

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Untuk melakukan sebuah penelitian dan pengamatan ilmiah diperlukan beberapa rujukan dari berbagai sumber bacaan yang berkorelasi dengan judul yang akan dibahas. Judul yang akan penulis bahas adalah ” Pengaruh parameter proses permesinan CNC ROUTER 3018 terhadap kekasaran permukaan material akrilik”. Dibawah ini merupakan rujukan rujukan yang berkaitan:

Rangkaian mekanisme kerja pada mesin CNC milling adalah alat pemotong (*cutter*) berputar mendekati benda kerja yang dicekam hingga menghasilkan pemakanan (penyayatan) yang dikehendaki. variasi kedalaman pemakanan (*deepof cut*), kecepatan pemakanan (*cutting speed*), dan *work piece overhang* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan dan tingkat relatif diinduksi getaran pada mesin. Getaran dan kekasaran permukaan sebanding dengan kedalaman pemakanan (*deepof cut*), kecepatan pemakanan (*cutting speed*) dan *work piece overhang*. Pemilihan terhadap parameter pemotongan tersebut adalah sangat penting dilakukan demi mendapatkan hasil proses permesinan yang optimal dan dengan efisiensi waktu yang maksimal. C.O Izelu dkk., (2008).

A.Zubaidi., dkk., (2012) analisis pada kecepatan putar dan kecepatan pemakanan kekasaran permukaan material FCD 40 pada mesin bubut cnc pada uji 5 spesimen dengan variasi feeding 0,05;0,10;0,10;0,20 mm/rev dan 0,25 mm dengan diameter material FCD30 mm dan 5 spesimen dengan variasi rpm 700,800,900,1000 dan 1100 dengan diameter material 25 mm, sedangkan pahat yang digunakan insert CNMG120408N-UX tanpa pendingin. Pada proses permesinan menghasilkan spesimen yang memiliki kekasaran yang berbeda pada pengukuran kekasaran material menggunakan alat *roughness tester* TR100 dengan mengambil 12 titik daerah pengecekan yang berbeda dari setiap proses spesimen, pengambilan data pada setiap spesimen didapat hasil rata-rata dari harga Radan Rt/Rz data yang didapat bahwa terjadi peningkatan harga Radan Rt/Rz lebih dari

10% dengan penambahan 0.05 pada variasi feeding, sedangkan pada variasi rpm terjadi penurunan akan tetapi tidak lebih dari 10% per 100rpm. Dimana feeding dan rpm sangat berpengaruh dari tingkat kekasaran permukaan spesimen dan geram yang di hasilkan.

Dwi, W., (2016) dalam penelitiannya menunjukkan semakin rendah feed rate yang di gunakan pada proses mesin CNC milling Router 3 axis dengan material acrylic menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang semakin rendah, tingkat kekasaran pada proses mesin CNC milling Router 3 axis dengan material acrylic dengan variasi tool path zig-zag,parallel spiral dan one way dan feed rate 200,300,400 mm/min akan menghasilkan tingkat kekasaran antara N7 sampai dengan N8.Tingkat kekasaran permukaan paling rendah pada tool path parallel spiral dengan feed rate 200 mm/min sebesar 1,178 μm dengan nilai rata-rata nilai Roughness Average (Ra) sebesar 1,675 μm ,sedangkan kekasaran permukaan paling tinggi pada tool path one way dengan feed rate 400 mm/min sebesar 2,555 μm dengan nilai rata-rata nilai Roughness Average (Ra) sebesar 2,482 μm .sehingga tingkat kehalusan yang paling bagus pada pengujian kekasaran permukaan dengan alat uji kekasaran (Roughness Tester Type TR200 dengan standar ISO) yaitu pada tool path parallel spiral dengan feed rate 200 mm/min.

