

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi penyajian hasil penelitian serta pembahasan terhadap temuan yang diperoleh. Data hasil penelitian disusun secara sistematis sehingga mampu menggambarkan pencapaian penelitian dengan jelas. Selanjutnya, data hasil tersebut dianalisis dan diinterpretasikan berdasarkan kerangka teori serta tinjauan pustaka yang telah dibahas pada bab sebelumnya.

4.1 Hasil Fabrikasi Alat

Proses fabrikasi mesin laser cutting kapasitas 50W telah dilaksanakan sesuai dengan desain dan perencanaan yang telah dibuat pada tahap perancangan. Seluruh komponen mesin, mulai dari rangka utama, sistem mekanik penggerak, sistem optik dan laser, hingga sistem kelistrikan dan kontrol, berhasil dirakit menjadi satu kesatuan unit mesin yang siap dioperasikan.

Hasil fabrikasi menunjukkan bahwa mesin laser cutting yang dikembangkan memiliki struktur yang kokoh dan stabil, dengan dimensi yang sesuai dengan rencana awal. Rangka utama yang terbuat dari profil aluminium *T-slot* 3030 memberikan kekuatan yang memadai serta fleksibilitas dalam pemasangan komponen, sementara sistem penggerak dua sumbu (X dan Y) yang terdiri atas *linear rail*, *timing belt*, dan motor stepper Nema 17 terpasang dengan presisi sehingga memungkinkan pergerakan laser head berjalan dengan halus dan akurat.

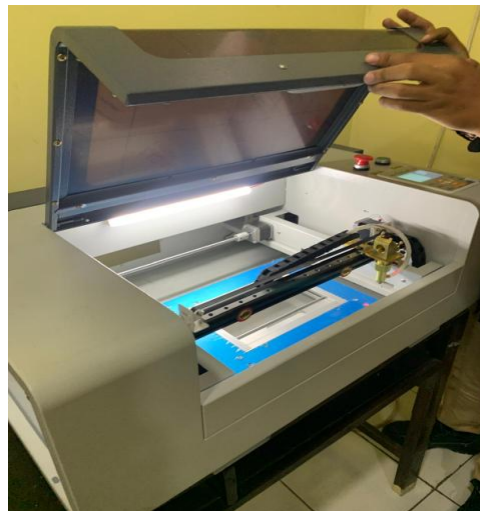
Sistem optik yang terdiri atas tabung laser CO₂ 50W, tiga cermin reflektor, dan lensa fokus telah terpasang pada posisi yang sesuai dengan jalur optik yang direncanakan. Sistem pendingin menggunakan *water pump* dan selang air 8×11 mm terintegrasi dengan baik untuk menjaga suhu tabung laser tetap stabil selama operasi. Selain itu, sistem kontrol berbasis *main controller board* Ruida RDC7132EC dan panel HMI Ruida RDC7132(EC) terpasang dan terkalibrasi dengan baik, sehingga mesin dapat dioperasikan baik secara mandiri maupun terhubung dengan komputer.

Secara keseluruhan, hasil fabrikasi alat menunjukkan bahwa mesin laser cutting kapasitas 50W telah berhasil direalisasikan sesuai dengan spesifikasi perancangan. Mesin ini siap digunakan untuk tahap pengujian kinerja pemotongan pada berbagai material uji serta pengujian durabilitas pada komponen laser head. Dokumentasi hasil fabrikasi alat dapat dilihat pada Gambar 4.1 hingga Gambar 4.2.

Hasil proses fabrikasi alat *laser cutting* tertera pada gambar berikut



Gambar 4. 1 Pengecekan untuk fabrikasi alat



Gambar 4. 2 Fabrikasi Alat

4.2 Pengambilan Data Maintenance setiap Bahan Uji

Pengambilan data Maintenance dilakukan untuk mengetahui kinerja mesin laser cutting untuk .mengetahui kerusakan di setiap komponen mesin *Laser Cutting*.

