

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

K Adi Sugiarto., (2020) Menurut Salah satu karakteristik geometris yang ideal dari suatu komponen adalah permukaan yang halus. Dalam prakteknya memang tidak mungkin untuk mendapatkan suatu komponen dengan permukaan yang betul betul halus. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, misalnya faktor manusia (operator) dan faktor-faktor dari mesin-mesin yang digunakan untuk membuatnya. Akan tetapi, dengan kemajuan teknologi terus berusaha membuat peralatan yang mampu membentuk permukaan komponen dengan tingkat kehalusan yang cukup tinggi menurut standar ukuran yang berlaku dalam metrologi yang dikemukakan oleh para ahli pengukuran geometris benda melalui pengalaman penelitian.

Roni Permana Saputra1 (2011) Makalah ini membahas tentang desain *system* kendali *router* berbasis *computer numerical control (CNC)* menggunakan *personal computer (PC)*, untuk diimplementasikan di *flame cutting machine (FCM)*. *NC-Code* yang diinputkan kekomputer diterjemahkan menjadi sinyal perintah yang dikirimkan PC ke *microcontroller* untuk mengendalikan gerakan *end effector* mesin pada sumbu X dan sumbu Y secara simultan berdasarkan hasil perhitungan interpolasi linier dan interpolasi sirkular pada PC. Sistem kendali ini diimplementasikan pada FCM dengan menghubungkan output kendali dari *microcontroller* dengan *driver aktuator FCM* berupa motor DC. Hasil yang diperoleh berupa suatu *Prototype System* kendali *Router CNC* untuk diimplementasikan di FCM dan mampu melakukan interpolasi linier dan interpolasi sirkular.

Eri Yulius Elvys(2013) Kebutuhan mesin *CNC milling 5-axis* sangat meningkat belakangan ini. Peningkatan terjadi disebabkan meningkatnya kebutuhan untuk mengerjakan bentuk geometri yang kompleks dan mengurangi waktu *set-up*. Ketidaktepatan yang terjadi pada mesin disebabkan oleh

ketidakteletian *controller*, ketidakteletian konstruksi dan ketidakteletian proses pemesinan, atau gabungan dari ketiga ketidakteletian tersebut.

Ketidakteletian pada konstruksi mesin dapat terjadi selama proses baik pada desain, manufaktur maupun perakitan. Oleh karena itu, dibutuhkan penelitian dibidang ini untuk meningkatkan keakurasian dan kepresisian mesin. Ketidakteletian dapat diketahui melalui proses kalibrasi pada meja mesin, dimana alat ukur ditempatkan sesuai arah gerakan linear sumbu X, Y, Z dan gerakan rotasi sumbu A, C pada meja mesin. Ketidakteletian gerakan mesin diperoleh dari pengukuran hasil pemesinan profil aktual. Proses pengujian gerakan mesin dilakukan dengan variasi DoC 0,5mm, 0,75 mm, 1 mm dan 1,25 mm dengan bentuk lintasan hexagonal membentuk sudut 60° pada sumbu C. Disampaing itu feed juga divariasikan dari 75 mm/menit, 100 mm/menit, 125 mm/menit dan 150 mm/menit. Untuk pengujian gerakan mesin pada sumbu A, DoC 0,5 mm membentuk lintasan sudut 45 dan divariasikan dengan feed 25 mm/menit, 50 mm/menit, 75mm/menit, 100 mm/menit dan 125 mm/menit. Hasil pengukuran ketidakteletian ada sumbu A rata-rata ketidakteletian -1,2267 sebelum dilakukan kompensasi akan tetapi mengalami perbaikan dengan rata-rata ketidakteletian 0,003 setelah dilakukan kompensasi. Hal yang sama juga terjadi pada sumbu C, dimana sebelum dilakukan kompensasi rata-rata ketidakteletian -0,184 dan setelah dilakukan kompensasi menjadi lebih kecil dengan rata-rata ketidakteletian 0,003 pada feed 75 mm/menit. Pengujian dengan variasi DoC dan feed pada sumbu ini juga menunjukkan kecenderungan yang sama, dimana rata-rata ketidakteletian besar jika menggunakan *G-code original*, dan rata rata ketidakteletian menjadi lebih kecil setelah dilakukan kompensasi dengan menggunakan *G-code modifikasi*. Hal ini menunjukkan bahwa baik proses kalibrasi konstruksi mesin, kalibrasi dengan pengaturan jumlah step motor stepper dan kompensasi ketidakteletian gerakan meja dapat meningkatkan keakurasian dan kepresisian pada *prototype mesin CNC milling mini 5-axis tipe tilt rotary table*.

