

Development of Plate Cutting CNC with Laser Cutter and Stepper Motor Driver

Budhi Martana^{1,*}, Yuhani Djaya¹, M. Arifudin Lukmana¹

¹Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, UPN "Veteran" – Jakarta Selatan

*Korespondensi: budhimart0605@gmail.com

Abstract. The design of cutting equipment that has precision and high accuracy can only be obtained with the help of robots. This paper will be discussing about the planning of a plate cutting machine with LASER cutting knife. The blade steering mechanism is a stepper motor with belt or screw drive. This machine moves with 2 degrees of freedom, x and y axis. The work piece that is cut is a thin plate made of wood or black plastic. The focus of this paper is on planning, instrumentation and quality measurement. The planning stage uses the help of CAD software. Instrumentation uses Arduino, stepper motor, LASER diode and computer. Measurement of product quality of the product pieces uses statistical methods and experimental design. The measured variable is the stepper motor type and work piece type (plate). The expectation from the quality testing is to comprehend the limits of work, and analysis of this cutting machine, so it can be developed to get a more precise and accurate cutting machine. Cutting machine is considered good if it can produce pieces of plate with a precision of 0.5 mm.

Abstrak. Rancang bangun dari alat pemotong yang memiliki presisi dan akurasi tinggi hanya mampu didapatkan dengan menggunakan bantuan robot. Penelitian ini akan mendiskusikan mengenai rancang bangun dari mesin pemotong pelat dengan mata pisau LASER. Pengendalian mata pisau dilakukan oleh mekanisme motor stepper dengan *belt* atau *screw drive*. Mesin ini digerakkan dengan 2 derajat kebebasan, yaitu koordinat x dan y. Benda kerja yang akan dipotong adalah plat tipis yang terbuat dari kayu atau plastik. Batasan masalah dari penelitian ini adalah perencanaan, instrumentasi, dan pengukuran kualitas. Tahap perencanaan dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak CAD. Instrumentasi dilakukan menggunakan Arduino, motor stepper, diode laser dan computer. Pengukuran kualitas benda kerja dilakukan menggunakan metode statistik dan desain eksperimen. Variabel yang diukur adalah jenis motor stepper dan jenis benda kerja. Hasil yang diharapkan dari pengujian kualitas adalah untuk memahami batasan dari pengerjaan dan analisis dari mesin pemotong ini, sehingga mesin dapat dikembangkan untuk memiliki akurasi dan presisi yang lebih baik. Mesin pemotong dikategorikan baik apabila dapat memproduksi benda kerja pelat dengan tingkat presisi 0.5 mm.

Kata kunci: CNC, Laser Cutter, CAD, CAM

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Perkembangan teknologi akhir-akhir ini menuntut manusia agar kreatif dalam menciptakan alat-alat yang menerapkan teknologi di dalamnya dengan tujuan untuk mempermudah tugas manusia dalam kegiatan sehari-hari.

Pembentukan suatu *prototype* atau purwarupa merupakan salah satu indikator hasil penelitian. Seringkali biaya pembuatan purwarupa terlalu mahal dan lama karena tidak adanya peralatan dasar yang memadai. Peralatan dasar dalam *manufacturing process* atau fabrikasi adalah alat potong.

Alat potong tradisional adalah gunting atau gergaji dengan menggunakan tenaga tangan manusia. Namun dengan berkembangnya kebutuhan berupa bahan yang tebal dan keras, tingkat ketepatan/presisi yang tinggi, bentuk yang rumit dan jumlah yang banyak, maka perlu dikembangkan mesin pemotong khusus. Namun dengan berkem-

bangnya kebutuhan berupa bahan yang tebal dan keras, tingkat ketepatan/presisi yang tinggi, bentuk yang rumit dan jumlah yang banyak, maka perlu dikembangkan alat pemotong khusus. Fokus penelitian ini adalah alat potong khusus lembaran atau pelat tipis yang berbahan non logam.

