

Design and manufacturing of the motion and rotation control system of a cutting tool on three axis router machine

Rachmad Hartono, Bukt Tarigan dan Sugiharto*

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Pasundan

*Corresponding author: sugih.sugiharto@unpas.ac.id

Abstract. A Wood surface profile has made by feeding the cutting tool on its surface. The tool path on the surface will decide the shape of the profile on the surface. In order for the cutting tool to make the trajectory as desired, required the control of the cutting tool in the rotation and motion of x, y, and z-axis direction. The tool rotation is adjusted by using the pulse width modulation (PWM) method. The cutting tool is placed on the holder that moves in the z-axis direction. The tool holder is placed on a support that can move in the x-axis direction. These supports are placed on the pole which can move in the y-axis direction. The three axes motion mechanisms are driven by a servo motor. Servo motor motion control is done by regulating the number and frequency of pulses in each servo motor. The number and frequency of pulses are regulated by a microcontroller. Microcontroller receives data, such as the number and frequency of pulses from a computer via serial communications. The number of pulses as well as the frequency of pulses is determined based on the coordinates and speed that must be achieved by the cutting tool.

Abstrak. Makalah akan menguraikan cara mengendalikan putaran pahat dan mekanisme penggerak pahat pada arah sumbu x, y, dan z mesin router. Mesin router adalah mesin untuk membuat profil permukaan kayu untuk memperbaiki tampilannya. Profil permukaan kayu dibuat dengan mengumpulkan pahat yang berputar pada permukaannya. Lintasan pahat pada permukaan tersebut akan menentukan bentuk profil pada permukaannya. Agar pahat dapat membuat lintasan sesuai yang diinginkan, diperlukan suatu pengaturan putaran pahat dan gerak pahat pada arah sumbu x, y, dan z. Putaran pahat diatur dengan memanfaat metoda pulse width modulation (PWM). Pahat router ditempatkan pada pemegang pahat yang bergerak pada arah sumbu z. Pemegang pahat diletakkan pada suatu penopang yang dapat bergerak pada arah sumbu x. Penopang ini selanjutnya diletakkan pada suatu konstruksi tiang yang dapat bergerak pada arah sumbu y. Masing-masing mekanisme gerak pada ketiga sumbu tersebut digerakkan oleh satu motor servo. Pengaturan gerak motor servo dilakukan dengan cara mengatur jumlah dan frekwensi pulsa pada masing-masing driver motor motor servo. Jumlah dan frekwensi pulsa diatur oleh suatu mikrokontroller. Mikrokontroller menerima data berupa jumlah dan frekwensi pulsa dari komputer melalui komunikasi serial. Jumlah pulsa maupun frekwensi pulsa ditentukan berdasarkan koordinat yang harus dicapai oleh pahat dan kecepatan pahat yang diinginkan untuk mencapai koordinat tersebut.

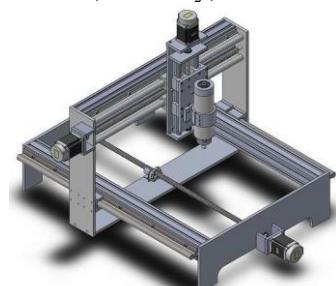
Kata kunci: motor servo, mikrokontroller, komputer, PWM.

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Mesin router adalah mesin yang digunakan untuk membuat profil pada permukaan kayu dengan tujuan untuk memperbaiki tampilan kayu. Alat utama yang digunakan pada mesin router adalah pahat yang bentuknya mirip dengan pahat pada mesin milling. Pahat tersebut akan berputar pada kecepatan tinggi dan memotong permukaan kayu hingga terbentuk lekukan yang diinginkan [1, 2,3,4,5,6]. Agar pahat dapat berputar dan bergerak dalam ruang tiga dimensi, pahat harus menempel pada suatu mekanisme yang terdapat pada mesin

router yang dapat menggerakkan pahat tersebut pada arah sumbu x, sumbu y, dan sumbu z.