Awliya Tribhuwana., (2018) metode pengukuran merupakan bidang yang sangat luas dipandang dari ilmu pengetahuan dan teknik, meliputi masalah deteksi, pengolahan, pengaturan dan analisa data. Besaran yang diukur atau dicatat oleh

suatu instrumen termasuk besaran besaran fisika, kimia, mekanik, listrik, magnet, optik dan akustik. Parameter besaran-besaran tadi merupakan bahan kegiatan yang penting dalam tiap cabang penelitian ilmu dan proses industri yang berhubungan dengan sistem pengaturan proses, instrumentasi proses dan pula reduksi data.

Kuspradini, dkk. (2016), beliau mengatakan bahwa resin merupakan hasil dari eksudasi tumbuhan secara alami atau buatan. Sifatnya padat, bening, kusam, mengkilat, rapuh, dan bisa meleleh atau mudah terbakar saat terkena panas. Bahkan bisa juga mengeluarkan aroma dan asap yang khas baunya.

Resin termasuk ke dalam salah satu bahan yang berasal dan bisa dibuat dari alam. Salah satu sumber utama pembuatan resin adalah berasal dari getah berbagai macam pohon, seperti pohon konifer atau pohon kunjung. Untuk mendapatkan tekstur yang kuat, campuran getah pohon tersebut dicampurkan dengan berbagai unsur kimiawi lainnya hingga menghasilkan bahan yang tidak mudah hancur.

Karena berasal dari getah dan campuran kimia, resin perlu dibentuk terlebih dahulu dengan menggunakan cetakan atau secara manual sebelum akhirnya harus dibakar supaya bisa mengeras dan menghasilkan benda yang sudah dicetak sebelumnya.

Tabel 2.1 Referensi

No	Judul Penelitian	Peneliti (Tahun)	Kesimpulan
1	Pengaruh kedalaman pemakanan, kecepatan pemotongan <i>Work-piece Overhang</i> dan kekasaran permukaan pada <i>turning of 41cr4 alloy steel</i>	C.O Izelu (2008)	Dari hasil eksperimen, parameter putar (<i>dept</i>) <i>cut</i> , kecepatan pemotongan dan kecepatan putar spindel telah berpengaruh signifikan pada kekasaran permukaan potongan kerja dan pada tingkat relatif mempengaruhi getaran yang diinduksi. Hal ini juga menunjukkan bahwa getaran yang diinduksi dan kekasaran permukaan <i>work-piece</i> sebanding dengan kedalaman <i>cut</i> , <i>cutting speed</i> dan kerja bagian <i>overhang</i> .

No	Judul Penelitian	Peneliti (Tahun)	Kesimpulan
2	Analisa Pengaruh Sumbu X Proses Kalibrasi Pada Mesin CNC Router 3 Axis	Gesit Prabowo (2016)	<p>1. Pada percobaan permesinan mesin CNC ROUTER, pada hasil pemrograman manual terdapat penyimpangan terbesar pada bentuk segienam sebesar 0,90 mm dan penyimpangan terkecil pada bentuk kotak 0,0053 mm. Pada hasil intregasi datapada NC CAD/CAM HSMxpress di dapat bahwa hasil produk juga terdapat penyimpangan yaitu pada segienam sebesar 0,07085195 mm dan terkecil pada bentuk segienam 0,0181659 mm.</p> <p>2. Tingkat keakurasian yang didapat dari dalam table dapat disimpulkan bahwa hasil keakurasian dimensi dari hasil program HSMxpress lebih akurat dari pada hasil yang didapat dari program manual.</p>
3	Peningkatan Keakurasian Gerakan Pada Protoype Mesin Cnc Milling 3-Axis	Eri Yulius Elvys (2015)	<p>Dalam penelitian ini dikembangkan metode kompensasi perintah untuk meningkatkan ketelitian gerakan <i>open loop control sistim</i> pada mesin <i>milling CNC mini</i> yang dibuat di laboratorium CNC Akademi Teknik Soroako. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata penyimpangan dimensi hasil proses pemesinan untuk arah sumbu X sebesar +0,028 mm dan arah sumbu Y sebesar +0,021 mm. Kompensasi perintah yang diberikan melalui modifikasi program CNC (<i>G-Code</i>) dan melalui pengaturan jumlah <i>step per unit motor stepper</i>, dapat memperkecil penyimpangan gerakan sumbu X dan sumbu Y hingga dibawah 0,005 mm (5µm).</p>
4	Pengaruh Kesalahan Dimensi Terhadap Ketelitian Gerak Output Mesin Milling 3 Axes	Muhammad Syaifudin, Syafri (2017)	<p>Adapun faktor-faktor yang menyebabkan kurangnya keakuratan atau kepresisian dari hasil pengujian dapat di pengaruhi dari beberapa faktor seperti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Selisih pengukuran kerataan, kelendutan dan kelurusan antara rel Y1, Y2 dan X1, X2 mengakibatkan kerja dari mesin CNC optimal, sehingga hasil pengerjaan yang dilakukan tidak sesuai dengan desain yang telah dirancang. • Pada mur spindle mengalami kecacatan sehingga saat dilakukan penguncian untuk mengencangkan mur hasil putaran mata pahat.

