

TUGAS AKHIR

ANALISIS SISTEM KERJA PENGONTROLAN MESIN MILLING YANG BEKERJA SECARA OTOMATIS MENGUNAKAN STEP COUNTER PADA PT. DWIMITRA JAYA ABADI

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

ALDIAN SYAFRANDI
1907220006



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Aldian Syafrandi

NPM : 1907220006

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisis Sistem Kerja Pengontrolan Mesin Milling Yang Bekerja
Secara Otomatis Menggunakan Step Counter Pada PT. Dwimitra
Jaya Abadi

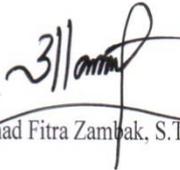
Bidang ilmu : Sistem Kendali

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 08 November 2024

Mengetahui dan menyetujui :

Dosen Pembimbing



Dr. Muhammad Fitra Zambak, S.T., M.Sc., Ph.D

Dosen Penguji I



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

Dosen Penguji II



Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd

Program Studi Teknik Elektro

Ketua,



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Aldian Syafrandi
Tempat/Tgl Lahir : Medan, 07 Mei 2002
NPM : 1907220006
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas sarjana (skripsi) saya ini yang berjudul:

Analisis Sistem Kerja Pengontrolan Mesin Milling Yang Bekerja Secara Otomatis Menggunakan Step Counter Pada PT. Dwimitra Jaya Abadi

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro/Mesin/Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 08 November 2024

Saya yang menyatakan,


Aldian Syafrandi

ABSTRAK

Mesin Milling adalah mesin perkakas yang dalam proses pemotongan benda kerjanya dengan menyayat atau memakan benda kerja menggunakan alat potongbermata banyak yang berputar (Multipoint Cutter). Penerapan teknologi baru dalam sebuah industri sangat diperlukan. Menganalisa efisiensi kecepatan motor pada mesin Milling yang sedang berputar melakukan pembuatan bahan kerja dengan cara membandingkan otomatis dan manual. Dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan studi lapangan yaitu melakukan kunjungan dan melakukan investigasi terhadap mesin milling untuk melakukan pengambilan dan pengecekan alat-alat dan bahan-bahan yang digunakan oleh mesin milling manual maupun otomatis ke Pabrik produksi mesin konvensional di bidang manufaktur milik PT. DWIMITRA JAYA ABADI, Jl. Pulau Madura, MABAR, Kecamatan Medan Deli, Kota Medan, Sumatera Utara. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai dari 20 maret 2023 sampai dengan 28 Juli 2023. Pengujian perangkat keras yaitu komponen-komponen utama yang digunakan bertujuan untuk mengetahui fungsi dan kinerja tiap komponen apakah sesuai dengan kriteria yang dibutuhkan oleh sistem atau tidak. Pengujian tersebut berkaitan dengan motor yang digunakan pada mesin milling. Adapun motor DC pada mesin ini ada 2 yaitu: Motor penggerak spindel dan motor penggerak meja, pengujian komponen ini bersangkutan juga pada komponen Encoder, Step Counter, dan Inverter. Panel kontrol mesin berfungsi sebagai pusat pengendalian mesin milling untuk gerakan pada mode operasi manual maupun menjalankan mode operasi Automatic. Panel kontrol ini terdiri dari tombol-tombol yang berfungsi untuk mengoperasikan mesin secara manual, pengendalian alat bantu mesin, pengaturan putaran spindel, pengaturan gerak makan dan tombol perintah menjalankan dan menghentikan pengopersaian.

Kata Kunci : Mesin Milling, Stepcounter, Motor Dc, Encoder, Inverter

ABSTRACT

A milling machine is a machine tool that in the process of cutting the workpiece by cutting or eating the workpiece using a rotating multi-edged cutting tool (Multipoint Cutter). The application of new technology in an industry is very necessary. Analyzing the efficiency of motor speed on a rotating milling machine making work materials by comparing automatic and manual. In carrying out the research for this final assignment, a field study was carried out, namely visiting and conducting investigations on milling machines to collect and check the tools and materials used by manual and automatic milling machines at the conventional machine production factory in the manufacturing sector owned by PT. DWIMITRA JAYA ABADI, Jl. Madura Island, MABAR, Medan Deli District, Medan City, North Sumatra. The research implementation period starts from March 20 2023 to July 28 2023. Hardware testing, namely the main components used, aims to determine whether the function and performance of each component meets the criteria required by the system or not. The test is related to the motor used on the milling machine. There are 2 DC motors on this machine, namely: The spindle drive motor and the table drive motor. This component testing is also related to the Encoder, Step Counter and Inverter components. The machine control panel functions as a milling machine control center for movements in manual operation mode or automatic operation mode. This control panel consists of buttons that function to operate the machine manually, control machine tools, spindle rotation settings, feed motion settings and command buttons to start and stop operations.

Keywords : Milling Machine, Stepcounter, Dc Motor, Encoder, Inverter

KATA PENGANTAR

Assalamua'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Sistem Kerja Pengontrolan Mesin Milling Yang Bekerja Secara Otomatis Menggunakan Step Counter Pada Pt. Dwimitra Jaya Abadi” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan. Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasaterimakasih yang tulus kepada:

1. Ayahanda tercinta Syafrizal, Ibunda tercinta Nur Fadillah dan adinda tersayang M Fachrisandio dan Kayla Nafisha, serta seluruh keluarga yang telah memberikan bantuan moril maupun materil serta nasehat dan doanya untuk penulis demi selesainya Tugas Akhir ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan perhatian sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Dr. Ade Faisal M. Sc., Ph.D., selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
4. Bapak Affandi, S.T., M.T., selaku Wakil III Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
5. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
6. Ibu Elvy Sahnur, S.T., M.Pd., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

7. Bapak Dr. Muhammad Fitra Zambak S.T., M.Sc., Ph. D., selaku Pembimbing dalam tugas akhir ini yang telah memberikan bimbingannya, masukan dan bantuan sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik.
8. Seluruh Dosen dan Staff Pengajar di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Seluruh rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Program Studi Teknik Mesin khususnya kelas A3 malam yang telah banyak membantu dan memberikan semangat kepada penulis dengan memberikan masukan- masukan yang bermanfaat selama proses perkuliahan maupun dalam penulisan Tugas Akhir ini.
10. Seluruh staff Tata Usaha di biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis mengharapkan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Allah SWT selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amiin ya rabbal alamin.

Wassalamua'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 08 November 2024

Aldian Syafrandi

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tinjauan Pustaka Relevan	5
2.2. Sistem Pengontrolan	7
2.3. Mesin Milling (Frais)	12
2.3.1. Pengoperasian Mesin <i>Milling</i> (Frais)	16
2.3.2. Kecepatan Putaran Spindel (<i>Spindle Speed</i>)	19
2.3.3. Kecepatan Pemakanan (<i>Feed Rate</i>)	20
2.3.4. Sistem Kontrol Kerja Mesin Frais dalam Arah Sumbu X, Y, Z	21
2.4. Step Counter	23
2.5. Motor Servo AC	28
2.6. Detector (encoder)	30
2.7. Mikrokontroler	30
2.8. MCB 3 Phase	31
2.9. Thermal Overload Relay	32
2.10. Power Supply	33
2.11. Motor Induksi	35
2.12. Inverter	37

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	39
3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian	39
3.2. Jadwal Pelaksanaan Penelitian	39
3.3. Jalannya Penelitian	39
3.4. Rangkaian Sistem Kendali Gerak Meja Kerja Mesin Milling	40
3.5. Diagram Alir Penelitian	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1. Hasil Penelitian	48
4.2. Pengujian Sistem Pengontrolan	48
4.3. Stepcounter NC	51
4.4. Perbedaan Hasil Dari Pengujian Manual dan otomatis	59
BAB V PENUTUP	61
5.1. Kesimpulan	61
5.2. Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Mesin <i>Milling</i> Manual Z7632	9
Gambar 2. 2. Bentuk dan skematis mesin <i>milling</i> (frais) EMCO F3	13
Gambar 2. 3. Sistem koordinat pada mesin <i>milling</i> CNC, dan titik nol yang ada di mesin <i>milling</i> CNC (Wijanarka, 2012)	15
Gambar 2. 4. Frais keliling dan Muka (Seminar et al., 2019)	16
Gambar 2. 5. Beberapa Jenis Proses Frais Keliling (Seminar et al., 2019)	17
Gambar 2. 6. Beberapa pengoperasian frais muka (Hafid, 2008)	18
Gambar 2. 7. Skematis rangkaian sistem kontrol meja kerja mesin fraisarah sumbu X.	22
Gambar 2. 8. Sub-Assembly sumbu n(Sulaima, n.d.)	22
Gambar 2. 9. Sub-Assembly sumbu Y (Sulaiman, n.d.)	23
Gambar 2. 10. Sub-Assembly sumbu Z (Sulaiman, n.d.)	23
Gambar 2. 11. Skematis bentuk motor servo ac(Eriyuliuselvys & Duddyarisandi, 2017)	29
Gambar 2. 12. <i>Amplifier</i> atau <i>driver</i> motor servo ac (Wijanarka, 2012)	29
Gambar 2. 13. <i>Detector (Encoder)</i> (Wijanarka, 2012)	30
Gambar 2. 14. Skematis dan bentuk mikrokontroler atmega8535(Gultom et al., n.d.)	30
Gambar 2. 15. MCB 3 Phase Schneider (Gultom et al., n.d.)	32
Gambar 2. 16. <i>Power supply</i> AT (Gultom et al., n.d.)	34
Gambar 3. 1. Skematis rangkaian sistem kendali gerak meja kerja mesin <i>milling</i>	40
Gambar 3. 2. Skematis instalasi motor servo ac mitsubishi tipeHC-KFS43 dengan driver motor servo ac Mitsubishi tipe MR-J2S-40A (Iii, n.d.)	41
Gambar 3. 3. Driver motor servo AC tipe MR-J2S-40A(Wijanarka, 2012)	42
Gambar 3. 4. Kaki L11 dan L21 driver motor servoac MR-J2S 40A (Aris, 2020)	43
Gambar 3. 5. . Skematis rangkaian dari voltage regulator (Syukran Harrizal et al.,2017)	43
Gambar 3. 6. Rangkaian terminal PP dan NP (Syukran Harrizalet al., 2017)	44
Gambar 3. 7. Instalasi rangkaian pengendali pada mesin <i>milling</i> (Iii, n.d.)	45
Gambar 3. 8. Diagram Alir Penelitian	47
Gambar 4. 1. Mesin <i>Milling</i> untuk percobaan	48
Gambar 4. 2. Panel Kontrol Mesin <i>Milling</i>	49
Gambar 4. 3. Hasil STEP-NC Pengujian Manual	52
Gambar 4. 4. Hasil STEP-NC Pengujian Otomatis	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Spesifikasi Mesin <i>Milling</i> Manual Z7632	10
Tabel 2. 2. Kecepatan Potong (Vc) dengan Pahat HSS untuk Proses Frais (mm/s)	20
Tabel 4. 1. Pengujian 1 Otomatis	53
Tabel 4. 2. Pengujian 1 Manual	53
Tabel 4. 3. Pengujian 2 Otomatis	54
Tabel 4. 4. Pengujian 2 Manual	55
Tabel 4. 5. Pengujian 3 Otomatis	55
Tabel 4. 6. Pengujian 3 Manual	56
Tabel 4. 7. Pengujian 4 Otomatis	57
Tabel 4. 8. Pengujian 4 Manual	57
Tabel 4. 9. seluruh pengujian secara otomatis.	58
Tabel 4. 10. seluruh pengujian secara manual.	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan dunia perindustrian menyebabkan kebutuhan mesin perkakas semakin meningkat. Hal tersebut menyebabkan kemajuan pada mesin yang digunakan saat melakukan proses permesinan, sehingga mampu memenuhi tuntutan akan pekerjaan yang semakin banyak dan cepat serta dalam skala yang besar secara kontiniu.

Sistem manufaktur pembuatan produk yang berkualitas tentunya harus didukung oleh pemesinan yang baik. Proses pemesinan adalah suatu proses manufaktur dimana proses utamanya adalah melepaskan atau menghilangkan sebagian material dari suatu bahan dasar yang dapat berupa blok sehingga memenuhi bentuk dan kuailitas yang diinginkan. (Romiyadi & Azriadi, 2013), Proses pemesinan ini merupakan salah satu proses manufaktur yang sangat kompleks karena harus mempertimbangkan banyak faktor agar produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi kualitas yang ditetapkan. Salah satu proses pemesinan yang banyak digunakan untuk membuat suatu komponen adalah proses *Milling*.

Pembuatan produk dalam skala yang besar serta proses yang cepat merupakan sebuah tujuan utama pada setiap pekerjaan dibidang manufaktur. Hal ini tidak terlepas dari tingkat efektivitas pada proses permesinan. Proses permesinan adalah sebuah proses membentuk sebuah benda kerja sesuai dengan yang diinginkan dengan cara menambahkan atau membuang sebagian dari benda kerja tersebut. Penggunaan mesin konvensional masih menjadi pilihan utama dalam proses permesinan dimasa sekarang ini. Mesin konvensional merupakan mesin yang energi gerak penggunaannya manual dan otomatis. Salah satu mesin konvensional yang sering digunakan adalah mesin *Milling*. (Mujiono, 2016). Mesin *Milling* adalah mesin perkakas yang dalam proses pemotongan benda kerjanya dengan menyayat atau memakan benda kerja menggunakan alat potong

bermata banyak yang berputar (*Multipoint Cutter*). Seiring bertambahnya umur dari mesin Milling, sering ditemui kasus penurunan dari kinerja mesin Milling ini. Keterbatasan kemampuan, penurunan tingkat akurasi serta proses produksi yang lambat tidak sebanding dengan permintaan yang terus berkembang. Penerapan teknologi baru dalam sebuah industri sangat diperlukan. Penerapan teknologi pada mesin yang digunakan bertujuan untuk mengontrol umur setiap mesin dalam proses kerjanya dan diharapkan mampu meningkatkan daya saing suatu perusahaan dengan menerapkan teknologi pada mesin yang digunakan. (Tarage & VAN HARLING, 2020)

Mesin-mesin yang dibuat merupakan mesin yang membantu atau mengubah suatu proses yang awalnya manual menjadi otomatis, bertujuan untuk menghasilkan cycle time yang efisien dan efektif dalam hasil yang bisa mengurangi human error serta meminimalisasi pembuangan material yang disebabkan oleh hasil yang reject. Ataupun juga sebagai penambahan fasilitas untuk produksi karena kebutuhan yang semakin meningkat sehingga dibutuhkan mesin baru sebagai pendukung untuk tercapainya target dari produksi. (Gultom et al., n.d.)

Mesin frais horizontal memiliki spindel dalam arah horizontal. Pahat potong (*tools*) mesin frais horizontal berbeda dengan mesin frais vertikal. Tools pada mesin frais vertikal dijepit pada arbor yang dipasang pada spindel sedangkan tools pada mesin frais horizontal disisipkan pada poros arbor yang ditempatkan pada mesin dalam arah horizontal. (Hafid, 2008)

Prinsip kerja mesin *Milling* adalah gerak utama berputar dilakukan oleh alat potong atau *cutter*, sedangkan gerak makannya dilakukan oleh benda kerja yang terpasang pada meja kerja. Arah gerakan persumbuan mesin Milling yaitu sumbu X untuk arah memanjang meja, sumbu Y untuk arah melintang meja, dan sumbu Z untuk vertikal spindel.

Kualitas produk manufaktur hasil proses permesinan selalu dikaitkan dengan ketetapan dimensi-toleransi dan nilai kekerasan permukaan (*surface roughness*). Oleh karena itu kekerasan permukaan menjadi salah satu standar keakuratan dan kualitas produk. (Los, n.d.)

1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini, permasalahan yang akan dianalisa adalah :

1. Bagaimana prinsip kerja *step counter* pada mesin *Milling* dalam proses pembuatan bahan kerja?
2. Menghitung kecepatan motor DC dengan *step counter* pada mesin *Milling*?
3. Bagaimana efisiensi putaran pada mesin *Milling* saat berkerja secara otomatis?

1.3. Ruang Lingkup

Agar penelitian yang dilakukan lebih terfokuskan, maka perlu diberikan ruang lingkup sebagai berikut :

1. Menghitung kecepatan putaran dengan *Step Counter* pada mesin *Milling* yang sedang bekerja.
2. Dengan mengukur kecepatan putaran dengan membandingkan ketetapan dimensi-toleransi dan nilai kekerasan permukaan dari bahan kerja.
3. Melihat tingkat efisiensi putaran mesin pada alat *Step Counter* yang sedang bekerja.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Menghitung kecepatan motor DC pada pengoperasian mesin *Milling*.
2. Mengetahui berapa banyak putaran pada alat kerja dengan diketahuinya waktu dalam proses percobaan.
3. Menganalisa efisiensi kecepatan motor pada mesin *Milling* yang sedang berputar melakukan pembuatan bahan kerja dengan cara membandingkan otomatis dan manual.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini meliputi beberapa pengetahuan penting dari proses pengontrolan dan bekerjanya mesin *Milling* disebuah perusahaan industri yaitu, Untuk menambah pengetahuan dari bidang manufaktur, teknologi dalam dunia

industri di bidang sistem pengontrolan dan juga sebagai bahan referensi bagi mahasiswa untuk meningkatkan ilmu pengetahuan serta teknologi pengendalian proses mesin Milling. Dalam bidang manufaktur lainnya dapat mengetahui proses kecepatan putaran yang dilalui mesin dalam pembuatan bahan produk sesuai dengan permintaan. Sebagai bahan perbandingan dan pembelajaran antara teori yang diperoleh di bangku kuliah dengan yang ada di dunia industri dalam hal pengontrolan dan pembuatan bahan.

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini diuraikan secara singkat sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang pendahuluan, latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka relevan, yang mana berisikan tentang teori-teori penunjang keberhasilan didalam masalah pembuatan tugas akhir ini. Ada juga teori dasar yang berisikan tentang penjelasan dari dasar teori dan penjelasan komponen utama yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang letak lokasi penelitian, fungsi-fungsi dari alat dan bahan penelitian, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan, tata cara dalam pengujian, dan struktur dari langkah-langkah pengujian.

BAB IV ANALISA DAN HASIL PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang analisis hasil dari penelitian, serta penyelesaian masalah yang terdapat didalam penelitian ini.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari penelitian dan saran-saran positif untuk pengembangan penelitian ini

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka Relevan

Anggoro, P.W. dkk melakukan penelitian mengenai strategi optimisasi parameter pada mesin milling CNC Roland Model MDX – 40R untuk pembuatan kehalusan permukaan dengan objek insole shoe orthotic berbahan EVA Rubber Foam. Metode yang digunakan pada penelitian ini berupa Taguchi method dimana parameter yang digunakan ada empat yaitu speed, feed, depth of cut, dan types of milling cutter. Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian tersebut diambil dari hasil ANOVA yang memperlihatkan bahwa depth of cut serta type cutter memiliki pengaruh besar terhadap kehalusan permukaan insole shoe orthotic serta didapatkan parameter yang optimal yaitu 14,500 rpm, cutter feed sebesar 2000mm/min, DoC sebesar 2mm dan type of cutter adalah end mill SECO dengan $Ra = 2 \mu\text{m}$. Penelitian ini menggunakan bentuk kaki orang normal serta belum ada penambahan pengaturan *strategy pra toolpath leads and links*.

