ELKOM Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi
Vol. nn, No. nn
Juli, 20nn
ISSN : 2685-1814 (Print)
ISSN : 2685-7677 (Online)

# Analisa Perbandingan Performansi Akurasi Mesin CNC (*Computer Numerical Control*) *Router* Berbasis Mach3 dan Arduino Uno Menggunakan Metode SQC (*Statistical Quality Control*)

**M.Zulfikar Alrasyid[1], M. A'an Auliq[2], Aji Brahma Nugroho[3]**

[1,2,3] Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Jember
Jl. Karimata 49 Jember 68121
E-mail: alrasyidzulfikar@gmail.com

**ABSTRAK**

***Abstrak*** **–** Mesin CNC salah satu teknologi yang masih dikembangkan untuk peningkatan kegiatan produksi salah satunya mesin CNC 3 axis dengan fungsi *milling*. Pada umumnya kontrol utama mesin CNC menggunakan salah satu *board* dari *platform* resmi yaitu Mach3 dengan fitur yang sangat mendukung untuk fungsi sebuah mesin CNC salah satunya komunikasi paralel untuk menunjang kinerja mesin CNC tetap stabil, akan tetapi komputer dengan fitur komunikasi paralel umumnya tipe lama dengan spesifikasi rendah yang hanya bisa dijadikan *sender* dan tidak bisa digunakan untuk mendesain. Berdasarkan permasalahan tersebut maka diperlukan peningkatan efisiensi dalam memanfaatkan teknologi CNC yaitu dengan menggunakan *platform* yang bersifat *open source* dan menggunakan komunikasi serial untuk menjadikan teknologi CNC lebih fleksibel dalam hal pengoperasian dengan satu komputer dapat digunakan untuk mendesain dan *sender.* Arduino Uno salah satu platform yang bersifat *open source* yang dapat dimanfaatkan untuk menjadi kontrol utama mesin CNC. Hasil penelitian mesin CNC berbasis Arduino menunjukan bahwa penerapan komunikasi serial untuk pengoperasian mesin CNC memiliki perfomansi dan akurasi yang tidak jauh berbeda dengan mesin CNC yang menggunakan komunikasi serial. Dalam parameter jumlah objek yang dikerjakan sama Mach3 30 detik lebih cepat dengan akurasi kesalahan 0,02 mm (0,05%) dan Arduino 0,04 mm (0,1%). Dalam parameter jumlah waktu yang sama yaitu 30 menit Mach3 menyelesaikan 8 objek dan objek ke - 9 hanya dikerjakan 25,6%, Arduino menyelesaikan 8 objek dan objek ke – 9 hanya 14,5%.

***Kata kunci:*** CNC, Mach3, Arduino, *Milling*, Komunikasi serial dan paralel, Akurasi.

## 1. PENDAHULUAN

Komputer tidak hanya digunakan sebagai pengolah data namun juga bisa digunakan dalam pengontrolan suatu peralatan elektronika dengan harapan segala sesuatunya berhasil dengan mudah dan *efisien*, serta sedikit campur tangan manusia dalam pelaksanaan prosesnya. Salah satu penerapan komputer sebagai pengontrol yaitu untuk mengoperasikan mesin CNC yang pada umumnya menggunakan komputer jenis PC. Penggunaan PC dalam mengontrol mesin CNC tentu memiliki kelebihan dan kekurangan dimana kelebihan dari penggunaan PC yaitu dapat memanfaatkan *port* paralel atau LPT (*Line Print Terminal*) sebagai komunikasi mesin CNC dengan komputer. Paralel *port* memiliki kelebihan dalam sebuah komunikasi antara komputer dengan perangkat lain yang dikontrol komputer yaitu dalam satu waktu *port* paralel dapat mengirim sekaligus menerima data dalam waktu yang bersamaan. Dalam penjelasan singkat ini dapat diketahui bahwa menggunakan paralel *port* akan mendapatkan data komunikasi yang *real time*. Beberapa kekurangan penggunaan Mach3 untuk mengontrol mesin CNC yaitu komputer yang mempunyai paralel *port* umumnya memiliki spesifikasi rendah. Komputer dengan spesifikasi rendah hanya dapat dimanfaatkan menjadi *Host/Sender* tidak dapat digunakan untuk mendesain. Tentu hal ini akan menambah biaya untuk memenuhi kebutuhan awal dalam pembuatan mesin CNC.

Pengoperasian mesin CNC tidak hanya menggunakan komunnikasi paralel, dengan menggunakan *platform* lain yaitu mikrokontrol yang dapat dimanfaatkan sebagai kontrol untama mesin CNC menggunakan USB (Universal Serial Bus) tentu lebih fleksibel dalam hal pengoperasian. Penggunaan USB sebagai komunikasi dapat dipastikan menggunakan komputer dengan sepesifikasi yang tinggi

tidak jadi masalah, dengan kelebihan yaitu proses Host/Sender dan proses desain dilakukan pada komputer yang sama. Seperti yang diketahui bahwa komunikasi paralel jauh lebih cepat dan realtime jika dibandingkan dengan komunikasi serial. Dalam penelitian akan dilakukan uji coba perbandingan performa dan akurasi mesin CNC dengan platform yang berbeda untuk mengetahui apakah alternatif dalam mengoperasikan mesin CNC dapat direkomendasikan atau tidak. Salah satu mikro kontrol yang bisa menjadi alternatif adalah Arduino, dengan menggunakan mikro kontrol Arduino akan sangat mempermudah dalam pembuatan mesin CNC secara mandiri dan semua aplikasi yang dibutuhkan bersifat open source dengan harga mikrokontrol Arduino terpaut jauh lebih murah jika dibandingkan dengan kontrol CNC menggunakan Mach3.