No	Judul Penelitian	Peneliti (Tahun)	Kesimpulan
5	Proses Kalibrasi Sumbu X, Y, Dan Z Pada Mesin CNC Router Kayu 3 Axis Menggunakan Alat Bantu Dial Indicator dan Block Gauge	Zaynawi, Bayu Wiro K, Fipka Bisono (2018)	Hasil dari kalibrasi ini adalah untuk mengetahui hasil penyimpangan dari mesin tersebut pada sumbu x sebesar 0,01 mm, sumbu y sebesar 0,01 mm dan sumbu z sebesar 0,02 mm, dengan adanya proses kalibrasi ini diharapkan CNC router kayu ini bisa beroperasi secara akurat dan presisi pada benda kerja.
6	Pengaruh <i>Spindle Speed, Feed Rate, Dan Depth Of Cut</i> Terhadap Akurasi Hasil Permesinan Pada Mesin <i>Cnc Router 3 Sumbu</i>	Slamet Riyadi, Irawan Malik, Azharuddin Azharuddin (2019)	Akurasi terbaik didapat pada <i>spindle speed 530 (RPM)</i> , <i>Feed Rate 50 (mm/mnt)</i> , dan <i>Depth Of Cut 2 (mm)</i> , dengan ukuran benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu X 29.99 mm, Sumbu Y 30.01 mm, dan Sumbu Z 6.01 mm. Hasil pengujian ini bersifat khusus untuk benda kerja kayu tembesu dan mesin <i>CNC Router</i> dengan: <ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan satu buah <i>motor stepper Nema 23</i> pada sumbu X. • Menggunakan dua buah <i>motor stepper Nema 17</i> pada sumbu Y. • Menggunakan satu buah <i>motor stepper Nema 17</i> pada sumbu Z. • Sistem transmisi pada sumbu X dan Y menggunakan <i>Timing Belt dan Timing Pully dan Lead Screw</i> pada sumbu Z.

2.2 Computer Aided Design (CAD)

Computer Aided Design adalah suatu perangkat lunak komputer untuk menggambar suatu produk atau bagian dari suatu produk. Produk yang ingin digambarkan bisa diwakili oleh garis-garis maupun simbol-simbol yang memiliki makna tertentu. CAD bisa berupa gambar 2 dimensi, 3 dimensi dan *solid modeling*. Berawal dari menggantikan fungsi meja gambar kini perangkat lunak CAD telah berevolusi dan terintegrasi dengan perangkat lunak CAE (*Computer Aided Engineering*) dan CAM (*Computer Aided Manufacturing*). Integrasi itu dimungkinkan karena perangkat lunak CAD saat ini merupakan aplikasi desain produk/komponen dalam bentuk *solid* dan/atau *surface modelling*. *Solid* model memungkinkan kita untuk memvisualisasikan komponen dan rakitan yang kita buat secara realistik. Selain itu model mempunyai properti seperti *massa, volume, pusat*

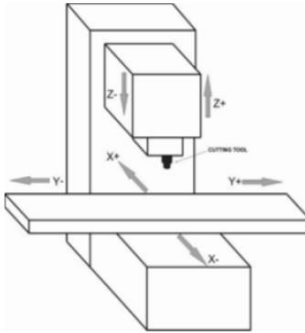
gravitasi, luas permukaan dan sebagainya. Beberapa perangkat lunak CAD yang digunakan di Indonesia yaitu: *Alias*, *CATIA*, *Autodesk® Inventor®*, *Pro/ENGINEER®*, *Parasolid®*, *SolidWorks™* dan *Power Shape* dan *UGS NX*. (Dicky Seprianto, Romi Wilza, Iskandar, 2017).

