

**Proses Pemesinan dan Evaluasi Model Poros dengan Profil
Poligonal P3G dan P4C dengan Standar DIN Melalui
Pengukuran *Coordinate Measurement Machine***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

Nama : Nur Arifudin Rofik
No. Mahasiswa : 19525084
NIRM : 1905190004

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

Proses pemesinan dan evaluasi model poros dengan profil poligonal P3G dan P4C dengan standar DIN melalui pengukuran *Coordinate Measurement Machine*

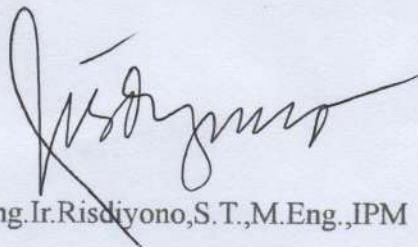
TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Nur Arifudin Rofik
No. Mahasiswa : 19525084
NIRM : 1905190004

Yogyakarta, 15 Mei 2024

Pembimbing I



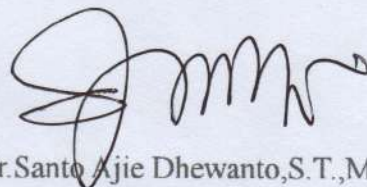
Dr. Eng. Ir. Risdiono, S.T., M. Eng., IPM

Pembimbing II



Novrinaldi, S.T., M.T

Pembimbing III



Ir. Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M. IPP

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI
Proses Pemesinan Dan Evaluasi Model Poros Dengan Profil
Poligonal P3G Dan P4C Dengan Standar DIN Melalui
Pengukuran Coordinate Measurement Machine

TUGAS AKHIR

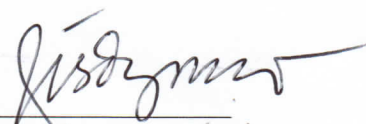
Disusun Oleh :

Nama : Nur Arifudin Rofik
No. Mahasiswa : 19525084
NIRM : 1905190004

Tim Penguji

Dr.Eng.Ir.Risdiyono,S.T.,M.Eng.,IPM

Ketua


Tanggal: 18/07/24

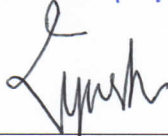
Ir. Donny Suryawan,S.T.,M.Eng.,IPP

Anggota I


Tanggal : 17/07/24


Yustiasih Purwaningrum, S.T.,M.T

Anggota II


Tanggal : 16 Jul 24

Novrinaldi, S.T.,M.T

Anggota III


Tanggal : 25 Juli 2024.

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin




Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Nur Arifudin Rofik

NIM : 19525084

Program Studi : S1/Teknik Mesin

Institusi : Universitas Islam Indonesia

Judul Laporan : Proses Pemesinan dan Evaluasi Model Poros dengan Profil Poligonal P3G dan P4C dengan Standar DIN Melalui Pengukuran Coordinate Measurement Machine

Dengan ini saya menyatakan, semua yang saya tulis pada Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya tulis saya sendiri kecuali kutipan atau ringkasan yang saya ambil sebagai referensi dan telah saya cantumkan sumber-sumbernya. Apabila dikemudian hari pengakuan saya terbukti tidak benar, maka saya bersedia mengikuti hukuman atau sanksi yang diberikan sesuai dengan hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 26 Juli 2024



Nur Arifudin Rofik

HALAMAN PERSEMBAHAN

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

Dengan rasa syukur yang mendalam, telah selesainya Tugas Akhir ini dan tulisan ini penulis persembahkan kepada:

Bapak Nurofik, dan Ibu Sunarti sebagai kedua orang tua penulis yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Keluarga tercinta yang selalu meningatkan saya untuk selalu memohon kepada Allah subhānahu wata‘ālā agar diberi kemudahan, kelancaran, dan keberkahan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

HALAMAN MOTTO

“Man jadda wajada”

siapa yang bersungguh-sungguh, pasti akan berhasil

“Semoga Allah subhānahu wata‘ālā mudahkan urusan kita.”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil ‘alamin, puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah – Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Proses pemesinan dan evaluasi model poros dengan profil poligonal P3G dan P4C dengan standar DIN melalui pengukuran *Coordinate Measurement Machine*” dengan lancar.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia. Penyusunan Tugas Akhir ini dibantu dengan doa dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, di kesempatan ini penulis ingin memberikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menjalankan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua Orang Tua serta Saudara tercinta, Bapak Nurofik, Ibu Sunarti, dan Mohamad Haekal Rofik yang selalu memberikan dukungan secara materi atau moril dan doa kepada penulis sehingga dapat berjalan dengan baik.
3. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Eng. Ir. Risdiyono, S.T., M.Eng., IPM selaku dosen pembimbing I selama mengerjakan Tugas Akhir yang telah membimbing serta memberi ilmunya kepada penulis.
5. Bapak Ir. Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M. IPP selaku dosen pembimbing II selama mengerjakan Tugas Akhir yang telah membimbing serta memberi ilmunya kepada penulis.
6. Bapak Novrinaldi, M.T selaku dosen pembimbing selama di BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional) mengerjakan Tugas Akhir yang telah membimbing serta memberi ilmunya kepada penulis.
7. Seluruh Dosen dan Staf program studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
8. Seluruh Karyawan dan Staf di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Subang.
9. Seluruh teman-teman Teknik Mesin angkatan 2019 yang telah berjuang bersama dalam proses segala hal dalam perkuliahan. Salam Solidarity Forever!

10. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu persatu namun sudah memberikan banyak bantuan.

Semoga amal kebaikan yang telah diberikan akan mendapat balasan dari Allah SWT. Dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini penulis sadar masih jauh dari kata sempurna karena terdapat banyak kesalahan. Maka dari itu penulis sangat mengharapkan segala macam kritik dan saran yang membangun sebagian bahan evaluasi untuk penulisan laporan selanjutnya agar lebih baik lagi dan bermanfaat bagi pembaca dan penulis sendiri.

“Wabillahaufiq walhidayah, Wassalamu’alaikum wa rahmatullahi wa barakatuhu.”

Yogyakarta, 15 Mei 2024

Nur Arifudin Rofik

ABSTRAK

Umbi porang (*Amorphophallus muelleri*) adalah salah satu tanaman liar hutan yang sedang berkembang pesat di Indonesia. Sebagai penghasil glukomanan, ubi porang memiliki banyak manfaat, terutama untuk industri makanan. Untuk melakukan ekstraksi glukomanan dilakukannya pencampuran tepung umbi porang dengan larutan pelarut dibutuhkan *colloid mill*. *Coloid Mill* adalah sistem yang dirancang untuk membantu proses dengan menggabungkan beberapa proses, seperti pencampuran, pengemulsian, dan homogenisasi produk dalam satu proses, sehingga meningkatkan stabilitas produk tersuspensi dan emulsi. *Colloid mill* terdiri dari rotor dan stator berbentuk kerucut, yang disejajarkan secara koaksial. Pemilihan bentuk poros sangat penting dalam proses ini, karena antara rotor dan stator nantinya dihubungkan dengan poros penggerak. Dalam penelitian ini berfokus pada *CAD*, *CAM*, dan *CNC modelling* poros penghubung dengan standar profil poligonal DIN P3G dan DIN P4C. Pemodelan *CAD* dilakukan menggunakan *solidworks* dengan penentuan dimensi sesuai dengan standar DIN serta penggunaan *Esprit CAM* guna melakukan simulasi *CAM* pada proses turning dan Milling serta penentuan parameter pemesinan sesuai dengan kemampuan tools yang digunakan berdasarkan mesin yang digunakan dan material yang digunakan. Proses pemesinan *CNC* dilakukan dengan menggunakan mesin Mazak QTE 200-MY SG (*Turning*) dan Hass VF-9 (*Milling*). Tujuan utama dari penelitian ini adalah melakukan pemesinan *CNC* serta melakukan evaluasi dimensi dari hasil *CNC modelling* P3G dan P4C menggunakan *coordinate measurement machine (CMM)* menggunakan metode *3D scanning*. Hasil dari penelitian ini adalah berhasil membuat model poros profil polygon P3G dan P4C dengan Panjang 60mm menggunakan bahan novotex serta dengan toleransi ukuran sebesar 0.2mm. Model P3G dan P4C telah dibuat melalui proses pemesinan dan proses evaluasi pengukuran menggunakan *CMM* akan tetapi pada saat proses evaluasi menggunakan *CMM* model P4C terlihat mengalami kegagalan dimensi pada saat proses pemesinan hal tersebut disebabkan oleh perbedaan *setting origin* (titik nol) karena menggunakan 2 mesin, yaitu *turning* dan *milling*.

Kata kunci : *Colloid mill*, profil poligon, *CAD*, *CAM*, *CNC*, *CMM*

ABSTRACT

Porang tubers (Amorphophallus muelleri) are one of the wild forest plants that are growing rapidly in Indonesia. As a producer of glucomannan, porang sweet potatoes have many benefits, especially for the food industry. To extract glucomannan, mix porang tuber flour with a solvent solution, a colloid mill is needed. Colloid Mill is a system designed to assist the process by combining several processes, such as mixing, emulsifying and product homogenization in one process, thereby increasing the stability of suspended and emulsified products. Colloid mills consist of a conical rotor and stator, which are aligned coaxially. The choice of shaft shape is very important in this process, because the rotor and stator will be connected to the drive shaft. This research focuses on CAD, CAM, and CNC modelling of connecting shafts with polygonal profile standards DIN P3G and DIN P4C. CAD modeling was carried out using Solidworks by determining dimensions in accordance with DIN standards and using Esprit CAM to carry out CAM simulations on turning and milling processes as well as determining machining parameters according to the capabilities of the tools used based on the machine used and the materials used. The CNC machining process is carried out using Mazak QTE 200-MY SG (Turning) and Hass VF-9 (Milling) machines. The main objective of this research is to carry out CNC machining and evaluate the dimensions of the results of CNC modelling P3G and P4C using a coordinate measurement machine (CMM) using the 3D scanning method. The results of this research were successful in making P3G and P4C polygon profile shaft models with a length of 60mm using Novotex material and with a size tolerance of 0.2mm. The P3G and P4C models have been made through a machining process and measurement evaluation process using a CMM, however during the evaluation process using a CMM the P4C model was seen to experience dimensional failure during the machining process, this was caused by differences in the origin setting (zero point) because it used 2 machines, namely Turning and Milling.

Keywords : colloid mill, Polygon profile, CAD, CAM, CNC, CMM

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan.....	5
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan.....	5
1.6 Sistematika Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Kajian Pustaka.....	7
2.2 Dasar Teori	9
2.2.1 Pemodelan <i>CAD</i> dan <i>CAM</i> simulasi	9
2.2.2 <i>Machining</i>	13
2.2.3 <i>Coordinate Measurement Machine</i>	15
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Alur Penelitian.....	17
3.2 Peralatan, Bahan, dan Lokasi	18
3.2.1 Alat.....	18
3.2.2 Bahan.....	18
3.2.3 Lokasi.....	18
3.3 <i>Pra-Production</i>	19
3.3.1 <i>3D Modelling</i>	19
3.3.2 <i>CAM</i> Simulasi	21

3.4	<i>Machining Production</i>	22
3.5	<i>Post Production</i>	23
3.5.1	Pengukuran <i>Coordinate Measurement Machine</i>	23
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		26
4.1	<i>Pra-Production</i>	26
4.1.1	<i>3D Modelling dan CAM Simulasi</i>	26
4.2	<i>Machining Production</i>	37
4.3	<i>Post-Production</i>	44
4.3.1	<i>Coordinate Measurement Machine</i>	44
BAB 5 PENUTUP		48
DAFTAR PUSTAKA		50
LAMPIRAN.....		53

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat Penelitian	18
Tabel 3.2 Bahan Penelitian.....	18
Tabel 3.3 Dimensi Profil Poligonal.....	20
Tabel 4.1 Parameter <i>Turning</i> P3G Proses	27
Tabel 4.2 Parameter P3G <i>Milling</i> Proses	27
Tabel 4.3 Parameter <i>Turning</i> P4C Proses.....	32
Tabel 4.4 Parameter <i>Milling</i> P4C Proses.....	33
Tabel 4.5 Potongan <i>NC Code</i> P3G <i>Profiling</i>	37
Tabel 4.6 Potongan <i>NC Code</i> P4C <i>Profiling</i>	38
Tabel 4.7 Hasil <i>Inspector</i> P3G	45
Tabel 4.8 Hasil <i>Inspector</i> P4C	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Buah Porang	1
Gambar 1.2 <i>Colloid Mill</i>	2
Gambar 1.3 Sistem Kerja <i>Colloid Mill</i>	3
Gambar 1.4 <i>Polygonal Shaft P3G</i>	4
Gambar 1.5 <i>Polygonal Shaft P4C</i>	4
Gambar 2.1 Bentuk profil poligonal	7
Gambar 2.2 Dimensi profil poligonal	8
Gambar 2.3 Dimensi P3G	8
Gambar 2. 4 Dimensi P4C	8
Gambar 2.5 Tampilan <i>Solidworks</i>	10
Gambar 2.6 Tampilan <i>Esprit CAM</i>	12
Gambar 2.7 <i>CAM Planning</i>	14
Gambar 2.8 <i>Coordinate Measurement Machine</i>	15
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	17
Gambar 3.2 Logo BRIN.....	19
Gambar 3.3 Dimensi P3G	19
Gambar 3. 4 Dimensi P4C	20
Gambar 3.5 panduan dimensi <i>shaft</i> dan <i>hub</i> P3G dan P4C	20
Gambar 3.6 <i>Modelling P3G</i>	21
Gambar 3.7 <i>Modelling P4C</i>	21
Gambar 3.8 Proses <i>Scanning</i>	24
Gambar 3.9 Proses <i>Scanning</i>	24
Gambar 3.10 Hasil <i>Scanning</i>	25
Gambar 3.11 Hasil <i>Scanning</i>	25
Gambar 4.1 <i>Modelling P3G</i>	26
Gambar 4.2 <i>Front OD Contour Roughing P3G</i>	28
Gambar 4.3 <i>Front OD Contour Finishing P3G</i>	28
Gambar 4.4 <i>Front Face Roughing P3G</i>	29
Gambar 4.5 <i>Front Face Finishing P3G</i>	29
Gambar 4.6 <i>Operation Symbols</i>	29
Gambar 4.7 <i>Operation Symbol End Mill</i>	30

Gambar 4.8 Simulasi <i>Profiling Contouring Milling Horizontal P3G</i>	30
Gambar 4.9 <i>Operation Symbols</i>	30
Gambar 4.10 <i>Operation Symbol End Mill</i>	31
Gambar 4.11 Simulasi <i>Profiling Contouring Rough Passes 1</i>	31
Gambar 4.12 Simulasi <i>Profiling Contouring Rough Passes 2</i>	31
Gambar 4.13 <i>Modelling P4C</i>	32
Gambar 4.14 <i>Front OD Contour Roughing P4C</i>	33
Gambar 4.15 <i>Front OD Contour Finishing P4C</i>	34
Gambar 4.16 <i>Front Face Roughing P4C</i>	34
Gambar 4.17 <i>Front Face Finishing P4C</i>	35
Gambar 4.18 <i>Operation Symbol</i>	35
Gambar 4.19 <i>Operation Symbol End Mill</i>	35
Gambar 4.20 Simulasi <i>Profiling Contouring Milling Horizontal P4C</i>	36
Gambar 4.21 <i>Operation Symbol</i>	36
Gambar 4.22 <i>Operation Symbol End Mill</i>	36
Gambar 4.23 Simulasi <i>Profiling Contouring Rough Passes 1</i>	37
Gambar 4.24 Simulasi <i>Profiling Contouring Rough Passes 2</i>	37
Gambar 4.25 Mesin <i>CNC Turnmill</i>	39
Gambar 4.26 <i>Raw Material pada chuck</i>	39
Gambar 4.27 Hasil <i>Roughing</i>	40
Gambar 4.28 Hasil <i>Finishing</i>	40
Gambar 4.29 Hasil Akhir <i>Turning Machining</i>	41
Gambar 4.30 Hasil <i>Profiling Contouring Milling Horizontal P4C</i>	41
Gambar 4.31 Hasil <i>Profiling Contouring Milling Horizontal P3G</i>	42
Gambar 4.32 Mesin <i>CNC Milling</i>	42
Gambar 4.33 Penempatan Material di <i>Chuck</i>	43
Gambar 4.34 <i>Profiling Finishing</i>	43
Gambar 4.35 Hasil Akhir P3G dan P4C	43
Gambar 4.36 Hasil <i>Scanning</i>	44
Gambar 4.37 Hasil <i>Inspector P3G</i>	45
Gambar 4.38 Hasil <i>Inspector P4C</i>	46
Gambar 4.39 Kegagalan <i>Machining P4C</i>	47

DAFTAR NOTASI

V_c = Kecepatan Potong (m/min)

n = Kecepatan Putaran (Rpm)

V_f = Kecepatan Pemakanan (m/rev)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketahanan pangan menjadi perhatian yang utama, mengingat kontribusinya dalam mendukung pembangunan nasional. Ketahanan pangan akan mempengaruhi kualitas sumber daya manusia sebagai subjek pembangunan nasional. Produksi tanaman pangan utama seperti beras, jagung dan kedelai cenderung mengalami penurunan akibat perubahan iklim, bencana alam, serangan hama penyakit dan menurunnya luas dan produktivitas lahan pertanian. Di samping produksi tanaman pangan yang cenderung stabil, ketahanan pangan juga menghadapi kualitas bahan pangan yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan kualitas bahan pangan impor. Di sisi lain, hutan menyediakan berbagai jenis bahan pangan yang belum dimanfaatkan secara optimal. Jenis pangan tersebut antara lain aren, bambu, gadung, porang, jamur, nipah, sagu, suweg, dan trubus.



Gambar 1.1 Buah Porang

(Afifah. E., 2014)

Umbi porang (*Amorphophallus muelleri*) adalah salah satu tanaman liar hutan yang sedang berkembang pesat di Indonesia. Budidaya umbi ini memiliki potensi ekonomi yang sangat menguntungkan, dan pemeliharaan dan perkembangbiakannya lebih mudah (Rahmi et al., 2021). Sebagai penghasil glukomanan, ubi porang memiliki banyak manfaat, terutama untuk industri makanan. Glukomanan umbi porang dapat digunakan sebagai makanan fungsional dan tambahan makanan yang dapat diterapkan pada berbagai jenis makanan dan

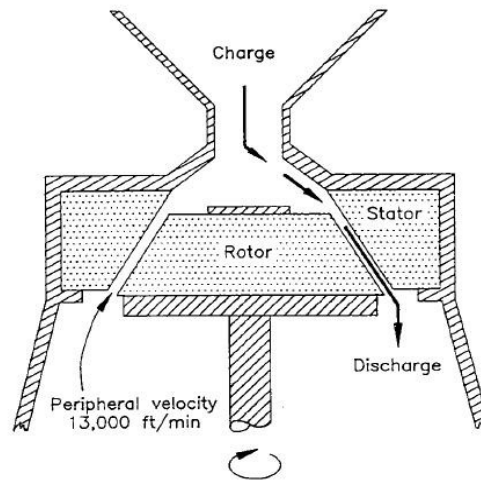
minuman (Faridah, 2011). Tepung umbi porang dapat digunakan sebagai pengental dan pengental. Ini juga dapat digunakan sebagai bahan baku dasar untuk membuat beras *shirataki* dan mie sehat (Afifah et al., 2014). serta sebagai pengental untuk sirup, jeli, sosis, dan film yang dapat dimakan (Aprilia, 2017). Seperti yang diketahui, umbi ini membentuk gel yang stabil, rendah kolesterol, karbohidrat, dan kalori, dan memiliki kadar serat larut air yang tinggi (Faridah, 2011). Tepung porang digunakan sebagai pengganti tepung terigu dalam banyak industri. Tepung porang adalah produk dari umbi porang yang banyak digunakan dalam berbagai industri, termasuk industri pangan sebagai campuran tepung, pengental, dan penstabil. Tepung porang telah lama dikenal di China dan Jepang. Di Jepang, umbi porang digunakan untuk membuat tepung *konjac*, yang digunakan untuk membuat gelatin, *shirataki*, *konnyaku*, dan media pertumbuhan mikroba. Tepung porang memiliki banyak *glukomanan*, *viskositas* tinggi, dan kalori rendah (Santoso. R, 2023).

Untuk melakukan pencampuran dan penghalusan partikel tepung porang dengan bahan campuran lainnya menggunakan *colloid mill*. *Colloid Mill* adalah sistem yang dirancang untuk membantu proses dengan menggabungkan beberapa proses, seperti pencampuran, pengemulsian, dan homogenisasi produk dalam satu proses, sehingga meningkatkan stabilitas produk tersuspensi dan emulsi (Mandiri, 2023). Sistem ini dapat menjadi solusi bagi industri makanan, minuman, dan farmasi untuk menghasilkan produk berbasis sistem koloid yang baik.



Gambar 1.2 *Colloid Mill*
(Mandiri, 2023)

Colloid mill terdiri dari rotor dan stator berbentuk kerucut, yang disejajarkan secara koaksial (Mandiri, 2023). Cairan mengalir dalam arah aksial melalui celah sempit antara rotor dan stator. Permukaan kedua elemen dapat halus untuk mendorong aliran *laminar* atau beralur untuk mendorong pembentukan pusaran dan transisi lebih awal ke aliran turbulen (Karbstein H. S., 1995). Struktur permukaan *rotor* dan *stator* dapat bervariasi dalam jumlah dan kedalaman alur serta sudut penyusunan alur. Diameter kerucut rotor berkisar antara beberapa sentimeter pada perangkat *bench-top* dan sepersepuluh *centimeter* untuk perangkat skala besar, yang menghasilkan kecepatan periferal biasanya antara 5 dan 40m/s (Karbstein H. , 1994).



Gambar 1.3 Sistem Kerja *Colloid Mill*
(Mandiri, 2023)

Celah antara rotor dan stator sangat sempit dibandingkan dengan diameter kerucut dan dapat divariasikan dengan mengatur kerucut pada arah aksial. Dengan ini, lebar celah antara kira-kira 100 μ m pada perangkat skala laboratorium dan beberapa milimeter pada perangkat skala industri dapat direalisasikan (Karbstein H. S., 1995). Dengan mengurangi lebar celah, gaya geser yang lebih tinggi dapat dicapai, dan keluaran dapat dikurangi karena luas penampang yang lebih kecil. Hal terakhir ini menghasilkan waktu tinggal yang lebih lama di zona pencukuran (Karbstein H. , 1994).