Anggoro, P.W. dkk melakukan penelitian tentang optimisasi cutting parameter condition pada mesin CNC untuk proses manufaktur insole shoe orthotic for diabetic patients dengan *Taguchi methode*. Dari penelitian tersebut diambil kesimpulan desain yang paling optimum untuk pasien 1 dengan *strategy finishing raster* 450 pada enam kali percobaan (spindle speed 15,000 RPM, feeding 1000 mm/rotation, step over 0.2 mm), dan pasien 2 dengan *strategy step and shallow* pada delapan percobaan (spindle speed 14,000 RPM, feeding 800 mm/rotation, step over 0.2 mm). Sedangkan untuk nilai kehalusan permukaan pada kedua pasien adalah 0,0060 mm ($6\mu\text{m}$).

Untuk penelitian ini sudah dilakukan pengaturan lebih lanjut pada *strategy pra toolpath leads and links* tetapi hanya sebagian tidak seluruh dilakukan pada seluruh penelitian. Bawono, B. dkk melakukan penelitian tentang optimalisasi parameter proses manufaktur produk insole shoe orthotic diabetes untuk pasien dengan resiko tinggi. Penggunaan Reverse Innovative Design (RID) pada insole shoe orthotic sebagai langkah pada penelitian ini membuat waktu desain lebih cepat dan proses

manufaktur produk dapat sesuai dengan kualitas permukaan yang diinginkan oleh pasien. Penelitian ini menggunakan beberapa design insole yang berbeda-beda tetapi dikerjakan dengan jenis material yang sama yaitu eva rubber. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa desain *insole shoe orthotic diabets type 0,75mm* merupakan desain yang paling optimal dengan surface roughness mendekati 0,0069 mm dan waktu pengerjaan berkisar 4,20 jam untuk kedua pasien. Penelitian ini telah menggunakan pengaturan strategy pra toolpath leads and links tetapi hanya satu dan tidak menyeluruh. Yao dan Gupta meneliti tentang pembangkitan alur cutter untuk 2,5D Milling dengan mengkombinasikan beberapa pola cutter yang berbeda. Pada penelitian ini alur pemotongan yang berbeda secara sistematis dianalisis dan membahas beberapa *heuristic* yang ada untuk memilih pola alur cutter. Umumnya pembangkitan alur cutter pada komputer tidak terlalu cepat. Manfaat yang ada dari pembangkitan alur cutter yang tepat adalah pengurangan waktu permesinan dan peningkatan keseluruhan proses permesinan. (Awaliyah, 2016)

Penelitian Edwin membahas tentang pengaplikasian *New High Speed Machining Roughing Strategy* pada mesin CNC YCM EV1020A yang ada di Laboratorium Proses Produksi Universitas Atma Jaya Yogyakarta dengan *Software PowerSHAPE 2014* dan *PowerMILL 2014*. Penelitian Sari membahas tentang perbandingan simulasi pengerjaan pemesinan antara penggunaan *PowerMILL 8.0* dan *CATIA V5R10*. Sari melakukan penelitiannya di PT. Mekar Armada Jaya (MAJ) yang memiliki permasalahan seringnya tabrakan antara cutter dengan benda kerja yang diakibatkan karena kesalahan operator dalam pengoperasian CAD/CAM di perusahaan tersebut. Sari membandingkan hasil machining pada produk *Lower Die Draw* dengan menggunakan *CATIA V5R10* dan *CAM PowerMILL*.

Hasil dari penelitian ini adalah berupa perbandingan hasil pemesinan dan validasi NC Program. Penelitian Nyoman membahas tentang pengerjaan master produk artistik dengan material logam aluminium. Produk artistik yang dikerjakan berupa gantungan kunci yang memiliki kontur relief prambanan, ratu boko, klenteng

magelang, dan produk hiasan dinding dengan relief katedral dan lawang sewu. Pengerjaan master produk tersebut menggunakan *PowerSHAPE* 2014 dan *PowerMILL* 2014 dengan menggunakan mesin CNC YCM EV1020A serta menggunakan strategi pemesinan terbaru dari *PowerMILL* yaitu *Vortex Strategy Machining*. Hasil master artistik berbahan logam alumunium yang mempunyai kontur relief.

Penelitian Dika membahas tentang mengoptimalkan parameter proses machining mesin CNC YCM EV1020A terhadap material S45C dan mengetahui factor-faktor yang dapat mempengaruhi kualitas permukaan sehingga hasil dari pemesinan dapat maksimal dari segi kehalusan permukaan dan waktu proses. Pada penelitian ini menggunakan software *PowerSHAPE* 2014 dan *PowerMILL* 2014 dengan menggunakan mesin CNC YCM EC1020A yang dimiliki oleh Laboratorium Proses Produksi Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Berdasarkan telusuran diatas masih sedikit penelitian yang membahas tentang optimalisasi proses pemesinan pada produk industri manufaktur dengan menggunakan mesin CNC di bawah standart HSM. Hal ini mendukung perlunya penelitian ini dilakukan untuk melihat kemampuan CNC YCM EV1020A. (Schwarz et al., 2014)

2.2. Sistem Pengontrolan

Suatu sistem kontrol otomatis dalam suatu proses kerja berfungsi mengendalikan proses tanpa adanya campur tangan manusia (otomatis). Konsep dasar pengontrolan sudah ada sejak abad-18 yang dipelopori James Watt yang membuat kontrol mesin uap, Nyquis (1932) membuat sistem pengendali uang tertutup, Hazem (1943) membuat servo mekanik dan masih banyak yang lainnya. Kontrol otomatis mempunyai peran penting dalam dunia industri modern saat ini. Seiring perkembangan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, sistem kontrol otomatis telah mendorong manusia untuk berusaha mengatasi segala permasalahan yang timbul di sekitarnya dengan cara yang lebih mudah, efisien dan efektif. Adanya kontrol otomatis secara tidak langsung dapat menggantikan peran manusia dalam meringankan segala aktifitasnya. Sedangkan untuk fungsi kendali itu sendiri meliputi :

- a) Menerima input dan output referensi (sesuai dengan tingkah laku sistem yang diinginkan).
- b) Menerima informasi output melalui elemen baik dan membandingkan dengan output mengambil suatu keputusan melalui perhitungan-perhitungan yang cukup rumit.

Dilihat dari prinsipnya, fungsi dasar suatu kendali adalah mencakup operasi pengukuran, perbandingan, perhitungan dan koreksi. Dimana pengukuran merupakan operasi otomatisasi penafsiran mengenai suatu proses dikontrol oleh sistem. Perbandingan merupakan pengujian kesetaraan antara nilai yang diukur dengan yang diharapkan. (Dahlan, 2017)

Perhitungan akan memberikan keyakinan yang menunjukkan seberapa besar perbedaan antara nilai yang diukur dengan nilai yang diharapkan. Sedangkan koreksi merupakan penentu langkah pengaturan untuk mengurangi perbedaan antara hasil yang diukur dengan nilai yang diharapkan kendali dapat disebut sebagai prosedur yang bisa mempunyai pengaruh terhadap hasil akhir suatu proses atau operasi. Kendali terhadap waktu atau respon merupakan variabel yang tergantung jenis aplikasi merupakan faktor yang cukup berarti yang mempunyai pengaruh langsung terhadap keefektifan hasil akhir. (Eriyuliuselvys & Duddyarisandi, 2017)

Menurut beberapa teori diatas dapat disimpulkan bahwa pengontrolan adalah pengendalian suatu proses sistem kerja yang dapat dikendalikan sesuai dengan keinginan manusia dalam mengerjakan segala aktivitas. Sistem kontrol berdasarkan cara kerjanya dapat di bagi menjadi dua bagian, yaitu sistem kontrol loop terbuka dan sistem kontrol loop tertutup.

Mesin *Milling* adalah mesin perkakas yang dalam proses pemotongan benda kerjanya dengan menyayat atau memakan benda kerja menggunakan alat potong bermata banyak yang berputar (*Multipoint Cutter*) yang dipasang pada spindel mesin. Proses permesinan merupakan suatu proses yang dilakukan untuk mengubah bentuk suatu benda kerja dengan cara membuang sebagian material

dari benda kerja supaya menjadi produk yang diinginkan. Proses permesinan dapat dilakukan melalui proses *face milling*. Kualitas produk hasil proses permesinan selalu dikaitkan dengan dimensi-toleransi dan kekerasan permukaan. Seiring bertambahnya umur dari mesin *Milling*, sering ditemui kasus penurunan dari kinerja mesin *Milling* manual ini. Keterbatasan kemampuan, penurunan tingkat akurasi serta proses produksi yang lambat tidak sebanding dengan permintaan yang terus berkembang. Penerapan teknologi baru dalam sebuah industri sangat diperlukan. Penerapan teknologi pada mesin yang digunakan bertujuan untuk mengontrol umur setiap mesin, serta menjadi salah satu usaha peremajaan untuk meningkatkan kemampuan mesin dalam proses kerja dan diharapkan mampu meningkatkan daya saing suatu perusahaan dengan menerapkan teknologi pada mesin yang digunakan. (D. Rahdiyanta, 2017)

Mesin *Milling* akan bekerja sebagaimana mestinya apabila pada mesin tersebut dilengkapi dengan sistem kontrol. Sistem kontrol pada mesin *Milling* merupakan gabungan dari beberapa komponen yang dihubungkan dengan menggunakan kabel antara satu dengan yang lainnya. Sistem kontrol (*control system*) atau sistem kendali adalah suatu alat (kumpulan alat) untuk mengendalikan, memerintah, dan mengatur keadaan suatu sistem. Sistem kontrol untuk meja dari mesin *Milling* terdiri dari beberapa komponen antara lain, sistem transmisi, motor servo AC, amplifier atau driver motor servo AC, mikrokontroler. (Ii, 1995).



Gambar 2. 1. Mesin *Milling* Manual Z7632

Milling machine adalah suatu mesin perkakas yang khusus digunakan untuk memotong benda yang diputar. Bubut sendiri merupakan suatu proses pemakanan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Gerakan putar dari benda kerja disebut gerakpotong relatif dan gerakkan translasi dari pahat disebut gerak umpan. Ada 2 jenis pengontrolan milling machine yaitu manual dan otomatis, yang termasuk milling machine manual yaitu *milling machine konvensional*, *milling machine universal* dan *milling machine khusus* dan ada pula *milling machine* yang dikontrol otomatis yaitu *CNC milling*. (Gultom et al., n.d.)

Tabel 2. 1. Spesifikasi Mesin *Milling Manual Z7632*

Nama	Spesifikasi
Tipe konstruksi mesin	vertical fixed bed type
Dimensi mesin	1276 x 1205 x 2000 (mm)
Travel X,Y,Z	450,200,320 (mm)
Dimensi Meja	820 x 240 (mm)
Range of power feed	9,44 – 40,58 mm/menit
Range of spindle speeds	112 – 1800 rpm
Milling Cutter head diameter	diameter 75 mm

(Eriyuliuselvys & Duddyarisandi, 2017)

Dalam Mesin *milling* manual sistem operasi yang mempunyai tujuan untuk menggerakkan cutter dan meja potong pun harus dibantu berupa bantuan langsung dari manusia (operator) sehingga mampu memakan waktu lebih lama. Untuk proses milling sendiri tetap harus menggunakan mesin, walaupun menggunakan mesin operator harus tetap memperhatikan kinerja mesin dengan ketelitian yang baik agar hasil milling menjadi rapih. (Awalliyah et al., 2018)

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.

Mesin CNC (*Computer Numerical Control*) Router merupakan salah satu jenis dari mesin CNC yang memiliki 3 fungsi yaitu untuk memotong (*cutting*), meng grafir (*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. (Hermana et al., 2022)

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.

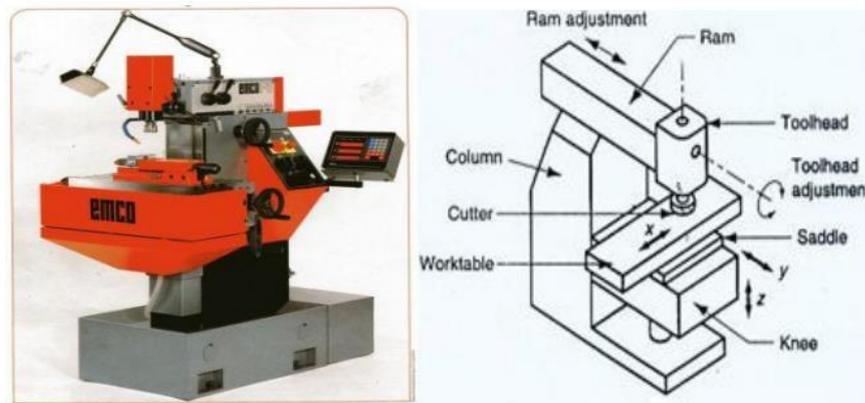
Pembuatan desain ini meliputi desain dari ketiga sumbu dari mesin CNC yang akan dibuat. Setelah perancangan konstruksi didapatkan maka tahap selanjutnya adalah mengubah konstruksi tersebut kedalam bentuk nyata. Proses yang dilakukan meliputi pengelasan, proses turning dan lain-lain. Proses selanjutnya 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. (Hermana et al., 2022).

2.3. Mesin Milling (Frais)

Menurut Sumbodo “mesin frais (*milling machine*) adalah mesin perkakas yang dalam proses kerja pemotongannya dengan menyayat/memakan benda kerja menggunakan alat potong bermata banyak yang berputar (multipoint cutter)”. Mesin frais ada yang dikendalikan secara mekanis maupun secara otomatis menggunakan pemrograman. Mesin frais yang digerakkan secara manual sering disebut mesin frais konvensional, sedangkan mesin frais yang digerakkan secara otomatis menggunakan pemrograman disebut mesin frais CNC. Pada mesin frais konvensional sangat dituntut kemampuan dan keterampilan dari operatornya. (Aris, 2020)

Mesin frais konvensional posisi spindle ada dua macam yaitu horizontal dan vertikal. Yang membedakan dari keduanya adalah pada mesin frais vertikal kepala spindle dapat diputar yang memungkinkan penyetelan spindle dalam bidang vertikal pada setiap sudut dari vertikal sampai horizontal. Perbedaan lainnya yaitu “mesin frais vertikal mempunyai perjalanan spindle aksial yang pendek untuk memudahkan pengefraisan bertingkat”. Proses pemotongan dengan menggunakan gigi potong yang banyak mengitari pisau ini dapat menghasilkan proses pemesinan yang lebih cepat dan efisien. Daryanto (2007: 63) mengatakan “pahat mesin frais berbentuk melingkar dan dipasang pada 8 sumbu utama yang berputar bersama gerakan mesin, ia berputar dan memakan atau menyayat benda kerja, sedang benda kerjanya berjalan sepanjang alas mesin”. (Sulaiman, n.d.)

Mesin *Milling* EMCO F3 adalah mesin perkakas yang dalam proses kerja pemotongannya dilakukan dengan menyayat atau memakan benda kerja menggunakan alat potong bermata banyak yang berputar (*multipoint cutter*). Mesin *Milling* EMCO F3 termasuk kedalam mesin milling universal. Hal ini dikarenakan meja mesin *milling* EMCO F3 dapat diputar mendatar dengan membuat sudut 45 derajat ke arah tiang mesin. (Apriana et al., 2017) Bentuk dan skematis mesin *milling* EMCO F3 dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2. Bentuk dan skematis mesin *milling* (frais) EMCO F3

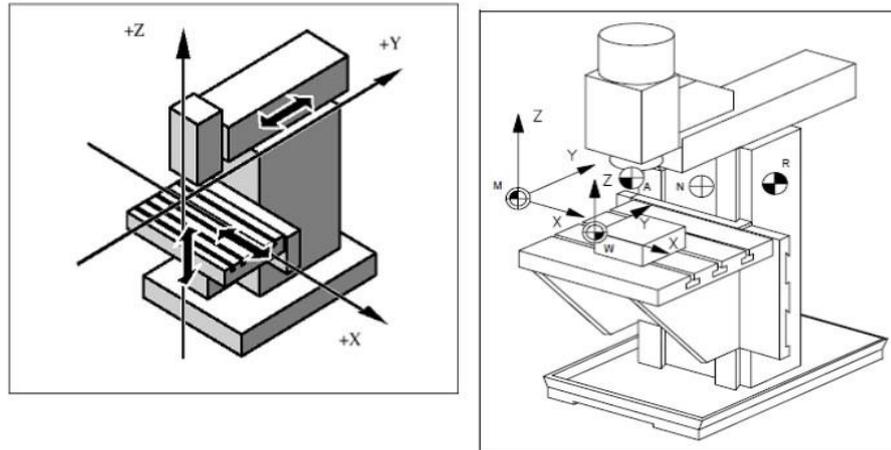
Mesin *milling* CNC adalah mesin perkakas yang dalam pengoperasian proses pemotongan benda kerja oleh alat potong dibantu dengan kontrol numerik berbasis komputer atau CNC (*Computerized Numerical Control*). Untuk menggerakkan alat potong pada mesin milling CNC digunakan sistem koordinat. Sistem koordinat yang digunakan pada mesin perkakas CNC adalah sistem koordinat segi empat (*rectangular coordinate systems*) dengan aturan tangan.

Meja mesin *milling* berfungsi untuk meletakkan pemegang benda kerja. *Spindel* adalah sumbu utama mesin milling yang digunakan untuk menempatkan pemegang alat potong. Panel kontrol berfungsi sebagai pusat pengontrolan gerakan alat potong mesin *milling*, gerakan meja mesin *milling*, serta pengaturan arah dan jumlah putaran spindel. Mesin *milling* CNC memungkinkan penggunaan alat potong lebih dari satu buah dan penggantian alat potong secara otomatis, sehingga alat potong yang akan digunakan ditempatkan di *magazine*. Beberapa Mesin *milling* CNC tidak dilengkapi dengan *magazine*, sehingga penggantian alat potong dilakukan dengan manual.

Beberapa mesin *milling* CNC dilengkapi dengan hand wheel yang digunakan untuk menggerakkan alat potong pada mode manual. Panel kontrol mesin berfungsi sebagai pusat pengendalian mesin *milling* CNC untuk gerakan pada mode operasi manual maupun menjalankan program CNC pada mode operasi *Automatic*. Panel kontrol ini terdiri dari tombol-tombol yang berfungsi untuk mengoperasikan mesin secara manual, pengendalian alat bantu mesin, pengaturan putaran *spindel*, pengaturan gerak makan dan tombol perintah menjalankan dan menghentikan program CNC.

