



YAYASAN PERGURUAN CIKINI
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Moh. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640
Telp. 021-7270090 (hunting), Fax. 021-7866955, hp: 081291030024
Email : humas@istn.ac.id Website : www.istn.ac.id

SURAT PENUGASAN TENAGA PENDIDIK
Nomor : 017 / 03.1 – Gsm/ III/ 2023
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2022/2023

Nama	: Ucok Mulyo Sugeng,Ir.MT	Status Pegawai	: Tetap			
NIK	: 0195941	Program Studi	: Teknik Mesin S1			
Jabatan Akademik	: Lektor					
Bidang	Perincian Kegiatan	Tempat	Jam/ Minggu	Kredit (sks)	Keterangan	
I PENDIDIKAN DAN PENGAJARAN	MENGAJAR DI KELAS (KULIAH/RESPONSI DAN LABORATORIUM)					
	1.Dinamika Teknik	Mesin S1	08:00-09:40,Selasa	2	A	
	2.Elemen Mesin 2	Industri S1	15:00-17:40, Rabu	2	A	
	3.Dinamika Teknik	Mesin S1	08:00-09:40, Sabtu	2	K	
	4. Motor Bakar (P)	Mesin S1	08:00-10:40, Jumat	3	K	
	5.Perkakas Bantu (P)	Mesin S1	19:00-21:00, Kamis	3	K	
	6.Gambar Mesin	Mesin 3D	10:00-11:40, Rabu	2	A	
	7.Elemen Mesin II	Mesin 3D	15:00-16:40,Rabu	2	A	
	9.Elemen Mesin 2	Mesin S1	17:00-19:00,Jumat	3	A	
	10.Elemen Mesin 2	Industri S1	15:00-17:40, Sabtu	2	A	
	11.Membimbing Tugas Akhir				1	
	12.Menguji Tugas Akhir				1	
II PENELITIAN	1.Penulisan Ilmiah			1		
II PENGABDIAN DAN MASYARAKAT	1.Memberikan Penyuluhan/Pelatihan /ceramah pada masyarakat			1		
IV UNSUR-UNSUR PENUNJANG	1.Kepala Lab			1		
Jumlah Total				18		

Kepada yang bersangkutan akan diberikan gaji/honorarium sesuai dengan peraturan penggajian yang berlaku di Institut Sains dan Teknologi Nasional Penugasan ini berlaku tanggal 01 MARET 2023 sampai dengan 31 AGUSTUS 2023.

Tembusan :

1. Direktur Akademik - ISTN
2. Direktur Non Akademik - ISTN
3. Ka. Biro Sumber Daya Manusia - ISTN
4. Kepala Program Studi Fak.
5. Arsip



Jakarta, 28 MARET 2023
Dekan,








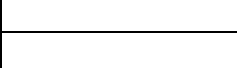
(Musfirah Cahya F.T.Dr.M.Si.Si)



BERITA ACARA PERKULIAHAN
(PRESENTASI KEHADIRAN DOSEN)
SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2022/2023
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S1 -ISTN

Mata Kuliah : Perkakas Bantu	Semester : Ganjil
Dosen : Ir.Ucok Mulyo Sugeng,MT	SKS : 2
Hari : Kamis	Kelas : A/Reguler
Jam : 08.30-10.10. Wib.	Ruang : Online

No.	TANGGAL	MATERI KULIAH	JML MHS HADIR	TANDA TANGAN DOSEN
1	Kamis 30 Maret 2023	Perkakas Bantu	1	
2	Kamis,06 April 2023	Klasifikasi Perkakas Bantu	1	
3	Kamis 13 April 2023	Peerkakas bantu tangan	1	
4	Kamis 20 April 2023	JIG	1	
5	Kamis 27 April 2023	Fixture	1	
6	Kamis 04 Mei 2023	Perancangan JIG & Fixture	1	
7	Kamis 11 Mei 2023	Evaluasi Akhir pembelajaran soal UAS Perkakas bantu	1	
8	Kamis 08 Mei 2023	Proses manufaktur yang digunakan pada konstruksi mesin	1	

No.	TANGGAL	MATERI KULIAH	JML MHS HADIR	TANDA TANGAN DOSEN
09	Kamis 14 Mei 2023	Proses manufaktur yang digunakan pada konstruksi mesin	1	
10	Kamis 08 Juni 2023	Pemilihan mesin perkakas pada konstruksi mesin dan aplikasi	1	
11	Kamis 15 Juni 2023	Diagram alir dari desain konstruksi dan aplikasi	1	
12	22 Juni 2023	Pemilihan mesin perkakas pada konstruksi mesin dan aplikasinya	1	
13	07 Juli 2023	Strategi desain produk pada konstruksi mesin dan aplikasinya	1	
14	06 Juli 2023	Kualitas dari pembuatan komponen pada konstruksi mesin	1	
15	13 Juni 2023	Evaluasi operasi desain konstruksi mesin dengan memperhitungkan parameter proses permesinan	1	
16		UAS	1	

DOSEN PENGAJAR



(Ir. Ucok Mulyo SugengMT)

MODUL PERKULIAHAN

PERKAKAS BANTU (P)

Evaluasi operasi desain konstruksi mesin dengan memperhitungkan parameter proses permesinan.

Fakultas
FTI

Program Studi
Teknik Mesin

TatapMuka

14

DisusunOleh

Ir.Ucok Mulyo Sugeng,MT

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi manufaktur yang semakin pesat dan semakin tingginya kompetisi antara produsen produk-produk manufaktur, kebutuhan akan kualitas produk yang tinggi (*high quality product*) yang dihasilkan dengan kecepatan produksi yang tinggi (*high speed manufacturing*). Dimana pada saat ini dalam pengembangan dan perencanaan produk tidak terlepas akan kebutuhan teknologi, dengan kebutuhan yang sangat tinggi maka dikembangkanlah sistem otomasi. Otomasi dapat didefinisikan sebagai teknologi yang berlandaskan pada aplikasi sistem mekanik, elektronik dan computer, sehingga pekerjaan tahap pengembangan meliputi perencanaan, persiapan, perakitan, instalasi, pemrograman, inspeksi, komisioning. Dewasa ini filosofi yang banyak digunakan adalah *Concurrent Engineering (CE)*. *Concurrent Engineering* menurut *U. S. Institute of Defence* adalah suatu pendekatan sistematis terhadap desain produk dan proses yang terkait secara bersamaan dan terintegrasi, termasuk di dalamnya manufacturing dan pendukung lainnya.

Kesemuanya itu membutuhkan sistem pendukung proses manufaktur yang handal. Salah satu pendukung tersebut adalah sistem CAD/CAM. CAD/CAM memiliki dua bagian yakni desain gambar CAD (*Computer Aided Design*) dan desain gambar CAM (*Computer Aided Machine*). Desain yang dihasilkan oleh software CAD/CAM ini nantinya akan diubah menjadi bahasa pemrograman (G Code) yang selanjutnya dikerjakan oleh mesin CNC (*Computer Numerical Control*). Penggunaan mesin CNC sebagai mesin perkakas dalam proses permesinan modern semakin banyak dijumpai dalam industri manufaktur, CNC milling dalam hal ini memiliki fungsi untuk mengerjakan suatu komponen secara efisien, hemat waktu, dan hemat biaya. Dengan program yang telah disiapkan sebelumnya, komponen-komponen yang sama dapat diproduksi berkali-kali dengan akurasi yang tepat (Krar dkk, 1999).

