

ANALISIS PEMBUATAN MESIN MINI MILLING SKALA LAB UNTUK Pengerjaan PLAT DWIKUTUB

SEMINAR HASIL

OLEH:

**VICKY FRANS MALAU
198130094**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 6/8/25

Access From (repository.uma.ac.id)6/8/25

HALAMAN JUDUL

ANALISIS PEMBUATAN MESIN MINI MILLING SKALA LAB UNTUK Pengerjaan PLAT DWIKUTUB

SEMINAR HASIL

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh:

VICKY FRANS MALAU
198130094

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Analisis Pembuatan Mesin Mini Milling Skala Lab
untuk Pengerjaan Plat Dwikutub

Nama Mahasiswa : Vicky Frans Malau

NIM : 198130094

Fakultas : Teknik

Disetujui oleh
Komisi Pembimbing
(Dr. Iswandi, ST, MT)
Pembimbing

(Dr. Eng. Supriatno, ST, MT)
Dekan
FAKULTAS TEKNIK

(Dr. Iswandi, ST, MT)
Ka. Prodi
PRODI TEKNIK

Tanggal Lulus: 21 Maret 2025

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 06 Mei 2025



Vicky Frans Malau
198130094

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan di bawah ini.

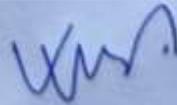
Nama : Vicky Frans Malau
NPM : 198130094
Program Studi : Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis pembuatan mesin mini milling skala lab untuk pengerjaan plat dwikutub. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), Merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di :

Medan, Pada Tanggal : 2024

Yang menyatakan

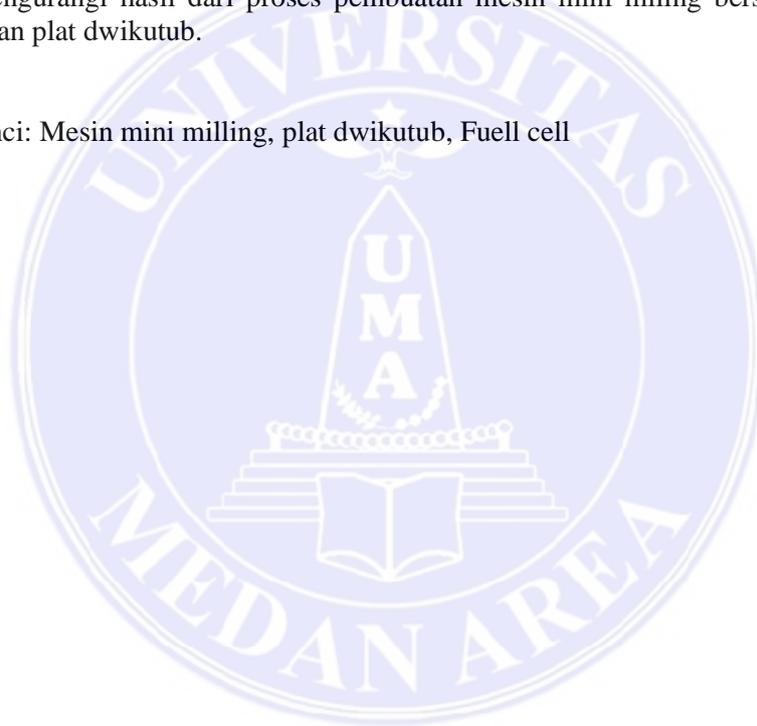


Vicky Frans Malau

ABSTRAK

Mesin Mini milling merupakan mesing yang berteknologi komputer dalam proses menjalankan mesin nya, mesin mini milling sangat populer di kalangan industry maupun perusahaan yang bergerak di bidang seni ukir maupun proses pemotongan seerta industry pembubutan. Mesin mini milling yang di gunakan adalah mesin mini milling skala lab untuk pengerjaan plat dwikutub, untuk mendapatkan hasil yang lebih efesiensi dengan ukuran benda kerja yang di kerjakan berskala lab. Kualitas dan efesiensi mesin mini milling berskala lab dengan pengerjaan plat dwikutub berbasis komputer dan mengetahui perawatan yang di perlukan untuk menjaga kinerja mesindalam jangka Panjang. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan mencatat dan menganalisi proses proses pembuatan masing masing bahan untuk membuat mesin mini milling serta mengalisi bahan bahan yang digunakan dalam pembuatan mesin mini milling berskala lab untuk pengerjaan plat dwikutub. Komponen penyusun mesin mini milling juga bisa menggunakan bahanbahan fuell cell yang lebih ramah lingkungan tidak mengurangi hasil dari proses pembuatan mesin mini miling berskala lab dengan pengerjaan plat dwikutub.

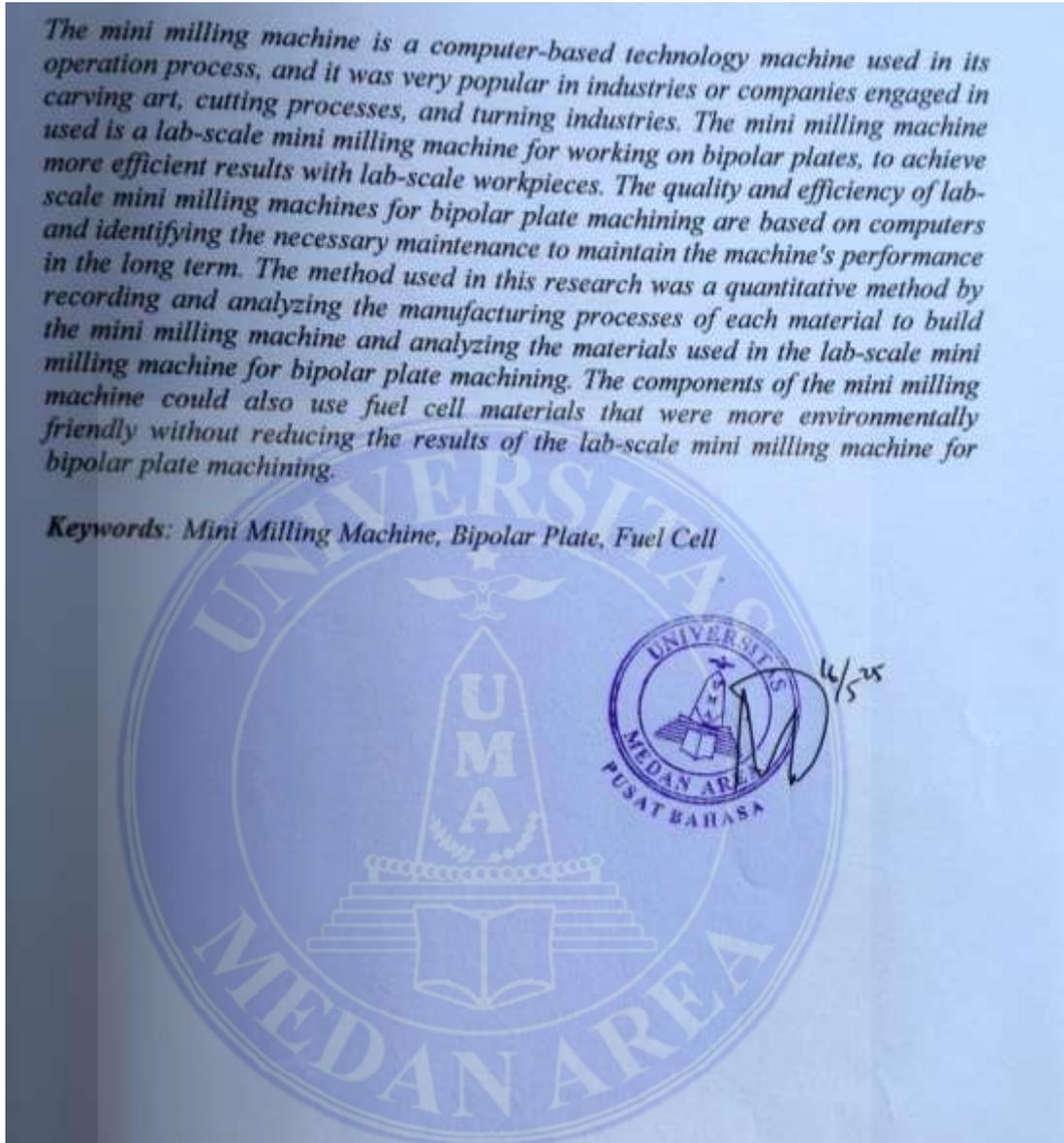
Kata kunci: Mesin mini milling, plat dwikutub, Fuell cell



ABSTRACT

The mini milling machine is a computer-based technology machine used in its operation process, and it was very popular in industries or companies engaged in carving art, cutting processes, and turning industries. The mini milling machine used is a lab-scale mini milling machine for working on bipolar plates, to achieve more efficient results with lab-scale workpieces. The quality and efficiency of lab-scale mini milling machines for bipolar plate machining are based on computers and identifying the necessary maintenance to maintain the machine's performance in the long term. The method used in this research was a quantitative method by recording and analyzing the manufacturing processes of each material to build the mini milling machine and analyzing the materials used in the lab-scale mini milling machine for bipolar plate machining. The components of the mini milling machine could also use fuel cell materials that were more environmentally friendly without reducing the results of the lab-scale mini milling machine for bipolar plate machining.

Keywords: Mini Milling Machine, Bipolar Plate, Fuel Cell

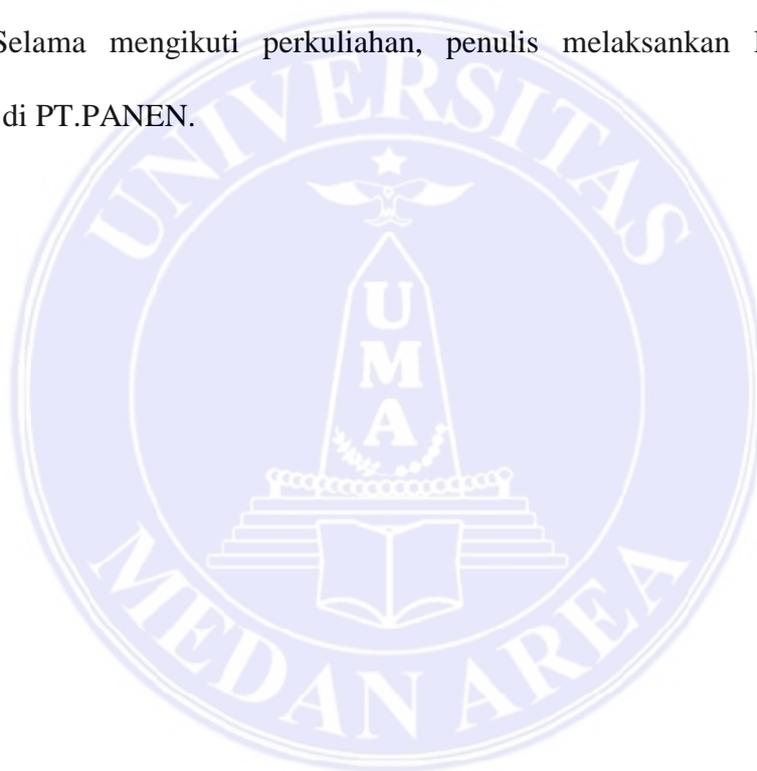


RIWAYAT HIDUP

Penulis ini dilahirkan di UJUNG BATU III, 26 April 2000 dari Bapak James Tukkot Hamonangan Malau dan Ibu Suryani BR Saragih. Penulis Merupakan putra kedua dari tiga bersaudara.

Tahun 2018 penulis lulus dari SMK Negeri 1 Sosa dan Pada Tahun 2018 Terdaftar Sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Selama mengikuti perkuliahan, penulis melaksanakan Program Kerja Praktek di PT.PANEN.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuninya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang di pilih dalam penelitian ini ialah Mesin Mini Milling dengan judul Anlisi Pembuatan Mesin Mini Milling Skala Lab Untuk Pengerjaan Plat Dwikutub.

Terima kasih penulis sampaikan kepada bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M,Eng, Msc., selaku rector Universitas Medan Area. Bapak Dr. Eng. Supriatno, S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Bapak Dr. Iswandi, ST, MT. selaku Ketua Progam Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area, Bapak Dr. Isawandi, ST, MT. selaku Dosen pembimbing yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya, ungkapan terimakasih juga di sampaikan kepada saudara kandung saya dan teman teman yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian.

