

PERANCANGAN SISTEM KONTROL MESIN CNC ROUTER 3 AXIS MENGGUNAKAN METODE QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT)

Muhammad Ali Hadi Firmansyah¹, M. Nushron Ali Mukhtar²
muhammadalihadi20@gmail.com¹, nushron@unipasby.ac.id²
Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

ABSTRAK

Perkembangan teknologi manufaktur yang semakin pesat saat ini yang juga mendorong perkembangan peralatan yang canggih dan modern pada industri kecil menengah (UMKM) terutama yang bergerak dalam bidang furniture. Mesin CNC router 3 axis merupakan salah satu solusi yang banyak digunakan untuk pemotongan material dengan akurasi tinggi. Sistem kontrol merupakan bagian penting pada mesin CNC yang bertugas untuk mengatur dan mengendalikan seluruh proses pemesinan sesuai dengan perintah yang diberikan dalam bentuk kode numerik (G-code). Kendala yang sering ditemui pada sistem kontrol mesin CNC router 3 axis buatan rumahan atau DIY (Do-It-Yourself) yaitu kurangnya performa mesin pada saat beroperasi yang dapat mengakibatkan banyak terjadi variasi pada produk yang dikerjakan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem kontrol mesin CNC router 3 axis dengan pendekatan Quality Function Deployment (QFD) guna mengintegrasikan kebutuhan pelanggan (voice of customer) ke dalam spesifikasi teknis desain. Pada tahap awal dilakukan proses wawancara untuk mengetahui data kebutuhan pengguna dan atribut yang digunakan untuk membandingkan produk kompetitor, menyusun dan menyebarkan kuisioner, membuat respon teknis, membuat house of quality, dan selanjutnya merancang desain dan instalasi wiring sistem kontrol yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Berdasarkan hasil dari penelitian tersebut, diperoleh rancangan sistem kontrol dengan spesifikasi penggunaan limit switch untuk model close loop system, menggunakan z-probe untuk kalibrasi otomatis dan juga menggunakan LCD Mks Dlc32 untuk mempermudah pengoperasian dan mengurangi ketergantungan pada PC.

Kata Kunci: Perancangan Produk, Sistem Kontrol, Mesin CNC Router 3 Axis, QFD.

ABSTRACT

The rapid development of manufacturing technology today also encourages the development of sophisticated and modern equipment in small and medium industries (SMEs), especially those engaged in the furniture sector. The 3-axis CNC router machine is one solution that is widely used for cutting materials with high accuracy. The control system is an important part of the CNC machine that is tasked with regulating and controlling the entire machining process according to the commands given in the form of numeric codes (G-code). The constraints that are often encountered in the control system of a homemade or DIY (Do-It-Yourself) 3-axis CNC router machine are the lack of machine performance when operating which can result in many variations in the products being worked on. This study aims to design a 3-axis CNC router machine control system with a Quality Function Deployment (QFD) approach to integrate customer needs (voice of customer) into technical design specifications. In the initial stage, an interview process was carried out to find out user needs data and attributes used to compare competitor products, compile and distribute questionnaires, create technical responses, create a house of quality, and then design and install control system wiring according to user needs. Based on the results of the study, a control system design was obtained with the specifications of using limit switches for the close loop system model, using a z-probe for automatic calibration and also using an LCD Mks Dlc32 to simplify operation and reduce dependence on a PC.

Keywords: Product Development, Control System, CNC Machine, QFD.

PENDAHULUAN

Pengerjaan suatu produk yang membutuhkan tingkat ketelitian tinggi seringkali sulit untuk dikerjakan menggunakan metode manual, oleh karena itu diperlukan mesin kendali otomatis yang dapat melakukan pengerjaan produk dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat yang juga mendorong perkembangan peralatan yang canggih dan modern untuk memproduksi produk dengan ketelitian tinggi seperti mesin CNC (Computer Numerical Control). Mesin CNC adalah mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik sesuai dengan standar ISO (International Organization for Standardization) (Politeknik, R.R, 2024).