4.2.1 Hasil keseleruhan Pengujian Kerusakan pada *Laser Head*

Pengujian Kerusakan pada *laser head* dilakukan untuk mengetahui kemampuan komponen dalam mempertahankan kinerja mekanis dan termalnya selama proses pemotongan laser yang berlangsung secara terus-menerus. Komponen penyusun *laser head*, seperti *housing* berbahan kuningan dan aluminium serta komponen optik seperti *protective window* dan *aperture*, berpotensi mengalami penurunan performa akibat paparan panas yang berulang (*thermal cycling*), getaran selama proses kerja, serta penumpukan kontaminan dari proses pemotongan. Pengujian dilakukan dengan mengoperasikan mesin laser secara kontinu selama 5 jam menggunakan parameter daya dan kecepatan yang tetap. Selama pengujian, dilakukan pengambilan data berupa perubahan suhu pada *housing*, kemungkinan terjadinya pergeseran *alignment* sumbu optik, serta pemeriksaan visual terhadap kondisi dan kebersihan komponen optik. Hasil pengujian ini digunakan untuk menilai tingkat ketahanan *laser head*, sekaligus menjadi acuan dalam menentukan jadwal perawatan berkala dan memberikan rekomendasi perbaikan desain apabila diperlukan. Berikut dari komponen *Laser Head*.

(1) Data Komponen

Table 4. 1 Data Komponen Laser Head

No	Nama Komponen	Material Housing
1.	Cermin 1	Alumunium
2.	Cermin 2	Kuningan
3.	Cermin 3	Kuningan
4.	Lensa Fokus	Kuningan
5.	Nozzle Bracket	Kuningan
6.	Frame Cermin	Kuningan
7.	Laser Head	Kuningan

8.	Bracket Laser Head	Kuningan
9.	Modular Bed (Honey Comb)	Alumunium

(2) Hasil Pengujian Keseluruhan

Table 4. 2 Hasil Pengujian Keseluruhan Laser Head

No	Nama Komponen	Hasil Inspeksi Visual	Kondisi Mekanik	Tindakan Perbaikan	Keterangan Tambahan
1	Cermin 1	Ada goresan halus di permukaan	Sekrup pengunci keras / macet.	Lepaskan sekrup, beri pelumas anti-seize. Goresan tidak mempengaruhi fungsi jika tidak di jalur sinar.	Pastikan base plate terpasang datar pada sumbu Z
2.	Cermin 2	Debu halus & kotoran di permukaan kuningan	Sekrup pengunci longgar, bekas pemakaian.	Bersihkan dengan IPA & blower. Kencangkan sekrup dengan torsi seimbang	Periksa apakah garis di tengah lensa itu retak atau lapisan coating terkelupas. Jika retak, WAJIB ganti.
3.	Cermin 3	Komponen baru, sangat bersih.	Lubang baut mulus.	Siap dipasang. Hati-hati saat menekan ring mounting	Lensa biasanya memiliki coating anti-reflektif, jangan sentuh permukaan kaca dengan jari.
4.	Lensa Fokus	Hasil laser menyebar dan tidak bisa fokus pada satu titik.	Material Optics terkena damage, ulir longgar.	Bersihkan dengan lens tissue khusus/Alkohol, pada ulir longgar diberikan seal sebelum pemasangan.	Jangan gunakan bahan abrasif karena akan merusak coating.
5.	Nozzle Bracket	Normal	Normal	Tidak Ada	Tidak Ada
6.	Frame Cermin	Normal	Normal	Tidak Ada	Tidak Ada

7.	<i>Laser Head</i>	Normal	Normal	Tidak Ada	Tidak Ada
8.	<i>Bracket Laser Head</i>	Normal	Normal	Tidak Ada	Tidak Ada
9.	<i>Modular Bed (Honey Comb)</i>	Memiliki Bekas Hasil Pemotongan yang sangat membekas	Sisa bahan yang lengket dan sulit dibersihkan	Bersihkan dengan tissue alkohol untuk menghilangkan lengket pada sisa bahan	Jangan menggunakan bahan yang gampang leleh mencegah yang sulit dibersihkan

