

BAB I

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan, khususnya dalam bidang industri dan manufaktur. Peningkatan kebutuhan akan produk yang berkualitas, efisien, dan memiliki tingkat ketelitian tinggi mendorong pemanfaatan teknologi yang semakin maju dalam proses produksi. Seiring dengan meningkatnya tuntutan tersebut, industri dituntut untuk mengadopsi sistem produksi yang tidak hanya mampu meningkatkan produktivitas, tetapi juga menjamin konsistensi dan akurasi hasil kerja. Berbagai inovasi teknologi terus dikembangkan sebagai upaya untuk mendukung proses produksi agar lebih efektif, efisien, serta adaptif terhadap perkembangan zaman. Salah satu teknologi yang berkembang pesat dalam mendukung proses pemotongan material adalah mesin *laser cutting*, yang memanfaatkan sinar laser berdaya tinggi untuk menghasilkan pemotongan dengan tingkat presisi yang tinggi dan kualitas tepi yang baik. Oleh karena itu, pengembangan dan rancang bangun mesin *laser cutting* menjadi solusi strategis dalam menyediakan sistem pemotongan yang andal, fleksibel, serta dapat disesuaikan dengan kebutuhan industri skala kecil dan menengah maupun sebagai sarana pendukung kegiatan pendidikan dan penelitian.

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi manufaktur modern menuntut proses produksi yang semakin efisien, presisi tinggi, serta fleksibel terhadap variasi desain dan jenis material. Tuntutan tersebut muncul seiring dengan meningkatnya kebutuhan industri terhadap produk yang memiliki kualitas tinggi, tingkat konsistensi yang

baik, serta waktu produksi yang singkat. Persaingan industri yang semakin ketat, baik di tingkat nasional maupun global, mendorong perusahaan untuk mengadopsi teknologi pemrosesan material yang mampu meningkatkan produktivitas sekaligus menekan biaya produksi. Dalam konteks ini, pemilihan teknologi manufaktur yang tepat menjadi faktor strategis dalam menjaga daya saing industri. Salah satu teknologi yang banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah teknologi pemotongan berbasis sinar laser atau *laser cutting*.

Teknologi *laser cutting* bekerja dengan memanfaatkan energi cahaya berintensitas tinggi yang difokuskan pada permukaan material sehingga mampu melelehkan, menguapkan, atau membakar material secara terkontrol sesuai dengan pola yang telah diprogram. Proses pemotongan ini memungkinkan pencapaian tingkat akurasi yang sangat tinggi, lebar potong (*kerf*) yang kecil, serta kualitas tepi potongan yang halus dan rapi. Selain itu, karena tidak melibatkan kontak mekanis langsung antara alat potong dan benda kerja, risiko keausan alat dapat diminimalkan serta distorsi mekanis pada material dapat dikurangi secara signifikan. Keunggulan-keunggulan tersebut menjadikan teknologi *laser cutting* sangat efektif untuk pemotongan material dengan bentuk geometris kompleks dan toleransi ketat (Groover, 2010c). Oleh karena itu, mesin *laser cutting* banyak diaplikasikan pada berbagai sektor industri, seperti manufaktur logam, otomotif, elektronik, periklanan, hingga bidang rekayasa presisi lainnya.

Selain penggunaannya di sektor industri, mesin *laser cutting* juga memiliki peranan yang sangat penting dalam dunia pendidikan teknik dan rekayasa. Teknologi ini banyak dimanfaatkan sebagai sarana praktikum, pembuatan

prototipe, serta pengembangan produk berbasis *digital fabrication*. Melalui penggunaan mesin *laser cutting*, mahasiswa dapat memahami keterkaitan antara proses perancangan digital (*computer aided design*) dengan proses manufaktur secara nyata. (Gershenfeld, 2005) menyatakan bahwa penerapan teknologi fabrikasi digital, termasuk *laser cutting*, mampu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap konsep desain, produksi, dan inovasi secara terpadu, serta mendorong munculnya kreativitas dan kemampuan *problem solving* dalam bidang rekayasa.