Penggunaan mesin CNC router saat ini tidak hanya terbatas pada industri manufaktur saja, tetapi juga untuk industri kecil menengah (UMKM) seperti industri furniture maupun pada skala laboratorium. Dikalangan industri kecil menengah, mesin CNC router buatan rumahan atau DIY (Do-It-Yourself) sering menjadi alternatif karena biaya pembuatannya yang relatif lebih terjangkau dibandingkan dengan mesin pabrikan. Namun, tidak semua mesin CNC router buatan rumahan memiliki performa yang maksimal sehingga hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya banyak variasi pada produk yang dikerjakan. Didalam proses pembuatan mesin CNC router pada skala industri kecil menengah maupun pada skala laboratorium tidak terlepas kaitannya dengan sistem kontrol yang merupakan bagian penting pada mesin CNC yang bertugas untuk mengatur dan mengendalikan seluruh proses pemesinan sesuai dengan perintah yang diberikan dalam bentuk kode numerik (G-code).

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem kontrol pada mesin CNC router 3 axis dengan menggunakan metode Quality Function Deployment (QFD) untuk mengetahui spesifikasi dari sistem kontrol yang sesuai dengan kebutuhan pengguna dan juga dengan persyaratan teknis yang jelas. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran untuk industri kecil menengah terutama yang bergerak dibidang furniture perkayuan dan juga skala laboratorium mengenai rancangan sistem kontrol pada mesin CNC Router 3 Axis untuk meningkatkan kinerja pada proses permesinan.

METODE PENELITIAN

Quality Function Deployment (QFD)

Metode QFD (Quality Function Deployment) merupakan suatu alat untuk mendesain dan merancang produk baru yang dapat mengintegrasikan kualitas ke dalam desain, memenuhi keinginan dan kebutuhan konsumen (customer needs and wants) yang diterjemahkan ke dalam persyaratan teknis (Green, 2002).

QFD menggunakan matrik komprehensif untuk mendokumentasikan informasi, persepsi dan keputusan atau yang disebut HOQ (House of Quality). HOQ digunakan untuk menerjemahkan serangkaian kebutuhan pelanggan (customer requirements), tingkat kepentingan pelanggan serta tingkat kepuasan pelanggan terhadap produk atau jasa yang didapat dari penelitian pasar dan data yang berasal dari proses studi banding (benchmarking) menjadi prioritas target teknis yang dibutuhkan untuk memuaskan kebutuhan pelanggan tersebut. Proses penyusunan QFD (Quality Function Deployment) terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut.

A. Penyusunan kebutuhan pengguna (Voice of Customer)

Proses penyusunan kebutuhan pengguna dilakukan untuk mengetahui atribut yang menjadi kebutuhan maupun harapan pengguna produk. Pada tahapan ini dilakukan proses wawancara maupun penyebaran kuisioner pada pengguna produk sehingga nantinya akan didapatkan data mengenai VOC (Voice of Customer).

B. Pembuatan kuisisioner

Tujuan dari penyusunan kuisisioner adalah untuk mengidentifikasi kebutuhan dan keinginan konsumen terhadap produk yang akan dikembangkan serta mengukur tingkat kepentingan dari masing-masing atribut. Hasil dari kuisisioner ini akan digunakan untuk membuat matriks HOQ (House of Quality). Penyusunan kuisisioner dilakukan dengan menggunakan skala likert untuk mengukur tingkat kepentingan dari setiap atribut dan pertanyaan pada kuisisioner didasarkan pada atribut yang sudah diketahui dari data VOC pengguna mesin CNC router.

C. Penyebaran kuisisioner

Penyebaran kuisisioner merupakan bagian dari proses pengumpulan data untuk mengidentifikasi kebutuhan dan harapan pelanggan yang nantinya akan diterjemahkan kedalam spesifikasi teknis produk.