Proses permesinan yang dilakukan pada mesin CNC milling adalah proses penyayatan benda kerja menggunakan alat potong yang berputar. Beberapa parameter yang bisa mempengaruhi proses permesinan adalah *cutting speed* yang berhubungan dengan dengan putaran motor dan diameter alat potong, *feedrate* berhubungan dengan kecepatan pemakanan dan *depth of cut* (kedalaman pemakanan). Ketiga parameter pemakanan tersebut merupakan parameter penting dalam sebuah proses permesinan. Pemilihan parameter pemotongan yang tepat dalam proses permesinan adalah hal yang sangat penting untuk meraih kualitas produk yang baik serta proses yang ekonomis dan produktif (Draganescu dkk, 2001).

Kualitas produk hasil CNC milling dapat dilihat dari waktu proses pengerjaannya. Oleh karena itu hasil CNC milling perlu diperhatikan dan dicari solusi untuk mendapatkan waktu yang optimal. Untuk mengatasi hal ini, maka perlu diadakan penelitian sehingga nantinya dapat melakukan variasi parameter permesinan untuk menghasilkan waktu proses yang optimal pada pemrograman CNC Milling. Dari ketiga parameter tersebut diperkirakan akan mempengaruhi waktu proses dalam pemrograman mesin *CNC Milling*. Maka pada penelitian ini akan dicari waktu yang optimal dalam pemrograman pada *CNC Milling* berdasarkan variasi dari parameter-parameter tersebut selanjutnya untuk mengetahui pengaruh ketiga parameter tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

Proses Permesinan

Proses permesinan frais (*milling*) adalah proses penyayatan benda kerja menggunakan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar (Rochim, 1993). Proses penyayatan dengan gigi potong yang banyak yang mengitari pisau ini bisa menghasilkan proses permesinan lebih cepat. Permukaan yang disayat bisa berbentuk datar, menyudut, atau melengkung. Permukaan benda kerja bisa juga berbentuk kombinasi dari beberapa bentuk. Mesin yang digunakan untuk memegang benda kerja, memutar pisau, dan penyayatannya disebut mesin frais (*milling machine*).

Proses permesinan *milling* sering digunakan dalam pembuatan cetakan (*mould*), untuk pekerjaan perataan permukaan, pembentukan roda gigi, pembentukan pola permukaan, dan pekerjaan bor. Pada proses permesinan *milling* terdapat beberapa parameter yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan komponen diantaranya adalah kecepatan pemotongan atau kecepatan putaran *spindel*, kedalaman pemakanan, geometri pahat, kecepatan pemakanan dan penggunaan cairan pendingin. Proses terbentuknya geram telah diteliti untuk menemukan bentuk yang mendekati ideal, berapa kecepatan (*speed*), gerak makan (*feed*) dan parameter yang lain, yang di masa yang lalu diperoleh dengan perkiraan oleh para ahli dan operator proses permesinan.

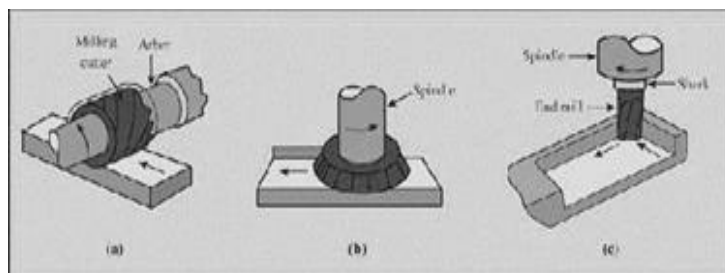
CAD/CAM & CNC

CAD/CAM merupakan program permesinan yang sangat efektif untuk proses pembentukan, dimana bentuk-bentuk yang tidak dapat diproses dengan mesin konvensional maka dengan menggunakan proses CAD/CAM tidak lagi mendapat kesulitan. *Product life cycle* yang makin singkat menuntut waktu pengembangan produk dan waktu produksi yang

cepat. Keterkaitan berbagai parameter yang rumit dan saling berinteraksi dapat diselesaikan dengan cepat. Di dunia industri saat ini, fungsi CAD sangat vital. Dengan CAD kesalahan dalam proses pembuatan desain bisa diminimalkan, yang berarti waktu dan biaya dapat sangat dioptimalkan.

Sebagai *software* CAD, *solidworks* dipercaya sebagai perangkat lunak untuk membantu proses desain suatu benda atau bangunan dengan mudah. Keunggulan *solidworks* dari *software* CAD lain adalah mampu menyediakan sketsa 2D yang dapat diupgrade menjadi bentuk 3D. *Software* ini juga dapat melakukan simulasi pada desain yang telah buat. Analisa kekuatan desain juga dapat dilakukan secara sederhana dengan *solidworks* dan dapat membuat desain animasi menggunakan fitur yang telah disediakan *solidworks*.

Computer aided manufacturing (CAM) adalah penggunaan *software* komputer untuk mengontrol *tools* mesin ataupun bagian mesin lainnya yang berhubungan dengan proses permesinan. Definisi lain dari CAM juga berarti penggunaan komputer yang berfungsi untuk membantu dalam semua perencanaan manufaktur, termasuk didalamnya perencanaan, manajemen, transportasi dan penyimpanan (Ricky, 2009). Integrasi CAM dengan sistem CAD menghasilkan proses manufaktur yang lebih cepat dan lebih efisien. Digunakanlah mesin CNC untuk melakukan proses permesinan dan perancangan. Di banyak kasus sistem CAM akan bekerja dengan perancangan CAD yang dibuat di lingkungan 3 dimensi. Programmer CNC akan menentukan operasi mesin dan sistem CAM yang akan membuat program CNC. Kompatibilitas sistem CAD/CAM dibatasi untuk kebutuhan pengenalan kembali konfigurasi bidang kerja bagi sistem CAM. Dengan kata lain perangkat lunak CAM biasanya terdapat bersama dengan mesin CNC.



Gambar 1. Tiga klasifikasi proses frais : (a) Frais periperal (*slab milling*), (b) frais muka (*face milling*), dan (c) frais jari (*end milling*).

MasterCAM merupakan perangkat lunak yang dikembangkan dari *CNC Software Inc*, dimana *software* ini sebelumnya sudah *familiar* di pemesinan, *MasterCAM* adalah salah satu program CAM yang cukup populer.

Software MasterCAM memungkinkan

pengerjaan mendesain, kemudian merencanakan proses pembuatannya melalui simulasi yang dilaksanakan secara berurutan atau simultan dan kemudian membuatnya menjadi suatu program NC.

Hasil perpaduan teknologi komputer dan teknologi mekanik inilah yang selanjutnya dinamakan CNC (*Computer Numerical Control*). Sistem pengoperasian CNC menggunakan program yang dikontrol langsung oleh komputer. Secara umum konstruksi mesin perkakas CNC dan sistem kerjanya adalah sinkronisasi antara komputer dan mekaniknya. Jika dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional yang setaraf dan sejenis, mesin perkakas CNC lebih unggul baik dari segi ketelitian (*accurate*), ketepatan (*precision*), fleksibilitas, dan kapasitas produksi.