Proses pemotongan lembaran (*sheet*) adalah proses yang paling sering dilakukan oleh perusahaan manufaktur. Proses pemotongan merupakan tahap awal sebelum lembaran ditekan, ditekuk maupun diproses dengan *deep drawing*.

Computer Numerical Control (CNC) merupakan peralatan yang selalu ada pada pabrik yang menggunakan peralatan otomatis. Dengan adanya *CNC*, faktor presisi, bentuk rumit dan jumlah banyak dapat teratasi.

Pisau potong menggunakan *laser* bertujuan agar meminimalkan biaya pemeliharaan. Laser hanya membutuhkan energi listrik untuk beroperasi, tanpa

mengganti *tool* atau pisau pemotong secara berkala. Laser juga tidak menyentuh objek kerja secara langsung sehingga tidak perlu peralatan pencekam yang *rigid*, dan tidak membutuhkan motor penggerak yang berteknologi besar.

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah terbentuknya purwarupa mesin *laser cutter* atau pemotong dengan pisau laser yang dapat mempermudah mahasiswa dalam belajar ilmu *manufacturing process*, *CNC*, *Computer Aided Design (CAD)*, *Computer Aided Manufacture (CAM)* dan penciptaan purwarupa produk yang telah mereka desain sebelumnya.

Tinjauan Pustaka

Perkembangan peralatan produksi cepat (*rapid fabrication*) berukuran kecil dan murah seperti *3D printers* telah membawa kita dalam konsep “*desktop manufacturing*” yang sedang populer hingga saat ini. Karena murah dan relatif sederhana membuat peralatan ini mudah diakses oleh dosen, perkantoran kecil dan pengguna lainnya yang sebelumnya tidak pernah membayangkan dapat menyatakan peralatan yang dikendalikan komputer dalam pekerjaan mereka.

Terdapat tiga kelas dalam *rapid fabrication* (Leland, 2012), yaitu: 1) *Additive manufacturing tools*, seperti MakerBot atau Rep Rap 3D Printer, 2) *Non-contact subtractive manufacturing tools*, seperti Plasma CAM CNC Plasma cutter, dan 3) *Routers*, seperti produk ShopBot Desktop, Zenbot, atau Probotix Fireball V4.

Pembagian kelas tersebut (Leland, 2012) menyebutkan bahwa mesin milling tradisional termasuk di dalam *subtractive manufacturing tools*. Peralatan jenis ini seringkali berukuran besar dan berat. Namun beberapa produsen merancang mesin milling berukuran kecil seperti Taig, Harbor Freight dan LittleMachineShop. Namun tetap saja peralatan ini termasuk mahal, fungsi terbatas dan komponen dalam mesin itu sendiri tidak mampu dibuat sendiri oleh mesin milling. Butuh proses rumit lainnya untuk mengerjakan komponen di dalam mesin milling, seperti grinding, scraping atau perlakuan panas.

Pemilihan material termasuk faktor yang sangat menentukan. Untuk memperoleh kekuatan yang sama, benda dengan dimensi lebih kecil memerlukan material yang lebih kuat namun umumnya memerlukan biaya yang lebih besar. Penentuan jenis material yang sesuai dapat ditentukan dengan *CAD*, perhitungan dan gambar teknik (Max dkk, 2014).

Sebuah *self-replicating machine* adalah jenis peralatan baik *autonomous* atau *non-autonomous* yang mampu mereproduksi komponennya sendiri

dengan bahan mentah yang mudah ditemukan di lingkungan.

Penggunaan *CAD* dalam proses pemesinan dapat sangat membantu, terutama dalam hal *generate G-code*. Implementasi *CAD/CAM* menggunakan CATIA V5 dalam proses pemesinan *CNC* (Dubovska dkk, 2014) pada proses bubut dan *milling*. Selain *G-code generator*, program *CAD/CAM* juga membantu dalam hal minimalisasi biaya. Simulasi dengan menggunakan *finite element method (FEM)* (Hansel A. Dkk, 2014). *FEM* dapat mengurangi error saat pemesinan.