D. Pengujian data kuisisioner

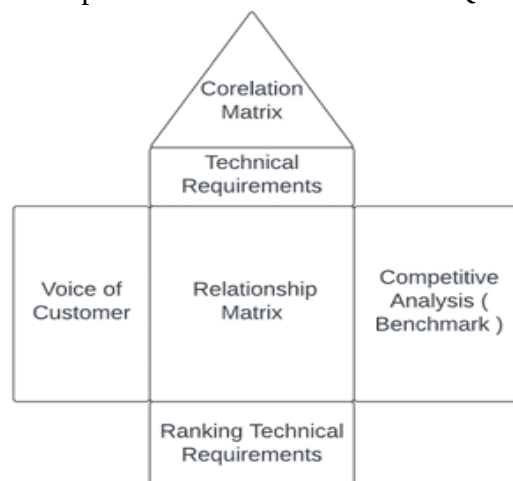
Proses pengujian data kuisisioner dilakukan untuk mengetahui validitas dan juga reliabilitas dari data yang diperoleh. Tujuan dari uji reliabilitas adalah untuk mengukur seberapa konsisten instrument dalam menghasilkan hasil akhir pada waktu yang berbeda-beda. Sementara itu, tujuan dari uji validitas adalah untuk mengukur apakah data yang diperoleh dari penelitian valid atau tidak.

E. Pengukuran tingkat kepentingan

Pengukuran tingkat kepentingan dilakukan untuk mengetahui tingkat kepentingan atribut yang menjadi prioritas pengguna pada produk yang akan dikembangkan. Kriteria atribut yang menjadi prioritas pengembangan adalah atribut dengan nilai tertinggi yang diperoleh dari hasil kuisisioner sebelumnya.

F. Pembentukan HOQ (House of Quality)

HOQ (House of Quality) merupakan suatu alat yang digunakan untuk menghubungkan kebutuhan pelanggan dengan respon karakteristik teknis pada produk. Berikut ini merupakan struktur dasar dari HOQ.



Gambar 1. Struktur HOQ

Gambar di atas menunjukkan ruang kiri dari HOQ yang merupakan voice of customer yang terdiri dari sejumlah kebutuhan dan keinginan konsumen yang diperoleh dari penelitian pasar. Kemudian kebutuhan dan keinginan konsumen diterjemahkan ke dalam technical requirements seperti yang ditunjukkan di atas ruang bawah atap. Fungsi dari persyaratan teknis adalah untuk menerjemahkan kebutuhan pengguna kedalam istilah yang terukur. Setelah kebutuhan pengguna dan persyaratan teknis teridentifikasi, langkah selanjutnya adalah menentukan hubungan kedua atribut tersebut pada korelasi matriks

HOQ. Matriks korelasi itu menunjukkan sejauh mana setiap persyaratan teknis mempengaruhi setiap kebutuhan pengguna. Bagian lain dari HOQ meliputi atap yang memetakan saling ketergantungan antara pasangan persyaratan teknis. Prioritas perbaikan dalam perancangan produk terletak pada bagian bawah HOQ, atribut dengan nilai ranking tertinggi yang akan dijadikan prioritas dalam pengembangan produk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Atribut kebutuhan pengguna

Proses pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan metode wawancara dan kuisioner. Wawancara dilakukan untuk mendapatkan data mengenai atribut kebutuhan pengguna atau voice of customer dan juga atribut pembanding yang terdapat pada benchmark, sedangkan metode kuisioner pada penelitian ini digunakan untuk melakukan penilaian bobot dari masing-masing atribut yang terdapat pada VOC maupun pada benchmark. Proses wawancara dilakukan pada beberapa orang operator mesin CNC router untuk mengetahui spesifikasi atribut dari kebutuhan pengguna, berikut ini merupakan hasil atribut kebutuhan pengguna yang diperoleh dari proses wawancara.

Tabel 1. Atribut kebutuhan pengguna.

No	Voice of Customer
1	Sistem kontrol mampu mengendalikan 3 sumbu (X, Y, Z) secara simultan.
2	Kemampuan untuk melakukan kalibrasi otomatis pada mesin.
3	Antarmuka yang mudah digunakan untuk operator pemula.
4	Kemampuan untuk menyimpan dan memanggil program CNC yang sering digunakan.
5	Memiliki tingkat presisi tinggi dalam pemotongan.
6	Memiliki fitur kecepatan pemotongan yang dapat disesuaikan sesuai material yang dikerjakan.
7	Memiliki tingkat pemeliharaan yang mudah.
8	Sistem harus memiliki fitur darurat (emergency stop).
9	Sistem memiliki fitur dalam menjaga keamanan operasi mesin dan bekerja pada batas area yang aman.
10	Memiliki proteksi terhadap overheating dan kelebihan beban.
11	Biaya perawatan yang rendah.
12	Harga sistem kontrol yang terjangkau.
13	Beroperasi dengan menggunakan daya rendah
14	Memiliki dukungan untuk terintegrasi dengan perangkat lunak CAD/CAM.