Penulis

Vicky Frans Malau
98130094

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
ABSTRAK	v
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABLE.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Hipotesis Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Sejarah Mesin Milling.....	5
2.2. Pengertian Mesin Milling.....	6
2.3. Fungsi Mesin Milling.....	6
2.4. Jenis-jenis Mesin Milling.....	8
2.5. Komponen Atau Bagian dari Mesin Milling.....	13
2.6. Prinsip Kerja Mesin Milling.....	15
2.7. Proses Permesinan	22
2.8. Pengukuran	34
2.9. Pemotongan.....	35
2.10. Penggambaran.....	37
2.11. Perakitan	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	42
3.1. Tempat dan Waktu	42
3.2. Bahan dan Alat.....	43
3.3. Metode Penelitian	55
3.4. Populasi dan Sampel	56
3.5. Prosedur Kerja.....	56
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	59
4.1. Hasil	59
4.2. Meja Mesin	68
4.3. Dudukan Rangka mesin CNC 3018.....	72
4.4. Perawatan Mesin <i>Mini Milling</i>	73
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	80
5.1. Simpulan	80
5.2. Saran	81
DAFTAR PUSTAKA	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kecepatan Mesin Bubut	27
Tabel 3.1. Waktu Kegiatan Penelitian.....	41
Tabel 4.1. Tabel Morfologi	57



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Mesin Frais Tipe Kolom dan Lutut	9
Gambar 2.2. Mesin Frais Vertikal	10
Gambar 2.3. Mesin Frais Tangan	11
Gambar 2.4. Mesin Frais Tipe Manufaktur.....	12
Gambar 2.5. Mesin Frais Tipe Spesial.....	13
Gambar 2.6. Bagian-bagian Utama dari Mesin Milling.....	16
Gambar 2.7. Prinsip Kerja Pisau Mesin Milling.....	17
Gambar 2.8. Cara Kerja Drilling	18
Gambar 2.9. Cara Kerja Milling	19
Gambar 2.10. Cara Kerja Mesin Milling CNC	19
Gambar 2.11. Gerak Putaran Spindel	20
Gambar 2.12. Mesin Bubut.....	22
Gambar 2.13. Pahat Bubut Berdasarkan Letak Penyatannya.....	24
Gambar 2.14. Pahat berdasarkan Mata Sayatannya	24
Gambar 2.15. Pahat Berdasarkan Fungsinya	26
Gambar 3.1. Spindle.....	27
Gambar 3.2. Motor Stepper	27
Gambar 3.3. Lead Screws.....	28
Gambar 3.4. Linear Nails	28
Gambar 3.5. Controller Board	29
Gambar 3.6. End Mills	29
Gambar 3.7. Power Supply.....	30
Gambar 3.8. Mesin Las	31
Gambar 3.9. Mesin Gerinda Potong	31
Gambar 3.10. Meteran.....	32
Gambar 3.11. Mesin Bor	32
Gambar 3.12. Diagram Alir Penelitian	35
Gambar 4.1. Mesin Bubut.....	58
Gambar 4.2. Mata Pahat Bubut HSS.....	62
Gambar 4.3. Tangan Penyangga Mesin	63
Gambar 4.4. Alas Bawah Meja Kerja	65
Gambar 4.5. Meja Kerja Mesin.....	66
Gambar 4.6. Dudukan Rangka Mesin CNC 308.....	68

DAFTAR NOTASI

CS	= kecepatan potongan linier material (m/s)
d	= diameter pisau frais (mm)
D	= diameter pahat dalam satuan yang sesuai (mm)
FP	= Gerak makan
L	= Panjang benda kerja (mm)
N	= kecepatan putar spindle dalam putaran per menit (rpm).
n	= putaran spindel (rpm)
Vc	= Kecepatan potong (m/s)
V	=Volume Meja Mesin (mm^3/cm^3)
W	=Berat Benda Kerja (kg)
p	=Densitas Benda Kerja (cm^3)
t	=Waktu Pemotongan (menit)
π	=Konstanta
f	=Umpan per Putaran(mm/rev)



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Seiring Berkembang nya jaman teknologi saat ini juga semakin berkembang pesat dan telah memberikan dampak di segala bidang. Di jaman sekarang ini, kita juga telah sering mendengar perkembangan mesin teknologi sebagai alat yang mempermudah kegiatan atau pekerjaan manusia dengan menggunakan teknolgi yang berbasis komputer sehingga mesin mampu bekerja secara otomatis sesuai dengan perintah yang di lakukan (Jaya suteja, dkk., 2008).

Saat ini produktivitas industri kecil di Indonesia mungkin menjadi salah satu penyebab kurang nya modal untuk pengadaan perlatan mesin modren seperti *Compueter Numerical Control* (CNC). Contoh sejumlah pihak yang menggunakan mesin CNC diantaranya perusahaan perusahaan perindustrian terutama di industri otomotif, penerbangan dan instansi instansi pendidikan seperti Univeraitas, Politeknik dan sekolah menengah.

Adanya analisis pembuatan mesin mini milling ini dilakukan supaya mampu membuat mesin yang telah berbais komputer dengan harga terjangkau dan memiliki sepisifikasi dan kegunaan yang bisa membantu industri kecil dan mahasiswa untuk bisa memiliki mesin yang telah berbais komputer (Zulfikar, 2017).

Untuk membuat mesin mini milling sangat di perlukan penelitaian untuk dapat memproduksi mesin mini milling dengan spesifikasi dan berskala lab pengerjaan tertentu dan telah menggunakan 3 sumbu. Pembuatan mesin mini milling 3 sumbu ini berdaraskan pada kebutuhan dengan menggunakan metode

QFD. QFD adalah metodologi yang membantu menerjemahkan kebutuhan pelanggan kedalam desain persyaratan untuk memastikan bahwa *output*, apakah ini produk atau proses memenuhi kebutuhan (Irawan M, 2022). Agar bisa di produksi dalam bidang industri, pembuatan mesin mini milling harus teliti dalam pemilihan bahan dan pembuatan desain agar mesin mini milling tersebut dapat bekerja dan berkualitas yang baik agar dapat di produksi.

Teknologi sel bahan bakar (*fuel cell*) adalah suatu metode konversi energi yang mengubah energi kimia langsung menjadi energi listrik melalui suatu reaksi elektrokimia. Teknologi ini berfokus pada penggunaan bahan bakar yang biasanya adalah hidrogen, meskipun beberapa jenis sel bahan bakar juga dapat menggunakan bahan bakar lain seperti metanol atau propana.

Teknologi plat dwikutub atau dua kutub umumnya merujuk pada sistem plat baterai atau sel bahan bakar yang memiliki dua elektroda atau kutub, yaitu anode dan katode. Ini adalah konsep yang umum digunakan dalam berbagai jenis baterai dan sel bahan bakar. Teknologi plat dwikutub sering ditemui pada baterai isi ulang (*rechargeable*) seperti baterai lithium-ion yang umum digunakan dalam perangkat elektronik, kendaraan listrik, dan aplikasi lainnya. Dalam konteks baterai isi ulang, elektroda anode dan katode dapat menerima dan melepaskan elektron selama proses siklus pengisian dan pengosongan baterai.

Hanya saja permasalahan yang ada sekarang ini adalah kinerja dan hasil pengerjaan dari mesin mini milling masih banyak kekurangan dan untuk keterbatasan untuk bahan yang digunakan sebagai media untuk melakukan pengerjaan. Peningkatan studi kasus digunakan untuk menguji kerangka kerja ini dan masalah kualitas di analisis menggunakan kerangka kerja di berbagai

perusahaan manufaktur.

Saat ini berbagai jenis dan model mesin mini millint dapat ditemui di pasaran dengan harga bervariasi mulai dari harga 10 jutaan hingga 100 jutaan. Dengan harga tersebut, mesin ini sebagian besar hanya dimiliki oleh pengusaha menengah keatas, sedangkan pengusaha kecil tetap menyimpan dalam kondisi utuh sehingga memerlukan tempat yang besar/luas. Alat penghancur plastik sebenarnya bukan barang baru yang digunakan oleh masyarakat terutama pelaku usaha. Namun hingga saat ini belum diketahui siapa yang pertama kali menciptakan mesin mini milling ini. Para peneliti juga masih terus mengembangkan model mesin mini milling yang efektif dan efisien dengan kapasitas maksimum dan namun berbiaya rendah.

1.2. Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana cara membuat dan menentukan proses permesinan yang tepat dalam pembuatan mesin mini milling skala lab untuk pengerjaan plat dwikutub?
- b. Bagaimana cara menganalisis proses pengerjaan dengan proses permesinan dan perawatan yang di perlukan untuk menjaga kinerja mesin dalam jangka Panjang?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah untuk :

1. Melakukan ananlisis dalam metode pembuatan komponen mesin milling.

2. Menganalisis tingkat keandalan dan perawatan yang di perlukan untuk menjaga kinerja mesin dalam jangka panjang.

1.4. Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Melakukan analisis yang cermat dalam pembuatan komponen mesin milling untuk meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi biaya, dan meningkatkan kualitas hasil akhir.
2. Mengidentifikasi sistem perawatan yang efektif untuk meminimalkan kerusakan, meningkatkan umur mesin, dan mengoptimalkan produktivitas secara keseluruhan.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun yang menjadi manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Hasil Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi peneliti untuk menjelaskan tentang proses apa saja yang dilalui untuk membuat mesin mini milling skala lab untuk pengerjaan plat dwikutub.
2. Hasil penelitian ini di harapkan mampu menjadi refrensi atau sumber percontohan bagi banyak industry.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sejarah Mesin Milling

Mesin Milling (Frais) ditemukan oleh Eli Whitney sekitar tahun 1818. Mesin Milling ini melakukan operasi produksi suku cadang duplikat yang pertama dengan pengendali secara mekanik, dengan arah dan gerakan pemotongan dari perkakas mata potong jamak yang berputar. Mesin Milling melemparkan logam (beram) ketika benda kerja dimakamkan terhadap suatu alat potong (*cutter*) yang berputar. Alat potong (*cutter*) pada mesin Milling memiliki satu deretan mata potong pada kelilingnya yang masing-masing berlaku sebagai pemotong tersendiri pada tiap siklus putaran. Benda kerja dipegang pada meja yang mengendalikannya, antaranya terdapat pemotong mesin Milling tersebut.

Mesin Milling adalah mesin yang paling mampu melakukan banyak tugas dari segala mesin perkakas. Permukaan yang datar maupun berlekuk dapat dimesin dengan penyelesaian dan ketelitian yang baik. Pemotong sudut, celah, roda gigi, dan ceruk dapat digunakan dengan menggunakan berbagai pemotong. Pahat gurdi, peluas lubang, dan bor dapat dipegang dalam soket arbor dengan melepaskan pemotong dan arbor. Karena semua gerakan meja mempunyai penyetelan mikrometer, maka lubang dan pemotongan yang lain dapat diberi jarak secara cepat. Operasi pada umumnya dilakukan oleh ketam, gurdi, mesin pemotong roda gigi, dan mesin peluas lubang dapat dilakukan pada mesin milling. Mesin ini membuat penyelesaian dan lubang yang lebih baik sampai pada batas ketelitian dengan jauh lebih baik daripada mesin sekrup Pemotong berat dapat diambil tanpa banyak merugikan pada penyelesaian atau ketepatannya.

Penulis melihat adanya potensi dalam pembuatan mesin mini milling skala lab untuk pengerjaan plat dwikutub yang bermanfaat untuk mengetahui proses pembuatan dan pemilihan bahan dalam pembuatan mesin mini milling skala lab untuk pengerjaan plat dwikutub tersebut.

2.2. Pengertian Mesin Milling

Mesin milling adalah salah satu mesin konvensional yang mampu mengerjakan penyayatan permukaan datar, sisi tegak, miring bahkan pembuatan alur dan roda gigi. Gerakan terjadi saat alat potong berputar yang diikuti dengan gerakan pemakanan dan pengikat benda kerja. Untuk mencapai produktivitas yang tinggi dengan kualitas hasil pengerjaan produk yang sesuai dengan spesifikasi, sangat tergantung dengan sistem kekakuan pengecaman benda kerja dan kondisi pemotongan yang dipilih, antara lain kecepatan potong, kecepatan makan, kedalaman potong, orientasi pahat, material benda kerja, pahat dan tebal geram (samsmito, 2011)

Mesin milling adalah salah satu jenis mesin yang sangat populer di dunia industri saat ini karena yang bentuknya bervariasi dan telah menggunakan komputer sebagai otak untuk pengoperasian mesin yang sangat berguna bagi dunia industri terutama bagi perindustrian seperti mebel, ukiran dan lain lain.

2.3. Fungsi Mesin Milling

Mesin frais vertikal, atau sering disebut sebagai mesin frais turret, memiliki berbagai fungsi yang dapat dilakukan dalam proses penggilingan (milling). Berikut adalah beberapa fungsi utama dari mesin frais tangan:

1. Penghalus Permukaan

Mesin frais tangan dapat digunakan untuk menghaluskan permukaan benda kerja dengan menghilangkan lapisan tipis material. Ini membantu mencapai tingkat akurasi yang tinggi dan meningkatkan kehalusan permukaan.

2. Pembentukan Profil

Mesin frais tangan memungkinkan pembentukan profil kompleks pada benda kerja. Ini termasuk pembuatan alur, kontur, sudut, dan bentuk geometris lainnya sesuai dengan kebutuhan desain.

3. Pembuatan Lubang dan Cekungan

Dengan menggunakan berbagai jenis pahat, mesin frais tangan dapat digunakan untuk membuat lubang dengan diameter yang berbeda dan cekungan pada benda kerja. Ini sering digunakan dalam pembuatan komponen mesin dan konstruksi logam.

4. Pemotongan Material

Mesin frais tangan dapat digunakan untuk memotong material logam, plastik, atau kayu dengan presisi. Ini sangat berguna dalam proses pemotongan untuk menghasilkan bagian-bagian yang sesuai dengan spesifikasi tertentu.

5. Pengukiran (*Engraving*)

Dengan menggunakan pahat yang sesuai, mesin frais tangan dapat digunakan untuk melakukan pengukiran pada benda kerja. Ini sering digunakan dalam industri seni dan kerajinan, serta dalam pembuatan tanda atau penanda pada permukaan logam.

6. Pembubutan Rata

Mesin frais tangan dapat digunakan untuk membuat permukaan benda

kerja menjadi rata. Ini penting dalam proses produksi untuk memastikan bahwa komponen memiliki toleransi dimensi yang tepat.

7. Pengeboran:

Mesin frais vertikal dilengkapi dengan pahat-pahat atau bor yang memungkinkan operasi pengeboran. Hal ini memudahkan pembuatan lubang-lubang pada benda kerja dengan ukuran dan kedalaman yang diinginkan.

