wadah yang didalamnya terdapat resin (cairan photopolymer). Begitu laser mengenai permukaannya, cairan akan langsung mengeras. Platform pencetakan turun satu layer, dan layer berikutnya dikerjakan di atasnya, sampai produk 3D selesai (Lubis, Djamil, & Yolanda, 2016).

4. *Laminated Object Manufacturing* (LOM)

Lapisan kertas yang dilapisi perekat, plastik atau laminasi logam disatukan dan dipotong menggunakan laser. Objek dapat dimodifikasi dengan pemesinan setelah pencetakan (Rusianto, Huda, & Wibowo, 2019).

TABEL I
Perbandingan Metode 3D Printing

No	Metode	Proses
1	Fused Deposition Modelling (FDM)	Ekstruksi thermoplastic (material filament) melalui nozzle panas yang akan mencetak model 3D lapis per lapis sesuai model desain
2	Selective Laser Sintering (SLS)	Menggunakan material bubuk untuk mencetak model 3D dengan cara menyinter bahan bubuk sesuai jalur yang ditentukan untuk membuat cetakan padat
3	Stereolithography (SLA)	Menggunakan material resin photopolymer untuk membuat model 3D dengan cara menembakkan sinar laser ke permukaan wadah yang terdapat cairan resin yang langsung mengeras membentuk model 3D
4	Laminated Object Manufacturing (LOM)	Menggunakan sinar laser untuk memotong lapisan kertas yang dilapisi perekat, plastik ataupun laminasi logam yang sudah disatukan

Tabel

Tabel (jika ada sumber, diletakkan pada kiri bawah tabel), dan gambar (jika ada sumber, diletakkan dibawah keterangan gambar) yang harus diberi nomor berurut dan dibahas dalam naskah seperti contoh tabel I (angka romawi) berikut ini:

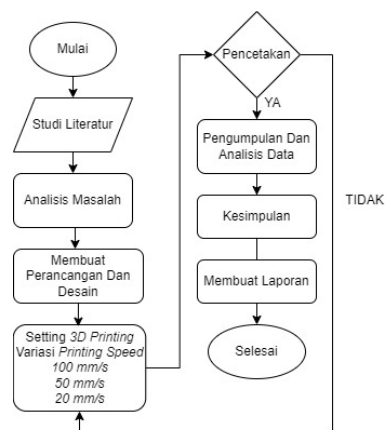
TABEL I (8 pt)
Kategori Kelayakan Berdasarkan *Rating Scale* (8 pt)

No	Skor dalam Persen (%)	Kategori Kelayakan
1	0% - 25%	Sangat Tidak Layak
2	>25% - 50%	Kurang Layak
3	>50% - 75%	Cukup Layak
4	>75% - 100%	Sangat Layak

(Sumber: Abdi, 2020, p.99) (8 pt)

METODE

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat antara variabel-variabel dalam penelitian ini. Bermula dari penetapan judul dengan dosen pembimbing. Kemudian dilanjutkan dengan mengidentifikasi masalah yang dihadapi dan mencari literatur yang relevan untuk penelitian. Dari hasil rancangan *intake manifold* akan dibuat rancang bangun berbahan dasar *carbon fiber nylon* menggunakan *3D printing* dengan variasi *printing speed*. Jenis mesin *3D printing* yang digunakan yaitu, *3D Printer Bambu Lab X1-Carbon* dan bahan filament dengan jenis *F3 PA CF Pro*. Proses penelitian dirangkum dalam diagram alir berikut:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bagian ini disajikan proses pencetakan *3D printing* dan hasil penelitian berupa waktu pencetakan, berat dan kualitas kerataan *intake manifold*.

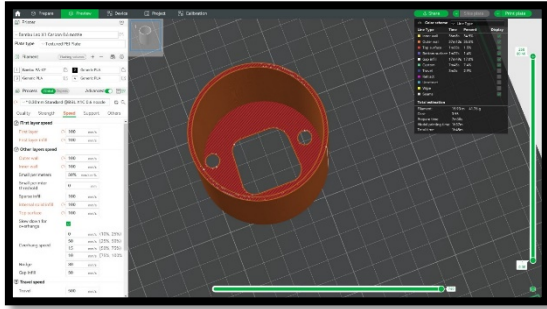
Proses Pencetakan

Dalam penelitian ini, proses pencetakan *intake manifold* dengan menggunakan *software Bambu*

Studio, dilakukan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Mengatur parameter *3D printing* pada *software Bambu Studio*.