Tabel 2. Atribut benchmark

No	Atribut Benchmark
1	Harga yang terjangkau
2	Kemudahan penggunaan
3	Fitur yang ditawarkan
4	Akurasi dalam pengerjaan
5	Kecepatan dalam pengerjaan
6	Ketergantungan pada PC
7	Skalabilitas

Uji validitas dan uji reliabilitas

Pada penelitian ini dilakukan pengujian instrumen penelitian terlebih dahulu untuk mengetahui kevalidan dan keandalan dari suatu instrumen penelitian sehingga data yang dihasilkan dapat dipertanggung jawabkan kebenaran dan konsistensinya.

A. Uji validitas

Uji validitas dengan menggunakan metode pearson berfungsi untuk menguji validitas dari setiap item kuisioner sehingga nantinya akan diketahui apakah setiap item dalam kuisioner secara signifikan berkorelasi dengan skor total dari variabel yang diukur. Pengujian validitas dalam penelitian ini dilakukann dengan menggunakan bantuan program software SPSS 26. Tabel dibawah ini merupakan hasil dari pengujian validitas data dengan jumlah sampel sebanyak 30 responden dengan tingkat signifikansi sebesar 5% dan r-tabel 0,3061.

Data dikatakan valid apabila jumlah r-hitung > r-tabel dan jika nilai r-hitung < r-tabel maka data tersebut dinyatakan tidak valid (Andayani et al., 2015).

Berdasarkan hasil uji validitas yang dilakukan, didapatkan bahwa keseluruhan item memiliki nilai r-hiting yang lebih besar dari r-tabel, maka keseluruhan item dari atribut kebutuhan pengguna dapat digunakan lebih lanjut pada tahap selanjutnya.

Tabel 3. Hasil uji validitas VOC

No	Voice of Customer	R-hitung	R-tabel	Keterangan
1	Sistem kontrol mampu mengendalikan 3 sumbu (X, Y, Z) secara simultan.	0.378	0.3061	Valid
2	Kemampuan untuk melakukan kalibrasi otomatis pada mesin.	0.605	0.3061	Valid
3	Antarmuka yang mudah digunakan untuk operator pemula.	0.44	0.3061	Valid
4	Kemampuan untuk menyimpan dan memanggil program CNC yang sering digunakan.	0.53	0.3061	Valid
5	Memiliki tingkat presisi tinggi dalam pemotongan.	0.753	0.3061	Valid
6	Memiliki fitur kecepatan pemotongan yang dapat disesuaikan sesuai material yang dikerjakan.	0.561	0.3061	Valid
7	Memiliki tingkat pemeliharaan yang mudah.	0.696	0.3061	Valid
8	Sistem harus memiliki fitur darurat (emergency stop).	0.628	0.3061	Valid
9	Sistem memiliki fitur dalam menjaga keamanan operasi mesin dan bekerja pada batas area yang aman.	0.715	0.3061	Valid
10	Memiliki proteksi terhadap overheating dan kelebihan beban.	0.657	0.3061	Valid
11	Biaya perawatan yang rendah.	0.779	0.3061	Valid
12	Harga sistem kontrol yang terjangkau.	0.664	0.3061	Valid
13	Beroperasi dengan menggunakan daya rendah	0.574	0.3061	Valid
14	Memiliki dukungan untuk terintegrasi dengan perangkat lunak CAD/CAM.	0.362	0.3061	Valid

Tabel 4. Hasil uji validitas benchmark

No	Atribut Benchmark	R-tabel	R-hitung Mach3	R-hitung Arduino	R-hitung DSP	Keterangan
1	Harga yang terjangkau	0.3061	0.959	0.775	0.926	Valid
2	Kemudahan penggunaan	0.3061	0.802	0.821	0.866	Valid
3	Fitur yang ditawarkan	0.3061	0.878	0.712	0.898	Valid
4	Akurasi dalam pengerjaan	0.3061	0.882	0.736	0.937	Valid
5	Kecepatan dalam pengerjaan	0.3061	0.939	0.905	0.949	Valid
6	Ketergantungan pada PC	0.3061	0.902	0.88	0.889	Valid
7	Skalabilitas	0.3061	0.938	0.823	0.939	Valid

Uji reliabilitas

Uji reliabilitas alpha cronbach merupakan proses pengujian data untuk mengukur seberapa konsisten instrument dalam menghasilkan hasil akhir pada waktu yang berbeda-beda. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa keseluruhan item dinyatakan reliabel yang dibuktikan dengan nilai r -hitung $> 0,3061$.