2.4. Jenis-jenis Mesin Milling

Milling machine memiliki berbagai varian jenis atau tipe. Sebelum memilih mesin milling, Anda harus menentukan jumlah sumbu yang Anda butuhkan terlebih dahulu. Sebagian besar mesin milling memiliki 3 sumbu, sumbu vertikal atau disebut juga sumbu Z, sumbu memanjang atau disebut juga sumbu X, dan sumbu melintang atau disebut juga sumbu Y. pada umumnya mesin frais terbagi menjadi klasifikasi sebagai berikut.

1. Mesin frais tipe Kolom dan Lutut

Mesin ini dibuat dalam bentuk mesin frais vertikal dan horizontal. Kemampuan melakukan berbagai jenis pemesinan adalah keuntungan utama pada mesin jenis ini. Pada mesin ini, meja (bed), dudukan meja, dan lutut dapat digerakkan. Namun, mesin ini memiliki kekurangan dalam hal kekakuan dan kekuatan penyayatannya. Contoh dari jenis mesin ini adalah mesin frais tangan, mesin frais vertikal, mesin frais horizontal, dan mesin frais universal. Dan mesin frais tipe kolom dan lutut memiliki tiga jenis seperti berikut: Mesin frais tangan dapat dilengkapi dengan pahat khusus yang memungkinkan operasi pengeboran. Ini memudahkan pembuatan lubang-lubang dengan diameter yang sesuai dengan

kebutuhan proyek. Mesin frais tipe kolom dan lutut dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1. Mesin Frais Tipe Kolom dan Lutut.

a. Mesin frais vertikal (*vertical milling machine*)

Mesin frais vertikal (*vertical milling machine*) yaitu mesin frais yang sumbu spindelnya tegak lurus dengan meja. Mesin frais vertikal hanya memiliki alat pemotong atau pisau yang berorientasi vertikal yang dapat dinaikkan atau diturunkan. Mesin frais ini berfungsi untuk menghaluskan permukaan benda kerja dengan menghilangkan lapisan tipis material, membuat lubang pada benda kerja, mengukur benda kerja, memotong, dan lain sebagainya. Ini membantu mencapai tingkat akurasi yang tinggi dan meningkatkan kehalusan permukaan. Untuk contoh mesin frais vertikal dapat kita di gambar 2.2 di bawah ini:



Gambar 2.2. Mesin Frais Vertikal

b. Mesin frais horizontal (*horizontal milling machine*)

Yaitu mesin yang dilengkapi dengan spindle horizontal dan dipasang sejajar dengan meja mesin. Mesin frais ini dikhususkan untuk membuat alur simultan (*simultaneous grooves*) pada pelat karena memungkinkan untuk menempatkan beberapa pemotong frais di samping satu sama lain. Mesin frais horizontal memberikan hasil penyayatan chip yang lebih baik daripada mesin frais vertikal

2. Mesin frais tangan (*hand milling machine*).

Mesin frais tangan (*hand milling machine*) adalah mesin frais paling sederhana yang gerak *feeding*-nya dikendalikan dengan tangan. Mesin ini tidak memiliki gerak otomatis. Mesin frais tangan, atau sering disebut sebagai mesin frais portabel, adalah alat yang digunakan untuk melakukan operasi penggilingan (*milling*) pada benda kerja tetapi memiliki mobilitas yang lebih besar dari pada mesin frais konvensional. Fungsi utama frais tangan adalah untuk menghilangkan material dari benda kerja dengan menggunakan pahat yang diputar. Mesin

frais tangan terlihat pada gambar 2.3 berikut ini:



Gambar 2.3. Mesin Frais Tangan

3. Mesin frais tipe manufaktur

Mesin frais ini memiliki ukuran yang besar, berat, dan kokoh. Pergerakan meja pada mesin ini terbatas pada sudut tertentu untuk penyetelan silang maupun vertikal, dengan kata lain mesin tipe ini hanya berfungsi memberikan umpan atau mendekatkan benda kerja agar terpotong. Mesin milling tipe ini terdiri tiga katagori:

- a. Mesin Frais Simpleks (*Simplex Milling Machine*)
- b. Mesin Frais Dupleks (*Duplex Milling Machine*)
- c. Mesin Frais Tripleks (*Triplex Milling Machine*)

Mesin frais tipe manufaktur memiliki produktivitas yang lebih tinggi daripada mesin frais tipe kolom dan lutut. Kekakuan mesin yang baik, serta tenaga mesin yang biasanya relatif besar. Mesin ini banyak digunakan pada perusahaan manufaktur yang dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4. Mesin Frais Tipe Manufaktur

4. Mesin Frais Tipe Planer

Mesin frais planer adalah jenis mesin yang digunakan dalam jenis operasi yang berat. Spindel mesin dapat diatur dalam arah vertikal ataupun horizontal. Pada mesin frais planer, gerakan meja berfungsi untuk memberi kecepatan dalam proses penyayatan.

5. Mesin Frais Tipe Spesial

Mesin frais tipe spesial umumnya digunakan untuk operasi penyayatan dengan produktivitas atau duplikasi yang sangat tinggi. Dengan menggunakan mesin frais ini maka produktivitas mesin akan sangat tinggi, sehingga ongkos produksi menjadi rendah, karena mesin jenis ini tidak memerlukan pengaturan yang rumit. Mesin milling tipe spesial dapat dilihat pada gambar 2.5 di bawah ini:



Gambar 2.5. Mesin Frais Tipe Spesial

Pada tipe ini dapat dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

- a. Mesin Frais Meja Putar (*Rotary Table Milling Machine*)
- b. Mesin Frais Drum (*Drum milling machine*)
- c. Mesin Frais Profil (*Profile milling machine*)
- d. Mesin Frais Planetary
- e. Mesin Frais yang Dikendalikan Pelacak (*Tracer controlled milling machine*)
- f. Mesin Frais Pantograf (*Pantograph milling machine*)
- g. Mesin Frais NC/CNC (*NC/CNC milling machine*)

Mesin milling atau mesin frais adalah salah satu perkakas yang umum digunakan dalam berbagai operasi industri manufaktur. Pada artikel ini Anda akan mengetahui pengertian, prinsip kerja, bagian-bagian mesin, jenis-jenis mesin, serta kelebihan dan kekurangan dari mesin milling.

2.5. Komponen Atau Bagian dari Mesin Milling

Mesin Milling terdiri dari berbagai komponen yang merupakan pendukung agar mesin milling dapat beroperasi dengan baik. Berikut merupakan bagian utama dari mesin milling yaitu sebagai berikut:

1. Alas Mesin (*Base*)

Alas adalah bagian terbawah dari mesin milling yang berfungsi sebagai pondasi. Alas mesin berisi reservoir pendingin (*coolant*) yang digunakan selama operasi pemesinan yang membutuhkan pendingin.

2. Kolom atau Badan Mesin

Kolom adalah kerangka penopang utama yang menopang semua

mekanisme penggerak seperti spindel, tuas, motor penggerak dan dudukan meja.

3. Dudukan Meja (*Saddle*)

Dudukan meja berada di antara meja dan lutut mesin frais. Bagian ini dapat digerakkan maju dan mundur, serta dapat dikunci ke bagian lutut.

4. Meja Mesin (*Table*)

Meja mesin dipasang di atas dudukan meja (*saddle*) yang dapat diputar secara horizontal ke kedua arah.

5. Lutut (*Knee*)

Lutut memiliki 2 alur yang saling tegak lurus, salah satu dipasang dengan meja mesin dan yang lainnya dipasang dengan kolom mesin. Dapat digerakkan secara vertikal dan memiliki roda gigi yang mengatur gerakan tersebut.

6. Spindel

Spindel berfungsi sebagai penggerak atau pemutar alat potong dan arbor. Spindel digerakkan oleh motor listrik melalui roda gigi.

7. Arbor

Arbor adalah bagian mekanis mesin milling yang terpasang pada spindel pada posisi horizontal sehingga ikut berputar bersama spindel. Fungsi arbor adalah sebagai ekstensi spindel (terutama tipe horizontal) dan sebagai pemegang pisau frais yang berputar sesuai dengan arah pergerakannya.

8. Penahan Arbor (*Arbor Support*)

Penahan arbor adalah bagian dari mesin yang menahan atau menyangga arbor bergerak dengan stabil. Secara umum, terdapat 2 jenis penahan arbor yang digunakan pada mesin frais. Yang pertama memiliki lubang bantalan berdiameter kecil dengan diameter maksimum 1 inci. Yang kedua memiliki lubang bantalan

berdiameter besar hingga 23/4 inci.

9. Pematong

Pematong frais adalah alat potong yang berfungsi sebagai penyayat benda kerja dalam bentuk dan ukuran yang bervariasi.

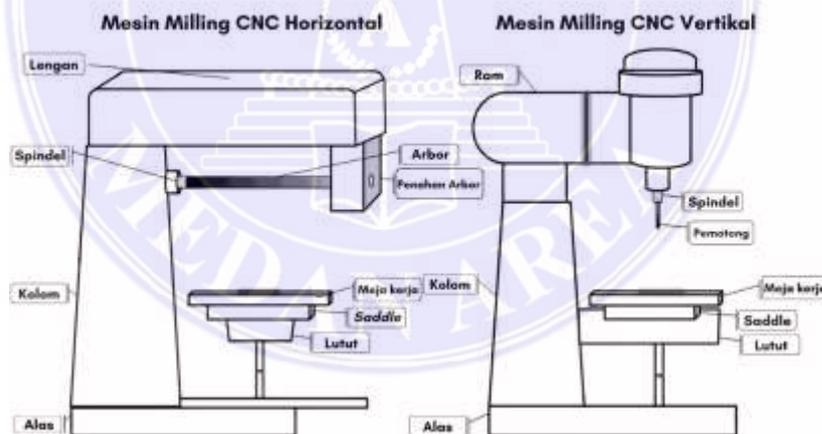
10. Lengan (*Over Arm*)

Lengan adalah balok horizontal yang terdapat di atas kolom dan bertindak sebagai penopang arbor.

11. Ram

Ram adalah sebuah lengan pada mesin milling vertikal yang ujungnya dihubungkan secara langsung dengan bagian kolom mesin.

Dan contoh gambar dari setiap bagian dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini:

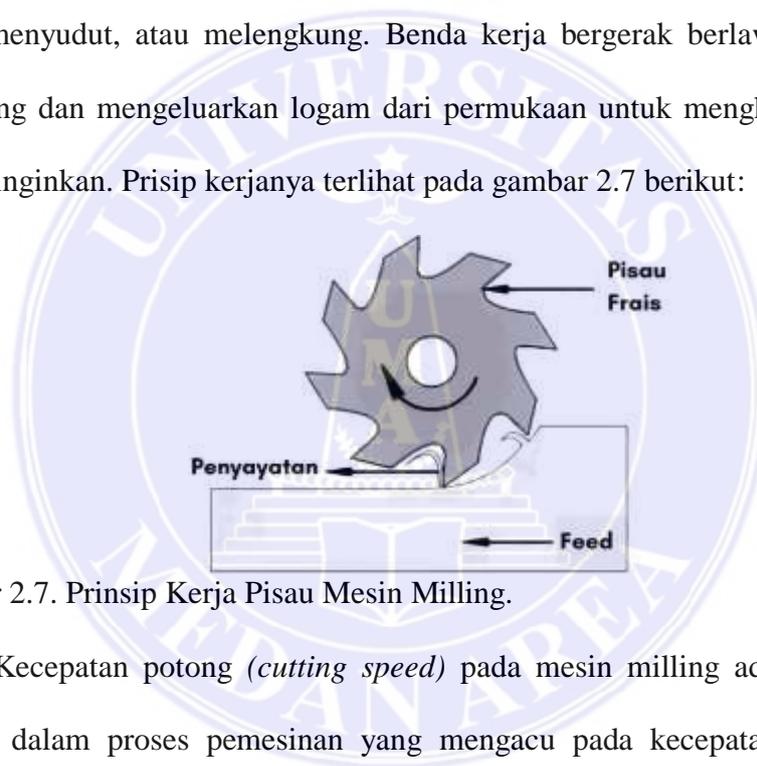


Gambar 2.6. Bagian-bagian Utama dari Mesin Milling.

2.6. Prinsip Kerja Mesin Milling

Milling merupakan proses penguraian material yang menghasilkan bentukan bidang datar yang biasanya menggunakan proses dengan menggunakan bantuan mesin. Secara mekanik Milling merupakan teknik yang sederhana dan efektif untuk membuat ukuran kristal padat yang cukup besar menjadi lebih kecil

tanpa melalui fasa penguapan atau reaksi kimia yang mana biasanya diperlukan dalam proses sintesa lainnya. Pada mesin milling atau mesin frais, objek logam disayat atau dipotong (atau dikenal dengan istilah *feeding*) dengan sistem gerakan alat potong yang memutar. Objek dijepit di atas meja mesin dan pemotong multi-gigi berputar pada spindel. Gerakan meja mengontrol umpan benda kerja terhadap pemotong yang berputar. Pemotong ini dipasang pada spindel atau arbor dan berputar pada kecepatan yang diinginkan. Permukaan yang disayat bisa berbentuk datar, menyudut, atau melengkung. Benda kerja bergerak berlawanan terhadap pemotong dan mengeluarkan logam dari permukaan untuk menghasilkan bentuk yang diinginkan. Prinsip kerjanya terlihat pada gambar 2.7 berikut:



Gambar 2.7. Prinsip Kerja Pisau Mesin Milling.