Leland, 2012 membagi pekerjaan desainnya menjadi empat tahap yang bertingkat. Pertama, pendefinisian fungsi mesin, spesifikasi dasar dan penentuan sasaran performa mesin. Data ini kemudian menjadi acuan dalam pengembangan desain untuk mesin, termasuk perkiraan kemampuan potong maksimum dan frekuensi kerja yang dapat mempengaruhi mesin. Kedua, kerangka mesin di desain. Faktor utama dalam mempertimbangkan alat ini adalah *manufacturability*, performa statik dan dinamik dan biaya. Ketiga, sistem pergerakan mesin secara linier, termasuk *bearing* di X- dan Y- *axis* dan komponen yang bergerak telah ditentukan dan didesain. Terakhir, penentuan bagian *spindle* dari mesin dan motor penggerak.

Motor Stepper

Motor stepper mengubah pulsa-pulsa listrik yang diberikan menjadi gerakan-gerakan diskrit rotor yang disebut langkah (*steps*). Nilai rating dari suatu motor stepper diberikan dalam langkah per putaran (*steps per revolution*). Motor stepper umumnya mempunyai kecepatan dan torsi yang rendah.

Motor stepper bekerja berdasarkan pulsa-pulsa yang diberikan pada lilitan fasenya dalam urutan yang tepat. Selain itu, pulsa-pulsa itu harus juga menyediakan arus yang cukup besar pada lilitan fase tersebut. Karena itu untuk pengoperasian motor stepper pertama-tama harus mendesain suatu *sequencer logic* untuk menentukan urutan pencairan lilitan fase motor dan kemudian menggunakan suatu penggerak (*driver*) untuk menyediakan arus yang dibutuhkan oleh lilitan fase.

Elemen-elemen berikut menentukan karakteristik suatu motor stepper, yaitu 1) **Tegangan**. Motor stepper biasanya mempunyai tegangan nominal. Tegangan yang diberikan kadang-kadang melebihi tegangan nominal untuk mendapatkan torsi yang dibutuhkan, tetapi dapat menyebabkan panas berlebih dan mempersingkat usia motor, 2) **Hambatan**. Karakteristik lainnya adalah hambatan-perlilitan. Hambatan ini menentukan arus yang ditarik oleh motor, dan juga memengaruhi kurva torsi dan kecepatan kerja maksimum motor, dan 3)

Derajat per langkah (step angle). Faktor ini menentukan berapa derajat poros berputar untuk setiap langkah penuh (*full step*). Operasi setengah langkah (*half step*) dapat melipat-gandakan jumlah langkah-per-revolusi, dan mengurangi derajat-per-langkahnya. Derajat-per-langkah sering disebut sebagai resolusi motor.

Laser

LASER merupakan singkatan dari “*light amplification by stimulated emission of radiation*”. Laser adalah peralatan yang menghasilkan cahaya melewati proses penguatan optik berbasis pada stimulasi emisi dari radiasi elektromagnet. Laser pertama dibuat pada tahun 1960 oleh Theodore H. Maiman di Laboratorium Hughes. Laser berbeda dari sumber cahaya yang menghasilkan cahaya secara *coherent*. *Spatial coherence* memungkinkan laser untuk difokuskan pada titik yang kecil, memungkinkan untuk memotong dan *lithography*. *Spatial coherence* juga memungkinkan sinar laser tetap tajam pada jarak yang sangat jauh, cocok sebagai penunjuk / *pointer*.

Laser biasa digunakan pada peralatan cakram optik, laser *printer* dan *barcode scanner*, serat optik dan komunikasi optik, bedah laser dan perawatan kulit, pemotongan dan pengelasan material, penanda target pada peralatan militer dan penegak hukum, pengukur kecepatan dan jarak dan efek pencahayaan pada panggung hiburan.