Mesin CNC yang akan dijadikan penelitian adalah CNC Router dengan fungsi milling. Mesin CNC menggunakan fungsi 3 axis, setiap axis berfungsi sebagai linear aktuator yaitu pada sumbu X axis, Y axis, dan Z axis. Mesin CNC memiliki bagian – bagian yang terdiri dari mekanik, kontrol, sensor batas maksimal dimensi kerja pada mesin yang pada umumnya menggunakan limit switch, serta aplikasi yang digunakan untuk mengoperasikan mesin CNC serta monitoring atau pengawasan kinerja pada mesin CNC. [6]

Apriadi, M Leza (2017),"Perancangan Mesin CNC (Computer Numerical Control) Router dengan Aplikasi GRBL 0.9 Control 3 Axis Sistem X,Y dan Z (Hardware)". Politeknik Negeri Sriwijaya. Kemajuan teknologi dibidang industri, untuk menghasilkan dan menciptakan alat yang lebih berdaya saing tinggi dari sebelumnya untuk memperoleh peningkatan hasil produksi. Hal ini dibutuhkan pembelajaran dan penelitian agar suatu proses pembuatan alat yang telah ada dapat dilakukan dengan baik dan lancar. Dengan membandingkan beberapa hal dan menganalisa bagaimana kelebihannya dan kekurangannya dalam hal ini dapat memadukan segala kelebihan yang ada pada beberapa kemungkinan yang dibuat menjadi satu. [1]

Alfarisi, Adli (2017),"Analisis Pengendalian Kualitas Produk Ornamen Desain Interior Dengan Metode Ststistical Quality Control Pada Mesin CNC (Computer Numerical Control)". Universitas Jember. Teknologi industri berkembang pesat terlebih pada era sekarang dan sangat diperlukan untuk memenuhi peningkatan kebutuhan konsumen dan dibidang teknologi itu sendiri. Semakin meningkatnya pengetahuan konsumen, tuntutan terhadap variasi dan mutu olahan juga semakin meningkat. Oleh karena itu, perlu adanya pengenalan dan inovasi teknologi produksi menggunakan mesin CNC untuk peningkatan mutu produk. [2]

Mikrokontrol Arduino Uno yang dimanfaatkan akan ditingkatkan dengan upgrade firmware GRBL1.1 dan driver motor stepper menggunakan TB6600, dimana peneliti sebelumnya masih menggunakan GRBL 9.0 dan driver motor A4988. Beberapa kelebihan menggunakan mikro kontrol Arduino adalah dapat dioperasikan menggunakan laptop dengan berbagai versi windows atau komputer dengan syarat minimal CPU pentium 4 dengan kapasitas ram 512 MB atau yang lebih tinggi, karena mikro kontrol Arduino menggunakan komunikasi serial yang lebih fleksibel dalam mengoperasikan mesin CNC. Untuk peningkatan firmware GRBL1.1 memiliki kelebihan pada salah satu fitur yang akan dimanfaatkan yaitu auto home machine, mesin dapat menentukan titik zero pada X-axis dan Y-axis secara otomatis. Penggunaan driver motor stepper TB6600 akan mempermudah dalam pengaturan step pulse sesuai dengan tipe motor yang akan digunakan dan pemilihan arus yang akan dikonsumsi oleh motor stepper. Menentukan kebutuhan yang sesuai dengan tipe motor stepper yang digunakan, dilakukan dengan mengatur 6 saklar dan mengikuti data tabel yang tertera pada driver motor stepper TB600. Dengan menggunakan pengaturan yang dapat dipastikan nilainya maka akan menambah kinerja pada motor stepper serta memudahkan pengawasan.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

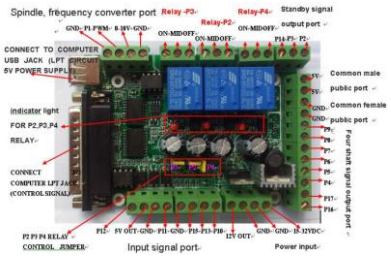
Dari penelitian sebelumnya dalam perancangan mesin CNC berbasis Arduino Uno masih menggunakan *firmware* grbl 0.9 serta *driver* motor yang masih menggunakan A4988 dengan kapasitas yang kurang dalam durasi saat pengoperasian mesin CNC. Maka peningkatan yang akan dilakukan dalam penelitian yaitu menggunakan *firmware* grbl 1.1 serta menggunakan *driver* motor TB6600 untuk memastikan mesin CNC tetap menjaga akurasi dalam pengoperasian dengan durasi yang lama. Penigkatan yang dilakukan akan dibandingkan dengan mesin CNC berbasis Mach3 dengan menghitung

ISSN : 2685-1814 (Print)
ISSN : 2685-7677 (Online)

perfomansi mesin serta menguji akurasi pada objek pengerjaan menggunakan metode SQC (*Statistic Quality Control*) untuk mengetahui batas kendali dari kualitas sebuah produk yang dihasilkan mesin CNC dengan *platform* yang memiliki perbedaan komunikasi yaitu paralel *port* (LPT) dan serial *port* (USB), dengan perbedaan komunikasi tentu akan menghasilkan kinerja yang berbeda.