Kecepatan potong (*cutting speed*) pada mesin milling adalah parameter penting dalam proses pemesinan yang mengacu pada kecepatan gerak relatif antara ujung pahat atau bit dengan benda kerja yang sedang diolah. Kecepatan potong dinyatakan dalam satuan panjang per waktu, seperti meter per menit (m/min) atau kaki per menit (ft/min), tergantung pada sistem pengukuran yang digunakan. Kecepatan potong sangat mempengaruhi efisiensi dan hasil akhir dari proses milling, dan penentuannya didasarkan pada beberapa faktor, termasuk jenis material benda kerja, jenis pahat, dan material pahat. Rumus umum yang digunakan untuk menghitung kecepatan potong adalah:

$$V = \pi \times D \times N \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

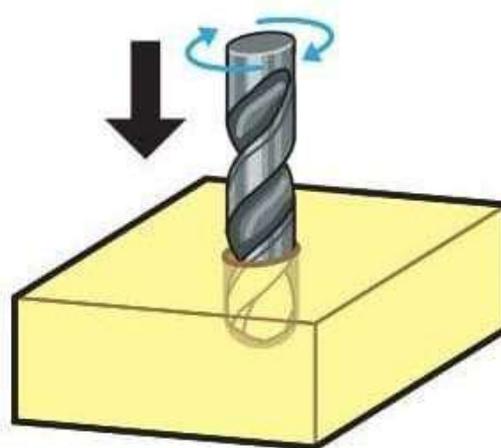
π : nilai (sekitar 3.14).

D : diameter pahat dalam satuan yang sesuai (mm)

N : kecepatan putar spindle dalam putaran per menit (rpm).

Kecepatan makan (*feed rate*) pada mesin milling merujuk pada kecepatan pergerakan benda kerja atau meja mesin milling sepanjang sumbu pemakanan (biasanya X, Y, dan Z) selama proses pemesinan. Kecepatan makan ini sangat mempengaruhi efisiensi pemesinan, hasil akhir, dan umur pakai pahat. Kecepatan makan dinyatakan dalam satuan panjang per waktu, seperti meter/sekon.

Proses *drilling* pada mesin milling adalah salah satu operasi pemesinan yang melibatkan pembuatan lubang pada benda kerja menggunakan pahat bor (drill bit). Mesin milling memungkinkan pengerjaan drilling dilakukan dengan presisi tinggi dan efisiensi, terutama pada mesin milling CNC yang dapat diatur dengan sangat akurat. Gambaran cara kerja drilling terlihat pada gambar 2.8 di bawah ini.



Gambar 2.8. Cara Kerja *Drilling*

Sedangkan, pada mesin milling, operasi bor tersebut dapat mempertahankan sudut yang sama tetapi bergerak ke samping. Dengan mesin milling, arah potongan umumnya tetap vertikal (arah z), tetapi arah pemotongan berjalan horizontal (arah x). Ada pun rumus perhitungan proses drilling adalah :

1. Rate of penetration (ROP)

$$ROP = \frac{D}{T} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

D = Depth of the hole (kedalaman lubang) yang di bor (hours atau meter)

T = Waktu yang di butuhkan (hours atau minutes)

ROP digunakan untuk mengukur kecepatan drilling, biasanya dalam satuan feet per hour (ft/hr) atau meter per hour (m/hr)

2. Torsi (torque)

Torsi adalah gaya yang menyebabkan putaran pada drill bit, Adapun rumus nya adalah:

$$T = F \times r \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

T = Torsi (Nm atau Ib-ft)

F = Gaya (N atau Ib)

r = Radius atau jarak dari titik pusat (meter atau feet)

3. Hidraulik horse power (HHP)

Digunakan untuk menghitung tenaga yang dihasilkan untuk system selama proses drilling, Adapun rumusnya adalah:

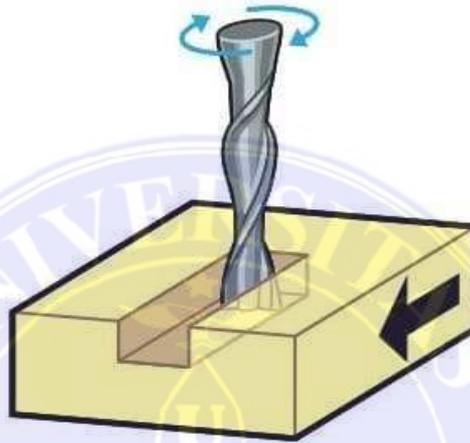
$$HHP = \frac{P \times Q}{1714} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

P = Tekanan pompa (psi)

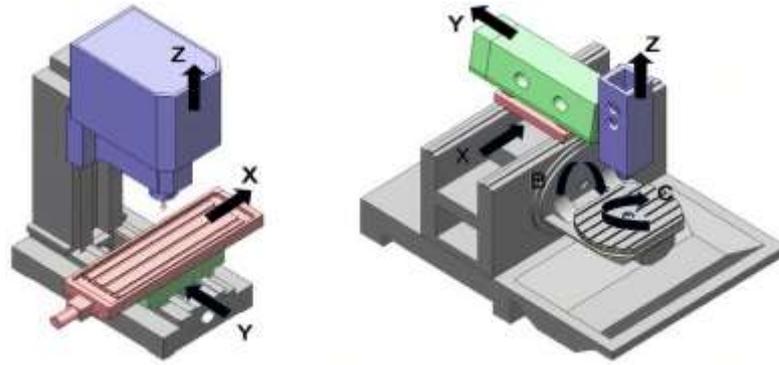
Q = Flow rate (gpm)

Sistem kerja drilling dapat dilihat pada gambar 2.9 di bawah ini:



Gambar 2.9. Cara Kerja Milling.

Prinsip umum mesin milling CNC adalah objek benda kerja dijepit di atas meja mesin. Benda kerja dapat dijepit langsung di atas meja itu sendiri atau ditahan di tempatnya dengan alat bantu. Mesin milling CNC terbagi menjadi mesin milling horizontal dan mesin milling vertikal. Spindel dan alat pemotong milling diposisikan secara vertikal atau horizontal. Dalam konfigurasi tersebut, alat pemotong dapat mencapai berbagai posisi x,y,z pada benda kerja dan memulai proses pemotongan dan pembentukan. Dapat dilihat pada gambar 2.10 berikut ini.



Gambar 2.10. Cara Kerja Mesin Milling CNC

Dalam proses milling, terjadi kontak antara alat potong (*cutter*) yang berputar pada spindel dengan benda kerja yang dijepit pada meja mesin. Proses tersebut akan menghasilkan beberapa bentuk seperti uliran, spiral, roda gigi, poros bintang, poros cincin, dan lain sebagainya. Proses pemesinan frais tersebut terdiri dari 3 parameter utama yaitu gerak putaran spindel / benda kerja, laju pengumpanan atau feed rate, dan kedalaman potongan. Adapun rumus proses milling adalah :

1. Kecepatan potong (*cutting speed*)

Kecepatan potong adalah kecepatan dimana permukaan benda kerja bergerak relatif terhadap alat pemotong, rumus nya adalah :

$$V_c = \pi \times D \times N \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

V_c = Kecepatan meter potong (m/min)

D = Diameter alat potong (mm)

N = Kecepatan spindel (RPM)

2. Kecepatan spindel (*spindel speed*)

Kecepatan spindel adalah jumlah putaran yang dilakukan spindel per menit, Rumus nya adalah:

$$N = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

- N = Kecepatan spindel (RPM)
- V_c = Kecepatan potong (m/min)
- D = Diameter alat pemotong (mm)
- 3. Laju pemakanan (feed rate)

Laju pemakanan mengukur seberapa cepat alat pemotong bergerak melalui material, rumus nya adalah:

$$F = f_z \times z \times N \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

- F = Laju pemakanan (mm/min)
- f_z = Pemakanan per gigi (mm/tooth)
- z = Jumlah gigi pada alat pemotong
- N = Kecepatan spindel (RPM)
- 4. Waktu permesinan (machining time)

Waktu permesinan digunakan untuk menghitung beberapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses milling pada suatu benda kerja, rumus nya adalah :

$$T = \frac{L}{F} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

- T = Waktu pemesinan (menit)
- L = Panjang pemotongan (mm)
- F = laju pemakanan (mm/min)
- 5. Daya pemotongan (power consumption)

Daya yang dibutuhkan untuk melakukan pemotongan material bisa dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{F_c \times V_c}{60 \times 100} \dots\dots\dots(2.9)$$

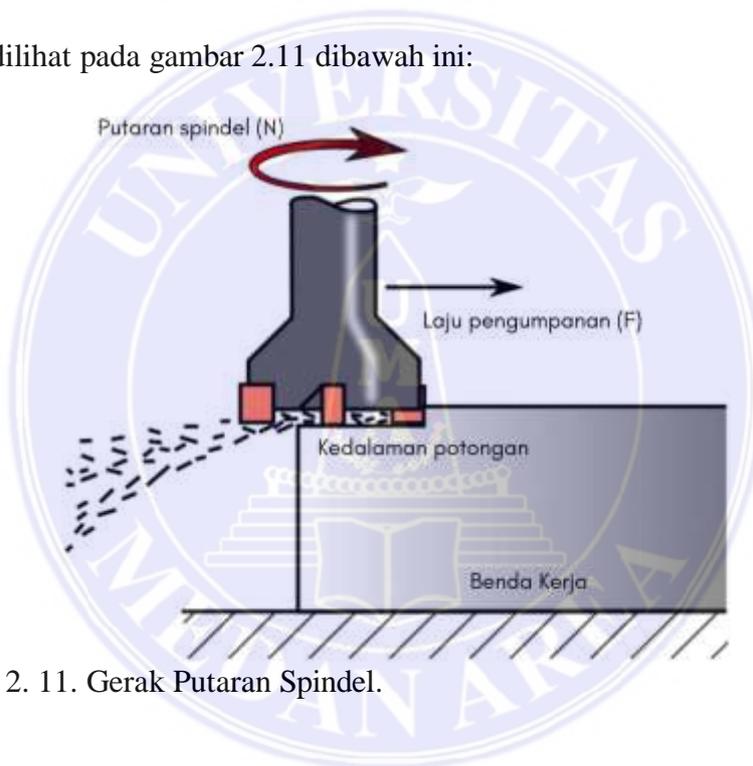
Keterangan:

P = Daya pemotongan (kW)

F_c = Gaya pemotongan (N)

V_c = Kecepatan potong (m/min)

Dapat dilihat pada gambar 2.11 dibawah ini:



Gambar 2. 11. Gerak Putaran Spindel.

2.7. Proses Permesinan

1. Pembubutan

Mesin bubut adalah alat pemesinan yang digunakan untuk menghasilkan bagian-bagian berbentuk silindris atau konik dengan merotasi benda kerja sambil pahat potongnya diberikan gerakan linear. Mesin bubut dapat digunakan untuk menghasilkan berbagai jenis komponen, seperti poros, engsel, dan bagian lainnya

yang memiliki bentuk simetris. Gambar mesin bubut dapat di liat sebagai berikut:



Gambar 2.12. Mesin Bubut

Berikut adalah langkah-langkah umum cara kerja mesin bubut:

1) Penyiapan Mesin

Benda kerja (biasanya logam atau bahan lainnya) diikat pada chuck (cekam) mesin bubut. Chuck memegang benda kerja dan dapat berputar sehingga benda kerja dapat diselaraskan dengan sumbu mesin. Penyetelan ini harus dilakukan dengan presisi untuk menghindari kesalahan selama proses bubut.

2) Pemilihan Pahat

Pahat potong yang sesuai dipilih berdasarkan jenis material benda kerja, jenis operasi bubut yang akan dilakukan, dan toleransi yang diperlukan. Pahat dapat memiliki berbagai bentuk dan dipilih berdasarkan kebutuhan pemesinan.

Adapun jenis jenis pahat bubut serta penggunaannya antara lain adalah :

1. Pahat bubut berdasarkan letak penyayatannya

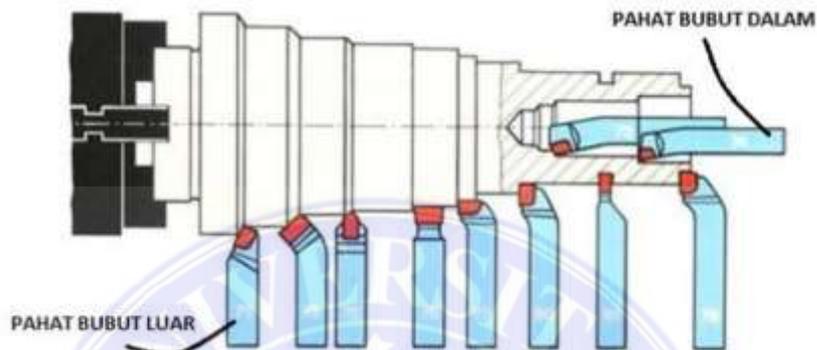
1) Pahat Bubut Luar

Pahat ini digunakan untuk proses pembubutan permukaan luar benda kerja

2) Pahat Bubut dalam

Sedangkan pahat bubut dalam digunakan untuk pembubutan sisi dalam pada benda kerja.

Untuk jenis pahat bubut berdasarkan letak penyayatannya dapat dilihat pada gambar , sebagai berikut ini:



Gambar 2.13. pahat bubut berdasarkan letak penyayatannya

2. Pahat bubut berdasarkan mata sayatannya

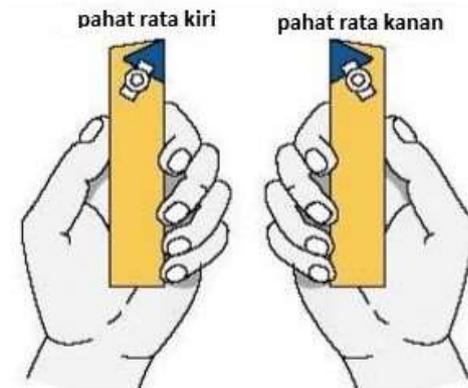
1) Pahat Rata Kiri

Pahat rata kiri merupakan salah satu jenis pahat bubut yang posisi mata sayatnya berada di bagian kiri, apabila pahat dihadapkan ke arah kita. Dan arah pembubutan dari kiri ke kanan.