2.3 CNC (*Computer Numerical Control*)

Computer Numerical Control (CNC) merupakan salah satu komponen inti dalam suatu proses manufaktur presisi yang harus dikuasai oleh mahasiswa terutama mahasiswa teknik mesin. Proses permesinan *CNC* diawali dengan mendesain obyek menggunakan software berbasis *Computer Aided Design (CAD)* kemudian diteruskan ke dalam proses manufacturing menggunakan software berbasis *Computer Aided Manufacturing (CAM)*) yaitu sebuah teknologi aplikasi yang menggunakan perangkat lunak komputer dan mesin untuk memfasilitasi dan mengotomatisasi proses manufaktur. *Computer Aided Manufacturing (CAM)* sering digunakan bersama dengan *Computer-Aided Design (CAD)*. Perangkat lunak berupa integrasi bersama antara *CAD* dan *CAM* disebut sebagai *CAD/CAM* software sebagai contoh *MasterCAM*. Selain persyaratan bahan, sistem *Computer Aided Manufacturing (CAM)* modern meliputi kontrol real-time dan robotika. Simulasi proses *cutting*/pembentukan benda kerja dalam *software CAD/CAM* dapat disimulasikan. (Prianto Eko.,2017)

Mesin *CNC milling* merupakan pengembangan dari mesin *milling* konvensional. Pada awalnya mesin *CNC milling* terdiri dari 3 sumbu yaitu XYZ yang bisa membuat produk secara 3D. Dengan berkembangnya teknologi, sumbu mesin *CNC milling* sudah mencapai 5 sumbu sehingga dapat membuat produk dengan

kerumitan yang tinggi (Kuspriyanto.,2014). Adapun bentuk dari orientasi sumbu pada mesin CNC milling dapat dilihat pada Gambar 2.1



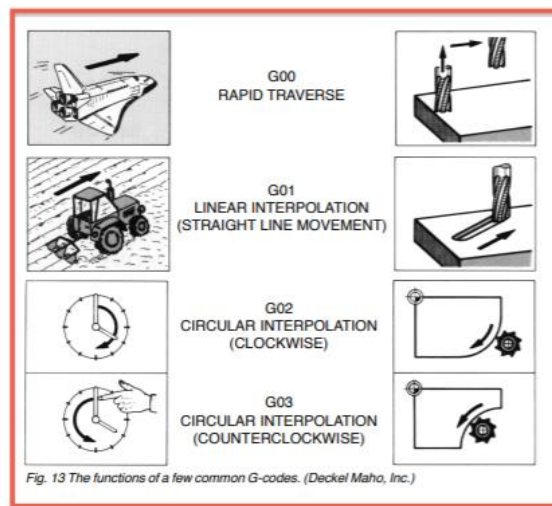
Gambar 2.1 Orientasi Sumbu pada *CNC Milling* (Kuspriyanto, 2014)

Orientasi Sumbu pada *CNC Milling* Fungsi dari tiap sumbu dari mesin *CNC milling* adalah sumbu XY berfungsi untuk menggerakkan meja searah dengan sumbu X dan Y sesuai dengan sistem koordinat kartesius dengan koordinat awal (X 0.000, Y 0.000, Z 0.000). Koordinat X+ menunjukkan arah spindle bergerak kearah kanan dari sumbu X. Pergerakan dari sumbu X atau Y berfungsi untuk menghasilkan gerakan yang linier sesuai dengan arah sumbu tersebut, sedangkan kombinasi dari pergerakan sumbu X dan Y akan menghasilkan gerakan berbentuk parabolik. Sumbu Z berfungsi untuk menggerakkan *tool* naik (Z+) dan turun (Z-) atau berfungsi sebagai pengatur kedalaman makan dari proses pemesinan tersebut. (Zoro., 2014)

2.3.1 G-code

G-Code atau bisa disebut juga (RS-274) adalah sebuah program yang digunakan untuk *numerical control* (NC), *G-Code* digunakan dalam sebuah manufaktur dengan bantuan komputer untuk mengontrol otomatisasi sebuah mesin perkakas. *G-Code* juga biasa disebut dengan bahas program G atau COM. Kode yang paling umum digunakan ketika pemrograman alat mesin CNC adalah G-kode (fungsi persiapan), dan kode M.(fungsi lain-lain). Kode lain seperti F, S, D, dan T adalah digunakan untuk fungsi mesin seperti pakan, kecepatan, diameter pemotong offset,

nomor alat, dll. G-kode kadang-kadang disebut kode siklus karena mereka mengacu pada beberapa tindakan yang terjadi pada sumbu X, Y, dan / atau Z dari alat mesin, G-kode dikelompokkan ke dalam kategori seperti Grup 01 berisi kode G00, G01, G02, G03. yang menyebabkan beberapa gerakan pada mesin. Grup 03 juga pemrograman absolut atau incremental. Kode G00 adalah Gerakan tanpa pemakanan dimana posisi alat pemotong berada di atas Workpiece dari satu titik ke titik lain pada pekerjaan. (Stavee., 2014)



Gambar 2.2 beberapa fungsi umum G-code (Stavee, 2014)

Kode G01, G02, dan G03 adalah proses pemakanan. G01 digunakan untuk gerakan garis lurus (interpolasi linier). G02 (searah jarum jam) dan G03 (berlawanan arah jarum jam) digunakan untuk busur dan lingkaran (interpolasi melingkar).

