



Tersedia secara online di <https://journal.iteba.ac.id/index.php/jmrib>

JMRIB

Jurnal Manajemen Rekayasa dan Inovasi Bisnis



MERAKIT MESIN ENGRAVER SEDERHANA

Sangga Bezaleel Sihombing¹, Damara Bagus Gemilang Tarigan², Hery Irwan³
^{1,2,3}sanggalumbantoruan51@gmail.com, damaratarigan08@gmail.com, hery04@gmail.com

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan

Informasi Artikel

Riwayat Artikel :

Received : 19 – Februari - 2025

Revised : 25 – Februari - 2025

Accepted : 26 – Februari - 2025

Kata kunci :

Qfd;

VDI2221;

Engraver;

Technology;

Abstract

As the creative industry continues to grow, the demand for unique products such as souvenirs is increasing. One effective way to meet this demand is through engraving techniques, which involve carving lines into materials like wood to produce prints. To create detailed and high-precision designs, a laser engraver machine serves as an effective solution for producing quality souvenirs. In the development and design of the laser engraver, approaches such as Quality Function Deployment (QFD) and VDI 2221 methods are employed. The product design process is a crucial aspect of engineering and design, playing a significant role in addressing consumer needs. This method not only aids in creating innovative products but also ensures that these products meet the criteria and expectations of users. By utilizing the laser engraver, it is anticipated that significant strategic advantages can be achieved, particularly in optimizing production processes, enhancing product quality, and fostering innovative design development.

Abstrak

Seiring dengan berkembangnya industri kreatif, permintaan akan produk unik seperti souvenir semakin meningkat. Salah satu cara untuk memenuhi permintaan ini adalah melalui teknik ukir atau engraving, yang melibatkan pengukiran garis pada material seperti kayu untuk menghasilkan cetakan. Untuk menciptakan desain yang detail dan presisi tinggi, mesin laser engraver menjadi solusi efektif dalam pembuatan souvenir berkualitas. Dalam pengembangan dan perancangan mesin laser engraver, pendekatan yang digunakan meliputi metode Quality Function Deployment (QFD) dan VDI 2221. Proses desain produk merupakan aspek penting dalam rekayasa dan perancangan, berperan signifikan dalam memenuhi kebutuhan konsumen.

Metode ini tidak hanya membantu menciptakan produk inovatif, tetapi juga memastikan produk memenuhi kriteria dan harapan pengguna. Dengan memanfaatkan mesin laser engraver, diharapkan dapat memberikan keuntungan strategis, terutama dalam optimalisasi proses produksi, peningkatan kualitas produk, dan pengembangan desain yang inovatif.

1. Pendahuluan

Seiring dengan era industri kreatif yang semakin berkembang, kebutuhan akan produk unik seperti souvenir semakin meningkat. Salah satu cara untuk memenuhi permintaan ini adalah melalui teknik ukir atau *engraving*, yaitu langkah dalam proses penciptaan desain melalui seni rupa dengan cara mengukir garis yang tenggelam pada material seperti kayu, sehingga hasil cetakan dapat diperoleh dari kayu tersebut [1]. Diperlukan alat yang memungkinkan pembuatan desain yang detail dan presisi tinggi pada berbagai material, mesin laser *engraver* menjadi solusi yang efektif untuk pembuatan souvenir yang menarik dan berkualitas tinggi. Dengan menggunakan teknologi laser, proses *engraving* dapat dilakukan dengan cepat dan akurat, menghasilkan produk yang tidak hanya estetik tetapi juga memiliki nilai tambah bagi konsumen.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang berjudul "Rancang Bangun Mesin CNC (Computer Numerical Control) Laser dengan Metode Design for Assembly," [2] proyek ini berhasil menyelesaikan pengembangan mesin CNC cutting/engraver. Dalam penelitian ini, perangkat lunak GRBL digunakan untuk mengirim G-Code ke Arduino Nano, yang kemudian menerjemahkan setiap G-Code secara berurutan untuk mengontrol motor stepper dan laser 15W. Diharapkan bahwa hasil penelitian ini dapat diterapkan pada Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) yang berfokus pada pembuatan souvenir dengan menggunakan teknik ukir.