2) Pahat Rata Kanan

Pahat rata kanan merupakan salah satu jenis pahat bubut yang posisi mata sayatnya berada di bagian kanan, apabila pahat dihadapkan ke arah kita. Dan arah pembubutan dari kanan ke kiri.

Pahat bubut berdasarkan mata sayatannya dapat dilihat pada gambar , sebagai berikut:



Gambar 2.14. pahat berdasarkan mata sayatannya

3. Pahat bubut berdasarkan fungsinya

1) Pahat bubut rata

Pahat rata digunakan untuk proses pembubutan memanjang dengan hasil yang rata.

2) Pahat bubut *facing*

Pahat facing digunakan untuk proses pembubutan melintang pada permukaan ujung benda kerja.

3) Pahat bubut cutting

Pahat yang digunakan untuk memotong benda kerja. Pahat ini berbentuk pipih dan kuat.

4) Pahat bubut alur

Pahat yang digunakan untuk proses pembuatan profil atau alur benda kerja.

5) Pahat bubut ulir

Pahat yang digunakan untuk membuat ulir, baik ulir dalam maupun ulir luar.

6) Pahat bubut chamfer

Pahat yang digunakan untuk membuat chamfer atau sudut kemiringan

pada ujung benda kerja.

7) Pahat bubut kartel

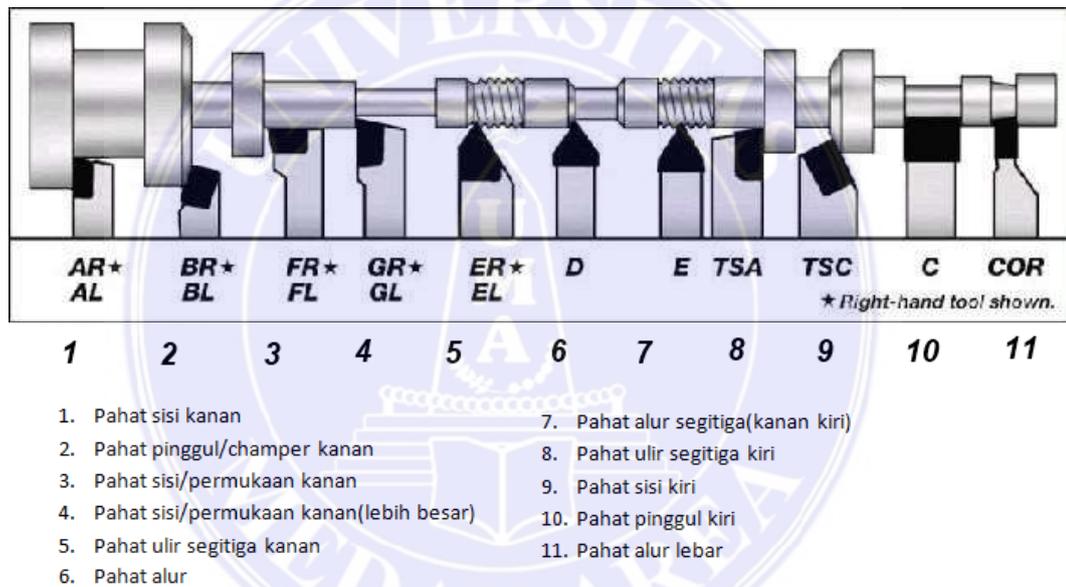
Pahat yang digunakan untuk mengkartel atau membuat gerigi kasar pada permukaan benda kerja.

8) Pahat bubut drilling

Pahat yang digunakan untuk membuat lubang atau mengebor benda kerja.

Pahat bubut berdasarkan fungsinya dapat kita lihat pada gambar sebagai

berikut:



Gambar 2.15. pahat berdasarkan fungsinya

3) Penyetelan Alat Potong

Alat potong (pahat) dipasang pada toolpost dan disetel agar berada pada posisi yang tepat terhadap benda kerja. Penyetelan ini melibatkan pengaturan tinggi, sudut, dan pemosisian pahat.

4) Penyetelan Kecepatan Putar *Spindle*

Kecepatan putar spindle mesin bubut diatur sesuai dengan jenis material benda kerja dan jenis pahat yang digunakan. Kecepatan yang tepat membantu

mencapai hasil pemesinan yang optimal dan mencegah keausan berlebih pada pahat.

Table 2.1. Kecepatan Mesin Bubut

Material	Cutting Speed (m/min)
Baja Karbon Rendah	25 - 40
Baja Karbon Tinggi	20 - 30
Baja Tahan Karat	15 - 25
Aluminium	100 - 200
Kuningan	90 - 150
Tembaga	60 - 100
Besi Cor	18 - 30
Plastik	200 - 400

5) Penyetelan Pemakanan (*Feed Rate*)

Pemakanan atau feed rate mengacu pada kecepatan gerakan pahat sepanjang benda kerja. Pemakanan yang tepat memastikan penghapusan material yang efisien dan hasil bubut yang berkualitas.

6) Mulai Mesin

Mesin bubut dihidupkan, dan operator memastikan bahwa semua pengaturan sudah sesuai. Proses bubut dimulai dengan memberikan perintah untuk memulai putaran spindle dan memberikan perintah pemakanan secara manual atau menggunakan sistem CNC pada mesin bubut CNC.

7) Pemesinan

Benda kerja berputar karena putaran spindle dan pahat potong secara simultan diarahkan menuju benda kerja. Proses pemotongan dimulai, dan material dihapus sesuai dengan bentuk yang diinginkan.

8) Pengukuran dan Verifikasi Dimensi

Setelah proses bubut selesai, benda kerja diukur menggunakan alat pengukur seperti kalkulator mikrometer atau caliper untuk memastikan bahwa

dimensinya sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Yang dimana kalkulator tersebut digunakan untuk mengukur ketebalan diameter luar, atau dimensi lain dari suatu objek dengan tingkat akurasi tinggi umumnya dalam ketelitian hingga 0,01 mm atau bahkan 0,001 mm.

9) Pembersihan dan *Finishing*

Setelah bubut selesai, benda kerja dibersihkan dari serpihan atau debu yang dihasilkan selama proses pemesinan. Jika diperlukan, tahap *finishing* seperti penghalusan permukaan dapat dilakukan.

10) Penyelesaian Proses

Proses bubut dianggap selesai setelah semua operasi pemesinan telah selesai, dan benda kerja telah mencapai dimensi dan bentuk yang diinginkan.

Berikut adalah teori-teori dalam melakukan pembubutan antara lain:

1) Prinsip dasar pembubutan

Proses pembubutan melibatkan pemotongan material dengan menggunakan alat potong yang berputar, dimana benda kerja yang berputar pada sumbu rotasi.

2) Kecepatan potong

Kecepatan potong adalah kecepatan relatif antara alat potong dan benda kerja. Kecepatan ini biasanya dinyatakan dalam meter per menit (m/min) dan di hitung berdasarkan diameter dan putaran mesin.

3) Umur alat potong

Umur alat potong adalah waktu dan jumlah benda kerja yang dapat di proses sebelum alat tersebut harus diganti. Faktor-faktor yang mempengaruhi umur alat termasuk kecepatan potong, jenis material, dan jenis alat potong.

4) Geometri alat potong

Geometri alat potong (sudut pemotongan) sangat penting dalam menentukan kinerja pemotongan, kualitas permukaan, dan gaya pemotongan

5) Gaya pemotongan

Selama proses pembubutan, gaya pemotongan akan bekerja pada alat potong dan benda kerja. Gaya ini terdiri dari gaya potong, gaya radial, dan gaya tangen, yang mempengaruhi stabilitas dan efisiensi proses.

6) Parameter pemotongan

Parameter pemotongan seperti kecepatan putar, *feed rate* (kecepatan makan), dan kedalaman potong harus di atur dengan tepat untuk mencari hasil yang optimal.

7) Jenis pembubutan

Teradapat berbagai jenis pembubutan, seperti pembubutan luar, pembubutan dalam, dan pembubutan konus, masing masing dengan teknik dan aplikasi yang berbeda.

Berikut adalah rumus yang digunakan dalam proses pembubutan :

1) Kecepatan potong (V_c)

Kecepatan potong merupakan kecepatan relatif antara alat potong dan benda kerja. Rumus nya adalah

$$V_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

V_c : Kecepatan potong (m/menit)

D : Diameter benda kerja

n : Putaran spindel (RPM)

2) *Feed rate* (f)

Feed rate adalah jarak yang di tempuh oleh alat potong. Rumusnya adalah:

$$f = \frac{S}{n} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

f : *Feed rate* (mm/putaran)

S : Panjang pemotongan (mm)

n : Jumlah putaran (putaran)

3) Waktu pemotongan (t)

Waktu pemotongan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$t = \frac{S}{Vc} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

t = Waktu pemotongan (menit)

S = Panjang pemotongan (mm)

Vc = Kecepatan potong (m/menit)

4) Daya pemotongan (p)

Daya yang dibutuhkan untuk proses pemotongan dapat menggunakan rumus :

$$P = \frac{Fc \times Vc}{6000} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

P = Daya pemotongan (kW)

Fc = Gaya pemotongan (N)

Vc = Kecepatan potong (m/menit)

5) Gaya pemotongan (F_c)

Rumus gaya pemotongan antara laian :

$$F_c = k \times A \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

k = Konstanta gaya pemotongan (N/mm^2)

A = Area pemotongan (mm^2)

2. Pengelasan

Mesin las adalah peralatan yang digunakan untuk menyambungkan dua atau lebih benda kerja dengan cara melelehkan dan menggabungkan material di antara mereka. Proses las umumnya melibatkan panas yang tinggi untuk melelehkan material dan elektroda yang membantu menghasilkan busur listrik. Di bawah ini adalah penjelasan umum tentang cara kerja mesin las:

1) Persiapan Benda Kerja

Sebelum proses las dimulai, benda kerja harus disiapkan dengan membersihkan permukaannya dari kotoran, oksida, dan cat. Permukaan yang bersih memastikan kualitas sambungan las yang baik.

2) Pemilihan Elektroda dan Bahan Pengisi

Elektroda yang digunakan tergantung pada jenis las yang dilakukan. Elektroda bisa berupa kawat las atau batangan. Bahan pengisi mungkin diperlukan tergantung pada jenis sambungan yang dibuat.

3) Penentuan Jenis Las

Ada beberapa jenis proses las, seperti las listrik (*arc welding*), las gas (*gas welding*), dan las gesekan (*friction welding*). Setiap jenis las memiliki prinsip kerja yang berbeda, tetapi umumnya melibatkan panas dan pemilihan bahan

pengisi yang sesuai.

4) Pengaturan Mesin Las

Mesin las diatur sesuai dengan jenis dan spesifikasi elektroda yang digunakan, jenis material yang akan dilas, dan kebutuhan khusus lainnya. Pengaturan melibatkan pengaturan arus, tegangan, dan jenis gas pelindung jika diperlukan.

5) Penempatan Elektroda

Elektroda ditempatkan pada posisi yang tepat di antara benda kerja yang akan disambungkan. Jarak dan sudut elektroda dapat memengaruhi kualitas sambungan las. Jenis elektroda yang digunakan adalah elektroda tungsten, yang dimana elektroda jenis ini tidak meleleh pada waktu proses pengelasan. Elektroda ini hanya berfungsi sebagai penghantar arus listrik untuk membentuk busur yang mencairkan logam induk atau menyalakan logam pengisi.

Adapun hubungan ketebalan plat berdasarkan parameter antara lain:

- a. Plat 1-3 mm memerlukan arus 40-70 ampere, tegangan rendah, elektroda kecil (1,6-2,5 mm), Kecepatan tinggi, gas argon murni atau CO₂ rendah.
- b. Plat 5-10 mm memerlukan arus 90-150 Ampere, tegangan menengah, elektroda sedang (2,5-3,2 mm), kecepatan menengah, gas pelindung campuran argon-CO₂.
- c. Plat > 10 mm memerlukan arus 200 Ampere atau lebih, tegangan tinggi, elektroda besar, (3,2 mm atau lebih besar), kecepatan rendah, gas pelindung argon dan CO₂ atau oksigen untuuk penetrasi dalam.

6) Pelelehan dan Penggabungan Material

Panas yang dihasilkan oleh busur listrik melelehkan material pada ujung

elektroda dan di area sambungan. Material meleleh dan membentuk cairan yang kemudian mengeras untuk membentuk sambungan las.

7) Penyelesaian Sambungan Las

Setelah sambungan las selesai, busur listrik dimatikan, dan sambungan dibiarkan untuk mendingin. Pada beberapa proses las, seringkali diperlukan pemadatan atau pemanasan lanjutan untuk memastikan sambungan las yang kuat dan berkualitas. Adapun jenis – jenis sambungan las antara lain adalah sebagai berikut:

a. Sambungan *Butt* (*Butt Joint*)

Sambungan *Butt* adalah sambungan yang menghubungkan dua logam secara sejajar dan ujung ujung nya disatukan secara lurus.

b. Sambungan *T* (*T joint*)

Sambungan *T* adalah salah satu jenis sambungan yang terjadi Ketika satu logam diletakan tegak lurus terhadap logam lainnya sehingga membentuk huruf *T* yang umumnya di las dengan menggunakan fillet weld dan sering digunakan dalam pembuatan rangka dan struktur logam.

c. Sambungan Sudut (*Corner Joint*)

Sambungan sudut adalah sambungan dua logam pada bagian ujungnya yang membentuk sudut. Dapat di buat pada bagian dalam maupun luar.

d. Sambungan Tepi (*Edge Joint*)

Sambungan dua plat logam yang diletakan secara sejajar dan berdampingan yang kemudian dilas pada bagian tepinya

2.8. Pengukuran

Pengukuran dalam konteks pembuatan mesin milling merujuk pada serangkaian proses pengukuran yang dilakukan untuk memastikan bahwa komponen-komponen mesin tersebut sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Proses pengukuran ini sangat penting untuk memastikan kualitas dan akurasi mesin milling, sehingga dapat berfungsi dengan baik dalam menghasilkan produk yang diinginkan.