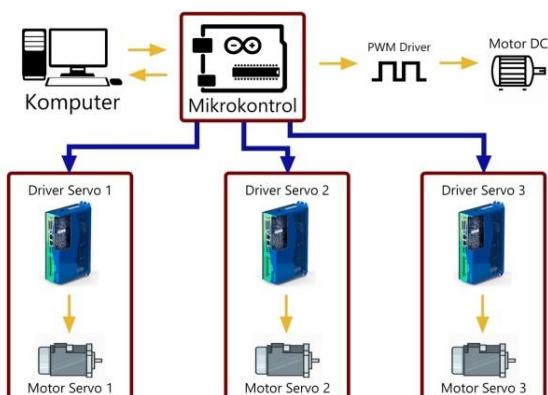
Gambar 1. Rangka mesin router [2]

Salah satu contoh mesin router dapat dilihat pada gambar 1. Pemegang pahat dihubungkan dengan poros motor DC. Motor DC tersebut diletakkan pada suatu konstruksi yang dapat bergerak dalam arah sumbu z [2]. Konstruksi pemegang motor DC diletakkan pada penopang yang mempunyai pengarah dan penggerak konstruksi pemegang motor DC sehingga pemegang motor DC tersebut dapat bergeser dalam arah sumbu x. Penopang yang memegang konstruksi pemegang motor DC ditempelkan pada dua buah tiang di bagian ujung-ujungnya. Tiang-tiang tersebut merupakan bagian dari suatu konstruksi yang dapat bergeser dalam arah sumbu z.

Masing-masing mekanisme penggerak pahat dalam ketiga arah sumbu digerakkan oleh motor servo. Agar pahat dapat bergerak dalam ruang tiga dimensi, diperlukan pengendalian ketiga motor servo tersebut agar ketiga motor servo dapat bergerak secara serempak dengan kecepatan dan jumlah putaran yang berbeda. Pengendalian motor servo dapat dilakukan dengan mengatur jumlah pulsa dan frekwensi pulsa yang diberikan ke masing-masing motor servo [7,8,9].

Metode Penelitian

Agar mesin router yang dibuat dapat dikendalikan secara otomatis diperlukan sistem kendali. Sistem kendali yang dirancang mempunyai dua tugas utama yaitu mengatur kecepatan putar pahat dan mengatur gerakan pahat dalam ruang tiga dimensi. Skematik rancangan sistem kendali mesin router dapat dilihat pada gambar 2.



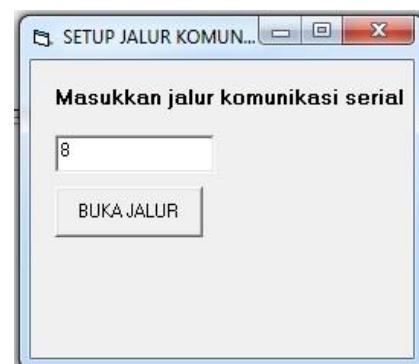
Gambar 2. Skematik sistem kendali mesin router

Secara umum data gerakan yang dituliskan di komputer dikirimkan oleh komputer ke mikrokontroller melalui komunikasi serial. Data gerakan tersebut oleh mikrokontroller digunakan untuk mengatur kecepatan putar dan gerakan pahat. Ketika gerakan pahat telah selesai

dilakukan, mikrokontroller akan mengirim sinyal ke komputer bahwa perintah kendali yang telah dikirim oleh komputer telah selesai dikesekusi. Komputer segera mengirim instruksi berikutnya.

Komputer berfungsi untuk menuliskan data kendali yang digunakan untuk mengendalikan mesin router. Tampilan program pada komputer terdiri dari tampilan awal, tampilan mode otomatis, dan tampilan mode manual. Tampilan awal muncul ketika aplikasi program dijalankan. Tampilan awal dapat dilihat pada gambar 3.

