

KAJI EKSPRIMENTAL PEMBANDINGAN KETELITIAN MESIN CNC MILLING DENGAN KONTROL SMC DAN MESIN CNC MILLING DENGAN KONTROL ESP32 WIFI

Rifki Hermana^{1*}, Yuris Setyoadi¹, Muhammad Fahrur Aza¹

¹Teknik Mesin, Universitas PGRI Semarang,
Jl. Sidodadi Timur No.24, Karangtempel, Kota Semarang, 50232

*E-mail: upgris@upgris.ac.id

Abstrak

Computerized Numerical Control (CNC) merupakan salah satu perkembangan teknologi permesinan yang dioperasikan secara otomatis yang dapat menunjang kebutuhan akan permintaan suatu produk yang mempunyai bentuk yang kompleks, ketelitian yang tinggi dan dapat mengerjakan benda-benda yang tidak mampu dilakukan dengan permesinan konvensional. CNC Milling yang ada di industri masih memiliki harga yang mahal baik harga perangkat hardware maupun software yang digunakan untuk mengoperasikan mesin CNC Milling tersebut. Oleh karena itu mesin CNC Milling hanya digunakan dalam industri besar sedangkan industri menengah kebawah masih sedikit yang menggunakan mesin CNC Milling. Hal tersebut membuat industri menengah kalah bersaing dengan industri besar dalam hasil produksi, baik dari segi efisiensi kecepatan dan ketepatan. maka dilakukan penelitian berupa desain dan rancang bangun CNC yang menggunakan Controller Offline berbasis ESP32 wifi sebagai aplikasi yang mendukung proses kerja mesin CNC. Penelitian ini adalah Kaji eksperimental perbandingan ketelitian mesin CNC milling dengan controller SMC dan mesin CNC milling dengan controller ESP 32 wifi. Dari hasil pengujian yang dilakukan sebanyak 10 kali proses milling machining menggunakan CNC dengan kontrol SMC didapat tiga nilai yang melebihi batas toleransi yaitu masing - masing satu pada dimensi panjang, lebar dan tinggi atau kedalaman. Sedangkan hasil proses milling menggunakan mesin CNC milling dengan kontrol ESP32 wifi didapat enam nilai yang melebihi batas toleransi yaitu masing - masing dua pada dimensi panjang, lebar dan tinggi atau kedalaman. Sehingga dapat disimpulkan bahwa CNC dengan kontrol SMC lebih akurat karena presentase kegagalan lebih sedikit dibandingkan dengan CNC dengan kontrol ESP32 wifi.

Kata kunci: kaji eksperimental, CNC Controller Offline berbasis ESP32 wifi

Abstract

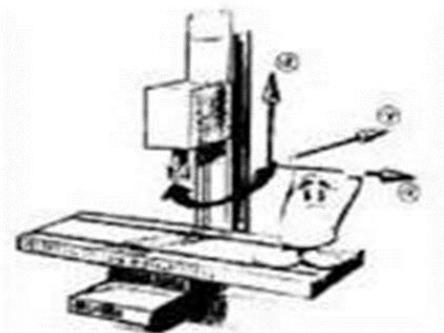
Computerized Numerical Control (CNC) is one of the developments of automatically operated machining technology that can support the need for the demand for a product that has a complex shape, high accuracy and can work on objects that cannot be done with conventional machinery. CNC Milling in the industry still has an expensive price, both the price of the hardware and software used to operate the CNC Milling machine. Therefore, CNC milling machines are only used in large industries while the middle and lower industries still use CNC milling machines. This makes medium-sized industries less competitive with large industries in production results, both in terms of speed efficiency and accuracy. then research was carried out in the form of CNC design and design that uses an ESP32 wifi-based Offline Controller as an application that supports the CNC machine work process. This research is an experiential review of comparing the accuracy of CNC milling machines with SMC controllers and CNC milling machines with ESP 32 wifi controllers. From the results of the tests carried out as many as 10 times the milling machining process using CNC with SMC control obtained three values that exceeded the tolerance limit, namely one each on the dimensions of length, width and height or depth. While the results of the milling process using a CNC milling machine with ESP32 wifi control obtained six values that exceeded the tolerance limit, namely two each on the dimensions of length, width and height or depth. So it can be concluded that CNC with SMC control is more accurate because the percentage of failures is less compared to CNC with ESP32 wifi control

Keywords: experimental review, CNC Controller Offline based ESP32 wifi.