### 2.1. Mach3 *Board*

Mach3 adalah perangkat keras yang digunakan untuk mengontrol mesin CNC dengan mengolah data gcode dari komputer dan memberikan sistem proteksi pada mesin CNC. Mach3 menggunakan komunikasi paralel atau LPT (Line Print Terminal) untuk memastikan kecepatan data yang terkirim dan yang diterima benar – benar real time karena LPT adalah komunikasi paralel yang mengirimkan data lebih cepat dari komunikasi serial karena jumlah bit yang dikirimkan bersamaan dalam satu waktu oleh komunikasi paralel lebih banyak daripada komunikasi serial.




Gambar 1. Mach3 *Board*

### 2.2. Arduino Uno

Arduino adalah perangkat keras mikrokontrol dengan tipe ic ATmega328 yang biasa digunakan untuk dijadikan kontrol beberapa Hardware lainnya yang memanfaatkan fungsi 14 pin digital input/output pada Arduino sebagai pengirim data atau memerima data.

Gambar 2. Arduino Uno

### 2.3. *Driver* Motor TB600

Stepper Motor TB6600 adalah *driver* motor *stepper* profesional yang mudah digunakan, yang dapat mengendalikan motor Stepper dua fase dan kompatibel dengan Arduino. *Driver stepper* mendukung untuk mengatur kecepatan, arah dan mengatur langkah keluaran dengan 6 sakelar DIP.

Gambar 3. Driver Motor TB6600

### 2.4. Motor *Stepper* nema 17

Motor Stepper merupakan motor DC yang tidak mempunyai komutator. Umumnya motor *stepper* hanya mempunyai kumparan pada bagian stator sedangkan pada bagian rotor merupakan magnet permanen (bahan ferromagnetic). Motor Stepper dapat berputar atau berotasi dengan sudut step yang bisa bervariasi tergantung motor yang digunakan. Dengan adanya variasi sudut step tersebut akan lebih memudahkan untuk melakukan pengontrolan serta pengontrolannya dapat

ISSN : 2685-1814 (Print)
ISSN : 2685-7677 (Online)

langsung menggunakan sinyal digital tanpa perlu menggunakan rangkaian closed-loop feedback untuk memonitor posisinya.

Gambar 4. Motor *Stepper*

**2.5. Sensor *Proximity* Induktif**

Sensor jarak induktif atau inductive Proximity sensor adalah sensor jarak yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan logam baik logam jenis ferrous maupun logam jenis non-ferrous. Sensor induktif sering digunakan sebagai pengganti saklar mekanis karena kemampuannya yang dapat beroperasi pada kecepatan yang lebih tinggi dari sakelar mekanis biasa.

Gambar 5. *Proximity* Induktif

**2.6. Statistic Quality Control (SQC)**

Statistik quality control digunakan sebagai metode untuk membandingkan mesin dengan basis yang berbeda yaitu mesin dengan basis Mach3 (komunikasi paralel) dan basis Arduino Uno (komunikasi serial). Perbandingan dilakukan adalah dengan membandingkan hasil dari proses mesin CNC yang memiliki basis yang berbeda.

1. Nilai dari setiap subgroup (rata - rata)

$$\bar{X}ni = \frac{\sum xi}{ni} \quad (1)$$

(untuk mengetahui karakteristik proses apakah stabil)

Keterangan :

$\bar{X}$ni = Rata – rata subgrup data ke - i (diambil dari 2 sampel satu proses, proses dilakukan 5 kali dengan 10 sampel)

∑xi : jumlah pada subgrup sampel ke - i

ni : Banyaknya sampel pada subgrup ke - i

2. Peta Kendali X dan s

Hitung nilai rata-rata dari seluruh x, yaitu x yang merupakan garis tengah (center line) dari peta kendali x,

$$CL = \bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{\sum N} \quad (2)$$

Keterangan :

$\bar{\bar{X}}$ = Garis tengah dari X *chart*

$\sum\bar{X}$ = Jumlah rata – rata dari setiap subgrup

∑N = Banyaknya subgrup

ISSN : 2685-1814 (Print)
ISSN : 2685-7677 (Online)

Hitung setiap subgroup untuk nilai simpangan baku yaitu S. Simpangan baku digunakan ketika nilai pengukuran pada objek tidak sama persis dengan nilai ukuran pada desain. Penggunaan perhitungan simpangan baku akan merubah rumus perhitungan pada UCL dan LCL.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(xi-\bar{X})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Keterangan :

s = Simpangan baku

xi = subgrup

$\bar{X}$ = Rata – rata subgrup ke – i

$n$ = Banyak sampel pada subgrup ke - i

Hitung nilai rata-rata dari seluruh s, yaitu S yang merupakan garis tengah dari peta kendali S.

$$\text{CL} = \bar{S} = \frac{\sum \text{si}}{N} \quad (4)$$

Keterangan :