Pemilihan bentuk poros sangat penting dalam proses ini, karena antara rotor dan stator nantinya dihubungkan dengan poros penggerak. Dengan melakukan inovasi dalam pemilihan bentuk poros yang umumnya berbentuk bulat dengan

spline pengunci maka bentuk poros yang dipilih adalah poros dengan profil polygonal sesuai dengan standar DIN P3G dan P4C. Ada beberapa pilihan dari bentuk dan ukuran dari poros itu sendiri tergantung dengan kebutuhannya, salah satunya adalah poros dengan standar profil polygonal. Dalam penelitian ini berfokus pada *CAD*, *CAM*, dan *CNC modelling* poros penghubung menggunakan bahan *novotex* sesuai dengan standar profil polygonal *DIN 37211* (P3G) dan *DIN 37212* (P4C). Poros polygonal sebagaimana distandarisasi oleh *DIN*, adalah alternatif industri untuk transmisi daya selain kunci dan spline.



Gambar 1.4 *Polygonal Shaft P3G*
(Ingenieurwissenschaften, 2007)



Gambar 1.5 *Polygonal Shaft P4C*
(Ingenieurwissenschaften, 2007)

Sebelum melakukan riset *colloid mill* dan proses pemesinan poros penghubung yang sebenarnya adalah proses *CAD*, *CAM*, dan *CNC* dari *modelling* profil P3G dan P4C, *modelling* ini dilakukan untuk melihat hasil *machining*. Poros tersebut merupakan satu dari semua komponen di dalam *colloid mill*, dengan fungsi utama adalah menghubungkan antara rotor dan stator dengan tingkat kepresisian yang sangat tinggi. Hasil dari penelitian ini nantinya akan diserahkan kepada tim Riset sebagai bahan pertimbangan dan/atau referensi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari Penelitian ini adalah, sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil inovasi pemilihan dan proses pemesinan bentuk poros profil polygonal sesuai dengan standar DIN.
2. Bagaimana hasil pemesinan menggunakan mesin *CNC* Mazak QTE 200-MY SG dan Hass VF 9 dari model poros dengan profil polygonal P3G dan P4C sesuai dengan standar *DIN* dengan Pengukuran .

1.3 Batasan Masalah

Setelah dipaparkan rumusan masalah, maka perlu dipaparkan batasan masalah pada penelitian ini. Beberapa batasan masalah tersebut adalah:

1. Profil polygonal standar *DIN 32711 P3G* dan *DIN 32712 P4C*,
2. Menggunakan *software* Esprit tng,
3. Menggunakan Mazak QTE 200-MY SG *Turn Milling*
4. Menggunakan Hass VF 9 *Milling vertical*,
5. Penentuan parameter pemesinan disamakan antara P3G dan P4C *profil poligonal*
6. Menggunakan bahan Novotex,

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah, sebagai berikut:

1. Menganalisis proses *CAD* dan simulasi *CAM* dari inovasi *modelling* poros profil poligonal dalam pemilihan metode dan teknik pemesinan untuk bentuk poros profil poligonal sesuai dengan standar DIN.
2. Mempelajari fenomena di dalam proses pemesinan di mesin *CNC*,
3. Mengevaluasi hasil pemesinan melalui pengukuran *Coordinate Measurement Machine (CMM)*

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Manfaat dari penelitian ini adalah melakukan proses pemesinan *modelling* poros poligon profil dengan standar *DIN* serta penentuan parameter pemesinan *CAM* simulasi sesuai dengan kebutuhan Riset yang dilakukan.

1.6 Sistematika Penelitian

Penulisan Laporan Tugas Akhir ini akan dibagi menjadi 5 bab, antara lain sebagai berikut:

1. Bab 1 berisikan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.
2. Bab 2 berisikan kajian Pustaka dan teori-teori yang melandasi penelitian ini serta standar-standar yang mendasari penelitian ini.
3. Bab 3 berisikan alur penelitian, dan metode yang digunakan dalam tugas akhir ini.

4. Bab 4 berisikan hasil dan pembahasan yang merupakan data dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan.
5. Bab 5 berisikan kesimpulan dari hasil penelitian serta saran untuk penelitian selanjutnya.

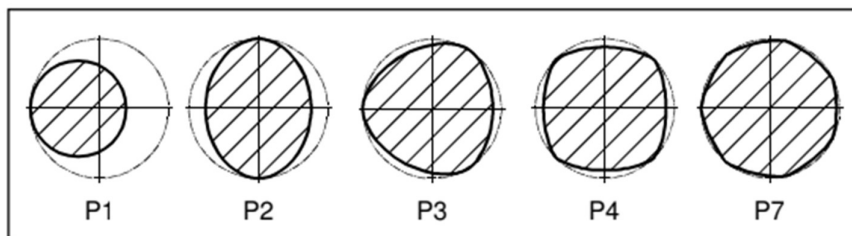
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

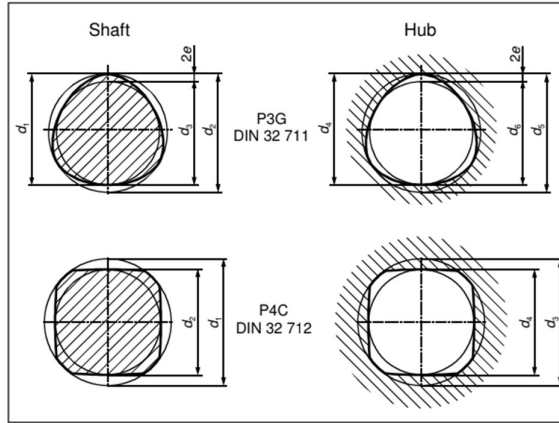
Kurva poligon memiliki profil yang tidak berbentuk lingkaran. Oleh karena itu, geometri ini ideal untuk sambungan poros-hub yang bergantung pada prinsip penyesuaian bentuk, seperti sambungan alur pasak. Kurva poligon merupakan konektor langsung seperti poros spline, berbeda dengan pengencang tipe penggerak. Untuk transmisi torsi, kedua sambungan tidak membutuhkan elemen penghubung. Untuk poligon, label profil terdiri dari simbol "P" dan angka yang menunjukkan periodisitas kurva (Ingenieurwissenschaften, 2007).

Poros poligonal, sebagaimana distandarisasi oleh *DIN*, adalah alternatif industri untuk transmisi daya selain kunci dan spline. Penggunaan poros poligonal pada masa lalu terbatas karena kebutuhan mesin khusus untuk membuat kontur yang kompleks dan kurangnya desain standar. Setelah standarisasi poros poligonal tiga lobus (P3G) dan poros poligonal empat lobus (P4C) oleh DIN 32711 (P3G and P4C, 2023) dan pemesinan *CNC* multi-sumbu pada tahun 1979, penggunaan poros ini meningkat. Karena tegangan aksial normal yang lebih kecil, poros P4C digunakan untuk aplikasi geser, dan poros P3G digunakan untuk aplikasi tekan untuk transmisi torsi yang lebih besar karena area kontak yang lebih besar mendistribusikan tegangan kontak (Bhatta. R, 2016).



Gambar 2.1 Bentuk profil poligonal
(Ingenieurwissenschaften, 2007)

Meskipun ada banyak jenis kurva poligon yang mungkin, hanya dua yang didefinisikan dan digunakan dalam praktik yang dikeluarkan oleh badan standar di Jerman. Profil P3G (DIN 32711) adalah profil tiga lobus harmonis, dan profil P4C empat lobus (DIN 32712) adalah profil disharmonik karena adanya diskontinuitas di sekelilingnya (Ingenieurwissenschaften, 2007).



Gambar 2.2 Dimensi profil poligonal
(Ingenieurwissenschaften, 2007)

P3G DIN 32711		
d_1 in mm	e in mm	e/d_1
14	0.44	3.14%
16	0.50	3.13%
18	0.56	3.11%
20	0.63	3.15%
22	0.70	3.18%
25	0.80	3.20%
28	0.90	3.21%
30	1.00	3.33%
32	1.12	3.50%
35	1.25	3.57%
40	1.40	3.50%
45	1.60	3.56%
50	1.80	3.60%
55	2.00	3.64%
60	2.25	3.75%
65	2.45	3.77%
70	2.80	4.00%
75	3.15	4.20%
80	3.35	4.19%
85	3.55	4.18%
90	4.00	4.44%
95	4.25	4.47%
100	4.50	4.50%

Gambar 2.3 Dimensi P3G

(Ingenieurwissenschaften, 2007)

P4C DIN 32712				
d_1 in mm	d_2 in mm	e in mm	e/d_1	d_2/d_1
14	11	1.6	11.43%	78.57%
16	13	2.0	12.50%	81.25%
18	15	2.0	11.11%	83.33%
20	17	3.0	15.00%	85.00%
22	18	3.0	13.64%	81.82%
25	21	5.0	20.00%	84.00%
28	24	5.0	17.86%	85.71%
30	25	5.0	16.67%	83.33%
32	27	5.0	15.63%	84.38%
35	30	5.0	14.29%	85.71%
40	35	6.0	15.00%	87.50%
45	40	6.0	13.33%	88.89%
50	43	6.0	12.00%	86.00%
55	48	6.0	10.91%	87.27%
60	53	6.0	10.00%	88.33%
65	58	6.0	9.23%	89.23%
70	60	6.0	8.57%	85.71%
75	65	6.0	8.00%	86.67%
80	70	8.0	10.00%	87.50%
85	75	8.0	9.41%	88.24%
90	80	8.0	8.89%	88.89%
95	85	8.0	8.42%	89.47%
100	90	8.0	8.00%	90.00%

Gambar 2. 4 Dimensi P4C

(Ingenieurwissenschaften, 2007)

Sambungan profil dibentuk karena hub roda dan poros memiliki permukaan non-silinder yang halus. Ini adalah salah satu jenis sambungan tanpa kunci, dan termasuk dalam koneksi isometrik profil poligonal dan tanpa kunci. Sambungan profil poligonal isometrik memiliki lebih banyak keuntungan dalam teknologi dan penggunaan dibandingkan dengan sambungan sambungan kunci atau spline:

1. Biaya produksi dapat ditekan 40% hingga 50% dibandingkan dengan sambungan spline.
2. Karena tidak ada alur pasak antara pusat dan poros, tidak ada stres pengangkat.
3. Metode pemesinan presisi dapat digunakan untuk menghasilkan dua permukaan dengan kekerasan tinggi.
4. Kekuatan kelelahan yang tinggi, pemasangan dan pelepasan yang nyaman, dan ketelitian yang tinggi dalam membuat pusat yang sama setelah fitting.
5. Sambungan profil poligonal isometrik dipasang sesuai gap fit dan shrink fit, sehingga getaran dan kebisingan yang dihasilkan oleh putaran kecepatan tinggi jauh lebih rendah daripada sambungan antar kunci dan spline (Baozhan et al., 2001).

Sambungan profil poligonal memiliki keunggulan dibandingkan kunci (kunci prismatik dan *spline*) dan cocok untuk kondisi seperti putaran, kecepatan, torsi, dan presisi yang tinggi, serta ruang tetap dan getaran yang kecil (Lu, 2009).

2.2 Dasar Teori

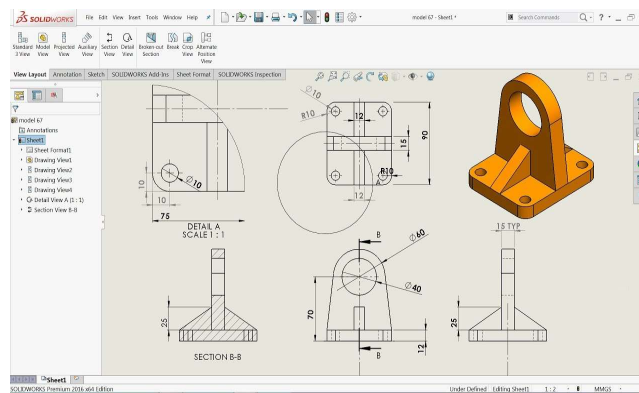
2.2.1 Pemodelan CAD dan CAM simulasi

Kebutuhan akan produk berkualitas tinggi yang dihasilkan dengan kecepatan produksi yang tinggi meningkat sebagai akibat dari perkembangan teknologi manufaktur yang semakin pesat dan kompetisi antara produsen produk manufaktur. Karena kebutuhan yang tinggi ini, sistem otomasi diciptakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Otomasi dapat didefinisikan sebagai teknologi yang berlandaskan pada aplikasi sistem mekanik, elektronik dan komputer, sehingga pekerjaan tahap pengembangan meliputi perencanaan, persiapan, perakitan, instalasi, pemrograman, inspeksi, komisioning (Yudhayadi, 2016).

Proses pemesinan yang ada saat ini dituntut efektif, efisien dan cepat dalam menghasilkan suatu produk, yang tentunya akan sangat mempengaruhi biaya produksi (Dubovska et al., 2014). Ada beberapa hal yang dapat menentukan keberhasilan suatu proses pemesinan, antara lain pemilihan proses, parameter pemesinan, pemilihan pahat potong, dan pemilihan mesin yang relevan. Hal ini juga akan berdampak pada waktu produksi yang berkelanjutan dan mengatasi ketidakakuratan pada produk yang dihasilkan (Jambor, 2012). Untuk meminimalisir kegagalan produksi dapat dilakukan proses simulasi dengan menggunakan aplikasi

Computer Aided Manufacture (CAM) pada produk yang akan dibuat menggunakan mesin *CNC*, Selain itu juga dapat mempermudah pembuatan kode NC untuk bentuk yang rumit (Majerik, 2011). Salah satu aplikasi *CAM* yang dapat membuat simulasi proses pemesinan adalah *ESPRIT*, aplikasi *ESPRIT* merupakan sebuah aplikasi *CAM* yang secara komprehensif dapat melakukan simulasi, optimasi dan membuat sebuah pemrograman NC yang dapat diterapkan pada berbagai mesin *CNC*, simulasi yang dapat dilakukan seperti pembubutan, *drilling* dan *milling* (Furqon et al., 2023).

CAD/CAM merupakan program pemesinan 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. *Solidworks* merupakan salah satu perangkat lunak *CAD* yang mudah membantu proses desain benda atau bangunan. Selain mudah digunakan, *solidworks* memiliki fitur yang cukup lengkap contohnya, dapat melakukan simulasi pada desain yang telah dibuat dan membuat sketsa 2D menjadi 3D serta mampu melakukan analisis kekuatan desain dan membuat animasi desain (Yudhayadi, 2016).



Gambar 2.5 Tampilan *Solidworks*

(Jambor, 2012)

Penggunaan *software* komputer untuk mengontrol alat mesin dan bagian mesin lainnya yang terkait dengan proses pemesinan dikenal sebagai *CAM*. Selain

itu, *CAM* juga berarti penggunaan komputer untuk membantu dalam semua jenis perencanaan manufaktur, seperti manajemen, transportasi, penyimpanan, dan perencanaan (Ricky, 2023). Proses manufaktur yang lebih cepat dan efisien dapat dicapai melalui integrasi *CAM* dengan sistem *CAD*. Proses perancangan dan pemesinan dilakukan dengan mesin *CNC*. Biasanya, sistem *CAM* akan bekerja dengan perancangan *CAD 3D*. *Programmer CNC* akan mengatur operasi mesin dan sistem *CAM* akan bertanggung jawab untuk membuat program *CNC* (Yudhayadi, 2016).

Dalam proses *CAM* simulasi penentuan parameter pemesinan adalah hal yang paling menentukan di proses produksi (*machining*). Parameter pemesinan adalah dasar-dasar perhitungan dalam proses pemotongan/penyayatan diantaranya (Aziz. M, 2022), sebagai berikut:

- kecepatan potong (V_c)

Kecepatan potong (V_c) adalah kemampuan alat potong menyayat bahan dengan naman menghasilkan total dalam satuan panjang/waktu (meter/menit atau feet/menit).

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ m/min} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$V_c = \text{Cutting Speed}$

$d = \text{Diameter}$

$n = \text{Putaran Spindle (rpm)}$

- Kecepatan putaran spindle (rpm)

Kecepatan putar, n ($speed$), selalu dihubungkan dengan *spindel* (sumbu utama) dan benda kerja. Karena kecepatan putar diekspresikan sebagai putaran per menit (*revolutions per minute, RPM*), hal ini menggambarkan kecepatan putarannya (Nurjito, 2015).

$$n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d} \quad (2.2)$$

Keterangan :

$n = \text{Putaran Spindle (RPM)}$

$V_c = \text{Cutting Speed}$

$d = \text{Diameter}$

- Gerak pemakanan (f)

Gerak makan, f (*feed*), adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali, sehingga satuan f adalah mm/putaran. Gerak makan ditentukan berdasarkan kekuatan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, dan terutama kehalusan permukaan yang diinginkan. Gerak makan biasanya ditentukan dalam hubungannya dengan kedalaman potong. Gerak makan tersebut berharga sekitar 1/3 sampai 1/20, atau sesuai dengan kehalusan permukaan yang dikehendaki (Nurjito, 2015).

- Kecepatan pemakanan

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

$$V_f = f \cdot n \quad (2.3)$$

Keterangan:

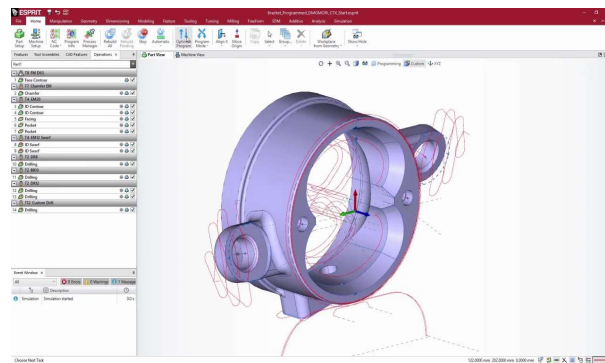
$V_f =$ Kecepatan pemakanan (mm/min)

$f =$ *feed*

$n =$ Putaran spindle

- Kedalaman pemotongan (*depth of cut*)

Kedalaman potong (*depth of cut*), adalah tebal bagian benda kerja yang dibuang dari benda kerja, atau jarak antara permukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum terpotong.



Gambar 2.6 Tampilan Esprit CAM
(Ricky, 2023)

ESPRIT adalah sistem *CAM* yang kuat untuk pemrograman, optimasi, dan simulasi *CNC*. ESPRIT mendukung semua proses pemesinan pada setiap konfigurasi peralatan mesin, yang mencakup spektrum penuh jenis mesin, termasuk:

- *Turning-Milling* hingga *5-axis*
- *2 - 5 axis Milling*
- Pemesinan tingkat tinggi *2 axis*, *3 axis*, sampai *5 axis*.

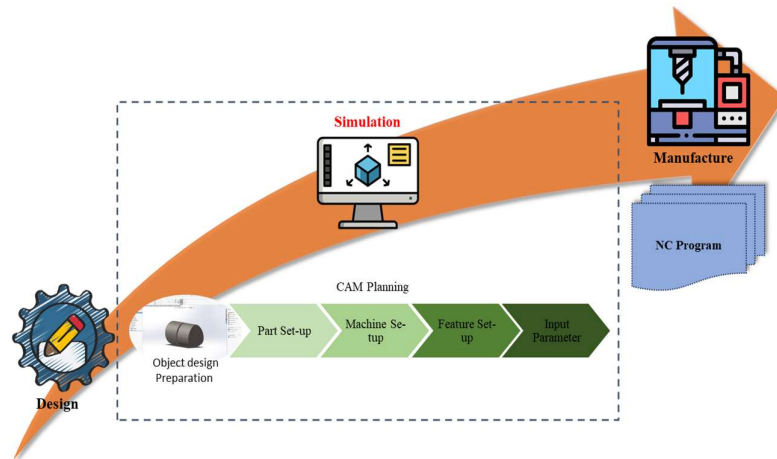
ESPRIT tidak hanya mendukung seluruh jenis mesin, tetapi juga menyediakan fitur lengkap untuk setiap proses pemesinan sehingga Anda dapat memaksimalkan kemampuan mesin dan memanfaatkan sepenuhnya investasi peralatan mesin Anda (espritcam, 2023).

2.2.2 Machining

Mesin *CNC* bubut merupakan salah satu mesin yang banyak digunakan untuk proses pemesinan, biasanya digunakan untuk produk massal yang memerlukan kepresisian dan bentuk yang kompleks. Poros merupakan salah satu komponen elemen mesin yang berfungsi sebagai penghantar daya dan dapat diproduksi dengan menggunakan mesin *CNC*, berdasarkan fungsinya terdapat beberapa jenis desain poros yang sering digunakan diantaranya poros poligonal. Poros poligonal memiliki geometri kurva poligon atau profil non lingkaran, kurva poligon dapat digunakan langsung sebagaimana poros *spline* yang tidak memerlukan elemen penghubung. Poros poligon memiliki beberapa keunggulan dibanding poros konvensional diantaranya memiliki desain ringkas, tekanan takik rendah, kapasitas transmisi tinggi serta efek pemusatan diri. Poros poligonal memiliki kontur yang rumit sehingga sangat terbatas penggunaannya karena memerlukan mesin khusus dan tidak dapat dilakukan secara konvensional, sejauh ini proses pembentukan poros poligonal dapat dilakukan dengan menggunakan mesin K-profile atau dapat menggunakan metode *two-spindle-non-round-lathe process* atau bubut poligon.

Sebuah produk diharapkan dapat bekerja sesuai dengan fungsinya, oleh karena itu sebuah produk harus dapat memenuhi kebutuhan desain yang diperlukan. Kegagalan sebuah produk dapat disebabkan oleh proses pemesinan yang kurang tepat, oleh karena itu sebelum diproduksi perlu dilakukan verifikasi proses

pemesinan untuk meningkatkan tingkat keberhasilan dan kepresisian produk yang dihasilkan. proses simulasi dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi berupa perangkat lunak, perangkat lunak tersebut akan memverifikasi sebuah model sebelum di produksi (Chang, 2015). Keuntungan melakukan simulasi pada proses pemesinan antara lain dapat mengurangi limbah material pada saat proses pemesinan, dapat memaksimalkan penggunaan *cutting tool*, meminimalisir kesalahan program yang dapat menyebabkan resiko tabrakan, menjaga umur *cutting tool*, mengurangi waktu dan biaya produksi, membandingkan perbedaan pengaturan mesin, mendeteksi interferensi antara bagian yang bergerak dan statis (Valvo. L, 2012).