Berikut adalah beberapa hal yang perlu diukur dalam pembuatan mesin milling:

1. Dimensi Geometris

Proses ini melibatkan pengukuran dimensi fisik dari setiap komponen mesin milling, seperti panjang, lebar, dan tinggi. Dimensi ini harus sesuai dengan spesifikasi desain untuk memastikan kesesuaian dan kinerja yang diinginkan.

2. Toleransi

Toleransi merupakan batas maksimum atau minimum untuk setiap dimensi komponen mesin. Proses pengukuran harus memastikan bahwa toleransi ini terpenuhi agar mesin dapat beroperasi secara tepat dan konsisten.

3. Keausan Dan Ketegangan

Pengukuran dilakukan untuk memeriksa tingkat keausan dan ketegangan pada bagian-bagian mesin milling. Keausan yang berlebihan atau ketegangan yang tidak diinginkan dapat mempengaruhi kinerja mesin dan umur pakainya.

4. Keakuratan

Keakuratan mesin milling sangat penting, terutama dalam konteks proses pembuatan produk yang membutuhkan toleransi yang ketat. Pengukuran

dilakukan untuk memastikan bahwa mesin dapat menghasilkan hasil yang akurat sesuai dengan kebutuhan desain.

5. Ketahanan Terhadap Getaran

Mesin milling harus mampu menangani getaran dengan baik untuk menghindari kerusakan dan memastikan kualitas permukaan hasil pengerjaan. Pengukuran dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana mesin dapat menahan getaran dan menjamin kestabilan operasional.

6. Ketahanan Terhadap Suhu

Beberapa mesin milling mungkin terpapar suhu tinggi selama operasi. Oleh karena itu, pengukuran dilakukan untuk memastikan bahwa mesin dapat menahan suhu operasional dan tetap berkinerja baik.

7. Ketahanan Terhadap Korosi

Pengukuran dilakukan untuk memeriksa apakah material yang digunakan dalam pembuatan mesin milling memiliki ketahanan yang memadai terhadap korosi, terutama jika mesin akan digunakan dalam lingkungan yang rentan terhadap kondisi korosif. Pengukuran ini umumnya dilakukan menggunakan alat pengukur presisi seperti mikrometer, kaliper, alat pengukur ketegangan, dan peralatan pengukuran lainnya. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan spesifikasi desain untuk memastikan bahwa mesin milling memenuhi standar kualitas yang ditetapkan.

2.9. Pematongan

Pematongan dalam konteks pembuatan mesin milling merujuk pada proses menghilangkan material dari benda kerja menggunakan pisau atau pahat yang

berputar pada mesin milling. Mesin milling merupakan jenis mesin perkakas yang digunakan untuk memotong atau membentuk material dengan cara menggerakkan alat potongnya ke arah benda kerja. Proses pemotongan pada mesin milling melibatkan berbagai elemen dan aspek, termasuk:

1. Alat Pemotong (*Cutter*)

Alat pemotong pada mesin milling dapat berupa pisau frais (*end mill*), pahat *shell*, atau jenis cutter lainnya. Pemilihan alat pemotong bergantung pada jenis material yang akan dipotong, bentuk pemotongan yang diinginkan, dan spesifikasi desain.

2. Gerakan Pemotongan

Mesin milling dapat melakukan berbagai gerakan, seperti Gerakan pemakanan (*feed*) dan gerakan pemotongan (*cutting*). Gerakan pemakanan merujuk pada pergerakan alat pemotong dan benda kerja, sedangkan gerakan pemotongan melibatkan perputaran alat pemotong untuk menghilangkan material.

3. Parameter Pemotongan

Beberapa parameter penting yang harus diperhatikan dalam proses pemotongan meliputi kecepatan potong (*cutting speed*), pemakanan (*feed rate*), dan kedalaman pemotongan (*depth of cut*). Parameter ini memengaruhi hasil pemotongan, kecepatan produksi, dan umur pakai alat pemotong.

4. Pemilihan Bahan Pemotongan

Bahan alat pemotong harus sesuai dengan jenis material yang akan dipotong. Bahan yang digunakan harus memiliki kekerasan dan ketahanan aus yang cukup untuk menangani kondisi pemotongan yang dihadapi.

5. Kontrol Mesin

Proses pemotongan pada mesin milling sering kali dilakukan dengan bantuan kontrol numerik komputer (CNC). CNC memungkinkan pengaturan yang presisi dalam hal pergerakan alat pemotong dan parameter pemotongan.

6. Pengendalian Suhu

Suhu dapat memengaruhi kualitas pemotongan dan umur pakai alat pemotong. Pengendalian suhu dilakukan melalui penggunaan cairan pendingin (*coolant*) atau pelumasan untuk mendinginkan alat pemotong dan mencegah *overheat*. Proses pemotongan pada mesin milling memiliki tujuan untuk membentuk, mengubah bentuk, atau menghasilkan permukaan yang presisi pada benda kerja. Pemotongan ini merupakan bagian kritis dalam pembuatan mesin milling dan banyak produk manufaktur lainnya.

2.10. Penggambaran

Penggambaran dalam konteks pembuatan mesin milling merujuk pada proses membuat gambar atau rencana teknis yang mendetail mengenai desain dan spesifikasi mesin milling. Gambar ini merupakan panduan bagi para insinyur, perancang, dan pekerja manufaktur untuk memahami, memproduksi, dan memasang komponen mesin dengan akurasi dan konsistensi yang tinggi. Proses penggambaran pembuatan mesin milling mencakup beberapa aspek utama:

1. Rancangan Konseptual:

Pada awalnya, dilakukan rancangan konseptual mesin milling berdasarkan kebutuhan dan spesifikasi yang diinginkan. Penggambaran konseptual dapat melibatkan sketsa tangan, permodelan 3D, atau perangkat lunak desain teknis untuk menghasilkan ide-ide awal.

2. Perencanaan Dimensi dan Toleransi

Setelah konsep disetujui, perencanaan dimensi dan toleransi dilakukan untuk menentukan ukuran dan toleransi setiap komponen mesin milling. Dimensi dan toleransi ini harus sesuai dengan standar industri dan kebutuhan desain.

3. Pembuatan Gambar Teknis

Gambar teknis dibuat untuk setiap komponen mesin milling dan juga untuk perakitan keseluruhan. Gambar ini mencakup detail geometris, toleransi, bahan yang digunakan, dan informasi lain yang diperlukan untuk produksi dan perakitan.

4. Spesifikasi Material

Setiap komponen mesin milling memiliki spesifikasi material yang harus dipenuhi. Informasi ini mencakup jenis bahan, kekerasan, dan sifat-sifat mekanis.

5. Pemberian Simbol dan Anotasi

Gambar teknis diberi simbol dan anotasi untuk memberikan informasi tambahan, seperti jenis pemrosesan, arah perakitan, dan instruksi khusus lainnya.

6. Penggunaan Software Desain

Perangkat lunak desain komputer-aided design (CAD) sering digunakan untuk membuat gambar teknis. Software ini memungkinkan desainer untuk membuat model 3D yang dapat diubah menjadi gambar teknis dengan cepat dan akurat.

7. Persiapan untuk Produksi

Setelah gambar teknis selesai, dokumen tersebut disiapkan untuk proses produksi. Ini melibatkan pembuatan daftar bahan, instruksi perakitan, dan dokumen lain yang diperlukan untuk memandu para pekerja dalam membuat

mesin milling sesuai dengan desain. Penggambaran pembuatan mesin milling sangat penting untuk memastikan bahwa mesin yang dihasilkan memiliki kualitas yang diinginkan, sesuai dengan spesifikasi desain, dan dapat diproduksi secara efisien.

2.11. Perakitan

Perakitan mesin milling merujuk pada proses penggabungan dan penyatuan berbagai komponen mesin milling menjadi satu kesatuan fungsional. Tahap perakitan ini merupakan langkah krusial dalam pembuatan mesin milling karena kualitas dan kehandalan mesin bergantung pada bagaimana setiap komponen dipasang dan dihubungkan satu sama lain. Hasil dari perancangan mesin CNC milling mini didapatkan hasil berupa desain dan gambar kerja mesin CNC milling mini (Dewangga, 2016). Berikut adalah langkah-langkah umum dalam perakitan mesin milling:

1. Persiapan Komponen

Komponen-komponen yang telah diproduksi atau diterima dari pemasok harus disiapkan dan diperiksa terlebih dahulu. Pastikan bahwa setiap komponen sesuai dengan gambar teknis dan spesifikasi desain.

2. Penyusunan Komponen Utama

Komponen utama mesin milling seperti rangka, meja kerja, spindle, motor, dan sumbu gerak harus dipasang dengan benar sesuai dengan petunjuk desain. Pembuatan perakitan dimulai dari struktur dasar mesin dan langkah demi langkah menambahkan komponen lainnya.

3. Pemasangan Alat Pemotong

Alat pemotong seperti pisau frais dan pahat dipasang pada spindle mesin milling. Pastikan alat pemotong terpasang dengan aman dan sesuai dengan petunjuk penggunaan.

4. Pemasangan Sistem Pemakanan

Sistem pemakanan, termasuk mekanisme yang mengontrol gerakan meja atau spindle, dipasang dengan memperhatikan parameter seperti kecepatan pemakanan dan akurasi pergerakan.

5. Pemasangan Sistem Kontrol

Jika mesin milling menggunakan kontrol numerik komputer (CNC), proses ini melibatkan pemasangan dan pengaturan sistem kontrol. Ini termasuk pemasangan monitor, pemrograman kontrol, dan pengujian fungsi-fungsi control.

6. Pengaturan dan Penyetelan

Setelah semua komponen terpasang, dilakukan pengaturan dan penyetelan. Ini mencakup penyetelan akurasi, pemeriksaan sistem pemotongan, dan penyesuaian parameter operasional.

7. Pengujian dan Verifikasi

Mesin milling kemudian diuji untuk memastikan bahwa semua komponen berfungsi dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi desain. Pengujian melibatkan berbagai operasi seperti uji pemotongan, uji akurasi, dan uji kestabilan mesin.

8. Pemeliharaan dan Dokumentasi

Setelah mesin berhasil diuji, proses perakitan melibatkan penyusunan dokumentasi, termasuk petunjuk perakitan dan pemeliharaan. Ini penting untuk memandu pengguna dalam penggunaan dan pemeliharaan mesin secara optimal. Proses perakitan mesin milling memerlukan keahlian teknis dan presisi yang

tinggi agar mesin dapat beroperasi dengan efisien dan memberikan hasil yang diinginkan. Selain itu, keselamatan selama perakitan juga harus menjadi prioritas untuk menghindari risiko cedera atau kerusakan mesin.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.1. Waktu

Proses pelaksanaan penelitian ini dimulai atas persetujuan yang diberikan oleh pembimbing pada tanggal 27 Oktober 2023, mulai dari studi literatur, pembuatan hingga pengujian seperti terlihat pada tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1. Waktu Kegiatan Penelitian

Aktifitas	2024																				
	Bulan X				Bulan XI				Bulan XII				Bulan I				Bulan II				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Pengajuan Judul	■	■	■	■																	
Penulisan Proposal		■	■	■	■																
Seminar Proposal					■	■	■	■													
Proses Penelitian									■	■	■	■									
Pengolahan Data													■	■	■	■					
Penyelesaian Laporan																	■	■	■	■	
Seminar Hasil																					
Evaluasi Dan Persiapan Sidang Sarjana																					

3.1.2. Tempat

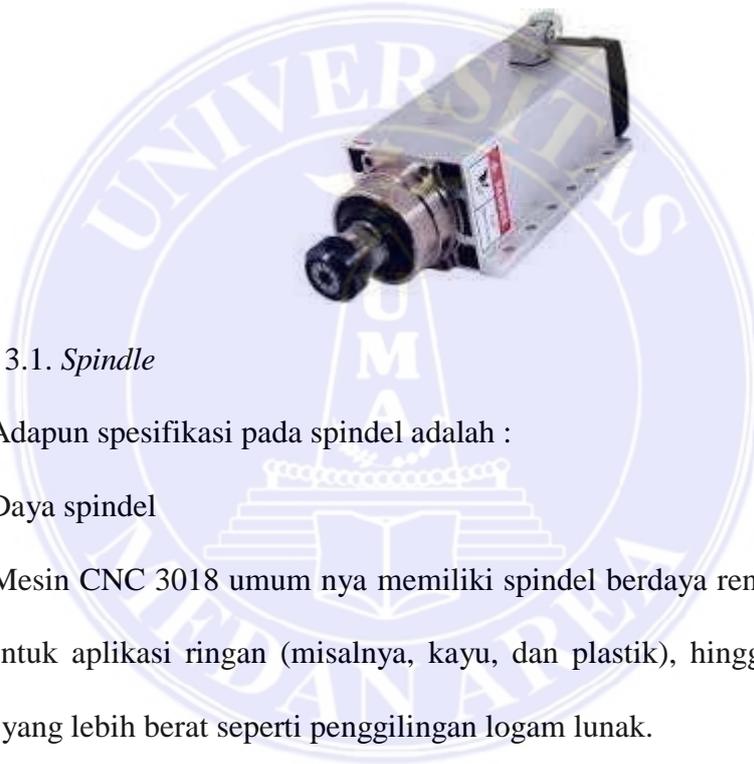
Adapun tempat pelaksanaan penelitian ini yaitu dilakukan di CV. IRA PUBLISHING yang beralamat Perum Graha Garuda Mas Blok II No.39, Kabupaten Deli Serdang, Sumatra Utara.