Salah satu keunggulan utama dari mesin laser *engraver* adalah kemampuannya untuk tidak hanya melakukan ukiran, tetapi juga memotong bahan-bahan tipis menjadi bentuk-bentuk yang menarik dan kompleks, seperti gantungan kunci, ornamen, atau bahkan bagian-bagian kecil dari produk yang lebih besar [3]. Proses pemotongan dengan mesin laser jauh lebih efisien dibandingkan dengan metode manual tradisional [4], seperti menggunakan gergaji.

Dalam metode manual, pengrajin harus mengandalkan keterampilan dan ketelitian tangan untuk menghasilkan potongan yang rapi dan sesuai dengan desain yang diinginkan

[5]. Hal ini sering kali memakan waktu dan memerlukan pengalaman yang cukup untuk mencapai hasil yang memuaskan. Sebaliknya, mesin laser mampu melakukan pemotongan dengan kecepatan tinggi dan akurasi yang luar biasa, mengurangi kemungkinan kesalahan dan meningkatkan produktivitas.

2. Metode Penelitian

2.1 Metode Pengumpulan Data

Dalam perancangan ini, perancang mengumpulkan data melalui beberapa pendekatan yang dirancang untuk memperoleh informasi yang komprehensif mengenai alat yang akan dibuat, serta spesifikasi laser yang diinginkan oleh pelanggan [6]. Dengan menggunakan pendekatan ini, perancang dapat memahami kebutuhan dan harapan pengguna secara lebih mendalam, sehingga hasil rancangan dapat lebih relevan dan aplikatif. Berikut adalah pendekatan yang digunakan dalam pengumpulan data:

2.1.1 Survei

Perancang melakukan survei kepada para pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) yang bergerak di bidang penjualan souvenir. Survei ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi langsung dari para pelaku usaha mengenai pengalaman mereka, tantangan yang dihadapi, serta harapan mereka terhadap alat yang akan dikembangkan. Dengan melibatkan UMKM, perancang dapat memperoleh wawasan yang berharga tentang kebutuhan spesifik pasar dan preferensi pelanggan.

2.1.2 Kuesioner

Sebagai bagian dari proses pengumpulan data, perancang juga membagikan kuesioner yang dirancang khusus untuk diisi oleh para UMKM di bidang souvenir. Kuesioner ini berisi pertanyaan-pertanyaan yang relevan untuk mendapatkan data yang akurat dan terukur mengenai spesifikasi laser yang diinginkan, termasuk fitur-fitur yang dianggap penting, tingkat kepentingan masing-masing fitur, serta harapan terkait kualitas dan harga.

2.2 Metode *Quality Function Deployment* (QFD)

Di tahap awal perancangan ini, perancang menerapkan metode *Quality Function Deployment* (QFD) sebagai alat utama untuk mengetahui spesifikasi laser yang diinginkan oleh pelanggan. Dengan menerapkan QFD, perancang dapat mengidentifikasi dan mengevaluasi berbagai elemen penting bagi pengguna, sehingga spesifikasi yang

dihasilkan menjadi lebih akurat dan relevan. Selanjutnya, perancangan ini akan mengikuti serangkaian langkah yang sistematis dalam metode QFD [7]. Langkah – langkah perancangan dengan menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD) adalah sebagai berikut:

Tahap 1 – Identifikasi Atribut Produk

Pada tahap ini, dilakukan survei untuk memahami preferensi pengguna terhadap produk. Selain itu, kuesioner dilakukan untuk menentukan tingkat kepentingan (importance rating) menggunakan skala Likert dari 1 hingga 5, di mana 1 berarti "tidak penting" dan 5 berarti "sangat penting."

Tahap 2 – Karakteristik Teknikal

Setelah tahap sebelumnya, langkah selanjutnya dalam proses perancangan produk adalah menyusun kebutuhan teknis yang secara tepat mencerminkan harapan dan kebutuhan konsumen.

Tahap 3 – Matriks Interaksi

Penilaian matriks interaksi dilakukan dengan menggunakan skala yang jelas dan terukur: hubungan yang kuat diberi nilai 9, yang menunjukkan bahwa atribut tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap parameter teknis; hubungan yang sedang diberi nilai 3, menandakan adanya pengaruh yang moderat; sedangkan hubungan yang lemah diberi nilai 1, menunjukkan pengaruh yang minimal. Jika tidak ada hubungan sama sekali, sel tersebut tidak diberi nilai.