Group	Code	Function
01	G00	Rapid positioning
01	G01	Linear interpolation
01	G02	Circular interpolation clockwise (CW)
01	G03	Circular interpolation counterclockwise (CCW)
06	G20*	Inch input (in.)
06	G21*	Metric input (mm)
	G24	Radius programming (**)
00	G28	Return to reference point
00	G29	Return from reference point
	G32	Thread cutting (**)
07	G40	Cutter compensation cancel
07	G41	Cutter compensation left
07	G42	Cutter compensation right
08	G43	Tool length compensation positive (+) direction
08	G44	Tool length compensation minus (-) direction
08	G49	Tool length compensation cancel
	G84	Canned turning cycle (**)
03	G90	Absolute programming
03	G91	Incremental programming

(*) - on some machines and controls, these may be G70 (inch) and G71 (metric)

(**) - refers only to CNC lathes and turning centers.

Gambar 2.3 G-code (Stavee., 2014)

Kode M digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan fungsi berbeda yang mengontrol operasi alat mesin tertentu, kode M tidak dikelompokkan ke dalam kategori, meskipun beberapa kode M dapat mengontrol jenis operasi yang sama seperti M03, M04, dan M05 yang mengontrol spindle alat mesin. M03 mengubah spindle searah jarum, jam M04 mengubah spindle pada berlawanan arah jarum jam, M05 mematikan spindle

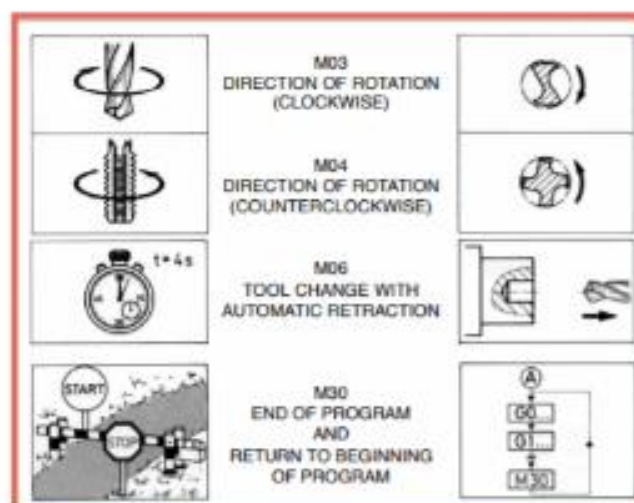


Fig. 15 The functions of a few common M-codes. (Deckel/Maho, Inc.)

Gambar 2.4 Beberapa fungsi umum M-code (Stavee, 2014)

2.3.2 GBRL Controller

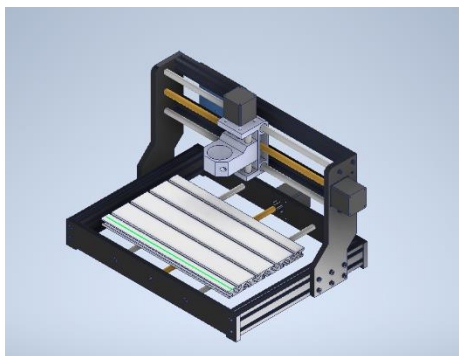
GBRL Controller adalah *Software library* yang ada didalam *CNC shield* untuk mengartikan *G-Code* yang dikirim ke sebuah Arduino sebagai perintah untuk mengerjakan sebuah mesin *CNC*. Pada dasarnya GBRL adalah sebuah *hex file* yang dapat dikirimkan ke Arduino agar dapat membaca sebuah perintah/ Program *G-Code*. Dengan *CNC shield* sebagai mikrokontroller dan driver stepper penggerak dari motor stepper.

2.3.3 Komponen Mesin CNC ROUTER 3018

Dibawah ini akan diuraikan beberapa komponen pada mesin CNC ROUTER 3018 yang dipecah per sub- assembly sebagai berikut :

a) Frame

Frame (rangka) merupakan tempat menempelnya atau menahan beberapa komponen mesin seperti motor, alat kelistrikan, casing dan lain sebagainya menjadi satu kesatuan dan tersusun secara sistematis. Frame biasanya terbuat dari bahan logam dan dengan ukuran yang presisi (akurat) untuk menghindari terjadinya ketidaksejajaran atau menimbulkan getaran dalam proses permesinan. Dalam penelitian kali ini frame terbuat dari besi tuang dengan dimensi



Gambar 2.5 *Frame CNC ROUTER 3018*

b) Motor Spindle

Motor Spindle adalah motor penggerak spindle mesin CNC, motor inilah yang dapat diprogram untuk memutar spindle dalam satuan Revolution Per Minute (RPM) yang dapat ditentukan.