$\bar{S}$ = Rata – rata dari seluruh nilai s

$N$ = Banyaknya percobaan dari setiap subgrup

Hitung batas kendali atas dan batas kendali bawah (UCL dan LCL) dari peta kendali X.

$$UCL = \bar{\bar{X}} + (A3 * \bar{S}) \quad (5)$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - (A3 * \bar{S}) \quad (6)$$

Keterangan :

A3 = *Tabular constant* A3 *values for* X *Chart*

Hitung batas kendali atas dan batas kendali bawah (UCL dan LCL) dari peta kendali S.

$$\text{UCL} = \text{B4} * \bar{S} \quad (7)$$

$$\text{LCL} = \text{B3} * \bar{S} \quad (8)$$

Keterangan :

B3 & B4 = *Tabular constant* B3, B4 *values for* s *Chart*

**Tabular constant A3 values for x Chart , and B3, B4 for S chart**

| Subgroup Size | A3 | B3 | B4 |
|---|---|---|---|
| 2 | 2.659 | ----- | 3.267 |
| 3 | 1.954 | ----- | 2.568 |
| 4 | 1.628 | ----- | 2.266 |
| 5 | 1.427 | ----- | 2.089 |
| 6 | 1.287 | 0.030 | 1.970 |

3. Diagram Sebab-Akibat (*fishbonediagram*)

Diagram sebab-akibat/*fishbone diagram* berfungsi sebagai analisa dari beberapa faktor yang menjadikan kerusakan pada produk. Faktor yang menjadi pengaruh dan penyebab kerusakan pada produk adalah sebagai berikut:

a. *Man Power* (Faktor Manusia), yaitu melibatkan operator pada proses produksi
b. *Materials* (Bahan Baku), yaitu bagian pokok yang dijadikan sebuah produk pada proses produksi
c. *Machine* (Mesin), yaitu pekakas yang menunjang proses produksi (otomatis/manual)
d. *Method* (Metode), yaitu ketetapan sebuah standart operasional yang harus diikuti operator ketika melaksanakan proses produksi untuk menjaga kualitas produk tetap dalam standart pengendalian kualitas.

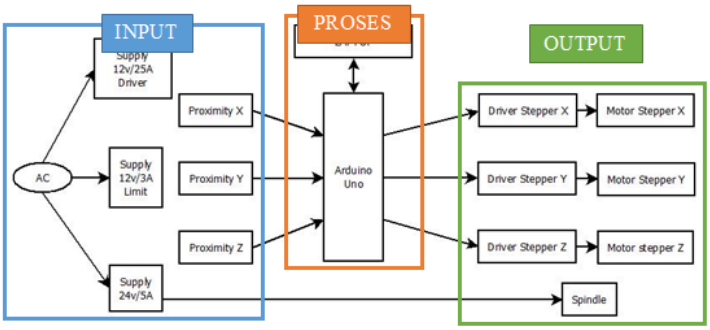
ISSN : 2685-1814 (Print)
ISSN : 2685-7677 (Online)

## 3. METODE PENELITIAN

Tujuan analisa perbandingan yang dilakukan antara mesin CNC berbasis Mach3 dan berbasis Arduino Uno untuk mengetahui apakah Arduino Uno layak untuk dijadikan kontrol mesin CNC yang dimanfaatkan pada suatu badan usaha atau industri menengah.

### 3.1 Diagram Blok Sistem

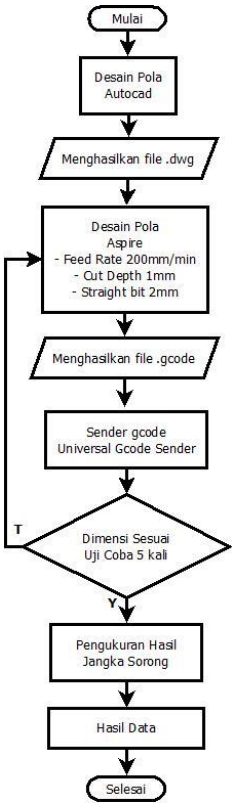
Blok diagram akan menjelaskan secara singkat cara kerja sistem kontrol mesin CNC berbasis Arduino UNO. Laptop yang difungsikan sebagai host memiliki fungsi input dan output, input yang dimaksud adalah menerima data pada sensor Proximity untuk ditampilkan (output) sebagai alarm jika mesin bergerak melebihi batas maksimal bidang kerja. *File* g-code adalah hasil dari pengaturan sebuah desain yang dirubah menjadi kode untuk diproses Arduino Uno dan mengirim sinyal pulsa pada motor untuk bergerak sesuai perintah dari g-code yang kemudian menghasilkan *output* dengan gerakan mesin CNC 3 *axis* dan mengaktifkan sistem *limit* pada mesin.




Gambar 6. Diagram Blok Sistem

### 3.2 Diagram Operasional Mesin

Pengoperasian mesin CNC membutuhkan beberapa Software yang digunakan untuk membuat desain yang akan dikerjakan dan desain masih diproses untuk dijadikan vektor kemudian setiap vektor akan ditentukan prosesnya sesuai kebutuhan. Setiap vektor akan diproses dengan pemilihan mata pahat yang akan digunakan serta teknik pahat seperti apa yang akan diproses.