Gambar 2.7 *CAM Planning*
(Furqon, 2023)

Gambar diatas menunjukkan secara umum proses manufaktur presisi komponen menggunakan mesin *CNC*, mulai dari tahapan desain, simulasi hingga proses manufaktur. Pada tahapan simulasi *CNC* machining memerlukan beberapa langkah pada *software CAM ESPRIT*, model yang sudah dibuat pada *software CAD* selanjutnya dapat disimulasikan dengan file ekstensi yang support dengan *software CAM*. Pada tahapan *Part Set-up*, diatur *raw/stock material* yang digunakan dan akan menyesuaikan dengan bentuk dan ukuran part yang akan di machining, serta pengaturan lainnya yang memungkinkan dalam proses *machining* nantinya. *Machining set-up* mengatur *stock material* yang ditempatkan di mesin, posisi pada chuck mesin. Pengaturan *feature/feature set-up* menjadi hal yang sangat penting karena akan menentukan proses pemesinan yang dilakukan dan hasil akhir yang

diperoleh. Input parameter pemesinan dilakukan pada masing-masing fitur, seperti *cutting speed*, *Feed rate* dan *depth of cut*, serta menentukan jenis pahat yang digunakan pada masing-masing proses.

2.2.3 *Coordinate Measurement Machine*

Untuk meningkatkan kinerja perusahaan, kepuasan pelanggan bisnis, dan keberlanjutan rantai pasokan, akademisi dan industri sedang memperhatikan disiplin seperti *metrologi*, manajemen kualitas, dan kualitas produk (Bastas, 2020). Pengendalian kinerja kualitas dan pengendalian variasi bergantung pada manajemen dimensi, yang mencakup pengendalian dimensi penting produk terhadap persyaratan teknis pelanggan. Praktik metrologi dan proses validasi produk memungkinkan pengendalian tersebut, serta analisis pengukuran referensi dimensi melalui fasilitasi metode inspeksi sebelum, selama, dan pasca proses. Proses-proses ini mencakup pengendalian bahan baku, penerapan jig dan peralatan yang dikontrol dan dikalibrasi, pemeriksaan produk dengan alat pengukur dengan dimensi yang diketahui, dan pengukuran produk setelah proses produksi (J. Sinke, 2003).



Gambar 2.8 *Coordinate Measurement Machine*

(Hocken, 2011)

Mesin pengukur koordinat (*CMM*) yang digunakan dengan sistem *tactile probing* adalah salah satu alat metrologi yang banyak digunakan untuk mengukur benda kerja tiga dimensi di bidang industri karena memiliki akurasi yang tinggi dan mudah diakses. Untuk menjaga bentuk *stylus* yang seragam di segala arah, *stylus CMM* memiliki ujung berbentuk bola di ujung porosnya. Karena dimensi benda

kerja dihitung berdasarkan koordinat *probe*, kalibrasi kesalahan bentuk ujung *probe* di seluruh arah sangat penting untuk pengukuran tiga dimensi dengan *CMM* (Ito et al., 2019).

Teknik pengukuran koordinat (CMT) telah lama digunakan dalam proses produksi kontemporer. CMT memungkinkan melakukan pengukuran yang sebelumnya membutuhkan peralatan khusus. Selama bertahun-tahun, waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengukuran juga telah berkurang secara signifikan. Ini adalah keuntungan yang jelas. Namun, ada beberapa kelemahan metode yang dapat memengaruhi hasil pengukuran. Saat ini, hasil pengukuran CMT adalah $0,1\mu$. Dapat diharapkan bahwa semua pengukuran komponen memiliki akurasi yang sama atau lebih baik. Namun, *CMM* adalah perangkat yang kompleks dan pengukuran akhir merupakan hasil dari beberapa pengorbanan dan penyederhanaan. Oleh karena itu, tampaknya CMT layak untuk dianalisa secara kritis (Hocken, 2011).

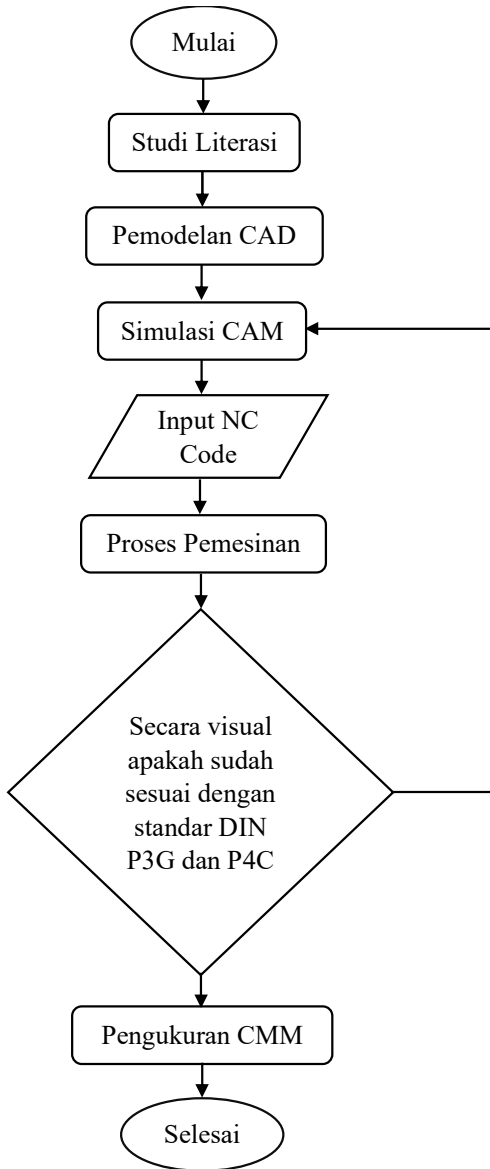
Pengukuran geometri, yaitu ukuran dan bentuk komponen, merupakan hal yang sangat penting dalam proses manufaktur. Mesin pengukur koordinat (*CMM*) sering dipilih karena serbaguna, akan tetapi keserbagunaan inilah yang dapat menyebabkan inkonsistensi. Faktor lain termasuk keputusan tentang bagaimana suatu bagian diorientasikan dan disejajarkan, jarak, kecepatan, dan arah pendekatan, dan gaya probing yang diterapkan (Stark, 2005).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Berikut adalah bagan alur tahapan penelitian ini dilakukan:



Gambar 3.1 Alur Penelitian

3.2 Peralatan, Bahan, dan Lokasi

3.2.1 Alat

Beberapa alat beserta fungsinya yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah, sebagai berikut :

Tabel 3.1 Alat Penelitian

Nama alat	Fungsi
Software Solidworks	Perangkat lunak untuk CAD 3D Modelling Polygonal Profile P3G dan P4C
Software Esprit	Perangkat lunak untuk melakukan CAM simulasi
Mazak QTE MY-200	Perangkat keras untuk melakukan Machining menggunakan bahan Novotex
Hass VF9	Perangkat keras untuk melakukan Machining menggunakan bahan Novotex
Pahat Insert CNMG	Untuk melakukan pemakanan Turning Roughing
Pahat Insert DNMG	Untuk melakukan pemakanan Turning Finishing
Pahat End Mill 14mm	Untuk melakukan pemakanan Milling Profiling
CMM Hexagon Arm	Untuk melakukan pengukuran dimensi
Software Polyworks	Perangkat lunak untuk melakukan 3D scanning analisis

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah, sebagai berikut :

Tabel 3.2 Bahan Penelitian

Bahan	Fungsi
Novotex	Bahan utama untuk proses pemesinan model P3G dan P4C

3.2.3 Lokasi

Penelitian ini dilakukan di Pusat Riset Teknologi Tepat Guna Badan Riset dan Inovasi Nasional KS Subang (Muhammadi Siswosudarmo) dan workshop keteknikan terpadu LTMEPPO KST B.J Habibie Puspiptek Serpong Tangerang. Gambar 3.2 adalah Logo dari Badan Riset dan Inovasi Nasional.



Gambar 3.2 Logo BRIN

3.3 Pra-Production

3.3.1 3D Modelling

Perancangan 3D Modelling dilakukan menggunakan *software solidworks*, *solidworks* dipilih karena cukup mudah, simple, serta mumpuni dengan berbagai fitur yang tersedia di *solidworks*. Dimensi yang digunakan sesuai dengan dimensi poros profil poligonal DIN P3G dan P4C, gambar 3.3 dan gambar 3.4 merupakan dimensi standar DIN yang digunakan acuan untuk proses pemodelan *CAD*.

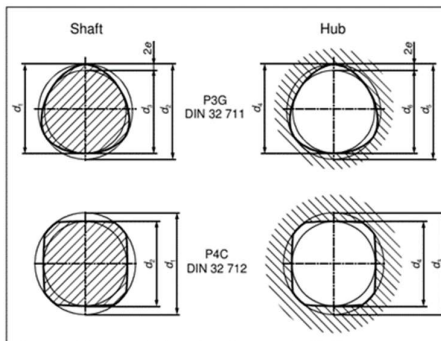
P3G DIN 32711		
d_1 in mm	e in mm	e/d_1
14	0.44	3.14%
16	0.50	3.13%
18	0.56	3.11%
20	0.63	3.15%
22	0.70	3.18%
25	0.80	3.20%
28	0.90	3.21%
30	1.00	3.33%
32	1.12	3.50%
35	1.25	3.57%
40	1.40	3.50%
45	1.60	3.56%
50	1.80	3.60%
55	2.00	3.64%
60	2.25	3.75%
65	2.45	3.77%
70	2.80	4.00%
75	3.15	4.20%
80	3.35	4.19%
85	3.55	4.18%
90	4.00	4.44%
95	4.25	4.47%
100	4.50	4.50%

Gambar 3.3 Dimensi P3G
(Ingenieurwissenschaften, 2007)

P4C DIN 32712				
d_1 in mm	d_2 in mm	e in mm	e/d_1	d_2/d_1
14	11	1.6	11.43%	78.57%
16	13	2.0	12.50%	81.25%
18	15	2.0	11.11%	83.33%
20	17	3.0	15.00%	85.00%
22	18	3.0	13.64%	81.82%
25	21	5.0	20.00%	84.00%
28	24	5.0	17.86%	85.71%
30	25	5.0	16.67%	83.33%
32	27	5.0	15.63%	84.38%
35	30	5.0	14.29%	85.71%
40	35	6.0	15.00%	87.50%
45	40	6.0	13.33%	88.89%
50	43	6.0	12.00%	86.00%
55	48	6.0	10.91%	87.27%
60	53	6.0	10.00%	88.33%
65	58	6.0	9.23%	89.23%
70	60	6.0	8.57%	85.71%
75	65	6.0	8.00%	86.67%
80	70	8.0	10.00%	87.50%
85	75	8.0	9.41%	88.24%
90	80	8.0	8.89%	88.89%
95	85	8.0	8.42%	89.47%
100	90	8.0	8.00%	90.00%

Gambar 3. 4 Dimensi P4C
(Ingenieurwissenschaften, 2007)

Gambar 3.5 merupakan panduan dimensi *shaft* dan *hub* P3G dan P4C serta tabel 3.3 merupakan dimensi yang harus disesuaikan dalam proses pemodelan *CAD*.

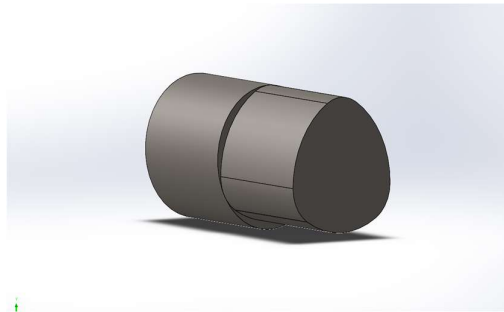


Gambar 3.5 panduan dimensi *shaft* dan *hub* P3G dan P4C

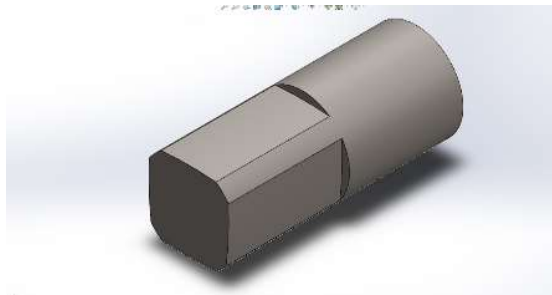
Tabel 3.3 Dimensi Profil Poligonal

P3G		P4C	
D1	: 25 mm	D1	: 25 mm
D2	: 26.6 mm	D2	: 21 mm
D3	: 23.4 mm	<u>Eksentrik</u>	: 5 mm
<u>Eksentrik</u>	: 0.8 mm		

Gambar 3.6 dan gambar 3.7 merupakan hasil pemodelan *CAD* menggunakan *software solidworks* disesuaikan dengan dimensi sesuai standar DIN.



Gambar 3.6 Modelling P3G



Gambar 3.7 Modelling P4C

3.3.2 CAM Simulasi

CAM Simulasi adalah proses *pre-machining*, menentukan parameter pemesinan dilakukan pada proses ini. Proses *CAM* Simulasi menggunakan *software Esprit*, *Esprit* dipilih karena sudah terkoneksi dengan mesin *CNC* yang tersedia. Beberapa *tools* pahat yang digunakan di semua *Toolpath strategi* untuk P3G dan P4C *shaft*, antara lain:

- *Turning Roughing* : *CNMG 432-MG1*
- *Turning Finishing* : *DNMG 441-PF-MG*
- *Milling Profiling* : *End Mill 14mm*

Dalam proses *CAM* simulasi penentuan parameter pemesinan harus dilakukan dengan teliti, dengan memperhatikan beberapa hal yang dapat mempengaruhi dalam proses produksi (*machining*). Berikut parameter pemesinan yang sudah disesuaikan dengan standar parameter *tools* yang sesuai proses *CAM* simulasi pada *modelling* P3G (tabel 3.4) dan *modelling* P4C (tabel 3.5).

Tabel 3.4 Parameter Pemesinan P3G

	Mazak QTE 200-my sg (Turning)		Hass VF9 (Milling)
Parameter Pemesinan	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>	<i>Profiling</i>
Kecepatan putaran <i>spindle</i> (rpm)	2500 rpm	3000 rpm	3000 rpm
Kecepatan potong (<i>Vc</i>)	275 m/min	330 m/min	138 m/min
<i>Feedrate</i> (<i>f</i>)	0.3 mm/r	0.15 mm/r	0.15 mm/r
<i>Deep of cut</i>	0.5 mm	0.1 mm	0.75 mm

Tabel 3.5 Parameter Pemesinan P4C

	Mazak QTE 200-MY SG (Turning)		Hass VF9 (Milling)
Parameter Pemesinan	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>	<i>Profiling</i>
Kecepatan putaran <i>spindle</i> (rpm)	2500 rpm	3000 rpm	3000 rpm
Kecepatan potong (<i>Vc</i>)	275 m/min	330 m/min	138 m/min
<i>Feedrate</i> (<i>f</i>)	0.3 mm/r	0.15 mm/r	0.15 mm/r
<i>Deep of cut</i>	0.5 mm	0.1 mm	0.75 mm

3.4 Machining Production

Proses produksi (*Machining*) dilakukan menggunakan mesin CNC Mazak QTE 200-MY SG (*Turning*) dan Hass VF9 (*Milling*). *NC Code* didapatkan setelah proses *CAM* Simulasi dilakukan, *NC Code* adalah hasil programming berupa kode/angka yang nantinya digunakan untuk proses produksi (*machining*) pada mesin *CNC*. Tabel 3.6 dan 3.7 merupakan potongan *NC Code* dari hasil *generate NC Code* dari proses *CAM* simulasi.

Tabel 3.6 *NC Code* P3G

<i>Front OD Contour</i>	<i>Front Face Contour</i>	
<i>Feature</i>	<i>Feature</i>	<i>Contouring</i>
(<i>Roughing</i> dan <i>Finishing</i>)	(<i>Roughing</i> dan <i>Finishing</i>)	(<i>Profil Contouring</i>)

N1 (OD ROUGH) G53.5 G0 G90 G53 X0. Y0. G0 G90 G53 Z0. T0101 (OD CNMG) G123.1	N3 (OD ROUGH) G53.5 G0 G90 G53 X0. Y0. G0 G90 G53 Z0. T0101 (OD CNMG) G123.1	N0 T1 M06 (endmill 14) (SolidMill - Contouring) S3000 M03 G54 G90 G00 X23.96 Y13.874 G00 G43 H1 Z5. G01 G94 Z0. F500. G01 X19.45 Y21.663 F5000. G03 G17 X16.171 Y9.364 I4.51 J-7.789 G01 X16.384 Y8.989 Z-0.011 F500. G01 X16.59 Y8.611 Z-0.021 G01 X16.79 Y8.228 Z-0.032 G01 X16.982 Y7.843 Z-0.042
N2 (OD FINISHING) G53.5 G0 G90 G53 X0. Y0. G0 G90 G53 Z0. T0303 (OD VNMG) G123.1	N4 (OD FINISHING) G53.5 G0 G90 G53 X0. Y0. G0 G90 G53 Z0. T0303 (OD VNMG) G123.1	

Tabel 3.7 NC Code P4C

<i>Front OD Contour</i>	<i>Front Face</i>	
<i>Feature</i>	<i>Contour Feature</i>	<i>Contouring</i>
<i>(Roughing dan Finishing)</i>	<i>(Roughing dan Finishing)</i>	<i>(Profil Contouring)</i>
N1 (OD ROUGH) G53.5 G0 G90 G53 X0. Y0. G0 G90 G53 Z0. T0101 (OD CNMG) G123.1	N3 (OD ROUGH) G53.5 G0 G90 G53 X0. Y0. G0 G90 G53 Z0. T0101 (OD CNMG) G123.1	N10 T1 M06 (endmill 14) (SolidMill - Contouring) S3000 M03 G54 G90 G00 X26.481 Y-1.006 G00 G43 H1 Z5. M08 G01 G94 Z0. F500. G01 X26.822 Y7.988 F5000. G03 G17 X17.487 Y-0.664 I-0.341 J-8.994 G02 X16.881 Y-8.417 Z-0.196 I-96.98 J3.683 F500. G02 X15.491 Y-11.844 Z-0.291 I-6.951 J0.824 G02 X11.248 Y-15.929 Z-0.44 I-15.491 J11.844 G02 X7.771 Y-17.188 Z-0.535 I-4.038 J5.718 G02 X-7.771 Y-17.188 Z-0.928 I-7.771 J96.738
N2 (OD FINISHING) G53.5 G0 G90 G53 X0. Y0. G0 G90 G53 Z0. T0303 (OD VNMG) G123.1	N4 (OD FINISHING) G53.5 G0 G90 G53 X0. Y0. G0 G90 G53 Z0. T0303 (OD VNMG) G123.1	

3.5 Post Production

3.5.1 Pengukuran Coordinate Measurement Machine

Coordinate Measurement Machine (Mesin Pengukur Koordinat) adalah sebuah alat ukur multifungsi berkecepatan tinggi yang mampu menghasilkan

tingkat akurasi yang tinggi dan efisiensi yang tinggi. Prinsip kerja yang paling utama dari adalah kontak langsung antara probe dengan objek ukur.

Beberapa keunggulan , antara lain:

- Memiliki tingkat presisi yang tinggi
- Mampu menentukan koordinat manapun dari benda kerja
- Hasil pengukuran diolah dengan cepat.
- memiliki beberapa metode, diantaranya menggunakan metode *probe* dan metode *scanning*.

Dalam penelitian ini pengukuran menggunakan metode *scanning* dan juga dibantu dengan *software polyworks* untuk mengolah hasil *scanning*. Gambar 3.8 dan gambar 3.9 merupakan proses penggunaan *Coordinate Measurement Machine hexagon arm* dengan metode *3D scanning*.

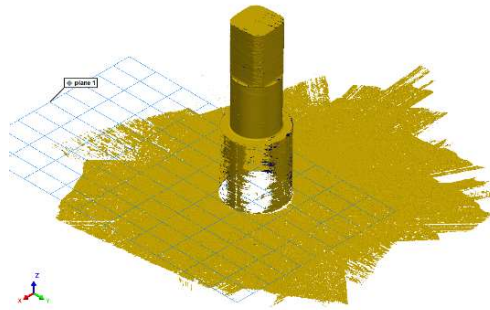


Gambar 3.8 Proses *Scanning*

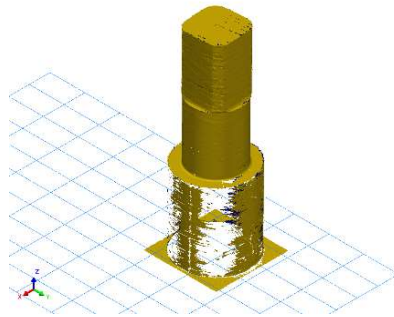


Gambar 3.9 Proses *Scanning*

Hasil dari *3D scanning* pada *polyworks* menunjukkan ketidakrapian di area *base plane* selain objek pengukuran. Gambar 3.11 menunjukkan hasil *scanning* setelah dilakukan penghapusan area *base plane* yang bukan objek pengukuran. Tujuan penghapusan area *base plane* hanya untuk merapikan area *base plane* saja tanpa tujuan lainnya.



Gambar 3.10 Hasil *Scanning*



Gambar 3.11 Hasil *Scanning*

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 *Pra-Production*

4.1.1 *3D Modelling dan CAM Simulasi*

1. *Modelling P3G*

Dimulai dengan *3D modelling* menggunakan *software solidworks* sesuai dengan standar DIN 32711 dengan dimensi sebagai berikut:

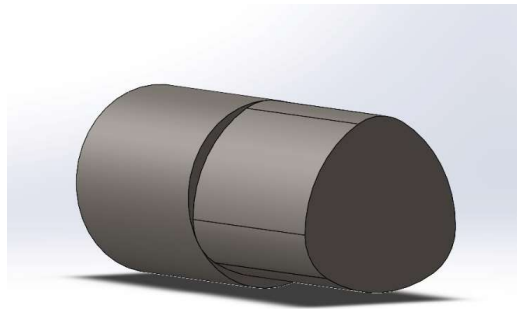
Diameter dalam (d1) : 25 mm

Eksentrik (e) : 0.8 mm

Diameter luar (d2) : 26.6 mm

Toleransi : 0.2 mm

Gambar 4.1 dibawah merupakan hasil dari pemodelan *CAD P3G* yang dilakukan menggunakan *software solidworks*.