Gambar 2.6 Spindle(Amazon, 2020)

c) Mur dan Baut

Untuk memasang beberapa komponen kedalam frame atau kekomponen lainnya diperlukannya mur dan baut. Dalam penelitian ini baut terbuat dari besi tuang dengan ukuran



Gambar 2.7 Mur dan Baut(technicdrawing27, 2012)

d) Sistem Transmisi

Berikut beberapa sistem transmisi yang dipakai dalam CNC Router yang akan diuji :

- Lead Screw

Lead screw (poros berulir) atau yang juga disebut dengan power screw (ulir daya) merupakan pengubah gerakan dengan memanfaatkan gaya tekan akibat perputaran ulir menjadi gerakan linier. Prinsip kerjanya sebenarnya sama dengan mur dan baut, dimana saat mur berputar terhadap baut yang terjadi adalah pergerakan segaris mengiri arah ulir baut.



Gambar 2.8 Lead Screw(Tokopedia, 2021)

- Timing Pulley

Fungsi timing pulley adalah sebagai komponen perantara putaran poros motor dan pergerakan timing pulley. Keuntungan menggunakan timing pulley dan timing belt adalah digunakan untuk daya besar, tanpa slip, perbandingan putaran eksak



Gambar 2.9 Timing pulley(Lazada, 2022)

- Timing Belt

Dalam penelitian ini Timing belt berfungsi sebagai penghubung antara putaran poros penggerak dengan poros putar yang digerakan lainnya



Gambar 2.10 Timing belt(IndiaMART, 2021)

- Kopling Fleksibel

Kopling adalah alat yang berfungsi sebagai penghubung antara Motor *Stepper* dan junga *Lead Screw*. Fungsi lain dari *Coupling* ini adalah sebagai penerus putaran antara Motor *Stepper* dan *Lead Screw* dan juga dengan tujuan untuk mentransmisikan daya mekanis.



Gambar 2.11 Kopling Fleksibel(IndiaMART, 2021)

e) Liner guide dan liner ball bearing block

Liner guide adalah sebuah elemen yang berfungsi untuk rel pergerakan selain itu juga berfungsi untuk mengurangi gaya gesek antara dua komponen yang saling bergesekan



Gambar 2.12 *Liner guide*(Lewinsky CS, 2022)

Liner ball bearing block adalah tempat dudukan liner guide dan juga sebagai penahan liner guide terhadap poros dari lead screw



Gambar 2.13 *liner ball bearing block*(Lazada, 2021)

f) Bantalan

Bantalan (bearing) merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting, fungsi dari bantalan adalah untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Dalam sistem kinerja pompa, bantalan sangat dibutuhkan 8 peranannya dikarenakan salah satu elemen komponen penting sebagai tumpuan perputaran poros pompa. Bantalan (bearing) harus cukup kuat untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Bantalan

(bearing) sebagai pendukung gerak poros, sangat besar peranannya dalam operasi kerja pompa. Setiap desain pompa memiliki spesifikasi dalam bentuk dan posisi masing-masing komponen. Demikian juga halnya dengan bantalan (bearing), banyak sekali desain pompa yang meletakkan bantalan pada berbagai posisi, hal ini disesuaikan dengan fungsi utamanya yaitu mendukung gerakan relatif poros.



Gambar 2.14 *Bearing*(3dprintronics, 2021)

g) Komponen elektrik

- Motor *Stepper*

Motor *Stepper* adalah jenis motor yang putarannya berdasarkan langkah (*step*) diskrit. *Input* pada motor *stepper* berasal dari pulsa-pulsa digital, berbeda dengan motor DC konvensional yang bekerja berdasarkan komutasi pada komponen *brush* (sikat) nya. *Step* yang mengendalikan motor berasal dari konstruksi kumparan yang disusun menjadi beberapa kelompok yang disebut fase. Motor dapat berputar apabila diberikan energi pada fase secara berurutan. Motor *Stepper* mengubah sinyal-sinyal listrik menjadi gerakan mekanis diskrit. Motor *Stepper* bergerak dalam langkah (*step*) secara teratur. Anda dapat mengendalikan langkah pada motor menggunakan mikrokontroler maupun rangkaian digital. Torsi dari motor *Stepper* tidak sebesar motor DC. Namun, motor jenis ini memiliki tingkat presisi yang tinggi dalam putarannya.