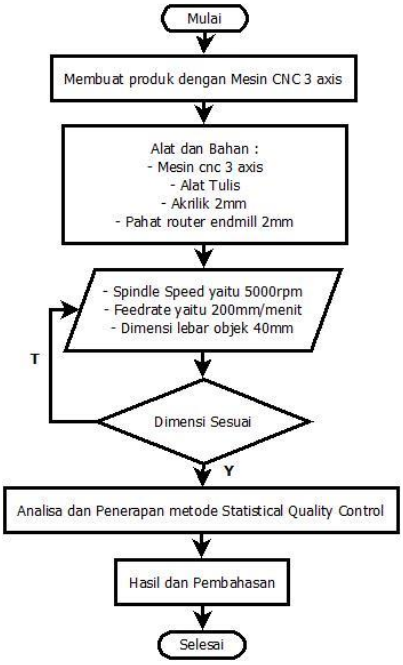



Gambar 7. Diagram Operasional Mesin

ISSN : 2685-1814 (Print)
ISSN : 2685-7677 (Online)

3.3 Diagram Pengambilan Data

Proses analisis yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan Statistic Quality Control (SQC) untuk pengendalian produk. Dalam SQC terdapat tujuh alat bantu (seven tools) untuk membantu memecahkan permasalahan yaitu lembar periksa (check sheet), histogram, stratifikasi, diagram pencar, diagram pareto, diagam sebab akibat (fishbone) dan grafik kendali. Pada penelitian ini tidak menggunakan semua tools yang ada pada SQC, hanya digunakan jenis tools yang sesuai dangan kondisi permasalahan yang akan dipecahkan yaitu diagram sebab akibat (fishbone diagram) dan peta kendali. Untuk mempermudah mengolah data hasil penelitian ini digunakan Software Microsoft office exel.




Gambar 8. Diagram Pengambilan Data

3.4 Perancangan Objek Uji

Objek yang akan menjadi bahan penelitian adalah objek yang tidak mudah berubah kualitas secara kepadatan serta ukuran yang tidak berubah terhadap perubahan suhu dan kelembapan serta kelembaman. Bahan yang akan dijadikan objek uji adalah akrilik dengan ketebalan 2mm karena mudah dalam pengendalian kualitas. Berikut adalah spesifikasi bahan objek akrilik 2mm :

Tabel 1. Objek Uji

| No | Objek Bahan Uji | Bentuk | Parameter (mm) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Akrilik | Persegi | Tebal = 2<br>P = 40<br>L = 40 | Diproses potong dengan cara *milling* |

ISSN : 2685-1814 (Print)
ISSN : 2685-7677 (Online)

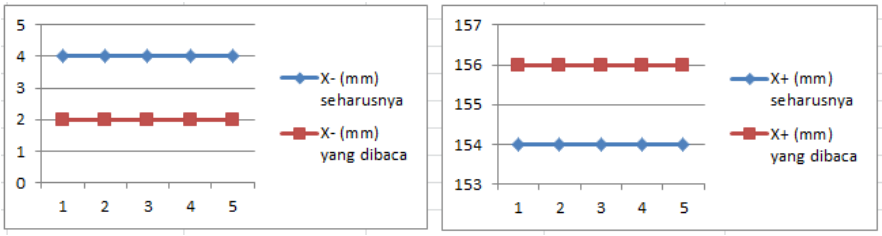
## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengujian *Proximity* Induktif

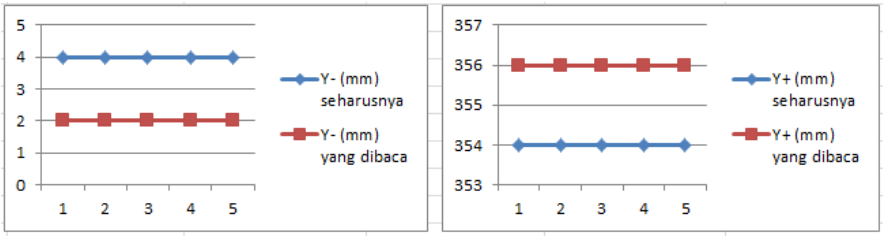
Pengujian sensor Proximity dilakukan untuk memastikan sensor akan mendeteksi limit maksimal pada bidang kerja sehingga tidak merusak fungsi mekanik ketika desain yang dibuat tidak sesuai dengan kapasitas ukuran mesin. Sensor akan mendeteksi jika bracket axis berjarak 4mm dari unjung sensor maka secara otomatis mesin akan berhenti dan memberi peringatan bahwa pergerakan axis sudah mencapai batas maksimum.