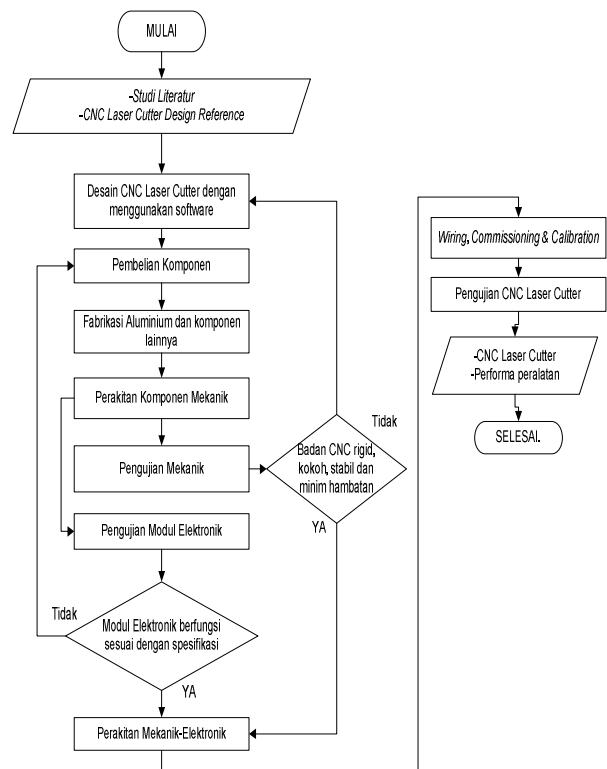
Pemodelan matematika pada efek *laser cutting* pada *beam* (Niziev, V.G., Nesterov, A.V., 1999). Penelitian tersebut mempelajari tentang hasil permukaan potongan sebuah *beam* dengan menggunakan laser. Hasilnya, bentuk potongan bervariasi bergantung pada gerakan potongan.

Metode Penelitian

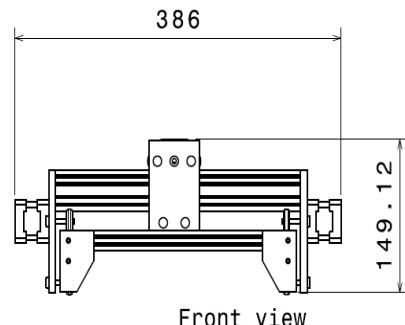
Langkah-langkah penelitian ini dapat digambaran dalam diagram alir penelitian seperti gambar 1.

Hasil dan Pembahasan

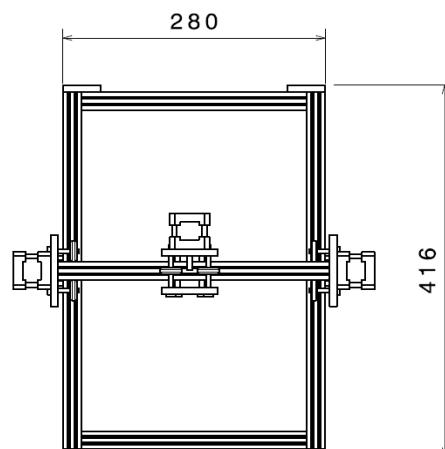
Pada tahap awal, penelitian dimulai dengan mengumpulkan segala informasi mengenai *CNC Laser Cutter*. Studi literatur dilakukan untuk memperoleh gambaran tentang proses rancangan, perencanaan, dan pengembangan teknologi *Rapid Prototyping* untuk mendukung proses manufaktur pembuatan penciptaan purwarupa. Pembuatan gambar rancangan alat dengan menggunakan *software* (CAD/CAM) untuk mendapatkan gambar rancangan (gambar 2-4)



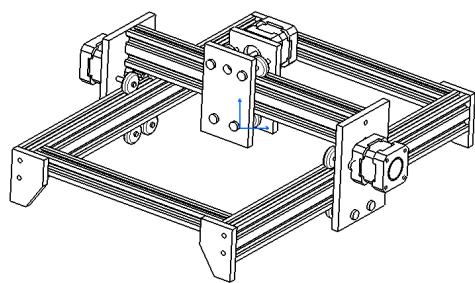
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