Mesin CNC adalah suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (data perintah dengan kode angka, huruf dan simbol) sesuai standart ISO. Sistem kerja teknologi CNC ini akan lebih sinkron antara komputer dan mekanik, sehingga bila dibandingkan dengan mesin perkakas yang sejenis, maka mesin perkakas CNC lebih teliti, lebih tepat, lebih fleksibel dan cocok untuk produksi masal. Dengan dirancangnya mesin perkakas CNC dapat menunjang produksi yang membutuhkan tingkat kerumitan yang tinggi dan dapat mengurangi campur tangan operator selama mesin beroperasi. Untuk mengoperasikan mesin-mesin CNC diperlukan *software*. *Software* yang digunakan adalah *operating system software* dan *machine interface software*. *Software* digunakan untuk *Operating system* menginterpretasikan program korespondensi antara kontrol mesin. *Machine interface* mengoperasikan *link* antara NC dan membangkitkan sinyal dengan *drive* dari *software* digunakan untuk komputer dan mesin CNC sehingga mesin dapat beroperasi. Mesin CNC yang terhubung dengan komputer tidak hanya memungkinkan operator untuk menjalankan program tetapi juga memodifikasi program tersebut, baik setelah diinputkan ataupun dijalankan.

Parameter Permesinan

Parameter proses permesinan frais adalah, dasar-dasar perhitungan yang digunakan untuk menentukan perhitungan perhitungan dalam proses pemotongan/penyayatan

permesinan frais diantaranya, kecepatan potong (V_c), kecepatan putaran mesin (rpm), kecepatan pemakanan (V_f) dan kedalaman pemotongan (*depth of cut*). Pada proses permesinan dengan menggunakan mesin milling terdapat beberapa parameter pemotongan, antara lain:

(1). Kecepatan potong (*Cutting speed*)

Kecepatan potong merupakan kecepatan gerak putar pahat, yang dinyatakan dalam meter/menit. Kecepatan gerak pahat tergantung dari bahan benda kerja yang akan di-milling dan bahan dari pahat potong itu sendiri, untuk mencari kecepatan pemotong rumusnya dengan:

$$V_c = \pi \cdot d \cdot n \dots\dots\dots(1)$$

Dimana V_c adalah kecepatan potong

(mm/menit), d menunjukkan diameter pisau (mm), n adalah putaran *spindle* (rpm)

Tabel 1. Kecepatan potong untuk beberapa jenis bahan.

No	Bahan Benda Kerja	V_c (m/menit)
1	Kuningan, Perunggu keras	30 – 45
2	Besi tuang	14 – 21
3	Baja >70	10 – 14
4	Baja 50-70	14 – 21
5	Baja 34-50	20 – 30
6	Tembaga, Perunggu lunak	40 – 70
7	Aluminium murni	300 – 500
8	Plastik	60 - 100

Tabel 1. Kecepatan potong untuk beberapa jenis bahan.

2). Putaran *spindle* (*spindle speed*)

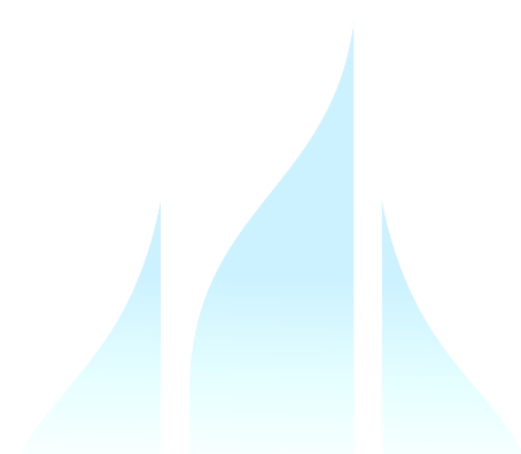
Kecepatan putaran mesin adalah kemampuan kecepatan putaran mesin dalam satu menit. Dalam hal ini mengingat nilai kecepatan potong untuk setiap jenis bahan sudah ditetapkan secara baku, maka komponen yang bisa diatur dalam proses penyayatan adalah putaran mesin/benda kerja. Nilai putaran dapat dihitung menggunakan persamaan (1).

3). Kecepatan pemakanan (*Feedrate*)

Gerak makan (f) adalah jarak lurus yang ditempuh pisau dengan laju konstan relatif terhadap benda kerja dalam satuan waktu, biasanya satuan gerak makan yang digunakan adalah mm/menit.

$$V_f \approx nf_z z \dots \dots \dots (2)$$

Dengan V_f adalah kecepatan makan (mm/menit), n menunjukkan putaran *spindle* (rpm), z adalah jumlah gigi pada pahat (*tooth*) dan f_z adalah kecepatan makan pergigi (*mm/tooth*).



Material	Diameter Alat Potong				
	Kedalaman (1,25 mm)			Kedalaman (6 mm)	
	3 mm	10 mm	12,5 mm	10 mm	18 mm
Low-carbon steel	0,0012 - 0,025	0,050 - 0,075	0,075 - 0,1	0,025 - 0,050	0,050 - 0,1
High-carbon steel	0,0003 - 0,025	0,025 - 0,075	0,050 - 0,1	0,0003 - 0,025	0,025 - 0,1
Tool Steel	0,0012 - 0,025	0,025 - 0,075	0,050 - 0,1	0,025 - 0,050	0,075 - 0,1
Cast Aluminium Alloy	0,05	0,075	0,125	0,075	0,2
Cast Aluminium Hard	0,025	0,075	0,125	0,075	0,15
Brass & Bronze	0,0012 - 0,025	0,075 - 0,1	0,1 - 0,15	0,05 - 0,075	0,1 - 0,15
Plastics	0,05	0,08	0,125	0,075	0,2

Tabel 2. Gerak makan (*f*) untuk berbagai kedalaman potong dan material benda kerja untuk beberapa diameter alat potong (*End Mill*)

(4). Kedalaman pemotongan (*Depth of cut*)

Kedalaman potong (*a*) ditentukan berdasarkan selisih tebal benda kerja awal terhadap tebal benda kerja akhir. Untuk kedalaman potong yang relatif besar diperlukan perhitungan daya potong yang diperlukan untuk proses penyayatan.

Besarnya kedalaman pemakanan berhubungan erat dengan kecepatan pemakanan dan juga dari diameter pahat tersebut. Semakin tinggi kecepatan pemakanan, maka pahat yang digunakan.

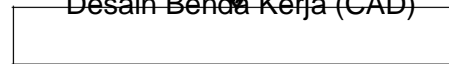
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan Metode eksperimen, yaitu melakukan penelitian dan pengamatan langsung dilapangan secara sistematis dengan membangun hubungan sebab akibat guna mendapatkan data-data yang diinginkan untuk selanjutnya dianalisis (Sukardi, 2004). Tahapan dari penelitian diperlihatkan pada Gambar 2, menunjukkan langkah-langkah eksperimen. Subjek penelitian ini berupa gambar benda kerja dengan dimensi seperti Gambar 3. Pengerjaan desain menggunakan *software SolidWork 2010* untuk proses *CAD*-nya, selanjutnya desain gambar dalam bentuk file di transfer ke *software MasterCam X* untuk dilakukan proses *CAM*. Dari *Software mastercam x* akan keluar *NC Code* yang selanjutnya dapat dipindah ke mesin *CNC Milling Mitsubishi M70* untuk dilakukan percobaan langsung. *Raw material* yang digunakan pada mesin *CNC* yaitu *Resin Polyester* dengan pahat berbahan *HSS* dengan pahat *Facemill* dan *Endmill*.