Pada tahap awal proses pencetakan, yaitu melakukan pengaturan parameter *3D printing* yang digunakan pada proses pencetakan. Beberapa pengaturan yang diatur seperti: *plate type*, *filament*, *nozzle* dan *printing speed*.



Gambar 3. Pengaturan Parameter 3D Printing pada Software Bambu Studio

2. Menyimpan data yang sudah diatur dengan format *g-code*.

Setelah selesai mengatur parameter *3D printing* yang akan digunakan dalam pencetakan, *file data* pengaturan *printing* disimpan dengan format *g-code* agar dapat terbaca pada mesin *3D printing* dengan cara menekan tombol *slice* pada *software Bambu Studio*.

3. *Preparation* atau persiapan manual *3D printing*.

Menyesuaikan *plate* yang akan digunakan dengan bahan *filament* yang diinginkan dan memasukkan *filament* pada wadah *3D printing*. Sebelum menggunakan *filament Carbon Fiber Nylon*, harus melalui tahap set pada oven dengan suhu 70-75oC yang disebut dengan proses *drying*.

4. *Start printing*.

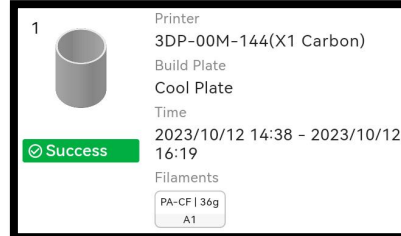
Karena jenis *printer Bambu Lab X1-Carbon* sudah terkoneksi secara langsung pada jaringan, maka proses pencetakan bisa dimulai dengan cara menekan tombol *printing* pada *software*. Kemudian *printer* akan mulai melakukan tahap *preparation* secara otomatis, seperti ketinggian dan suhu *bed/plate*, serta suhu *nozzle*. Setelah itu, proses pencetakan dapat berlangsung yang dimulai dari *first layer*.

Hasil Penelitian

Hasil penelitian perancangan *intake manifold diesel engine Yanmar L48N6* berbahan dasar *carbon fiber nylon* menggunakan *3D printing* merupakan hasil perhitungan pencetakan produk baik dalam segi waktu pencetakan, berat maupun visual/kualitas produk *intake manifold* yang dihasilkan. Berikut ini data hasil penelitian yang didapat:

1. *Printing speed* 100 mm/s

Proses pencetakan *intake manifold* dengan kecepatan 100 mm/s berlangsung selama 1 jam 41 menit, yang merupakan waktu pencetakan tercepat diantara variasi kecepatan *printing speed* yang lain. Lamanya pencetakan dapat dilihat pada **Gambar 4**, dari waktu mulainya pencetakan pada pukul 14.38 WIB dan selesai pada pukul 16.19 WIB.



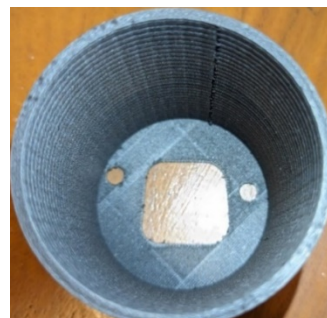
Gambar 4. Waktu Pencetakan *Intake Manifold* dengan Kecepatan 100 mm/s

Berat *intake manifold* setiap produk berbeda-beda, namun tetap ditimbang menggunakan timbangan yang sama yang dapat menghitung selisih perbedaan berat setiap produk. Hasil penimbangan produk dengan kecepatan 100 mm/s diperoleh sebesar 38,65 gram.



Gambar 5. Berat Produk *Intake Manifold* dengan Kecepatan 100 mm/s

Secara visual hasil pencetakan produk *intake manifold* dengan kecepatan *printing speed* 100 mm/s pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Visual Produk *Intake Manifold* dengan Kecepatan 100 mm/s

Kualitas kerataan produk *intake manifold* yang dihasilkan berbeda-beda, namun tetap diukur menggunakan alat *dial indicator* yang sama. Pengukuran produk *intake manifold* dilakukan beberapa kali, kemudian diambil rata-rata dari nilai tersebut. Hasil pengukuran produk *intake manifold*

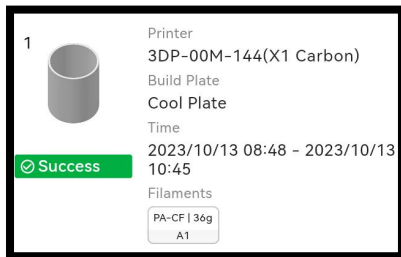
dengan kecepatan 100 mm/s sebesar 0,13 mm, terlihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Pengukuran *Dial Indicator* pada *Intake Manifold* dengan Kecepatan 100 mm/s

2. *Printing speed* 50 mm/s

Hasil penelitian pada kecepatan *printing speed* 50 mm/s, diperoleh waktu lamanya pencetakan 1 jam 57 menit, berbeda sekitar 16 menit lebih lama dari pencetakan produk dengan kecepatan 100 mm/s. Proses pencetakan produk dimulai dari 08.48 WIB dan selesai pukul 10.45 WIB.