Gambar 4.1 *Modelling P3G*

Setelah pemodelan *CAD* selesai dilakukan maka selanjutnya adalah *CAM* simulasi. Dalam proses *CAM* analisis proses penentuan parameter pemesinan serta penentuan *tools* yang nantinya digunakan dalam proses *machining* adalah hal yang paling utama dengan memperhatikan kemampuan mesin tentunya. Terdapat 2 proses dalam proses *machining*, yaitu proses *Turning* dan *Milling*. *Tools* yang digunakan harus disesuaikan dengan proses pemesinannya, *holder* yang terpasang pada mesin, serta penentuan parameter pemesinan harus sesuai dengan kemampuan mesin dan *tools* yang digunakan. Tabel 4.1 dan tabel 4.2 Merupakan parameter pemesinan dan *tools* yang digunakan pada proses *CAM* simulasi yang dilakukan menggunakan software *CAM Esprit*.

Tabel 4.1 Parameter *Turning* P3G Proses

<i>Parameters</i>	<i>Turning Machining Process</i>	
	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>
<i>Cutting tool</i>	CNMG 432-PM	DNMG 441-PF-4425
<i>Spindle Speed</i>	2500 RPM	3000 RPM
<i>Cutting Speed</i>	275 mm/min	330 mm/min
<i>Feedrate</i>	0.3 mm/rev	0.15 mm/rev
<i>Maximum Depth of Cut</i>	0.5 mm	0.1 mm

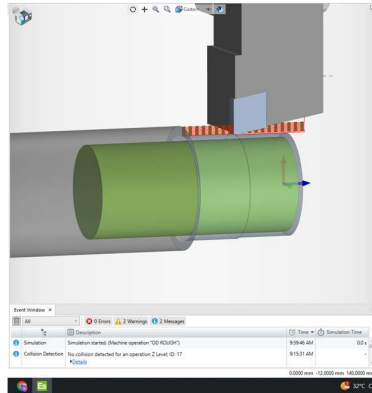
Tabel 4.2 Parameter P3G *Milling* Proses

<i>Cutting tool</i>	1P341-1400-XA 1620
<i>Tool diameter</i>	14 mm
<i>Cutting Length</i>	80 mm
<i>Number of Fluet</i>	4
<i>Tool Length</i>	110 mm
<i>Spindle Speed</i>	3000 RPM
<i>Cutting Speed</i>	138 mm/min
<i>Feedrate</i>	0.15 mm/rev
<i>Incremental Depth</i>	0.75 mm

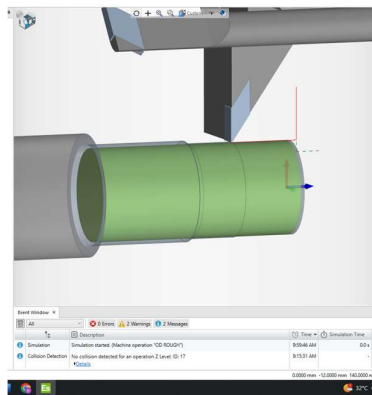
2. CAM Processing

- Front Outside Diameter

Proses *front outside diameter (OD) contour for Roughing dan Finishing*. Proses ini adalah proses penyesuaian diameter luar *stock material* dengan benda kerja melalui proses pembubutan. Gambar 4.2 dan gambar 4.3 merupakan simulasi *outside diameter (OD) contour* proses *Roughing* dan proses *Finishing* pada *software CAM Esprit*.



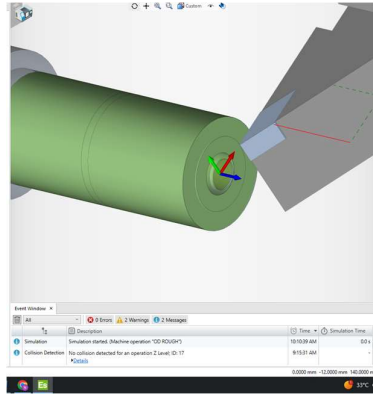
Gambar 4.2 Front OD Contour Roughing P3G



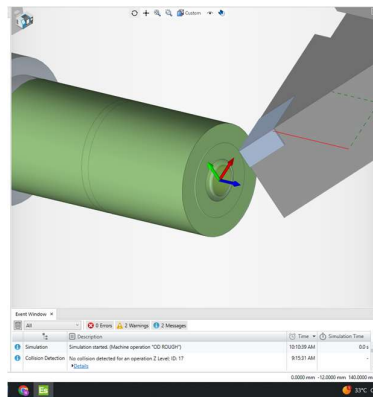
Gambar 4.3 Front OD Contour Finishing P3G

- Front Face Contour

Proses *front face contour* atau pemakanan area muka benda kerja. Proses ini dilakukan dengan tujuan mengurangi dimensi area muka pada *raw material* menjadi dimensi yang sebenarnya serta merapikan area muka dari *raw material* atau sisa pemakanan yang dilakukan sebelumnya. Gambar 4.4 dan gambar 4.5 merupakan simulasi *front face diameter* proses *Roughing* dan proses *Finishing* pada *software CAM Esprit*.



Gambar 4.4 *Front Face Roughing P3G*



Gambar 4.5 *Front Face Finishing P3G*

- *Profiling Contouring Milling Horizontal*

Berdasarkan *operation symbols* (gambar 4.6) dibawah dijelaskan berbagai macam *toolpath strategy* yang biasa dipakai di CAM simulasi dan dijelaskan pada *operation symbols* (gambar 4.7) pahat *end mill* bisa digunakan di beberapa operasi pemesinan diantaranya, *shoulder milling*, *face milling*, *slot milling*, dan lainnya. Dalam pemesinan *profiling* operasi pemesinan yang digunakan adalah *shoulder milling* dan sudah sesuai dengan kemampuan pahat *end mill*.

Operation symbols

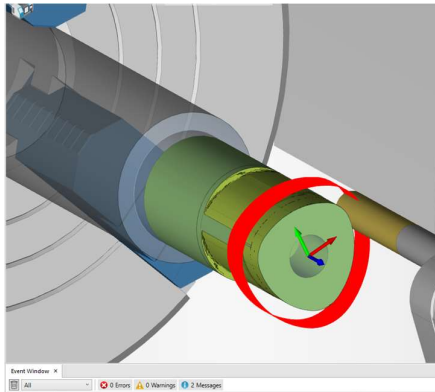
Shoulder milling 	Edging applications 	Pocket milling 	Slot milling 	Plunge milling 	Ramping
Face milling 	Profile milling 	Thread milling 	Helical interpolation 	Chamfering inside 	Chamfering outside

Gambar 4.6 *Operation Symbols*



Gambar 4.7 *Operation Symbol End Mill*

Gambar 4.8 simulasi *profiling contouring milling horizontal* P3G menggunakan Esprit CAM.















Gambar 4.8 Simulasi *Profiling Contouring Milling Horizontal* P3G

- *Profiling Contouring Milling Vertical*

Berdasarkan *operation symbols* (gambar 4.9) dibawah dijelaskan berbagai macam *toolpath strategy* yang biasa dipakai di *CAM* simulasi dan dijelaskan pada *operation symbols* (gambar 4.10) pahat *end mill* bisa digunakan di beberapa operasi pemesinan diantaranya, *shoulder milling*, *face milling*, *slot milling*, dan lainnya. Dalam pemesinan *profiling* operasi pemesinan yang digunakan adalah *shoulder milling* dan sudah sesuai dengan kemampuan pahat *end mill*.

Operation symbols

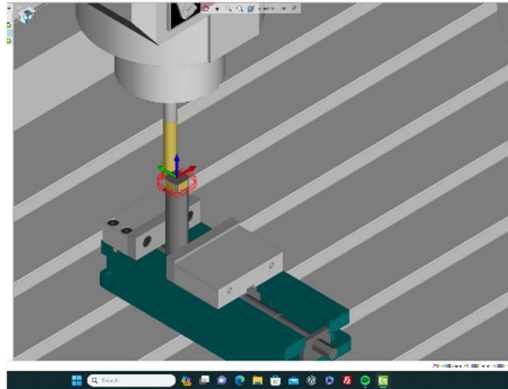
Shoulder milling 	Edging applications 	Pocket milling 	Slot milling 	Plunge milling 	Ramping 
Face milling 	Profile milling 	Thread milling 	Helical interpolation 	Chamfering inside 	Chamfering outside 

Gambar 4.9 *Operation Symbols*

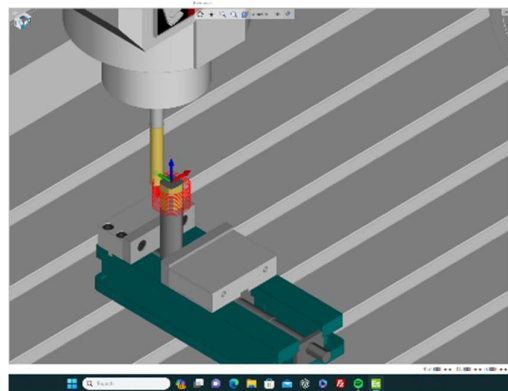


Gambar 4.10 *Operation Symbol End Mill*

Gambar 4.11 dan gambar 4.12 merupakan CAM Simulasi pemesinan *Profiling Contouring Milling Vertical* menggunakan *CAM Esprit* dengan 2 kali pemakanan (*Rough Passes*) dengan jarak 0,2 mm serta *Depth of Cut (Increment Depth)* dengan nilai 0,75 mm.



Gambar 4.11 Simulasi *Profiling Contouring Rough Passes 1*



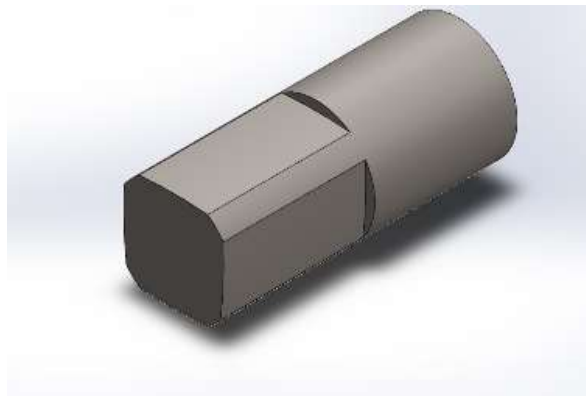
Gambar 4.12 Simulasi *Profiling Contouring Rough Passes 2*

3. *Modelling P4C*

Dimulai dengan *3D modelling* menggunakan software *solidworks* sesuai dengan standar DIN 32712 dengan dimensi sebagai berikut:

Diameter dalam (d1) : 21 mm
Eksentrik (e) : 5 mm
Diameter luar (d2) : 25 mm
Toleransi : 0.2 mm

Gambar 4.13 dibawah merupakan hasil dari pemodelan *CAD P4C* yang dilakukan menggunakan software *solidworks*.



Gambar 4.13 *Modelling P4C*

Setelah pemodelan *CAD* selesai dilakukan maka selanjutnya adalah *CAM* simulasi. Dalam proses *CAM* analisis proses penentuan parameter pemesinan serta penentuan *tools* yang nantinya digunakan dalam proses *machining* adalah hal yang paling utama dengan memperhatikan kemampuan mesin tentunya. Terdapat 2 proses dalam proses *machining*, yaitu proses *Turning* dan *Milling*. *Tools* yang digunakan harus disesuaikan dengan proses pemesinannya, *holder* yang terpasang pada mesin, serta penentuan parameter pemesinan harus sesuai dengan kemampuan mesin dan *tools* yang digunakan. Tabel 4.3 dan tabel 4.4 Merupakan parameter pemesinan dan *tools* yang digunakan pada proses *CAM* simulasi yang dilakukan menggunakan software *CAM Esprit*.

Tabel 4.3 Parameter *Turning P4C* Proses

<i>Parameters</i>	<i>Turning Machining Process</i>	
	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>
<i>Cutting tool</i>	CNMG 432-PM	DNMG 441-PF-4425

<i>Spindle Speed</i>	2500 RPM	3000 RPM
<i>Cutting Speed</i>	275 mm/min	330 mm/min
<i>Feedrate</i>	0.3 mm/rev	0.15 mm/rev
<i>Maximum Depth of Cut</i>	0.5 mm	0.1 mm

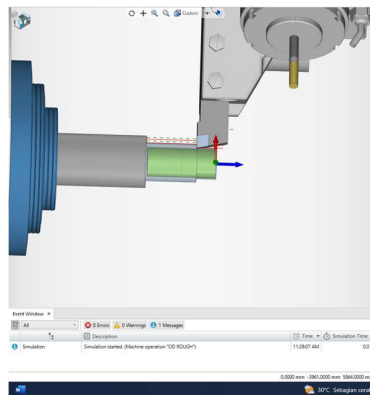
Tabel 4.4 Parameter *Milling P4C* Proses

<i>Cutting tool</i>	1P341-1400-XA 1620
<i>Tool diameter</i>	14 mm
<i>Cutting Length</i>	80 mm
<i>Number of Fluet</i>	4
<i>Tool Length</i>	110 mm
<i>Spindle Speed</i>	3000 RPM
<i>Cutting Speed</i>	138 mm/min
<i>Feedrate</i>	0.15 mm/rev
<i>Incremental Depth</i>	0.75 mm

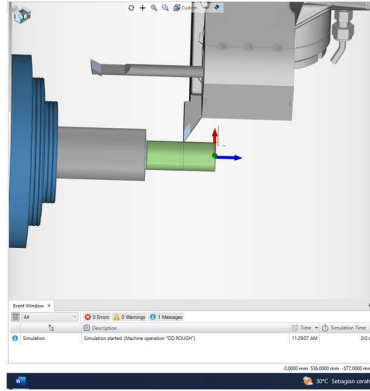
4. CAM Processing

- *Front Outside Diameter*

Proses *front outside diameter (OD) contour for Roughing dan Finishing*. Proses ini adalah proses penyesuaian diameter luar *raw/stock material* dengan benda kerja melalui proses pembubutan. Gambar 4.14 dan gambar 4.15 merupakan simulasi *outside diameter (OD) contour* proses *Roughing* dan proses *Finishing* pada *software CAM Esprit*.



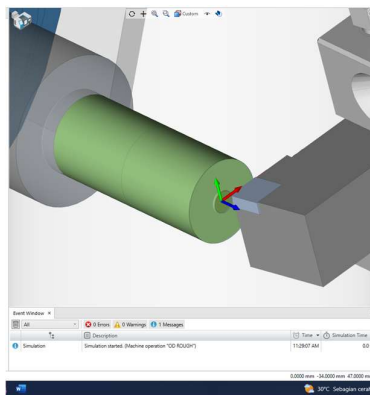
Gambar 4.14 *Front OD Contour Roughing P4C*



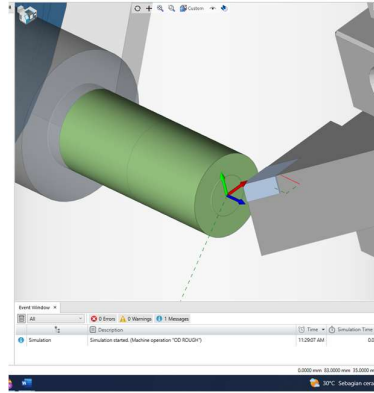
Gambar 4.15 *Front OD Contour Finishing P4C*

- *Front Face Contour*

Front face contour atau pemakanan area muka benda kerja. Proses ini dilakukan dengan tujuan mengurangi dimensi area muka pada *raw/stock material* menjadi dimensi yang sebenarnya serta merapikan area muka dari *raw/stock material* atau sisa pemakanan yang dilakukan sebelumnya. Gambar 4.16 dan gambar 4.17 merupakan simulasi *front face diameter* proses *Roughing* dan proses *Finishing* pada software *CAM Esprit*.



Gambar 4.16 *Front Face Roughing P4C*



Gambar 4.17 *Front Face Finishing P4C*

- *Profiling Contouring Milling Horizontal*

Berdasarkan *operation symbols* (gambar 4.18) dibawah dijelaskan berbagai macam *toolpath strategy* yang biasa dipakai di *CAM* simulasi dan dijelaskan pada *operation symbols* (gambar 4.19) pahat *end mill* bisa digunakan di beberapa operasi pemesinan diantaranya, *shoulder milling*, *face milling*, *slot milling*, dan lainnya. Dalam pemesinan *profiling* operasi pemesinan yang digunakan adalah *shoulder milling* dan sudah sesuai dengan kemampuan pahat *end mill*.

Operation symbols

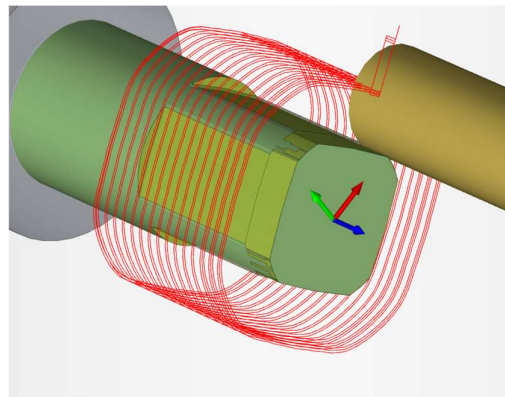
Shoulder milling 	Edging applications 	Pocket milling 	Slot milling 	Plunge milling 	Ramping
Face milling 	Profile milling 	Thread milling 	Helical interpolation 	Chamfering inside 	Chamfering outside

Gambar 4.18 *Operation Symbol*



Gambar 4.19 *Operation Symbol End Mill*

Gambar 4.20 simulasi *profiling contouring milling horizontal* P3G menggunakan Esprit CAM.



Gambar 4.20 Simulasi *Profiling Contouring Milling Horizontal* P4C

- *Profiling Contouring Milling Vertical*

Berdasarkan *operation symbols* (gambar 4.21) dibawah dijelaskan berbagai macam *toolpath strategy* yang biasa dipakai di *CAM* simulasi dan dijelaskan pada *operation symbols* (gambar 4.22) pahat *end mill* bisa digunakan di beberapa operasi pemesinan diantaranya, *shoulder milling*, *face milling*, *slot milling*, dan lainnya. Dalam pemesinan *profiling* operasi pemesinan yang digunakan adalah *shoulder milling* dan sudah sesuai dengan kemampuan pahat *end mill*.

Operation symbols

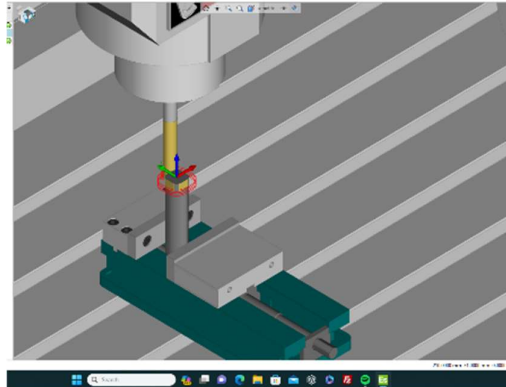
Shoulder milling 	Edging applications 	Pocket milling 	Slot milling 	Plunge milling 	Ramping
Face milling 	Profile milling 	Thread milling 	Helical interpolation 	Chamfering inside 	Chamfering outside

Gambar 4.21 *Operation Symbol*

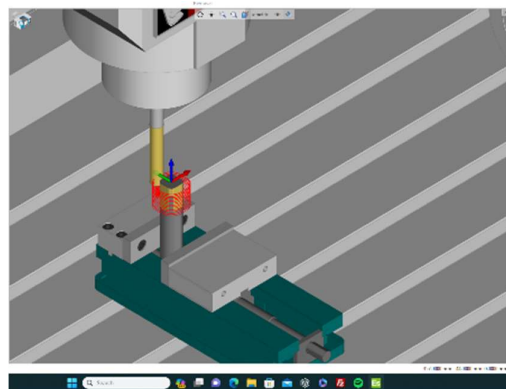


Gambar 4.22 *Operation Symbol End Mill*

Gambar 4.23 dan gambar 4.24 merupakan *CAM* Simulasi pemesinan *Profiling Contouring Milling Vertical* menggunakan *CAM Esprit* dengan 2 kali pemakanan (*Rough Passes*) dengan jarak 0,2 mm serta *Depth of Cut (Increment Depth)* dengan nilai 0,75 mm.



Gambar 4.23 Simulasi *Profiling Contouring Rough Passes 1*



Gambar 4.24 Simulasi *Profiling Contouring Rough Passes 2*

4.2 Machining Production

Setelah proses penentuan parameter pemesinan dan *CAM* simulasi selesai dilakukan, maka dihasilkan *NC-Code* yang nantinya digunakan pada proses *machining* ini. Tabel 4.5 dan table 4.6 merupakan potongan *NC Code* yang didapat setelah proses *CAM* simulasi selesai dilakukan sebelum dilakukannya proses *CNC*.

