

## Perancangan Sistem Kontrol Pergerakan Koordinat Pada Mesin CNC Mini 3 Axis

Rico Ismi Hidayatullah<sup>1</sup>, Desmas Arifianto Patriawan<sup>2</sup>, dan Ahmad Anas Arifin<sup>3</sup>  
Teknik Mesin Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya<sup>1,2,3</sup>  
e-mail: ricoismi03@gmail.com<sup>1</sup>, desmas@itats.ac.id<sup>2</sup>, dan anas.arifin@itats.ac.id<sup>3</sup>

### ABSTRACT

*In the modern era, CNC machines are widely used in Indonesia. In the mini 3 axes CNC machine model 3018, there are several problems, including the control system for the movement of the x, y, and z axes coordinates. To overcome them, it is necessary to make improvements to the steady-state error value above 5%. By modifying the control system on this machine, the feed rates on the x, y, and z axes are expected to be improved, and the steady-state error value can be reduced. The modification ensured the electrical voltage was received by the Arduino nano microcontroller and then forwarded to each stepper motor actuator on each axis of the machine. As a solution, the researchers added a stavolt (voltage stabilizer) so that the incoming electric power voltage would become more stable by looking at the comparisons between the table and graph of the transient response in each experiment. After testing and comparing the data before and after stavolt (stabilizer voltage) addition on the mini 3 axes model 3018 CNC machine, significant results were obtained because the accuracy and steady-state error were previously more than 5% (the maximum allowed steady-state error was 5%) to below 5% in terms of the improvement of feed rate and the performance on each axis movement.*

**Kata kunci:** Design, CNC machine, control system.

### ABSTRAK

Pada zaman modern sekarang ini mesin CNC banyak digunakan di Indonesia. Pada mesin CNC mini 3 axis model 3018 ini terdapat beberapa masalah, diantaranya sistem control pergerakan koordinat sumbu x, y dan sumbu z. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan perbaikan mengenai besarnya nilai steady state error yang diatas 5%. Dengan memodifikasi sistem kontrol pada mesin ini diharapkan dapat meningkatkan feed rate / laju pemakanan terhadap sumbu x, sumbu y dan sumbu z serta memperkecil nilai steady state error. Modifikasi yang dilakukan ialah memastikan tegangan listrik yang diterima oleh mikrokontroler arduino nano kemudian diteruskan ke masing – masing aktuator motor stepper di setiap sumbu pada mesin. Disini solusi yang ditemukan ialah dengan menambahkan stavolt (stabilizer voltage) agar tegangan daya listrik yang masuk menjadi lebih stabil dengan melihat perbandingan tabel dan grafik transient respon pada masing-masing percobaan. Dari hasil pengujian dan perbandingan data sebelum dan sesudah ditambahkan stavolt (stabilizer voltage) pada mesin CNC mini 3 axis model 3018 didapatkan hasil yang cukup signifikan karena akurasi dan steady state error yang rata-rata sebelumnya lebih dari 5% (steady state error yang diperbolehkan maksimal 5%) menjadi dibawah 5% dalam peningkatan feed rate, dan performa pada pergerakan masing – masing sumbu.

**Kata kunci:** Perancangan, mesin CNC, sistem kontrol.

### PENDAHULUAN

Manufaktur adalah salah satu ilmu dari teknik mesin yang mempelajari tentang pembuatan suatu produk, yang berawal dari design, ide, proses pembuatan, manfaat penggunaan hingga menjadi sebuah produk yang layak untuk dipasarkan. Untuk menghasilkan produk yang kompetitif, maka sangat penting untuk mempertimbangkan rancangan produk[1].

Kualitas dan akurasi di bidang manufaktur menjadi semakin penting karena kemajuan teknologi produksi dan kebutuhan masyarakat yang lebih besar akan kualitas dan presisi. Masalah yang selalu muncul dan dapat dicegah adalah ketidakseragaman hasil akhir yang diciptakan oleh keterampilan tangan pengrajin dan berbeda antara satu pengrajin dengan pengrajin lainnya. Meskipun mesin CNC 3 sumbu dapat mereproduksi beberapa manfaat yang dimiliki teknik lama, mereka tidak dapat menduplikasi semua keunggulan yang dimiliki teknik tradisional[2].

Untuk memenuhi kebutuhan untuk memproduksi sesuatu yang serupa, eksak, dan diproduksi secara massal dalam jumlah waktu yang wajar dengan menganalisis / menghasilkan desain berbasis 3 dimensi

menggunakan perangkat lunak komputer, kemudian menerjemahkannya ke dalam kode numerik (kode G), dan kemudian mengeksekusinya menggunakan mesin CNC (Computer Numerical Controller)[3].