Herman saputro., (2011) membuat sebuah penelitian mengenai Prediksi Kekasaran Permukaan Baja ST 40 Berbasis Model Analisis Regresi Ganda pada Permesinan CNC FRAIS. Dalam penilitiannya Tingkat kekasaran permukaan hasil proses CNC frais dan keausan pahat dapat dipengaruhi oleh dua faktor atau variabel yaitu: 1) Variabel yang masuk dalam program seperti: kecepatan makan (vf), kecepatan spindel (n) dan kedalaman pemotongan (a), dan 2) Variabel yang tidak masuk dalam program seperti: geometri pahat, jumlah mata sayat pahat, bahan pahat dan bahan benda kerja. Dimana variable tersebut kemudian dianalisa untuk membuat sebuah prediksi bahwa ada hubungan linier antara variabel dependen, yaitu tingkat kekasaran permukaan dan tiap prediktor, yaitu faktor kecepatan pemakanan, kecepatan putaran dan kedalaman pemakanan. Setelah melakukan analisa prediktif menggunakan metode regresi linier berganda didapatkan Persamaan garis regresi yang sekaligus model matematik yang

digunakan untuk memprediksi kekasaran permukaan adalah : $Y = 3.0581 - 0.00007 n - 9.4333 Vf - 0.4956 a$ setelah persamaan regresi divalidasi dengan berbagai data hasil percobaan didapatkan kekasaran permukaan terkecil pada permesinan frais tanpa pendingin adalah $0.67 \mu\text{m}$ terjadi pada parameter pemotongan: rpm = 2500, kecepatan pemakanan = 0.17 mm/rev dan kedalaman pemakanan $t = 1.5 \text{ mm}$. Sedangkan kekasaran terbesar pada permesinan frais tanpa pendingin adalah $2.33 \mu\text{m}$ terjadi pada parameter pemotongan: rpm = 500, kecepatan pemakanan = 0.07 mm/rev dan kedalaman pemakanan = 0.5 mm.

Chan. Sovannara., (2016) Dari hasil analisis pengaruh kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan terhadap kekasaran permukaan pada proses pembuatan spesimen menggunakan mesin cnc milling menunjukkan bahwa adanya pengaruh yang signifikan antara perubahan feed rate dengan hasil kekasaran permukaan dari hasil pengujian eksperimen. nilai hasil uji kekasaran yang didapatkan adalah permukaan benda yang memiliki nilai rata-rata kekasaran paling rendah dengan kecepatan pemakanan 100 mm dan kedalaman pemakanan 0.5 mm adalah $2.468 \mu\text{m}$ dan kecepatan pemakanan 300 mm/menit dengan kedalaman pemakanan 0.2 mm memiliki nilai rata-rata kekasaran paling tinggi adalah $6.467 \mu\text{m}$. pada hasil tersebut dapat memberikan perlakuan kedalaman pemakanan 0,5 mm dengan kecepatan pemakanan terhadap benda kerja memiliki tingkat kekasaran permukaan yang terendah.

Tabel 2.1 Komparasi Kajian Pustaka

DATA SUMBER JURNAL LAPORAN			
	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
2010	Alfatih, H.M.	Studi Pengaruh Parameter Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Up dan Down Milling Dengan Pendekatan Vertical Milling	1. Kecepatan potong (V_c), kecepatan pemakanan (V_f) dan kedalaman pemotongan (a) 2. Studi Pengaruh Parameter Pemotongan terhadap Kekasaran Permukaan pada ... oleh Muh Alfatih Hendrawan c c a f a f mempunyai pengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja hasil proses milling 3. Kedalaman pemotongan dan kecepatan pemakanan mempunyai pengaruh yang 4. Persamaan regresi untuk

			<p>kekasaran permukaan yaitu : proses down milling positif terhadap kekasaran permukaan, sedangkan kecepatan potong berpengaruh $R = 1,87V - 0,152V$ $0,120$ a $0,274$ negatif.</p> <p>3. Proses down milling menghasilkan permuproses up milling kaan benda kerja lebih halus dari pada proses up milling.</p>
2012	A.Zubaidi., dkk.,	Analisis pengaruh kecepatan putar dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran permukaan material FCD 40 pada mesin bubut CNC	<p>Pada proses permesinan menghasilkan spesimen yang memiliki kekasaran yang berbeda pada pengukuran kekasaran material menggunakan alat <i>roughness tester</i> TR100 dengan mengambil 12 titik daerah pengecekan yang berbeda dari setiap proses spesimen, pengambilan data pada setiap spesimen didapat hasil rata-rata dari harga Radan Rt/Rz data yang didapat bahwa terjadi peningkatan harga Radan Rt/Rz lebih dari 10% dengan penambahan 0.05 pada variasi feeding, sedangkan pada variasi rpm terjadi penurunan akan tetapi tidak lebih dari 10% per 100rpm. Dimana feeding dan rpm sangat berpengaruh dari tingkat kekasaran permukaan spesimen dan geram yang di</p>