PENDAHULUAN

CNC Milling yang ada di industri masih memiliki harga yang mahal baik harga perangkat *hardware* maupun *software* yang digunakan untuk mengoperasikan mesin *CNC Milling* tersebut. Oleh karena itu mesin *CNC Milling* hanya digunakan dalam industri besar sedangkan industri menengah kebawah masih sedikit yang menggunakan mesin *CNC Milling*. Hal tersebut membuat industri menengah kalah bersaing dengan industri besar dalam hasil produksi, baik dari segi efisiensi kecepatan dan ketepatan. maka dilakukan pendesainan dan pengimplementasian mesin *CNC Router* yang menggunakan *Controller Offline berbasis ESP32 wifi* sebagai aplikasi yang mendukung proses kerja mesin *CNC Router*. Sehingga harapannya mesin *CNC Router* ini dapat membantu industri menengah kebawah karena memiliki harga yang ekonomis baik itu harga perangkat *hardware* maupun *software*.

ESP32 adalah sebuah perangkat keras mikrokontroler yang memiliki modul *Wifi*, *Bluetooth* dan memiliki kapasitas *memory* mencapai 4MB, ESP32 memiliki beberapa kelebihan dibanding mikrokontroler yang lain, yang paling utama adalah *built-in WiFi module* dan *Bluetooth* yang memudahkan ESP32 dalam koneksi internet. Koneksi internet sangat dibutuhkan dalam suatu proyek IoT. ESP32 juga dilengkapi dengan GPIO Pin yang bisa digunakan untuk berbagai kebutuhan. Tersedia pula pin I2C dan SPI yang memudahkan untuk komunikasi.



Gambar 1. *CNC milling 3 Axis*
(millercnc.com)



Gambar 2. *ESP32 Wifi*
(circuitspecialists.com)

Model ESP32 ini dapat dikoneksikan dengan Wi-Fi. Wi-Fi pertama dipakai secara komersial pada bulan Agustus 1999, dicetuskan oleh sebuah firma konsultasi merk bernama *Interbrand Corporation*. *Wireless Fidelity* atau Wi-Fi adalah koneksi tanpa kabel seperti handphone dengan 9 mempergunakan teknologi radio sehingga pemakainya dapat mentransfer data dengan cepat dan aman. WiFi tidak hanya dapat digunakan untuk mengakses internet, WiFi juga dapat digunakan untuk membuat jaringan tanpa kabel di perusahaan (WAN). Wi-Fi dirancang berdasarkan spesifikasi IEEE 802.11

Tabel 1. Perbandingan Mirokontroler Board

Spesifikasi	Arduino	ESP8266	ESP32
Clock Speed	16 MHz	80 MHz	160 MHz
Operating Voltage	5 V	3.3 V	3.3 V
GPIO	20	17	36
SRAM	2 kB	160 Kb	512 kB
SPI	Ada	Ada	Ada
I2C	Ada	Ada	Ada
WiFi	-	HT20	HT40
Bluetooth	-	-	Bluetooth 4.2

CNC (computer numerical control) adalah pembaruan mesin perkakas yang telah ada didunia industri mengikuti perkembangan teknologi karena dianggap mesin perkakas sebelumnya kurang efektif dari segi waktu dan biaya. Menurut Syaiful Rahman Helmi (2017) mengungkapkan *CNC* adalah sistem otomatisasi mesin

perkakas yang dioperasikan oleh perintah dan diprogram secara abstrak dan disimpan melalui media penyimpanan, hal ini berlawanan dengan kebiasaan mesin perkakas sebelumnya, dimana mesin perkakas biasanya dikontrol dengan putaran tangan atau otomatisasi sederhana. *Computer Numerical Control / CNC* berarti "komputer kontrol numerik" merupakan sistem otomatisasi Mesin perkakas yang dioperasikan oleh perintah yang diprogram secara abstrak dan disimpan di media penyimpanan, hal ini berlawanan dengan kebiasaan sebelumnya dimana mesin perkakas biasanya dikontrol dengan putaran tangan atau otomatisasi sederhana menggunakan cam. Maka dapat disimpulkan secara garis besar CNC adalah suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (perintah gerakan yang menggunakan angka dan huruf).