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Sistem Kontrol**

Kemampuan manufaktur untuk memproduksi dengan lebih akurat dan cepat sementara juga menurunkan biaya produksi dapat dikaitkan sebagian dengan meluasnya penggunaan sistem kontrol di seluruh industri. Kontroler yang dirancang dengan baik dapat mengurangi konsumsi energi dan, sebagai akibatnya, biaya produksi untuk industri sambil tetap memastikan produksi produk berkualitas tinggi.

Hanya dua kata yang membentuk sistem kontrol. Sistem adalah kumpulan komponen yang bekerja sama untuk mencapai tujuan tertentu dalam ilmu komputer. Adalah tanggung jawab seorang manajer untuk mengawasi, mengawasi, dan mengatur segalanya. Sistem kontrol adalah alat yang digunakan untuk memerintahkan, mengatur, dan mengontrol kondisi sistem.

Pada penerapan sistem kontrol seringkali terdapat gerakan / kontroler yang kurang efisien dimana perintah gerakan / controller tersebut tidak menghasilkan apa - apa dan terlalu rumit yang mengakibatkan part pada mesin CNC 3018 bekerja terlalu berat dan tidak didukung dengan preventive maintenance yang bagus maka akan berpengaruh pada lifetime dan kepresisian dari part tersebut. Dari Energy Cost dan waktu pengerjaan pun tidak efisien[4].

Untuk bergerak ke atas dan ke bawah, kanan dan kiri, dan bolak-balik, mesin CNC 3 sumbu memiliki tiga sumbu penggerak: sumbu X dan Y, serta sumbu Z dan Z. Hal ini dimungkinkan untuk memotong bahan datar menjadi bentuk timbul 3 dimensi (3D) yang tampak tiga dimensi dengan mesin CNC 3 sumbu (3D). Mesin CNC memiliki kelebihan dan kekurangan sebagai berikut[5]:

#### **Kelebihan**

1. Kecepatan keluaran yang tinggi.
2. Tingkat presisi dan reproduktifitas yang lebih tinggi.
3. Tingkat residu harus dikurangi juga (Pemborosan komponen).
4. Kurangi frekuensi pemeriksaan yang dilakukan.
5. Peralatan sederhana tetap membutuhkan tingkat awal pembuatan yang lebih cepat meskipun sederhana.
6. Kurangi frekuensi pemeriksaan yang dilakukan.
7. Tidak memakan banyak ruang/ruang.
8. Keahlian dalam bidang tertentu.

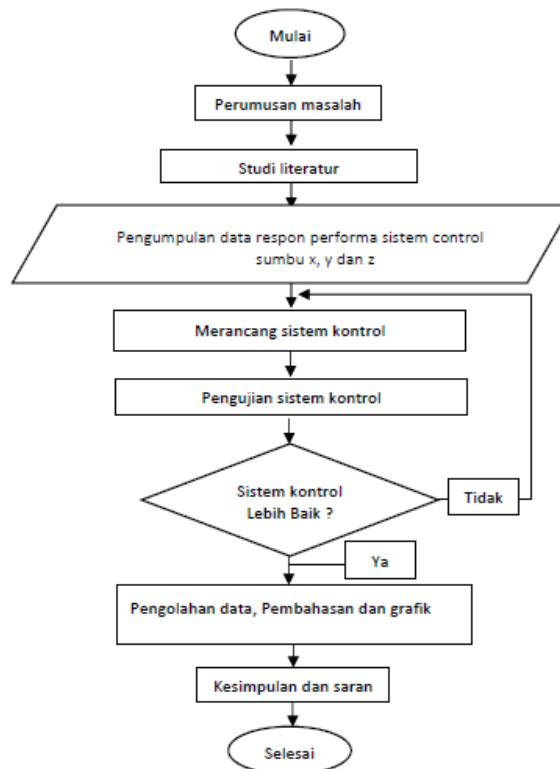
#### **Kekurangan**

1. Menggunakan format rumit pada komponen yang dibuat dengan mesin sederhana mempersulit pengerjaannya menggunakan mesin sederhana.
2. Jumlah uang yang telah diinvestasikan telah meningkat.
3. Upaya pemeliharaan yang lebih besar sama dengan pengembalian investasi yang lebih tinggi.
4. Peningkatan penggunaan peralatan non-konvensional.
5. Para ahli yang mampu memprogram peralatan NC sangat dibutuhkan