Tabel 2. Pengujian *Proximity* Induktif

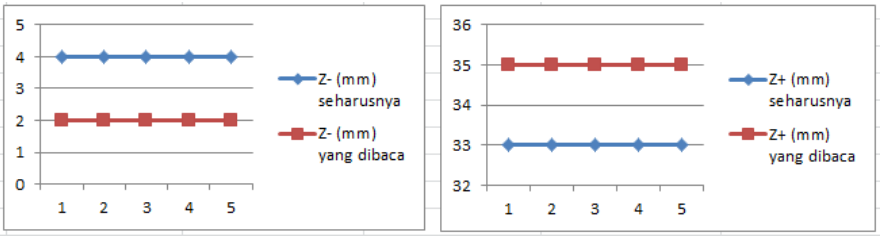
| No | Axis Mesin | Pembacaan jarak (mm) | Alarm | Keterangan |
|---|---|---|---|---|
| 1 | X + | 2 | ON | Berhasil |
| 2 | X - | 2 | ON | Berhasil |
| 3 | Y + | 2 | ON | Berhasil |
| 4 | Y - | 2 | ON | Berhasil |
| 5 | Z + | 2 | ON | Berhasil |
| 6 | Z - | 2 | ON | Berhasil |



Gambar 9. Grafik Pengujian Pada X axis



Gambar 10. Grafik Pengujian Pada Y axis



Gambar 11. Grafik Pengujian Pada Z axis

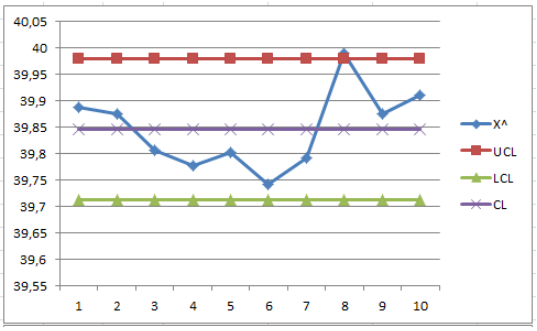
ISSN : 2685-1814 (Print)
ISSN : 2685-7677 (Online)

4.2 Pengujian Berdasarkan Jumlah Produk yang Sama

Pengujian akurasi objek dari proses pengerjaan mesin CNC berbasis Mach3 dan Arduino Uno dilakukan dengan perlakuan jumlah yang dikerjakan sama untuk mengetahui perbedaan waktu ketika proses produksi.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Mach3

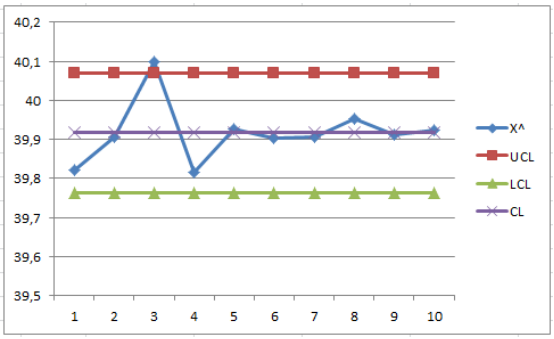
| Batas Kendali Perhitungan SQC | | | | |
|---|---|---|---|---|
| CLx | 39,846 | CLs | 0,082201674 | |
| UCLx | 39,9798243 | UCLs | 0,186268993 | |
| LCLx | 39,7121757 | LCLs | 0 | |
| **No** | **$\bar{X}i$ (mm)** | **Ket.** | **Si (mm)** | **Waktu** |
| 1 | 39,8875 | TRUE | 0,021794495 | 36 Menit 20 Detik |
| 2 | 39,875 | TRUE | 0,01 | |
| 3 | 39,8075 | TRUE | 0,025980762 | |
| 4 | 39,7775 | TRUE | 0,008660254 | |
| 5 | 39,8025 | TRUE | 0,205121915 | |
| 6 | 39,7425 | TRUE | 0,066895441 | |
| 7 | 39,7925 | TRUE | 0,087607077 | |
| 8 | 39,99 | FALSE | 0,280356915 | |
| 9 | 39,875 | TRUE | 0,060827625 | |
| 10 | 39,91 | TRUE | 0,054772256 | |




Gambar 12. Grafik Peta Kendali X Mach3

Tabel 4. Hasil Perhitungan Arduino Uno

| Batas Kendali Perhitungan SQC | | | | |
|---|---|---|---|---|
| CLx | 39,91675 | CLs | 0,09411522 | |
| UCLx | 40,0699696 | UCLs | 0,21326509 | |
| LCLx | 39,7635304 | LCLs | 0 | |
| **No** | **$\bar{X}i$ (mm)** | **Ket.** | **Si (mm)** | **Waktu** |
| 1 | 39,82 | TRUE | 0,15033296 | 36 menit 50 Detik |
| 2 | 39,905 | TRUE | 0,03316625 | |
| 3 | 40,1 | FALSE | 0,07874008 | |
| 4 | 39,815 | TRUE | 0,11445523 | |
| 5 | 39,9275 | TRUE | 0,03278719 | |
| 6 | 39,9025 | TRUE | 0,09526279 | |
| 7 | 39,9075 | TRUE | 0,0753326 | |
| 8 | 39,9525 | TRUE | 0,26509432 | |
| 9 | 39,9125 | TRUE | 0,02598076 | |
| 10 | 39,925 | TRUE | 0,07 | |