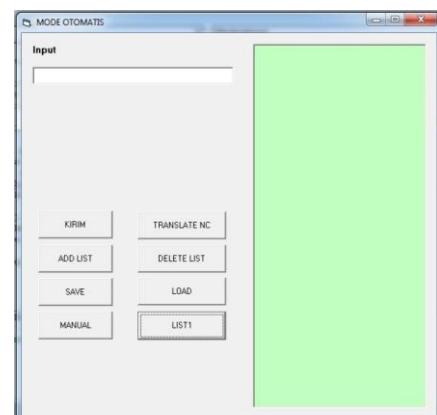
Tampilan awal ini digunakan untuk menentukan jalur komunikasi serial yang akan digunakan untuk transfer data dari komputer ke mikrokontroller atau sebaliknya. Jalur komunikasi serial yang digunakan akan terdeteksi secara otomatis ketika tampilan awal tersebut muncul. Pengguna perlu mengkonfirmasi jalur komunikasi serial yang digunakan dengan me-klik tombol BUKA JALUR..



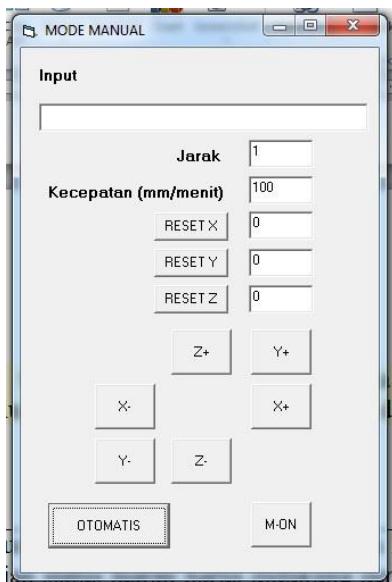
Gambar 3. Tampilan awal program

Bila tombol MANUAL pada mode otomatis di-klik, tampilan mode manual akan muncul. Tampilan mode manual dapat dilihat pada gambar 4 dan 5.

Tampilan mode manual digunakan untuk mengatur posisi pahat sebelum proses pemotongan dilakukan. Untuk kembali ke mode otomatis, tombol OTOMATIS di-klik.



Gambar 4. Tampilan mode otomatis

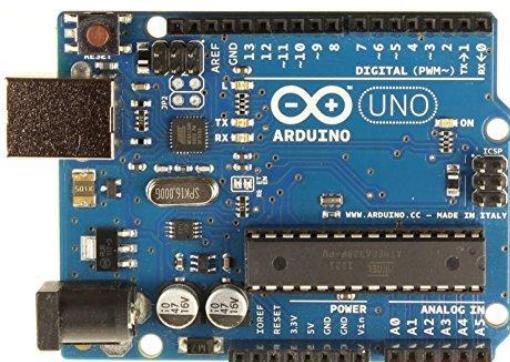


Gambar 5. Tampilan mode manual

Mikrokontroller yang digunakan untuk menerjemahkan data gerakan menjadi gerakan adalah Atmega328 yang sudah terangkai pada papan kontrol Arduino Uno. Papan kontrol Arduino Uno dapat dilihat pada gambar 6.

Papan kontrol ini mempunyai jalur I/O digital sebanyak 13 buah dan beberapa di antara jalur tersebut dapat digunakan untuk mengendalikan putaran motor DC dengan memanfaatkan fasilitas *pulse width modulation* (PWM).

PWM driver adalah penguat sinyal pwm yang berasal dari mikrokontroller. Bagian input pwm driver menerima sinyal pwm dari mikrokontroller. Bagian output pwm driver mengeluarkan sinyal pwm dengan nilai tegangan yang lebih besar sesuai dengan tegangan eksternal yang diberikan ke pwm driver. Bentuk pwm driver dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 6. Papan Arduino Uno

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup sehingga kecepatan putar dan jumlah putaran sudut poros motor dapat diatur. Motor servo merupakan

perangkat yang terdiri dari motor AC tiga fasa, serangkaian roda gigi, rangkaian kontrol, dan potensiometer.