## **METODE**

### **Diagram Alir**

Gambar 1 menggambarkan metodologi penelitian yang diikuti dalam penelitian ini: desain, pengembangan, dan pengujian perangkat kontrol. Dalam studi ini, hasil unik dicapai dengan menggabungkan proses pemesinan dengan pemrograman komputer. Dengan Mikrokontroler Breakout Board dan Motor Driver yang terhubung dengan Motor Stepper, Motor Spindle, Power Supply, dan komponen pendukung lainnya dari mesin CNC Mini 3 Axis model 3018, peneliti mengembangkan sistem instrumen kontrol mesin CNC Mini 3 Axis model 3018. Perangkat Lunak Kontroler GRBL akan diinstal pada komputer untuk menangani proses pengujian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### Komponen Sistem Kontrol.

Model 3018, mesin CNC 3-sumbu kecil, menggunakan mekanisme 2-sumbu dan sistem kontrol berbasis mikrokontroler yang sebanding dengan mesin pengukiran laser. Untuk sistem kontrol mesin CNC Mini 3 Axis model 3018, sistem kontrol loop terbuka digunakan dalam desain ini Menggunakan mikrokontroler berbasis nano Arduino, G-Code diterjemahkan ke dalam pulsa yang diumpungkan ke driver aktuator dan driver laser (MOSFET IRF5305S)[6].

### Universal G-Code Sender (UGS) / GRBL Controller

GRBL adalah perangkat lunak atau *firmware open-source* yang memungkinkan kontrol gerak untuk mesin CNC. Kami dapat dengan mudah menginstal *firmware GRBL* ke Arduino sehingga kami langsung mendapatkan pengontrol CNC berkinerja tinggi dengan biaya rendah[7]. GRBL menggunakan G-code sebagai input, dan mengeluarkan kontrol gerak melalui Arduino

### Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dilaksanakan disalah satu rumah peneliti yaitu tepatnya berada di Jl. Tenggilis Kauman IV no.29H. Prosedur penelitian yang direncanakan kali ini meliputi:

1. Desain Alat benda yang akan diteliti
2. Bagian Mesin, Yaitu memperkenalkan bagian utama pada mesin yang sangat mempengaruhi hasil penelitian
3. Proses perakitan, Yaitu proses perakitan mesin CNC 3018 dan spesifikasi material dan motor yang dipakai
4. Tahap Uji Coba, pada tahap ini dilakukan uji coba performa mesin cnc dan kepresisian koordinat mesin CNC 3018

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengambilan data pergerakan koordinat sumbu x, sumbu y dan sumbu z (pergerakan spindle) pada mesin ukir CNC Mini 3 Axis model 3018 berbasis sistem kontrol menggunakan Arduino Nano. Pada mesin ukir CNC Mini 3 Axis model 3018 ini untuk output kepresisian dari hasil jarak pemakanan spindle yang di input dengan program G-Code menggunakan software GRBL Controller dengan hasil

ukiran pada benda kerja (akrilik) sudah sesuai dengan data yang di input memakai software GRBL Controller karena perbedaan dimensi ukuran pada ukiran kurang dari 1 mm.

Penelitian ini berfokus pada *feed rate* / laju pemakanan terhadap sumbu x, sumbu y dan sumbu z dengan variasi kecepatan feeding 50 dan 100 mm/menit, variasi panjang pergerakan sumbu x dan y adalah 50 mm, 100 mm dan 150 mm untuk variasi panjang pergerakan sumbu z adalah 0.5 mm, 1.0 mm dan 1.5 mm dan variasi dalam pemakanan pada benda kerja (akrilik) adalah 0.5 mm, 1.0 mm dan 1.5 mm.

#### **Perbandingan Data Aktual Before After Performa & Transient Response Sumbu Y**

Data *transient response* diperoleh dari catatan waktu per detik untuk 10 detik pertama dan diatas 10 detik frekuensi catatan waktu naik 5 detik sekali untuk *feed length* 50 mm, 10 detik untuk *feed length* 100 mm, 20 detik untuk 150 mm. Dengan variasi *feed rate* 50mm/menit dan 100 mm/menit, variasi *feed depth* 0.5mm, 1.0mm dan 1.5mm, variasi *deep length* 50 mm, 100 mm dan 150 mm.

#### **Perbandingan Data Aktual Before After Performa & Transient Response Sumbu Y Feed Depth 0.5 mm.**

- a) Perbandingan Data aktual *feed rate* 50 mm/menit dengan *feed length* 50 mm.