Mesin CNC (*Computer Numerical Control*) atau biasa disebut *control* numerik berbasis komputer. Mesin CNC merupakan salah satu perkakas yang banyak dipakai dalam dunia industri manufaktur yang sudah dilengkapi dengan sistem kontrol berbasis komputer yang mampu membaca bahasa pemrograman berkode G, M, T, A, dan lainnya yang akan berjalan sesuai perancangan dan program yang telah dibuat. bahwa pada dasarnya mesin CNC adalah mesin perkakas otomatis yang bekerja berdasarkan pola benda kerja yang terlebih dahulu didesain melalui suatu perangkat lunak seperti *Autocad* dan *Solidwork*. Sebuah sistem CNC pada dasarnya terdiri atas tiga komponen dasar, yaitu program yang berisi perintah pengerjaan, unit pengendali mesin MCU (*Machine Control unit*) dan peralatan proses.

Menurut Riyadi, (2020) Mesin CNC (*Computer Numerical Control*) Router merupakan salah satu jenis dari mesin CNC yang memiliki 3 fungsi yaitu untuk memotong (*cutting*), menggrafir (*Engraving*) dan memberi marka (*Marking*). Dalam pengerjaannya Mesin

CNC Router menggunakan mata bor yang dipasang di kepala motor spindle yang bisa bergerak secara otomatis, sebagai alat untuk *cutting*. Mesin CNC Router memiliki pergerakan 3 Axis (Maju – Mundur, Kiri – Kanan, Naik – Turun) Sistem Kerja Sistem CNC.

Di mesin CNC, sumbu mesin CNC memegang peranan penting karena menentukan gerakan pahat relatif terhadap benda kerja. Untuk mempermudah pembuatan program CNC, ISO telah mengeluarkan standar sumbu mesin yaitu gerakan sumbu Z orientasi bersama dengan gerak spindle, sumbu X dengan arah gerak horizontal, kemudian sumbu Y yang mengikuti kaidah tangan kanan sehingga membentuk sumbu X, Y, Z untuk menyatakan gerakan translasi pahat.

Menurut Ridwan Firman (2017) pembuatan konstruksi dan sistem otomasi untuk mesin CNC ini melalui tiga tahapan utama, yaitu perancangan, pemilihan komponen dan perakitan. Pada proses perancangan, terdapat dua hal yang harus dirancang. Perancangan tersebut meliputi konstruksi dan elemen kontrol. Perancangan konstruksi diawali dengan membuat desain tiga dimensi konstruksi tersebut menggunakan *software Autodesk Inventor Student Edition*. Pembuatan desain ini meliputi desain dari ketiga sumbu dari mesin CNC yang akan dibuat. Setelah perancangan konstruksi didapatkan maka tahap selanjutnya adalah mengubah konstruksi tersebut kedalam bentuk nyata. Proses yang dilakukan meliputi pengelasan, proses *turning* dan lain-lain. Proses selanjutnya yaitu perancangan elemen kontrol. Pada tahap ini elemen kontrol yang digunakan yaitu sebuah Personal Computer (PC), motor, driver motor dan sistem transmisi serta *guide ways*. Proses selanjutnya adalah pemilihan elemen kontrol yang digunakan. Pemilihan elemen kontrol ini disesuaikan dengan kebutuhan desain konstruksi dan ketersediaan di pasar. (Hasibuan, Muhaimin, and Hardi 2019).

Saputra (2019) menyatakan Mesin CNC pertama diciptakan pertama kali pada tahun 40-an dan 50-an, dengan memodifikasi mesin perkakas biasa. Dalam hal ini mesin perkakas biasa ditambahkan dengan motor yang akan menggerakkan pengontrol mengikuti titik-titik yang dimasukkan kedalam sistem oleh perekam kertas. Mesin perpaduan antara servo motor dan mekanis ini segera digantikan dengan sistem analog dan kemudian komputer digital, menciptakan mesin perkakas modern yang disebut mesin CNC (*Computer Numerical Control*) yang dikemudian hari telah berevolusi proses desain.

CNC terdiri dari bagian utama yaitu :

1. Progam.
2. *Control Unit* atau *Processor*.
3. Motor listrik servo untuk menggerakkan *Control* pahat/mata bor.
4. Motor listrik untuk menggerakkan/memutar pahat/mata bor.
5. Pahat/Mata bor dan Laser.
6. Dudukan dan pemegang.