Tabel 5. Hasil uji reliabilitas

No	Instrumen	Alpha Cronbach	R-tabel	Keterangan
1	Kebutuhan pengguna	0.856	0.3061	Valid
2	Benchmark Mach3	0.952	0.3061	Valid
3	Benchmark Arduino	0.912	0.3061	Valid
4	Benchmark DSP Rich	0.967	0.3061	Valid

Penyusunan customer importance rating (CIR)

Data kebutuhan pengguna yang telah diperoleh dari hasil kuisioner dan sudah dilakukan pengujian validitas dan reliabilitas selanjutnya akan dilakukan perangkingan untuk mengetahui atribut yang akan dijadikan prioritas dalam perancangan sistem kontrol pada mesin CNC. Pada proses perangkingan nantinya akan diambil 50% dari keseluruhan atribut yang kemudian akan dianalisa lebih lanjut dengan menggunakan HOQ.

Penilaian skor dari masing-masing atribut dalam proses perangkingan didasarkan pada nilai dari tingkat kepentingan pengguna atau customer importance rating (CIR). Berikut ini merupakan rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung tingkat kepentingan pengguna.

$$\frac{\sum \text{nilai atribut}}{\sum \text{responden}}$$

Dengan menggunakan rumus perhitungan diatas maka nantinya dapat diketahui nilai dari tingkat kepentingan pengguna dari masing-masing atribut. Berikut ini merupakan hasil perhitungan tingkat kepentingan pengguna yang akan dijadikan prioritas dalam perancangan sistem kontrol pada mesin CNC.

Tabel 6. Nilai customer importance rating

No	Nilai	CIR	Atribut
1	136	4.53	Sistem kontrol mampu mengendalikan 3 sumbu (X, Y, Z) secara simultan.
2	135	4.50	Antarmuka yang mudah digunakan untuk operator pemula.
3	135	4.50	Memiliki tingkat pemeliharaan yang mudah.
4	134	4.47	Memiliki proteksi terhadap overheating dan kelebihan beban.
5	133	4.43	Kemampuan untuk melakukan kalibrasi otomatis pada mesin.
6	132	4.40	Memiliki tingkat presisi tinggi dalam pemotongan.
7	132	4.40	Sistem memiliki fitur dalam menjaga keamanan operasi mesin dan bekerja pada batas area yang aman

Penyusunan technical response

pada tahap ini akan dilakukan pembuatan respon teknis yang didasarkan dari kebutuhan pengguna untuk menerjemahkan kebutuhan pengguna menjadi suatu parameter teknis yang terukur. Berikut ini merupakan hasil dari respon teknis sistem kontrol mesin CNC router 3 axis dalam penelitian ini.

Tabel 7. Karakteristik teknis HOQ

No	Atribut	Karakteristik Teknis
1	Sistem kontrol mampu mengendalikan 3 sumbu (X, Y, Z) secara simultan.	Kemampuan untuk menjaga sinkronisasi antara ketiga sumbu selama operasi kompleks

2	Antarmuka yang mudah digunakan untuk operator pemula.	Penggunaan touch screen LCD dengan menu yang sederhana
3	Memiliki tingkat pemeliharaan yang mudah.	fitur dilengkapi dengan fitur self diagnostik otomatis dan indikator untuk monitoring kondisi komponen
4	Memiliki proteksi terhadap overheating dan kelebihan beban.	penggunaan ELCB sebagai proteksi beban pada mesin
5	Kemampuan untuk melakukan kalibrasi otomatis pada mesin.	Sistem dilengkapi dengan z-probe untuk melakukan proses kalibrasi otomatis
6	Memiliki tingkat presisi tinggi dalam pemotongan.	Sistem kontrol memiliki nilai toleransi pemotongan sebesar 0.10 mm
7	Sistem memiliki fitur dalam menjaga keamanan operasi mesin dan bekerja pada batas area yang aman	Menggunakan model close loop system untuk mendapatkan feedback dari sensor limit switch

House of Quality (HOQ)

Hasil dari rancangan karakteristik teknis dan atribut kebutuhan pengguna selanjutnya disusun dalam sebuah tabel House of Quality (HOQ) yang merupakan sebuah matriks dalam perancangan produk. HOQ berfungsi untuk mendapatkan data yang lebih rinci mengenai atribut yang akan dijadikan prioritas utama dalam perancangan sistem kontrol mesin CNC.