Motor servo dilengkapi dengan driver motor servo. Driver motor servo mempunyai dua kaki input. Kaki input pertama digunakan untuk menentukan arah putaran poros motor servo sedangkan kaki input yang kedua digunakan untuk mengatur jumlah putaran motor servo.



Gambar 7. PWM Driver

Program Sistem Kendali

Komunikasi antara komputer dengan mikrokontroller dilakukan dengan menggunakan komunikasi serial. Data yang mampu dikirimkan melalui komunikasi serial adalah data 8 bit. Dengan demikian apabila data yang dikirimkan mempunyai nilai lebih dari 255 maka data tersebut perlu dipecah menjadi dua bagian data.

Data kendali mesin router terdiri dari dua jenis data yaitu data kendali untuk mengatur kecepatan putar pahat dan data kendali untuk mengatur gerakan pahat. Format data kendali untuk mengatur mesin router dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Sintaks kode G untuk mengatur mesin router

Sintaks	Keterangan
G0 Xa Yb Zc	Menggerakkan pahat dengan lintasan berupa garis dengan kecepatan yang telah ditentukan
G1 Xa Yb Zc Fd	Menggerakkan pahat dengan lintasan berupa garis dengan kecepatan yang dapat diatur
G2 Xa Yb Zc Id Je Ff	Menggerakkan pahat dengan lintasan berupa busur lingkaran dengan arah putaran sesuai arah putaran jarum jam dengan kecepatan yang dapat diatur
G3 Xa Yb Zc Id Je Ff	Menggerakkan pahat dengan lintasan berupa busur lingkaran dengan arah putaran berlawanan arah putaran jarum jam dengan kecepatan yang dapat diatur
Sx	Menentukan putaran pahat dengan kecepatan putar yang dapat diatur

Pola pengiriman data gerakan pahat pada dasarnya adalah mengirimkan data gerakan pahat untuk menggerakkan pahat dengan lintasan pahat berupa garis dengan kecepatan yang bisa diatur. Bila kode yang digunakan adalah kode G0, maka kecepatan pahat sudah ditentukan oleh program. Bila kode yang digunakan adalah kode G2 atau G3, maka lintasan busur diubah menjadi beberapa segmen garis kemudian dikirim satu per satu ke mikrokontroller.

Strategi pengiriman data dari komputer ke mikrokontroller harus diatur sedemikian rupa agar data gerakan yang dikirim komputer mampu diterjemahkan menjadi gerakan oleh mikrokontroller. Data yang pertama dikirimkan adalah data kode gerakan. Bila komputer ingin mengendalikan gerakan pahat maka komputer akan mengirimkan angka 255. Bila komputer ingin mengendalikan putaran pahat maka komputer mengirimkan angka 254. Data selanjutnya adalah data yang terkait dengan data gerakan pahat atau data kecepatan putar. Data yang dikirimkan maksimum bernilai 245.