Namun demikian, mesin *laser cutting* komersial yang tersedia di pasaran umumnya memiliki harga yang relatif tinggi, baik dari sisi pengadaan awal maupun biaya perawatan dan operasional. Selain itu, kebutuhan akan sistem kontrol, pendingin, serta komponen optik yang presisi turut meningkatkan kompleksitas dan biaya mesin tersebut. Kondisi ini menjadi kendala tersendiri bagi industri kecil dan menengah (IKM) serta lembaga pendidikan yang memiliki keterbatasan anggaran, sehingga akses terhadap teknologi *laser cutting* menjadi terbatas. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengembangan mesin *laser cutting* alternatif yang lebih ekonomis, mudah dioperasikan, dan mudah dirawat, namun tetap memiliki fungsi dan kinerja yang memadai untuk kebutuhan pendidikan maupun produksi skala kecil.

Seiring dengan berkembangnya teknologi *open-source*, penggunaan mikrokontroler seperti Arduino serta *firmware GRBL* membuka peluang untuk merancang mesin *laser cutting* skala kecil dengan biaya yang lebih terjangkau. Sistem ini memungkinkan integrasi antara perangkat lunak desain, sistem kontrol numerik, dan aktuator mekanik secara efisien. (Ibrahim, 2011) menjelaskan bahwa

sistem kontrol berbasis mikrokontroler mampu mengendalikan pergerakan mesin *CNC* secara presisi melalui perintah *G-code*, sehingga sangat sesuai untuk diterapkan pada mesin *laser cutting* sederhana yang membutuhkan akurasi dan kestabilan gerak yang baik.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan pada kegiatan rancang bangun prototipe mesin *laser cutting* yang mengintegrasikan sistem mekanik, sistem elektronik, serta sistem kontrol berbasis mikrokontroler. Pengembangan prototipe ini diharapkan mampu menghasilkan mesin *laser cutting* dengan performa pemotongan yang akurat, stabil, dan andal. Selain itu, prototipe yang dihasilkan diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai sarana pendukung kegiatan praktikum, pelatihan, serta produksi skala kecil, khususnya bagi lembaga pendidikan dan industri dengan keterbatasan sumber daya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merekalkulasi struktur mekanik mesin *laser cutting* CO₂ 50 W dengan meja kerja 200mmx300mm yang stabil dan presisi?
2. Komponen elektronik dan kontrol apa saja yang diperlukan untuk mengoperasikan mesin?
3. Apa saja elemen mesin yang tercakup pada *laser cutting* CO₂ 50 W dengan meja kerja 200mmx300mm?
4. Bagaimana menganalisa struktur mesin *laser cutting* skala CO₂ 50 W dengan meja kerja 200mmx300mm menggunakan ANSYS?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus dan terarah, maka penulis menetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya membahas analisis struktur pada rangka mesin *laser cutting* CO₂ 50 W menggunakan metode *Static Structural* pada perangkat lunak ANSYS Workbench.
2. Analisis dilakukan dengan mengasumsikan pembebanan berupa beban statis yang berasal dari berat komponen utama mesin, sedangkan pengaruh beban dinamis, getaran, dan temperatur selama proses pemotongan tidak diperhitungkan.
3. Hasil analisis dibatasi pada parameter *Total Deformation*, *Equivalent (Von Mises) Stress*, *Equivalent Elastic Strain*, dan *Safety Factor* sebagai dasar evaluasi kekuatan dan keamanan desain rangka.
4. Ukuran *mesh element* dibatasi sebesar 3 mm karena keterbatasan kapasitas perangkat yang digunakan penulis, sehingga analisis dengan ukuran elemen yang lebih kecil tidak dapat dilakukan secara optimal.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merekalkulasi struktur prototipe mesin *laser cutting* CO₂ 50 W dengan meja kerja 200mmx300mm;
2. Mengintegrasikan sistem mekanik, elektronik, dan kontrol dalam satu unit mesin;
3. Mengintegrasikan elemen mesin yang tercakup pada *laser cutting* CO₂ 50 W dengan meja kerja 200mmx300mm;