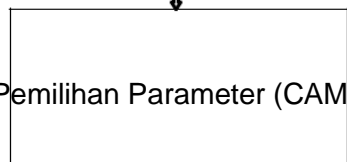
Persiapan & Identifikasi Benda (Dimensi & Bahan)



Desain Benda Kerja (CAD)



Pemilihan Parameter (CAM)

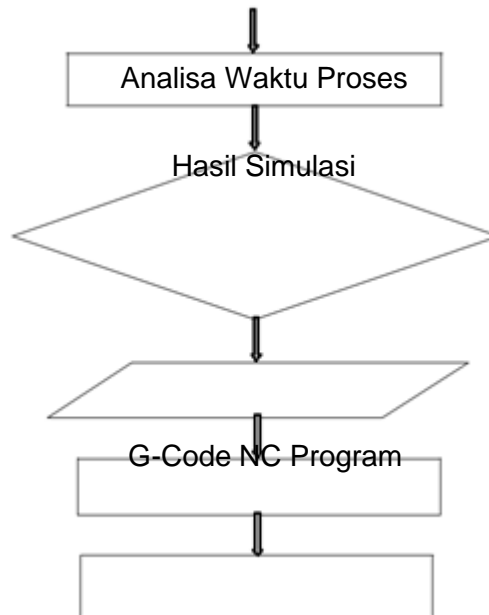


Desain Proses

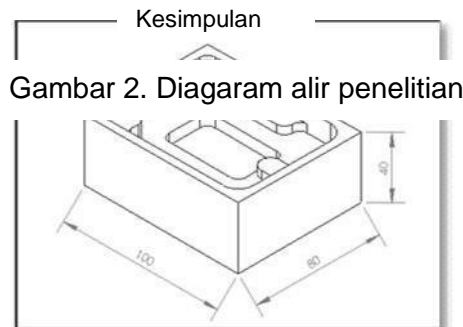
Permesinan

- Facing
- Roughing
- Finishing

Running Program (Simulasi)



Percobaan ke Mesin CNC *Milling*



Gambar 3. *Desain base feature* dari benda kerja.

Pemilihan variabel bebas dan terikat dalam penelitian ini yaitu waktu proses sebagai variable terikat dimana waktu proses adalah waktu aktual dari proses penyayatan benda kerja pada mesin CNC *Milling*. Pengukuran waktu proses pemesinan dilakukan dengan mensimulasikan proses pemesinan yang nantinya akan diketahui waktu pengerjaannya. Selanjutnya adapun yang menjadi variabel bebas yaitu kecepatan potong (*cutting speed*), laju pemakanan (*feedrate*), kedalaman pemakanan (*depth of cut*).

Dalam penelitian ini menggunakan desain eksperimen berdasarkan pendekatan *orthogonal array* dengan tiga faktor dan tiga level, dimana kolom merupakan faktor yang dapat diubah dalam eksperimen dan baris merupakan kombinasi level dari faktor dalam eksperimen. Sesuai dengan pola *orthogonal* didapatkan seperti pada Tabel 3.

Tabel 4. Desain kombinasi parameter percobaan.

Faktor parameter dan level penelitian.

Tabel 3.

Percobaan	Faktor
-----------	--------

Parameter	Faktor	Level		
		1 <i>Low</i>	2 <i>Medium</i>	3 <i>High</i>
<i>Cutting Speed</i> (mm/menit)	A	56520	75360	94200
<i>Feedrate</i> (mm/menit)	B	500	650	800
<i>Depth of cut</i> (mm)	C	0,5	0,75	1

	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

Teknik Pengambilan dan Anlisa Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data-data hasil dari proses eksperimen mengenai parameter yang diuji data hasil penelitian yang didapatkan meliputi:

a. Hasil percobaan

Hasil percobaan adalah hasil daripembuatan toolpath geometry sesuai parameter yang telah ditentukan dalam desain eksperimen.

b. Hasil pengukuran waktu proses permesinan

Hasil pengukuran yang dikumpulkan yaitu hasil pengukuran waktu (*Operation Time*) dari simulasi proses pemesinan, hasil pengukuran panjang langkah pemotongan (*feed cut length*), dan hasil pengukuran panjang langkah tanpa pemotongan (*rapid traverse length*) pada masing-masing percobaan yang dilakukan.

Data yang didapatkan kemudian diolah untuk mendapatkan hubungan antara pengaruh dari tiap-tiap parameter terhadap waktu pemrograman yang dihasilkan dan optimasi waktu dari masing-masing parameter, sehingga waktu yang optimal dari pengujian tersebut merupakan kesimpulan yang dapat diambil. Pada penelitian ini menggunakan analisis ragam (Anova), dimana metode ini digunakan untuk mencari hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikatnya, sehingga akan dapat diketahui besarnya pengaruh masing-masing variabel bebas terhadap variabel terikatnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengambilan data

Berdasarkan pada metode penelitian yang telah ditetapkan, pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan pengaturan parameter pada setiap percobaannya. Pengukuran waktu proses permesinan sebagai variabel respon dalam penelitian ini dilakukan dengan mensimulasikan terlebih dahulu proses permesinannya dengan menggunakan software MasterCam X Mill. Dengan menggunakan fasilitas Command 'Setup Sheet' didapatkan data hasil dari tiap- tiap percobaan diantaranya waktu proses permesinan (operation time), panjang langkah pemotongan (*feed cut length*) dan panjang langkah tanpa pemotongan (*rapid tranverse length*).

Tabel 5. Hasil pengukuran waktu proses permesinan

No	Parameter		Toolpath				Total
	Cutting Speed	Feedrate	Depth of cut	Face	Rough	Finish	
	(mm/menit)	(mm/menit)	(mm)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)
1	56520	500	0,5	16,84	143,13	28,29	188,26
2	56520	650	0,7	9,44	75,84	21,90	107,18
3	56520	800	1	6,73	48,18	17,91	72,82
4	75360	500	0,7	12,24	98,33	28,29	138,86
5	75360	650	1	8,26	59,10	21,90	89,26
6	75360	800	0,5	10,57	89,82	17,91	118,30
7	94200	500	1	10,71	76,57	28,29	115,57
8	94200	650	0,5	12,98	110,32	21,90	145,20

Tabel 6. Hasil pengukuran panjang langkah pemotongan

No	Parameter			Toolpath			Total
	<i>Cutting Speed</i>	<i>Feedrate</i>	<i>Depth of</i>	<i>Face</i>	<i>Rough</i>	<i>Finish</i>	
	(mm/menit)	(mm/menit)	<i>cut</i> (mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
1	56520	500	0,5	8091,96	69894,31	13598,66	91584,92
2	56520	650	0,75	5880,97	47904,39	13598,66	67384,02
3	56520	800	1	5143,97	37217,87	13598,66	55960,50
4	75360	500	0,75	5880,97	47904,39	13598,66	67384,02
5	75360	650	1	5143,97	37217,87	13598,66	55960,50
6	75360	800	0,5	8091,96	69894,31	13598,66	91584,92
7	94200	500	1	5143,97	37217,87	13598,66	55960,50
8	94200	650	0,5	8091,96	69894,31	13598,66	91584,92
9	94200	800	0,75	5880,97	47904,39	13598,66	67384,02