Nilai importance rating yang merupakan skor akhir dalam HOQ didapatkan melalui perhitungan matriks hubungan atau relationship matrix yang merupakan proses penilaian kekuatan hubungan antara atribut kebutuhan pengguna dengan spesifikasi teknik. Berikut ini merupakan rumus perhitungan dari importance rating.

$$\sum [(Customer Rating) \cdot (Relationship Matrix)]$$

Hasil dari perhitungan importance rating nantinya akan dilakukan perangkingan untuk mengetahui prioritas utama yang akan dicapai dalam perancangan sistem kontrol mesin CNC, dimana importance rating dengan nilai tertinggi nantinya yang akan dijadikan acuan sebagai atribut prioritas yang akan diterapkan pada sistem kontrol. Berikut ini merupakan matriks HOQ dalam penelitian ini.

Customer Requirements		Technical Requirements						
		Customer Importance	Kemampuan untuk menjaga sinkronisasi antara ketiga sumbu selama operasi kompleks.	Penggunaan touch screen led dengan menu yang sederhana	Sistem dilengkapi dengan fitur self diagnostik otomatis dan indikator untuk monitoring kondisi komponen	Penggunaan ELCB sebagai proteksi beban pada mesin	Sistem dilengkapi dengan z-probe untuk melakukan proses kalibrasi otomatis.	Sistem kontrol memiliki nilai toleransi pemotongan sebesar 0.10 mm
Sistem kontrol mampu mengendalikan 3 sumbu secara simultan.	4.53	○					□	△
Memiliki antarmuka yang mudah digunakan untuk operator pemula.	4.50		○				□	□
Memiliki tingkat pemeliharaan yang mudah.	4.50			○	□			□
Memiliki proteksi terhadap overheating dan overload	4.47			□	○			
Kemampuan melakukan kalibrasi otomatis pada mesin.	4.43						○	□
Memiliki tingkat presisi tinggi dalam pemotongan.	4.40	○					□	○
Sistem memiliki fitur dalam menjaga keamanan operasi mesin dan bekerja pada batas area yang aman	4.40			△			□	○
Importance Rating			44.65	22.5	40.31	35.85	75.64	26.53
							84.94	

Gambar 2. Matriks House of Quality

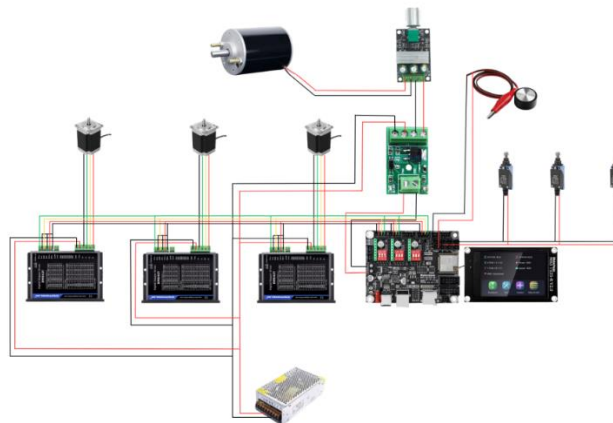
Berdasarkan matriks HOQ diatas, dapat diketahui bahwa atribut berupa sistem kontrol dirancang dengan menggunakan model close loop system yang memperoleh nilai sebesar 84.94 dan juga terdapat adanya komponen z-probe yang digunakan untuk mempermudah kalibrasi mesin CNC dengan nilai sebesar 75.64 merupakan atribut dengan nilai importance rating tertinggi sehingga kedua atribut tersebut yang akan dijadikan prioritas utama dalam perancangan sistem kontrol pada mesin CNC router 3 axis dalam penelitian ini.