3.2. Bahan dan Alat

3.2.1. Bahan

1. *Spindle*

Spindle adalah komponen yang berputar dan digunakan untuk memegang dan menggerakkan pahat atau bit pemotong. Pada mesin mini milling ini, *spindle* biasanya merupakan motor listrik dengan daya yang bervariasi tergantung pada modelnya. *Spindle* dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1. *Spindle*

Adapun spesifikasi pada spindel adalah :

a. Daya spindel

Mesin CNC 3018 umumnya memiliki spindel berdaya rendah, mulai dari 120W untuk aplikasi ringan (misalnya, kayu, dan plastik), hingga 500W untuk aplikasi yang lebih berat seperti penggilingan logam lunak.

b. Kecepatan putaran spindel (RPM)

Kecepatan putaran spindel memiliki berbagai variasi tergantung pada tipe spindel yang di gunakan. Spindel 120W biasanya memiliki rentan kecepatan antara 3000 hingga 10.000 RPM, sedangkan spindel 500W memiliki kecepatan yang lebih tinggi atau lebih stabil.

c. Tegangan operasional

Spindel pada mesin CNC 3018 umumnya bekerja pada tegangan DC yang

rendah, dengan variasi umum antara 12V hingga 48V, tergantung pada modelnya. Spindel 120W umumnya menggunakan tegangan 12V atau 24V, sedangkan spindel 500w bisa menggunakan tegangan hingga 48V.

d. Diameter spindel

Spindel pada mesin CNC 3018 umumnya menggunakan diameter standar sekitar 42mm, yang cocok untuk skala lab.

e. Jenis collet (*chuk*)

Untuk mesin CNC 3018 menggunakan collet tipe ER11, yang mampu menampung mata pemotong dengan diameter 1,5mm hingga 7mm, collet tipe ER11 juga memiliki fleksibilitas untuk menampung berbagai ukuran alat.

2. *Motor Stepper*

Mesin mini milling dibuat menggunakan *motor stepper* untuk menggerakkan poros dan meja kerja dengan presisi tinggi. *Motor stepper* memungkinkan kontrol yang akurat terhadap pergerakan mesin dan memberikan langkah-langkah diskrit. Berikut *motor stepper* pada gambar 3.2 dapat dilihat.



Gambar 3.2. *Motor Stepper*

Adapun spesifikasi motor stepper antara lain adalah:

a. Jenis motor stepper

Jenis motor stepper yang biasa digunakan adalah jenis motor stepper NEMA 17 yang dimana jenis motor stepper tersebut sangat sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan untuk mesin CNC 3018.

b. Tegangan motor

Motor stepper yang digunakan untuk mesin CNC 3018 ini umumnya memiliki tegangan 12V dan 24V DC.

c. Torsi motor

Torsi motor pada mesin CNC 3018 biasanya memiliki torsi sekitar 0,25Nm hingga 0,4 Nm yang cukup untuk aplikasi ringan seperti kayu dan PCB.

d. Sudut Langkah (step angle)

Sudut Langkah pada mesin CNC 3018 umumnya memiliki 1,8 derajat per Langkah (200 langkah per putaran penuh), yang memberikan Gerakan presisi yang tinggi.

e. Kecepatan

Motor stepper pada mesin CNC 3018 biasanya memiliki kecepatan yang moderat, cocok untuk aplikasi presisi tinggi namun dengan kecepatan pemotongan yang relatif lambat.

f. Pengendali

Pengendali pada mesin CNC 3018 biasanya dikendalikan oleh driver motor seperti A4998 atau DRV 8825 tergantung pada model mesin.

3. Ulir (*Lead Screws*)

Lead screws atau ulir digunakan untuk mentransmisikan gerakan rotasional dari motor stepper ke pergerakan linear pada poros atau meja kerja.

Mereka memastikan gerakan akurat dan terkendali. Ulir yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut:



Gambar 3.3. *Lead Screws*

Adapun komponen dan spesifikasi *lead screw* adalah;

a. Pitch

Lead screw pada CNC 3018 umumnya menggunakan pitch yang berukuran 2mm, yang berarti untuk setiap penuh, *nut lead screw* bergerak sejauh 2 mm.

b. Jenis *Lead screw*

Untuk jenis *lead screw* yang digunakan pada mesin CNC 3018 adalah *Trapezoidal lead screw* (T8), dengan desain ulir yang berbentuk trapesium untuk meningkatkan daya tahan dan mengurangi gesekan. Bahan yang digunakan untuk membuat ulir *Trapezoidal lead screw* (T8) adalah baja karbon dan baja tahan karat.

c. Material *lead screw*

Material *lead screw* yang digunakan adalah material yang berjenis baja karbon atau stainless steel, yang memberikan kekuatan ketahanan terhadap aus.

d. *Nut lead screw*

Lead screw bergerak melalui anti-*backlash*, yang menempel pada

platform yang bergerak di sepanjang sumbu. Nut ini dirancang untuk meminimalkan *backlash* atau kelonggaran antara lead screw dan nut, sehingga meningkatkan akurasi dan konsistensi Gerakan.

e. *Coupler*

Coupler fleksibel adalah komponen yang menghubungkan antara *motor stepper* dengan *lead screw*. *Coupler* ini mampu mengatasi sedikit misalignment (ketidak sesuaian sumbu) antara *motor stepper* dan *lead screw* untuk menastikan Gerakan yang halus.

f. *Motor mount*

Breacket atau *mounting breacket* untuk memegang *motor stepper* untuk memastikan *lead screw* bergerak lurus dan stabil.

g. *Linear guide*

Meski tidak terhubung langsung dengan *lead screw*, linear guide atau ril adalah komponen penting pendukung yang bekerja sama dengan *lead screw* untuk memberikan Gerakan linear yang presisi dan stabil di setiap sumbu.

4. *Linear Rails* (Rel Linier)

Linear rails adalah bagian yang membimbing pergerakan poros atau meja secara linear. Mereka memastikan gerakan yang lancar dan presisi dalam setiap perpindahan mesin. Rel linier dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. *Linear Rails*

Spesifikasi dan komponen pada linear rails antara lain adalah:

a. Material

Linear rails biasanya terbuat dari baja karbon, stainless steel, atau aluminium yang menawarkan kekuatan dan ketahanan terhadap aus. Permukaan biasanya di poles atau diberi lapisan atau diberi lapisan untuk mengurangi gesekan dan mencegah korosi.

b. Tipe *linear rails*

Round linear rods digunakan pada mesin CNC 3018 yang di pasang pada sumbu X, Y, dan Z. Linear rails berbentuk batang bulat ini di pasang dengan bushing atau bearing yang bergerak di sepanjang rod. Selain itu ada juga yang bertipe V-Slot Rails (optional /modifikasi) ini biasanya di gunakan untuk CNC yang telah di modifikasi untuk mendapat akurasi dan stabilitas yang lebih tinggi.

c. Akurasi

Linear Rails ini umumnya memiliki akurasi Gerakan dalam rentang 0,05 mm hingga 0,1 mm, cukup untuk mendapatkan potongan yang presisi pada bahan ringan seperti kayu, plastic, dan PCB.

d. Linear Rail/Guide Rod

Komponen utama yang berbentuk batang lurus dimana carriage atau slider (pemegang platform kerja atau alat potong) bergerak di sepanjang rod.

e. Linear Bearings (bantalan Linear)

Bantalan linear bergerak di sepanjang rel linear . bantalan ini mengandung bola-bola kecil yang meminimalkan gesekan selama Gerakan.

f. Carriage (dudukan bantalan)

Dudukan ini bergerak di sepanjang rel linear dan menahan bagian yang bergerak, seperti spindle atau meja kerja agar tetap stabil.

g. *Couplings* (kopling)

Kopling digunakan untuk menyambung lead screw atau ball screw dengan motorstepper.

5. *Controller Board*

Controller board atau papan kontrol adalah otak dari mesin CNC. Ini menerima perintah dari perangkat lunak pengendali CNC dan mengubahnya menjadi sinyal yang dapat dipahami oleh motor stepper dan sistem penggerak lainnya. Papan kontrol yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut.



Gambar 3. 5. *Controller Board*

Spesifikasi dan komponen pada Controller Board adalah:

a. *Type board*

Type board yang digunakan untuk mesin CNC 3018 menggunakan GRBL- base controller board . GRBL adalah firmware open source yang digunakan untuk mengontrol mesin CNC 3018 yang menggunakan sinyal G-code.

b. *Microcontroller*

Microcontroller untuk mesin CNC 3018 menggunakan arduino uno atau

ardino nano yang dilengkapi dengan mikro controller ATmega328P. Microcontroller ini berfungsi untuk menjalankan firmware GRBL dan menginterpretasikan perintah G-code.

c. *Input Voltage*

Input voltage yang digunakan adalah input yang bertegangan 12V hingga 24V DC untuk menggerakkan motor stepper dan spindel. Tegangan lebih tinggi memungkinkan torsi lebih besar dari motor.

d. *Power connectors*

Power connectors memiliki konektor daya untuk menyuplai tegangan DC ke motor dan komponen elektronik lainnya.

e. *Spindel driver*

Spindel driver memiliki konektor dan driver untuk spindel yang mengontrol kecepatan putaran spindel melalui perintah PWM (pulse width modulation)

f. *Fan connectors* (Opsional)

Beberapa board juga dilengkapi dengan kipas pendingin guna mencegah panas berlebih, terutama pada motor driver dan spindel.

g. *Communication port* (Port komunikasi)

Port USB atau serial yang menghubungkan controller board dengan computer untuk menerima file G-code dan perintah dari software CNC.

h. Emergency stop konektor

Controller board juga memiliki koneksi untuk tombol darurat (emergency stop) yang memungkinkan penghentian operasi secara langsung jika terjadi kesalahan.

6. *End Mills atau Bits*

End mills atau *bits* adalah alat pemotong yang terpasang pada *spindle*. Mereka datang dalam berbagai bentuk dan ukuran untuk berbagai jenis pemrosesan seperti pemotongan, ukiran, atau pemotongan PCB. *End mills* dapat dilihat pada gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6. *End Mills*

Spesifikasi dan jenis jenis end mills adalah:

a. Ukuran

CNC biasanya memiliki kompatibel dengan berdiameter kecil mulai dari 1 mm hingga 3.175 mm (1/8 inch). End mill dengan diameter 1 mm cocok untuk pekerjaan detail kecil sedangkan yang berdiameter 3.175 mm sering digunakan untuk penggilingan yang lebih cepat dan kasar.

b. Jenis *flute*

Single flute and mill, Cocok untuk memotong material seperti plastik, akrilik, dan aluminium karena mampu menghasilkan chip yang lebih besar dan mencegah panas yang berlebihan. Double flute and mill, Ideal untuk kayu dan plastik. Memberikan hasil pemotongan yang lebih halus karena memiliki dua bilah potong. Four flute and mills Biasanya digunakan untuk material yang lebih keras atau untuk menghasilkan potongan yang halus untuk material kayu dan logam.

c. Bahan *End mills*

Carbide (Tungsten Carbide) Digunakan karena tahan aus dan dapat digunakan untuk berbagai jenis material, termasuk aluminium dan kayu. HSS (*High-Speed-Steel*) Alternatif yang lebih murah tetapi tidak sekuat carbide dan lebih cocok untuk material lunak seperti kayu dan plastik. *Power Supply*.

Power supply menyediakan daya yang diperlukan untuk semua komponen mesin, termasuk motor stepper, spindle, dan papan kontrol. Power supply yang digunakan terlihat pada gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7. *Power Supply*

3.2.2. Alat

1. Mesin Las

Mesin las merupakan suatu alat yang dipakai guna mempermudah pekerjaan dalam penyambungan logam. Mesin ini digunakan untuk menyambung potongan-potongan besi siku yang akan dijadikan sebagai rangka mesin mini milling. Mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin las listrik yang bisa dilihat pada gambar 3.8 di bawah ini.



Gambar 3.8. Mesin Las

Adapun spesifikasi mesin las yang digunakan adalah:

a. Jenis las

Jenis yang digunakan adalah Las yang ber tipe ARC/MMA (Manual Metal ARC Welding).

b. Tegangan Input

Tegangan input yang dimiliki mesin las tersebut adalah 220V, 1 Phase, 50/60 HZ (Arus listrik rumah tangga standar).

c. Kapasitas *output* arus las

Kapasitas *output* arus yang dimiliki mesin las tersebut adalah 20 – 120 Ampere

d. Diameter elektroda yang digunakan

Diameter elektroda yang digunakan pada mesin las tersebut adalah 1.6 mm – 3.2 mm.

2. Mesin Gerinda Potong

Mesin gerinda potong adalah jenis mesin dengan mata gerinda yang berputar dan digunakan untuk memotong benda kerja. Dalam pembuatan mesin mini milling ini, alat ini digunakan sebagai pemotong besi siku untuk membuat rangka mesin milling. Jenis gerinda potong yang digunakan terlihat pada gambar.



Gambar 3. 9. Mesin Gerinda Potong

Spesifikasi mesin Gerinda potong antara lain adalah:

a. Daya listrik (Watt)

Daya listrik Mesin Gerinda potong memiliki daya sebesar 500 watt hingga 1200 watt.

b. Ukuran mata gerinda (Diameter)

Ukuran standart untuk mata gerinda potong adalah 4 inch atau (100 mm) atau 4.5 inch (115 mm).

c. Kecepatan atau putaran (RPM)

Mesin gaerinda potong biasanya memiliki kecepatan putaran 10.000 – 12.000 RPM (putaran per menit)

3. Meteran

Meteran adalah alat pengukur jarak dan juga panjang. Alat pengukur ini

digunakan untuk mengukur bahan dalam proses pembuatan mesin mini milling sesuai dengan gambar rancangan yang sudah disediakan. Meteran yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.10 berikut.