Tabel 7. Hasil pengukuran panjang langkah tanpa pemotongan

No	Parameter			Toolpath			Total
	<i>Cutting Speed</i>	<i>Feedrate</i>	<i>Depth of</i>	<i>Face</i>	<i>Rough</i>	<i>Finish</i>	
	(mm/menit)	(mm/menit)	<i>cut</i> (mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
1	56520	500	0,5	1659,5 7	5695,14	2640,24	9994,95
2	56520	650	0,75	1344,5 9	4787,00	2640,24	8771,83
3	56520	800	1	1239,5 9	4368,32	2640,24	8248,15
4	75360	500	0,75	1344,5 9	4787,00	2640,24	8771,83
5	75360	650	1	1239,5 9	4368,32	2640,24	8248,15
6	75360	800	0,5	1659,5 7	5695,14	2640,24	9994,95
7	94200	500	1	1239,5 9	4368,32	2640,24	8248,15

8	94200	650	0,5	7	1659,5	5695,14	2640,24	9994,95
9	94200	800	0,75	9	1344,5	4787,00	2640,24	8771,83

Analisa variasi (Anova)

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan kemudian dilanjutkan dengan analisa menggunakan analisa varian sesuai faktor parameter, level dan pengolahan data berdasarkan statistik Anova untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing variabel bebas (*cutting speed*, *feedrate* dan *depth of cut*) terhadap variabel respon (waktu proses pemesinan). Hasil analisa tersebut disajikan dalam bentuk tabel, sebagai berikut.

Tabel 8. Hasil analisis *means* dari waktu proses

Sumber Varian	Nilai rata-rata tiap level		
	(menit)		
	1	2	3
<i>Cutting Speed</i>	122,75	115,47	116,05
<i>Feedrate</i>	147,56	113,88	92,84
<i>Depth of cut</i>	150,59	111,14	92,55

Tabel 9. Hasil analisa statistik Anova

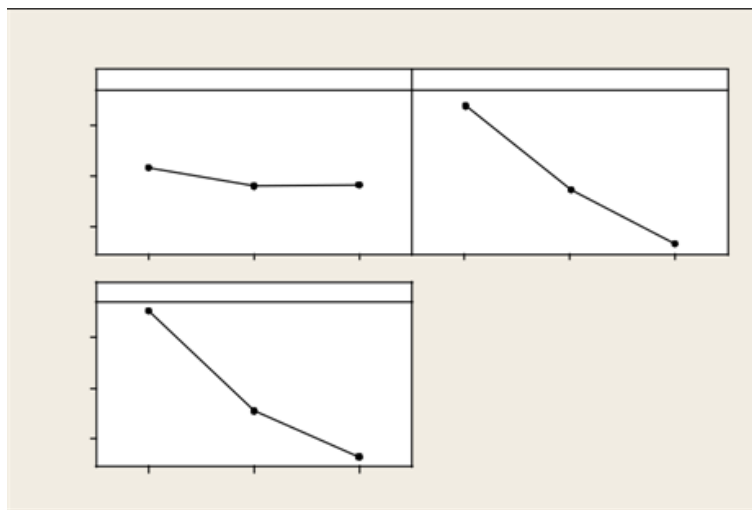
Sumber Variansi	db	JK	JKT	Fh	Signifikan	Ft
<i>Cutting Speed</i>	2	98,2	49,1	1,00	0,505	4,46
<i>Feedrate</i>	2	4572,4	2286,2	46,53	0,021	4,46
<i>Depth of cut</i>	2	5269,7	2634,9	53,63	0,018	4,46
Error	2	98,3	49,1			
Total	8	10633,5				

Tabel analisa statistik Anova dengan α 5%. Nilai dari F tabel dari masing-masing varian ($F_{0,05, 2, 8}$) adalah 4,46, sehingga diketahui bahwa nilai F tabel lebih tinggi dari F hitung pada varian *cutting speed* dan nilai F tabel kurang dari F hitung pada varian *feedrate* dan *depth of cut*. Nilai

ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh dari *cutting speed* dan ada pengaruh dari *feedrate* dan *depth of cut* terhadap waktu proses permesinannya. Pengaruh dari masing – masing varian dijelaskan sebagai berikut:

(1). Hubungan *cutting speed* (V_c) terhadap waktu proses pemesinan

Berdasarkan tabel Anova diketahui nilai F-hitung untuk varian *cutting speed* lebih kecil dari F-tabel ($F\text{-hitung} = 1,00 < F\text{-tabel} = 4,46$) dan nilai sig. = $0,505 > 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa *cutting speed* tidak mempengaruhi secara signifikan terhadap waktu proses permesinan. Dari tabel pengukuran waktu proses permesinan dapat dibuat grafik hubungannya (Gambar 4), dapat dilihat bahwa dengan nilai pada faktor lain (*feedrate* dan *depth of cut*) yang sama atau konstan, *cutting speed* = 56520 mm/menit memiliki *mean* waktu proses permesinan 122,75 menit, *cutting speed* = 75360 mm/menit memiliki *mean* waktu proses pemesinan 115,47 menit dan *cutting speed* = 94200 mm/menit memiliki *mean* waktu proses pemesinan 116,05 menit.



Gambar 4. Hubungan parameter permesinan terhadap waktu proses

(2). Hubungan feedrate (f) terhadap waktu proses pemesinan

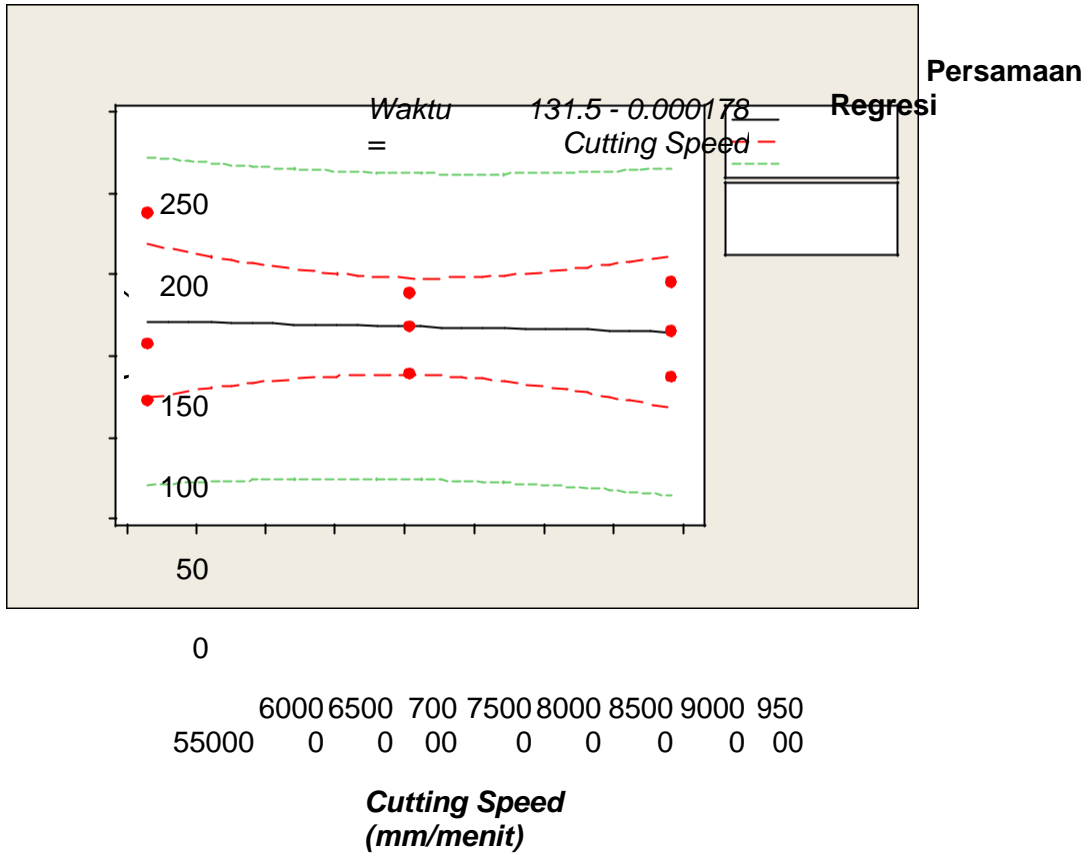
Berdasarkan tabel diketahui nilai F-hitung untuk varian feedrate lebih besar dari F-tabel (F-hitung = 46,53 > F-tabel = 4,46) dan nilai sig. = 0,021 < 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa feedrate mempengaruhi secara signifikan terhadap waktu proses pemesinan. Dari tabel pengukuran waktu proses pemesinan dapat dibuat grafik hubungannya (Gambar 4), dilihat bahwa dengan nilai pada faktor lain (cutting speed dan depth of cut) yang sama atau konstan, feedrate = 500 mm/menit memiliki mean waktu proses pemesinan 147,56 menit, feedrate = 650 mm/menit memiliki mean waktu proses pemesinan 113,88 menit dan feedrate = 800 mm/menit memiliki mean waktu proses pemesinan 92,84 menit. Hal ini menunjukkan bahwa adanya hubungan bahwa semakin besar feedrate, maka semakin singkat waktu proses pemesinannya.