Dari hasil data yang diperoleh melalui matriks HOQ dan juga pertimbangan yang didasarkan pada tahapan benchmark sebelumnya, maka selanjutnya dilakukan perancangan komponen yang akan diterapkan pada sistem kontrol mesin CNC router 3 axis. Berikut ini merupakan daftar komponen yang akan digunakan pada sistem kontrol mesin CNC.

Tabel 8. Daftar komponen

No	Komponen	Spesifikasi
1	Controller	Makerbase DLC32
2	LCD	Mks Dlc32 3.5 Inch
3	Power supply	PSU 24V 15A
4	Driver	TB6600
5	Motor stepper	Nema 24
6	Motor spindle	Spindle Dc 400W
7	Speed controller	Dimmer Dc 24V
8	Z-probe	GRBL z-probe
9	Limit switch	ME-8108

Perancangan dari spesifikasi komponen didasarkan pada hasil akhir matriks HOQ dan benchmarking sebelumnya, selanjutnya akan dilakukan pembuatan wiring diagram dari daftar komponen tersebut. Berikut ini merupakan wiring diagram dari sistem kontrol pada mesin CNC router 3 axis pada penelitian ini.



Gambar 3. Wiring diagram sistem kontrol

KESIMPULAN

Atribut dari respon teknis berupa penggunaan model close loop system merupakan atribut dengan perolehan nilai tertinggi yaitu sebesar (84,94) kemudian atribut berupa penggunaan komponen z-probe pada mesin CNC yang berfungsi untuk melakukan kalibrasi otomatis mendapatkan nilai sebesar (75,64).

Dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan dengan menggunakan metode QFD dan pertimbangan berdasarkan kekurangan produk kompetitor yang diperoleh dari benchmarking, diperoleh rancangan desain sistem kontrol dengan spesifikasi penggunaan limit switch untuk model close loop system, menggunakan z-probe untuk kalibrasi otomatis dan juga menggunakan LCD Mks Dlc32 untuk mempermudah pengoperasian dan mengurangi ketergantungan pada PC.

DAFTAR PUSTAKA

- Andayani, A., Sukardi, Suryani, A. 2015. Desain Produk Makanan Untuk Ibu Hamil Dengan Menggunakan Quality Function Deployment (QFD). E-Jurnal Agroindustri Indonesia, Vol. 4(1) : 244 - 251.
- Politeknik, R. R. (2024). Rancang Bangun Mesin Cnc Router Mini 3 Axis. Sains Dan Informatika, 2(2), 3031–3996.
- Mahendra, M. R., & Arifin, A. A. (2023). Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan III (SENASTITAN III) Surabaya, 4 Maret 2023 Perancangan dan Pengembangan Produk Mesin CNC Mini 3 Axis dengan Metode Quality Function Development (QFD).
- Nur Sulaiman1, R. (2023). Perancangan Dan Pengembangan Produk Prototype Mesin Cnc Laser Berbasis Arduino Uno Dengan Pendekatan Qfd.
- Febryanto, I. D., & Kartikasari, S. D. (2022). Perancangan Mesin CNC Router 3 Axis Berbasis Metode Quality Function Deployment (QFD).
- Buana, A. D. I. (2016). Adi buana. 2015.
- Sitompul, S., & Medan, S. T. I. E. I. (2021). Pengaruh pengetahuan label halal dan kesadaran merek terhadap keputusan pembelian kosmetik melalui rekomendasi kelompok sebagai variabel moderating. Shar-E: Jurnal Kajian Ekonomi Hukum Syariah, 7(1), 51-64.
- Hanief, Shofwan, I Wayan Jepriana. (2020). Konsep Algoritme dan aplikasinya dalam pemrograman C++. Yogyakarta: Andi.
- Syukran Harizal, I., Prayitno, A., Teknik Mesin, J., Riau, U., & Bina Widya Panam, K. (2017). Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin Cnc Milling 3 Axis Menggunakan Close Loop System. Jom Fteknik, 4(2)
- Sulaiman, R. N. (2023). PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN PRODUK PROTOTYPE MESIN CNC LASER BERBASIS ARDUINO UNO DENGAN PENDEKATAN QFD. INDUSTRIKRISNA, 12(2), 16-27.