			hasilkan.
2011	Herman saputro	Prediksi Kekasaran Permukaan Baja ST 40 Berbasis Model Analisis Regresi Ganda pada Permesinan CNC FRAIS	<p>1. Persamaan garis regresi yang sekaligus model matematik yang digunakan untuk memprediksi kekasaran permukaan adalah : $Y = 3.0581 - 0.00007 n - 9.4333 V_f - 0.4956 a$</p> <p>2. kekasaran permukaan terkecil pada permesinan frais tanpa pendingin adalah $0.67 \mu\text{m}$ terjadi pada parameter pemotongan: rpm = 2500, kecepatan pemakanan = 0.17 mm/rev dan kedalaman pemakanan $t = 1.5 \text{ mm}$. Sedangkan kekasaran terbesar pada permesinan frais tanpa pendingin adalah $2.33 \mu\text{m}$ terjadi pada parameter pemotongan: rpm = 500, kecepatan pemakanan = 0.07 mm/rev dan kedalaman pemakanan = 0.5 mm.</p>
2014	Dwi	Pengaruh Tool Path Dan Feed Rate Pada Proses Mesin Milling Cnc Router 3 Axis Dengan Material Acrylic	Semakin rendah feed rate yang di gunakan pada proses mesin CNC milling Router 3 axis dengan material acrylic menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang semakin rendah, tingkat kekasaran pada proses mesin CNC milling Router 3 axis dengan material acrylic dengan variasi tool path zig-zag,parallel spiral dan one way dan feed rate 200,300,400 mm/min akan menghasilkan tingkat kekasaran antara N7 sampai dengan N8.
2019	M.Taufik Qurohman,dkk	EFEKTIVITAS KECEPATAN LAJU PENGIKISAN TERHADAP MATERIAL AKRILIK DAN	Data hasil pengujian pada kecepatan 800 rpm pada material akrilik menghasilkan benda kerja yang kasar dan pada kecepatan 1000 rpm pada material akrilik

		KAYU PADA MESIN CNC ROUTER	menghasilkan benda kerja yang halus, dan untuk kecepatan 800 rpm pada material kayu sengon menghasilkan benda kerja yang kasar dan kecepatan 1000 rpm pada material kayu sengon menghasilkan benda kerja yang halus, jadi dapat disimpulkan dari kedua variasi kecepatan dan bahan tersebut kecepatan 1000 rpm lah yang menghasilkan benda kerja yang halus.
2019	Slamet Riyadi	Pengaruh Spindle Speed, Feed Rate, dan Deep of cut Terhadap Akurasi Hasil Permesinan Pada Mesin CNC Router 3 Sumbu	Keakurasian benda kerja hasil proses permesinan pada mesin CNC Router dipengaruhi oleh Spindle speed, Feed Rate dan Deep Of Cut dengan pengaruh sebesar; 91,8 % pada sumbu X, 74.3% pada sumbu Y, dan 5.5 % pada sumbu Z. Selain dari pengaruh Spindle speed, Feed Rate dan Deep Of Cut keakurasian benda kerja hasil proses permesinan pada mesin CNC Router 8.2% pada sumbu X, 25.4% pada sumbu Y, 94.5% pada sumbu Z, dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu: Tidak rata nya permukaan atau penempatan benda kerja pada meja mesin, Serat benda kerja (kayu tembesu) yang tidak sama. Akurasi terbaik didapat pada spindle speed 530 (RPM), Feed Rate 50 (mm/mnt) dan Deep Of Cut 2 (mm), 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 CNC Router dengan:

			<ol style="list-style-type: none"> 1. Menggunakan satu buah motor stepper Nema 23 pada sumbu X. 2. Menggunakan dua buah motor stepper Nema 17 pada sumbu Y. 3. Menggunakan satu buah motor stepper Nema 17 pada sumbu Z. 4. Sistem transmisi pada sumbu X dan Y menggunakan Timing Belt dan Timing Pully dan Lead Screw pada sumbu Z
--	--	--	--

(Sumber: Diolah dari: CO izelu, Amalia sugondo, Herman saoutro, Irman,Alfas)

Beberapa ulasan literatur diatas bertujuan untuk mencari referensi dan sebagai pengarah penelitian tentang “Pengaruh parameter proses permesinan CNC ROUTER 3018 terhadap kekasaran permukaan material akrilik Sehingga dapat membantu dalam pelaksanaan pengujian.