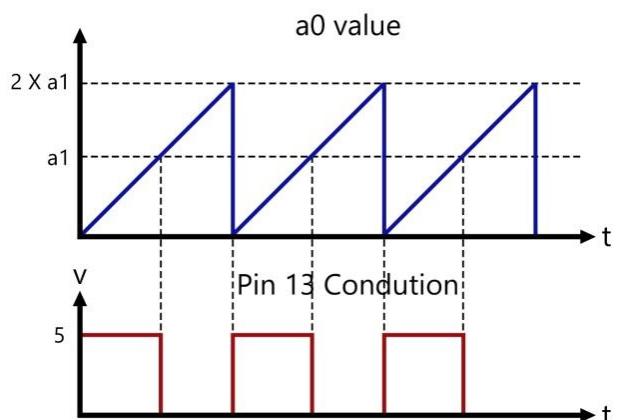
Data yang terkait dengan gerakan berjumlah 15 buah sedangkan data yang terkait dengan kecepatan putar pahat berjumlah satu buah. Data yang terkait dengan gerakan adalah arah putaran motor, nilai kelipatan 245 dari jumlah putaran motor, nilai sisa bagi 245 dari jumlah putaran motor, nilai kelipatan 245 dari delay pulsa, dan nilai sisa bagi 245 dari delay pulsa. Karena jumlah putaran motor ada tiga maka data gerakan pahat berjumlah 15 data. Data yang terkait dengan putaran pahat adalah kecepatan putar pahat.

Jika mikrokontroller menerima angka 255 maka variabel angka2 diberi nilai 0. Jika mikrokontroller menerima angka 245 maka variabel angka2 diberi nilai 16. Jika mikrokontroller menerima angka kurang atau sama dengan 245 maka variabel angka2 ditambah dengan 1. Variabel angka2 dalam hal ini menunjukkan data ke berapa yang sedang diterima oleh mikrokontroller. Data yang diterima oleh mikrokontroller akan dimasukkan ke variabel yang sesuai dengan data gerakan yang diterima oleh mikrokontroller. Bila variabel angka2 sama dengan 15 maka semua data gerakan telah diterima secara lengkap oleh mikrokontroller. Mikrokontroller akan menggerakkan ketiga motor servo sesuai dengan data gerakan yang telah diterima dari komputer. Bila angka 2 sama dengan 17 maka data yang terkait dengan kecepatan putar telah diterima secara lengkap oleh mikrokontroller. Mikrokontroller akan mengaktifkan putaran motor DC dengan kecepatan putar sesuai dengan data yang diterima.

Pengaturan gerakan motor dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas timer pada mikrokontroller.

Timer merupakan suatu interupsi yang akan dieksekusi setiap selang waktu tertentu. Periode interupsi timer diatur selama 10 mikro detik. Setiap selang waktu 10 mikro detik suatu variabel tertentu di dalam mikrokontroller (a0) akan ditambah satu.

Ketika nilai $a0 < a1$ (setengah dari periode clock), pin 13 mikrokontroller diberi nilai HIGH. Ketika nilai $a0 \geq a1$ pin 13 mikrokontroler diberi nilai LOW. Ketika nilai $a0 \geq 2*a1$ nilai $a0$ dikembalikan lagi ke nol. Grafik nilai $a0$ dan kondisi pin 13 terhadap waktu dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik nilai $a0$ dan kondisi pin 13

Setiap kali nilai $a0 \geq 2*a1$ nilai variabel $a4$ ditambah satu. Nilai variabel $a4$ menyatakan jumlah pulsa yang telah disampaikan ke motor servo. Ketika jumlah pulsa telah mencapai jumlah pulsa yang telah ditentukan, mikrokontroller akan menyampaikan sinyal ke komputer bahwa eksekusi gerakan telah selesai.

Pengendalian motor servo yang lain serupa dengan pengendalian motor servo yang pertama. Variabel ax diganti dengan bx untuk motor servo yang kedua. Variabel ac diganti dengan cx untuk motor servo yang ketiga. Dengan cara seperti ini motor servo dapat dikendalikan secara serempak.

Hasil dan Pembahasan

Sistem mekanik dan sistem kendali mesin router yang telah dibuat perlu diuji untuk memastikan apakah mesin tersebut mampu membuat pola ukir kayu yang diinginkan. Pola ukiran diperoleh dari file dengan format bmp yang secara khusus dapat dibaca oleh program CadCam. File dengan pola ukir yang dibuat dapat dilihat pada gambar 9 dan 10.