Berdasarkan hasil inspeksi visual dan kondisi mekanik pada seluruh komponen *laser head*, diketahui bahwa Cermin 1 mengalami goresan halus pada permukaan dan sekrup pengunci yang macet, sehingga memerlukan pelepasan sekrup dan pemberian pelumas anti-seize. Cermin 2 mengalami kontaminasi debu halus serta sekrup pengunci yang longgar akibat pemakaian, sehingga perlu dibersihkan dengan IPA dan dikencangkan dengan torsi seimbang. Cermin 3 dalam kondisi baru dan sangat bersih, siap dipasang dengan kewaspadaan saat menekan ring mounting. Lensa fokus mengalami kerusakan material optik dan ulir longgar yang menyebabkan sinar laser menyebar dan tidak dapat difokuskan, sehingga perlu dibersihkan dengan lens tissue khusus dan diberikan seal pada ulir. Sementara itu, *nozzle bracket*, frame cermin, *laser head*, dan *bracket laser head* berada dalam kondisi normal dan tidak memerlukan tindakan perbaikan. *Modular bed (honey comb)* memiliki bekas pemotongan yang membekas dengan sisa bahan lengket dan sulit dibersihkan, sehingga perlu dibersihkan dengan tisu alkohol. Secara keseluruhan, komponen optik merupakan bagian paling kritis yang memerlukan perawatan rutin, sedangkan komponen mekanis pendukung lainnya menunjukkan ketahanan yang baik.

4.2.2 Kondisi Komponen Setelah Pengujian Bahan Triplek

Table 4. 3 Komponen Setelah Pengujian Bahan Triplek

No	Nama Komponen	Kondisi	Maintanance
1	Cermin 1	Bercak debu hasil dari pemotongan	Bersihkan dengan Alkohol dan tisu kering dan lepaskan skrup untuk pembersihan detail.
2.	Cermin 2	Debu kecil	Bersihkan dengan alkohol dan tisu kering dan lepaskan skrup untuk pembersihan detail.
3.	Cermin 3	Debu pada luar cermin	Bersihkan dengan alkohok dan tisu kering dan lepaskan skrup untuk pembersihan detail.
4.	Lensa Fokus	Normal	Pembersihan dengan skala kecil
5.	<i>Nozzle Bracket</i>	Normal	Pembersihan dengan skala kecil
6.	Frame Cermin	Normal	Pembersihan dengan skala kecil
7.	<i>Laser Head</i>	Normal	Pembersihan dengan skala kecil
8.	<i>Bracket Laser Head</i>	Normal	Pembersihan dengan skala kecil
9.	<i>Modular Bed (Honey Comb)</i>	Gosong hasil pembakaran pada triplek	Pembersihan menggunakan tissue alkohol ke permukaan yang gosong

Berdasarkan hasil maintenance pada material triplek, diketahui bahwa komponen optik seperti Cermin 1, Cermin 2, dan Cermin 3 mengalami kontaminasi berupa debu dan bercak hasil pemotongan sehingga memerlukan pembersihan dengan alkohol dan tisu kering serta pelepasan sekrup untuk pembersihan detail. Sementara itu, komponen lainnya seperti lensa fokus, *nozzle bracket*, frame cermin, laser head, dan *bracket laser head* berada dalam kondisi normal dan hanya memerlukan pembersihan skala kecil. Modular bed (*honey comb*) mengalami gosong akibat pembakaran triplek dan perlu dibersihkan dengan tisu alkohol. Secara keseluruhan, material triplek menghasilkan kontaminasi yang cukup signifikan pada komponen optik, sehingga memerlukan perawatan yang

lebih intensif dibandingkan komponen mekanis lainnya untuk menjaga kualitas pemotongan tetap optimal.