Berdasarkan dari hasil beberapa penelusuran *literature* diatas, maka dapat disimpulkan bahwa usulan Tugas Akhir ini memiliki perbedaan sebagai berikut :

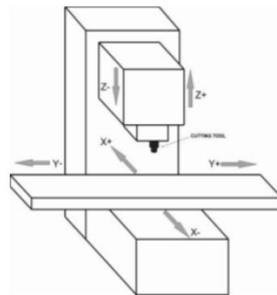
- a) Material benda kerja yang digunakan adalah Akrilik
- b) Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *roughness tester*
- c) Variasi *Feed rate* dan *Deepof cut* terhadap nilai kekasaran permukaan
- d) Variabel yang diukur adalah Akrilik bening

2.2 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 *MaterCAM*. 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.

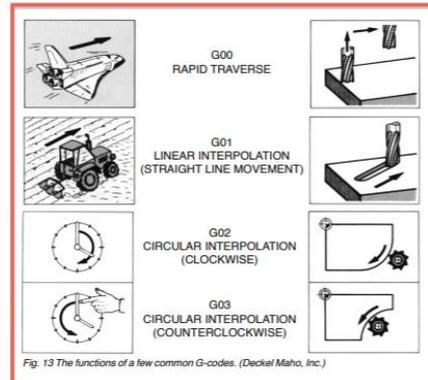


Gambar 2.1 Orientasi Sumbu pada CNC Milling (Kuspriyanto, 2014)

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)

2.2.1 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

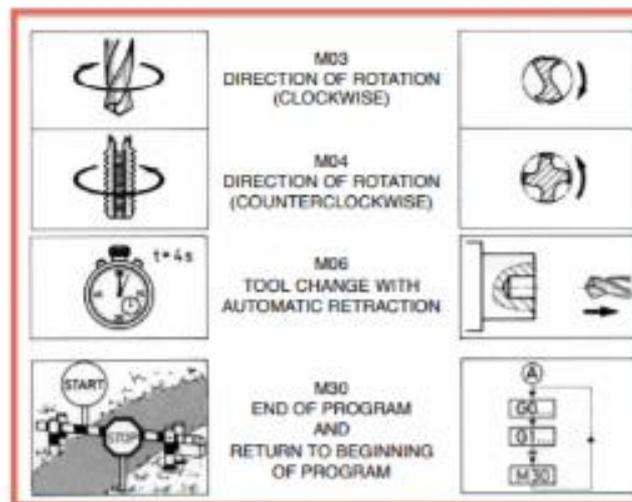


Fig. 15 The functions of a few common M-codes. (Deckel Maho, Inc.)

berlawanan arah jarum jam, M05 mematikan spindle

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

2.2.2 GBRL Controller

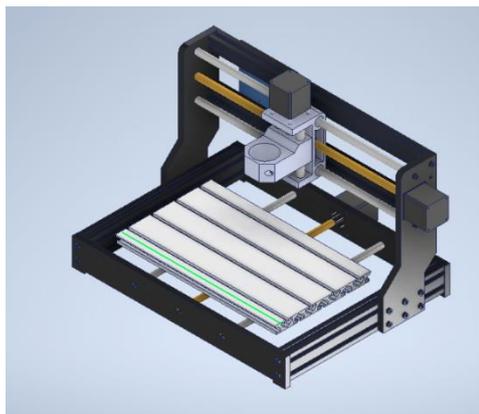
GBRL Controller adalah *Software library* yang ada didalam *CNC shield* untuk mengartikan *G-Code* yang dikirim ke sebuah Arduino sebagai perintah untuk mengerjakan sebuah mesin *CNC*. Pada dasarnya GBRL adalah sebuah *hex file* yang dapat dikirimkan ke Arduino agar dapat membaca sebuah perintah/ Program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

2.2.3 Komponen Mesin CNC ROUTER 3016

Dibawah ini akan diuraikan beberapa komponen pada mesin CNC ROUTER 3016 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 (batasan ukuran getaran ada acuan nya) dikatakan aman atau



bermasalah

Gambar 2.5 *Frame CNC ROUTER 3018* (Sumber diolah)

b) *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*

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

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

- Kopling Fleksibel

Kopling adalah alat yang berfungsi sebagai penghubung antara Motor *Stepper* dan juga *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 2.9 Kopling Fleksibel

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 2.10 *Liner guide*

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



Gambar 2.11 *liner ball bearing block*

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 2.12 *Bearing*

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 2.13 Nema 17

- *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 tahanan DC bagi *CNC Controller*, *Motor Stepper*. Fungsi *power supply* adalah untuk mengubah tegangan AC menjadi DC.