(3). Hubungan depth of cut terhadap waktu proses pemesinan

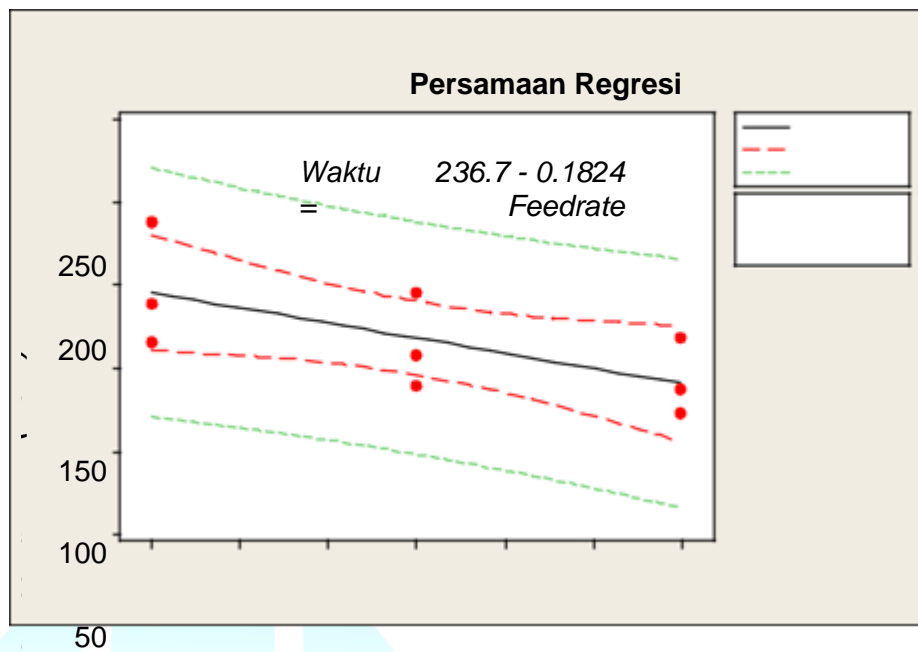
Berdasarkan tabel Anova diketahui nilai F-hitung untuk varian depth of cut lebih besar dari F-tabel (F-hitung = 53,63 > F-tabel = 4,46) dan nilai sig. = 0,018 < 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa depth of cut mempengaruhi secara signifikan terhadap waktu proses pemesinan. Dari tabel pengukuran waktu proses pemesinan dapat dibuat grafik hubungannya (Gambar 4), dapat dilihat bahwa grafik cenderung menurun secara linier dengan kemiringan negatif. Dari grafik dapat diketahui bahwa waktu proses pemesinan akan turun dengan bertambahnya nilai *depth of cut* pada setiap pemotongannya. Dengan nilai pada faktor lain (*cutting speed* dan *feeding*) yang sama.

Analisa Regresi

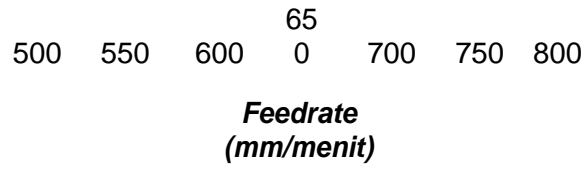
Dari hasil yang didapatkan diketahui bahwa hubungan *cutting speed* dengan waktu proses pemesinan telah memenuhi asumsi distribusi secara normal seperti terlihat pada Gambar 5,6,7, bahwa tampak secara visual gambar pada grafik dimana titik-titik hasil data atau konstan, *depth of cut* = 0,5 mm memiliki *mean* waktu proses pemesinan 150,59 menit, *depth of cut* = 0,75 mm memiliki *mean* waktu proses pemesinan 111,14 menit dan *depth of cut* = 1 mm memiliki *mean* waktu proses pemesinan 92,55 menit. percobaan masih berada dalam rentang nilai yang didefinisikan yang menunjukkan hubungan fungsional negatif dengan persamaan regresinya yaitu $Waktu = 131.5 - 0.000178 \text{ Cutting Speed}$, begitu juga yang terjadi untuk *feedrate* dan *depth of cut* dengan persamaan regresinya yaitu $Waktu = 236.7 - 0.1824 \text{ Feedrate}$, $Waktu = 205.1 - 116.1 \text{ Depth of cut}$.



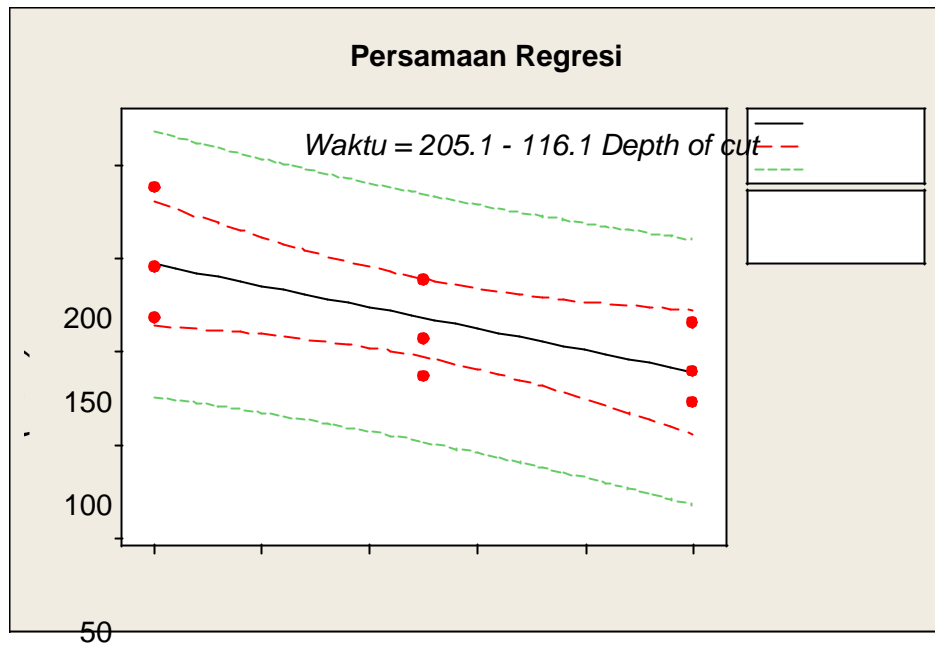
Gambar 5. Sebaran titik data pada hubungan *cutting speed* dengan waktu