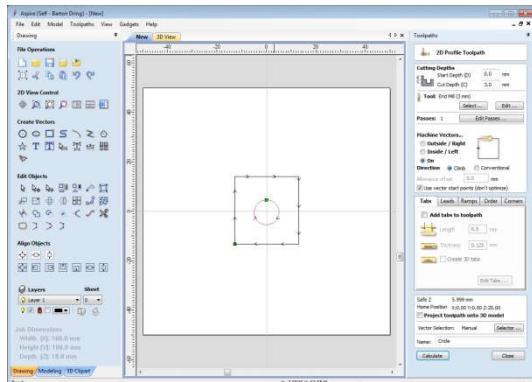
Gambar 2. Rancangan bagian depan



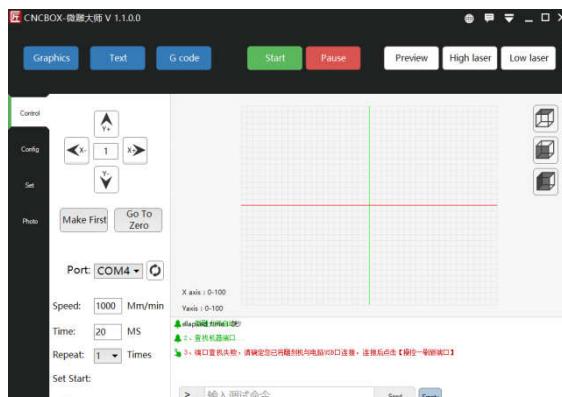
Gambar 3. Rancangan bagian atas



Gambar 4. Rancangan rangka alat *laser cutter*



Gambar 5. Menggambar pola dengan software *Aspire*



Gambar 6. User interface pengoperasian controller *Laser Cutter*

Proses Fabrikasi

Komponen yang dipersiapkan adalah pembelian motor stepper, aluminium untuk bahan pembuatan rangka, bearing, belt, dan laser.

Setelah komponen yang diperlukan untuk proses pembuatan alat laser cutter siap, maka selanjutnya dilakukan proses pembuatan rangka alat dengan bantuan perkakas manual, dan proses perakitan alat sesuai dengan yang telah direncanakan.

Pembahasan

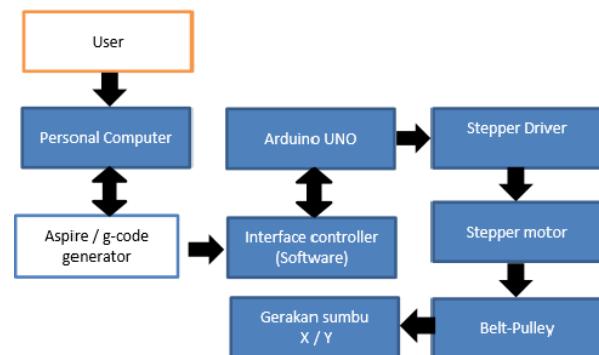
Motor stepper yang digunakan adalah tipe bipolar dengan 4 kabel saja yang digunakan sehingga konfigurasi lilitan seri. Konfigurasi tersebut membuat motor stepper memiliki induktansi tinggi dan arus yang lebih rendah di tiap lilitannya. Motor ini memiliki spesifikasi 200 step

tiap putaran. Sehingga jika dihitung $\frac{360^\circ}{200 \text{ putaran}} = 1,8^\circ \text{ per step}$.

Peralatan driver DRV8825 memiliki kemampuan untuk membagi tiap step pada motor stepper hingga 32 step. Dari perhitungan sebelumnya, motor stepper memiliki $1,8^\circ$ per step, maka perhitungannya $\frac{1,8^\circ}{32} = 0,05625^\circ$ per step.