- Generate *NC Code*

Tabel 4.5 Potongan *NC Code P3G Profiling*

<i>Front OD Contour</i>	<i>Front Face Contour</i>	<i>Contouring</i>
<i>Feature</i>	<i>Feature</i>	<i>(Profil Contouring)</i>

<i>(Roughing dan Finishing)</i>	<i>(Roughing dan Finishing)</i>	
N1 (OD ROUGH) G53.5 G0 G90 G53 X0. Y0 G0 G90 G53 Z0. T0101 (OD CNMG) G123.1	N3 (OD ROUGH) G53.5 G0 G90 G53 X0. Y0 G0 G90 G53 Z0. T0101 (OD CNMG) G123.1	N0 T1 M06 (endmill 14) (SolidMill - Contouring) S3000 M03 G54 G90 G00 X23.96 Y13.874 G00 G43 H1 Z5. G01 G94 Z0. F500. G01 X19.45 Y21.663 F5000. G03 G17 X16.171 Y9.364 I4.51 J-7 G01 X16.384 Y8.989 Z-0.011 F500. G01 X16.59 Y8.611 Z-0.021 G01 X16.79 Y8.228 Z-0.032 G01 X16.982 Y7.843 Z-0.042
N2 (OD FINISHING) G53.5 G0 G90 G53 X0. Y0 G0 G90 G53 Z0. T0303 (OD VNMG) G123.1	N4 (OD FINISHING) G53.5 G0 G90 G53 X0. Y0 G0 G90 G53 Z0. T0303 (OD VNMG) G123.1	

Tabel 4.6 Potongan NC Code P4C Profiling

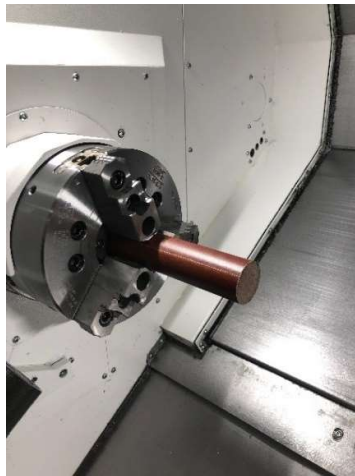
<i>Front OD Contour Feature (Roughing dan Finishing)</i>	<i>Front Face Contour Feature (Roughing dan Finishing)</i>	<i>Contouring (Profil Contouring)</i>
N1 (OD ROUGH) G53.5 G0 G90 G53 X0. Y G0 G90 G53 Z0. T0101 (OD CNMG) G123.1	N3 (OD ROUGH) G53.5 G0 G90 G53 X0. Y G0 G90 G53 Z0. T0101 (OD CNMG) G123.1	N10 T1 M06 (endmill 14) (SolidMill - Contouring) S3000 M03 G54 G90 G00 X26.481 Y-1.006 G00 G43 H1 Z5. M08 G01 G94 Z0. F500. G01 X26.822 Y7.988 F5000. G03 G17 X17.487 Y-0.664 I-0.341 J-8.994 G02 X16.881 Y-8.417 Z-0.196 I-96.98 J3. G02 X15.491 Y-11.844 Z-0.291 I-6.951 J0 G02 X11.248 Y-15.929 Z-0.44 I-15.491 J1 G02 X7.771 Y-17.188 Z-0.535 I-4.038 J5. G02 X-7.771 Y-17.188 Z-0.928 I-7.771 J9
N2 (OD FINISHING) G53.5 G0 G90 G53 X0. Y G0 G90 G53 Z0. T0303 (OD VNMG) G123.1	N4 (OD FINISHING) G53.5 G0 G90 G53 X0. Y G0 G90 G53 Z0. T0303 (OD VNMG) G123.1	

- *Machining*

Setelah *NC Code* didapat setelah proses penentuan parameter pemesinan dan *CAM* Simulasi, Langkah selanjutnya adalah *machining* menggunakan mesin Mazak QTE-200 MY SG (*Turning process*) dan Hass VF9 (*Milling process*). Gambar 4.25 merupakan mesin yang digunakan pada proses *turning* yaitu Mazak QTE 200-MY SG serta gambar 4.26 yaitu raw material yang sudah berada di *chuck material* mesin *CNC*.



Gambar 4.25 Mesin *CNC Turnmill*



Gambar 4.26 *Raw Material* pada *chuck*

Proses yang ada didalam *Machining* menggunakan mesin *CNC Turning* Mazak antara lain, proses *roughing* dan *finishing*. Gambar 4.27 merupakan hasil proses *roughing* yang sudah selesai dilakukan. Proses *Roughing* merupakan proses pengurangan dimensi diameter *raw/stock material* menjadi dimensi yang sesuai.

Serta gambar 4.28 merupakan hasil proses *finishing* yang sudah selesai dilakukan. Proses *finishing* merupakan proses penghalusan hasil *Machining Roughing* agar memperoleh dimensi yang sesuai dan presisi.



Gambar 4.27 Hasil *Roughing*



Gambar 4.28 Hasil *Finishing*

Gambar 4.29 merupakan hasil akhir dari proses *Roughing* dan proses *Finishing* menggunakan mesin Mazak QTE 200-MY SG (*Turning*). *Raw/stock material* tersebut telah selesai memperoleh dimensi yang diinginkan dan presisi sesuai desain *CAD* yang dibuat.



Gambar 4.29 Hasil Akhir *Turning Machining*

Setelah selesai melakukan *machining* menggunakan mesin *CNC Turning*, langkah selanjutnya adalah *profiling contouring milling horizontal dan vertical* menggunakan mesin *CNC Hass VF9* dan *Mazak QTE 200-MY SG*. Gambar 4.30 dan 4.31 merupakan hasil dari proses pemesinan *P3G* dan *P4C milling horizontal* menggunakan mesin *Mazak QTE 200-MY SG*.



Gambar 4.30 Hasil *Profiling Contouring Milling Horizontal P4C*



Gambar 4.31 Hasil *Profiling Contouring Milling Horizontal P3G*

Gambar 4.32 merupakan mesin yang digunakan pada proses *Milling* yaitu Hass VF-9. Serta gambar 4.33 merupakan *raw/stock material* hasil dari proses *Turning* pada posisi *chuck material* mesin *milling* tersebut.



Gambar 4.32 Mesin *CNC Milling*



Gambar 4.33 Penempatan Material di *Chuck*

Gambar 4.34 merupakan proses pemesinan dilakukan menggunakan pahat *end mill* 14mm serta gambar 4.35 merupakan hasil dari proses *milling profiling* P3G dan P4C sesuai dengan desain *CAD*.



Gambar 4.34 *Profiling Finishing*



Gambar 4.35 Hasil Akhir P3G dan P4C

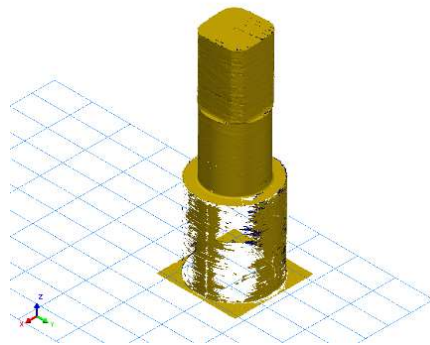
Setelah dilakukannya proses pemesinan *profiling* menggunakan 2 mesin yaitu Mazak QTE 200-MY SG dan Hass VF-9 maka didapatkan hasil dari proses tersebut, yaitu secara visual hasil pemesinan menggunakan mesin Mazak QTE 200-MY SG yang dilakukan sebanyak 10x percobaan dengan input parameter *CAM* simulasi yang sama setiap prosesnya terjadi perbedaan dimensi yang mengecil dari desain *CAD* yang telah dibuat sebelumnya. Jadi secara garis besar proses penelitian ini dilakukan berulang pada proses pemesinan menggunakan mesin *CNC* Mazak QTE 200-MY SG dan pada proses pemesinan menggunakan mesin *CNC* Hass VF-9 dilakukan hanya sekali percobaan karena secara visual hasil dari proses tersebut tidak mengalami pengecilan dimensi sama seperti yang terjadi pada proses pemesinan menggunakan mesin *CNC* Mazak QTE 200-MY SG. Oleh karena itu, proses pemesinan dilakukan menggunakan 2 mesin yang berbeda sehingga menghasilkan model P3G dan P4C yang sesuai dengan dimensi standar DIN. Langkah selanjutnya adalah evaluasi dari proses pemesinan model P3G dan P4C menggunakan *coordinate measurement machine* dengan metode *3D scanning*.

4.3 Post-Production

4.3.1 Coordinate Measurement Machine

1. Polyworks Modeller

Modeller adalah proses modelling hasil *scanning*. Tujuan dilakukannya proses ini adalah untuk merapikan hasil objek *scanning*, menghaluskan permukaan objek *scanning*, serta menghilangkan objek *scanning* yang mengganggu. Gambar 4.36 merupakan hasil *scanning* yang telah dilakukan proses penghapusan *base* yang mengganggu, menghalusan permukaan, serta perapian objek *scanning* menggunakan *software polyworks*.

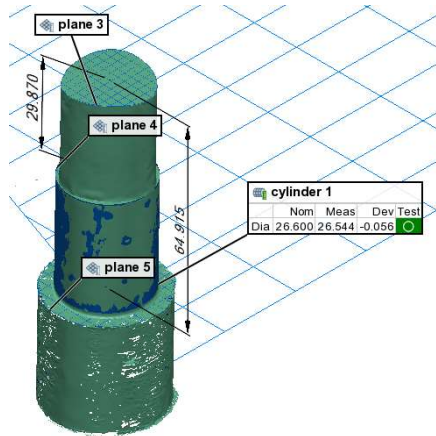


Gambar 4.36 Hasil *Scanning*

2. Polyworks Inspector

Inspector adalah proses pengukuran dimensi objek *scanning*, tujuan utama dilakukan *scanning* menggunakan adalah untuk melakukan pengukuran dimensi. Gambar 4.37 merupakan hasil pengukuran objek *scanning* P3G menggunakan fitur *Polyworks Inspector*.

Berikut hasil pengukuran dimensi objek *scanning* :



Gambar 4.37 Hasil *Inspector* P3G

Tabel 4.7 merupakan dimensi yang didapat dari pengukuran *Modelling* P3G menggunakan *Coordinate Measurement Machine* menggunakan metode *scanning*.

Tabel 4.7 Hasil *Inspector* P3G

Name	Nominal	Measure	Tolerance	Deviation	Test	Out Tolerance
<i>Cylinder 1</i>	26.6	26.554	+/- 0.2	-0.056	Pass	
<i>Distance 1</i>	29.9	29.87	+/- 0.2	-0.030	Pass	
<i>Distance 2</i>	65.00	64.915	+/- 0.2	-0.085	Pass	

Tabel diatas merupakan hasil pengukuran dimensi P3G dengan keterangan, sebagai berikut:

1. *Cylinder 1* merupakan dimensi *base*

Tidak ada kegagalan dalam dimensi ini, hasil pengukuran menggunakan *scanning* menghasilkan dimensi sesuai dengan desain *CAD*.

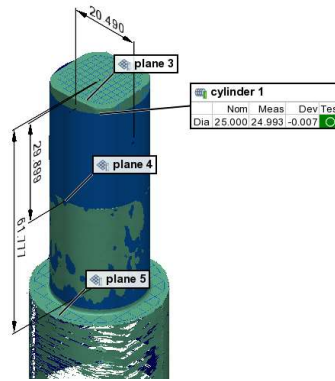
2. *Distance 2* merupakan Panjang total dari *modelling*

Tidak ada kegagalan dalam dimensi ini, hasil pengukuran menggunakan *scanning* menghasilkan dimensi sesuai dengan desain *CAD*.

3. *Distance 1* merupakan Panjang *profile modelling* P4C

Tidak ada kegagalan dalam dimensi ini, hasil pengukuran menggunakan *scanning* menghasilkan dimensi sesuai dengan desain *CAD*.

Gambar 4.38 merupakan hasil pengukuran objek *scanning* P4C menggunakan fitur *Polyworks Inspector*.



Gambar 4.38 Hasil *Inspector* P4C

Tabel 4.8 merupakan dimensi yang didapat dari pengukuran *Modelling* P4C menggunakan *Coordinate Measurement Machine* menggunakan metode *scanning*.

Tabel 4.8 Hasil *Inspector* P4C

Name	Nominal	Measure	Tolerance	Deviation	Test	Out Tolerance
<i>Cylinder 1</i>	25.00	24.993	+/- 0.2	-0.007	Pass	
<i>Distance 1</i>	61.8	61.777	+/- 0.2	-0.023	Pass	
<i>Distance 2</i>	30.00	29.899	+/- 0.2	-0.101	Pass	
<i>Distance 3</i>	21.00	20.490	+/- 0.2	-0.510	Fail	-0.310

Tabel diatas merupakan hasil pengukuran dimensi P4C dengan keterangan, sebagai berikut:

1. *Cylinder 1* merupakan dimensi *base*

Tidak ada kegagalan dalam dimensi ini, hasil pengukuran menggunakan *scanning* menghasilkan dimensi sesuai dengan desain *CAD*.

2. *Distance 1* merupakan Panjang total dari *modelling*

Tidak ada kegagalan dalam dimensi ini, hasil pengukuran menggunakan *scanning* menghasilkan dimensi sesuai dengan desain *CAD*.

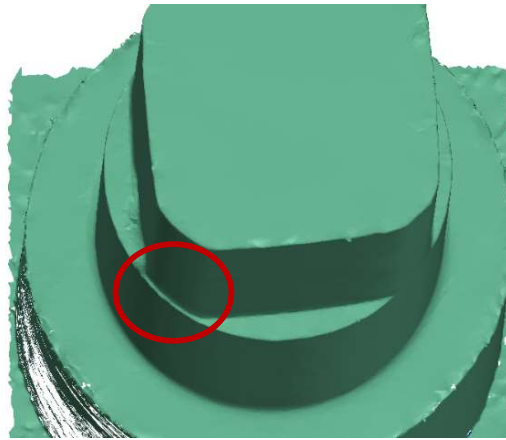
3. *Distance 2* merupakan Panjang *profile modelling* P4C

Tidak ada kegagalan dalam dimensi ini, hasil pengukuran menggunakan *scanning* menghasilkan dimensi sesuai dengan desain *CAD*.

4. *Distance 3* merupakan jarak diameter profil

Terjadi kegagalan dalam dimensi ini, hasil pengukuran menggunakan *scanning* menghasilkan dimensi yang tidak sesuai dengan desain *CAD*. Hal ini dikarenakan selisih dalam hasil *machining*.

Gambar 4.39 adalah bukti *scanning* dari kegagalan yang terjadi di *modelling* P4C. Kegagalan dimensi yang terjadi hanya 1 sisi dari 4 sisi pada *modelling* P4C, asumsi kegagalan ini terjadi disebabkan oleh perbedaan *setting origin* (titik nol) mesin karena menggunakan 2 mesin berbeda. Melihat dari hasil *scanning* pada P4C yang mengalami pengecilan dimensi hal tersebut bisa dicegah dengan melakukan percobaan berulang menggunakan mesin *CNC* Hass VF-9 karena dalam penelitian ini penggunaan mesin *CNC* Hass VF-9 hanya dilakukan sekali proses pemesinan.



Gambar 4.39 Kegagalan *Machining* P4C

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan, produksi, dan pengukuran yang diperoleh dari penelitian ini maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan memperhatikan standar dimensi sesuai DIN maka pemodelan *CAD* model poros profil poligon dilakukan dengan mudah menggunakan *software solidworks*, serta pada proses *CAM* simulasi harus memperhatikan parameter-parameter pemesinan. Penentuan parameter-parameter pemesinan tersebut harus memperhatikan mesin yang digunakan, material yang digunakan, dan juga *tools* yang digunakan dari hal tersebut akan berpengaruh pada *tools life* dan ketahanan mesin yang digunakan,
2. Fenomena yang ditemukan dalam proses pemesinan yaitu hasil dari pemesinan menghasilkan dimensi yang mengecil terjadi ketika melakukan *profiling contouring milling horizontal* menggunakan Mazak QTE 200-MYG SG sehingga diputuskan untuk memecah proses serta menggunakan 2 mesin berbeda untuk proses *turning* dan *milling vertical*,
3. Hasil *machining* menjadi fokus utama dalam penelitian ini, melalui pengukuran (*CMM*) dengan metode *3D scanning* kegagalan dimensi yang terjadi dalam *machining* bisa terlihat dengan jelas. Dalam penelitian ini kegagalan dimensi terjadi pada hasil *machining* P4C dengan asumsi terjadi disebabkan oleh perbedaan *setting origin* (titik nol) mesin karena menggunakan 2 mesin berbeda.

5.2 Saran untuk Penelitian Selanjutnya

Penulis menyadari bahwa penelitian yang dilakukan masih sangat membutuhkan dilakukan pengembangan, berikut saran dari penulis yang dapat membantu dalam pengembangan penelitian ini selanjutnya.

1. Penelitian selanjutnya agar bisa dilakukan menggunakan material yang sama dengan untuk poros profil poligon sebenarnya, dengan harapan bisa lebih memperhatikan parameter-parameter pemesinan dan juga strategi pemesinan.
2. Lebih bisa mengoptimalkan penggunaan mesin *CNC* Mazak *Turning* dan *Milling* di dalam satu mesin tanpa menggunakan mesin lainnya.

3. Kegagalan yang terjadi pada proses pemesinan P4C bisa dicegah dengan melakukan pengulangan percobaan atau penggunaan *jig* pada proses pemesinan jika masih menggunakan 2 mesin yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, E., M. O. (2014). Peluang Budidaya Iles-Iles (*Amorphophallus* spp.) sebagai Tanaman Sela di Perkebunan Karet. *Warta Perkaratan*, 33(1): 35-46.
- Aprilia, V. A. (2017). Carboxymethylation of Glucomannan from Porang Tuber (*Amorphophallus oncophyllus*) and the Physicochemical Properties of the Product. *Pakistan Journal of Nutrition*, 16(11): 835-842.
- Aziz, M. (2022). Optimalisasi Parameter Mesin CNC Milling 3 Axis terhadap Waktu Produksi dengan Menggunakan Response Surface Methodology. *Formosa Journal of Applied Sciences (FJAS)*, 293-304.
- Bastas, A. (2020). Comparing the probing systems of coordinate measurement machine: scanning probe versus touch trigger-probe. *Mechanical Engineering Program, Middle East Technical University – Northern Cyprus*, 2.
- Chang, K. (2015). "Virtual Machining," in e-Design. *Elsevier*, 599-646.
- Dubovska, J. J. (2014). Implementation of CAD/CAM system CATIA V5 in simulation of CNC machining process. *Procedia Engineering, Elsevier*, 638-645.
- espritcam*. (2023, November 2). Retrieved from [espritcam.com](http://www.espritcam.com): <http://www.espritcam.com>
- Faridah, A. (2011). Potensi Tepung Porang Sebagai Pangan Fungsional dan Bahan Tambahan Makanan. *Prosiding Seminar Nasional Bosaris III 'Create For Survival'*. *UNESA*, 22-30.
- Furqon, N. Y. (2023). A CNC Turning Process Simulation for A Polygonal Shaft Using CAM Esprit software., (p. 1).
- G. Ozgunaltay, A. R. (2003). Effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of new tooth-coloured restoratives. *Journal of Oral Rehabilitation*, 218-224.
- Hocken, P. P. (2011). *Coordinate measuring machines and systems*. 2nd.
- Huang, B. L. (2010). Performance Analysis of Trilobe Equidistant Polygon Connection. *Journal of Zhejiang University, China*, 3, 039.
- Ingenieurwissenschaften, D. I. (2007). Fretting Fatigue of Shape Optimised Polygon-Shaft-Hub Connections . *von der Fakultät V – Verkehrs- und Maschinensysteme der Technischen Universität Berlin zur Erlangung des akademischen Grades*, 5-7.
- Ito, D. T. (2019). Measurement of form error of a probe tip ball for coordinate measuring machine (CMM) using a rotating reference sphere. *Department*

of Intelligent Robotics, Toyama Prefectural University, Imizu, Toyama 930-0398, Japan, 2.

- J. Sinke. (2003). Some Inspection Methods for Quality Control and In-service Inspection of GLARE. *Appl. Compos. Mater*, 277-291.
- Jambor, J. (2012). Quality of Production Process with CAD/CAM System Support. *DAAAM INTERNATIONAL SCIENTIFIC BOOK*.
- Karayel, D. (2009). Prediction and control of surface roughness in CNC lathe using artificial neural network. *journal of materials processing technology*, 3125-3137.
- Karbstein, H. (1994). Untersuchungen zum Herstellen und Stabilisieren von Öl-in-Wasser-Emulsion. *Universität Karlsruhe*.
- Karbstein, H. S. (1995). Development in the continuous mechanical production of oil-in-water macro-emulsions. *Chemical Engineer Process*, 205-211.
- Lu Baozhan, M. Y. (2001). Study of Milling Equidistant Profile Hole, on Numerically-Controlled Machine Tool. *Pro. International Conference on Mechanical Transmissions (ICMT 2001)*, 653-656.
- Lu, D. C. (2009). Simulation and Experiment of Milling Isometric Polygonal Profile based on NC Method. *School o Mechanical and Power Engineering*, 537.
- Majerik. (2011). Prismatic Milling Simulation Process and CNC Programming in the CAD/CAM System Catia V5r20. *Annals & Proceedings of DAAAM International*, 467-468.
- Mandiri, P. O. (2023, November 2). *Colloid Mill*. Retrieved from www.ptoremco.co.id: <http://www.ptoremco.co.id>
- Nurjito, A. A. (2015). Handout Permesinan Bubut. *Teknik Mesin : Universitas Negeri Yogyakarta*, 11.
- P3G and P4C, P. P. (2023, November 2). Standar DIN 32711 and Standar DIN 32712. Berlin, Beuth Verlag, Germany.
- Rahmi, N. (2021). PEMANFAATAN DAN PENGOLAHAN TEPUNG GLUKOMANNAN UMBI PORANG (*Amorphophallus muelleri*) SEBAGAI BAHAN PENGENYAL PRODUK OLAHAN BAKSO. *Jurna RIset Teknologi Industri*, 349.
- Ravi Bhatta, D. W. (2016). Experimental and Numerical Validation of DIN standard for polygonal shafts. *Department of Mechanical Engineering, Grand Valley State University*, 1-2.
- Ricky. (2023, November 2). *Computer Aided Manufacturing (CAM)*. Retrieved from <https://r1ck.wordpress.com/2009/11/23/computer-aided-manufacturing-cam>.

- Santoso, R. (2023). Formulasi & Evaluasi Mie Gluten-free Ekstrusi dengan Kemasan Biodegradable Menggunakan Tepung Porang, Mocaf, Garut. *Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Bhakti Kencana Bandung*, 78.
- Stark, J. (2005). Product lifecycle management: 21st century paradigm for product realisation. 2nd. *Springer Verlag*, 429-452.
- Valvo, L, R. L. (2012). CNC milling machine simulation in engineering education. *International Journal Online Engineering, Vol. 8, No.2*, 33-38.
- Wen-ruey Chang, I.-j. K. (2014). The role of surface roughness in the measurement of slipperiness. *{Liberty Mutual Research Center for Safety and Health, 71 Frankland Road, Hopkinton, MA 01748, USA, 1201*.
- Yudhayadi, T. R. (2016). OPTIMASI PARAMETER PERMESINAN TERHADAP WAKTU PROSES PADA PEMROGRAMAN CNC MILLING DENGAN BERBASIS CAD/CAM. *Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram*, 39.