Gambar 2.14 *Power supply*

- *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*

Gambar 2.16 Laptop

2.2 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 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 pemakanan (f) dalam satuan mm dikalikan seberapa besar putaran mesinnya (n) dalam satuan putaran. Maka rumus untuk mencari kecepatan pemakanan adalah :

$$V_f = n \times f$$

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

n = putaran spindel (rpm).

f = pemakanan (mm)

2.3.3 Kedalaman Pemakanan (*deepof 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.

2.3 Akrilik

Akrilik adalah plastik yang didapat dari reaksi gas minyak bumi. Material ini biasanya memiliki massa jenis yang ringan dan merupakan jenis plastik thermoplastik yaitu suatu perubahan kondisi yang apabila jika dinaikan temperaturnya maka material ini akan berubah menjadi lunak dan sebaliknya akan berubah menjadi keras ketika didinginkan. Hal tersebut terbukti dengan banyaknya varian produk dengan material ini yang diperuntukan untuk kegunaan sehari-hari di dalam kehidupan dari dasar Acrylic. Hal ini tentu saja dimungkinkan karena pada dasarnya Acrylic itu sendiri memiliki kelebihan diantaranya :

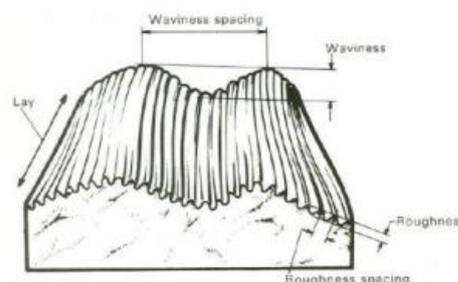
- a. Memiliki massa jenis rendah ($1,2 \cdot 10^{-3} \text{gr/mm}^3$)
- b. Tahan terhadap temperatur min 500-800 c
- c. Tahan terhadap asam dan basa
- d. Kadar terperatur 60 derajat tidak akan larut dalam semua bahan pelarut murni.
- e. Dengan kelebihan di atas sehingga bahan Acrylic sangat memungkinkan digunakan untuk berbagai macam aneka display, souvenir, rak, signage, frame, gantungan kunci, neon box dsb.
- f. Kekasaran permukaan

2.4 Permukaan

Permukaan merupakan suatu batas yang memisahkan benda padat dengan sekitarnya yang berasal dari kata dasar muka. Dalam prakteknya, bahan yang sering digunakan untuk produk kebanyakan dari logam. Kadang-kadang ada pula istilah lain yang berkaitan dengan permukaan yaitu profil. Istilah profil sering

disebut dengan istilah bentuk. Profil atau bentuk yang dikaitkan dengan istilah permukaan mempunyai arti tersendiri yaitu garis hasil pemotongan secara normal atau serong dari suatu penampang permukaan. Dengan melihat profil ini maka bentuk dari suatu permukaan pada dasarnya dapat dibedakan menjadi dua yaitu permukaan yang kasar (roughness) dan permukaan yang bergelombang (waviness).

Permukaan yang kasar berbentuk gelombang pendek yang tidak teratur dan terjadi karena getaran pisau (pahat) potong atau proporsi yang kurang tepat dari pemakanan (feed) pisau potong dalam proses pembuatannya. Setiap permukaan komponen dari suatu benda mempunyai beberapa bentuk yang bervariasi menurut strukturnya maupun dari hasil proses produksinya. Karakteristik permukaan tersebut ada yang bentuknya halus, dapat juga dalam bentuk kekasaran (roughness) maupun membentuk gelombang (waviness) seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah. Bentuk-bentuk kekasaran dan gelombang



pada permukaan dapat ditunjukkan pada gambar berikut.

Gambar 1. Bentuk kasar (roughness) dan gelombang (waviness)

(Pranjono, dkk.,2013.)