Pada mesin *milling* CNC sistem koordinat tersebut diterapkan untuk sistem koordinat mesin (MCS= *Machine Coordinate System*) dan sistem koordinat benda kerja (WCS= *Workpiece Coordinate System*). Sistem koordinat mesin yang diberi simbol M adalah orientasi dari sistem koordinat pada mesin *milling* CNC. Titik nol (0,0,0) dari sistem koordinat ini dinamakan titik nol mesin (M). Titik nol mesin digunakan sebagai titik referensi, sehingga semua sumbu koordinat titik nolnya di sini. Sistem koordinat tersebut bisa dipindah-pindah titik nolnya untuk kepentingan pelaksanaan seting, pembuatan program CNC dan gerakan alat potong. (Wijanarka, 2012)

Sistem koordinat benda kerja diberi simbol W, adalah sistem koordinat yang digunakan untuk mendeskripsikan geometri dari benda kerja. Titik nol bendakerja dapat secara bebas dipindahkan oleh pembuat program CNC. Pembuat program CNC menggunakan sistem koordinat benda kerja untuk memerintahgerakan alat potong. Arah gerakan alat potong dibuat pada program CNC dengan asumsi bahwa pada waktu proses pemotongan alat potong yang bergerak, bukan benda kerjanya. Posisi M dan W dapat di lihat pada gambar 2.3. Komponen- komponen mesin Milling terdiri dari spindel utama, meja (table), Motor drive, Transmisi, knee atau lutut, tiang (column), base atau dasar dan control.



Gambar 2. 3. Sistem koordinat pada mesin *milling* CNC, dan titik nol yang ada di mesin *milling* CNC (Wijanarka, 2012)

1. Spindel utama

Spindel utama merupakan komponen mesin *milling* yang berfungsi sebagai tempat untuk mencekam alat potong atau pahat (tool).

2. Meja kerja (worktable)

Meja merupakan komponen mesin *milling* yang berfungsi untuk meletakkan benda kerja ketika benda kerja tersebut akan mengalami proses pemesinan.

3. Motor penggerak

Motor penggerak merupakan komponen mesin frais yang berfungsi untuk menggerakkan bagian – bagian mesin yang lain seperti spindel utama, meja (feeding) dan pendingin (cooling).

4. Tranmisi

Transmisi merupakan bagian mesin frais yang berfungsi untuk menghubungkan motor penggerak dengan komponen yang akan digerakkan.

5. Knee atau lutut

Merupakan bagian mesin frais yang berguna untuk menopang atau menahan meja

mesin. Pada bagian ini terdapat transmisi gerakan pemakanan (feeding).

6. Tiang (*Column*)

Tiang merupakan badan dari mesin frais yang berfungsi sebagai tempat menempelnya bagian – bagian mesin frais yang lain.

7. Base atau dasar

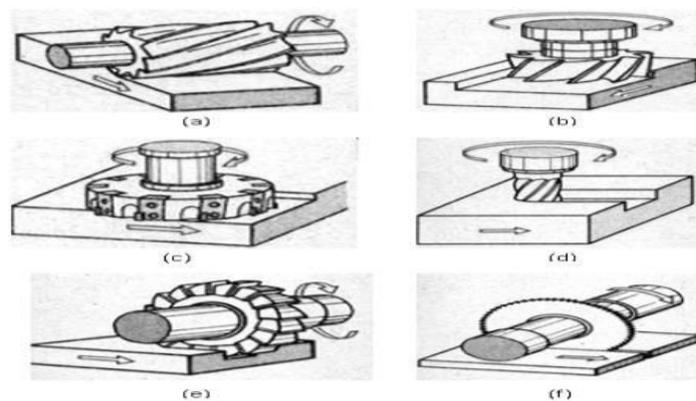
Merupakan bagian bawah dari mesin frais yang berfungsi untuk menopang badan atau tiang dan sebagai tempat cairan pendingin (coolant).

8. *Control*

Control merupakan komponen mesin frais yang berfungsi sebagai pengatur dari bagian – bagian mesin yang bergerak.

2.3.1. Pengoperasian Mesin *Milling* (Frais)

Pengerjaan proses pemesinan dengan mesin frais merupakan proses pemotongan benda kerja yang sangat efektif, karena pisau frais memiliki sisi potong jamak. Jika dibandingkan dengan pisau bubut, maka pisau frais analog dengan beberapa buah pisau bubut lebih efisien. Proses frais dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis. Klasifikasi ini berdasarkan jenis pahat, arah penyayatan, dan posisi relatif pahat terhadap benda kerja.

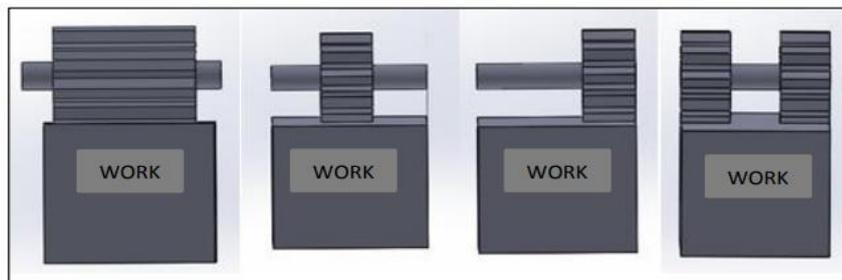


Gambar 2. 4. Frais keliling dan Muka (Seminar et al., 2019)

Jenis- jenis operasi pada mesin milling terdiri dari milling keliling atau datar (peripheral atau plain milling) dan milling muka (*face milling*). Contoh fraiskeliling (*peripheral* atau *plain milling*) dan frais muka (*face milling*) dapat dilihat pada gambar 2.3. (D. Rahdiyanta, 2017)

A. Frais keliling atau datar

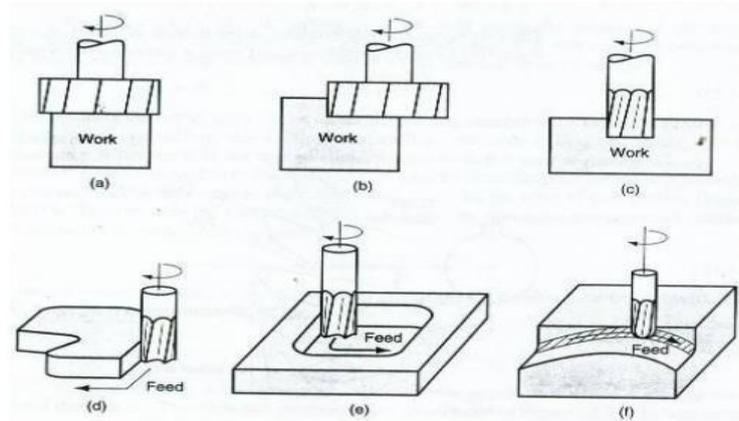
Frais keliling atau datar adalah operasi frais dimana sumbu perkakas sejajar dengan permukaan benda kerja yang akan dilakukan proses pemesinan, dan operasinya dilakukan oleh tepi potong yang terletak pada keliling luar perkakas. Frais keliling atau datar terdiri dari frais selubung (slab milling), frais celah (slotting atau slot milling), frais sisi (side milling), dan frais kangkang (straddle milling). Beberapa jenis operasi frais keliling atau datar dapat dilihat pada gambar 2.5. (Ii, 1995)



Gambar 2. 5. Beberapa Jenis Proses Frais Keliling (Seminar et al., 2019)

B. Frais muka (*face milling*)

Frais muka (*face milling*) adalah operasi frais dimana sumbu perkakas tegak lurus dengan permukaan benda kerja yang akan dilakukan proses, dan operasinya dilakukan oleh tepi potong pada kedua ujung dan keliling luar perkakas. Frais muka (*face milling*) terdiri dari Frais muka konvensional (conventional face milling), Frais muka parsial (*partial face milling*), Frais ujung (*end milling*), Frais profil (profile milling), Frais saku (*pocket milling*), dan Frais kontour permukaan (surface contouring). Beberapa jenis operasi frais muka (*face milling*) dapat dilihat pada gambar 2.6. (Ii, 1995)



Gambar 2. 6. Beberapa pengoperasian frais muka (Hafid, 2008)

Sedangkan teknik penyayatan dalam proses milling dibagi menjadi dua yaitu proses pemakanan berlawanan arah (*up cut milling*) dan pemakanan searah (*down cut milling*). *Up cut milling* (frais naik) dinamakan juga frais konvensional. Arah dari putaran pisau berlawanan dengan dengan arah gerak makan meja mesin frais. Rahdiyanta (2010: 4) mengatakan bahwa “penampang melintang bentuk tatal (*chips*) untuk frais naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan minimal kemudian menebal”.

Proses ini sesuai untuk mesin frais konvensional/manual, karena pada mesin konvensional backlash ulir transporturnya relatif besar dan tidak dilengkapi backlash compensation. Sedangkan untuk teknik penyayatan down cut 10 milling biasanya disebut juga climb milling. Arah dari putaran pahat sama dengan arah gerak makan meja mesin frais. Penampang melintang bentuk beram (*chips*) untuk proses frais turun adalah seperti koma diawali dengan ketebalan maksimal kemudian menipis. (Hafid, 2008)

(Sulaiman, 2021) juga menjelaskan “secara skematis gaya-gaya yang ditimbulkan pada gigi pemotong yang paling utama adalah gaya potong P dan komponen lain yang berhimpit dengan jari-jari lingkaran cutter yang disebut komponen radial P_r ”. Gaya potong adalah gaya tangensial yang bekerja pada mata potong (*cutting edge*) dengan arah sama dengan arah gerak potong. Gaya potong

mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan. Semakin besar gaya potong yang dibutuhkan pada waktu tertentu membuat gesekan antara pahat dengan benda kerja semakin besar, sehingga benda kerja semakin kasar. Adapun rumus dari gaya potong pada proses pemesinan milling adalah:

$$F_c = k \times q \dots\dots\dots(2.1.)$$

Dimana : F_c = Gaya Potong (kg)

q = penampang chips rata-rata (mm^2)

k = tekanan potong spesifik (kg/mm^2)

2.3.2. Kecepatan Putaran Spindel (*Spindle Speed*)

“Kecepatan putaran spindel (*spindle speed*) ditentukan berdasarkan kecepatan potong” (D. Rahdiyanta, 2017). Dalam menentukan kecepatan potong beberapa faktor yang dipertimbangkan antara lain jenis bahan yang akan dikerjakan, jenis pahat, diameter pisau, dan hasil kehalusan permukaan yang diinginkan. “Kecepatan potong (V_c) adalah jarak yang ditempuh oleh satu titik dalam satuan meter pada selubung pisau dalam waktu satu menit”. Adapun rumus kecepatan potong untuk mesin frais sama dengan rumus kecepatan potong untuk mesin bubut yang dijelaskan di bawah.

$$V_c = \pi d n 1000 \dots\dots\dots (2.2.)$$

Dimana : V_c = kecepatan potong (m/menit)

d = diameter pisau (mm)

n = *spindle speed* (rpm) dan $\pi = 3,14$

Dari rumus tersebut dapat dicari kecepatan putaran *spindel* (n) yang digunakan adalah:

$$n = V_c \times 1000 \pi d \dots\dots\dots (2.3.)$$

Sebelum menentukan proses pekerjaan pemesinan, maka kita harus tahu jenis bahan yang akan dikerjakan serta jenis pahat yang akan digunakan. Setelah mengetahui jenis bahan dan jenis pahat yang akan digunakan maka langkah

selanjutnya adalah mencari kecepatan potong. Kecepatan potong dari beberapa penelitian untuk beberapa jenis bahan telah distandarkan dalam tabel. Beberapa jenis bahan terbagi dalam beberapa golongan logam dan non logam yang menggunakan jenis pahat tertentu. Berikut adalah tabel kecepatan potong yang dianjurkan pada proses pemesinan frais dalam memotong material dengan menggunakan beberapa jenis bahan dan jenis pahat untuk memotong. (Mujiono, 2016).

Tabel 2. 2. Kecepatan Potong (V_c) dengan Pahat HSS untuk Proses Frais (mm/s)

Material	Cutting Speed			
	Plain Milling Cutter		End Milling Cutter	
	Roughing	Finishing	Roughing	Finishing
<i>Aluminium</i>	400 - 1.000	400 - 1000	400 - 1000	400 - 1000
<i>Brass, Composition</i>	125 - 200	90 - 200	90 - 150	90 - 150
<i>Brass, yellow</i>	150 - 200	100 - 250	100 - 200	100 - 200
<i>Cast iron (hard)</i>	25 - 40	10 - 30	25 - 40	30 - 45
<i>Cast iron (soft and medium)</i>	40 - 75	25 - 80	35 - 65	30 - 80
<i>Monel metal</i>	50 - 75	50 - 75	40 - 60	40 - 60
<i>Steel, hard</i>	25 - 50	25 - 70	25 - 50	25 - 70
<i>Steel, soft</i>	60 - 120	45 - 110	50 - 85	45 - 100

(Sulaiman, 2021)

Tabel 2.2. dapat digunakan untuk menghitung kecepatan putaran *spindel* (n) dengan ketentuan sebagai berikut :

- 1) Untuk pisau karbida harga kecepatan potong angka pada tabel dikalikan 2.
- 2) Apabila satuan kecepatan potong diubah menjadi m/mnt angka pada tabel dibagi 3,28.

2.3.3. Kecepatan Pemakanan (*Feed Rate*)

Selain istilah kecepatan potong, terdapat juga istilah kecepatan pemakanan (*feed rate*). (Romiyadi & Azriadi, 2013) berpendapat bahwa “yang dimaksud dengan kecepatan pemakanan adalah jarak tempuh gerak maju benda kerja dalam satuan milimeter permenit atau feed permenit”. Hal ini menyatakan bahwa

kecepatan pemakanan berbeda dengan kecepatan potong. Kecepatan potong disimbolkan dengan V_c lebih menekankan kepada istilah kecepatan potong yang diijinkan atau distandarkan yang sudah ditetapkan dalam tabel untuk masing-masing jenis bahan. Kecepatan potong yang diijinkan (V_c) digunakan untuk menentukan rpm atau kecepatan putaran mesin. Sedangkan hantaran atau *feed rate* (V_f) lebih menekankan pada pengertian kecepatan laju pemakanan meja frais pada saat melakukan proses penyayatan benda kerja.

(Mujiono, 2016) Pada mesin frais, kecepatan pemakanan dinyatakan dalam satuan millimeter permenit di mana dalam pemakaiannya perlu disesuaikan dengan jumlah mata potong pisau yang digunakan. Kecepatan pemakanan tiap mata potong pisau frais (f_z) untuk setiap jenis pisau dan setiap jenis bahan sudah dibakukan tinggal dipilih mana yang sesuai dengan kebutuhan. Dengan demikian rumus kecepatan pemakanan (feed rate) adalah:

$$V_f = n \times f_z \times z_n \dots \dots \dots 2.4.)$$

Dimana:

V_f : feed rate (mm/menit) n : kecepatan putaran spindel (rpm)

f_z : feed per gigi (mm)

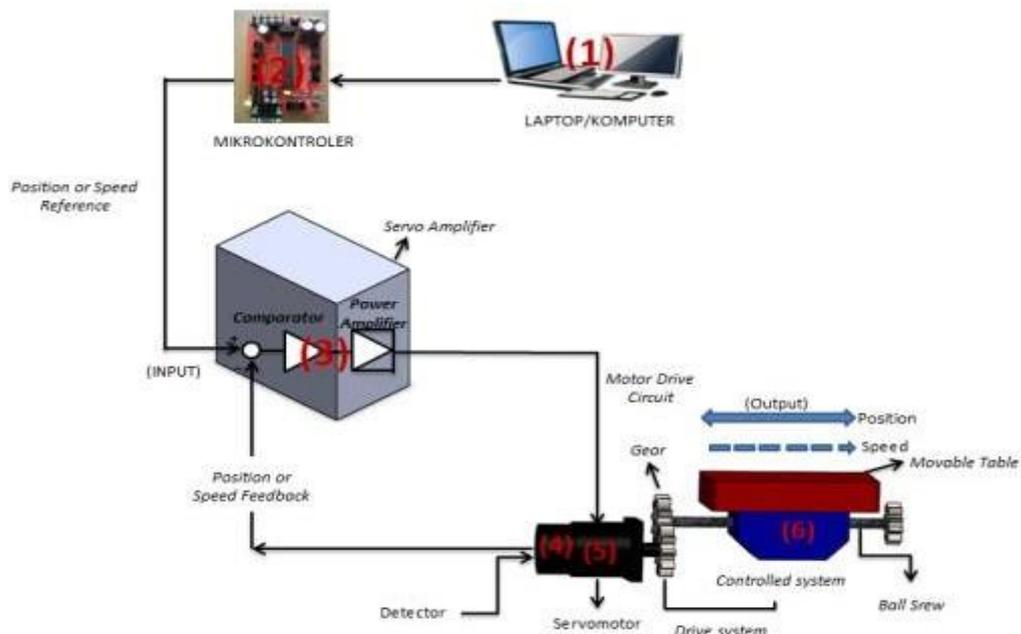
z_n : jumlah mata pisau

Pemakanan per gigi (f_z) diukur dalam mm/tooth adalah nilai proses pemilingan untuk menghitung table feed. Jika cutter milling mempunyai banyak mata potong nilai f_z dibutuhkan untuk menjamin setiap mata cutter berada dalam kondisi aman. Nilai feed per tooth dihitung berdasarkan ketebalan chips yang direkomendasikan. Penentuan harga feeding harus dihitung dengan rumus mencari feeding dan disesuaikan dengan besar pahat serta jumlah mata pahat yang akan digunakan. Berikut adalah tabel gerak makan pergigi yang disarankan pada proses pemesinan milling menggunakan pahat HSS. (Sulaiman, 2021).

2.3.4. Sistem Kontrol Kerja Mesin Frais dalam Arah Sumbu X, Y, Z

(Sulaiman, n.d.) Sistem kontrol (control system) atau sistem kendali adalah suatu alat (kumpulan alat) untuk mengendalikan, memerintah, dan mengatur

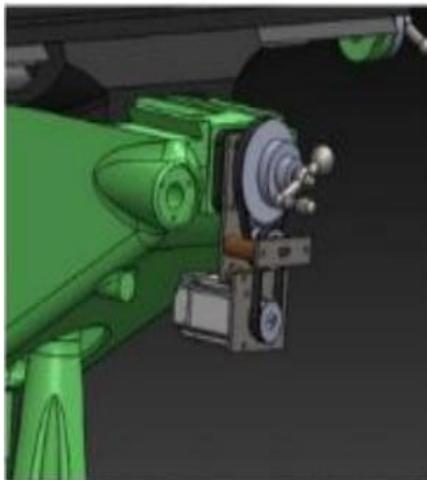
keadaan suatu sistem. Sistem kontrol untuk meja kerja mesin frais terdiri dari beberapa komponen antara lain, sistem transmisi, motor servo AC, amplifier atau driver motor servo AC, mikrokontroler dan laptop atau komputer. Skematis rangkaian sistem kendali atau sistem kontrol untuk meja kerja mesin frais pada arah sumbu X dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2. 7. Skematis rangkaian sistem kontrol meja kerja mesin frais arah sumbu X.