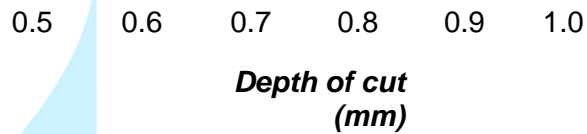
0



Gambar 6. Sebaran titik data pada hubungan *feedrate* dengan waktu



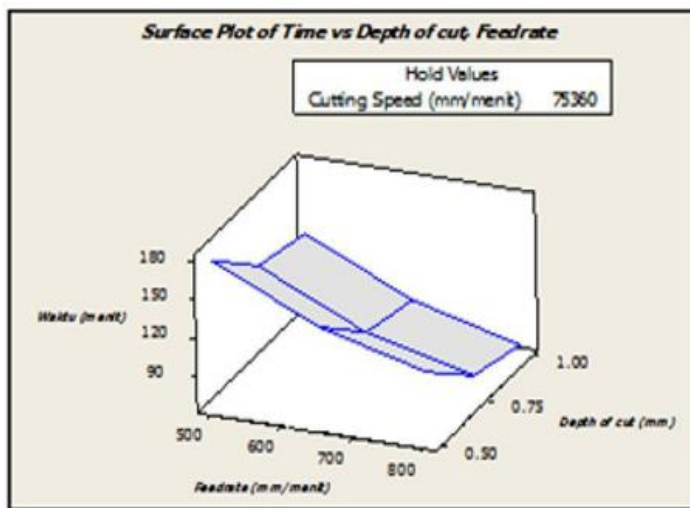
0



Gambar 7. Sebaran titik data pada hubungan *depth of cut* dengan waktu

Pembahasan hasil dengan software CAM

Cutting speed berpengaruh secara tidak nyata terhadap waktu proses permesinan. Seperti yang telah ditunjukkan dalam grafik (Gambar 4) bahwa semakin besar nilai *cutting speed* tidak akan mempengaruhi waktu proses permesinannya secara signifikan karena tidak tetapnya grafik secara linier antara level rendah ke tinggi yang cenderung naik turun pada tiap levelnya. Level low menghasilkan mean waktu proses permesinan 122,75 menit, level medium 115,47 menit sedangkan pada level high 116,05 menit.



Gambar 8. Konfirmasi kondisi waktu optimal.

Pemilihan nilai *cutting speed* akan menentukan nilai putaran spindle secara linier, dimana semakin besar nilai *cutting speed* dan memperbesar nilai putaran dalam *rpm*. Pada persamaan waktu proses permesinan, putaran *spindel* bersama dengan *feedrate* akan menentukan waktu proses permesinan. *Feedrate* secara signifikan mempengaruhi waktu proses permesinan. Seperti yang telah ditunjukkan dalam grafik (Gambar 4) bahwa semakin besar nilai *feedrate* semakin mempercepat waktu proses permesinan. Level *low* menghasilkan *mean* waktu proses permesinan 147,56 menit, level *medium* 113,88 menit selanjutnya pada level *high* 92,84 menit. *Depth of cut* secara signifikan mempengaruhi waktu proses permesinan. Seperti yang telah ditunjukkan dalam grafik (Gambar 4) bahwa semakin besar nilai *depth of cut* akan semakin mempercepat waktu proses permesinan.

Level *low* menghasilkan *mean* waktu proses permesinan 150,59 menit, level *medium* 111,14 menit sedangkan pada level *high* 92,55 menit. Pada permesinan CNC *milling* secara sistematis *depth of cut* akan menentukan berapa kali suatu kontur akan diselesaikan. Dalam penelitian ini penentuan kondisi optimal menggunakan bantuan program *Minitab* 16 yang berdasarkan hasil dari nilai *mean* level dari masing-masing varian (Tabel sehingga diketahui pengaturan parameter permesinan yang optimal pada kondisi *cutting speed* level 2 = 75360 mm/menit, *federate* level 3 = 800 mm/menit, *depth of cut* level 3 = 1 mm, grafik pada kondisi tersebut terlihat pada Gambar 8. Kondisi optimal dalam penelitian ini dilihat berdasarkan dari lamanya waktu yang ditempuh dalam proses permesinannya. Hasil percobaan ini ditunjukkan pada Tabel 10.

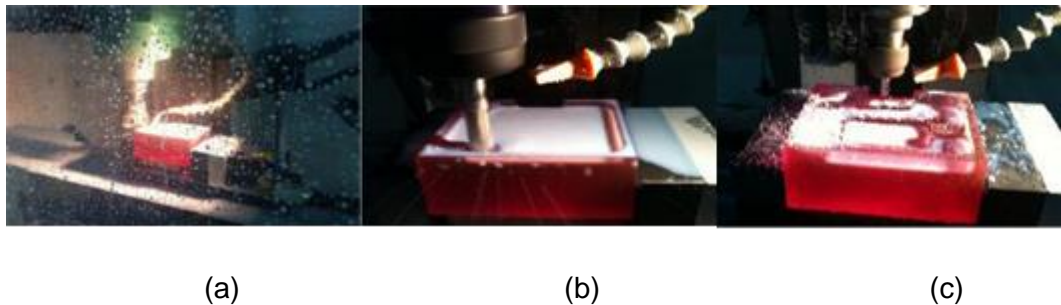
Tabel 10. Hasil pengukuran dari waktu optimal.

		<i>Feed cut</i>	<i>Rapid</i>
	<i>Time</i>		
<i>Toolpath</i>		<i>length</i>	<i>length</i>
	(menit)	(mm)	(mm)
<i>Face</i>	6,73	5143,97	1239,59
<i>Rough</i>	47,67	37217,87	4368,32
<i>Finish</i>	17,52	13598,66	2640,24
Total	71,92	55960,5	8248,15

Hasil percobaan pada Mesin CNC (*Sampling*)

Berdasarkan prosedur dalam pelaksanaan penelitian, proses percobaan pada Mesin CNC mengacu pada pemilihan parameter yang optimal yang didapatkan dari analisis data yaitu *spindle speed* = 2000 rpm; *feedrate* = 800 mm/menit; *depth of cut* = 1 mm. Adapun tahapan dalam percobaan pada mesin CNC berdasarkan proses pengerjaan masing-masing *toolpath* yakni *face* dengan *facemill* 40 mm, *rough* dengan *end mill* 12 mm, *finish*

dengan *end mill 6 mm*, hasil dari tiap-tiap proses pengerjaan yang terjadi terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil tampilan percobaan pada Mesin *CNC Milling* (a).*facing*,(b).*roughing*, (c).*finishing*.