2.4.1 Metrologi Konfigurasi Permukaan

Kekasaran permukaan merupakan penyimpangan rata-rata aritmatik dari garis rata-rata permukaan. Definisi ini digunakan untuk menentukan harga rata-rata dari kekasaran permukaan. Dalam dunia industri, permukaan benda kerja memiliki nilai kekasaran permukaan yang berbeda, sesuai dengan kebutuhan dari alat tersebut. Nilai kekasaran permukaan berbeda, sesuai dengan kebutuhan dari alat tersebut. Nilai kekasaran permukaan memiliki nilai kualitas (N) yang

berbeda. Nilai kualitas kekasaran permukaan telah diklarifikasikan oleh ISO dimana yang paling kecil adalah N1 yang memiliki nilai kekasaran $0,025 \mu\text{m}$.

Untuk mengetahui sebuah harga kekasaran dari suatu produk yang belum atau telah diproses membutuhkan suatu alat uji yang memiliki sensor hingga mencapai ukuran micro untuk mendapatkan hasil optimal dengan ukuran yang sangat kecil.

Alat ukur kekasaran permukaan adalah Roughness Tester. Setiap permukaan komponen dari suatu benda mempunyai beberapa bentuk yang bervariasi menurut strukturnya maupun dari hasil proses produksinya. Roughness atau kekasaran didefinisikan sebagai ketidakhalusan bentuk yang menyertai proses produksi yang disebabkan oleh pengerjaan mesin. Nilai kekasaran dinyatakan dalam Roughness Average (Ra). Ra merupakan parameter kekasaran yang paling banyak dipakai secara internasional. Ra didefinisikan sebagai rata-rata aritmatika dan penyimpangan mutlak profil kekasaran dari garis tengah rata-rata.

Kekasaran permukaan diperoleh dari sensor pergerakan stylus berbentuk diamond untuk bergerak sepanjang garis lurus pada permukaan sebagai alat indicator pengukur kekasaran permukaan benda uji. Prinsip kerja dari alat ini adalah dengan menggunakan transducer dan diolah dengan mikroprocessor. Roughness Tester dapat digunakan di lantai di setiap posisi, horizontal, vertikal atau di manapun.

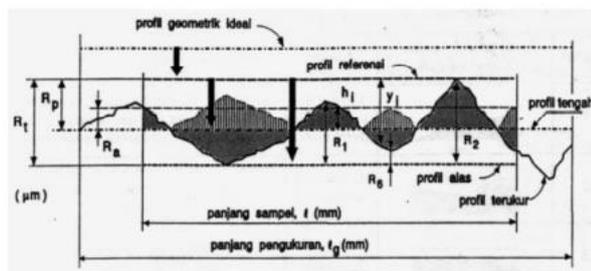
Ketika mengukur kekasaran permukaan dengan Roughness Tester, sensor ditempatkan pada permukaan dan kemudian meluncur sepanjang permukaan seragam dengan mengemudi mekanisme di dalam tester. Sensor mendapat kekasaran permukaan dengan probe tajam built-in. Instrumen roughness meter ini kompatibel dengan empat standar dunia yaitu ISO, DIN, ANSI, dan JIS.

Profil Geometric ideal adalah garis permukaan sempurna yang dapat berupa garis lurus, lengkung abusur. Profil terukur adalah garis permukaan yang terukur. Profil referensi/puncak/acuan merupakan garis yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisa ketidak teraturan suatu bentuk permukaan. Profil alas adalah garis

Tingkat	Profil Terukur, Bentuk Grafik Hasil Pengukuran	Isilah	Contoh Kemungkinan Penyebabnya
1.		Kesalahan bentuk (<i>form error</i>)	Kesalahan bidang-bidang pembubut yang mesin perkakas dan benda kerja, kesalahan posisi penempatan benda kerja
2.		Gelombang (<i>waviness</i>)	Kesalahan bentuk perkakas, kesalahan penyeteran perkakas, getaran dalam proses pemotongan
3.		Akar (<i>scratches</i>)	Kekasalahan pemotongan bentuk ujung pahat, gerak makas
4.		Serpihan (<i>flakes</i>)	Proses pembentukan buram, deformasi akibat proses pancur pasir, pembentukan nodul pada proses <i>electroplating</i> .

yang berada dibawah yaitu lembah. Profil tengah merupakan garis yang berada ditengah-tengah antara puncak tertinggi dan lembah terdalam.