1) Gerakan sumbu X

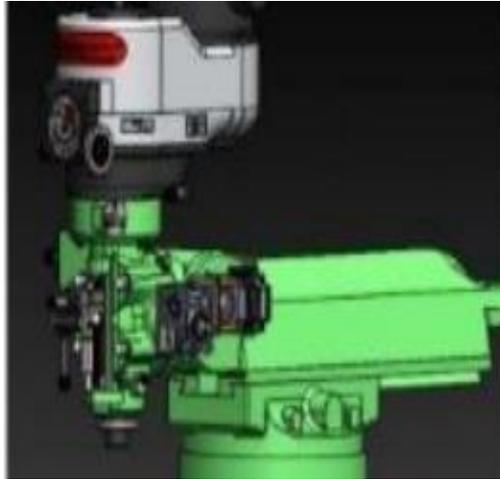
Gambar 2.8. menunjukkan pergerakan mesin milling sistem otomatis.



Gambar 2. 8. Sub-Assembly sumbu n(Sulaima, n.d.)

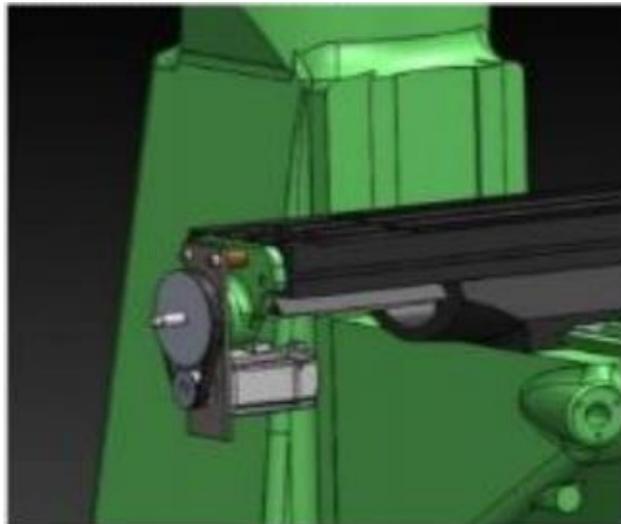
2) Gerakan sumbu Y

Gambar 2.9. menunjukkan pergerakan mesin milling sistem otomatis



Gambar 2. 9. Sub-Assembly sumbu Y (Sulaiman, n.d.)

3) Gerakan sumbu Z



Gambar 2. 10. Sub-Assembly sumbu Z (Sulaiman, n.d.)

2.4. Step Counter

Salah satu divisi pada NIST (National Institute of Standards and Technology) di Amerika Serikat juga memperhatikan pengembangan standar untuk sistem kontrol cerdas berkaitan dengan industri manufaktur. Upaya oleh NIST ini telah menyebabkan perkembangan berbagai arsitektur kontrol dan modular terbuka

termasuk arsitektur EMC (Enhanced Machine Controller). EMC menawarkan kontrol arsitektur terbuka dengan waktu nyata (real-time) untuk mesin perkakas (Henry et al, 2003). Untuk mendukung agar sistem menjadi arsitektur terbuka, dan lebih fleksibel, maka diperlukan kode pemrograman. Pada tahun 1997, NIST mengembangkan testbed untuk kontrol arsitektur terbuka dengan menggunakan kode dan fungsi NC baru yang disebut sebagai CMC (Command Machining Canonical). Tujuannya adalah untuk mengatasi masalah-masalah khusus seperti kode khusus dari vendor dan keragaman kode yang tidak terstandarkan dari berbagai mesin perkakas. Berbagai kode NC dari vendor-vendor yang berbeda dapat dikonversi menjadi CMC dan menyediakan antarmuka (interface) umum untuk CNC (Liu et al, 2007). Hal ini diakui bahwa CMC memungkinkan melakukan perluasan lebih lanjut dari bagian program untuk fungsi yang lebih komprehensif dan dapat digunakan untuk algoritma interaktif sensor.

Sebuah CNC cerdas berdasarkan STEP-NC telah diusulkan, dengan visi masa depan mengembangkan STEP-compliant CNC. Kerangka konseptual menyoroti berbagai aspek yang harus dipertimbangkan diantaranya adalah: (1) CNC kontroler otonom yang dapat dioperasikan tanpa atau dengan minimum intervensi dari operator, (2) pengontrolan kondisi pemotongan secara adaptif, (3) standar dari model data menggunakan ISO 14649 dan (4) kemampuan merekam perbaikan dari proses pemesinan serta analisis dasar perbaikan tersebut untuk peningkatan sistem kendali. Penelitian ini telah membawa kepada sebuah penemuan yang disebut STEP-NC Kontroler Cerdas dan itu dipatenkan pada tahun 2005. Upaya terus menerus sedang dibuat ke arah kemampuan fisik STEP-NC berbasis kontroler.

Sebagai contoh, kegiatan penelitian lain yang dilakukan dalam mengembangkan STEP-NC compliant CNC kontroler memiliki fokus yang sama dengan memanfaatkan keragaman pendekatan. Calabrese dan Celentano (2007) memanfaatkan mikrokontroler dalam mengembangkan kontroler CNC. Minhat et al. (2008) memanfaatkan Fungsi Blok (IEC 61499) ke dalam desain sistem kontrol untuk kontroler CNC yang dinamakan STEPNCMillUoA. Arsitektur berlapis dari Fungsi Blok menyederhanakan desain kontroler CNC, dengan lapisan-lapisan arsitektur tersebut berfungsi untuk pengolahan data, penyimpanan data dan eksekusi. Pemesinan NC cerdas menyoroti perlunya kontroler yang dapat

melakukan proses pembelajaran dan pengambilan keputusan sendiri untuk menyediakan korektif perangkat lunak, pemeliharaan preventif dan diagnosis hardware yang didasarkan pada pengendalian proses secara statistik (Nguyen, 2009).

Semua inisiatif tersebut di atas telah mengarahkan kepada satu titik yang sama yaitu kebutuhan akan standarisasi untuk seluruh proses agar membentuk suatu transformasi radikal dari tradisional manufaktur berbasis sumber daya ke sebuah generasi baru kontroler CNC dengan kemampuan untuk memberikan interoperabilitas, dapat beradaptasi dan dalam lingkup manufaktur cerdas.

STEP-NC dikembangkan untuk menyediakan model data untuk pengendali CNC cerdas generasi baru. STEP-NC model data menyediakan persyaratan standar data untuk proses pemesinan yang berhubungan dengan mesin CNC. STEP-NC standar pengembangan dari STEP dan memungkinkan untuk koneksi antara STEP berbasis CAx dan CNC. ISO 14649 yaitu ARM (Application Reference Model) dari STEP-NC yang terdiri dari beberapa bagian. Secara umum, STEP-NC adalah penerapan metode STEP untuk mesin yang dikontrol secara numerik, mewakili standar umum ditujukan khusus untuk bagian pemrograman.

Penelitian ini dimotivasi oleh fakta bahwa perkembangan pemrograman CNC sudah sangat terlambat dalam mengembangkan generasi baru NC. Studi ini membahas kebutuhan informasi kontrol adaptif untuk mesin cerdas secara universal, multi-tujuan dan interoperable. STEP-NC optimasi berbasis kontroler telah terealisasi dan dikembangkan untuk optimasi feed-rate. Pendekatan ini menyatukan unsur-unsur yang dibutuhkan mesin perkakas CNC untuk pengembangan platform monitoring yang terkonsolidasi dalam proses optimisasi pemesinan. Perkembangan beberapa standar internasional seperti STEP-NC menyajikan visi cerdas mesin CNC. Makalah ini memaparkan tentang pengembangan realisasi arsitektur CNC kontroler berdasarkan STEP-NC model data untuk mendukung lingkungan pemesinan otomatis dan cerdas.

Interpreter Peran seorang penerjemah adalah untuk dapat mengambil skema EXPRESS sebagai masukan dan mengkompilasi setiap entity dalam skema ini menjadi output perintah mesin. Output ini dalam format CMC. Skema mencakup integrasi tiga standar yaitu ISO 14649 dari Part 10, 11 dan 111. Struktur data yang

baru ditetapkan ini dapat berfungsi sebagai antarmuka yang menghubungkan data STEP-NC dengan proses optimasi mesin yang sebenarnya.

Penafsir yang tersedia dan mampu menerjemahkan fungsi pemesinan dasar (Basic milling function) [10]. Oleh karena itu, fungsi tambahan diperlukan dalam pengolahan data model optimasi menjadi output yang berharga di mana semua data yang terintegrasi dalam STEP-NC ini diproses dan diterjemahkan ke dalam bentuk interpretasi tool-path memungkinkan digunakan untuk eksekusi mesin.

Perkembangan penerjemah ini memanfaatkan compiler EXPRESS disediakan oleh V14 ST-Developer toolkit. The C++ kelas baru untuk setiap entity didefinisikan dalam skema optimasi yang diusulkan dan dihasilkan di mana masing-masing C++ kelas adalah subclass dari kelas dasar ROSE C++. ROSE C++ kelas ini memungkinkan objek STEP-NC dikelola secara efisien di bawah lingkungan aplikasi C++ dimana file skema ROSE secara otomatis dihasilkan.

Canonical Machine Command (CMC)

NIST mengklasifikasikan CMC sebagai sebuah kecil perintah di mana setiap perintah menghasilkan alat gerak tunggal atau tindakan logis tunggal. Hal ini untuk membuat perintah sesederhana mungkin, membuat pemetaan langsung kontrol komersial. CMC yang dirancang dengan tiga tujuan utama [11]:

- Semua fungsi dari machining center harus dicakup oleh perintah; untuk setiap fungsi pemesinan harus ada cara untuk menyatakan dalam command tersebut.
- Adalah mungkin untuk menyediakan perintah yang dapat difungsikan oleh board kontrol gerak komersial dari berbagai vendor untuk melaksanakan perintah-perintah canonical yang memerintahkan gerakan, dengan sekitar satuke-satu korespondensi antara perintah gerak canonical dan perintah yang dapat dimengerti oleh board komersial
- Harus dimungkinkan untuk menafsirkan perintah Kode-G ke perintah canonical.

Pengembangan beberapa standar internasional seperti STEP dan STEP-NC menyajikan visi untuk pemesinan CNC cerdas. Penelitian yang dilakukan dalam makalah ini adalah tentang realisasi pengembangan arsitektur kontroler CNC untuk memonitor kondisi mesin berdasarkan STEP-NC model data untuk mendukung lingkungan mesin otomatis dan cerdas. Keuntungan dari sistem kontroler adalah untuk memungkinkan optimasi saat proses pemesinan berlangsung, untuk

mempersingkat waktu mesin dan meningkatkan kualitas produk. Struktur data STEP-NC memungkinkan informasi yang kaya tentang operasi pemesinan untuk diambil dan disimpan. Informasi ini penting untuk mendukung perencanaan dinamis dan memperoleh parameter pemotongan yang optimal. Metoda yang dilakukan dalam mengoptimasikan proses pemesinan dengan menggunakan Fuzzy Inference System.

Tujuan Fuzzy Inference System (FIS) adalah untuk memperkirakan kemungkinan maksimum laju kecepatan makan dari pahat dengan mempertimbangkan kemampuan dari daya mesin perkakas. Setiap mesin perkakas memiliki rating daya tertentu. Dengan mempertimbangkan daya nominal mesin perkakas, kecepatan makan maksimum untuk proses pengkasaran (roughing) dihitung dengan gaya potong sebagai kendala utama. Daya pemotongan ditentukan berdasarkan efisiensi mekanis dan dijaga selalu di bawah daya motor utama. Kedalaman potong dipilih berdasarkan parameter yang diijinkan. Komponen utama dari FIS adalah fuzzifier, fungsi keanggotaan (membership functions), mesin inferensi fuzzy (fuzzy inference engine), Bank aturan kendali (control rule bank) dan defuzzifier. Model ini menggunakan input, daya potong listrik (ENC), dan perubahan kecepatan makan (Δf) sebagai output. Untuk mendapatkan sistem input, daya pemotongan referensi (N_{cref}) digunakan sebagai nilai patokan daya pemotongan (N_c) yang kita inginkan agar dikendalikan secara maksimum. Daya potong (N_c) dihitung dari daya pemotongan teoritis. Untuk menjalankan sistem fuzzy, maka digunakan inferensi fuzzy struktur file (*.fis file). File ini dirancang dan dihasilkan dari Toolbox Fuzzy Logic dalam program MATLAB.

$$EN(i) = N_c(i) - N_{cref}$$

Dimana : i adalah indeks selisih waktu untuk periode sampel daya pemotongan.

Pada studi kasus dilakukan proses pemotongan dengan Plasma Cutting pada benda kerja berukuran 35 mm dengan panjang 20 cm akan dipotong fitur Pocket dan Round Hole dengan diameter pahat HSS 3/8 inci.. Pada experiment ini, sistem kontrol umpan balik menggunakan data akuisisi secara online dilakukan selama proses pemotongan. Kesalahan daya potong (ENC) dihitung dan digunakan sebagai masukan untuk fuzzifier. Hasil dari respon kecepatan makan dengan benda kerja

plat baja setebal 5 mm. Perubahan kecepatan makan merespon seperti yang diharapkan dari input kesalahan daya potong. Transisi dapat diamati terjadi pada sekitar 20 detik dan 55 detik. Hal ini membuktikan bahwa sistem cerdas dan teroptimasi berdasarkan data STEP-NC ini mampu merespon terhadap perbedaan ketebalan plat.

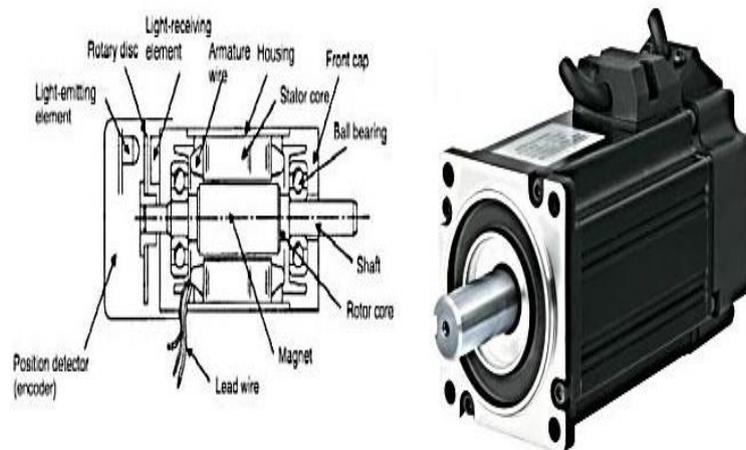
Penggunaan model data STEP-NC, standar untuk CNC, menyediakan platform yang menjanjikan untuk standar manufaktur, di mana berbagai lingkup aplikasi dapat diperluas melalui berbagai protokol aplikasi. Ini membawa data desain seperti geometri, toleransi dan bahan ke dalam proses control dan monitoring operasi pemesinan, sehingga menjadikan mekanisme kontrol yang kuat. Termotivasi oleh faktor ini, EXPRESS skema dapat dikembangkan untuk mendapat fitur-fitur baru dari proses pemesinan seperti fitur optimisasi. Hal ini diperlukan untuk lingkungan terpadu di mana monitoring kondisi mesin tingkat tinggi dapat dilakukan untuk mengoptimalkan proses pemesinan. Model data EXPRESS bertujuan untuk menyediakan data yang diperlukan untuk mesin optimasi. Pada makalah ini menggunakan STEP-NC (ISO 14649) sebagai pengganti kode G untuk sistem CNC. Format data ISO 10303-21, di mana akan menggunakan penerjemah untuk menafsirkan format file STEP ke dalam bahasa mesin yang dapat dibaca yang disebut dengan Canonical Mesin Command (CMC). STEP-NC memungkinkan sistem memonitor kondisi mesin. Experiment membuktikan bahwa sistem cerdas dan teroptimasi berdasarkan data STEP-NC ini mampu merespon pemotongan dengan perbedaan ketebalan plat.

2.5. Motor Servo AC

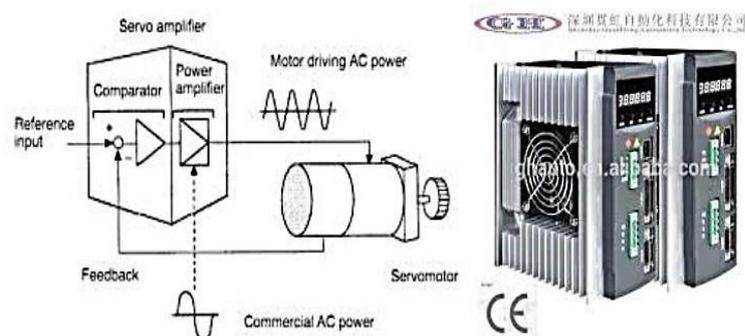
Motor servo AC merupakan alat yang digunakan sebagai sumber penggerak dalam sistem servo, dengan umpan balik (*feedback*) berupa posisi dan kecepatan untuk setiap aksi pengontrolannya. Sistem servo adalah sistem yang mampu menggerakkan suatu objek pada kecepatan tertentu dan memosisikannya pada posisi yang telah ditentukan. Motor servo dapat bekerja dengan tepat mengikuti instruksi yang diberikan, yang meliputi posisi dan kecepatan dengan karakteristik sebagai berikut :

- a) Berputar dengan mantap pada daerah kecepatan dengan yang diberikan.
- b) Mengubah kecepatan dengan cepat, dan membangkitkan torsi yang besar dari ukuran yang kecil.

Motor sinkron magnet permanen merupakan salah satu tipe motor servo ac yang memiliki performansi terbaik dibandingkan tipe motor servo lainnya. Selain efisiensi yang sangat tinggi dan torsi yang besar, motor ini juga memiliki kerapatan yang besar. Oleh karena itu, motor ini banyak dipakai dalam industri robot, aerospace acuator dan penggerak listrik lainnya. Skema dan bentuk motor servo ac dapat dilihah pada gambar 2.11. (Ii, 1995).