Prinsip kerja CNC secara sederhana dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Programer membuat program CNC sesuai produk yang akan dibuat dengan cara pengetikan langsung pada mesin CNC Milling maupun dibuat pada komputer dengan *software* pemrograman CNC.
- b. Program CNC tersebut, lebih dikenal sebagai G-Code, seterusnya dikirim dan dieksekusi oleh prosesor pada mesin CNC menghasilkan pengaturan motor servo pada mesin untuk menggerakkan perkakas yang bergerak melakukan proses permesinan hingga menghasilkan produk sesuai program.

Computer Numerical Control (CNC) merupakan sebuah mesin yang dapat mendeteksi titik-titik mana saja yang akan dilubangi. Saat ini mesin CNC mempunyai hubungan yang sangat erat dengan program CAD. Mesin-mesin CNC dibangun untuk menjawab tantangan di dunia manufaktur modern. Dengan mesin CNC, ketelitian suatu produk dapat dijamin hingga 1/100 mm lebih, pengerjaan produk masal dengan

hasil yang sama persis dan waktu permesinan yang cepat. Mukminin and Effendi (2018).

Beberapa penerapan perkakas dengan varian CNC saat ini antara lain :

1. Mesin Bor.
2. EDM.
3. Mesin Bubut.
4. Mesin Miling.
5. Pemotong Laser.
6. CNC Pengukir Kayu.
7. Grinder Silindris.

Menurut Iswanto and Gandi (2016) Pemrograman adalah suatu urutan perintah yang disusun secara rinci tiap blok perblok untuk memberikan masukan mesin perkakas CNC tentang apa yang harus dikerjakan. Pada umumnya sistem pemrograman yang sering digunakan antara lain sistem pemrograman absolut dan sistem pemrograman inkremental.

1. Metode absolut

Suatu metode pemrograman di mana titik referensinya selalu tetap yaitu satu titik tempat dijadikan referensi untuk semua ukuran berikutnya. Pemrograman absolut dikenal juga dengan sistem pemrograman mutlak, di mana pergerakan alat potong mengacu pada titik nol benda kerja. Kelebihan dari sistem ini bila terjadi kesalahan pemrograman hanya berdampak pada titik yang bersangkutan, sehingga lebih mudah dalam melakukan koreksi. Contoh pemrograman Absolut : Penyusunan program absolute penghitungannya didasarkan pada satu titik referensi. Nilai X adalah diameter, sedangkan Nilai Z adalah jarak dari titik referensi kearah memanjang.

2. Metode Incremental

Suatu metode pemrograman dimana titik referensinya selalu berubah, yaitu titik terakhir yang dituju menjadi titik referensi baru untuk ukuran berikutnya. Sistem pemrograman inkremental dikenal juga dengan sistem pemrograman berantai atau *relative* koordinat. Penentuan pergerakan alat potong dari titik satu ke titik berikutnya mengacu pada titik pemberhentian terakhir

alat potong. Penentuan titik tahap demi tahap. Kelemahan dari sistem pemrograman ini, bila terjadi kesalahan dalam penentuan titik koordinat, penyimpangannya akan semakin besar. Pemrograman secara incremental adalah pemrograman dengan perhitungan yang didasarkan pada posisi nol berada, artinya gerakan *tool* berikutnya didasarkan pada posisi *tool* sebelumnya. Untuk lebih jelasnya lihat ilustrasi di bawah ini, serta cermati angka angkanya.

Mesin CNC Milling 3 axis yaitu jenis mesin CNC yang menggunakan 3 arah mata pahat sebagai arah pergerakan yaitu sumbu X, Y, dan Z. Sumbu yang umum digunakan untuk meletakkan pahat atau motor milling adalah sumbu Z. Ilustrasi dari mesin tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.3 CNC milling 3 Axis Widodo et al. (2019)