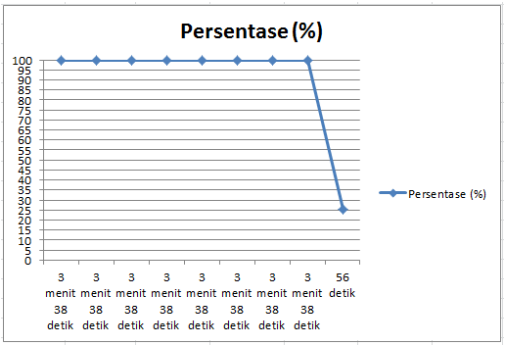

Gambar 13. Grafik Peta Kendali X Arduino Uno

4.3 Pengujian Berdasarkan Jumlah Waktu Sama

Pengujian akurasi objek dari proses pengerjaan mesin CNC berbasis Mach3 dan Arduino Uno dilakukan dengan perlakuan lama waktu yang dibutuhkan sama untuk mengetahui jumlah produk yang diproduksi.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Objek Mach3

| Xi | Bentuk | Waktu Proses (Menit) | Parameter Dimensi (mm) Subgrup (ni) | | | | Hasil Ukur (mm) Subgrup (ni) | | | | Keterangan (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | n1 | n2 | n3 | n4 | n1 | n2 | n3 | n4 | |
| x1 | Persegi | 30 Menit | 40 | 40 | 40 | 40 | 39,86 | 39,88 | 39,90 | 39,92 | 100 % |
| x2 | Persegi | | 40 | 40 | 40 | 40 | 39,79 | 39,81 | 39,82 | 39,80 | 100 % |
| x3 | Persegi | | 40 | 40 | 40 | 40 | 39,85 | 39,89 | 39,85 | 39,82 | 100 % |
| x4 | Persegi | | 40 | 40 | 40 | 40 | 40,12 | 40,09 | 39,90 | 39,91 | 100 % |
| x5 | Persegi | | 40 | 40 | 40 | 40 | 39,92 | 39,94 | 39,87 | 39,85 | 100 % |
| x6 | Persegi | | 40 | 40 | 40 | 40 | 39,89 | 39,88 | 39,79 | 39,80 | 100 % |
| x7 | Persegi | | 40 | 40 | 40 | 40 | 39,89 | 39,89 | 39,88 | 39,86 | 100 % |
| x8 | Persegi | | 40 | 40 | 40 | 40 | 39,84 | 39,86 | 39,75 | 39,77 | 100 % |
| x9 | Persegi | | 40 | 40 | 40 | 40 | 39,95 | 40,05 | 1,92 | 0 | 25,6 % |

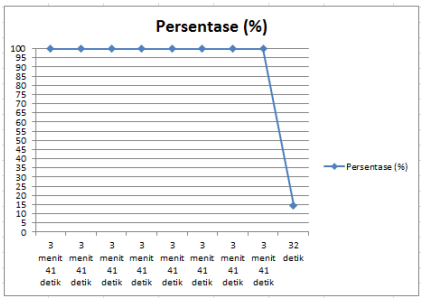



Gambar 14. Grafik Persentase Objek Mach3

Tabel 5. Hasil Pengukuran Objek Arduino

| Xi | Bentuk | Waktu Proses (Menit) | Parameter Dimensi (mm) Subgrup (ni) | | | | Hasil Ukur (mm) Subgrup (ni) | | | | Keterangan (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | n1 | n2 | n3 | n4 | n1 | n2 | n3 | n4 | |
| x1 | Persegi | 30 Menit | 40 | 40 | 40 | 40 | 39,90 | 39,92 | 39,93 | 39,96 | 100 % |
| x2 | Persegi | | 40 | 40 | 40 | 40 | 39,80 | 39,79 | 39,82 | 39,83 | 100 % |
| x3 | Persegi | | 40 | 40 | 40 | 40 | 39,79 | 39,82 | 39,83 | 39,84 | 100 % |
| x4 | Persegi | | 40 | 40 | 40 | 40 | 40,15 | 40,10 | 39,95 | 39,97 | 100 % |
| x5 | Persegi | | 40 | 40 | 40 | 40 | 39,94 | 39,96 | 39,83 | 39,85 | 100 % |
| x6 | Persegi | | 40 | 40 | 40 | 40 | 39,85 | 39,83 | 39,79 | 39,78 | 100 % |
| x7 | Persegi | | 40 | 40 | 40 | 40 | 39,85 | 39,88 | 39,77 | 39,75 | 100 % |
| x8 | Persegi | | 40 | 40 | 40 | 40 | 39,80 | 39,85 | 39,87 | 39,85 | 100 % |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| x9 | Persegi | 40 | 40 | 40 | 40 | 39,85 | 6,55 | 0 | 0 | 14,5% |



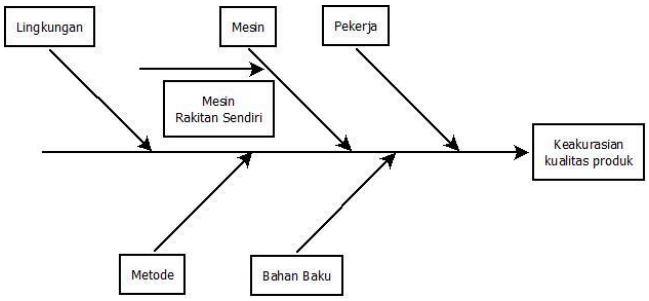

Gambar 15. Grafik Persentase Objek Arduino

4.4 Diagram Sebab – Akibat (*fishbone* diagram)

Diagram sebab-akibat/*fishbone diagram* berfungsi sebagai analisa dari beberapa faktor yang menjadikan kerusakan pada produk. Faktor yang menjadikan pengaruh serta penyebab produk rusak diantaranya adalah :

- Manusia(*Human Error*)
- Mesin/*tools*
- Bahan baku/pokok
- Metode
- Lingkungan

Tujuan pengendalian kualitas untuk menjaga produk sesuai dengan standart yang telah ditentukan. Kualitas produk dapat terpengaruh ketika proses produksi berlangsung. Oleh karena itu pengendalian kualitas sangat diperlukan ketika proses produksi dilakukan.