Gambar 2. 11. Skematis dan bentuk motor servo ac(Eriyuliuselvys & Duddyarisandi, 2017)



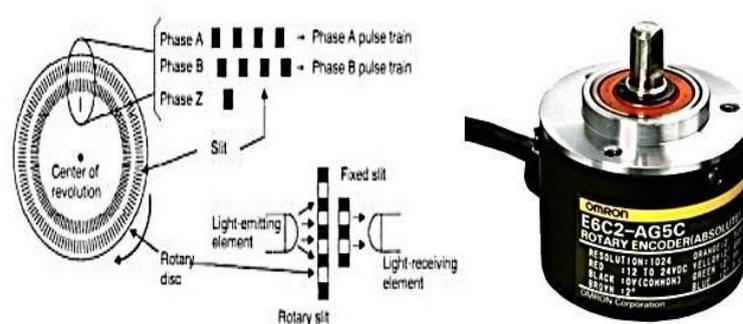
Gambar 2. 12. *Amplifier* atau *driver* motor servo ac (Wijanarka, 2012)

Amplifier atau *driver* motor servo adalah alat yang berfungsi sebagai penguat dan mengolah sinyal error untuk mengoreksi perbedaan antara sinyal input

(referensi) dengan sinyal umpan balik (*feedback*) sehingga menghasilkan output yang diharapkan. Amplifier atau driver motor servo terdiri dari komparatoryang mengolah sinyal error dan *power amplifier* yang menguatkan sinyal mampu menggerakkan motor servo. Contoh *amplifier* atau *driver* motor servodapat dilihat pada gambar 2.12. (Ii, 1995)

2.6. Detector (encoder)

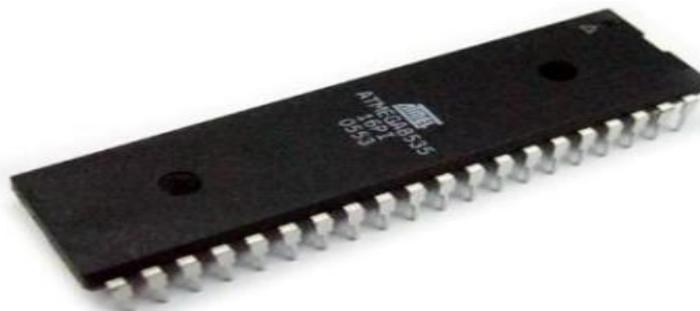
Detector (encoder) merupakan komponen motor servo AC yang berfungsi sebagai pendeteksi posisi. Detector (encoder) berada di belakang motor servo AC. *Encoder* terdiri dari Incremental Encoder dan absolute encoder. Contoh Detector (*encoder*) dapat dilihat pada gambar 2.13. (Ii, 1995)



Gambar 2. 13. *Detector (Encoder)* (Wijanarka, 2012)

2.7. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan perangkat elektronika yang didalamnya terdapat rangkaian kontrol, mikroprosesor, memori, dan input atau output. Mikrokontroler dapat diprogram menggunakan berbagai macam bahasa pemrograman.



Gambar 2. 14. Skematis dan bentuk mikrokontroler atmega8535(Gultom et al., n.d.)

Bahasa pemrograman yang biasa digunakan untuk memprogram mikrokontroler diantaranya adalah bahasa assembler, bahasa C, bahasa basic dan lain-lain. Mikrokontroler biasanya digunakan untuk mengendalikan suatu proses secara otomatis seperti sistem kontrol mesin, remot kontrol, kontrol alat berat, kontrol robot dan lain-lain. Dengan menggunakan mikrokontroler sistem kontrol akan menjadi lebih ringkas, lebih mudah dan lebih ekonomis. Salah satu jenis mikrokontroler yang banyak digunakan untuk aplikasi kontrol adalah ATmega 8535. ATmega 8535 merupakan salah satu mikrokontroler keluaran Atmel. Atmel adalah salah satu vendor yang bergerak dibidang mikroelektrika. ATmega 8535 memiliki beberapa fitur yang dapat digunakan untuk aplikasi kontrol. Sekema dan bentuk mikrokontroler ATmega 8535 dapat dilihat pada gambar 2.14. (Ii, 1995)

2.8. MCB 3 Phase

MCB atau Miniature Circuit Breaker adalah sebuah komponen listrik yang berguna untuk mengamankan beban lebih atau hubung singkat (Short Circuit) yang disebabkan oleh lonjakan listrik yang tidak disengaja maupun tidak disengaja. Suatu komponen listrik untuk mengamankan beban lebih (Overload) dan hubung singkat (short circuit) yang instalasinya menggunakan 3 Fasa yaitu R S T.

MCB berfungsi sebagai pengaman beban lebih (Overload) dan hubung singkat (short circuit) yang disebabkan oleh ketidak sengajaan manusia dan disengaja oleh manusia. Beban Lebih Overload adalah komponen listrik yang bekerja adanya listrik atau menggunakan listrik pasti membutuhkan listrik yang dikonsumsinya maka itu namanya beban, dari beban tersebut maka pengaman sangat diperlukan untuk menghindari sebuah kerusakan alat listrik seperti kulkas, tv, dll yang bisa menyebabkan timbulnya bunga api jika tidak di putus aliran listriknya.

MCB bekerja saat terjadi beban lebih atau Overload terdapat sebuah bimetal dengan prinsip kerjanya jika suhu pada bimetal semakin panas maka bimetal yang sudah disetting dengan suhu tertentu akan lepas, sama halnya mcb bimetal tersebut mengukur suhu dari penampang alumunium pada mcb yang dilewati arus, jika beban tersebut besar dan arus semakin tinggi maka otomatis menimbulkan sebuah panas pada batang alumunium tersebut dan akan trip saat suhu sudah tercapai oleh

bimetal, untuk resetnya biasanya tunggu hingga bimetal suhu kembali normal.

MCB bekerja saat terjadi Hubung Singkat (Short Circuit) dalam MCB ada sebuah coil yang berfungsi jika ada arus lebih yang sangat tinggi atau hubung singkat maka coil tersebut akan penuh dan melepas MCB nya menjadi off, biasanya jika terlalu tinggi arus yang diterima coil disebabkan hubung singkat MCB tersebut akan blanket, maka MCB tersebut akan rusak tidak bisa digunakan lagi.



Gambar 2. 15. MCB 3 Phase Schneider (Gultom et al., n.d.)

2.9. Thermal Overload Relay

Thermal Overload Relay (TOR), adalah komponen elektronika yang digunakan untuk menyusun rangkaian suatu panel listrik. Dalam rangkaian listrik, komponen ini memiliki peran yang sangat penting, karena bisa melindungi dari arus listrik berlebih dengan prinsip kerja panas atau thermal. Jadi, TOR ini bisa bermanfaat untuk memutus arus listrik ke rangkaian motor listrik, ketika terjadi gangguan, seperti arus listrik berlebih, hubungan singkat, perbedaan tegangan antar fasa kutub motor dan lain sebagainya.

Thermal Overload Relay adalah komponen pengaman atau pelindung pada kontaktor utama, yaitu ketika terjadi arus berlebih yang bisa mengakibatkan kerusakan pada rangkaian motor listrik. Alat ini akan memutus arus ke rangkaian jika mendeteksi arus yang masuk melebihi pengaturan.

TOR adalah alat *switch* atau saklar yang peka terhadap suhu, yang akan membuka dan menutup saat terjadi suhu yang melebihi batas yang telah diatur/ditentukan sebelumnya. Jadi, jika arus melebihi pengaturan, TOR akan mengirimkan sinyal (posisi kontak NC-NO berubah) ke rangkaian listrik. Fungsi

TOR adalah untuk melindungi rangkaian listrik dan komponen listrik dari kerusakan yang diakibatkan oleh arus berlebih. Fungsinya sama dengan sekering atau MCB yang biasa digunakan di instalasi listrik rumah tangga.

TOR yang mengandalkan prinsip kerja bimetal ini memang sangat bermanfaat, utamanya ketika arus listrik baik secara tiba-tiba. Jika sebuah rangkaian elektronik memiliki 3 fasa, maka akan ada bimetal di setiap fasa, yang akan otomatis memutuskan arus ketika ada aliran listrik overload. Cara kerjanya adalah mengubah arus yang mengalir menjadi panas, yang otomatis akan mempengaruhi bimetal. Bimetal inilah yang menggerakkan tuas untuk memutuskan aliran listrik pada rangkaian elektronik atau motor. Jenis pemutus bimetal sendiri ada dua, yaitu satu fasa dan tiga fasa. Tiga fasa terdiri atas bimetal yang saling terkoneksi, yang otomatis akan memutuskan semua fasa ketika terjadi *overload*.

Mekanisme kerja dari TOR sangat mudah dipahami, yaitu ketika resistance wire dialiri arus di atas normal, maka bimetal akan trip. Maksudnya, bagian bawah bimetal akan melengkung ke kiri, yang membuatnya membawa slide ke kiri. Akibat gesekan tersebut, maka lengan kontak di bagian bawah akan terdorong ke kiri dan kontak NC (*Normally Close*) 95-96 akan lepas dan membuat kontak NO (*Normally Open*) 97-98 akan terhubung. Jadi, arus listrik berlebihan tersebut tidak akan sampai ke rangkaian elektronik.

2.10. Power Supply

Secara sederhana, *power supply* (catu daya) adalah komponen yang memasok daya ke satu atau bahkan lebih beban listrik. Jadi, *power supply* ini dirancang untuk mengubah beberapa bentuk energi yang berbeda, seperti matahari, energi mekanik, kimia, hingga listrik. Pada perangkat komputer dan elektronik lainnya, *power supply* merupakan komponen penting. Apabila tidak ada *power supply*, perangkat yang digunakan tidak bisa berfungsi dengan semestinya. Untuk mengakses *power supply* ini, kamu bisa melihat kabel yang digunakan untuk mentransfer energi ke perangkat tersebut. Jika kabel tersebut dibuka, di dalamnya bisa didapatkan kotak logam yang berisi kipas dan beberapa kabel yang menghubungkan ke perangkat. Dalam penerapannya pun, *power supply* bagi komputer terbagi menjadi beberapa jenis, di antaranya *power supply AT*, *power supply ATX*, dan *power supply BTX*.

Cara kerja power supply cukup sederhana, ketika kamu menyalakan power pada komputer, power supply akan melakukan pemeriksaan dan tes sebelum menjalankan sistem komputer. Apabila tes berjalan dengan baik, power supply akan mengirim sinyal ke mainboard sebagai pertanda bahwa sistem komputer siap untuk beroperasi. Kemudian, *power supply* akan membagi daya yang dimiliki sesuai dengan kapasitas yang diperlukan oleh masing-masing komponen.

Tidak hanya menyalurkan daya listrik saja, *power supply* juga menjaga stabilitas arus listrik pada berbagai komponen tersebut. Secara tidak langsung, peran power supply bisa dianggap sama pentingnya, seperti CPU pada komputer yang sering disebut sebagai otak komputer. *Power supply* AT (Advance Technology) adalah *power supply* generasi awal sebelum muncul jenis power supply ATX. Power supply ini biasanya digunakan oleh para pengguna komputer lawas. Jenis *power supply* ini merupakan jenis yang paling lama digunakan oleh para pengguna komputer.

Power supply AT ini biasanya digunakan untuk jenis motherboard AT, seperti komputer dengan spesifikasi yang tidak terlalu tinggi, seperti komputer Pentium 3 dan 4. Power supply AT diketahui memiliki spesifikasi kabel daya listrik mencapai 12 pin dengan daya listrik yang rendah, yakni 250 watt.



Gambar 2. 16. *Power supply* AT (Gultom et al., n.d.)

Ketidakstabilan sistem tenaga listrik berarti kehilangan sinkronisasi sistem sehingga sistem tidak lagi mampu berfungsi normal setelah beban berubah. Di sisi lain, kestabilan sistem tenaga listrik berarti kemampuan sistem untuk kembali berfungsi normal setelah beban berubah. Perubahan beban pada sistem tenaga listrik yang terjadi secara terus menerus menimbulkan ayunan di sekitar titik kerja

sistem tenaga, bahkan pada sistem tenaga listrik terinterkoneksi yang terjadi lebih dari satu unit pembangkit ayunan tersebut akan mudah terjadi. Oleh karena itu, permasalahan kestabilan menjadi persoalan yang semakin mendesak dan dominan terutama. Pengendalian merupakan hal penting yang harus ditangani agar sistem tetap terjaga pada kestabilannya.

Untuk itu automatic voltage regulator digunakan sebagai sistem eksitasi di Indonesia untuk meredam osilasi frekuensi rendah. Stabilizer sistem tenaga konvensional banyak digunakan pada sistem tenaga yang ada dan telah berkontribusi meningkatkan stabilitas sistem kelistrikan. Peningkatan stabilitas dinamis ditentukan berdasarkan model linearisasi di sekitar titik operasi nominal yang dapat memberikan kinerja yang baik dengan konfigurasi dan parameter yang berubah. (Scientific,2024)

2.11. Motor Induksi

Sebagian besar dari peralatan industri menggunakan tenaga listrik sebagai penggerak utama, salah satunya motor listrik. Dan motor induksi adalah motor yang paling banyak digunakan saat ini, karena memiliki konstruksi yang sederhana, relatif murah, lebih ringan dan memiliki efisiensi yang tinggi serta mudah dalam pemeliharaannya dibandingkan dengan motor DC. tetapi pengaturan kecepatan dan torsi motor induksi bukanlah suatu permasalahan yang mudah untuk dilakukan. Oleh sebab itu diperlukan teknologi yang tepat untuk dapat mengatur putaran motor induksi stabil. Dengan adanya putaran beban yang bervariasi, kecepatan dari motor induksi tersebut harus dapat dikendalikan. Pengendalian kecepatan motor dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya yaitu dengan mengubah jumlah pasangan kutub dan pengaturan frekuensi. Pengaturan kecepatan motor dengan prinsip pengaturan frekuensi dapat dilakukan dengan menggunakan inverter yang dikontrol secara otomatis oleh PLC. Cara pengaturan kecepatan ini paling mudah dan efektif apabila dibandingkan dengan yang lain, terutama untuk motor induksi. Pengaturan putaran motor dengan peralatan pendukung yang telah tersedia di pasaran akan mempermudah untuk merangkai sesuai dengan program yang direncanakan. Oleh karena itu penelitian yang berkaitan tentang pengaturan kecepatan putaran motor induksi 3 fasa dengan menggunakan PLC Omron Tipe

CJIM diharapkan mampu mengatur kecepatan pada motor induksi. Sistem kendali ini diharapkan dapat memberikan jangkauan pengaturan kecepatan yang lebar, dan dapat dioperasikan dan dikontrol melalui PLC. Sebuah motor induksi tiga fasa memiliki konstruksi yang hampir sama dengan motor listrik jenis lainnya.

Motor ini memiliki dua bagian utama, yaitu stator yang merupakan bagian yang diam, dan rotor sebagai bagian yang berputar, Antara bagian stator dan rotor dipisahkan oleh celah udara yang sempit, dengan jarak berkisar dari 0,4 mm sampai 4 mm. Beberapa aspek yang mempengaruhi kerusakan motor induksi antara lain getaran, tegangan, suhu, kurangnya perawatan preventif, dan lamanya penggunaan motor yang tidak terkontrol yang dapat menyebabkan pelumas pada bearing motor induksi kering, terjadinya kenaikan temperatur yang menyebabkan kerusakan bearing motor induksi Penelitian menunjukkan bahwa sekitar 41-44% kerusakan motor induksi terjadi di bearing. Bearing merupakan komponen motor induksi yang membantu rotor bergerak bebas. Bearing yang rusak dapat menyebabkan getaran, kebisingan, peningkatan suhu pengoperasian, dan percikan api yang dapat merusak bagian motor induksi lainnya. Perawatan berkala diperlukan untuk menjaga kelancaran produksi dan menghindari kerusakan selama proses produksi yang bertujuan untuk menghindari terjadinya kerusakan serta melindungi performa motor supaya senantiasa beroperasi dengan baik. Penelitian ini merancang sesuatu sistem yang bisa memonitoring keadaan temperatur serta getaran pada bearing motor induksi.

Perbaikan motor induksi yang cukup lama akan menyebabkan menurunnya kinerja dan hilangnya waktu produktifitas. Kerusakan motor induksi dapat disebabkan oleh faktor sebagai berikut yaitu getaran, temperatur dan kurangnya pemeliharaan yang tidak terkontrol. oleh sebab itu diperlukan suatu system yang dapat mengontrol getaran dan suhu motor induksi untuk menjaga performa motor induksi sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan motor induksi. (Scientific, 2024). Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Bila kumparan stator motor induksi 3 fasa yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan 3 fasa, maka kumparan stator akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Garis-garis gaya fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga

timbul gaya gerak listrik (Emf) atau tegangan induksi. Karena penghantar (kumparan) rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka akan mengalir arus pada kumparan rotor. Kumparan rotor yang dialiri arus ini berada dalam garis gaya fluks yang berasal dari kumparan stator sehingga kumparan rotor akan mengalami gaya Lorentz yang menimbulkan torsi yang cenderung menggerakkan rotor sesuai dengan arah pergerakan medan induksi stator.

Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus, dan sesuai dengan Hukum Lenz, rotor pun akan turut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putaran relatif antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban, akan memperbesar kopel motor yang oleh karenanya akan memperbesar pula arus induksi pada rotor, sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor pun akan bertambah besar. Jadi. Bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung menurun. Dan apabila sumber tegangan tiga fasa dihubungkan ke terminal stator maka pada kumparan tegangan (stator) akan timbul arus yang menghasilkan fluksi. Fluksi pada stator biasanya konstan, kecepatan medan putar stator. (Evalina & H, 2018).

2.12. Inverter

Inverter adalah suatu rangkaian yang mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC dengan nilai tegangan dan frekuensi dapat diatur. Fungsi inverter adalah untuk merubah kecepatan motor AC dengan cara merubah frekuensi inputnya. Pada dasarnya inverter merupakan sebuah alat yang menghasilkan tegangan bolak-balik dari tegangan searah dengan cara pembentukan gelombang.

Namun gelombang tegangan yang terbentuk dari inverter tidak berbentuk sinusoida melainkan berbentuk gelombang dengan persegi. Pembentukan tegangan AC dilakukan dengan menggunakan dua pasang saklar. Untuk dapat menghasilkan arus bolak-balik maka kerja saklar S1 sampai S4 yang disuplai oleh tegangan DC harus bergantian, dan gelombang tersebut terbentuk dari keempat buah saklar. Ketika saklar S1 dan S4 hidup maka arus akan mengalir dari titik A ke titik B, sehingga terbentuklah tegangan positif. Dan saat saklar S2 dan S3 yang hidup maka arus akan mengalir dari titik B ke titik A, sehingga terbentuklah tegangan negatif. Dalam aplikasi yang sering digunakan didunia industri sering digunakan untuk mengendalikan tegangan keluaran inverter. Terdapat beberapa teknik untuk

mengendalikan tegangan keluaran inverter. Pada umumnya teknik yang sering dipakai adalah sistem PWM (Pulse Width Modulation), sistem kontrol yang berbeda-beda ini menghasilkan karakteristik motor yang berbeda pula seperti (getaran, suara, riak, arus motor, respon torsi).