Tahap 4 – Interaksi Antara Parameter

Bagian ini, yang dikenal sebagai "roof of QFD," berfungsi sebagai panduan strategis dalam matriks kualitas, di mana hubungan antar parameter diidentifikasi dan dianalisis. Dengan memahami interaksi ini, tim pengembang dapat merancang solusi yang lebih efektif dan terintegrasi, sehingga meningkatkan kualitas produk secara keseluruhan dan memenuhi ekspektasi pengguna dengan lebih baik.

Tahap 5 – Analisis Teknis & Nilai

Target Pada tahap ini, analisis dan evaluasi dilakukan untuk menetapkan nilai-nilai parameter teknis yang perlu diperhatikan untuk perbaikan produk. Langkah ini akan

membuka peluang untuk perbaikan serta penetapan "*target values*" yang harus dipenuhi oleh desain produk yang akan dirancang. Dengan penyempurnaan ini, paragraf menjadi lebih jelas dan terstruktur [8].

Dari tahapan - tahapan metode QFD diatas akan didapatkan hasil yang akan dimasukkan kedalam daftar kehendak yang akan di susun untuk lanjut ke metode perancangan selanjutnya yaitu metode VDI 2221 [9].

2.3 Metode VDI 2221

Dalam perancangan ini, perancang juga menggunakan metode VDI 2221 untuk merancang mesin laser engraving [3]. Berikut ini adalah tahapan - tahapan dalam metode VDI 2221:

1. Tahap pertama adalah mengklasifikasikan tugas (Clarification of the Task)

Setelah mengidentifikasi urutan kehendak yang sebelumnya disajikan secara tidak teratur, berikut telah menyusunnya secara sistematis ke dalam sebuah klasifikasi tugas. Tujuan dari penyusunan ini adalah untuk memberikan kejelasan dan mempermudah pemahaman mengenai spesifikasi yang diinginkan. Setiap spesifikasi dalam daftar ini dibagi menjadi dua kategori utama: D (Demands), yang mencakup kebutuhan dasar yang harus dipenuhi, dan W (Wishes), yang mencakup keinginan tambahan yang diharapkan oleh pelanggan.

2. Tahap kedua adalah mewujudkan konsep produk secara umum (Conceptual Design)

Pada tahap ini terdiri dari beberapa proses sebagai berikut :

- a. Struktur fungsi dari mesin laser *engraver* dapat dipahami sebagai hubungan fundamental antara input dan *output* dalam suatu sistem, serta sebagai instruksi awal untuk melaksanakan tugas tertentu.
- b. Pada struktur fungsi keseluruhan yang terdapat dalam diagram blok fungsi keseluruhan yang telah digambarkan di atas, masih terdapat beberapa aspek yang kurang jelas. Untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam, penting untuk menguraikan struktur tersebut menjadi sub-fungsi yang lebih spesifik.
- c. Prinsip solusi dalam metode VDI 2221 adalah pendekatan terstruktur yang digunakan dalam proses desain produk, terutama dalam bidang teknik dan rekayasa.

d. Struktur modul dalam metode VDI 2221 adalah pendekatan yang sangat efektif dalam mengelola proses desain produk. Dengan membagi proses menjadi modul-modul yang lebih terfokus, perancang dapat lebih mudah menangani kompleksitas proyek, meningkatkan kerja sama, dan memastikan bahwa setiap elemen perancangan diperhatikan dengan seksama.

e. Bagan penentuan alat merupakan alat bantu visual yang sangat berharga dalam proses desain produk, yang dirancang untuk membantu insinyur dan perancang dalam memilih serta menentukan alat atau teknologi yang paling tepat untuk digunakan. Bagan ini berfungsi sebagai panduan yang terstruktur, memfasilitasi pengambilan keputusan terkait pemilihan alat dengan mempertimbangkan berbagai kriteria yang relevan.

3. Tahap ketiga adalah membuat perancangan fisik produk (Embodiment Concept)

Perancangan fisik produk merupakan tahap yang sangat penting dalam pengembangan produk, karena tahap ini memastikan bahwa produk akhir tidak hanya berfungsi sesuai harapan, tetapi juga dirancang dengan baik dari segi estetika, ergonomi, dan fungsionalitas. Dalam hal ini, perancang sedang merancang mesin laser *engraver*, sebuah alat yang memerlukan perhatian khusus terhadap detail teknis dan desain.