Kecepatan gerak pada *stepper* dinyatakan dalam *step per second* atau jumlah step per detik.



Gambar 2.15 Nema 17(reichelt, 2022)

- Power Supply

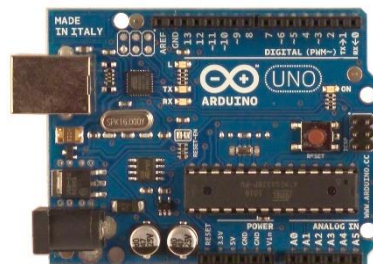
Power Supply atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Catu Daya adalah suatu alat listrik yang dapat menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronika lainnya. Pada dasarnya *power supply* atau Catu daya ini memerlukan sumber energi listrik yang kemudian mengubahnya menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronika lainnya. Oleh karena itu, *Power Supply* kadang-kadang disebut juga dengan istilah *Electric Power Converter*. *Power supply* digunakan sebagai penyedia utama daya tegangan DC bagi *CNC Controller*, Motor *Stepper*. Fungsi *power supply* adalah untuk mengubah tegangan AC menjadi DC.



Gambar 2.16 *Power Supply*

- Arduino nano

Arduino adalah papan elektronik open source yang berisi mikrokontroler dan rangkaian pendukungnya, yang dapat diprogram dan digunakan untuk mengendalikan sesuatu (*interfacing*) melalui port-port-nya. Mikrokontroler Arduino nano ini berfungsi untuk mengirimkan instruksi dan mengolah data yang diterima dari sensor ADXL345 menjadikan data tersebut keluar sesuai dengan program yang diinginkan. Dalam penelitian ini data yang diambil ialah data akselerasi hasil dari getaran yang dipengaruhi oleh 3 variabel parameter permesinan CNC ROUTER 3016 dengan sensor ADXL345. Program dalam Arduino Nano ini dibuat dengan menggunakan compiler Arduino IDE dan menggunakan bahasa C sebagai Bahasa pemrogramannya. Selanjutnya data yang telah diolah dikirimkan dari Arduino UNO ke notebook dengan menggunakan bantuan kabel USB.



Gambar 2.17 Arduino Uno(Tokopedia, 2021)

- Komputer

Komputer adalah atau pusat dari keseluruhan sistem. Mesin CNC saat ini bisa dirakit langsung dari dekstop komputer maupun PC laptop sendiri. Sistem komunikasi bisa menggunakan port USB. Pengolahan data bahasa berupa *G-CODE* dilakukan oleh komputer, setelah itu diteruskan melalui port USB berupa perintah atau sinyal gerak untuk motor. *Software CNC* yang bisa digunakan ada

bermacam macam, pada penelitian ini menggunakan *software* GRBL dengan *platform* OS Windows, Arduino IDE dan SCI-LAB



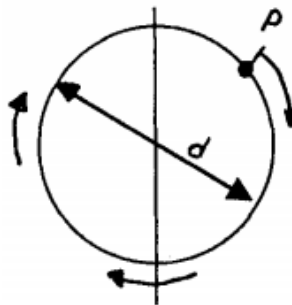
Gambar 2.18 Laptop

2.4 Parameter Permesinan

Dalam proses permesinan CNC ROUTER terdapat 3 parameter yang menjadi dasar dasar perhitungan untuk dianalisis pada penelitian ini. Berikut merupakan parameter proses permesinan CNC Router:

2.3.1 Kecepatan potong

Kecepatan potong (*cutting speed*) : V_c (m/min)



Gambar 2.19 Ilustrasi mata tampak depan(doubtnut, 2022)

Kecepatan potong adalah jarak yang ditempuh oleh titik (P) terhadap garis tengah (d). Yang diukur dalam satuan jarak (meter) persatuan waktu (menit)

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad ; \text{ m/min}$$

Dimana : d = diameter benda kerja

n = putaran poros utama (benda kerja)

2.3.2 Kecepatan pemakanan (feed rate)

Besarnya kecepatan pemakanan (F) pada mesin frais ditentukan oleh seberapa besar bergesernya pisau frais (f) dalam satuan mm/putaran dikalikan seberapa besar putaran mesinnya (n) dalam satuan putaran. Maka rumus untuk mencari kecepatan pemakanan adalah :

$$:Vf = n.fz.x$$

Dimana : Vf = Kecepatan pemakanan (mm/menit).

fz = kecepatan makan pergigi (mm/tooth).

n = putaran spindel (rpm).

z = jumlah gigi pada pahat.