Pada PWM beberapa pulsa hidup mati dihasilkan dalam satu siklus dan lamanya juga beragam untuk mengubah-ubah tegangan output. Jumlah pulsa hidup mati yang dihasilkan dalam satu detik disebut frekuensi pembawa. Pada sistem PWM ini getaran motor dan kebisingan motor dari komponen frekuensi sebanding dengan frekuensi pembawa yang dihasilkan, Frekuensi pembawa dari sebuah inverter bersuara akustik lebih rendah, jadi pada inverter dengan nilai frekuensi pembawa yang besar dapat menghaluskan suara bising dari motor listrik. Akan tetapi hal tersebut dapat membuat arus bocor yang terjadi antara motor dan inverter menjadi lebih besar, sehingga dapat mengakibatkan terjadinya arus lebih. Untuk kondisi seperti ini pemilihan penghantar kebocoran arus kebumi / pentanahan harus dilakukan dengan benar. (Scientific, 2024).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan studi lapangan yaitu melakukan kunjungan dan melakukan investigasi terhadap mesin milling untuk melakukan pengambilan dan pengecekan alat-alat dan bahan-bahan yang digunakan oleh mesin milling manual maupun otomatis ke Pabrek produksi mesin konvensional di bidang manufaktur milik PT. DWIMITRA JAYA ABADI, Jl. Pulau Madura, MABAR, Kecamatan Medan Deli, Kota Medan, Sumatera Utara. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai dari 20 maret 2023 sampai dengan 28 Juli 2023.

3.2. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

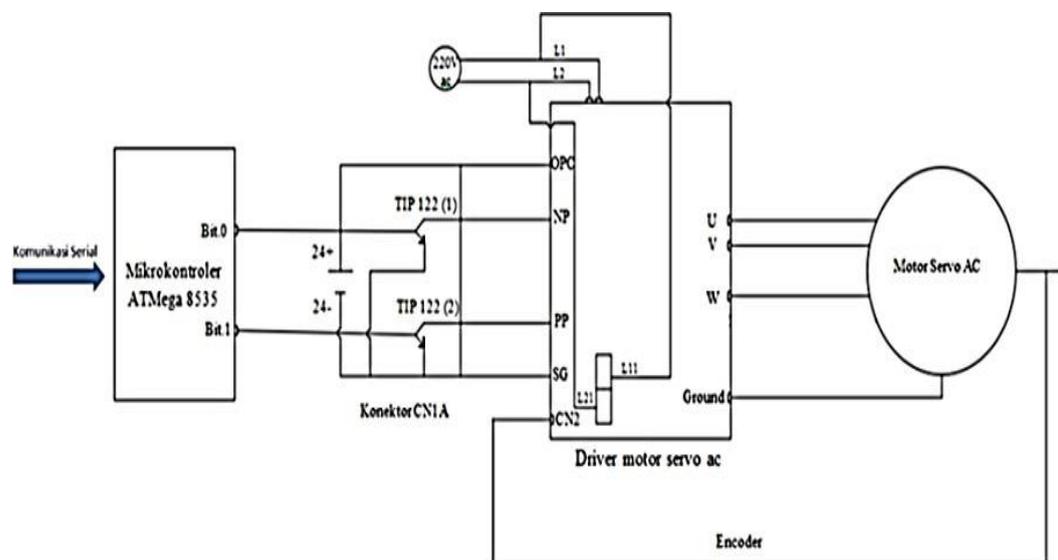
Proses jalannya penelitian yang akan dilaksanakan dapat melihat jadwal pelaksanaan penelitian dimulai dari melakukan perbincangan dan diskusi terhadap teknisi di PT. DWIMITRA JAYA setelah itu melakukan pengajuan judul tugas akhir hingga sidang seminar proposal tugas akhir yang telah disajikan.

3.3. Jalannya Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian yaitu dengan cara pengumpulan data dari lapangan untuk selanjutnya dilakukan analisa data terhadap data yang telah diperoleh dari lapangan dan jurnal yang berkaitan. Dalam penelitian ini, pengumpulan data yang digunakan untuk mengetahui hasil dari kecepatan putaran motor yang dihasilkan dari mesin konvensional yang lebih dikenal mesin *milling* (Frais). Pada metode ini, data yang sudah dikumpulkan selanjutnya diolah menggunakan teknik perhitungan kecepatan putaran untuk mengetahui hasil yang diperoleh dari data lapangan, sehingga dapat diterapkan hasil dari penelitian ini pada keadaan yang sebenarnya. Dari penelitian ini di harapkan akan di peroleh konfigurasi untuk sistem pengontrolan kecepatan putaran dari mesin milling tersebut. Untuk selanjutnya proses jalannya penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir pada gambar-gambar berikut ini.

3.4. Rangkaian Sistem Kendali Gerak Kerja Mesin Milling

Rangkaian sistem kendali gerak meja kerja mesin *milling* otomatis adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk menggerakkan motor servo ac. Rangkaian sistem kendali gerak meja kerja mesin *milling* terdiri dari mikrokontroler ATmega 8535, terminal PP dan NP, driver motor servo ac mitsubishi tipe MR-J2S-40A dan motor servo ac Mitsubishi tipe HC-KFS43. Skematis rangkaian sistem kendali gerak meja kerja mesin *milling* dapat dilihat pada gambar 3.1.

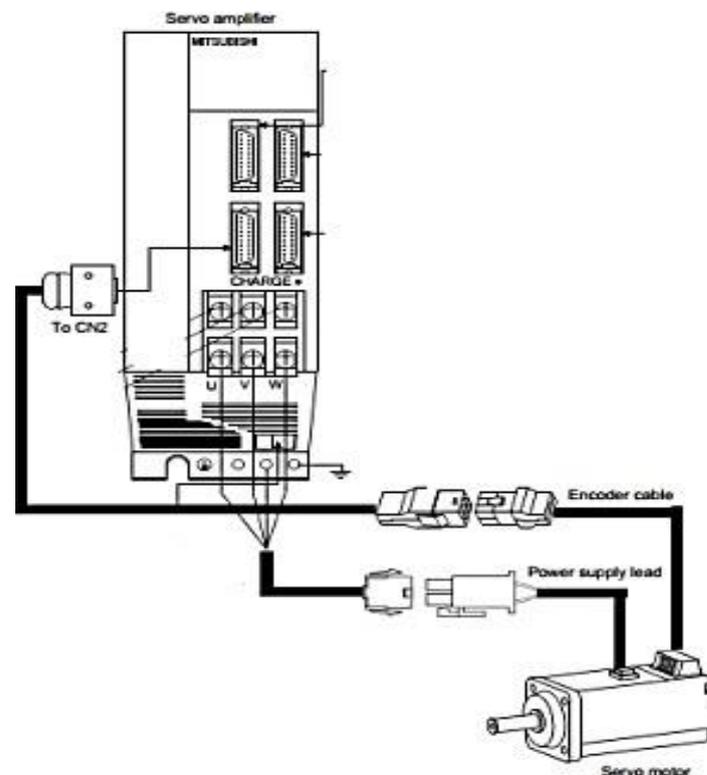


Gambar 3. 1. Skematis rangkaian sistem kendali gerak meja kerja mesin *milling*.

Agar motor servo ac dapat digerakkan perlu adanya parameter-parameter yang harus disetting seperti mode yang akan digunakan (dapat dilihat pada data sheet motor servo ac MR-J2S-40A hal 128/402 “parameter 0”), elektronik gear (dapat dilihat pada data sheet motor servo ac MR-J2S-40A hal 130/402 “parameter 3 dan 4”), pengaktifan motor servo secara otomatis dan pengaktifan LSP dan LSN (dapat dilihat pada data sheet motor servo ac MR-J2S-40A hal 140/402 “parameter 41”), pengaktifan parameter yang belum muncul (dapat dilihat pada data sheet motor servo ac MR-J2S-40A hal 136/402 “parameter 19”)

dan pemilihan input pulse yang digunakan (dapat dilihat pada data sheet motor servo ac MR-J2S-40A hal 137/402 “parameter 21”). Jika pada driver motor servo ac muncul AL E6 (emergency stop), maka pin konektor CN1B kaki 3 (VDD) dipasangkan dengan kaki 13 (COM) dan kaki 15 (EMG) dipasangkan dengan kaki 10 (SG) (dapat dilihat pada datasheet motor servo ac MRJ2S-40A hal 49/402). Skematis konektor CN1A dan CN1B dapat dilihat pada gambar 3.3.(dapat dilihat pada datasheet motor servo ac MR-J2S-40A hal 390/402). (Iii, n.d.)

Motor servo ac yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu motor servo merk Mitsubishi tipe HC-KFS43. Motor servo ac Mitsubishi tipe HC-KFS43 memiliki daya keluaran 400 watt, torsi maksimum 3,8 N.m dan kecepatan putar maksimum 4500 rpm. Motor servo ac Mitsubishi tipe HC-KFS43 sangat cocok dipasangkan dengan driver motor servo ac Mitsubishi tipe MR-J2S-40A atau MR-J2S-40B. Skematis instalasi motor servo ac Mitsubishi tipe HC-KFS43 dengan driver motor servo ac Mitsubishi tipe MR-J2S-40A dapat dilihat pada gambar 3.2.

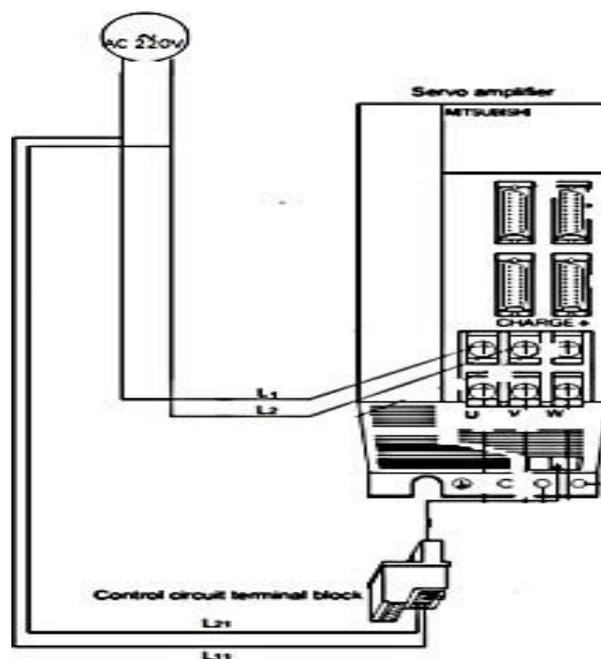


Gambar 3. 2. Skematis instalasi motor servo ac mitsubishi tipeHC-KFS43 dengan driver motor servo ac Mitsubishi tipe MR-J2S-40A (Iii, n.d.)

Dari skematis instalasi motor servo ac pada gambar 3.4 dapat dijelaskan instalasi motor servo ac adalah sebagai berikut :

- Kabel motor servo warna merah dipasang ke terminal U, kabel warna putih ke dipasang ke terminal V, kebel warna hitam dipasang ke terminal W dan kabel warna hijau dipasang ke ground (),
- Kabel encoder dipasang ke konektor CN2 driver motor servo ac.

Driver motor servo AC yang digunakan pada tugas akhir ini adalah driver merk Mitsubishi tipe MR-J2S-40A. Driver ini digunakan karena tipe ini sangat cocok dengan tipe motor servo ac HC-KFS43. Driver motor servo ac tipe MR- J2S-40A memiliki daya keluaran 400 watt dan inputnya dapat menggunakan 1 phase atau 3 phase. Skematis instalasi driver motor servo ac 1 phase tipe MR-J2S-40A dapat dilihat pada gambar 3.3.

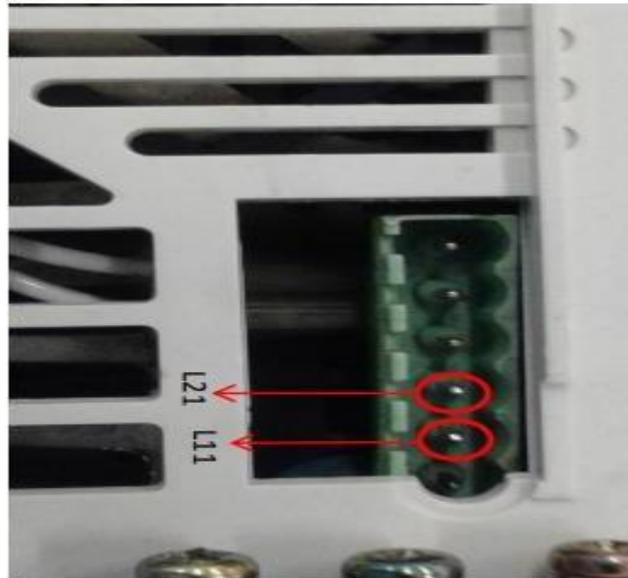


Gambar 3. 3. Driver motor servo AC tipe MR-J2S-40A(Wijanarka, 2012)

Dari skematis instalasi driver motor servo ac pada gambar 3.4 dapat dijelaskan bahwa instalasi driver motor servo ac yaitu:

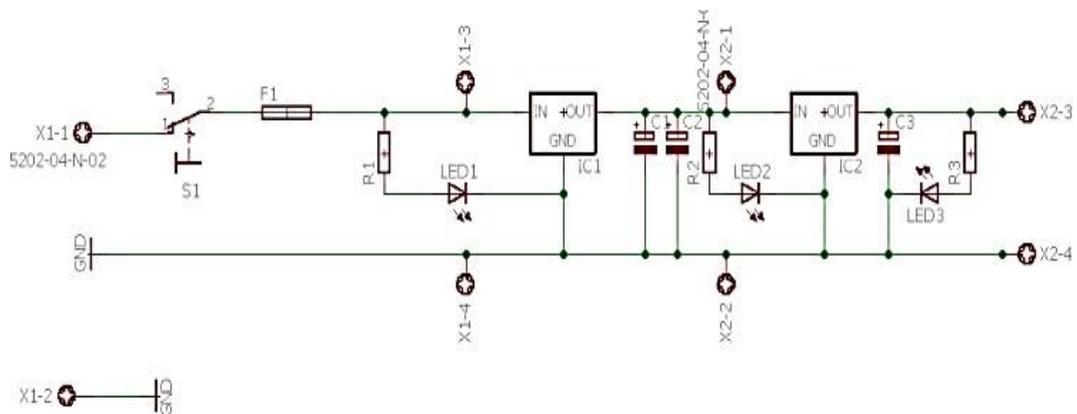
- Kabel power supply ac (220V) dipasang ke terminal L1 dan L2 yang ada pada driver motor servo ac,

- Kaki L11 dipasangkan ke terminal L1 dan kaki L21 dipasangkan ke terminal L2 agar driver motor servo ac aktif (kaki L11 dan L21)



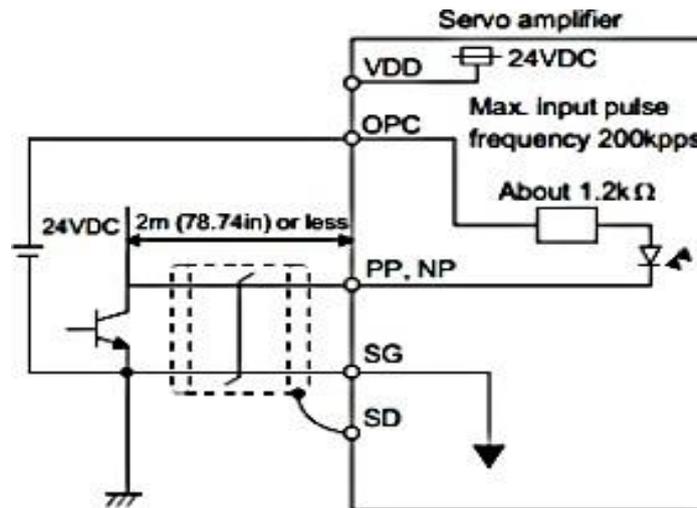
Gambar 3. 4. Kaki L11 dan L21 driver motor servoac MR-J2S 40A (Aris, 2020)

Voltage regulator yang digunakan untuk pembuatan rangkaian sistem kendali meja kerja mesin milling adalah seri 7818 dan 7812. Output voltage regulator yang 12V digunakan untuk menyuplai tegangan ke mikrokontroler. Rangkaian voltage regulator didalamnya terdapat switch, terminal empat kaki, kapasitor 1000 μ f, resistor 470 Ω , led, fuse. Adapun skematis rangkaian dari voltage regulator dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3. 5. . Skematis rangkaian dari voltage regulator (Syukran Harrizal et al., 2017)

Terminal PP dan NP adalah komponen elektronik yang berfungsi untuk input pulse melalui kaki PP dan NP pada konektor CN1A dari mikrokontroler ATmega8535 ke driver motor servo ac. Terminal PP dan NP terdiri dari TIP 122 IDC pin, terminal 4 kaki dan resistor 470 ohm. Skematis rangkaian terminal PP dan NP motor servo motor ac dapat dilihat pada gambar 3.6.

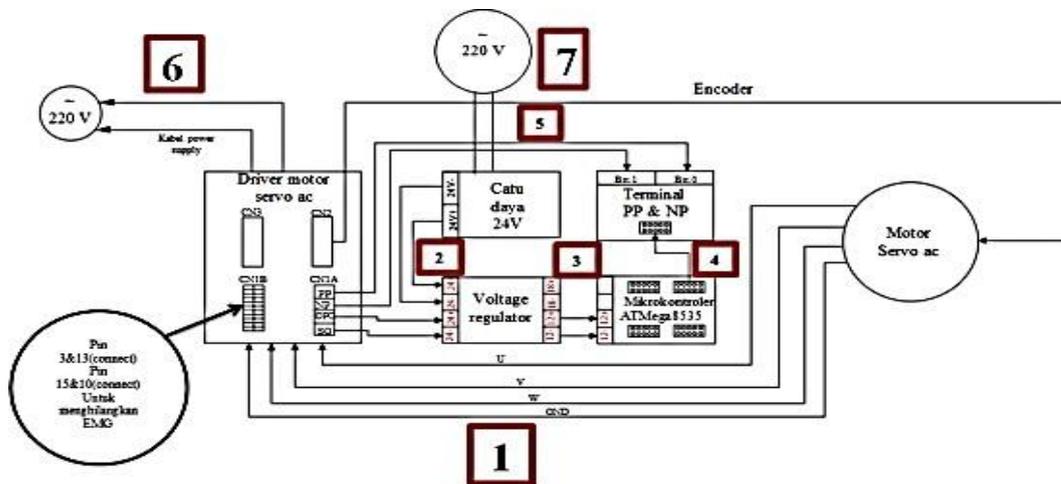


Gambar 3. 6. Rangkaian terminal PP dan NP (Syukran Harrizalet al., 2017)

Power supply yang digunakan adalah catu daya 24V dan 12VDC. Catu daya 24V digunakan untuk menggerakkan motor servo ac dan catu daya 12V digunakan untuk mengaktifkan mikrokontroler. Instalasi sistem pengendali mesin milling otomatis merupakan urutan pemasangan peralatan-peralatan sistem pengendali mesin milling.