Berdasarkan tabel 4.22 dan gambar 4.22 dapat dilihat hasil *transient response* dan *steady state error* pada *motor stepper* sumbu Y. *Steady state error* yang tercatat adalah sebesar 7%. Hal ini menunjukkan bahwa hasil performa *motor stepper* sumbu Y dengan *feed depth* 0.5 mm *feed length* 50 mm dan *feed rate* 50 mm/menit masih belum mencapai target yang diinginkan yaitu dibawah 5%. Setelah diberi *stavolt (stabilizer voltage)* *steady state error* yang tercatat menjadi 4% mengalami perbaikan sebesar 3% dari sebelum menggunakan *stavolt* dan setelah menggunakan *stavolt*.

- b) Perbandingan Data aktual *feed rate* 50 mm/menit dengan *feed length* 100 mm.

Berdasarkan tabel 4.23 dan gambar 4.23 dapat dilihat hasil *transient response* dan *steady state error* pada *motor stepper* sumbu Y. *Steady state error* yang tercatat adalah sebesar 6.5%. Hal ini menunjukkan bahwa hasil performa *motor stepper* sumbu Y dengan *feed depth* 0.5 mm *feed length* 100 mm dan *feed rate* 50 mm/menit masih belum mencapai target yang diinginkan yaitu dibawah 5%. Setelah diberi *stavolt (stabilizer voltage)* *steady state error* yang tercatat menjadi 3% mengalami perbaikan sebesar 3.5% dari sebelum menggunakan *stavolt* dan setelah menggunakan *stavolt*.

#### **Analisa Permasalahan**

Setelah dilakukan pengambilan data pada sumbu x, y dan z dari respon waktu, *steady state error* dan kepresisian dimensi yang di input pada program dan output pada benda kerja (akrilik), sistem yang perlu diperbaiki ialah dari sisi respon waktu dan *steady state error*. Dikarenakan arus / tegangan input yang ditransfer dari stopkontak sampai dengan *motor stepper* tidak stabil dan mempengaruhi kecepatan putaran yang dihasilkan di *motor stepper*[8].

Cahaya merambat dengan kecepatan yang berbeda tergantung pada tegangan. Saat kopling rotor berkurang, begitu juga kecepatan putaran motor, yang turun sebanding dengan penurunan tegangan. Karena motor yang digunakan memiliki tegangan konstan, hal ini terjadi. Akibatnya, putaran motor juga tidak merata saat tegangan input tidak stabil.

Sedangkan sistem dari sisi hasil jarak pemakanan spindle yang di input dengan program G-Code menggunakan *software GRBL Controller* sudah bagus dan tidak perlu diperbaiki karena hasil ukiran pada benda kerja (akrilik) sudah sesuai dengan data yang di input memakai software GRBL Controller karena perbedaan dimensi ukuran pada ukiran kurang dari 1 mm.

## Solusi Permasalahan

Dari permasalahan di atas dapat disimpulkan bahwa sistem yang perlu diperbaiki ialah dari sisi respon waktu dan *steady state error* yang disebabkan oleh ketidak stabilan tegangan yang masuk ke aktuator di koordinat sumbu x, y maupun z dimana di mesin CNC ini berupa motor stepper disetiap masing – masing koordinat sumbu. Untuk memperbaiki permasalahan ialah dengan memastikan tegangan yang masuk ke aktuator motor stepper dapat diterima dengan stabil. Solusinya dengan memasang *stavolt*. [5] Intinya, tugas *stavolt* adalah menjaga agar tegangan listrik tetap konstan. Stabilitas tegangan sangat penting untuk perangkat elektronik. Kerusakan pada komponen elektronik yang disebabkan oleh tegangan arus yang tidak stabil dapat dikurangi dengan menggunakan perangkat *Stavolt*, yang mengakumulasi arus dan tegangan yang tidak stabil sebelum melepaskannya ke perangkat yang membutuhkan arus yang stabil dan sesuai. Alhasil, peralatan listrik Anda akan lebih tahan terhadap keausan dan bertahan lebih lama.

Adapun masukan yang diterima oleh *motor stepper* Nema 17 yang tertera pada spesifikasi adalah 12V, 1.5 A. Data diambil di 10 detik pertama karena pada tabel grafik *transient* respon system kontrol mencapai titik stabil terjadi di 10 detik pertama. Dapat dilihat pada Tabel 1 perbandingan tabel sebelum dan sesudah diberi *stavolt* voltase yang diterima oleh motor stepper Nema 17.