Gambar 3. 10. Meteran

4. Mesin Bor

Mesin bor digunakan untuk membuat lubang baut pada rangka mesin mini milling sebagai tempat memasang baut. Baut tersebut berfungsi sebagai pengikat antar komponen-komponen dalam mesin. Mesin bor yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.11 berikut ini:



Gambar 3.11. Mesin Bor

3.3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan merakit sebuah produk menggunakan alat dan bahan yang disediakan

sebagai objek penelitiannya dengan sistematika seperti berikut.

- a. Riset dan studi literatur.
- b. Memilih metode penelitian yang akan digunakan.
- c. Menentukan populasi dan sampel penelitian.
- d. Pengumpulan data melalui persiapan alat dan bahan yang digunakan, dan mengumpulkan data dari proses penelitian.
- e. Menganalisis data yang diperoleh dari proses hingga hasil riset.
- f. Menarik kesimpulan berdasarkan hasil penelitian.

3.4. Populasi dan Sampel

Dalam studi ini, yang menjadi populasi penelitiannya yaitu seluruh proses produksi mesin rig uji atau objek yang memiliki karakteristik atau sifat tertentu dan menjadi fokus dari penelitian ini meliputi konsep pembuatan, pemilihan material, proses perakitan, pengujian hingga analisis hasil pengujian.

Sampel penelitian adalah sebagian kecil atau subset dari populasi penelitian yang diambil untuk diuji, diamati, atau diteliti oleh peneliti. Sampel dapat didefinisikan sebagai sekelompok elemen yang diambil dari populasi secara acak atau berdasarkan kriteria tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian. Pada studi ini, yang menjadi sampel penelitiannya adalah alat dan bahan penelitian yang akan dianalisis dari segi proses kerja alat dan kekuatan bahan produksi.

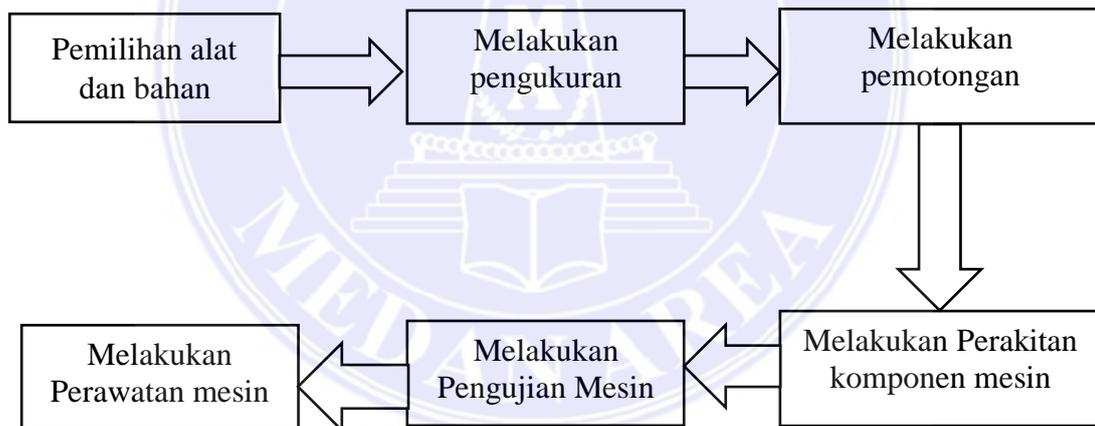
3.5. Prosedur Kerja

Berikut ini beberapa tahapan yang akan dilakukan dalam proses penelitian

yaitu:

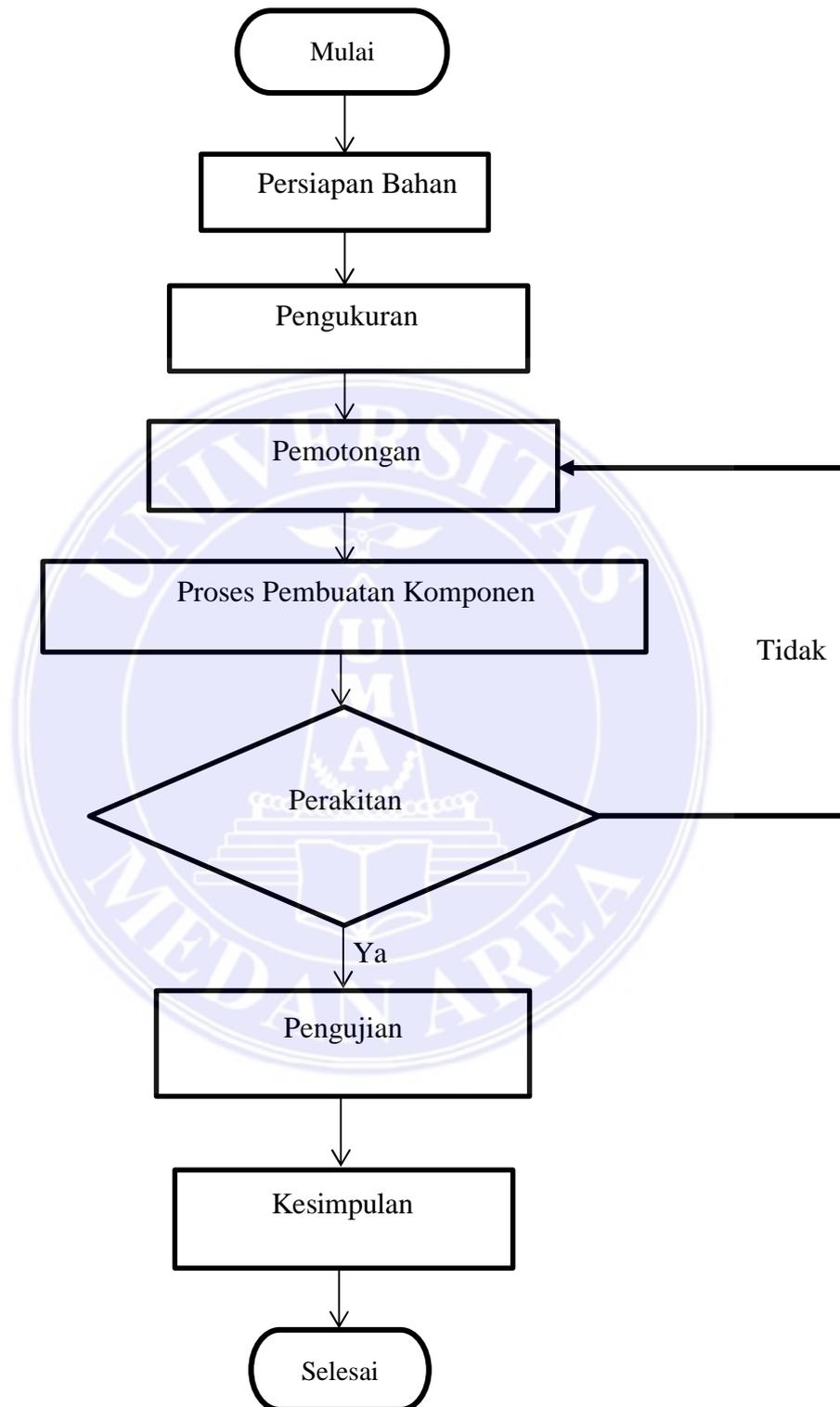
- a. Membuat dan memilih konsep pembuatan mesin mini milling.
- b. Memilih bahan yang digunakan dalam pembuatan mesin mini milling.
- c. Membuat mesin mini milling dan menganalisis proses kerja alat yang digunakan.
- d. Melakukan kinerja mesin mini milling setelah selesai diproduksi.
- e. Menganalisis hasil pengujian untuk mengevaluasi kinerja mesin milling.
- f. Menyusun laporan penelitian.

Berikut ini adalah diagram prosedur kerja pembuatan mesin mini milling skala lab untuk pengerjaan plat dwikutub:



Gambar 3.12. Diagram Prosedur Kerja

3.5.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.13. Diagram Alir Penelitian

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan sebagaimana telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya pada akhir penulisan skripsi ini dapat ditarik beberapa poin yang berupa kesimpulan sebagai berikut:

Dalam proses pembuatan mesin mini milling skala lab untuk pengerjaan plat dwikutub tergantung pada berbagai faktor antara lain, termasuk pemilihan alat yang akan di gunakan, pemilihan bahan yang akan digunakan dan proses proses yang dilalui untuk membuat alat penyusun mesin mini milling skal lab untuk pengerjaan plat dwikutub seperti pengukuran, pemotongan, dan perakitan untuk membuat bagian bagian rangka pada mesin mini milling tersebut. Pengguna yakin bahwa proses tersebut dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam pemilihan bahan atau manufaktur produk baru.

Dengan melakukan perawatan yang tepat, mesin mini milling skala lab untuk pengerjaan plat dwikutub akan beroperasi dengan baik dan menghasilkan kualitas pengerjaan yang baik. Pembersihan rutin, pelumasan yang tepat, pemeriksaan mata pisau atau alat potong, kalibrasi dan penyetelan, serta pelatihan keselamatan semuanya merupakan Langkah Langkah penting dalam menjaga mesin dalam kondisi yang optimal. dan tingkat keandalan pada mesin mini milling bergantung pada sejumlah faktor seperti kualitas komponen perawatan yang dilakukan serta cara penggunaan mesin, mesin ini dibuat untuk aplikasi ringan hingga menengah dan jika di gunakan sesuai dengan spesifikasinya, mesin ini dapat memberikan kinerja yang cukup andal.

5.2. Saran

Berdasarkan dari hasil uraian pembahasan di atas, maka penulis dapat menyimpulkan saran sebagai berikut :

1. Menganailisi proses pembuatan mesin mini milling skala lab untuk pengerjaan plat dwikutub tentu harus di tebar luaskan pada generasi generasi yang akan datang sebagai pedoman dalam menerapkan karya ilmiah yang berbasis computer.
2. Kesehatan dan keselamatan kerja merupakan hal yang sangat penting dalam dan harus sangat di perhatikan dalam proses manufaktur.
3. Lakukan perawatan dan pengecekan pada mesin mini milling setelah selesai di gunakan dan di jalankan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amal Aldianto, 2015. "Prototype mesin CNC berbasis Arduino Uno dengan software GBRL controller", Jurnal Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercubuana, Jakarta.
- Beno Sutopo, 2006. "Pembuatan benda kerja pada mesin Frais CNC TU 3A menggunakan software CNC Keller Q Plus berbasis software Autocad 2000", Jurnal Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Dewangga, andra prasetya (2016) *perancangan dan pembuatan mesin cnc milling mini dengan pengoperasian menggunakan software mach 3*. diploma thesis, politeknik perkapalan negeri surabaya.
- Munir Fauzi, . (2016) *Desain konstruksi Meja mesin milling cnc mini Skripsi*. Universitas Pamulang, Tangerang Selatan.
- Unan Yunani, . (2016) *Pengukuran Kedataran Meja Pada Mesin Milling Cnc Mini 4 Axis*. Universitas Pamulang, Tangerang Selatan.
- Pradana, Dityo Kurniawan, 2011. "Rancang bangun CNC Milling Machine Home Made untuk membuat PCB", Jurnal Jurusan Teknologi Elektro Universitas Gunadarma, Depok.
- Saludin. 2016. *Rekayasa Sistem Manufaktur*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Irawan, Agustinus Purna. 2017. *Perancangan Dan Pengembangan Produk Manufaktur*. Yogyakarta: Andi.
- Suga, Kiyokatsu. 1983. *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Suprian, Erliyanto. 2013. "Manufaktur Dalam Dunia Teknik Industri." 1–4. Suwandi, A., A. Hermanto, D. L. Zariatn, B. Sulaksono, and Dan E. Prayogi.
2019. "Proses Manufaktur Dan Estimasi Biaya Produksi Untuk Produk Kelos." *Teknologi* 11(2):127–38.
- Syamsul rizal. 2023. Analisis Quality Function Deployment (qfd) pada rancang bangun mesin milling 3 sumbu.
- Iswandi, J. Sahari, and A. B. Sulong, "Effects of Different Particles Sizes of Graphite on the Engineering Properties of Graphites/Polypropylene Composites on Injection Molding Application," *Key Eng. Mater.*, vol. 471–472, pp. 109–114, Feb. 2011, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.471-472.109.
- Iswandi and Abu Bakar Sulong, "EFFECTS OF GRAPHITE/POLYPROPYLENE ON THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF MANUFACTURED BIPOLAR PLATE," *Malays. J. Anal. Sci.*, vol. 23, no. 2, Apr. 2019, doi: 10.17576/mjas-2019-2302-19.
- Iswandi, Husaini Teuku Abu Bakar, and Jaafar, Sahari, "Critical Powder Loading

And Rheological Properties Of Polypropylene/Graphite Composite Feedstock For Bipolar Plate Application,” *Malays. J. Anal. Sci.*, vol. 20, no. 3, pp. 687–696, Jun. 2016, doi: 10.17576/mjas-2016-2003-30.

- N. A. Mohd Radzuan, A. B. Sulong, and I. Iswandi, “Effect of Multi-Sized Graphite Filler on the Mechanical Properties and Electrical Conductivity,” *JSM*, vol. 50, no. 7, pp. 2025–2034, Jul. 2021, doi: 10.17576/jsm-2021-5007-17.