Peralatan sistem pengendali yang digunakan pada alat pengendali meja kerja mesin milling adalah catu daya 24V dan catu daya 12V, motor servo ac, driver motor servo ac, terminal PP dan NP, voltage regulator dan mikrokontroler ATmega8535. Urutan pemasangan pada pengendalian gerak meja kerja mesin milling ini digolongkan menjadi 2 bagian yaitu pemasangan rangkaian mekanik dan rangkaian elektronik. Adapun pemasangan rangkaian mekanik meliputi pemasangan motor servo ac pada meja kerja mesin milling. (Iii, n.d.) Setelah rangkaian mekanik pengendalian gerak meja kerja mesin milling dipasang, selanjutnya adalah memasang rangkaian sistem kendali mesinmilling.

Instalasi sistem pengendali gerak meja kerja pada mesin milling dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3. 7. Instalasi rangkaian pengendali pada mesin milling (Iii, n.d.)

Dari gambar 3.7. dapat dijelaskan mengenai instalasi rangkaian pengendali pada mesin milling terdiri dari beberapa tahap antara lain adalah sebagai berikut:

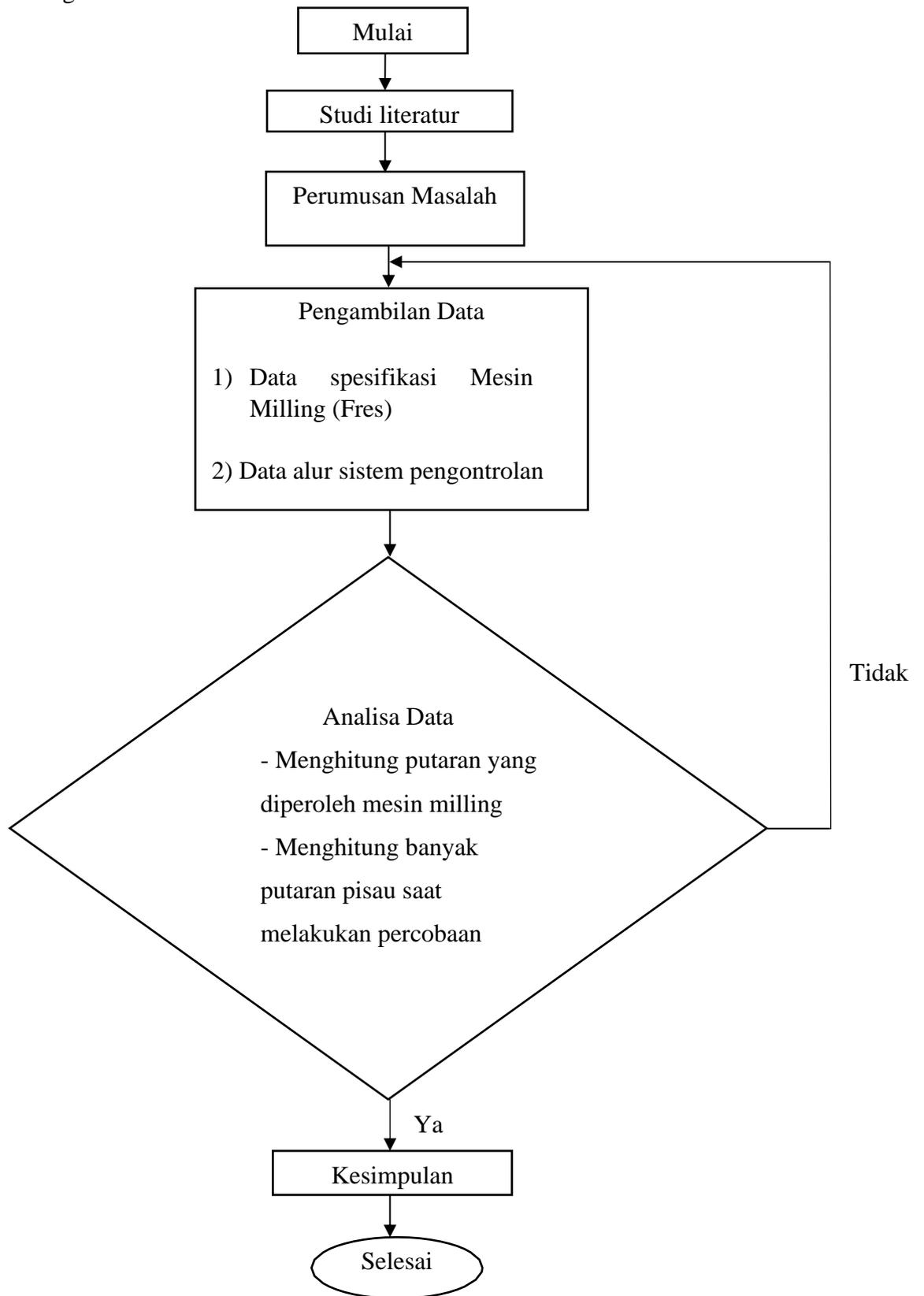
- Driver motor servo ac tipe MR-J2S-40A dipasangkan dengan motor servo actipe HC-KFS43,
- Catu daya 24V dipasangkan dengan voltage regulator,
- Mikrokontroler ATmega 8535 dipasangkan dengan voltage regulator,
- Mikrokontroller ATmega 8535 dipasangkan dengan terminal PP dan NP,
- Terminal PP dan NP dipasangkan ke driver dengan menggunakan CN1A,
- Kabel power supply driver motor servo ac dihubungkan dengan terminal ac220V, dan
- Kabel catu daya 24V dihubungkan dengan terminal ac 220V

Prosedur :

- Menyiapkan alat ukur seperti voltmeter, dan tacho meter.
- Menghidupkan motor secara manual dan otomatis.

- Melihat encoder yang sudah membaca hasil frekuensi.
- Mulai menjalankan mesin yang saat melakukan pengikisan pada bahan kerja.
- Catat waktu yang dibutuhkan selama proses percobaan.
- Hitung hasil kecepatan motor (rpm) dengan hasil yang sudah diketahui.

3.5. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 8. Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Pada penelitian ini, melakukan sebuah percobaan untuk mengetahui sistem pengontrolan mesin yang bekerja saat mengikis benda kerja. Adapun jumlah kutub pada motor mesin *Milling* tersebut memiliki 4 kutub. Dalam penelitian tersebut bahan kerja yang digunakan untuk percobaan ialah plat dengan ketebalan 35 mm dengan panjang 20 cm dan menggunakan mata pisau milling ukuran diameter 15 cm. Diketahui kecepatan putaran pisau 0,25 detik per 1 putaran.

Adapun proses percobaan yang dilakukan meliputi :

- a) Hasil kecepatan motor (rpm)
- b) Hasil frekuensi (Hz)
- c) Hasil waktu yang dibutuhkan (sekon)



Gambar 4. 1. Mesin Milling untuk percobaan

4.2. Pengujian Sistem Pengontrolan

Pengujian perangkat keras yaitu komponen-komponen utama yang digunakan bertujuan untuk mengetahui fungsi dan kinerja tiap komponen apakah sesuai dengan kriteria yang dibutuhkan oleh sistem atau tidak. Pengujian tersebut berkaitan dengan motor yang digunakan pada mesin *milling*.

Adapun motor DC pada mesin ini ada 2 yaitu: Motor penggerak spindel dan motor penggerak meja, pengujian komponen ini bersangkutan juga pada komponen Encoder, Step Counter, dan Inverter.



Gambar 4. 2. Panel Kontrol Mesin Milling

Panel kontrol mesin (Gambar 4.2) berfungsi sebagai pusat pengendalian mesin milling untuk gerakan pada mode operasi manual maupun menjalankan mode operasi Automatic. Panel kontrol ini terdiri dari tombol-tombol yang berfungsi untuk mengoperasikan mesin secara manual, pengendalian alat bantu mesin, pengaturan putaran spindel, pengaturan gerak makan dan tombol perintah menjalankan dan menghentikan pengopersaian.

Sama halnya seperti system integrator, dan relay panel kontrol listrik pun juga dapat dikaitkan dengan sistem otomasi. Hal ini dikarenakan panel ini bisa mengontrol secara otomatis pada sistem kelistrikan. Panel Kontrol Industri Panel Kontrol Otomasi Industri Pada peralatan industri biasanya disebut panel kendali daya, yang seringkali dapat dibagi menjadi panel kendali daya frekuensi menengah dan panel kendali daya frekuensi tinggi.

Papan kontrol catu daya frekuensi menengah biasanya dihubungkan ke catu daya frekuensi menengah thyristor dan digunakan bersama dengan peralatan industri frekuensi menengah lainnya, seperti tungku listrik frekuensi menengah, peralatan mesin pendinginan frekuensi menengah, penempaan frekuensi menengah, dan sebagainya. Papan kontrol frekuensi tinggi yang digunakan dalam catu daya frekuensi tinggi dapat dibagi menjadi IGBT dan KGPS. Karena tipenya yang hemat

energi, papan frekuensi tinggi IGBT banyak digunakan pada mesin frekuensi tinggi. Panel kontrol peralatan industri umum adalah: panel kontrol mesin ukiran batu tulis CNC, panel kontrol mesin pengaturan plastik, panel kontrol mesin pengisian cairan, panel kontrol mesin pemotong mati perekat, panel kontrol mesin bor otomatis, panel kontrol mesin sadap otomatis, mesin pelabelan posisi papan kontrol, papan kontrol mesin pembersih ultrasonik, dll. Panel kontrol industri terdiri dari rangkaian daya atau rangkaian kontrol (atau keduanya) yang menyediakan sinyal yang mengarahkan kinerja mesin atau peralatan. Panel kontrol industri tidak menyertakan daya utama, juga tidak menyertakan peralatan yang dikontrol; sebaliknya, panel dipasang pada panel belakang (atau subpanel) atau di dalam penutup, tergantung pada aplikasinya. Desain panel kontrol industri dimulai dengan mempertimbangkan persyaratan dan spesifikasi desain serta menyiapkan skema, tetapi proses desain bisa jadi cukup rumit untuk memastikan bahwa semua standar peraturan dan persyaratan keselamatan yang berlaku terpenuhi. Pengujian motor DC bertujuan mengetahui output dari motor DC apabila diberi input yang berbeda-beda. Pengujian dilakukan dengan menggunakan memberikan masukan tegangan dan mengukur kecepatan motor serta arus motor yang bekerja pada motor. Berikut adalah hasil pengujian yang dilakukan pada kedua motor DC yang digunakan. Pengujian dan pembahasan dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara perancangan awal sistem terhadap alat yang akan dihasilkan, apakah sistem dapat bekerja dengan baik atau tidak.

Pengujian yang dilakukan secara bertahap per blok-blok sistem dan pengujiannya secara keseluruhannya. Pengujian dimulai dengan memastikan setiap komponen yang digunakan dalam kondisi bagus (dapat bekerja dengan baik), kemudian mengecek setiap jalur yang terhubung dengan komponen yang digunakan telah terkoneksi, dimana rangkaiannya disesuaikan dengan gambar skematiknya. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian push button, pengujian motor DC gearbox, dan motor servo. Untuk dapat mengetahui dan memastikan rangkaian mampu bekerja sesuai dengan yang diharapkan, maka terlebih dahulu dilakukan langkah pengujian dan mengamati langsung jalur-jalur serta komponen-komponen pada tiap-tiap rangkaian yang telah dibuat. Karena dari hasil pengukuran ini dapat diketahui apakah rangkaian yang telah dibuat bekerja dengan baik ataupun tidak.

4.3. Stepcounter NC

Ciri utama dari STEP-NC yaitu memiliki struktur data tingkat tinggi (high-level) dan berorientasi objek. Tidak seperti ISO 6983 (Kode-G) dimana bagian program yang ditulis untuk menggambarkan gerakan dan fungsi sederhana dari spindel, antarmuka STEP-NC mampu bekerja dengan kaya akan informasi seperti fitur-fitur manufaktur, multi operasi seperti penghalusan (finishing) dan pengkasaran (roughing), kemampuan mesin perkakas, daya penggerak motor, efisiensi mekanik, strategi pemesinan, informasi perkakas potong dan sifat benda kerja. Pengalaman ini yang perlu dipertahankan dan diinformasikan kembali ke tingkat desainer dan perencana proses sehingga meningkatkan hubungan komunikasi antara desain dan departemen manufaktur.

Dengan menyediakan model data yang lengkap dan terstruktur maka tidak ada informasi yang hilang. Post-prosesor untuk mengadaptasi kode spesifik dari program NC pada berbagai mesin tidak lagi diperlukan. Selain itu, konten STEPNC yang kaya akan informasi ini memberikan fleksibilitas yang lebih tinggi dalam melakukan koreksi-koreksi yang diinginkan pada menit-menit terakhir misalnya, ketika pahat patah dan perlu untuk diganti. Keuntungan dari sistem pengendali ini adalah untuk memungkinkan optimasi selama proses pemesinan, untuk mempersingkat waktu mesin dan meningkatkan kualitas produk.

Aliran data proses ditujukan pada Struktur STEP-NC memungkinkan informasi yang kaya tentang pengoperasian mesin yang akan diambil dan disimpan. Informasi ini penting untuk mendukung perencanaan dinamis dan memperoleh parameter pengikisan yang optimal. STEP-NC Interpreter menerjemahkan file ke CMC. Untuk mengeksekusi CMC, CNC Controller dikembangkan. CNC kontroler bertindak sebagai penghubung antara perencana proses yang disajikan dalam STEP-NC data dengan tujuan untuk memberikan proses optimasi pemesinan adaptif otomatis dan proses pembaan yang akurat dari STEP-NC.



Gambar 4.3. Hasil STEP-NC Pengujian Otomatis



Gambar 4.4. Hasil STEP-NC Pengujian Manual

Keterangan :

Rumus Kecepatan motor (rpm) :

Frekuensi (Hz). $120 / P$

Dimana :

N_s = Kecepatan motor (rpm)

F = Frekuensi (Hz)

P = Jumlah kutup motor

Tabel 4. 1. Pengujian 1

- Otomatis

Pengikisan / mm	Kecepatan / rpm	Frekuensi / Hz	Waktu / sekon
5 mm	150.3 rpm	5.01 Hz	09.15 Menit

Pada tabel 4.1 pengujian 1 yang bekerja secara otomatis dengan pengikisan sebesar 5 mm dapat saya ketahui frekuensi dan waktu yang dibutuhkan saat melakukan pengujian ini.

Diketahui : $F = 5.01 \text{ Hz}$,

$$P = 4 \text{ kutub}$$

Kecepatan (rpm) : Frekuensi (Hz). $120 / P$

$$= 5.01 \text{ Hz} \times 120 / 4$$

$$= 150.3 \text{ (rpm)}$$

Diketahui juga kecepatan putaran pisau 0,25 detik per satu putaran. Waktu yang dibutuhkan pada pengujian 1 otomatis ialah 09.15 menit atau 555 detik (sekon). Jadi jumlah dari putaran alat kerja pengujian tersebut adalah : 555 detik dibagi 0,25 = 2.220 putaran untuk dapat menyelesaikan bahan kerja pada pengujian tersebut.

Tabel 4. 2. Pengujian 1

- Manual

Pengikisan / mm	Kecepatan / rpm	Frekuensi / Hz	Waktu / sekon
5 mm	130.8 (rpm)	4.36 Hz	07.43 Menit

Pada tabel 4.2 pengujian 1 yang bekerja secara manual dengan pengikisan sebesar 5 mm dapat saya ketahui frekuensi dan waktu yang dibutuhkan saat melakukan pengujian ini.

Diketahui : $F = 4.36 \text{ Hz}$,

$$P = 4 \text{ kutub}$$

Kecepatan (rpm) : $\text{Frekuensi (Hz)} \cdot 120 / P$

$$= 4.36 \text{ Hz} \times 120 / 4$$

$$= 130.8 \text{ (rpm)}$$

Diketahui juga kecepatan putaran pisau 0,25 detik per satu putaran. Waktu yang dibutuhkan pada pengujian 1 manual ialah 07.43 menit atau 463 detik (sekon). Jadi jumlah dari putaran alat kerja percobaan tersebut adalah : 463 detik dibagi 0,25 = 1.852 putaran untuk dapat menyelesaikan bahan kerja pada pengujian tersebut.

Tabel 4. 3. Pengujian 2

- Otomatis

Pengikisan / mm	Kecepatan / rpm	Frekuensi / Hz	Waktu / Sekon
3 mm	188.7 (rpm)	6.29 Hz	06.58 Menit

Pada tabel 4.3 pengujian 2 yang bekerja secara otomatis dengan pengikisan sebesar 3 mm dapat saya ketahui frekuensi dan waktu yang dibutuhkan saat melakukan pengujian ini.

Diketahui : $F = 6.29 \text{ Hz}$,

$$P = 4 \text{ kutub}$$

Kecepatan (rpm) : $\text{Frekuensi (Hz)} \cdot 120 / P$

$$= 6.29 \text{ Hz} \times 120 / 4$$

$$= 188.7 \text{ (rpm)}$$

Diketahui juga kecepatan putaran pisau 0,25 detik per satu putaran. Waktu yang dibutuhkan pada pengujian 2 otomatis ialah 06.58 menit atau 418 detik (sekon). Jadi jumlah dari putaran alat kerja pengujian adalah : 418 detik dibagi 0,25 = 1.627 putaran untuk dapat menyelesaikan bahan kerja pada pengujian tersebut.

Tabel 4. 4. Pengujian 2

- Manual

Pengikisan / mm	Kecepatan / rpm	Frekuensi / Hz	Waktu / Sekon
3 mm	162.3 (rpm)	5.41 Hz	04.21 Menit

Pada pengujian 2 yang bekerja secara manual dengan pengikisan sebesar 3 mm dapat saya ketahui frekuensi dan waktu yang dibutuhkan saat melakukan pengujian ini.

Diketahui : $F = 5.41 \text{ Hz}$

$$P = 4 \text{ kutub}$$

Kecepatan (rpm) : Frekuensi (Hz). $120 / P$

$$= 5.41 \text{ Hz} \times 120 / 4$$

$$= 162.3 \text{ (rpm)}$$

Diketahui juga kecepatan putaran pisau 0,25 detik per satu putaran. Waktu yang dibutuhkan pada pengujian 2 manual ialah 04.21 menit atau 261 detik (sekon). Jadi jumlah dari putaran alat kerja pengujian tersebut adalah : 261 detik dibagi 0,25 = 1.044 putaran untuk dapat menyelesaikan bahan kerja pada pengujian tersebut.

Tabel 4. 5. Pengujian 3

- Otomatis

Pengikisan / mm	Kecepatan / rpm	Frekuensi / Hz	Waktu / sekon
1 mm	235.8 (rpm)	7.86 Hz	05.55 Menit

Pada pengujian 3 yang bekerja secara otomatis dengan pengikisan sebesar 1 mm dapat saya ketahui frekuensi dan waktu yang dibutuhkan saat melakukan pengujian ini.