4.2.3 Kondisi Komponen Setelah Pengujian Bahan Kulit imitasi

Table 4. 4 Komponen Setelah Pengujian Bahan Kulit Imitasi

No	Nama Komponen	Kondisi	Maintanance
1	Cermin 1	Normal	Pembersihan Skala ringan
2.	Cermin 2	Normal	Pembersihan Skala ringan
3.	Cermin 3	Normal	Pembersihan Skala ringan
4.	Lensa Fokus	Normal	Pembersihan dengan skala kecil
5.	<i>Nozzle Bracket</i>	Normal	Pembersihan dengan skala kecil
6.	Frame Cermin	Normal	Pembersihan dengan skala kecil
7.	<i>Laser Head</i>	Normal	Pembersihan dengan skala kecil
8.	<i>Bracket Laser Head</i>	Normal	Pembersihan dengan skala kecil
9.	<i>Modular Bed (Honey Comb)</i>	Lengket hasil pemotongan kulit yang tersisa	Pembersihan menggunakan tissue alkohol ke permukaan yang lengket

Berdasarkan hasil maintenance pada material kulit imitasi, diketahui bahwa seluruh komponen optik seperti Cermin 1, Cermin 2, Cermin 3, lensa fokus, *nozzle bracket*, frame cermin, *laser head*, dan *bracket laser head* berada dalam kondisi normal dan hanya memerlukan pembersihan skala ringan hingga kecil. Modular bed (*honey comb*) mengalami kondisi lengket akibat sisa pemotongan kulit yang menempel dan memerlukan pembersihan dengan tisu alkohol pada permukaan yang lengket. Secara keseluruhan, material kulit imitasi tidak menyebabkan kontaminasi yang signifikan pada komponen optik dibandingkan material triplek, sehingga perawatan yang diperlukan relatif ringan dan tidak memerlukan tindakan perbaikan khusus.

4.2.4 Kondisi Komponen Setelah Pengujian Bahan Akrilik

Table 4. 5 Komponen Setelah Pengujian Bahan Akrilik

No	Nama Komponen	Kondisi	Maintanance
1	Cermin 1	Normal	Pembersihan Skala ringan
2.	Cermin 2	Normal	Pembersihan Skala ringan
3.	Cermin 3	Normal	Pembersihan Skala ringan
4.	Lensa Fokus	Normal	Pembersihan dengan skala kecil
5.	<i>Nozzle Bracket</i>	Normal	Pembersihan dengan skala kecil
6.	Frame Cermin	Normal	Pembersihan dengan skala kecil
7.	<i>Laser Head</i>	Normal	Pembersihan dengan skala kecil
8.	<i>Bracket Laser Head</i>	Normal	Pembersihan dengan skala kecil
9.	<i>Modular Bed (Honey Comb)</i>	Lengket hasil pemotongan Akrilik yang tersisa	Pembersihan menggunakan tissue alkohol ke permukaan yang lengket

Berdasarkan hasil maintenance pada material akrilik dengan ketebalan 2 mm, 5 mm, dan 10 mm, diketahui bahwa seluruh komponen optik seperti Cermin 1, Cermin 2, Cermin 3, lensa fokus, *nozzle bracket*, frame cermin, laser head, dan bracket laser head berada dalam kondisi normal dan hanya memerlukan pembersihan skala ringan hingga kecil. Modular bed (*honey comb*) mengalami kondisi lengket akibat sisa pemotongan akrilik yang menempel dan memerlukan pembersihan dengan tisu alkohol pada permukaan yang lengket. Secara keseluruhan, material akrilik tidak menyebabkan kontaminasi yang berarti pada komponen optik, sehingga perawatan yang diperlukan tergolong ringan dan tidak memerlukan tindakan perbaikan khusus, berbeda dengan material triplek yang menghasilkan kontaminasi debu lebih banyak.