LAMPIRAN

Turning Proses

```
(*****TOOL LIST *****)
(T01 | OD CNMG)
(T03 | OD DNMG)
(*****)

G18 G21 G40 G80 G97 G99

G53.5
G0 G53 X0. Y0.
G0 G53 Z0.

N1 (OD ROUGH)
G53.5
G0 G90 G53 X0. Y0.
G0 G90 G53 Z0.
T0101 (OD CNMG)
M202
G50 S5000 R1
G97 S1252 R1 M4
Z15.
M8
X60. Y0.
G96 S236 R1
M248
Z1.
X51.
G18 G99
G72 W.25 R0.125
G72 P1000 Q2000 U.4 W.2 F.3
N1000 G0 Z0.
N2000 G1 X0.
G0 X60.
Z15.
G97
M9
G0 G90 G53 X0. Y0.
G0 G90 G53 Z0.
M1

N2 (OD FINISHING)
G53.5
G0 G90 G53 X0. Y0.
G0 G90 G53 Z0.
T0303 (OD DNMG)
M202
G97 S5000 R1 M4
Z10.
M8
X20. Y0.
G50 S5000 R1
G96 S330 R1
M248
Z15.2
X30.6
G1 G99 Z.2 F.15
X-10.4
Z15.2
G0 X60.
Z15.
G97
M9

N3 (OD ROUGH)
G53.5
G0 G90 G53 X0. Y0.
G0 G90 G53 Z0.
T0101 (OD CNMG)
M202
G97 S1252 R1 M4
Z15.
M8
X60. Y0.
G50 S5000 R1
G96 S236 R1
M248
Z6.
X41.
G18 G99
G71 U.25 R0.25
G71 P3000 Q4000 U.2 W.1 F.3
N3000 G0 X25.
N4000 G1 Z-60.
G0 X60.
Z15.
G97
M9
G0 G90 G53 X0. Y0.
G0 G90 G53 Z0.
M1

N4 (OD FINISHING)
G53.5
G0 G90 G53 X0. Y0.
G0 G90 G53 Z0.
T0303 (OD DNMG)
M202
G97 S5000 R1 M4
Z10.
M8
X20. Y0.
G50 S5000 R1
G96 S330 R1
M248
Z3.
X55.
G1 G99 X25. F.15
Z-60.
X55.
G0 X60.
Z15.
M5
G97
M9
G0 G90 G53 X0. Y0.
G0 G90 G53 Z0.

M30
%
```

G0 G90 G53 X0. Y0.
G0 G90 G53 Z0.
M1

Finishing Profiling Proses

Poligon Profil P3G

(***** TOOL LIST *****)
(T12 ENDMILL D8)
(*****)

G0 G17 G21 G40 G80 G90 G94
G91 G28 Z0.
G91 G28 X0. Y0.
M11
G91 G28 A0.
G90
M1

N1 (SOLIDMILL - CONTOURING)

G0 G91 G28 Z0.
G0 G17 G21 G40 G80 G90 G94
T12 M6 (ENDMILL D8)
S7003 M3
G54 G90
G0 X15.8394 Y10.2231 A0.
G43 H12 Z10.
Z2.
G1 Z-2. F2801.2
G41 X13.3 Y8.6258 D12
G2 X16.6561 Y-2.9853 I-18.5038 J-
11.6392
X10.9389 Y-12.9173 I-11.4599 J-
0.0147
X-10.9211 Y-12.9454 I-10.9543
J18.9173
X-16.6638 Y-3.0281 I5.7173 J9.932
X-5.7581 Y15.9173 I21.86 J0.0281
X5.7018 Y15.932 I5.7427 J-9.9173
X14.1016 Y7.2415 I-10.9056 J-
18.9454
G3 X18.1583 Y5.9994 I2.6494
J1.4073
G1 G40 X16.751 Y8.6488
X15.8394 Y10.2231
Z-4.
G41 X13.3 Y8.6258 D12
G2 X16.6561 Y-2.9853 I-18.5038 J-
11.6392
X10.9389 Y-12.9173 I-11.4599 J-
0.0147
X-10.9211 Y-12.9454 I-10.9543
J18.9173
X-16.6638 Y-3.0281 I5.7173 J9.932
X-5.7581 Y15.9173 I21.86 J0.0281
X5.7018 Y15.932 I5.7427 J-9.9173
X14.1016 Y7.2415 I-10.9056 J-
18.9454
G3 X18.1583 Y5.9994 I2.6494
J1.4073
G1 G40 X16.751 Y8.6488
X15.8394 Y10.2231
Z-6.

Poligon Profil P4C

(***** TOOL LIST *****)
(T1 EM D14)
(*****)

G0 G17 G21 G40 G80 G90 G94
G91 G28 Z0.
G91 G28 X0. Y0.
M11
G91 G28 A0.
G90
M1

N1 (SOLIDMILL - CONTOURING)

G0 G91 G28 Z0.
G0 G17 G21 G40 G80 G90 G94
T1 M6 (EM D6)
S3500 M3
G54 G90
G0 X-1.6483 Y22.2867 A0.
G43 H1 Z10.
Z2.
G1 Z-2. F2100.
G41 X-1.5999 Y19.2871 D1
G2 X6.3316 Y19.0979 I1.5999 J-
99.2871
X14.6 Y15.5091 I-0.848 J-13.2729
X15.5091 Y14.6 I-14.6 J-15.5091
X19.0979 Y6.3316 I-9.6841 J-9.1164
X19.0979 Y-6.3316 I-99.0979 J-
6.3316
X15.5091 Y-14.6 I-13.2729 J0.848
X14.6 Y-15.5091 I-15.5091 J14.6
X6.3316 Y-19.0979 I-9.1164 J9.6841
X-6.3316 Y-19.0979 I-6.3316
J99.0979
X-14.6 Y-15.5091 I0.848 J13.2729
X-15.5091 Y-14.6 I14.6 J15.5091
X-19.0979 Y-6.3316 I9.6841 J9.1164
X-19.0979 Y6.3316 I99.0979 J6.3316
X-15.5091 Y14.6 I13.2729 J-0.848
X-14.6 Y15.5091 I15.5091 J-14.6
X-6.3316 Y19.0979 I9.1164 J-9.6841
X1.5999 Y19.2871 I6.3316 J-99.0979
G1 G40 X1.6483 Y22.2867
X-1.6483
Z-4.
G41 X-1.5999 Y19.2871 D1
G2 X6.3316 Y19.0979 I1.5999 J-
99.2871
X14.6 Y15.5091 I-0.848 J-13.2729
X15.5091 Y14.6 I-14.6 J-15.5091
X19.0979 Y6.3316 I-9.6841 J-9.1164
X19.0979 Y-6.3316 I-99.0979 J-
6.3316
X15.5091 Y-14.6 I-13.2729 J0.848
X14.6 Y-15.5091 I-15.5091 J14.6

G41 X13.3 Y8.6258 D12
G2 X16.6561 Y-2.9853 I-18.5038 J-11.6392
X10.9389 Y-12.9173 I-11.4599 J-0.0147
X-10.9211 Y-12.9454 I-10.9543 J18.9173
X-16.6638 Y-3.0281 I5.7173 J9.932
X-5.7581 Y15.9173 I21.86 J0.0281
X5.7018 Y15.932 I5.7427 J-9.9173
X14.1016 Y7.2415 I-10.9056 J-18.9454
G3 X18.1583 Y5.9994 I2.6494 J1.4073
G1 G40 X16.751 Y8.6488
X15.8394 Y10.2231
Z-8.
G41 X13.3 Y8.6258 D12
G2 X16.6561 Y-2.9853 I-18.5038 J-11.6392
X10.9389 Y-12.9173 I-11.4599 J-0.0147
X-10.9211 Y-12.9454 I-10.9543 J18.9173
X-16.6638 Y-3.0281 I5.7173 J9.932
X-5.7581 Y15.9173 I21.86 J0.0281
X5.7018 Y15.932 I5.7427 J-9.9173
X14.1016 Y7.2415 I-10.9056 J-18.9454
G3 X18.1583 Y5.9994 I2.6494 J1.4073
G1 G40 X16.751 Y8.6488
X15.8394 Y10.2231
Z-10.
G41 X13.3 Y8.6258 D12
G2 X16.6561 Y-2.9853 I-18.5038 J-11.6392
X10.9389 Y-12.9173 I-11.4599 J-0.0147
X-10.9211 Y-12.9454 I-10.9543 J18.9173
X-16.6638 Y-3.0281 I5.7173 J9.932
X-5.7581 Y15.9173 I21.86 J0.0281
X5.7018 Y15.932 I5.7427 J-9.9173
X14.1016 Y7.2415 I-10.9056 J-18.9454
G3 X18.1583 Y5.9994 I2.6494 J1.4073
G1 G40 X16.751 Y8.6488
X15.8394 Y10.2231
Z-12.
G41 X13.3 Y8.6258 D12
G2 X16.6561 Y-2.9853 I-18.5038 J-11.6392
X10.9389 Y-12.9173 I-11.4599 J-0.0147
X-10.9211 Y-12.9454 I-10.9543 J18.9173
X-16.6638 Y-3.0281 I5.7173 J9.932
X-5.7581 Y15.9173 I21.86 J0.0281
X5.7018 Y15.932 I5.7427 J-9.9173
X14.1016 Y7.2415 I-10.9056 J-18.9454
G3 X18.1583 Y5.9994 I2.6494 J1.4073

X6.3316 Y-19.0979 I-9.1164 J9.6841
X-6.3316 Y-19.0979 I-6.3316 J99.0979
X-14.6 Y-15.5091 I0.848 J13.2729
X-15.5091 Y-14.6 I14.6 J15.5091
X-19.0979 Y-6.3316 I9.6841 J9.1164
X-19.0979 Y6.3316 I99.0979 J6.3316
X-15.5091 Y14.6 I13.2729 J-0.848
X-14.6 Y15.5091 I15.5091 J-14.6
X-6.3316 Y19.0979 I9.1164 J-9.6841
X1.5999 Y19.2871 I6.3316 J-99.0979
G1 G40 X1.6483 Y22.2867
X-1.6483
Z-6.
G41 X-1.5999 Y19.2871 D1
G2 X6.3316 Y19.0979 I1.5999 J-99.2871
X14.6 Y15.5091 I-0.848 J-13.2729
X15.5091 Y14.6 I-14.6 J-15.5091
X19.0979 Y6.3316 I-9.6841 J-9.1164
X19.0979 Y-6.3316 I-99.0979 J-6.3316
X15.5091 Y-14.6 I-13.2729 J0.848
X14.6 Y-15.5091 I-15.5091 J14.6
X6.3316 Y-19.0979 I-9.1164 J9.6841
X-6.3316 Y-19.0979 I-6.3316 J99.0979
X-14.6 Y-15.5091 I0.848 J13.2729
X-15.5091 Y-14.6 I14.6 J15.5091
X-19.0979 Y-6.3316 I9.6841 J9.1164
X-19.0979 Y6.3316 I99.0979 J6.3316
X-15.5091 Y14.6 I13.2729 J-0.848
X-14.6 Y15.5091 I15.5091 J-14.6
X-6.3316 Y19.0979 I9.1164 J-9.6841
X1.5999 Y19.2871 I6.3316 J-99.0979
G1 G40 X1.6483 Y22.2867
X-1.6483
Z-8.
G41 X-1.5999 Y19.2871 D1
G2 X6.3316 Y19.0979 I1.5999 J-99.2871
X14.6 Y15.5091 I-0.848 J-13.2729
X15.5091 Y14.6 I-14.6 J-15.5091
X19.0979 Y6.3316 I-9.6841 J-9.1164
X19.0979 Y-6.3316 I-99.0979 J-6.3316
X15.5091 Y-14.6 I-13.2729 J0.848
X14.6 Y-15.5091 I-15.5091 J14.6
X6.3316 Y-19.0979 I-9.1164 J9.6841
X-6.3316 Y-19.0979 I-6.3316 J99.0979
X-14.6 Y-15.5091 I0.848 J13.2729
X-15.5091 Y-14.6 I14.6 J15.5091
X-19.0979 Y-6.3316 I9.6841 J9.1164
X-19.0979 Y6.3316 I99.0979 J6.3316
X-15.5091 Y14.6 I13.2729 J-0.848
X-14.6 Y15.5091 I15.5091 J-14.6
X-6.3316 Y19.0979 I9.1164 J-9.6841
X1.5999 Y19.2871 I6.3316 J-99.0979
G1 G40 X1.6483 Y22.2867
X-1.6483
Z-10.
G41 X-1.5999 Y19.2871 D1
G2 X6.3316 Y19.0979 I1.5999 J-99.2871

G1 G40 X16.751 Y8.6488
X15.8394 Y10.2231
Z-14.
G41 X13.3 Y8.6258 D12
G2 X16.6561 Y-2.9853 I-18.5038 J-
11.6392
X10.9389 Y-12.9173 I-11.4599 J-
0.0147
X-10.9211 Y-12.9454 I-10.9543
J18.9173
X-16.6638 Y-3.0281 I5.7173 J9.932
X-5.7581 Y15.9173 I21.86 J0.0281
X5.7018 Y15.932 I5.7427 J-9.9173
X14.1016 Y7.2415 I-10.9056 J-
18.9454
G3 X18.1583 Y5.9994 I2.6494
J1.4073
G1 G40 X16.751 Y8.6488
X15.8394 Y10.2231
Z-16.
G41 X13.3 Y8.6258 D12
G2 X16.6561 Y-2.9853 I-18.5038 J-
11.6392
X10.9389 Y-12.9173 I-11.4599 J-
0.0147
X-10.9211 Y-12.9454 I-10.9543
J18.9173
X-16.6638 Y-3.0281 I5.7173 J9.932
X-5.7581 Y15.9173 I21.86 J0.0281
X5.7018 Y15.932 I5.7427 J-9.9173
X14.1016 Y7.2415 I-10.9056 J-
18.9454
G3 X18.1583 Y5.9994 I2.6494
J1.4073
G1 G40 X16.751 Y8.6488
X15.8394 Y10.2231
Z-18.
G41 X13.3 Y8.6258 D12
G2 X16.6561 Y-2.9853 I-18.5038 J-
11.6392
X10.9389 Y-12.9173 I-11.4599 J-
0.0147
X-10.9211 Y-12.9454 I-10.9543
J18.9173
X-16.6638 Y-3.0281 I5.7173 J9.932
X-5.7581 Y15.9173 I21.86 J0.0281
X5.7018 Y15.932 I5.7427 J-9.9173
X14.1016 Y7.2415 I-10.9056 J-
18.9454
G3 X18.1583 Y5.9994 I2.6494
J1.4073
G1 G40 X16.751 Y8.6488
X15.8394 Y10.2231
Z-20.
G41 X13.3 Y8.6258 D12
G2 X16.6561 Y-2.9853 I-18.5038 J-
11.6392
X10.9389 Y-12.9173 I-11.4599 J-
0.0147
X-10.9211 Y-12.9454 I-10.9543
J18.9173
X-16.6638 Y-3.0281 I5.7173 J9.932
X-5.7581 Y15.9173 I21.86 J0.0281
X5.7018 Y15.932 I5.7427 J-9.9173

X14.6 Y15.5091 I-0.848 J-13.2729
X15.5091 Y14.6 I-14.6 J-15.5091
X19.0979 Y6.3316 I-9.6841 J-9.1164
X19.0979 Y-6.3316 I-99.0979 J-
6.3316
X15.5091 Y-14.6 I-13.2729 J0.848
X14.6 Y-15.5091 I-15.5091 J14.6
X6.3316 Y-19.0979 I-9.1164 J9.6841
X-6.3316 Y-19.0979 I-6.3316
J99.0979
X-14.6 Y-15.5091 I0.848 J13.2729
X-15.5091 Y-14.6 I14.6 J15.5091
X-19.0979 Y-6.3316 I9.6841 J9.1164
X-19.0979 Y6.3316 I99.0979 J6.3316
X-15.5091 Y14.6 I13.2729 J-0.848
X-14.6 Y15.5091 I15.5091 J-14.6
X-6.3316 Y19.0979 I9.1164 J-9.6841
X1.5999 Y19.2871 I6.3316 J-99.0979
G1 G40 X1.6483 Y22.2867
X-1.6483
Z-12.
G41 X-1.5999 Y19.2871 D1
G2 X6.3316 Y19.0979 I1.5999 J-
99.2871
X14.6 Y15.5091 I-0.848 J-13.2729
X15.5091 Y14.6 I-14.6 J-15.5091
X19.0979 Y6.3316 I-9.6841 J-9.1164
X19.0979 Y-6.3316 I-99.0979 J-
6.3316
X15.5091 Y-14.6 I-13.2729 J0.848
X14.6 Y-15.5091 I-15.5091 J14.6
X6.3316 Y-19.0979 I-9.1164 J9.6841
X-6.3316 Y-19.0979 I-6.3316
J99.0979
X-14.6 Y-15.5091 I0.848 J13.2729
X-15.5091 Y-14.6 I14.6 J15.5091
X-19.0979 Y-6.3316 I9.6841 J9.1164
X-19.0979 Y6.3316 I99.0979 J6.3316
X-15.5091 Y14.6 I13.2729 J-0.848
X-14.6 Y15.5091 I15.5091 J-14.6
X-6.3316 Y19.0979 I9.1164 J-9.6841
X1.5999 Y19.2871 I6.3316 J-99.0979
G1 G40 X1.6483 Y22.2867
X-1.6483
Z-14.
G41 X-1.5999 Y19.2871 D1
G2 X6.3316 Y19.0979 I1.5999 J-
99.2871
X14.6 Y15.5091 I-0.848 J-13.2729
X15.5091 Y14.6 I-14.6 J-15.5091
X19.0979 Y6.3316 I-9.6841 J-9.1164
X19.0979 Y-6.3316 I-99.0979 J-
6.3316
X15.5091 Y-14.6 I-13.2729 J0.848
X14.6 Y-15.5091 I-15.5091 J14.6
X6.3316 Y-19.0979 I-9.1164 J9.6841
X-6.3316 Y-19.0979 I-6.3316
J99.0979
X-14.6 Y-15.5091 I0.848 J13.2729
X-15.5091 Y-14.6 I14.6 J15.5091
X-19.0979 Y-6.3316 I9.6841 J9.1164
X-19.0979 Y6.3316 I99.0979 J6.3316
X-15.5091 Y14.6 I13.2729 J-0.848
X-14.6 Y15.5091 I15.5091 J-14.6
X-6.3316 Y19.0979 I9.1164 J-9.6841

X14.1016 Y7.2415 I-10.9056 J-18.9454
G3 X18.1583 Y5.9994 I2.6494 J1.4073
G1 G40 X16.751 Y8.6488 X15.8394 Y10.2231 Z-22.
G41 X13.3 Y8.6258 D12
G2 X16.6561 Y-2.9853 I-18.5038 J-11.6392
X10.9389 Y-12.9173 I-11.4599 J-0.0147
X-10.9211 Y-12.9454 I-10.9543 J18.9173
X-16.6638 Y-3.0281 I5.7173 J9.932
X-5.7581 Y15.9173 I21.86 J0.0281
X5.7018 Y15.932 I5.7427 J-9.9173
X14.1016 Y7.2415 I-10.9056 J-18.9454
G3 X18.1583 Y5.9994 I2.6494 J1.4073
G1 G40 X16.751 Y8.6488 X15.8394 Y10.2231 Z-24.
G41 X13.3 Y8.6258 D12
G2 X16.6561 Y-2.9853 I-18.5038 J-11.6392
X10.9389 Y-12.9173 I-11.4599 J-0.0147
X-10.9211 Y-12.9454 I-10.9543 J18.9173
X-16.6638 Y-3.0281 I5.7173 J9.932
X-5.7581 Y15.9173 I21.86 J0.0281
X5.7018 Y15.932 I5.7427 J-9.9173
X14.1016 Y7.2415 I-10.9056 J-18.9454
G3 X18.1583 Y5.9994 I2.6494 J1.4073
G1 G40 X16.751 Y8.6488 X15.8394 Y10.2231 Z-26.
G41 X13.3 Y8.6258 D12
G2 X16.6561 Y-2.9853 I-18.5038 J-11.6392
X10.9389 Y-12.9173 I-11.4599 J-0.0147
X-10.9211 Y-12.9454 I-10.9543 J18.9173
X-16.6638 Y-3.0281 I5.7173 J9.932
X-5.7581 Y15.9173 I21.86 J0.0281
X5.7018 Y15.932 I5.7427 J-9.9173
X14.1016 Y7.2415 I-10.9056 J-18.9454
G3 X18.1583 Y5.9994 I2.6494 J1.4073
G1 G40 X16.751 Y8.6488 X15.8394 Y10.2231 Z-28.
G41 X13.3 Y8.6258 D12
G2 X16.6561 Y-2.9853 I-18.5038 J-11.6392
X10.9389 Y-12.9173 I-11.4599 J-0.0147
X-10.9211 Y-12.9454 I-10.9543 J18.9173
X1.5999 Y19.2871 I6.3316 J-99.0979
G1 G40 X1.6483 Y22.2867 X-1.6483 Z-16.
G41 X-1.5999 Y19.2871 D1
G2 X6.3316 Y19.0979 I1.5999 J-99.2871
X14.6 Y15.5091 I-0.848 J-13.2729
X15.5091 Y14.6 I-14.6 J-15.5091
X19.0979 Y6.3316 I-9.6841 J-9.1164
X19.0979 Y-6.3316 I-99.0979 J-6.3316
X15.5091 Y-14.6 I-13.2729 J0.848
X14.6 Y-15.5091 I-15.5091 J14.6
X6.3316 Y-19.0979 I-9.1164 J9.6841
X-6.3316 Y-19.0979 I-6.3316 J99.0979
X-14.6 Y-15.5091 I0.848 J13.2729
X-15.5091 Y-14.6 I14.6 J15.5091
X-19.0979 Y-6.3316 I9.6841 J9.1164
X-19.0979 Y6.3316 I99.0979 J6.3316
X-15.5091 Y14.6 I13.2729 J-0.848
X-14.6 Y15.5091 I15.5091 J-14.6
X-6.3316 Y19.0979 I9.1164 J-9.6841
X1.5999 Y19.2871 I6.3316 J-99.0979
G1 G40 X1.6483 Y22.2867 X-1.6483 Z-18.
G41 X-1.5999 Y19.2871 D1
G2 X6.3316 Y19.0979 I1.5999 J-99.2871
X14.6 Y15.5091 I-0.848 J-13.2729
X15.5091 Y14.6 I-14.6 J-15.5091
X19.0979 Y6.3316 I-9.6841 J-9.1164
X19.0979 Y-6.3316 I-99.0979 J-6.3316
X15.5091 Y-14.6 I-13.2729 J0.848
X14.6 Y-15.5091 I-15.5091 J14.6
X6.3316 Y-19.0979 I-9.1164 J9.6841
X-6.3316 Y-19.0979 I-6.3316 J99.0979
X-14.6 Y-15.5091 I0.848 J13.2729
X-15.5091 Y-14.6 I14.6 J15.5091
X-19.0979 Y-6.3316 I9.6841 J9.1164
X-19.0979 Y6.3316 I99.0979 J6.3316
X-15.5091 Y14.6 I13.2729 J-0.848
X-14.6 Y15.5091 I15.5091 J-14.6
X-6.3316 Y19.0979 I9.1164 J-9.6841
X1.5999 Y19.2871 I6.3316 J-99.0979
G1 G40 X1.6483 Y22.2867 X-1.6483 Z-20.
G41 X-1.5999 Y19.2871 D1
G2 X6.3316 Y19.0979 I1.5999 J-99.2871
X14.6 Y15.5091 I-0.848 J-13.2729
X15.5091 Y14.6 I-14.6 J-15.5091
X19.0979 Y6.3316 I-9.6841 J-9.1164
X19.0979 Y-6.3316 I-99.0979 J-6.3316
X15.5091 Y-14.6 I-13.2729 J0.848
X14.6 Y-15.5091 I-15.5091 J14.6
X6.3316 Y-19.0979 I-9.1164 J9.6841
X-6.3316 Y-19.0979 I-6.3316 J99.0979