METODE PENELITIAN

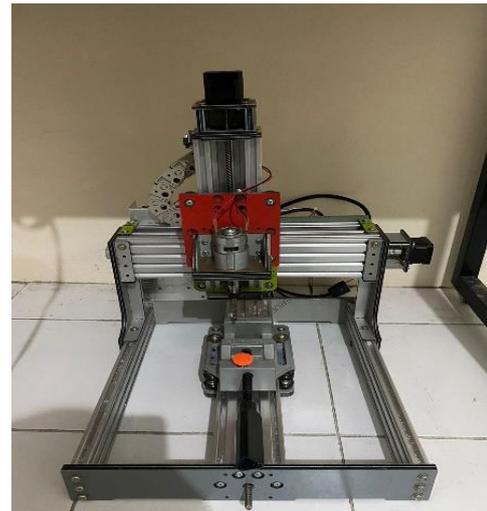
Penelitian ini adalah penelitian eksperimental yaitu membandingkan kepresisian dua buah mesin CNC milling dengan parameter uji sama

Alat dan bahan

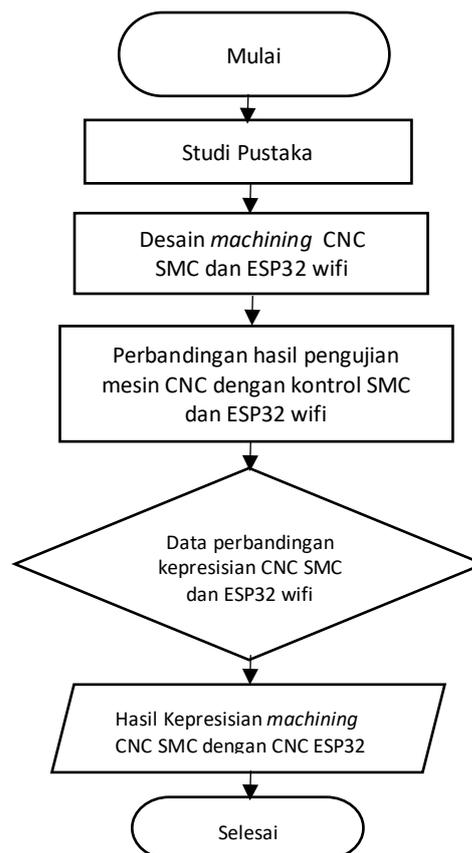
Peralatan uji dalam penelitian ini adalah mesin CNC ESP32 wifi dan CNC SMC



Gambar 3. Mesin CNC Milling dengan control SCM



Gambar 5. Mesin CNC Milling dengan control Wifi



Gambar 4. flowchart penelitian

Material yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan material jenis *Teflon Rod (polietilen pe)*. Desain yang akan diuji coba merupakan desain yang

digunakan untuk mengetahui secara pasti kepresisian dari alat ini dengan toleransi $\pm 0,05$.

Desain geometri benda uji dalam penelitian ini adalah berbentuk persegi dengan ukuran dimensional panjang 30 mm, lebar 30 mm dan tinggi 5 mm. Berikut adalah geometri benda yang akan diuji menggunakan CNC ESP32 wifi dan CNC SMC, desain menggunakan solidworks

Proses

Desain Machining

Proses ini adalah simulasi *machining* menggunakan *software Solidworks* untuk mendapatkan perintah G Code. Berikut adalah tahapan simulasi pada penelitian ini

1. Proses desain benda kerja
2. Proses pengaturan *Machine*, proses di atas adalah menyesuaikan dengan gambar apabila gambar menggunakan satuan mm proses *machine* harus menggunakan satuan mm
3. Proses pengaturan Stok Manajer, proses ini adalah menentukan bahan yang akan di pakai di mesin CNC
4. Proses *fixture coordinate system*, proses ini adalah menentukan titik 0 yang akan di perintahkan pada mesin cnc
5. Proses edit *definition*, proses untuk menyesuaikan mesin yg akan di gunakan dan menyesuaikan kedalaman pemakanan benda uji
6. Proses *Roughing*, menentukan pemakanan kedalaman end mill kemudian Klik % pada *first cut* dan *maximal cut*, dengan ukuran *first cut* 0.5mm dan *maximal cut* 0.5mm
7. Proses *Tool*, proses ini adalah menentukan ukuran *end mill* sesuai dengan ukuran yang akan kita pakai
8. Proses *Contour*
9. *Generate Operation Plan* berfungsi untuk mengupdate data yang sudah di ubah
10. Proses simulasi
11. Proses save G-code

12. proses save g-code harus dengan format *txt* agar format tersebut bisa terbaca di mesin cnc