4. Tahap keempat adalah membuat perancangan keseluruhan (Detail Design)

Pada tahap 4 ini akan terdapat 2 hasil yaitu sebagai berikut:

Bill of Materials (BOM) adalah dokumen penting dalam proses produksi yang berfungsi sebagai daftar lengkap semua bahan, komponen, dan bagian yang diperlukan untuk memproduksi suatu produk atau barang. BOM memberikan rincian yang mendalam mengenai setiap elemen yang terlibat dalam proses pembuatan, sehingga menjadi alat yang sangat berguna bagi tim produksi, pengadaan, dan manajemen [10].

Peta Proses Operasi berfungsi sebagai alat yang efektif untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam proses produksi serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dalam manajemen produksi [11].

Setelah menerapkan metode VDI 2221, akan diperoleh hasil berupa desain yang akan digunakan dalam perancangan mesin laser *engraver*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perancangan QFD

Data yang dikumpulkan diolah dan dianalisis menggunakan metode *Quality Function Deployment (QFD)*, Berikut adalah hasil dari pengolahan data tersebut :

Tahap 1 – Identifikasi Atribut Produk Mesin Laser *Engraver*

Tabel 1 - Hasil Kuisisioner Beserta Tingkat Kepentingan

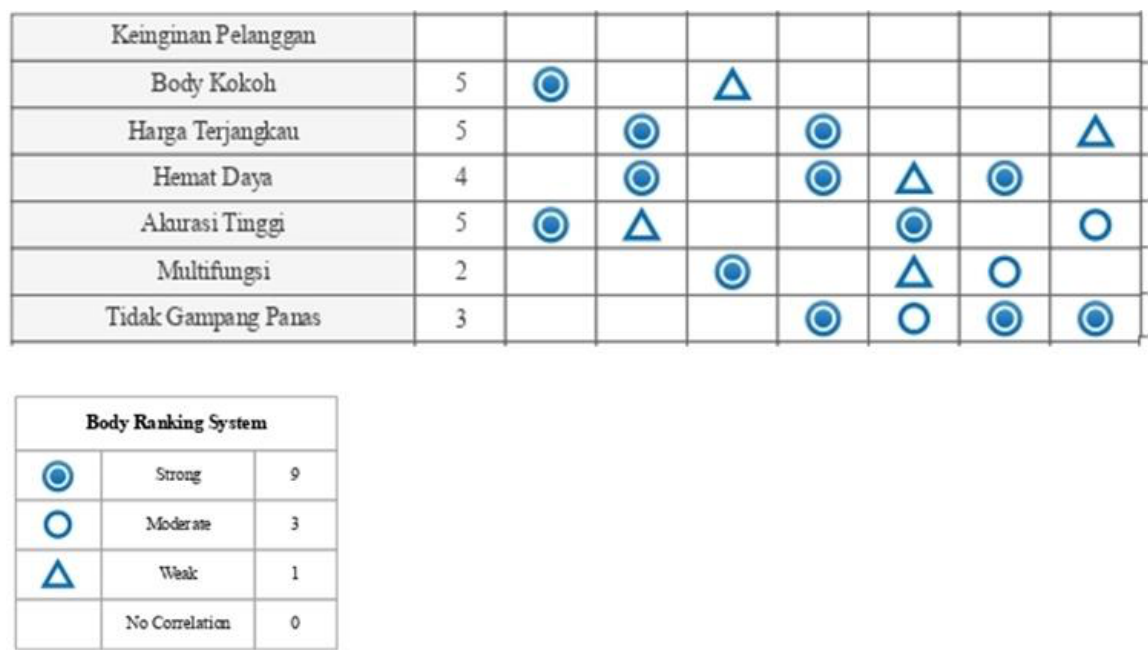
No	Atribut	Tingkat Kepentingan (<i>Importance Rating</i>)
1	Body Kokoh	5
2	Harga Terjangkau	5
3	Hemat Daya	4
4	Akurasi Tinggi	5
5	Multifungsi	2
6	Tidak Gampang Panas	3