Pembahasan percobaan pada mesin *CNC*

Percobaan pada Mesin *CNC* yang dilakukan pada penelitian ini dengan menggunakan Mesin *CNC Milling Mitsubishi M70*, yang berdasarkan dengan parameter hasil waktu optimum yang didapatkan pada analisa data yang telah dilakukan sebelumnya. Proses percobaan pada mesin *CNC* ini merupakan rangkaian dari tahapan proses pada penelitian ini yang sebelumnya proses pembuatan gambar benda kerja dengan menggunakan *Software Solidworks* yang kemudian ditransfer ke *Software Mastercam X* sebagai perantara untuk proses perencanaan dan pembuatan lintasan pahat (*Toolpath Geometry*) dengan dilakukan simulasi terlebih dahulu sampai didapatkan *G Code*, selanjutnya *G Code* tersebut ditransfer ke Mesin *CNC Milling Mitsubishi M70* melalui *USB Flash*.

Pada tahapan percobaan yang dilakukan pada Mesin *CNC*, dibagi dalam tiga tahapan proses permesinan yaitu pengerjaan permukaan (*Facing*), pengerjaan kasar (*Rough*) dan pengerjaan halus (*Finishing*). Proses permesinan dengan pengerjaan kasar kemudian dilakukan dalam 5 bagian berdasarkan dengan *toolpath* masing – masing yaitu; *contour1*, *contour2*, *contour3*, *pocket1* dan *pocket2*, data pengukuran waktu proses pemrograman pada pengerjaan kasar terlihat pada tabel 11. Adapun penggunaan parameter permesinan dan *toolpath* yang digunakan mengacu pada yang telah ditetapkan pada metode penelitian dan hasil dari simulasi dengan *software Mastercam X*.

Tabel 11. Data hasil pengukuran waktu proses *Rough*.

<i>Rough Toolpath</i>	<i>Time (menit)</i>
<i>Contour 1</i>	19,95
<i>Contour 2</i>	5,21
<i>Contour 3</i>	8,26
<i>Pocket 1</i>	9,40
<i>Pocket 2</i>	4,75
Total	47,57

Proses permesinan dengan pengerjaan halus (*Finishing*) dilakukan dalam 4 bagian berdasarkan dengan *toolpath* masing – masing yaitu; *contour1*, *contour2*, *pocket1* dan *pocket2*, data pengukuran waktu proses pemrograman pada pengerjaan halus terlihat pada tabel 12. Adapun penggunaan parameter permesinan dan *toolpath* yang digunakan mengacu pada yang telah ditetapkan pada metode penelitian dan hasil dari simulasi dengan *software Mastercam X*, selanjutnya pada tabel 16 menunjukkan total hasil pengukuran waktu proses permesinan yang dilakukan pada percobaan menggunakan mesin CNC *milling Mitsubishi M70*

Tabel 12. Data hasil pengukuran waktu proses *Finishing*.

<i>Finishing Toolpath</i>	<i>Time (menit)</i>
<i>Contour 1</i>	3,40
<i>Contour 2</i>	5,82
<i>Pocket 1</i>	6,26
<i>Pocket 2</i>	2,40
Total	17,88

Tabel 13. Data total hasil pengukuran waktu proses permesinan pada Mesin CNC

<i>Toolpath</i>	<i>Time (menit)</i>
<i>Face</i>	6,72
<i>Rough</i>	47,57
<i>Finish</i>	17,88
Total	72,17

Perbandingan waktu hasil CAM dengan CNC Milling

Hasil pengukuran waktu proses permesinan yang dilakukan pada mesin CNC *Milling* kemudian dilakukan perbandingan dengan waktu proses yang didapatkan pada proses CAM dengan *software Mastercam X*, adapun perbedaannya terlihat pada (Tabel 14) dimana waktu yang dihasilkan hampir persis sama, karena tidak adanya perbedaan waktu secara nyata antara proses pada CAM dengan proses pada mesin CNC diketahui pada proses CAM didapatkan waktu proses permesinannya yaitu 71,92 menit, sedangkan pada proses dengan mesin CNC didapatkan waktu proses permesinannya yaitu 72,17 menit. Sehingga diketahui selisih waktu yang terjadi yaitu 0,25 menit atau 15 detik dengan persentase 0,35%. Hal ini menunjukkan bahwa adanya perbedaan waktu yang tidak signifikan antara proses pada CAM dengan proses pada mesin CNC. Hasil perbandingan tersebut memberikan arti bahwa tanpa dilakukannya percobaan langsung pada mesin CNC, waktu proses permesinannya sudah bisa disimpulkan dari hasil percobaan simulasi pada proses CAM dengan menggunakan *software Mastercam X*.

Tabel 14. Data perbandingan waktu proses permesinan pada CAM dan Mesin CNC.

<i>Toolpath</i>	<i>Time (menit)</i>	
	Proses CAM	Proses CNC
<i>Face</i>	6,73	6,72
<i>Rough</i>	47,67	47,57
<i>Finish</i>	17,52	17,88
Total	71,92	72,17

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil eksperimen dan Analisa Statistik dengan Anova pada taraf signifikansi 5% didapatkan hasil:

- Bahwa *cutting speed* berpengaruh secara tidak nyata dengan kontribusi persentase 0.92%, sementara *feedrate* dan *depth of cut* berpengaruh secara signifikan terhadap waktu proses permesinan dengan kontribusi persentase 43% dan 49.56%.
- Waktu proses permesinan optimal yang dihasilkan dari simulasi *software CAM* adalah 71,92 menit, pada kondisi *cutting speed* = 75360 mm/menit, kondisi *federate* = 800 mm/menit, kondisi *depth of cut* = 1 mm. Selanjutnya hasil percobaan langsung pada mesin *CNC Milling* menunjukkan adanya perbedaan yang tidak signifikan dengan persentase 0,35%.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

- 1 Pada penelitian selanjutnya, dapat dilakukan dengan optimasi menggunakan tambahan variabel respon seperti kualitas produk.
- 2 Penelitian ini dapat dilakukan pengembangan dengan melakukan perbandingan dengan menggunakan *software CAD/CAM* yang lain.

- 3 Penelitian ini masih bisa dikembangkan lagi dengan cara menambah parameter lain seperti jenis material benda kerja, sebagai perbandingan.
- 4 Untuk menghasilkan waktu proses permesinan optimal pada mesin CNC *milling* dapat dilakukan dengan cara mengoptimalkan nilai *depth of cut* dan *feedrate*.

DAFTAR NILAI

SEMESTER GENAP REGULER TAHUN 2022/2023

Program Studi : Teknik Mesin S1

Matakuliah : Perkakas Bantu (P)

Kelas / Peserta : K

Perkuliahan : Kampus ISTN Bumi Srengseng P2K - Kelas

Dosen : Ir. Rifki Dermawan, MT

Hal. 1/1

No	NIM	N A M A	ABSEN	TUGAS	UTS	UAS	MODEL	PRESENTASI	NA	HURUF
			10%	20%	30%	40%	0%	0%		
1	22214702	Evans Budyprakoso	100	80	85	90	0	0	87.5	A

Rekapitulasi Nilai							
A	1	B+	0	C+	0	D+	0
A-	0	B	0	C	0	D	0
		B-	0	C-	0	E	0

Jakarta, 15 August 2023

Dosen Pengajar

Ir. Rifki Dermawan, MT