Diketahui : $F = 7.86 \text{ Hz}$,

$$P = 4 \text{ kutub}$$

Kecepatan (rpm) : Frekuensi (Hz). $120 / P$

$$= 7.86 \text{ Hz} \times 120 / 4$$

$$= 235.8 \text{ (rpm)}$$

Diketahui juga kecepatan putaran pisau 0,25 detik per satu putaran. Waktu yang dibutuhkan pada pengujian 3 otomatis ialah 05.55 menit atau 355 detik (sekon). Jadi jumlah dari putaran alat kerja pengujian tersebut adalah : 355 detik dibagi 0,25 = 1.420 putaran untuk dapat menyelesaikan bahan kerja pada pengujian tersebut.

Tabel 4. 6. Pengujian 3

- Manual

Pengikisan / mm	Kecepatan / rpm	Frekuensi / Hz	Waktu / sekon
1 mm	183.9 (rpm)	6.13 Hz	04.00 Menit

Pada pengujian 3 yang bekerja secara manual dengan pengikisan sebesar 1 mm dapat saya ketahui frekuensi dan waktu yang dibutuhkan saat melakukan pengujian ini.

Diketahui : $F = 6.13 \text{ Hz}$

$P = 4$ kutub

Kecepatan (rpm) : Frekuensi (Hz). $120 / P$

$$= 6.13 \text{ Hz} \times 120 / 4$$

$$= 183.9 \text{ (rpm)}$$

Diketahui juga kecepatan putaran pisau 0,25 detik per satu putaran. Waktu yang dibutuhkan pada pengujian 3 manual ialah 04.00 menit atau 240 detik(sekon). Jadi jumlah dari putaran alat kerja pengujian tersebut adalah : 240 detik dibagi 0,25 = 960 putaran untuk dapat menyelesaikan bahan kerja pada pengujian tersebut.

Tabel 4. 7. Pengujian 4

- Otomatis

Pengikisan / mm	Kecepatan / rpm	Frekuensi / Hz	Waktu / sekon
7 mm	128.1 (rpm)	4.27 Hz	09.58 Menit

Pada pengujian 4 yang bekerja secara otomatis dengan pengikisan sebesar 7 mm dapat saya ketahui frekuensi dan waktu yang dibutuhkan saat melakukan pengujian ini.

Diketahui : $F = 4.27 \text{ Hz}$

$P = 4$ kutub

Kecepatan (rpm) : Frekuensi (Hz). $120 / P$

$$= 4.27 \text{ Hz} \times 120 / 4$$

$$= 128.1 \text{ (rpm)}$$

Diketahui juga kecepatan putaran pisau 0,25 detik per satu putaran. Waktu yang dibutuhkan pada pengujian 4 otomatis ialah 09.58 menit atau 598 detik (sekon). Jadi jumlah dari putaran alat kerja pengujian tersebut adalah : 598 detik dibagi 0,25 = 2.392 putaran untuk dapat menyelesaikan bahan kerja pada pengujian tersebut.

Tabel 4. 8. Pengujian 4

- Manual

Pengikisan / mm	Kecepatan / rpm	Frekuensi / Hz	Waktu / sekon
7 mm	107.4 (rpm)	3.85 Hz	08.13 Menit

Pada pengujian 4 yang bekerja secara manual dengan pengikisan sebesar 7 mm dapat saya ketahui frekuensi dan waktu yang dibutuhkan saat melakukan pengujian ini.

Diketahui : $F = 3.58 \text{ Hz}$

$P = 4 \text{ kutub}$

Kecepatan (rpm) : Frekuensi (Hz). $120 / P$

$$= 3.58 \text{ Hz} \times 120 / 4$$

$$= 107.4 \text{ (rpm)}$$

Diketahui juga kecepatan putaran pisau 0,25 detik per satu putaran. Waktu yang dibutuhkan pada pengujian 4 manual ialah 08.13 menit atau 493 detik(sekon). Jadi jumlah dari putaran alat kerja pengujian tersebut adalah : 493 detik dibagi 0,25 = 1.972 putaran untuk dapat menyelesaikan bahan kerja pada pengujian tersebut.

Tabel 4. 9. seluruh pengujian secara otomatis.

Pengikisan / mm	Kecepatan / rpm	Frekuensi / Hz	Waktu / sekon	Hasil putaran spindel. 0.25 s / 1 putaran
5 mm	150.3 rpm	5.01 Hz	09.15 Menit	2.220 putaran
3 mm	188.7 (rpm)	6.29 Hz	06.58 Menit	1.627 putaran
1 mm	235.8 (rpm)	7.86 Hz	05.55 Menit	1.420 putaran
7 mm	128.1 (rpm)	4.27 Hz	09.58 Menit	2.392 putaran

Tabel 4. 10. seluruh pengujian secara manual.

Pengikisan / mm	Kecepatan / rpm	Frekuensi / Hz	Waktu / sekon	Hasil putaran spindel. 0.25 s / 1 putaran
--------------------	--------------------	-------------------	------------------	--

5 mm	130.8 (rpm)	4.36 Hz	07.43 Menit	1.852 putaran
3 mm	162.3 (rpm)	5.41 Hz	04.21 Menit	1.044 putaran
1 mm	183.9 (rpm)	6.13 Hz	04.00 Menit	960 putaran
7 mm	107.4 (rpm)	3.85 Hz	08.13 Menit	1.972 putaran

Dari semua hasil pengujian 1, 2, 3, dan 4 otomatis maupun manual banyak perbedaan hasil kecepatan pada motor dikarenakan besarnya pengikisan dalam pengujian tersebut. Efisiensi dari motor pada mesin milling yang sedang bekerja bisa saya lihat dari hasil-hasil yang sudah di data. Banyak perbandingan antara besarnya kecepatan, frekuensi dan waktu dalam suatu pengujian dikarenakan putaran mesin yang sedang bekerja sangat baik mengatur kecepatan motor yang diinginkan. Semakin besar pengikisan pada setiap proses pembuatan bahan kerja menggunakan sistem secara otomatis maka semakin pelan pula putaran motor, dengan hasil frekuensi juga semakin kecil dan waktu dalam percobaan juga semakin lama.

Berbeda pula dengan hasil dari sistem manual, setiap percobaan besarnya pengikisan proses pembuatan bahan kerja putaran motor dan waktu ditentukan dari setiap operator tersebut dan hasil frekuensi sistem otomatis maupun manual setiap hasilnya akan tertera pada encoder.

4.4. Perbedaan Hasil Dari Pengujian Manual dan otomatis

a) Pengujian secara manual

Pengujian secara manual memerlukan operator terlatih untuk memposisikan benda kerja dan memilih alat kerja. Biasanya, alat ini menggunakan baja kecepatan tinggi (HSS) yang mengandung kromium, tungsten, vanadium, dan karbon. Sistem operasi untuk menggerakkan cutter pada spindel dan meja pada pengujian ini harus dibantu oleh manusia (operator) sehingga cukup memakan waktu lebih cepat. Untuk proses milling tetap menggunakan mesin tapi operator harus memperhatikan kerja mesin dengan teliti agar hasil milling tidak berantakan.

Dari segi mata spindel yang digunakan dalam proses pengerjaan secara manual rentan terjadinya kerusakan dan tidak bertahan lama pemakaian. Lebih

kurang dari banyaknya digunakan operator secara manual dalam proses pengerjaan 3 kali sampai 5 kali ganti mata spindel tersebut dalam seminggu dan banyak memakan biaya dalam proses pengerjaan ini.

b) Pengujian secara otomatis

Sedangkan untuk pengujian secara otomatis proses penggerakan cutter dan meja ini dijalankan oleh sistem yang diterapkan pada mesin itu sendiri. Berarti segala proses pengujian diatur dan dikerjakan menggunakan program yang sudah terintegrasi dengan mesin. Hasil pengujian dari sistem otomatis biasanya lebih rapih dan lebih akurat dibandingkan secara sistem manual. Dengan itu pula kita mampu memakan waktu lebih lama dalam produksi, Menghindari kesalahan kerja yang dilakukan oleh operator atau bisa disebut (human error), Menghemat pengeluaran untuk membayar para pekerja, Lebih tahan lama dibandingkan dengan proses pengujian manual, serta Tingkat akurasi yang sangat tinggi. Bisa dilihat dari proses pengerjaan otomatis ini mata spindel tidak gampang rusak dan lebih tahan lama untuk digunakan, biasanya pun seminggu mata spindel cuman ganti hanya sekali.

Jika dilihat dari segi keamanan kerja, tentunya kedua pengujian ini beresiko menimbulkan kecelakaan dalam proses pembuatan alat kerja, tapi pengujian secara otomatis lebih minim menimbulkan kecelakaan karena tidak melibatkan banyak tangan manusia (operator) dalam sistem pengerjaannya.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian, pengujian dan analisisnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan tentang Analisis Sistem Kerja Pengontrolan Mesin Milling Yang Bekerja Secara Otomatis Menggunakan Step Counter. Yang dibuat oleh penulis yaitu sebagai berikut :

1. Analisa sistem pengontrolan mesin milling berhasil dilakukan dengan cara menghitung dan mengukur kecepatan (speed) pada motor yang sedang melakukan pengikisan pada bahan kerja.
2. Dari semua hasil percobaan 1, 2, 3, dan 4 otomatis maupun manual banyak perbedaan hasil kecepatan (rpm), frekuensi (Hz), dan waktu (sekon) pada motor dalam proses pengerjaan dikarenakan besarnya pengikisan dalam percobaan.
3. Efisiensi dari sistem kerja dari inverter dan encoder pada mesin milling yang sedang bekerja bisa saya lihat dari hasil-hasil yang sudah di data. Setiap komponen bekerja sangat baik membaca dan mengatur kecepatan yang berubah-ubah dari hasil percobaan pada sistem stepcounter.

5.2. Saran

Setelah melakukan penelitian, pengujian dan analisisnya, maka dapat diambil beberapa saran tentang Analisis Sistem Pengontrolan Mesin Milling Yang Bekerja Secara Otomatis Menggunakan Step Counter. Yang dibuat oleh penulis yaitu sebagai berikut :

1. Dibutuhkan pengembangan dari sistem mesin milling agar proses pembuatan bahan kerja lebih efisiensi dan relatif mudah.
2. Setiap mesin milling yang digunakan sehari-hari harus sering dilakukan pengontrolan dan perawatan agar tidak mudah terjadinya kerusakan pada komponen pengontrolan maupun alat-alat kerja lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriana, A., Prianto, B., & Rahayu, D. M. (2017). Analisa Kelayakan Mesin Milling F3 Dengan Pengujian Ketelitian Geometrik. *Politeknologi*, 14(3).
- Aris, M. T. (2020). *Efektifitas Kinerja Mesin Cnc 5 Axis Portable Karya Mahasiswa Terhadap Mesin Milling Konvensional*. 1–117.
- Awalliyah, A. (2016). = 2 μ m. *Penelitian ini menggunakan bentuk kaki orang normal serta belum ada penambahan pengaturan strategy pra toolpath leads and links*. 5.
- Awalliyah, A., Ikhwan, H., Nugiasari, V., & Zainul, R. (2018). Prinsip Dasar Milling Dalam Sintesis Material. *Laboratorium Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Padang, Indonesia*, 1(21), 1–15. <https://osf.io/preprints/inarxiv/9xsq/>
- D. Rahdiyanta. (2017). *Teknik Pemesinan Proses Frais*. <https://gurupujaz.wordpress.com/2018/02/14/proses-pemesinan-frais-milling-machine-process/>
- Dahlan, B. Bin. (2017). Sistem Kontrol Penerangan Menggunakan Arduino Uno Pada Universitas Ichsan Gorontalo. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 9(3), 282–289. <https://doi.org/10.33096/ilkom.v9i3.158.282-289>
- Evalina, N., Susilo, J., & Amiruddin, A. (2024). PERANCANGAN SISTEM MONITORING SUHU DAN GETARAN PADA BEARING DAPAT MOTOR INDUKSI BERBASIS HMI. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 6(2), 135-139.
- Evalina, N., Azis, A., & Zulfikar, Z. (2018). Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable Logic Controller. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 3(2), 73-80.
- Eriyuliuselvys, & Duddyarisandi. (2017). Retrofit mesin milling manual Z7632 le sistim CNC Milling. *Semantik*, 236, 271.
- Gultom, A., Pppptk, W., & Bandung, B. (n.d.). *ANALISIS SISTEM KONTROL SPECIAL MILLING MACHINE BERBASIS PLC* Anton Gultom Widyaiswara

PPPPTK BMTI Bandung.

Hafid, A. (2008). *Uji Awal Upgrade Mesin Frais Konvensional Menjadi Mesin Frais Cnc Berbasis Pc*. 12(1),

2228.jurnal.batan.go.id/index.php/sigma/article/view/2931

Hermana, R., Setyoadi, Y., & Fahrur Aza, M. (2022). Kaji Eksperimental Perbandingan Ketelitian Mesin Cnc Milling Dengan Kontrol Smc Dan Mesin Cnc Milling Dengan Kontrol Esp32 Wifi. *Majalah Ilmiah Gema Maritim*, 24(2), 105–113. <https://doi.org/10.37612/gema-maritim.v24i2.299Ii>,
B. A. B. (1995). *1 Bab Ii Teori Dasar*. 5–29.

Iii, B. A. B. (n.d.). *Bab III. Pengendalian Gerak Meja Kerja Mesin Frais*. 18–30.

Los, U. M. D. E. C. D. E. (n.d.).

Mujiono. (2016). Pengaruh Kecepatan Putaran Spindel dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja EMS 45 Pada Proses End Milling Surface. *Teknik Mesin*, 1, 33–34.

Romiyadi, & Azriadi, E. (2013). Pengaruh Kemiringan Spindel Dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Getaran Mesin Frais Universal Knuth UFM 2. *Kemiringan, Pengaruh Dan, Spindel Pemakanan, Kecepatan*, 8(1), 31–36.

Schwarz, P., Body, J. J., Cáp, J., Hofbauer, L. C., Farouk, M., Gessl, A., Kuhn, J. M., Marocci, C., Mattin, C., Muñoz Torres, M., Payer, J., Van De Ven, A., Yavropoulou, M., Selby, *European Journal of Endocrinology*, 171(6), 727–735. <https://eje.bioscientifica.com/view/journals/eje/171/6/727.xml>

Seminar, P., Sains, N., Doi, T., Tempat, A., Akhir, P., Mulyo, G., Kabupaten, J., Fuel, R. D., Sampah, T. P. A., Teknik, F., & Wahid, U. (2019). 13 | Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 13–19. Sulaiman. (n.d.). (5).pdf.

Sinaga, J. D., Evalina, N., Pasaribu, F. I., Zambak, M. F., & Rizky, F. (2024). Analisa Sistem Pengendalian Pada PCB Automatic Voltage Regulator. *Journal of Telecommunication and Electrical Scientific*, 1(02), 65–73.

- Sulaiman. (2021). "Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Pelubangan Material ASTM 485-A Dengan Menggunakan Pahat Karbida," (Universitas Hasanuddin, Makasar).
- Syukran Harrizal, 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), 1.
- Tarage, F. P. O., & VAN HARLING, V. N. (2020). Analisis Perbandingan Kecepatan Dan Hasil Pemotongan Baja Lunak Jenis St-37 Dengan Menggunakan Pisau Pahat Hss Dan Caribida. *Soscied*, 3(1), 14–19. <https://doi.org/10.32531/jsoscied.v3i1.181>
- Wijanarka, Bs. (2012). *Modul Teknik Pemesinan Frais CNC untuk Mahasiswa SMK Materi*. 1–40.
- Zulfikar, Z., Evalina, N., & Arfis, A. (2019). Penggunaan Inverter 3G3MX2 Untuk Merubah Kecepatan Putar Motor Induksi 3 Phasa. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 4(2), 93-95.

LAMPIRAN





UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)

FAKULTAS TEKNIK-TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Aldian Syafrandi
NPM : 197220006
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Analisis Sistem Pengontrolan Mesin Milling yang Bekerja Secara Otomatis Menggunakan Step Counter Pada PT. Dwimitra Jaya Abadi

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1)	17 Juli/2023 Senin	Perbaiki Tujuan, Perbanyak referensi, Saksi paragraf dgn mana jurnal lebih konsisten, Cantumkan referensi dan gambar, Perbaiki diagram Air.	3l
2)	22 Juli/2023 Sabtu	Perbaiki tujuan, Urah kata dan 2.2.4, Perbaiki diagram Air.	3l
3)	30 Juli/2023 Sabtu	Buat Gambar Design Pengantunan Secara Skematik.	3l
4)	10 Agustus/2023 Kamis	Gambar ulang sk rangkaian skematisnya.	3l
5)	12 Agustus/2023 Sabtu	Perbaiki Daftar Pustaka Acc Seminar Proposal 10/8-2023	3l

Mengetahui,
Pembimbing

3/1/2023

Muhammad Fitra Zambak S.T., M.Sc., Ph.D



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)

FAKULTAS TEKNIK-TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Aldian Syafrandi
NPM : 197220006
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Analisis Sistem Pengontrolan Mesin Milling yang Bekerja Secara Otomatis Menggunakan Step Counter Pada PT. Dwimitra Jaya Abadi

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1	11-06 2024	Parabandhi yg kti kandi	3/
2	12/06	Grafik	2/
3	13/06	Tata letak chi kmb5.	3/
9	14/06		8
		Ace seminar 13/06 2024	3/1/24

Mengetahui,
Pembimbing

Muhammad Fitra Zambak, S.T., M.Sc., Ph.D



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)

FAKULTAS TEKNIK-TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Aldian Syafrandi
NPM : 197220006
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Analisis Sistem Pengontrolan Mesin Milling yang Bekerja Secara Otomatis Menggunakan Step Counter Pada PT. Dwimitra Jaya Abadi

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1.	07/Absst 2024	Perbaiki yang ditandai	31
2.	05/Absst 2024	Gambar ulang Grafik	31
3.	06/Absst 2024	Perbaiki susunan penulisan	31
4.	09/Absst 2024	Perjelas Rumus Kecepatan yang digunakan	31
5.	10/Absst 2024	SINGKRONISAN ukuran gambar	31
6.	11/Absst 2024	.	31

Ace 91dony
12/8/2024

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Muhammad Fitra Zambak, S.T, M.Sc., Ph.D

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Aldian Syafrandi
Alamat : JL. Platina VII D Ling. I, Kel. Titipapan, Kec.
Medan Deli, Kota Medan
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Umur : 22 Tahun
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Tempat, Tgl. Lahir : Medan, 07 Mei 2002
Tinggi/Berat Badan : 177 Cm/59 Kg
Kewarganegaraan : Indonesia
No. Hp : 0895700268232
Email : aldiansyafrandi@gmail.com

ORANG TUA

Nama Ayah : Syafrizal
Agama : Islam
Nama Ibu : Nur Fadillah
Agama : Islam
Alamat : JL. Platina VII D Ling. I, Kel. Titipapan, Kec.
Medan Deli, Kota Medan

LATAR BELAKANG PENDIDIKAN

2007-2013 : SDN 067253
2013-2016 : SMPN 43 Medan
2016-2019 : SMK Negeri Binaan Provinsi Sumatera Utara
2019-2024 : Tercatat Sebagai Mahasiswa Program Studi Teknik
Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara (UMSU)