Tahap 2 – Karakteristik Teknikal



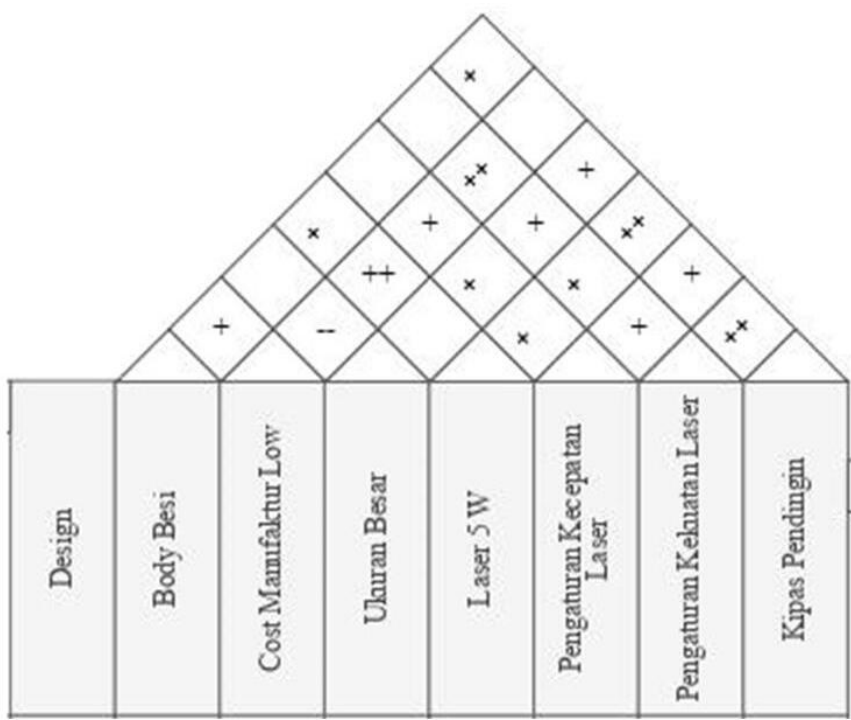
Gambar 1- *Design* Awal

Tahap 3 – Matriks Interaksi



Gambar 2 - Penilaian Hubungan Antara Keinginan dan Design

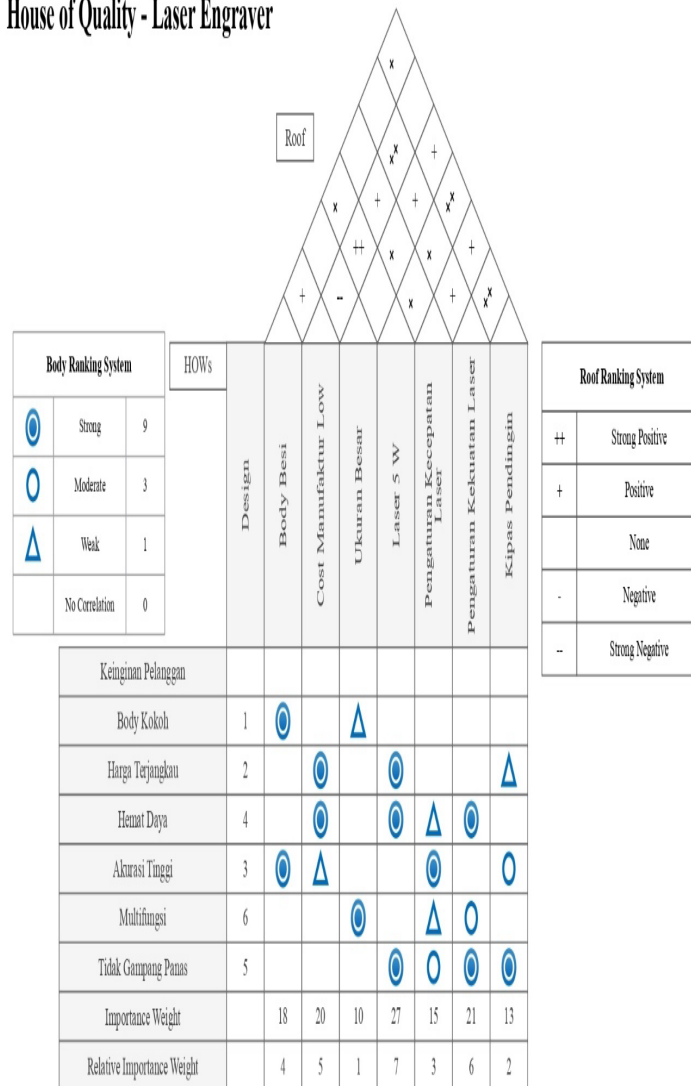
Tahap 4 – Interaksi Antara Parameter



Gambar 3 - Hubungan Antara Design

Tahap 5 – Analisis Teknis & Nilai

House of Quality - Laser Engraver



Gambar 4 - Matriks House of Quality

3.3. Daftar Kehendak

- Dimensi: Memiliki panjang 590 mm, lebar 540 mm, dan tinggi 160 mm.
- Kemampuan Material: Dapat mengukir berbagai jenis material, termasuk *basswood*, *hardwood*, *bamboo*, *acrylic*, dan karton *board*.
- Bahan Konstruksi: Menggunakan material besi untuk kekuatan dan daya tahan. Profil Aluminium: Menggunakan profil aluminium untuk struktur yang ringan namun kokoh.
- Akrilik: Menggunakan akrilik sebagai bagian dari desain untuk estetika dan fungsionalitas.
- Sumber Energi: Menggunakan laser berenergi 12V 5A untuk performa optimal.

- f. Konektivitas: Dilengkapi dengan kabel USB untuk kemudahan koneksi.
- g. Kemudahan Penggunaan: Dirancang agar dapat digunakan dengan mudah oleh pengguna.
- h. Portabilitas: Mudah dipindahkan, memungkinkan fleksibilitas dalam penggunaan.
- i. Produksi Massal: Dapat diproduksi secara massal untuk memenuhi permintaan pasar.
- j. Kekuatan Rangka: Memiliki rangka yang kuat dan kokoh untuk menjamin stabilitas selama penggunaan.
- k. Biaya Produksi: Memiliki biaya produksi yang rendah untuk meningkatkan daya saing.
- l. Aksesibilitas: Dapat digunakan oleh UMKM dan industri menengah ke bawah.
- m. Perawatan: Mudah dalam perawatan, memastikan keberlanjutan dan efisiensi operasional.

3.4 Perancangan VDI 2221