Yang dimaksud dengan permukaan adalah suatu batas titik yang memisahkan sebuah benda padat dengan keadaan disekitarnya. setiap proses pengerjaan akan menghasilkan ciri tertentu pada permukaan benda yang dihasilkan. Untuk mengetahui sebuah harga kekasaran dari suatu produk yang belum atau telah diproses membutuhkan suatu alat uji yang memiliki sensor hingga mencapai ukuran micro untuk mendapatkan hasil optimal dengan ukuran yang sangat kecil.



Gambar 2. Grafik Profil Permukaan.(Taufiq Rochim.,2001)

Angka yang ada pada simbol kekasaran permukaan merupakan nilai dari kekasaran permukaan aritmatik (R_a). Oleh SI nilai R_a telah dikelompokkan menjadi 12 kelas kekasaran sebagaimana terlihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Nilai Kekasaran (Pranjono, dkk.,2013.)

Kelas kekasaran permukaan seperti diatas menjelaskan tentang tingkatan nilai kualitas kekasaran permukaan, dari yang paling kecil atau bagus yaitu N1 yang memiliki harga R_a 0,025 μm , hingga yang paling besar atau paling buruk N12 yang memiliki harga R_a 50 μm .

Kelas Kekasaran	Harga Ra (μm)	Toleransi (μm)	Panjang Sampel (mm)
N12	50	37,5 - 75	8
N11	25	18,5 - 37,5	
N10	12,5	9,6 - 18,5	
N9	6,3	4,8 - 9,6	2,5
N8	3,2	2,4 - 4,8	
N7	1,6	1,2 - 2,4	
N6	0,8	0,6 - 1,2	0,8
N5	0,4	0,3 - 0,6	
N4	0,2	0,15 - 0,3	
N3	0,1	0,08 - 0,15	0,25
N2	0,05	0,04 - 0,08	
N1	0,025	0,02 - 0,04	

Gambar 3. Ketidakteraturan Suatu Profil (Konfigurasi Penampang Permukaan)
(Pranjono, dkk.,2013.)

2.5 Endmill

End mill atau end milling cutter adalah jenis pemotong atau cutter pada mesin milling. End mill digunakan untuk membuat bentuk dan lubang pada benda kerja selama operasi milling, profiling, contouring, slotting, counterboring, drilling dan reaming.

End mill terdiri dari 3 bagian yaitu bagian pemotong, bagian shank yang menopang mesin milling dan bagian leher yang menghubungkannya dengan shank.



Gambar 4. Bagian endmill
(widia., 2016)

End mill memiliki 2 jenis flute, flute lurus dan flute spiral. Endmill dengan flute spiral diklasifikasikan menjadi pemotong tangan kiri (left-handed) dan tangan kanan (right-handed) tergantung pada arah putaran flute. Jika end milling

tersebut adalah pemotong kecil, maka umumnya memiliki shank lurus atau runcing.

Jumlah flute pada end mill juga bermacam-macam. Semakin banyak jumlah flute, maka akan menjadi sulit untuk mengevakuasi chip secara efektif pada kecepatan tinggi, khususnya pada bahan aluminium karena paduan aluminium meninggalkan chip besar.



Gambar 5. Jenis flute
(widia., 2016)

a. Single Flute

Single flute digunakan untuk pemesinan berkecepatan tinggi dan pemindahan material bervolume tinggi

b. Dua Flute

Dua flute memiliki jumlah ruang flute paling banyak dan dapat digunakan untuk pemotongan plunge. Jenis ini dapat membuat lubang awalnya sendiri dan menjadi pilihan yang lebih disukai untuk bahan aluminium.

c. Tiga Flute

Tiga flute memiliki ruang flute yang sama dengan dua flute, namun juga memiliki penampang yang lebih besar untuk kekuatan yang lebih besar. Jenis ini digunakan untuk slotting bahan besi dan non-besi, serta telah terbukti lebih berhasil dalam banyak operasi finishing.

d. Empat / Multiple Flute

Empat atau lebih flute memberikan laju umpan yang lebih cepat, namun karena ruang flute yang berkurang, pelepasan chip berpotensi mengalami

kendala. Jenis ini memberikan hasil akhir yang jauh lebih halus daripada jenis dua dan tiga flute.