Tabel 2. Parameter uji kedua mesin CNC

Parameter	Machining ESP32 wifi	Machining SMC
	Area clearance	Area clearance
Pahat	Endmill 6 mm	Endmill 6 mm
Strategy	Area clearance	Area clearance
Feedrate	600 mm/ min	600 mm/ min
Cut Amount	0,5 mm	0,5 mm
Max cut	0,5 mm	0,5 mm
Kedalaman	5 mm	5 mm
First cut	0,5 mm	0,5 mm
Spindle	4.000 rpm	4.000 rpm
diameter Material	50 mm	50 mm
Waktu	± 10menit 32 dtk	± 9menit 19dtk

Tabel 3. Hasil Pemesinan CNC SMC

No	CNC SMC		
	Panjang	Lebar	Kedalaman
1	29,97 mm	29,96mm	4,98 mm
2	30,00mm	30,01 mm	5,01 mm
3	30,02 mm	30,02 mm	5,02 mm
4	30,07 mm	30,04 mm	5,01 mm
5	30,00 mm	30,00mm	4,99 mm
6	30,1 mm	30,09 mm	5,08 mm
7	30,05 mm	30,03 mm	5,02 mm
8	29,99 mm	30,00 mm	4,99 mm
9	30,00 mm	30,00 mm	5,01 mm
10	30,04 mm	30,03 mm	5,03 mm

Tabel 4. Hasil Pemesinan CNC SMC

No	CNC ESP32 WIFI		
	Panjang	Lebar	Kedalaman
1	30,02 mm	30,03 mm	5,02 mm
2	30,05 mm	30,04 mm	5,05 mm
3	29,92 mm	29,90 mm	4,93 mm
4	29,98 mm	29,99 mm	4,97 mm
5	30,05 mm	30,04 mm	5,03 mm
6	30,09 mm	30,09 mm	5,08 mm
7	30,01 mm	30,01 mm	5,02 mm
8	30,03 mm	30,05 mm	5,04 mm
9	30,12 mm	30,10 mm	5,11 mm
10	30,04 mm	30,02 mm	5,06 mm

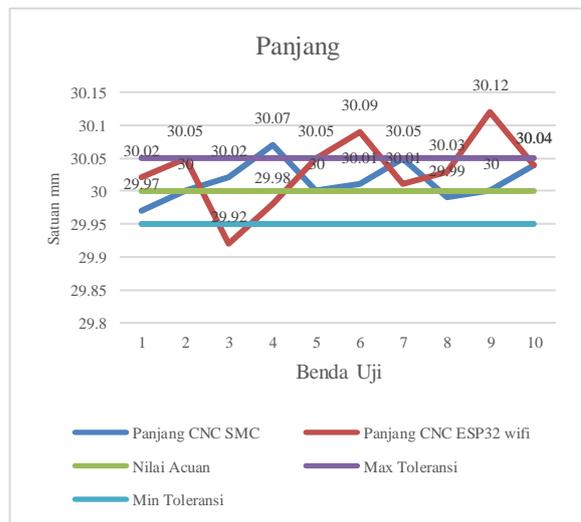
HASIL DAN PEMBAHASAN



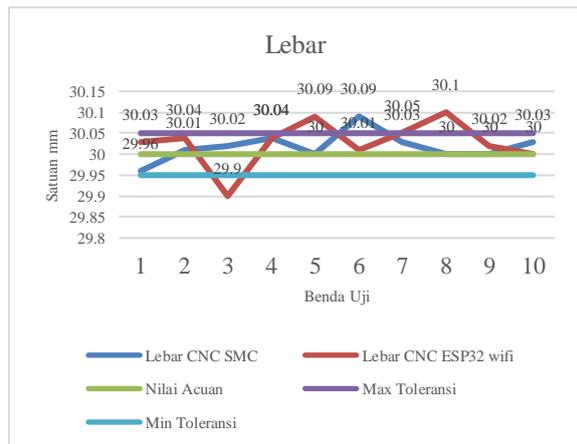
Gambar 7. hasil machining menggunakan ESP32 wifi