4.2.5 Kondisi Komponen Setelah Pengujian Bahan Kayu

Table 4. 6 Komponen Setelah Pengujian Bahan Kayu

No	Nama Komponen	Kondisi	Maintanance
1	Cermin 1	Terkena partikel bahan kayu dari pemotongan	Pembersihan menggunakan tissue alkohol dan buka skrup untuk melihat secara detail
2.	Cermin 2	Kotor sedikit debu dari kayu	Pembersihan Skala ringan menggunakan tisu alkohol
3.	Cermin 3	Terkena Partikel bahan kayu dari pemotongan	Pembersihan menggunakan tissue alkohol dan buka skrup untuk melihat secara detail
4.	Lensa Fokus	Laser tidak fokus setelah pemotongan	Buka skrup pada laser untuk bikin fokus laser kembali
5.	<i>Nozzle Bracket</i>	Normal	Pembersihan dengan skala kecil
6.	Frame Cermin	Normal	Pembersihan dengan skala kecil
7.	<i>Laser Head</i>	Normal	Pembersihan dengan skala kecil
8.	<i>Bracket Laser Head</i>	Normal	Pembersihan dengan skala kecil
9.	<i>Modular Bed (Honey Comb)</i>	Penggosongan hasil pemotongan kayu dari pembakaran kayu	Pembersihan menggunakan tissue alkohol ke permukaan yang Gosong

Berdasarkan hasil maintenance pada material kayu dengan ketebalan 12 mm, diketahui bahwa Cermin 1 dan Cermin 3 terkena partikel bahan kayu dari pemotongan sehingga memerlukan pembersihan dengan tisu alkohol dan pembukaan sekrup untuk pembersihan detail. Cermin 2 mengalami kontaminasi debu ringan dan hanya memerlukan pembersihan skala kecil. Lensa fokus mengalami ketidakfokusan setelah pemotongan sehingga perlu dibuka dan disetel ulang agar fokus laser kembali normal. Sementara itu, *nozzle bracket*, *frame cermin*, *laser head*,

dan bracket laser head berada dalam kondisi normal dan hanya memerlukan pembersihan skala kecil. *Modular bed (honey comb)* mengalami gosong akibat pembakaran kayu dan perlu dibersihkan dengan tisu alkohol. Secara keseluruhan, material kayu menghasilkan kontaminasi partikel yang cukup signifikan pada komponen optik dan menyebabkan gangguan pada fokus laser, sehingga memerlukan perawatan yang lebih intensif dibandingkan material lainnya.

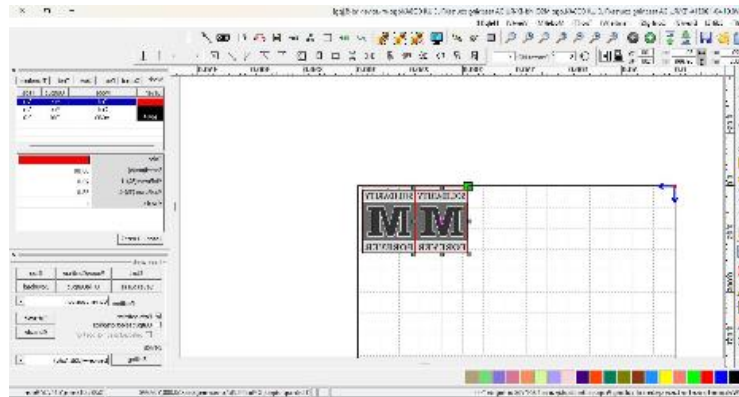
4.3 Realisasi Produk

Berdasarkan hasil rundingan yang telah dilaksanakan oleh anggota tim tugas akhir, diperoleh kesepakatan bahwa produk yang dibuat adalah gantungan kunci dengan desain M-Solver. Produk tersebut dipilih dengan mempertimbangkan aspek fungsional, tingkat kerumitan proses manufaktur, serta kemampuannya untuk merepresentasikan konsep desain yang telah direncanakan. Selanjutnya proses realisasi produk yang tertera pada gambar dibawah.

4.3.1 Proses realisasi desain produk

a. Pendesainan Gantungan Kunci.

Proses pendesainan gantungan kunci dilakukan sebagai bentuk pemilihan bentuk desain paling sesuai, selain dari bentuk desain ukuran hasil produk juga diatur pada proses ini. Parameter pemotongan seperti daya maksimal, daya minimal, kecepatan potong diatur pada proses ini, termasuk pada urutan pemrosesan, parameter diatur agar ketika proses cutting dapat terpotong sampai terlepas, juga proses scanning atau graving sesuai kedalaman yang dimana tidak terlalu dalam dan terlalu dangkal.