2.5.1 Material Yang Digunakan untuk Membuat End Mill

Dua bahan utama yang umum digunakan untuk membuat end mill adalah HSS (paduan dari baja kobalt) dan tungsten carbide.

a. High-Speed Steel (HSS)

High speed steel (HSS) adalah material yang lebih murah daripada bahan carbide dan cobalt. HSS memberikan ketahanan aus yang baik dan dapat digunakan untuk proses milling besi dan non-besi.

b. Cobalt

Cobalt memiliki harga yang lebih tinggi daripada HSS tetapi memberikan ketahanan aus dan tahan panas yang lebih baik daripada HSS.

c. Carbide

End mill yang dilapisi karbida jauh lebih keras, kaku, dan lebih tahan aus daripada yang lainnya. Bahan ini sangat tahan panas dan digunakan untuk aplikasi berkecepatan tinggi pada beberapa bahan yang keras seperti cast iron, logam non-ferro, campuran, dan plastik.

Pada penelitian ini penulis menggunakan pahat endmill carbide satu flute dengan ukuran 3 mm.

2.6 Analisa Regresi

Analisis Regresi Analisis regresi adalah hubungan yang didapat dan dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antar variabel-variabel. Regresi dibagi menjadi 2 yaitu :

2.6.1 Analisis regresi linier sederhana

Regresi linear sederhana ini digunakan untuk mendapatkan hubungan matematis dalam bentuk suatu persamaan antara variabel tak bebas dengan

variabel bebas tunggal. Regresi linier sederhana hanya memiliki satu perubahan regresi linier untuk populasi adalah $Y = a + bx$;

Dengan :

Y = Subyek dalam variabel dependen yang diprediksikan

X = Subyek pada variabel independen yang mempunyai nilai tertentu

a = Parameter intercept

b = Parameter koefisien regresi variabel bebas

Persamaan model regresi sederhana hanya memungkinkan bila pengaruh yang ada itu hanya dari independent variabel (variabel bebas) terhadap dependent variabel (variabel tak bebas). Jadi harga b merupakan fungsi dari koefisien korelasi. Bila koefisien korelasi tinggi, maka harga b juga besar, sebaliknya bila koefisien korelasi negatif maka harga b juga negatif, dan sebaliknya bila koefisien korelasi positif maka harga b juga positif.

2.6.2 Analisis regresi linier berganda

Analisis regresi linier berganda ini digunakan untuk memprediksi berubahnya nilai variabel tertentu bila variabel lain berubah. Dikatakan regresi berganda, karena jumlah variabel bebas (independen) sebagai prediktor lebih dari satu, maka digunakan persamaan regresi linier berganda dengan rumus, sebagai berikut :

$$\hat{y} = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \dots + \alpha_k x_k$$

Dimana : \hat{y} = variabel tidak bebas (dependen)

$\alpha_0, \dots, \alpha_k$ = koefisien regresi

x_1, \dots, x_k = variabel bebas (independen)

Koefisien-koefisien $\alpha_0, \dots, \alpha_k$ dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\sum y_i = \alpha_0 n + \alpha_1 \sum x_{1i} + \alpha_2 \sum x_{2i} + \dots + \alpha_k \sum x_{ki} \quad \sum x_{1i} y_i = \alpha_0 \sum x_{1i} + \alpha_1 (\sum x_{1i})^2 + \alpha_2 \sum x_{1i} x_{2i} + \dots + \alpha_k \sum x_{1i} x_{ki} \quad \sum x_{2i} y_i = \alpha_0 \sum x_{2i} + \alpha_1 \sum x_{1i} x_{2i} + \alpha_2 (\sum x_{2i})^2 + \dots + \alpha_k \sum x_{2i} x_{ki} \quad \dots \quad \sum x_{ki} y_i = \alpha_0 \sum x_{ki} + \alpha_1 \sum x_{1i} x_{ki} + \alpha_2 \sum x_{2i} x_{ki} + \dots + \alpha_k \sum (x_{ki})^2$$

Tujuan analisis regresi linier adalah untuk mengukur intensitas hubungan antara dua variabel atau lebih dan memuat prediksi / perkiraan nilai Y dan nilai X.

bentuk umum persamaan regresi linier berganda yang mencakup dua atau lebih variabel.