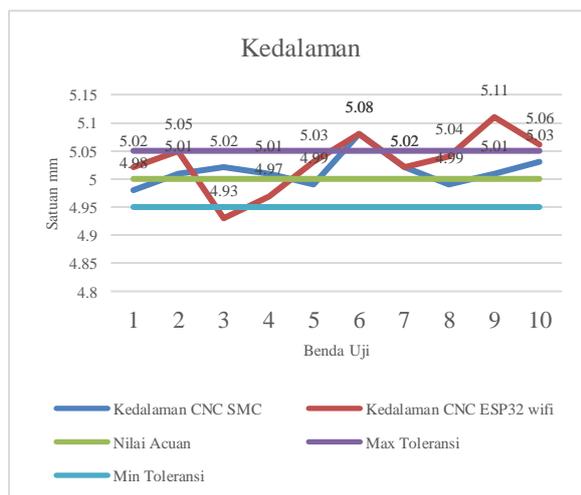
Gambar 8. hasil machining menggunakan CNC SMC



Grafik 1. perbandingan panjang hasil milling CNC SMC dan CNC ESP32 wifi



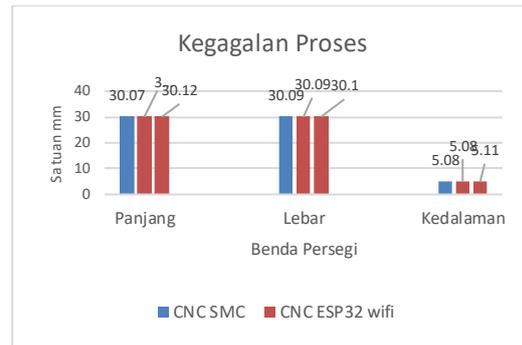
Grafik 2. perbandingan lebar hasil milling CNC SMC dan CNC ESP32 wifi



Grafik 3. perbandingan kedalaman hasil milling CNC SMC dan CNC ESP32 wifi

Tabel 5. kegagalan proses benda uji

No	CNC SMC		
	Panjang	Lebar	Kedalaman
	30,07 mm	30,09 mm	5,08 mm
No	CNC ESP32 wifi		
	Panjang	Lebar	Kedalaman
	30,09 mm	30,09 mm	5,08 mm
	30,12 mm	30,1 mm	5,11 mm



Grafik 4. kegagalan proses uji

SIMPULAN

Dari hasil pengujian tersebut diatas dilakukan sebanyak 10 kali proses *milling machining* menggunakan CNC dengan control SMC didapat tiga nilai yang melebihi batas toleransi yaitu masing - masing satu pada dimensi panjang, lebar dan tinggi atau kedalaman. Sedangkan untuk mesin milling dengan kontrol CNC ESP32 *wifi* didapat enam nilai yang melebihi batas toleransi yaitu masing - masing dua pada dimensi panjang, lebar dan tinggi atau kedalaman. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa CNC dengan control SMC lebih akurat karena presentase kegagalan lebih sedikit dibandingkan dengan CNC dengan control ESP32 wifi.

DAFTAR PUSTAKA

- Hasibuan, Muhammad Rizqi Aulia, Muhaimin, and Supri Hardi. 2019. "Rancang Bangun Mesin Cnc Milling 3-Axis Untuk Anggrave PCB Berbasis Arduino Uno." *Jurnal Tektro* 3(1):40–47.
- himawan akbar. 2016. "Desain Perangkat Lunak Pengirim GCode Pada Mesin Mini Computer Numerical Control Berbasis GRBL." *ESP32 Wifi* 3(1):20–101.
- Muhammad Fahrur Aza, 2022. "Rancang Bangun Mesin Cnc Milling Menggunakan Kontrol *Offline* Berbasis Esp32 Wifi" Skripsi Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang
- Mukminin, Akirul, and Harlan Effendi. 2018. "Rancang Bangun Mesin Cnc

- Mini Untuk Menggambar Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560.” *XX(1):34–42.*
- Salam, A., Iswar, M., Rifaldi, M., Malik, S., & Putra, K. (2019, December). Rancang Bangun Mesin CNC Router Mini Untuk Pembelajaran Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin. (SNP2M) (pp. 84-90).
- Sobirin, Diki Muhamad, and Jana Utama. 2020. “Perancangan Sistem Multi Computer Numerical Control (CNC) Untuk Plotter Dan Laser Engraving.” *Komputika : Jurnal Sistem Komputer* 9(1):51–58. doi: 10.34010/komputika.v9i1.2652.
- Syukran Harrizal, Ikhlah, Syafri, and Adhy Prayitno. 2017. “Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin CNC Milling 3 Axis Menggunakan Close Loop System.” *Jom Fteknik* 4(2):1–7.