File tersebut diimport ke perangkat lunak Cad/Cam sehingga diperoleh model ukiran seperti dapat dilihat pada gambar 11 dan gambar 12. Dimensi model ukiran dapat disesuaikan dengan keinginan pembuat. Setelah model ukiran berhasil

dibuat, langkah selanjutnya adalah mensimulasikan proses pengukiran kasar dan proses pengukiran halus. Hasil simulasi dapat dilihat untuk menentukan apakah parameter pengukiran yang dilakukan untuk pengukiran kasar dan pengukiran halus telah mampu memberikan hasil ukiran yang diinginkan. Dari simulasi dapat dihasilkan program NC untuk melakukan pengukiran yang sebenarnya. Program NC tersebut dibuka di aplikasi yang telah dibuat untuk melakukan pemotongan yang sebenarnya.



Gambar 9. Motif ukiran naga



Gambar 10. Motif ukiran bunga dan burung

Hasil pengukiran dengan menggunakan program NC yang dihasilkan dari perangkat lunak Cad/Cam dapat dilihat pada gambar 13. Ukiran naga berukuran 18x28 cm² sedangkan ukiran bunga dan burung berdimensi 35x29 cm². Ukiran naga diselesaikan dalam waktu dua hari, sedangkan ukiran bunga dan burung diselesaikan dalam waktu empat hari.



Gambar 11. Pola ukiran naga



Gambar 12. Pola ukiran bunga dan burung



Gambar 13. Hasil ukiran dengan menggunakan mesin router

Kesimpulan

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa sistem mekanik maupun sistem kendali mesin router mampu melakukan pengukiran berdasarkan program NC yang telah dihasilkan oleh perangkat lunak Cad/Cam. Pola ukiran yang dihasilkan merupakan pola yang cukup rumit. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu pola ukiran masih cukup lama. Masih perlu dilakukan percobaan pengukiran untuk mengetahui parameter-parameter pengukiran yang optimum.

Penghargaan

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada DRPM Kemenristek Dikti RI yang telah membiayai penelitian ini.

Referensi

- [1] Samah Mochtar, (2013), *Design and Structural analysis of a CNC Router*, Final year project mecahical engineering Department faculty of engineering, Lebanese University.
- [2] Rachmad Hartono, et all, *Analisis Struktur Rangka Mesin Rourter NC Jenis Moving Gantry Untuk Ukiran Kayu*, Proseding SNTTM 2018.
- [3] Wei Qin, (2013), *Design and Analysis of Small Scale Cost Effective CNC Milling*, These, Master of Science in Mechanical Engineering in the Graduate College of the University of Illinois at Urbana-Champaign.
- [4] Benhabib, Beno. (2003). *Manufacturing: Design, Production, Automation, and Integration*. New York: Marcel Dekker.
- [5] B.Jayachandraiah, (2014), *Fabrication of Low Cost 3-Axis Cnc Router*, International Journal of Engineering Science Invention, ISSN (Online): 2319 – 6734, ISSN (Print): 2319 – 6726.
- [6] Olufemi B. Akinnuli, et all (2015), *Design of a Keypad Operated CNC Drilling Router*, International Journal of Engineering Research and General Science Volume 3, ISSN 2091-2730.
- [7] Y. L. Mane, B. B. Deshmukh, (2016) *A Review on Retrofit Design and Static Analysis of 3-Axis Gantry System*, IOSR Journal of Mechanical & Civil Engineering (IOSRJMCE), e-ISSN: 2278-1684, p-ISSN: 2320-334X, pp 23-28.
- [8] Siripen Supadarattanawong (2006), *An Investigation of the Optimal Cutting Conditions in Parawood (*Heavea Brasiliensis*) Machining Process on a CNC Wood Router*, Kasetsart J. (Nat. Sci.) 40 : 311 – 319.
- [9] Camelia Cosereanu (2014), *Complex ormament machining process on CNC Router*, Pro Ligno, Vol 10 No 2014 pp 22-30.