X-16.6638 Y-3.0281 I5.7173 J9.932
X-5.7581 Y15.9173 I21.86 J0.0281
X5.7018 Y15.932 I5.7427 J-9.9173
X14.1016 Y7.2415 I-10.9056 J-
18.9454
G3 X18.1583 Y5.9994 I2.6494
J1.4073
G1 G40 X16.751 Y8.6488
X15.8394 Y10.2231
Z-30.
G41 X13.3 Y8.6258 D12
G2 X16.6561 Y-2.9853 I-18.5038 J-
11.6392
X10.9389 Y-12.9173 I-11.4599 J-
0.0147
X-10.9211 Y-12.9454 I-10.9543
J18.9173
X-16.6638 Y-3.0281 I5.7173 J9.932
X-5.7581 Y15.9173 I21.86 J0.0281
X5.7018 Y15.932 I5.7427 J-9.9173
X14.1016 Y7.2415 I-10.9056 J-
18.9454
G3 X18.1583 Y5.9994 I2.6494
J1.4073
G1 G40 X16.751 Y8.6488
Z2.
G0 X15.7004 Y10.1435
G1 Z-2.
G41 X13.1614 Y8.5455 D12
G2 X16.4961 Y-2.9855 I-18.3652 J-
11.5589
X10.8587 Y-12.7788 I-11.2999 J-
0.0145
X-10.8413 Y-12.8067 I-10.8741
J18.7788
X-16.5038 Y-3.0279 I5.6375 J9.7933
X-5.678 Y15.7788 I21.7 J0.0279
X5.622 Y15.7933 I5.6626 J-9.7788
X13.963 Y7.1612 I-10.8258 J-
18.8067
G3 X18.0194 Y5.9181 I2.6498
J1.4067
G1 G40 X16.6128 Y8.5679
X15.7004 Y10.1435
Z-4.
G41 X13.1614 Y8.5455 D12
G2 X16.4961 Y-2.9855 I-18.3652 J-
11.5589
X10.8587 Y-12.7788 I-11.2999 J-
0.0145
X-10.8413 Y-12.8067 I-10.8741
J18.7788
X-16.5038 Y-3.0279 I5.6375 J9.7933
X-5.678 Y15.7788 I21.7 J0.0279
X5.622 Y15.7933 I5.6626 J-9.7788
X13.963 Y7.1612 I-10.8258 J-
18.8067
G3 X18.0194 Y5.9181 I2.6498
J1.4067
G1 G40 X16.6128 Y8.5679
X15.7004 Y10.1435
Z-6.
G41 X13.1614 Y8.5455 D12
G2 X16.4961 Y-2.9855 I-18.3652 J-
11.5589

X-14.6 Y-15.5091 I0.848 J13.2729
X-15.5091 Y-14.6 I14.6 J15.5091
X-19.0979 Y-6.3316 I9.6841 J9.1164
X-19.0979 Y6.3316 I99.0979 J6.3316
X-15.5091 Y14.6 I13.2729 J-0.848
X-14.6 Y15.5091 I15.5091 J-14.6
X-6.3316 Y19.0979 I9.1164 J-9.6841
X1.5999 Y19.2871 I6.3316 J-99.0979
G1 G40 X1.6483 Y22.2867
X-1.6483
Z-22.
G41 X-1.5999 Y19.2871 D1
G2 X6.3316 Y19.0979 I1.5999 J-
99.2871
X14.6 Y15.5091 I-0.848 J-13.2729
X15.5091 Y14.6 I-14.6 J-15.5091
X19.0979 Y6.3316 I-9.6841 J-9.1164
X19.0979 Y-6.3316 I-99.0979 J-
6.3316
X15.5091 Y-14.6 I-13.2729 J0.848
X14.6 Y-15.5091 I-15.5091 J14.6
X6.3316 Y-19.0979 I-9.1164 J9.6841
X-6.3316 Y-19.0979 I-6.3316
J99.0979
X-14.6 Y-15.5091 I0.848 J13.2729
X-15.5091 Y-14.6 I14.6 J15.5091
X-19.0979 Y-6.3316 I9.6841 J9.1164
X-19.0979 Y6.3316 I99.0979 J6.3316
X-15.5091 Y14.6 I13.2729 J-0.848
X-14.6 Y15.5091 I15.5091 J-14.6
X-6.3316 Y19.0979 I9.1164 J-9.6841
X1.5999 Y19.2871 I6.3316 J-99.0979
G1 G40 X1.6483 Y22.2867
X-1.6483
Z-24.
G41 X-1.5999 Y19.2871 D1
G2 X6.3316 Y19.0979 I1.5999 J-
99.2871
X14.6 Y15.5091 I-0.848 J-13.2729
X15.5091 Y14.6 I-14.6 J-15.5091
X19.0979 Y6.3316 I-9.6841 J-9.1164
X19.0979 Y-6.3316 I-99.0979 J-
6.3316
X15.5091 Y-14.6 I-13.2729 J0.848
X14.6 Y-15.5091 I-15.5091 J14.6
X6.3316 Y-19.0979 I-9.1164 J9.6841
X-6.3316 Y-19.0979 I-6.3316
J99.0979
X-14.6 Y-15.5091 I0.848 J13.2729
X-15.5091 Y-14.6 I14.6 J15.5091
X-19.0979 Y-6.3316 I9.6841 J9.1164
X-19.0979 Y6.3316 I99.0979 J6.3316
X-15.5091 Y14.6 I13.2729 J-0.848
X-14.6 Y15.5091 I15.5091 J-14.6
X-6.3316 Y19.0979 I9.1164 J-9.6841
X1.5999 Y19.2871 I6.3316 J-99.0979
G1 G40 X1.6483 Y22.2867
X-1.6483
Z-26.
G41 X-1.5999 Y19.2871 D1
G2 X6.3316 Y19.0979 I1.5999 J-
99.2871
X14.6 Y15.5091 I-0.848 J-13.2729
X15.5091 Y14.6 I-14.6 J-15.5091
X19.0979 Y6.3316 I-9.6841 J-9.1164

X10.8587 Y-12.7788 I-11.2999 J-0.0145
X-10.8413 Y-12.8067 I-10.8741 J18.7788
X-16.5038 Y-3.0279 I5.6375 J9.7933
X-5.678 Y15.7788 I21.7 J0.0279
X5.622 Y15.7933 I5.6626 J-9.7788
X13.963 Y7.1612 I-10.8258 J-18.8067
G3 X18.0194 Y5.9181 I2.6498 J1.4067
G1 G40 X16.6128 Y8.5679 X15.7004 Y10.1435
Z-8.
G41 X13.1614 Y8.5455 D12
G2 X16.4961 Y-2.9855 I-18.3652 J-11.5589
X10.8587 Y-12.7788 I-11.2999 J-0.0145
X-10.8413 Y-12.8067 I-10.8741 J18.7788
X-16.5038 Y-3.0279 I5.6375 J9.7933
X-5.678 Y15.7788 I21.7 J0.0279
X5.622 Y15.7933 I5.6626 J-9.7788
X13.963 Y7.1612 I-10.8258 J-18.8067
G3 X18.0194 Y5.9181 I2.6498 J1.4067
G1 G40 X16.6128 Y8.5679 X15.7004 Y10.1435
Z-10.
G41 X13.1614 Y8.5455 D12
G2 X16.4961 Y-2.9855 I-18.3652 J-11.5589
X10.8587 Y-12.7788 I-11.2999 J-0.0145
X-10.8413 Y-12.8067 I-10.8741 J18.7788
X-16.5038 Y-3.0279 I5.6375 J9.7933
X-5.678 Y15.7788 I21.7 J0.0279
X5.622 Y15.7933 I5.6626 J-9.7788
X13.963 Y7.1612 I-10.8258 J-18.8067
G3 X18.0194 Y5.9181 I2.6498 J1.4067
G1 G40 X16.6128 Y8.5679 X15.7004 Y10.1435
Z-12.
G41 X13.1614 Y8.5455 D12
G2 X16.4961 Y-2.9855 I-18.3652 J-11.5589
X10.8587 Y-12.7788 I-11.2999 J-0.0145
X-10.8413 Y-12.8067 I-10.8741 J18.7788
X-16.5038 Y-3.0279 I5.6375 J9.7933
X-5.678 Y15.7788 I21.7 J0.0279
X5.622 Y15.7933 I5.6626 J-9.7788
X13.963 Y7.1612 I-10.8258 J-18.8067
G3 X18.0194 Y5.9181 I2.6498 J1.4067
G1 G40 X16.6128 Y8.5679 X15.7004 Y10.1435
Z-14.
X19.0979 Y-6.3316 I-99.0979 J-6.3316
X15.5091 Y-14.6 I-13.2729 J0.848
X14.6 Y-15.5091 I-15.5091 J14.6
X6.3316 Y-19.0979 I-9.1164 J9.6841
X-6.3316 Y-19.0979 I-6.3316 J99.0979
X-14.6 Y-15.5091 I0.848 J13.2729
X-15.5091 Y-14.6 I14.6 J15.5091
X-19.0979 Y-6.3316 I9.6841 J9.1164
X-19.0979 Y6.3316 I99.0979 J6.3316
X-15.5091 Y14.6 I13.2729 J-0.848
X-14.6 Y15.5091 I15.5091 J-14.6
X-6.3316 Y19.0979 I9.1164 J-9.6841
X1.5999 Y19.2871 I6.3316 J-99.0979
G1 G40 X1.6483 Y22.2867 X-1.6483
Z-28.
G41 X-1.5999 Y19.2871 D1
G2 X6.3316 Y19.0979 I1.5999 J-99.2871
X14.6 Y15.5091 I-0.848 J-13.2729
X15.5091 Y14.6 I-14.6 J-15.5091
X19.0979 Y6.3316 I-9.6841 J-9.1164
X19.0979 Y-6.3316 I-99.0979 J-6.3316
X15.5091 Y-14.6 I-13.2729 J0.848
X14.6 Y-15.5091 I-15.5091 J14.6
X6.3316 Y-19.0979 I-9.1164 J9.6841
X-6.3316 Y-19.0979 I-6.3316 J99.0979
X-14.6 Y-15.5091 I0.848 J13.2729
X-15.5091 Y-14.6 I14.6 J15.5091
X-19.0979 Y-6.3316 I9.6841 J9.1164
X-19.0979 Y6.3316 I99.0979 J6.3316
X-15.5091 Y14.6 I13.2729 J-0.848
X-14.6 Y15.5091 I15.5091 J-14.6
X-6.3316 Y19.0979 I9.1164 J-9.6841
X1.5999 Y19.2871 I6.3316 J-99.0979
G1 G40 X1.6483 Y22.2867 X-1.6483
Z-30.
G41 X-1.5999 Y19.2871 D1
G2 X6.3316 Y19.0979 I1.5999 J-99.2871
X14.6 Y15.5091 I-0.848 J-13.2729
X15.5091 Y14.6 I-14.6 J-15.5091
X19.0979 Y6.3316 I-9.6841 J-9.1164
X19.0979 Y-6.3316 I-99.0979 J-6.3316
X15.5091 Y-14.6 I-13.2729 J0.848
X14.6 Y-15.5091 I-15.5091 J14.6
X6.3316 Y-19.0979 I-9.1164 J9.6841
X-6.3316 Y-19.0979 I-6.3316 J99.0979
X-14.6 Y-15.5091 I0.848 J13.2729
X-15.5091 Y-14.6 I14.6 J15.5091
X-19.0979 Y-6.3316 I9.6841 J9.1164
X-19.0979 Y6.3316 I99.0979 J6.3316
X-15.5091 Y14.6 I13.2729 J-0.848
X-14.6 Y15.5091 I15.5091 J-14.6
X-6.3316 Y19.0979 I9.1164 J-9.6841
X1.5999 Y19.2871 I6.3316 J-99.0979
G1 G40 X1.6483 Y22.2867 X-1.6483
Z2.

G41 X13.1614 Y8.5455 D12
G2 X16.4961 Y-2.9855 I-18.3652 J-11.5589
X10.8587 Y-12.7788 I-11.2999 J-0.0145
X-10.8413 Y-12.8067 I-10.8741 J18.7788
X-16.5038 Y-3.0279 I5.6375 J9.7933
X-5.678 Y15.7788 I21.7 J0.0279
X5.622 Y15.7933 I5.6626 J-9.7788
X13.963 Y7.1612 I-10.8258 J-18.8067
G3 X18.0194 Y5.9181 I2.6498
J1.4067
G1 G40 X16.6128 Y8.5679
X15.7004 Y10.1435
Z-16.
G41 X13.1614 Y8.5455 D12
G2 X16.4961 Y-2.9855 I-18.3652 J-11.5589
X10.8587 Y-12.7788 I-11.2999 J-0.0145
X-10.8413 Y-12.8067 I-10.8741 J18.7788
X-16.5038 Y-3.0279 I5.6375 J9.7933
X-5.678 Y15.7788 I21.7 J0.0279
X5.622 Y15.7933 I5.6626 J-9.7788
X13.963 Y7.1612 I-10.8258 J-18.8067
G3 X18.0194 Y5.9181 I2.6498
J1.4067
G1 G40 X16.6128 Y8.5679
X15.7004 Y10.1435
Z-18.
G41 X13.1614 Y8.5455 D12
G2 X16.4961 Y-2.9855 I-18.3652 J-11.5589
X10.8587 Y-12.7788 I-11.2999 J-0.0145
X-10.8413 Y-12.8067 I-10.8741 J18.7788
X-16.5038 Y-3.0279 I5.6375 J9.7933
X-5.678 Y15.7788 I21.7 J0.0279
X5.622 Y15.7933 I5.6626 J-9.7788
X13.963 Y7.1612 I-10.8258 J-18.8067
G3 X18.0194 Y5.9181 I2.6498
J1.4067
G1 G40 X16.6128 Y8.5679
X15.7004 Y10.1435
Z-20.
G41 X13.1614 Y8.5455 D12
G2 X16.4961 Y-2.9855 I-18.3652 J-11.5589
X10.8587 Y-12.7788 I-11.2999 J-0.0145
X-10.8413 Y-12.8067 I-10.8741 J18.7788
X-16.5038 Y-3.0279 I5.6375 J9.7933
X-5.678 Y15.7788 I21.7 J0.0279
X5.622 Y15.7933 I5.6626 J-9.7788
X13.963 Y7.1612 I-10.8258 J-18.8067
G3 X18.0194 Y5.9181 I2.6498
J1.4067

G0 X-1.6484 Y21.9867
G1 Z-2.
G41 X-1.5999 Y18.9871 D1
G2 X6.3125 Y18.7985 I1.5999 J-98.9871
X14.3943 Y15.2906 I-0.8289 J-12.9735
X15.2906 Y14.3943 I-14.3943 J-15.2906
X18.7985 Y6.3125 I-9.4656 J-8.9107
X18.7985 Y-6.3125 I-98.7985 J-6.3125
X15.2906 Y-14.3943 I-12.9735 J0.8289
X14.3943 Y-15.2906 I-15.2906 J14.3943
X6.3125 Y-18.7985 I-8.9107 J9.4656
X-6.3125 Y-18.7985 I-6.3125 J98.7985
X-14.3943 Y-15.2906 I0.8289 J12.9735
X-15.2906 Y-14.3943 I14.3943 J15.2906
X-18.7985 Y-6.3125 I9.4656 J8.9107
X-18.7985 Y6.3125 I98.7985 J6.3125
X-15.2906 Y14.3943 I12.9735 J-0.8289
X-14.3943 Y15.2906 I15.2906 J-14.3943
X-6.3125 Y18.7985 I8.9107 J-9.4656
X1.5999 Y18.9871 I6.3125 J-98.7985
G1 G40 X1.6484 Y21.9867
X-1.6484
Z-4.
G41 X-1.5999 Y18.9871 D1
G2 X6.3125 Y18.7985 I1.5999 J-98.9871
X14.3943 Y15.2906 I-0.8289 J-12.9735
X15.2906 Y14.3943 I-14.3943 J-15.2906
X18.7985 Y6.3125 I-9.4656 J-8.9107
X18.7985 Y-6.3125 I-98.7985 J-6.3125
X15.2906 Y-14.3943 I-12.9735 J0.8289
X14.3943 Y-15.2906 I-15.2906 J14.3943
X6.3125 Y-18.7985 I-8.9107 J9.4656
X-6.3125 Y-18.7985 I-6.3125 J98.7985
X-14.3943 Y-15.2906 I0.8289 J12.9735
X-15.2906 Y-14.3943 I14.3943 J15.2906
X-18.7985 Y-6.3125 I9.4656 J8.9107
X-18.7985 Y6.3125 I98.7985 J6.3125
X-15.2906 Y14.3943 I12.9735 J-0.8289
X-14.3943 Y15.2906 I15.2906 J-14.3943
X-6.3125 Y18.7985 I8.9107 J-9.4656
X1.5999 Y18.9871 I6.3125 J-98.7985
G1 G40 X1.6484 Y21.9867
X-1.6484

G1 G40 X16.6128 Y8.5679
X15.7004 Y10.1435
Z-22.
G41 X13.1614 Y8.5455 D12
G2 X16.4961 Y-2.9855 I-18.3652 J-11.5589
X10.8587 Y-12.7788 I-11.2999 J-0.0145
X-10.8413 Y-12.8067 I-10.8741
J18.7788
X-16.5038 Y-3.0279 I5.6375 J9.7933
X-5.678 Y15.7788 I21.7 J0.0279
X5.622 Y15.7933 I5.6626 J-9.7788
X13.963 Y7.1612 I-10.8258 J-18.8067
G3 X18.0194 Y5.9181 I2.6498
J1.4067
G1 G40 X16.6128 Y8.5679
X15.7004 Y10.1435
Z-24.
G41 X13.1614 Y8.5455 D12
G2 X16.4961 Y-2.9855 I-18.3652 J-11.5589
X10.8587 Y-12.7788 I-11.2999 J-0.0145
X-10.8413 Y-12.8067 I-10.8741
J18.7788
X-16.5038 Y-3.0279 I5.6375 J9.7933
X-5.678 Y15.7788 I21.7 J0.0279
X5.622 Y15.7933 I5.6626 J-9.7788
X13.963 Y7.1612 I-10.8258 J-18.8067
G3 X18.0194 Y5.9181 I2.6498
J1.4067
G1 G40 X16.6128 Y8.5679
X15.7004 Y10.1435
Z-26.
G41 X13.1614 Y8.5455 D12
G2 X16.4961 Y-2.9855 I-18.3652 J-11.5589
X10.8587 Y-12.7788 I-11.2999 J-0.0145
X-10.8413 Y-12.8067 I-10.8741
J18.7788
X-16.5038 Y-3.0279 I5.6375 J9.7933
X-5.678 Y15.7788 I21.7 J0.0279
X5.622 Y15.7933 I5.6626 J-9.7788
X13.963 Y7.1612 I-10.8258 J-18.8067
G3 X18.0194 Y5.9181 I2.6498
J1.4067
G1 G40 X16.6128 Y8.5679
X15.7004 Y10.1435
Z-28.
G41 X13.1614 Y8.5455 D12
G2 X16.4961 Y-2.9855 I-18.3652 J-11.5589
X10.8587 Y-12.7788 I-11.2999 J-0.0145
X-10.8413 Y-12.8067 I-10.8741
J18.7788
X-16.5038 Y-3.0279 I5.6375 J9.7933
X-5.678 Y15.7788 I21.7 J0.0279
X5.622 Y15.7933 I5.6626 J-9.7788
Z-6.
G41 X-1.5999 Y18.9871 D1
G2 X6.3125 Y18.7985 I1.5999 J-98.9871
X14.3943 Y15.2906 I-0.8289 J-12.9735
X15.2906 Y14.3943 I-14.3943 J-15.2906
X18.7985 Y6.3125 I-9.4656 J-8.9107
X18.7985 Y-6.3125 I-98.7985 J-6.3125
X15.2906 Y-14.3943 I-12.9735
J0.8289
X14.3943 Y-15.2906 I-15.2906
J14.3943
X6.3125 Y-18.7985 I-8.9107 J9.4656
X-6.3125 Y-18.7985 I-6.3125
J98.7985
X-14.3943 Y-15.2906 I0.8289
J12.9735
X-15.2906 Y-14.3943 I14.3943
J15.2906
X-18.7985 Y-6.3125 I9.4656 J8.9107
X-18.7985 Y6.3125 I98.7985 J6.3125
X-15.2906 Y14.3943 I12.9735 J-0.8289
X-14.3943 Y15.2906 I15.2906 J-14.3943
X-6.3125 Y18.7985 I8.9107 J-9.4656
X1.5999 Y18.9871 I6.3125 J-98.7985
G1 G40 X1.6484 Y21.9867
X-1.6484
Z-8.
G41 X-1.5999 Y18.9871 D1
G2 X6.3125 Y18.7985 I1.5999 J-98.9871
X14.3943 Y15.2906 I-0.8289 J-12.9735
X15.2906 Y14.3943 I-14.3943 J-15.2906
X18.7985 Y6.3125 I-9.4656 J-8.9107
X18.7985 Y-6.3125 I-98.7985 J-6.3125
X15.2906 Y-14.3943 I-12.9735
J0.8289
X14.3943 Y-15.2906 I-15.2906
J14.3943
X6.3125 Y-18.7985 I-8.9107 J9.4656
X-6.3125 Y-18.7985 I-6.3125
J98.7985
X-14.3943 Y-15.2906 I0.8289
J12.9735
X-15.2906 Y-14.3943 I14.3943
J15.2906
X-18.7985 Y-6.3125 I9.4656 J8.9107
X-18.7985 Y6.3125 I98.7985 J6.3125
X-15.2906 Y14.3943 I12.9735 J-0.8289
X-14.3943 Y15.2906 I15.2906 J-14.3943
X-6.3125 Y18.7985 I8.9107 J-9.4656
X1.5999 Y18.9871 I6.3125 J-98.7985
G1 G40 X1.6484 Y21.9867
X-1.6484
Z-10.