Gambar 16. Diagram Sebab Akibat

## 5. KESIMPULAN (10 PT)

1. Pengambilan data dilakukan berdasarkan perlakuan pada mesin adalah memproduksi objek dengan jumlah yang sama dan memiliki waktu pengerjaan yang berbeda, kinerja mesin CNC Berbasis Mach3 adalah 90% dari 10 produk yang diuji hanya 1 yang cacat dengan persentase kerusakan 0,05% (0,02 mm), kinerja mesin CNC Berbasis Arduino Uno adalah 90% dari 10 produk yang diuji hanya 1 yang cacat dengan persentase kerusakan 0,1% (0,04 mm). Selisih waktu pengerjaan secara total hanya 30 detik dimana setiap pengerjaan objek selisih waktunya hanya 3 detik dari jumlah total waktu pada Mach3 36 menit 20 detik dan Arduino Uno 36 menit 50 detik.
2. Pengambilan data dilakukan berdasarkan perlakuan pada mesin adalah memproduksi objek dengan lama waktu yang sama dan memiliki jumlah produksi yang sama dengan hasil objek yang terakhir/objek ke-9 memiliki proposi hasil yang berbeda, pada mesin CNC berbasis Mach3 objek ke-9 telah memproses sebanyak 25,6% dan pada mesin CNC berbasis Arduino Uno objek ke-9 telah memproses sebanyak 14,5%.
3. Setelah melakukan analisi sebab akibat, diketahui salah satu faktor penyebab terjadinya perubahan ukuran pada setiap objek dengan nilai yang kecil yaitu mesin CNC yang digunakan bukan buatan pabrik melainkan DIY (*Do It Yourself*). Hasil analisa dengan penggunaan metode *Statistic Quality Control* (SQC) mesin CNC berbasis Arduino tidak memiliki tingkat kesalahan signifikan meskipun dalam waktu pengerjaan dan jumlah produksi Mach3 lebih unggu karena menggunakan komunikasi paralel dan Arduino uno menggunakan komunikasi Serial. Penelitian ini membuktikan bahwa Arduino Uno layak untuk dijadikan sebagai alternatif kontrol utama dalam pembuatan mesin CNC.

ISSN : 2685-1814 (Print)
ISSN : 2685-7677 (Online)

**REFERENSI**

[1]. Apriadi, M Leza. 2017. ”Perancangan Mesin CNC (*Computer Numerical Control*) *Router* Dengan Aplikasi GRBL 0.9 *Control* 3 *Axis* Sistem X,Y dan Z (*Hardware*)”. Politeknik Negeri Sriwijaya

[2]. Alfarisi, Adli. 2017.”Analisis Pengendalian Kualitas Produk Ornamen Desain *Interior* Dengan Metode *Ststistical Quality Control* Pada Mesin CNC (*Computer Numerical Control*)”. Universitas Jember

[3] Assauri, Sofjan (2004),”Manajemen Produksi dan Operasi”. LPEE – UI. Edisi Revisi. Jakarta

[4]. M Ade Riawan. 2018. ”Rancang Bangun CNC *Router* Kayu Dengan Menggunakan *Control* Mach3*”*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabya

[5]. M.Bhavani. 2017. “*Design and Implementation of CNC Router”*. Chennai, Tamil nadu, India

[6]. Nina Hairiyah, Raden Rizki Amalia, Eva Luliyanti. 2019.“Analisis *Statistical Quality Control* (SQC) pada Produksi Roti di Aremania Bakery”. State Polytechnic of Tanah Laut

[7]. Roni Permana Saputra. 2011. “Desain dan Implementasi Sistem Kendali *CNC Router* Menggunakan *PC* untuk *Flame Cutting Machine*”. Universitas Gadjah Mada

[8]. Sigit Widiyanto .2017. “Rancang Bangun *Training KIT* CNC *MILL 3 AXIS* Sebagai Materi Praktek *CADCAM* di STT Duta Bangsa”. STT Duta Bangsa

[9]. Zoro Zulfikar[1] .2017. “Proses Produksi Prototipe Mesin CNC *Router 3-axis”*. Universitas Riau

ISSN : 2685-1814 (Print)
ISSN : 2685-7677 (Online)

**BIOGRAFI PENULIS**

| | |
|---|---|
| | Muhammad Zulfikar Alrasyid merupakan mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah jember. Bidang penelitiannya berkaitan dengan Otomasi Industri. |
| | |
| | Muhammad A'an Auliq merupakan dosen di lingkungan Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah jember. Bidang penelitiannya berkaitan dengan Arus Kuat. |
| | |
| | Muhammad A'an Auliq merupakan dosen di lingkungan Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah jember. Bidang penelitiannya berkaitan dengan Pengembangan sistem elektronika |