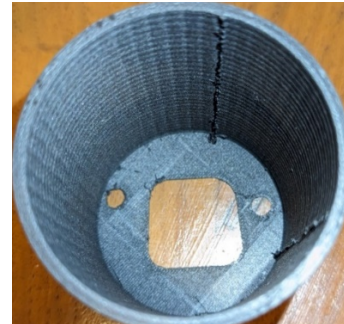
Gambar 8. Waktu Pencetakan *Printing Speed* 50 mm/s

Sedangkan dari segi berat produk memperoleh sebesar 38,68 gram. Hal ini berbeda 0,03 gram lebih berat dari produk dengan kecepatan 100 mm/s, yang terlihat pada **Gambar 9**.



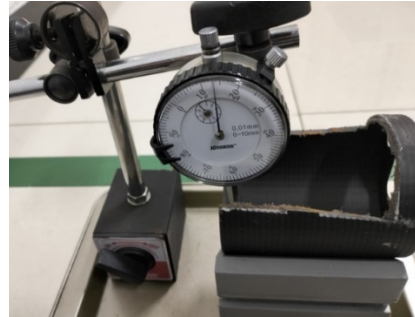
Gambar 9. Berat Produk *Intake Manifold* dengan Kecepatan 50 mm/s

Secara visual hasil pencetakan produk *intake manifold* dengan kecepatan *printing speed* 50 mm/s pada **Gambar 10**.



Gambar 10. Visual Produk *Intake Manifold* dengan Kecepatan 50 mm/s

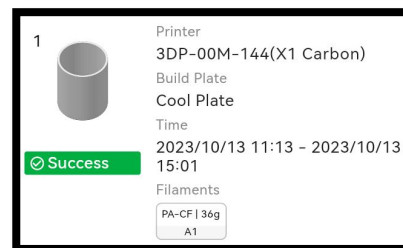
Setelah melakukan beberapa kali pengukuran kerataan produk *intake manifold* dengan kecepatan *printing speed* 50 mm/s menggunakan *dial indicator*. Kemudian diambil rata-rata dari hasil pengukuran tersebut, sehingga diperoleh nilai sebesar 0,2 mm, terlihat pada **Gambar 11**.



Gambar 11. Pengukuran *Dial Indicator* pada *Intake Manifold* dengan Kecepatan 50 mm/s

3. *Printing speed* 20 mm/s

Hasil pencetakan produk *intake manifold* dengan kecepatan 20 mm/s, berlangsung selama 3 jam 48 menit, yang merupakan waktu terlama pencetakan produk dibandingkan variasi kecepatan *printing speed* lainnya. Pencetakan produk dimulai pada pukul 11.13 WIB hingga selesai pada pukul 15.01 WIB.



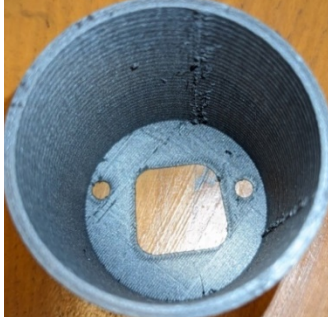
Gambar 12. Waktu Pencetakan *Intake Manifold* dengan Kecepatan 20 mm/s

Sedangkan hasil penimbangan berat produk *intake manifold* dengan kecepatan *printing speed* 20 mm/s diperoleh sebesar 38,70 gram, yang merupakan produk terberat diantara variasi kecepatan lainnya.



Gambar 13. Berat Produk *Intake Manifold* dengan Kecepatan 20 mm/s

Secara visual hasil pencetakan produk *intake manifold* dengan kecepatan *printing speed* 20 mm/s pada **Gambar 14**.



Gambar 14. Visual Produk *Intake Manifold* dengan Kecepatan 20 mm/s

Kualitas kerataan produk *intake manifold* yang dihasilkan pada produk dengan kecepatan 20 mm/s diukur menggunakan alat *dial indicator*. Pengukuran produk *intake manifold* dilakukan beberapa kali, kemudian diambil rata-rata dari nilai tersebut. Hasil pengukuran produk *intake manifold* dengan kecepatan 20 mm/s sebesar 0,253 mm, terlihat pada **Gambar 15**.