4. Menganalisa struktur mesin *laser cutting* skala CO₂ 50 W dengan meja kerja 200mmx300mm menggunakan ANSYS.

1.5 Luaran

Pelaksanaan proyek akhir akan menghasilkan luaran:

1. Laporan tugas akhir;
2. Prototipe mesin *laser cutting*;
3. Paten sederhana dan/atau HKI hak cipta dan/atau artikel ilmiah.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Identik dengan penulisan paragraf setelah “Bab”, maka setelah “Subbab” tidak langsung masuk ke Subsubbab (anak subbab) melainkan tersaji satu paragraf pengantarnya. Tidak diijinkan untuk membentuk Sub-subsubbab (cucu subbab). Jika terjadi seperti itu, maka perlu dicermati lagi untuk bisa sampau anak subbab saja. (Contoh) Untuk memenuhi kaidah penulisan ilmiah, Laporan Proyek Akhir ditulis dalam 5 bab berurutan. Bab-bab tersebut meliputi: (i) pendahuluan, (ii) tinjauan pustaka, (iii) metodologi, (iv) hasil dan pembahasan, dan (v) kesimpulan dan saran, yang dinyatakan sebagai Bab 1, Bab 2, Bab 3, Bab 4, dan Bab 5. Isinya setiap bab diuraikan berikut ini:

1.6.1 PENDAHULUAN

Bab Pendahuluan berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, luaran, dan sistematika penulisan laporan. Latar belakang berisi situasi dan kondisi (kasus atau imajinasi) yang mendorong munculnya ide-ide atau topik proyek akhir. Untuk dapat mengkaji ide-ide tersebut maka telusur literatur terkait ide-ide dilakukan. Telusur literatur mengerucutkan arah untuk memutuskan pemilihan satu ide. Setelah pemilihan satu ide, masalah akan timbul ketika ide

tersebut akan dimodelkan, disimulasikan, divalidasi, dirancang-bangun, diuji, dan/atau diteliti. Karenanya masalah ini dirumuskan dan dibatasi lingkupnya. Setelah menyatakan masalah, tujuan dan luaran dari proyek akhir disampaikan. Di bagian akhir bab pendahuluan, sistematika penulisan disampaikan.

1.6.2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab Tinjauan Pustaka menyampaikan hasil penelusuran pustaka, yang disajikan dalam paragraf-paragraf yang berisi konsep dasar teknologi laser, prinsip kerja mesin *laser cutting*, karakteristik sinar laser, interaksi laser dengan material, mekanisme proses pemotongan laser. Bab ini juga membahas mengenai jenis-jenis mesin *laser cutting*, komponen utama, sistem kontrol dan perangkat lunak serta material pada mesin laser.

1.6.3 METODOLOGI

Bab metodologi menyampaikan hasil metode yang digunakan dalam menyelesaikan proyek akhir mulai dari awal hingga akhir yang digambarkan yang digambarkan dalam suatu diagram alir. Pada bab ini disampaikan juga gambar rancangan alat, alat dan bahan kerja, prinsip kerja alat, variabel penelitian, metode pengambilan data.

1.6.4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan deskripsi hasil studi kasus penulis yaitu analisa struktur mesin *laser cutting*.

1.6.5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyampaikan kesimpulan dari hasil yang didapat di kegiatan Proyek akhir. Kesimpulan tidak menyampaikan ulang semua data hasil, melainkan lebih ke spesifikasi dari hasil yang didapat.

Saran merupakan rekomendasi yang ditujukan kepada berbagai pihak terkait dengan kegiatan dan hasil proyek akhir.