Gambar 4. 3 Desain untuk Akrilik



Gambar 4. 4 Proses Desain Akrilik M solver

- b. Persiapan alat dan bahan uji yang akan digunakan dalam proses pengujian.

Proses persiapan alat dan bahan, apakah alat dan bahan sudah tersedia dan siap pakai, berdasarkan tabel kelengkapan, dibawah :

Table 4. 7 Persiapan Alat dan Bahan

No	Alat/Bahan	Fungsi	Checklist
1	Mesin <i>laser cutting</i> CO2 50W	Media Pemotongan	✓
2	Akrilik 5mm	Spesimen	✓
3	Laptop	Input Desain	✓

4	Penggaris	Alat ukur specimen	✓
5	Air	Pendingin <i>laser tube</i>	✓
6	Water Pump	Komponen pendingin <i>laser tube</i>	✓
7	Air Pump	Komponen untuk menyingkirkan asap hasil pembakaran pada specimen saat proses pemotongan	✓
8	Exhaust	Komponen penghisap asap hasil pembakaran	✓
9	Kabel USB to USB	Kabel penghubung laptop ke mesin <i>laser cutting</i>	✓

- c. Pemeriksaan kondisi awal alat, meliputi pengecekan sistem mekanik, kelistrikan, serta sambungan antar komponen.

Table 4. 8 sistem mekanik, kelistrikan

No	Komponen	Kondisi	Keterangan
1	Mesin <i>Laser Cutting</i>	Baik	Tidak ada masalah
2	<i>Water pump</i>	Baik	Tidak ada masalah
3	<i>Air Pump</i>	Baik	Tidak ada masalah
4	<i>Exhaust</i>	Baik	Tidak ada masalah
5	<i>Cermin Reflector 1</i>	Kurang baik	Perlu dibersihkan dikarenakan kotoran akibat asap pemotongan
6	<i>Cermin reflector 2</i>	Baik	Tidak ada masalah

7	Cermin <i>reflector</i> 3	Baik	Tidak ada masalah
8	<i>Laser Head</i>	Baik	Tidak ada masalah
9	Kabel <i>USB to USB</i>	Baik	Tidak ada masalah
10	Socket Utama	Baik	Tidak ada masalah
11	Laser fokus	Kurang baik	Laser menyebar atau tidak fokus dikarenakan asap hasil pemotongan
12	Panel ruida	Baik	Tidak ada masalah
13	Gerak <i>axis</i>	Baik	Tidak ada masalah
14	<i>Limit axis</i>	Baik	Tidak ada masalah
15	Kabel penghubung setiap komponen kelistrikan	Baik	Tidak ada masalah

- d. Pengoperasian alat sesuai dengan prosedur kerja yang telah dirancang.

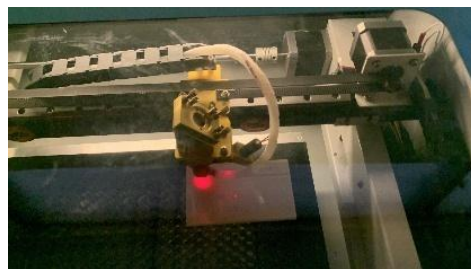
Dengan demikian, setiap langkah dari persiapan material, pengaturan parameter pemotongan, hingga proses laser cutting berjalan secara sistematis dan terkontrol. Hal ini bertujuan untuk memastikan keselamatan operator, menjaga kualitas hasil pemotongan, serta mencapai efisiensi dan presisi yang diharapkan dari mesin laser cutting yang dikembangkan dalam penelitian ini.



Gambar 4. 5 Proses Pengoperasian alat.

e. Pengamatan proses kerja alat selama pengujian berlangsung.