Tahap pertama adalah mengklasifikasikan tugas (Clarification of the Task)

Tabel 2 - Abstraksi I dan II

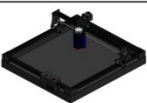
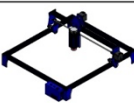
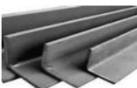
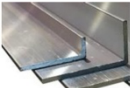
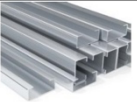
Parameter	Spesifikasi	D/W
Geometri	Panjang Mesin 590 mm	D
	Lebar Mesin 540 mm	D
	Tinggi Mesin 160 mm	D
Fungsi	Dapat Mengukir Material Basswood, Hardwood, Bamboo, Acrylic, Kraft paper, Painted Stainless Steel	D
Material	Besi	D
	Aluminium Profile	D
	Plastik	D
	Akrilik	D
Energi	Menggunakan Energi 12V 5A	D
Sinyal	Menggunakan Kabel USB	D
Ergonomi	Tidak Perlu Kemampuan Khusus Untuk Menggunakannya	D
	Mudah Dipindahkan	D
Produksi	Dapat Dibuat Secara Massal	D
	Rangka Kuat dan Kokoh	D
	Harga Produksi Yang Rendah	D
	Dapat Digunakan Industri Menengah Kebawah	D
Perawatan	Mudah Dalam Perawatannya	D

Tahap kedua adalah mewujudkan konsep produk secara umum (Conceptual Design)

Gambar 5 - Diagram Fungsi

Gambar 6 - Diagram Subfungsi

Tabel 3 - Matriks Solusi Mesin Laser Engraver

No	Unsur Mesin	Varian		Keterangan
		1	2	
1	Model Mesin			1. Desain Alat Dengan Alas Bawah 2. Desain Alat Tanpa Alas Bawah
2	Rangka Bawah			1. Besi Siku 2. Aluminium Profile
3	Rangka Atas			1. Besi 2. Aluminium Profile
4	Sistem Transmisi			1. Vslot 3 Roda 2. Vslot 4 Roda
5	Sistem Penggerak			1. Stepper Motor A 2. Stepper Motor B
6	Kipas			1. Kipas Pendingin
7	Laser			1. Laser Engraver

Tabel 4 - Bagan Kombinasi Matriks Solusi

No	Pembagian Fungsi	Prinsip Solusi	
		1	2
1	Model Mesin		
2	Rangka Bawah		
3	Ratas Atas		
4	Sistem Transmisi		
5	Sistem Penggerak		
6	Kipas		
7	Laser		