Tabel 1. Hasil perbandingan data *Voltase* sebelum dan sesudah diberi *stavolt*.

Tegangan Voltase (Spesifikasi Motor Stepper Nema 17 adalah 12 V, 1.5 A)										
Data Lama										
Waktu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Voltase	3.9	10.2	10.3	10.4	9.9	9.5	8.6	8.1	7.5	8.0
Data Baru										
Waktu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Voltase	4.3	12.1	12.3	12.5	12.0	11.9	11.7	11.6	11.7	11.8

## KESIMPULAN

Proses modifikasi, perbaikan hingga pengujian pada mesin CNC mini 3 axis model 3018, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perancangan sistem kontrol pada pergerakan sumbu X menjadi lebih akurat dimana *steady state error* yang diinput dengan hasil aktual untuk *feeding rate* yang diinput dengan variasi 50 mm/menit dan 100 mm/menit, variasi *feed length* 50 mm, 100mm dan 150 mm, *steady state error* yang tercatat rata-rata masih diatas 5% (*steady state error* yang diperbolehkan maksimal 5%) setelah penambahan *stavolt* tegangan menjadi lebih stabil, *steady state error* yang tercatat rata – rata sudah dibawah 5%.
2. Perancangan sistem kontrol pada pergerakan sumbu Y menjadi lebih akurat dimana *steady state error* yang diinput dengan hasil aktual untuk *feeding rate* yang diinput dengan variasi 50 mm/menit dan 100 mm/menit, variasi *feed length* 50 mm, 100mm dan 150 mm, *steady state error* yang tercatat rata-rata masih diatas 5% (*steady state error* yang diperbolehkan maksimal 5%) setelah penambahan *stavolt* tegangan menjadi lebih stabil, *steady state error* yang tercatat rata – rata sudah dibawah 5%.
3. Perancangan sistem kontrol pada pergerakan sumbu Z menjadi lebih akurat dimana *steady state error* yang diinput dengan hasil aktual untuk variasi *feed depth* 0.5mm, 1.0mm, 1.5mm sebelum dan sesudah diberi *stavolt*.
4. Secara keseluruhan perancangan sistem kontrol pada pergerakan sumbu X, Y dan Z menjadi lebih akurat dan *steady state error* lebih mendekati dengan input yang diinginkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Jayachandriah, O. V. Krishna, P. A. Khan, and R. A. Reddy, "Fabrication of low cost 3-Axis CNC router," *Int. J. Eng. Sci. Invent.*, vol. 3, no. 6, pp. 1–10, 2014.
- [2] A. A. Arifin, K. B. Indarmawan, and D. A. Patriawan, "PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN PRODUK CNC MINI 2 AXIS DENGAN METODE QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD)," *Elem. J. Tek. MESIN*, vol. 9, no. 2, pp. 90–98, 2022.
- [3] E. Kurniawan, S. 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.

- [4] D. A. Patriawan, M. Ulum, M. S. Alqoroni, and A. Y. Ismail, “Transient Response Performance Test on Aftermarket Motorcycle Rear Suspension in Indonesia,” *J. Mech. Eng. Sci. Innov.*, vol. 1, no. 2, pp. 69–76, 2021.
- [5] W. S. Budi, A. A. Arifin, and D. A. Patriawan, “Pengaruh Variasi Massa Raw Material, Jenis Material dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Respon Steady State Error pada Motor Penggerak Slider Mesin Lathe Mini,” in *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan*, 2022, vol. 2, pp. 186–191.
- [6] M. Tirono and N. Nayiroh, “Pemodelan dan pembuatan simulasi kestabilan respon transien motor DC menggunakan graphical user interface (GUI) pada Matlab,” *J. Neutrino J. Fis. dan Apl.*, 2008.
- [7] D. A. Patriawan, B. P. Natakusuma, A. A. Arifin, H. S. Maulana, H. Irawan, and B. Setyono, “Uji Presisi dari Nonholonomic Mobile Robot pada Rancang Bangun Sistem Navigasi,” *J. Mech. Eng. Sci. Innov.*, vol. 1, no. 1, 2021.
- [8] M. A. Masykur, A. A. Arifin, and D. A. Patriawan, “Pengaruh Variasi Massa Raw Material dan Jenis Material Terhadap Respon Steady State Error Spindle Mesin Lathe Mini,” in *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan*, 2022, vol. 2, pp. 61–69.