Sabuk atau belt yang digunakan berjenis timing belt, sehingga tidak memberi jarak untuk *backlash* atau tidak memberi ruang jika motor berbalik arah, sehingga pergerakan maju mundur tidak terhambat. Pulley memiliki diameter 24 mm. Keliling pulley adalah $\pi \times 24 = 75,36 \text{ mm}$. Jika perhitungan linier per step memiliki persamaan $\frac{x}{75\text{mm}} = \frac{0,05625^\circ}{360^\circ}$. Maka nilai x adalah 0,011775 mm, nilai ini adalah jarak tempuh linier jika *microstepping* dijalankan pada peralatan laser cutter. Nilai tersebut memiliki kecermatan dibawah 1mm atau tepatnya $11,775 \mu\text{m}$ per step. Jika peralatan laser cutter hanya menjalankan *microstepping* sebanyak 16, maka kecermatan turun sebanyak 2 kali yaitu $23,4375 \mu\text{m}$.

Skema perintah dan penyaluran data tersaji pada Gambar 7. Pada gambar tersebut user mengendalikan peralatan melalui perangkat *Personal Computer (PC)*. User membuat pola pada *software Aspire* atau *software* sejenis dan menghasilkan g-code sebagai perintah mesin. Kemudian g-code dimasukkan dalam user interface bawaan controller seperti gambar di atas. Perintah dari controller akan diteruskan ke stepper motor untuk menggerakkan laser sesuai sumbu X dan Y.



Gambar 7. Skema wiring pada peralatan laser cutter

Kesimpulan

Proses rancangan, perencanaan, dan pengembangan teknologi *Rapid Prototyping* diperlukan untuk mendukung proses manufaktur pembuatan penciptaan purwarupa.

Mekanisme pengarah mata pisau adalah motor stepper dengan penggerak belt atau screw, mesin ini bergerak dengan 2 derajat kebebasan, sumbu x dan

y. Simulasi kerja mesin potong menggunakan benda kerja berukuran kertas A4.

Konfigurasi motor stepper memiliki induktansi tinggi dan arus yang lebih rendah di tiap lilitannya. Motor ini memiliki spesifikasi 200 step tiap putaran, berdasarkan perhitungan sebelumnya, motor stepper memiliki $1,8^\circ$ per step, maka perhitungannya $\frac{1,8^\circ}{32} = 0,05625^\circ$ per step.

Nilai x adalah 0,011775 mm, nilai ini adalah jarak tempuh linier jika *microstepping* dijalankan pada peralatan laser cutter. Nilai tersebut memiliki kecermatan dibawah 1 mm atau tepatnya $11,775 \mu\text{m}$ per step.

Referensi

- [1] Dubovska. R. 2013. Implementation of CAD/CAM system CATIA V5 in Simulation of CNC Machining Process. Procedia Engineering.
- [2] Grigoriev, S.N., Maitinov, G.M. 2014. Research and Development of a Cross-Platform CNC Kernel for Multi-Axis Machine Tool. Procedia CIRP. 14 (2014) 517-522.
- [3] Hansel, A. dkk. 2014. Improving CNC Machine Tool Geometric Precision Using Manufacturing Process Analysis Technique. Procedia CIRP 14 (2014) 263-268.
- [4] Leland, J. 2012. Design, Construction and Characterization of a Small-Scale, “self-Replication” Machine Tool Swarthmore College.
- [5] Max, A. 2014. Enhancement of Teaching Design of CNC Milling Machine. Procedia.
- [6] Niziev, V.G., Nesterov, A.V. 1999. Influence of Beam Polarization on Laser Cutting Efficiency. Journal of Physics D: Applied Physics 32 (1999). P. 1455-1461
- [7] Syahroni. 2015. Perancangan dan Pengembangan Mesin Bubut Kendali CNC TMC 320 Dengan Menggunakan Kendali CNC Headman 1000 TD. Jurnal Universitas Gunadarma.