Gambar 15. Pengukuran *Dial Indicator* pada *Intake Manifold* dengan Kecepatan 20 mm/s

SIMPULAN

Setelah melakukan perancangan dan pencetakan *intake manifold engine diesel Yanmar L48N6* berbahan dasar *carbon fiber nylon*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Perancangan *intake manifold diesel engine Yanmar L48N6* berbahan dasar *carbon fiber nylon* menggunakan *3D printing*, didesain dengan diameter luar 6,5 cm, diameter dalam 6 cm dan tinggi 8 cm menggunakan *software inventor*, dan dengan jenis bahan *filament F3 PA CF Pro* serta *printer Bambu Lab X 1-Carbon*.

- 2) Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, 3 variasi *printing speed* (*high, medium dan low*) berpengaruh terhadap pembuatan *intake manifold* namun tidak signifikan, baik dari segi waktu pembuatan, berat serta kualitas produk *intake manifold* yang dihasilkan. Dengan hasil terbaik dari perancangan *intake manifold* berbahan dasar *carbon fiber nylon* menggunakan *3D printing* adalah variasi *printing speed* 100 mm/s dengan waktu pencetakan selama 1 jam 41 menit, dan berat 38,65 gram serta kualitas kerataan produk dengan nilai 0,13 mm.

REFERENSI

Bagian ini memuat tentang referensi atau daftar Pustaka yang digunakan pada penulisan jurnal ini. Minimal 10 referensi.

- Adnan, F. (2014, 3 2). Pengaruh Penggunaan Intake Manifold Tipe X Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Co Dan Hc Pada Sepeda Motor Yamaha Jupiter Z Tahun 2008. Retrieved 6 4, 2023, from Automotive Engineering Education Journals: <https://ejournal.unp.ac.id/students/index.php/poto/article/view/932>
- AK, W. N., Ginting, M., Sani, A. A., & Astra, D. (2019, Oktober). Pengaruh Parameter Proses Rapid Prototyping Dengan Teknologi Stereolithography Terhadap Kekerasan Spesimen Uji. *jurnal austenit*, 11(2), 27-32.
- Effendi, A. S. (2023). Analisis Celah Katup Intake Dan Panjang Intake Manifold Terhadap Performa Mesin Yanmar L48N6. *JTM*, 11, 55-59.
- Kosasih, D. P., Nugraha, H. D., & Saefullah, W. A. (2021, Februari). Perancangan Mesin 3D Printing Model Cartesian. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(1), 29-36.
- Lubis, S., Djamil, S., & Yolanda. (2016). Pengaruh Orientasi Objek Pada Proses 3D Printing Bahan Polymer PLA Dan ABS Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketelitian Dimensi Produk. *SINERGI*, 20(1), 27-35.
- Mohammadzadeh, M., & Fidan, I. (2021). Tensile Performance Of 3d-Printed Continuous Fiber-Reinforced Nylon Composites. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 5(68), 1-17.
- Prasetya, H. W., Atmaja, D. S., & Perwira, A. (2022). Material Komposit Laminasi Serat Karbon-Nylon Dengan Additive Aluminum Powder Untuk Body Lori. *Jurnal Penelitian Sekolah Tinggi Transportasi Darat*, 13(2), 30-37.
- Pristiansyah, Hasdiansyah, & Sugiyarto. (2019). Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi. *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, 11(1), 34-40.
- Reksowardojo, I. K. (2021). *Pedoman Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE)*. Jakarta: Pusat

- Prestasi Nasional Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset Dan Teknologi.
- Rusianto, T., Huda, S., & Wibowo, H. (2019). A Riview: Jenis Dan Pencetakan 3d (3d Printing) Untuk Pembuatan Prototipe. *Jurnal Teknologi*, 12(1), 14-21.
- Samlawi, A. K. (2015). *Teori Dasar Motor Diesel*. Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat.
- Travarel, S. D., Yudo, H., & Kiryanto. (2018). Analisa Kekuatan Tarik dan Tekuk pada Sambungan Pipa Baja dengan Menggunakan Kanpe Clear Suralis 1208 UWE Sebagai Pengganti Las. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 6(1), 277-286.
- Umam, A. F. (2019). Studi Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Berpenguat Serat Karbon. *JTM*, 7(1), 67-72.
- Wickramasinghe, S., Do, T., & Tran, P. (2020). FDM-Based 3D Printing of Polymer and Associated Composite: A Review on Mechanical Properties, Defects and Treatments. *polymers*, 12(1529), 1-42.