V1 : 1.1 - 2.1 - 3.2 - 4.1 - 5.2 - 6.1 - 7.1 (—)
V2 : 1.2 - 2.2 - 3.1 - 4.2 - 5.1 - 6.1 - 7.1 (----)

Tabel 5 - Bagan Penentuan Alat

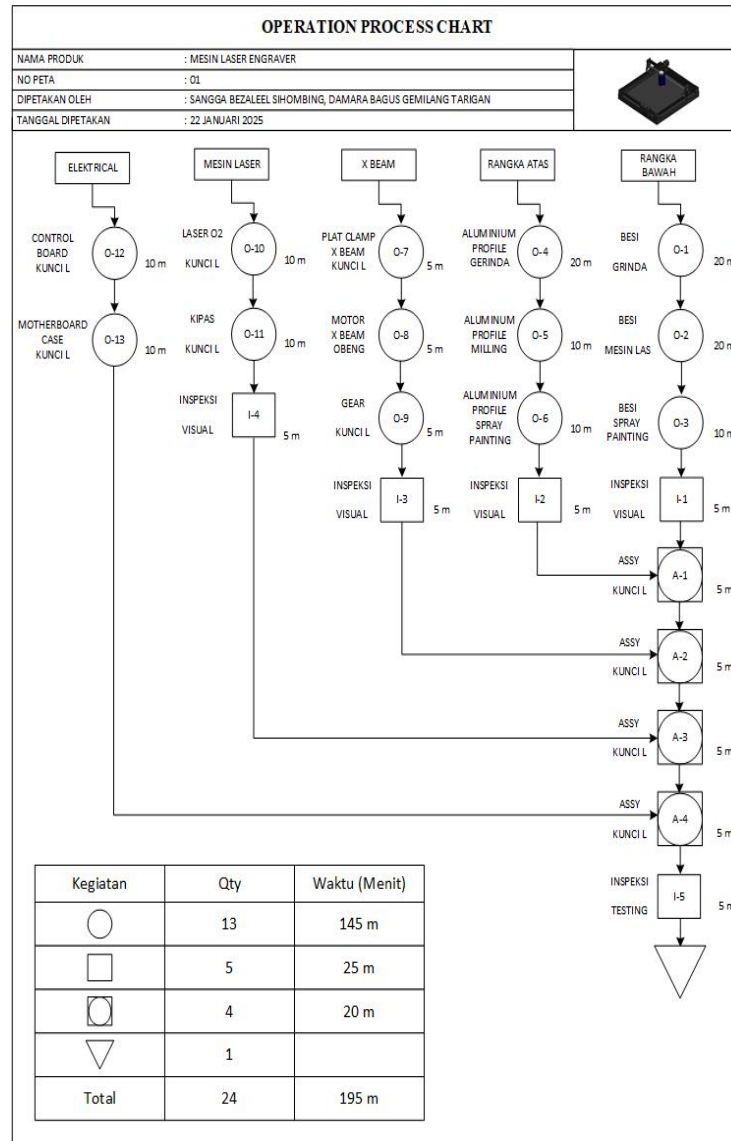
Tahap ketiga adalah membuat perancangan fisik produk (Embodiment Concept)

Gambar 7 - Rancangan Akhir Mesin Laser Engraver

Tahap keempat adalah membuat perancangan keseluruhan (Detail Design)

Tabel 6 - Bill of Materials (BOM)