2.3.3 Kedalaman Pemakanan (*depth of cut*)

Kedalaman pemakanan adalah jarak permukaan yang sudah dipotong dengan permukaan yang belum dipotong. Tebal pemakanan dapat dipilih berdasarkan material benda kerja, pisau/pahat yang digunakan, mesin, dan kecepatan potong. Semakin tinggi kecepatan pemakanan, maka pahat yang digunakan semakin kecil diameternya dan kedalaman pemakanan pada benda kerja menjadi kecil.

2.5 Variasi Bentuk Benda Kerja

Bentuk benda kerja atau Geometris benda kerja merupakan salah satu pernyataan terkait bentuk, posisi relatif sebuah benda, pandang ruang, dan lain sebagainya. yang dimana bentuk benda kerja atau geometris benda kerja dapat diukur menggunakan alat ukur seperti mistar dan jangka sorong. dalam penelitian ini benda kerja yang akan diuji memiliki bentuk pola geometri berbeda beda.

2.6 Analysis of Variance (ANOVA)

Analysis of Variance (ANOVA) adalah sebuah analisis statistik yang menguji perbedaan rerata antar grup. Untuk pengujian kali ini penulis akan menggunakan Anova satu jalur (One Way – Anova) :

2.6.1 Anova satu jalur (One Way – Anova)

Anova jenis ini merupakan analistik statistik yang apabila variabel bebas dan variabel terikat jumlahnya satu.

$$F_{\text{hitung}} = \frac{V_A}{V_D} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{JK_A/db_A}{JK_D/db_D} = \frac{\text{Varian antar grup}}{\text{Varian dalam grup}}$$

Varian dalam grup dapat juga disebut varian galat, dan dirumuskan sebagai :

$$JK_A = \sum \frac{(\sum X_{A_i})^2}{n_{A_i}} - \frac{(\sum X_T)^2}{N} \text{ untuk } db_A = A - 1$$

$$JK_D = \sum X_T^2 - \sum \frac{(\sum X_{A_i})^2}{n_{A_i}} \text{ untuk } db_D = N - A$$

di mana,

$$\frac{(\sum X_T)^2}{N} = \text{faktor koreksi}$$

N = Jumlah keseluruhan sampel

A = Jumlah keseluruhan grup sampel.

2.6.2 Langkah-langkah uji Anova satu jalur

1. Sebelum Anova dihitung, data harus bersifat random dalam pengambilannya, berdistribusi normal, dan memiliki varian homogen.
2. Tentukan hipotesis (H_a dan H_o) dalam bentuk kalimat.
3. Tentukan hipotesis (H_a dan H_o) dalam bentuk statistik.
4. Buat daftar statistik induk.
5. Hitung jumlah kuadrat antar grup (JK_A) dengan rumus:

$$JK_A = \sum \frac{(\sum X_{A_i})^2}{n_{A_i}} - \frac{(\sum X_T)^2}{N} = \left(\frac{(\sum X_{A_1})^2}{n_{A_1}} + \frac{(\sum X_{A_2})^2}{n_{A_2}} + \frac{(\sum X_{A_3})^2}{n_{A_3}} \right) - \frac{(\sum X_T)^2}{N}$$

6. Hitung derajat bebas antar grup dengan rumus : $db_A = A - 1$.
7. Hitung kuadrat rerata antar grup (KR_A) dengan rumus : $KR_A = \frac{JK_A}{db_A}$
8. Hitung jumlah kuadrat dalam antar grup (JK_D) dengan rumus :

$$JK_D = \sum X_T^2 - \sum \frac{(\sum X_{A_i})^2}{n_{A_i}} =$$

$$= (\sum X_{A_1}^2 + \sum X_{A_2}^2 + \sum X_{A_3}^2) - \left[\frac{(\sum X_{A_1})^2}{n_{A_1}} + \frac{(\sum X_{A_2})^2}{n_{A_2}} + \frac{(\sum X_{A_3})^2}{n_{A_3}} \right]$$

9. Hitung derajat bebas dalam grup dengan rumus : $db_D = N - A$.
10. Hitung kuadrat rerata dalam grup (KR_D), $KR_D = \frac{JK_D}{db_D}$
11. Cari (F_{hitung}) $F_{hitung} = \frac{V_A}{V_D} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{JK_A/db_A}{JK_D/db_D} = \frac{\text{Varian antar grup}}{\text{Varian dalam grup}}$
12. Tentukan taraf signifikansi, ex : $\alpha = 0,05$.
13. Cari (F_{tabel}) dengan $F_{tabel} = F_{(1-\alpha)(db_A, db_D)}$.
14. Tentukan kriteria pengujian : jika ($F_{hitung} \geq F_{tabel}$), maka tolak H_0 (baca H_{nol}).
15. Ambil kesimpulan.