X13.963 Y7.1612 I-10.8258 J-
18.8067
G3 X18.0194 Y5.9181 I2.6498
J1.4067
G1 G40 X16.6128 Y8.5679
X15.7004 Y10.1435
Z-30.
G41 X13.1614 Y8.5455 D12
G2 X16.4961 Y-2.9855 I-18.3652 J-
11.5589
X10.8587 Y-12.7788 I-11.2999 J-
0.0145
X-10.8413 Y-12.8067 I-10.8741
J18.7788
X-16.5038 Y-3.0279 I5.6375 J9.7933
X-5.678 Y15.7788 I21.7 J0.0279
X5.622 Y15.7933 I5.6626 J-9.7788
X13.963 Y7.1612 I-10.8258 J-
18.8067
G3 X18.0194 Y5.9181 I2.6498
J1.4067
G1 G40 X16.6128 Y8.5679
Z2.
G0 Z10.
M5
G91 G28 Z0.
G28 X0. Y0.
G90

G0 G53 A0.
M30
%

G41 X-1.5999 Y18.9871 D1
G2 X6.3125 Y18.7985 I1.5999 J-
98.9871
X14.3943 Y15.2906 I-0.8289 J-
12.9735
X15.2906 Y14.3943 I-14.3943 J-
15.2906
X18.7985 Y6.3125 I-9.4656 J-8.9107
X18.7985 Y-6.3125 I-98.7985 J-
6.3125
X15.2906 Y-14.3943 I-12.9735
J0.8289
X14.3943 Y-15.2906 I-15.2906
J14.3943
X6.3125 Y-18.7985 I-8.9107 J9.4656
X-6.3125 Y-18.7985 I-6.3125
J98.7985
X-14.3943 Y-15.2906 I0.8289
J12.9735
X-15.2906 Y-14.3943 I14.3943
J15.2906
X-18.7985 Y-6.3125 I9.4656 J8.9107
X-18.7985 Y6.3125 I98.7985 J6.3125
X-15.2906 Y14.3943 I12.9735 J-
0.8289
X-14.3943 Y15.2906 I15.2906 J-
14.3943
X-6.3125 Y18.7985 I8.9107 J-9.4656
X1.5999 Y18.9871 I6.3125 J-98.7985
G1 G40 X1.6484 Y21.9867
X-1.6484
Z-12.
G41 X-1.5999 Y18.9871 D1
G2 X6.3125 Y18.7985 I1.5999 J-
98.9871
X14.3943 Y15.2906 I-0.8289 J-
12.9735
X15.2906 Y14.3943 I-14.3943 J-
15.2906
X18.7985 Y6.3125 I-9.4656 J-8.9107
X18.7985 Y-6.3125 I-98.7985 J-
6.3125
X15.2906 Y-14.3943 I-12.9735
J0.8289
X14.3943 Y-15.2906 I-15.2906
J14.3943
X6.3125 Y-18.7985 I-8.9107 J9.4656
X-6.3125 Y-18.7985 I-6.3125
J98.7985
X-14.3943 Y-15.2906 I0.8289
J12.9735
X-15.2906 Y-14.3943 I14.3943
J15.2906
X-18.7985 Y-6.3125 I9.4656 J8.9107
X-18.7985 Y6.3125 I98.7985 J6.3125
X-15.2906 Y14.3943 I12.9735 J-
0.8289
X-14.3943 Y15.2906 I15.2906 J-
14.3943
X-6.3125 Y18.7985 I8.9107 J-9.4656
X1.5999 Y18.9871 I6.3125 J-98.7985
G1 G40 X1.6484 Y21.9867
X-1.6484
Z-14.
G41 X-1.5999 Y18.9871 D1

G2 X6.3125 Y18.7985 I1.5999 J-
98.9871
X14.3943 Y15.2906 I-0.8289 J-
12.9735
X15.2906 Y14.3943 I-14.3943 J-
15.2906
X18.7985 Y6.3125 I-9.4656 J-8.9107
X18.7985 Y-6.3125 I-98.7985 J-
6.3125
X15.2906 Y-14.3943 I-12.9735
J0.8289
X14.3943 Y-15.2906 I-15.2906
J14.3943
X6.3125 Y-18.7985 I-8.9107 J9.4656
X-6.3125 Y-18.7985 I-6.3125
J98.7985
X-14.3943 Y-15.2906 I0.8289
J12.9735
X-15.2906 Y-14.3943 I14.3943
J15.2906
X-18.7985 Y-6.3125 I9.4656 J8.9107
X-18.7985 Y6.3125 I98.7985 J6.3125
X-15.2906 Y14.3943 I12.9735 J-
0.8289
X-14.3943 Y15.2906 I15.2906 J-
14.3943
X-6.3125 Y18.7985 I8.9107 J-9.4656
X1.5999 Y18.9871 I6.3125 J-98.7985
G1 G40 X1.6484 Y21.9867
X-1.6484
Z-16.
G41 X-1.5999 Y18.9871 D1
G2 X6.3125 Y18.7985 I1.5999 J-
98.9871
X14.3943 Y15.2906 I-0.8289 J-
12.9735
X15.2906 Y14.3943 I-14.3943 J-
15.2906
X18.7985 Y6.3125 I-9.4656 J-8.9107
X18.7985 Y-6.3125 I-98.7985 J-
6.3125
X15.2906 Y-14.3943 I-12.9735
J0.8289
X14.3943 Y-15.2906 I-15.2906
J14.3943
X6.3125 Y-18.7985 I-8.9107 J9.4656
X-6.3125 Y-18.7985 I-6.3125
J98.7985
X-14.3943 Y-15.2906 I0.8289
J12.9735
X-15.2906 Y-14.3943 I14.3943
J15.2906
X-18.7985 Y-6.3125 I9.4656 J8.9107
X-18.7985 Y6.3125 I98.7985 J6.3125
X-15.2906 Y14.3943 I12.9735 J-
0.8289
X-14.3943 Y15.2906 I15.2906 J-
14.3943
X-6.3125 Y18.7985 I8.9107 J-9.4656
X1.5999 Y18.9871 I6.3125 J-98.7985
G1 G40 X1.6484 Y21.9867
X-1.6484
Z-18.
G41 X-1.5999 Y18.9871 D1

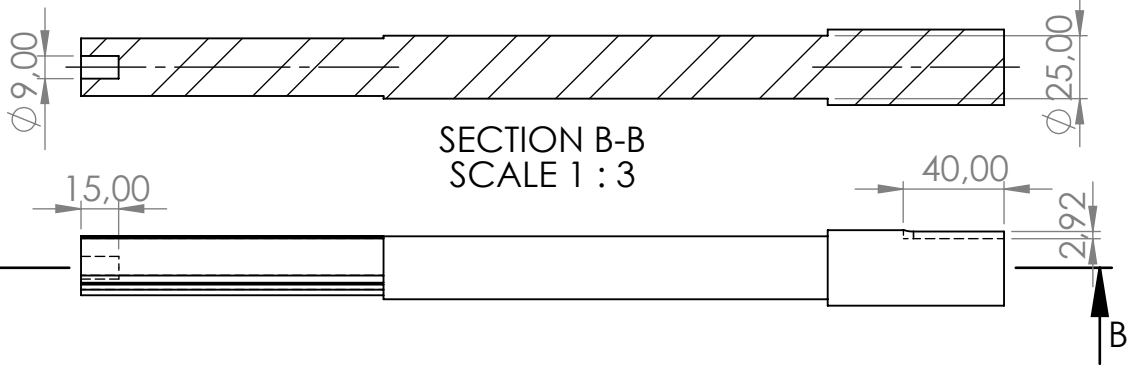
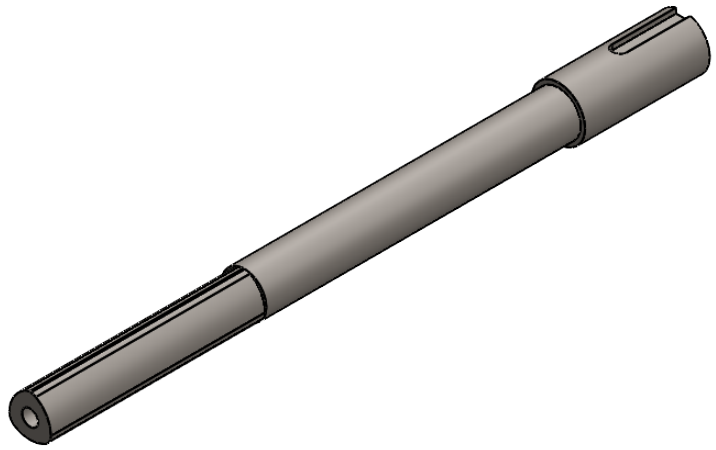
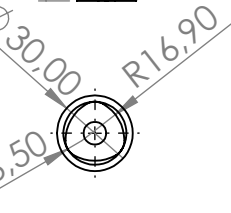
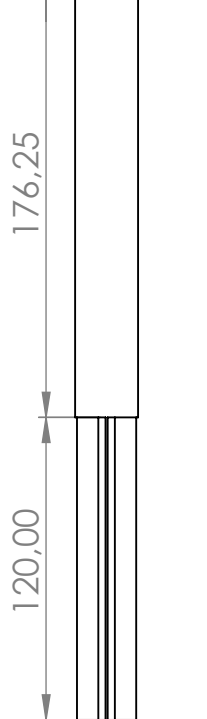
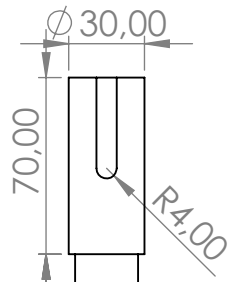
G2 X6.3125 Y18.7985 I1.5999 J-98.9871
X14.3943 Y15.2906 I-0.8289 J-12.9735
X15.2906 Y14.3943 I-14.3943 J-15.2906
X18.7985 Y6.3125 I-9.4656 J-8.9107
X18.7985 Y-6.3125 I-98.7985 J-6.3125
X15.2906 Y-14.3943 I-12.9735
J0.8289
X14.3943 Y-15.2906 I-15.2906
J14.3943
X6.3125 Y-18.7985 I-8.9107 J9.4656
X-6.3125 Y-18.7985 I-6.3125
J98.7985
X-14.3943 Y-15.2906 I0.8289
J12.9735
X-15.2906 Y-14.3943 I14.3943
J15.2906
X-18.7985 Y-6.3125 I9.4656 J8.9107
X-18.7985 Y6.3125 I98.7985 J6.3125
X-15.2906 Y14.3943 I12.9735 J-0.8289
X-14.3943 Y15.2906 I15.2906 J-14.3943
X-6.3125 Y18.7985 I8.9107 J-9.4656
X1.5999 Y18.9871 I6.3125 J-98.7985
G1 G40 X1.6484 Y21.9867
X-1.6484
Z-20.
G41 X-1.5999 Y18.9871 D1
G2 X6.3125 Y18.7985 I1.5999 J-98.9871
X14.3943 Y15.2906 I-0.8289 J-12.9735
X15.2906 Y14.3943 I-14.3943 J-15.2906
X18.7985 Y6.3125 I-9.4656 J-8.9107
X18.7985 Y-6.3125 I-98.7985 J-6.3125
X15.2906 Y-14.3943 I-12.9735
J0.8289
X14.3943 Y-15.2906 I-15.2906
J14.3943
X6.3125 Y-18.7985 I-8.9107 J9.4656
X-6.3125 Y-18.7985 I-6.3125
J98.7985
X-14.3943 Y-15.2906 I0.8289
J12.9735
X-15.2906 Y-14.3943 I14.3943
J15.2906
X-18.7985 Y-6.3125 I9.4656 J8.9107
X-18.7985 Y6.3125 I98.7985 J6.3125
X-15.2906 Y14.3943 I12.9735 J-0.8289
X-14.3943 Y15.2906 I15.2906 J-14.3943
X-6.3125 Y18.7985 I8.9107 J-9.4656
X1.5999 Y18.9871 I6.3125 J-98.7985
G1 G40 X1.6484 Y21.9867
X-1.6484
Z-22.
G41 X-1.5999 Y18.9871 D1

G2 X6.3125 Y18.7985 I1.5999 J-
98.9871
X14.3943 Y15.2906 I-0.8289 J-
12.9735
X15.2906 Y14.3943 I-14.3943 J-
15.2906
X18.7985 Y6.3125 I-9.4656 J-8.9107
X18.7985 Y-6.3125 I-98.7985 J-
6.3125
X15.2906 Y-14.3943 I-12.9735
J0.8289
X14.3943 Y-15.2906 I-15.2906
J14.3943
X6.3125 Y-18.7985 I-8.9107 J9.4656
X-6.3125 Y-18.7985 I-6.3125
J98.7985
X-14.3943 Y-15.2906 I0.8289
J12.9735
X-15.2906 Y-14.3943 I14.3943
J15.2906
X-18.7985 Y-6.3125 I9.4656 J8.9107
X-18.7985 Y6.3125 I98.7985 J6.3125
X-15.2906 Y14.3943 I12.9735 J-
0.8289
X-14.3943 Y15.2906 I15.2906 J-
14.3943
X-6.3125 Y18.7985 I8.9107 J-9.4656
X1.5999 Y18.9871 I6.3125 J-98.7985
G1 G40 X1.6484 Y21.9867
X-1.6484
Z-24.
G41 X-1.5999 Y18.9871 D1
G2 X6.3125 Y18.7985 I1.5999 J-
98.9871
X14.3943 Y15.2906 I-0.8289 J-
12.9735
X15.2906 Y14.3943 I-14.3943 J-
15.2906
X18.7985 Y6.3125 I-9.4656 J-8.9107
X18.7985 Y-6.3125 I-98.7985 J-
6.3125
X15.2906 Y-14.3943 I-12.9735
J0.8289
X14.3943 Y-15.2906 I-15.2906
J14.3943
X6.3125 Y-18.7985 I-8.9107 J9.4656
X-6.3125 Y-18.7985 I-6.3125
J98.7985
X-14.3943 Y-15.2906 I0.8289
J12.9735
X-15.2906 Y-14.3943 I14.3943
J15.2906
X-18.7985 Y-6.3125 I9.4656 J8.9107
X-18.7985 Y6.3125 I98.7985 J6.3125
X-15.2906 Y14.3943 I12.9735 J-
0.8289
X-14.3943 Y15.2906 I15.2906 J-
14.3943
X-6.3125 Y18.7985 I8.9107 J-9.4656
X1.5999 Y18.9871 I6.3125 J-98.7985
G1 G40 X1.6484 Y21.9867
X-1.6484
Z-26.
G41 X-1.5999 Y18.9871 D1

G2 X6.3125 Y18.7985 I1.5999 J-98.9871
X14.3943 Y15.2906 I-0.8289 J-12.9735
X15.2906 Y14.3943 I-14.3943 J-15.2906
X18.7985 Y6.3125 I-9.4656 J-8.9107
X18.7985 Y-6.3125 I-98.7985 J-6.3125
X15.2906 Y-14.3943 I-12.9735
J0.8289
X14.3943 Y-15.2906 I-15.2906
J14.3943
X6.3125 Y-18.7985 I-8.9107 J9.4656
X-6.3125 Y-18.7985 I-6.3125
J98.7985
X-14.3943 Y-15.2906 I0.8289
J12.9735
X-15.2906 Y-14.3943 I14.3943
J15.2906
X-18.7985 Y-6.3125 I9.4656 J8.9107
X-18.7985 Y6.3125 I98.7985 J6.3125
X-15.2906 Y14.3943 I12.9735 J-0.8289
X-14.3943 Y15.2906 I15.2906 J-14.3943
X-6.3125 Y18.7985 I8.9107 J-9.4656
X1.5999 Y18.9871 I6.3125 J-98.7985
G1 G40 X1.6484 Y21.9867
X-1.6484
Z-28.
G41 X-1.5999 Y18.9871 D1
G2 X6.3125 Y18.7985 I1.5999 J-98.9871
X14.3943 Y15.2906 I-0.8289 J-12.9735
X15.2906 Y14.3943 I-14.3943 J-15.2906
X18.7985 Y6.3125 I-9.4656 J-8.9107
X18.7985 Y-6.3125 I-98.7985 J-6.3125
X15.2906 Y-14.3943 I-12.9735
J0.8289
X14.3943 Y-15.2906 I-15.2906
J14.3943
X6.3125 Y-18.7985 I-8.9107 J9.4656
X-6.3125 Y-18.7985 I-6.3125
J98.7985
X-14.3943 Y-15.2906 I0.8289
J12.9735
X-15.2906 Y-14.3943 I14.3943
J15.2906
X-18.7985 Y-6.3125 I9.4656 J8.9107
X-18.7985 Y6.3125 I98.7985 J6.3125
X-15.2906 Y14.3943 I12.9735 J-0.8289
X-14.3943 Y15.2906 I15.2906 J-14.3943
X-6.3125 Y18.7985 I8.9107 J-9.4656
X1.5999 Y18.9871 I6.3125 J-98.7985
G1 G40 X1.6484 Y21.9867
X-1.6484
Z-30.
G41 X-1.5999 Y18.9871 D1

G2 X6.3125 Y18.7985 I1.5999 J-
98.9871
X14.3943 Y15.2906 I-0.8289 J-
12.9735
X15.2906 Y14.3943 I-14.3943 J-
15.2906
X18.7985 Y6.3125 I-9.4656 J-8.9107
X18.7985 Y-6.3125 I-98.7985 J-
6.3125
X15.2906 Y-14.3943 I-12.9735
J0.8289
X14.3943 Y-15.2906 I-15.2906
J14.3943
X6.3125 Y-18.7985 I-8.9107 J9.4656
X-6.3125 Y-18.7985 I-6.3125
J98.7985
X-14.3943 Y-15.2906 I0.8289
J12.9735
X-15.2906 Y-14.3943 I14.3943
J15.2906
X-18.7985 Y-6.3125 I9.4656 J8.9107
X-18.7985 Y6.3125 I98.7985 J6.3125
X-15.2906 Y14.3943 I12.9735 J-
0.8289
X-14.3943 Y15.2906 I15.2906 J-
14.3943
X-6.3125 Y18.7985 I8.9107 J-9.4656
X1.5999 Y18.9871 I6.3125 J-98.7985
G1 G40 X1.6484 Y21.9867
Z2.
G0 Z10.
M5
G91 G28 Z0.
G28 X0. Y0.
G90

G0 G53 A0.
M30
%



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

MATERIAL:

WEIGHT:

DWG NO.

Shaft P3G

A4

SCALE: 1:3

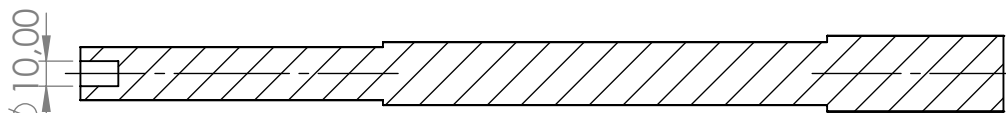
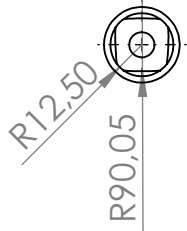
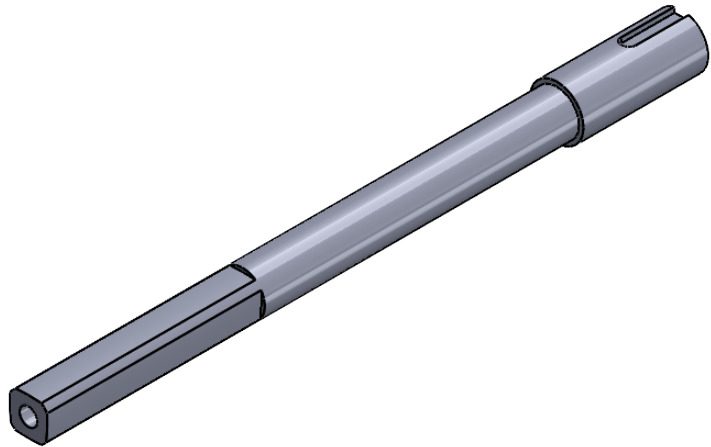
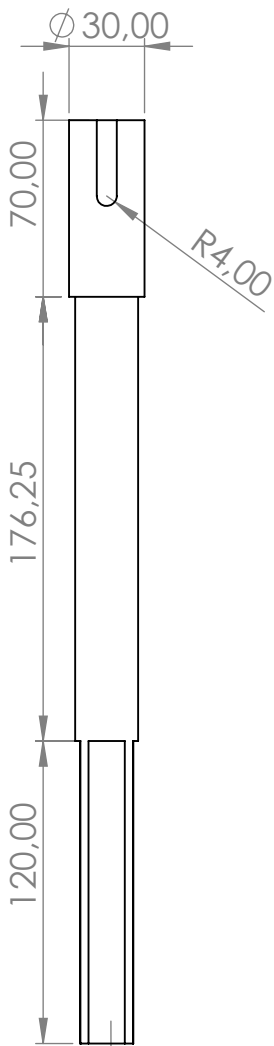
SHEET 1 OF 1

F
E
D
C
B
A

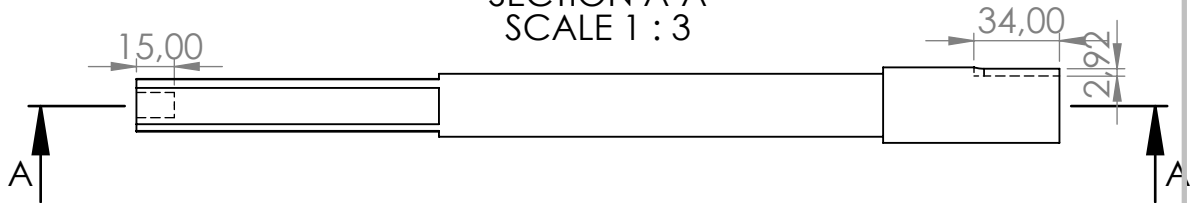
F
E
D
C
B
A

4 3 2 1

4 3 2 1



SECTION A-A
SCALE 1 : 3



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:		DWG NO.	
Shaft P4C		A4	
		SCALE: 1:3	
WEIGHT:		SHEET 1 OF 1	