Kode	Deskripsi	Qty	Harga / Unit		Total harga	
P0.0	Mesin laser engraver	1				
P1.0	Kerangka (Bottom) mesin laser engraver					
P1.1	Besi siku	1	Rp	150.000	Rp	150.000
P1.2	Plat besi 590mm 540mm	1	Rp	100.000	Rp	100.000
P1.3	Hexagon bolt	30	Rp	3.000	Rp	75.000
P1.4	Painting	4	Rp	120.000	Rp	120.000
P2.0	Kerangka (Top) mesin laser engraver					
P2.1	Aluminium profile	3	Rp	65.000	Rp	195.000
P2.2	Plat aluminium profile 200 x 250mm	4	Rp	46.000	Rp	184.000
P2.3	Motor nema 17	2	Rp	105.000	Rp	210.000
P3.0	Sumbu X mesin engraver					
P3.1	Shaff X bem	1	Rp	20.000	Rp	20.000
P3.2	Extruder Gear	3	Rp	30.000	Rp	90.000
P3.3	wire rope stainless	1	Rp	35.000	Rp	35.000
P3.4	v slot	9	Rp	15.000	Rp	135.000
P3.5	Stopper roller	9	Rp	2.500	Rp	22.500
P4.0	Mesin Laser					
P4.1	Laser S9HJU18XS / IEC60825	1	Rp	600.000	Rp	600.000
P4.2	Kipas Pendingin micro 2507	1	Rp	150.000	Rp	150.000
P5.0	Electrical					
P5.1	Motherboad	1	Rp	650.000	Rp	650.000
P5.2	Cable printer USB	1	Rp	15.000	Rp	15.000
P5.3	cable modular	1	Rp	60.000	Rp	60.000
P5.4	Acrilic 4mm 40mm x 40mm	1	Rp	5.000	Rp	5.000
Total					Rp	2.816.500



Gambar 8 - OPC Mesin Laser Engraver

4. Kesimpulan

Dari penelitian perancangan di atas, dapat disimpulkan bahwa mesin laser engraver memiliki potensi untuk diterapkan pada Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM). Selain itu, mesin ini dapat diproduksi dengan harga yang terjangkau, sehingga dapat diakses oleh UMKM.

Daftar Pustaka

- [1] D. Wibowo, “Teknik Engrave Dalam Pembuatan Uang Kartal Republik Indonesia,” *J. Desain Komun. Vis. dan Media Baru*, vol. 2, no. 2, pp. 86–98, 2020.
- [2] A. Muchlis, W. Ridwan, and I. Z. Nasibu, “Rancang Bangun Mesin CNC (Computer Numerical Control) Laser dengan Metode Design for Assembly,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 23–27, 2021, doi: 10.37905/jjee.v3i1.9228.
- [3] Misbakhul Munir, “Perancangan Prototype Smart Lock Door Multi Sensor Berbasis Arduino Uno Menggunakan Metode VDI 2221 (Verein Deutscher Ingeniure),” *J. Penelit. Rumpun Ilmu Tek.*, vol. 2, no. 3, pp. 153–165, 2023, doi: 10.55606/juprit.v2i3.2133.
- [4] P. Desain, “Analisis keterkaitan ragam teknik ukir tatah tembaga terhadap kemungkinan bentuk yang dihasilkan dalam pertimbangan desain,” vol. 16, no. 1, pp. 1–12, 2019.
- [5] N. R. Maulana, “Teknik Ukir Ornamen Pendhok di Yogyakarta,” *Inven. (Jurnal Pencipta. dan Pengkaj. Seni)*, vol. 5, no. 2, pp. 129–138, 2020.
- [6] E. Kurniawan, Syaifurrahman, and B. Jekky, “Rancang Bangun Mesin CNC Lathe Mini 2 Axis,” *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 4, no. 2, pp. 83–90, 2020, [Online]. Available: https://ejournal.up45.ac.id/index.php/Jurnal_ENGINE/article/view/769
- [7] S. Nurochim and A. N. Rukmana, “Perancangan Produk Waistbag dengan Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD),” pp. 1–13.
- [8] V. Bouchereau and H. Rowlands, “Methods and techniques to help quality function deployment (QFD),” *Benchmarking An Int. J.*, vol. 7, no. 1, pp. 8–20, Jan. 2000, doi: 10.1108/14635770010314891.
- [9] H. Rudolph, R. G. Luthardt, and M. R. Graf, “„Computer aided design/computer aided manufacturing“,” *Freie Zahnarzt*, vol. 59, no. 7–8, pp. 62–72, 2015, doi: 10.1007/s12614-015-5448-7.
- [10] K. A. Olsen, P. Sætre, and A. Thorstenson, “A procedure-oriented generic bill of materials,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 32, no. 1, pp. 29–45, Jan. 1997, doi: 10.1016/S0360-8352(96)00058-7.
- [11] W. D. Permana, I. Bayhaqi, and C. Handayani, “Perancangan Operation Process Chart Dan Pengukuran Waktu Baku Dengan Metode Stopwatch Time,” *J. Tek. Mesin dan Ind.*, vol. 1, no. 1, pp. 5–13, 2022, doi: 10.55331/jutmi.v1i1.5.