Pengamatan proses kerja alat selama pengujian berlangsung dilakukan secara cermat dan sistematis untuk mengevaluasi kinerja mesin laser cutting yang telah dirancang. Setiap tahapan proses, mulai dari persiapan material, pengaturan parameter pemotongan, hingga hasil akhir pemotongan, diamati dan dicatat guna memastikan bahwa alat berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Pengamatan ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi kendala teknis yang mungkin muncul selama pengoperasian, sehingga dapat dilakukan perbaikan dan penyempurnaan pada prototipe mesin laser cutting untuk mencapai hasil yang akurat, stabil, dan andal.



Gambar 4. 6 Pengamatan proses kerja

f. Pencatatan dan pengumpulan data yang dihasilkan selama proses pengujian.

Table 4. 9 Proses Pengujian

No	Parameter	Keterangan	Catatan
1	Waktu pemrosesan	25 menit 31 detik	Tidak Ada
2	Daya	50% kekuatan daya gravir ; 55% kekuatan daya potong	55% daya potong kurang efisien untuk pemotongan karena memerlukan 5x repetisi sampai terpotong.
3	Kehalusan pemotongan	Kasar	Kekuatan daya potong berpengaruh pada kekasaran hasil pemotongan, semakin dalam pemotongan semakin kasar
4	Kehalusan graving	Sedikit kasar	Tidak Ada
5	Hasil Akhir	Baik	Tidak Ada

- g. Evaluasi hasil pengujian untuk mengetahui kinerja alat dan kesesuaian dengan tujuan perancangan.

Melalui serangkaian pengujian pada berbagai ketebalan material, data yang diperoleh dianalisis untuk menilai aspek akurasi, stabilitas, dan keandalan mesin laser cutting yang telah dibuat. Evaluasi ini juga bertujuan untuk memastikan bahwa prototipe yang dikembangkan mampu memenuhi kebutuhan praktikum, pelatihan, maupun produksi skala kecil, serta memberikan dasar bagi perbaikan dan pengembangan lebih lanjut agar mesin laser cutting dapat berfungsi secara optimal sesuai dengan yang diharapkan.



Gambar 4. 7 Evalausi Hasil Pengujian

4.3.2 Hasil realisasi produk

Hasil realisasi produk berupa prototipe mesin laser cutting yang telah berhasil dirancang dan dibangun berdasarkan tahapan perancangan sebelumnya. Realisasi produk merupakan implementasi dari seluruh rancangan ke dalam bentuk fisik yang siap dioperasikan, mulai dari pemilihan komponen, fabrikasi, perakitan, hingga integrasi sistem secara keseluruhan.

Untuk menguji kemampuan mesin yang telah direalisasikan, dilakukan proses pemotongan pada material akrilik dengan produk berupa gantungan kunci berbentuk huruf "M" yang merepresentasikan inisial "M solver". Desain produk dibuat menggunakan perangkat lunak desain vektor, kemudian dikonversi menjadi G-code yang dapat dibaca oleh sistem kendali mesin. Proses pemotongan dilakukan dengan pengaturan parameter mesin seperti daya laser, kecepatan potong, dan jarak fokus yang disesuaikan dengan karakteristik material akrilik agar hasil pemotongan optimal.

Hasil pemotongan menunjukkan kualitas yang baik dengan permukaan halus, tepi bersih, serta dimensi yang sesuai dengan desain. Tidak ditemukan cacat seperti gerinda atau terbakarnya tepi material, yang menandakan bahwa parameter pemotongan telah sesuai dan mesin mampu berfungsi dengan presisi tinggi. Selain itu, waktu pemotongan yang relatif singkat menunjukkan efisiensi mesin untuk produksi skala kecil.

Keberhasilan pembuatan gantungan kunci akrilik ini membuktikan bahwa prototipe mesin laser cutting yang dikembangkan mampu menghasilkan produk berkualitas dan dapat diaplikasikan untuk praktikum, pelatihan, maupun produksi skala kecil seperti kerajinan akrilik dan suvenir. Hasil realisasi produk ini menjadi dasar bagi pengujian kinerja mesin pada sub-bab berikutnya untuk mengevaluasi akurasi, stabilitas, dan keandalan alat secara lebih mendalam.



Gambar 4. 8 Hasil Pengujian



Gambar 4. 9 Hasil Pegujian