

# Pengaruh Waktu Proses Permesinan dari Penetapan Urutan Pahat Proses terhadap Sumbu z

**Lobes Herdiman**

Jurusan Teknik Industri – UNS  
Laboratorium Perancangan dan Perencanaan Produk

---

## **Abstract**

*This paper will discuss about CNC turning machining process. One of the way to increase productivity in CNC machining process is by tooling process sequencing in processing workpiece feature. Tool sequencing in CNC turning machining process can be made by comparing tool sequencing process model 1 (turning3. SD1) with tool sequence process model 2 (turning1. SD1), these activity is needed to measure the distance effect from workpiece cutting process with tool in z axis. Comparison between model 1 and model 2 can be a guidance to achieve the optimum processing time. This paper is expected could explain how to increase processing time productivity by feeding tool sequence for cutting process. Another advantage from feeding tool sequence is the short cutting time that directly decrease maximum cutting ( $F_{l_{max}}$ ) and also unproper NC machining program.*

**Keywords:** *Tooling process sequencing, CNC turning, z axis, Optimize cutting time processes*

---

## **1. Pendahuluan**

Pengembangan *software* NC sekarang ini menjadikan pilihan utama dalam pengerjaan benda kerja yang berkaitan dengan memperkecil waktu proses bagi beberapa industri yang memerlukan keakuratan proses manufakturnya. Saat ini, bidang permukaan penyayatan logam (baik dalam bentuk bebas) banyak digunakan di industri suku cadang. Modul desain yang dirancang menjadi suatu hubungan secara menyeluruh satu dengan lainnya, sehingga membuat hal penting dari sistem CAD. Selanjutnya sistem CAD dengan adanya pemahaman penyayatan permukaan diperlukan suatu perhatian yang didukung dari literatur secara luas. Bidang permukaan penyayatan yang dihasilkan menjadi baik bilamana dimengerti langkah-langkah proses penyayatan yang harus dilakukan dan ketersediaan algoritma yang dapat memberikan penyelesaian efektif dan efisien terhadap desain *feature* yang dibuat.

Gambar kerja yang dirancang pada sistem CAD hanya sedikit mengalami perubahan pada waktu penerapan di proses manufaktur. Proses manufaktur dari komponen suku cadang (seperti komponen bagian *dies* dan *molding*), dasar pembuatan ini menunjukkan penyayatan permukaan, sering menjadi dasar logika penetapan program kendali numerik (NC) yang berhubungan terhadap permasalahan seperti spesifikasi gerakan dan pemakaian pahat, sehingga diperlukan algoritma yang dapat menjelaskan suatu pendekatan aplikasi yang dapat diterapkan agar mampu menyelesaikan persoalan yang lebih kompleks. Perintah permesinan NC mampu meningkatkan kemampuan kualitas permukaan pada saat proses *finishing*, walaupun bagaimanapun proses permesinan NC harus mengikuti langkah prosedur manualnya. Berbantuan sistem CAD-CAM pada mesin NC tidak akan menjadi pertambahan biaya, tetapi sebaliknya model CAD yang telah dirancang maka tidak memerlukan waktu yang lebih lama dalam memvalidasinya agar diperoleh hasil yang akurat pada penempatan pahat dan pemakaian pahat,

pada saat proses penyayatan yang akan dilakukan pada benda kerja. Sebelum memahami proses pengerjaan benda kerja dengan pendekatan penyelesaian permasalahan didasarkan 5 sumbu proses permesinan ataupun pendekatan 3 sumbu permesinan pada proses CNC milling, dalam paper ini terlebih dahulu menengahkan dengan 1 sumbu permesinan pada permasalahan CNC turning agar dapat dipahami terlebih dahulu dari maksud dan kegunaan penempatan sumbu pada benda kerja.

Suatu survai yang ada pada buku-buku matematika dasar untuk permesinan NC terhadap penyelesaian permukaan yang ditulis oleh Marciniac dan Radzevich, bahwa kedua penulis ini menjelaskan konsep-konsep dasar untuk posisi pahat (*tool positioning*) penempatan *gauge-bebas* pada permesinan dan simulasi NC serta bagaimana untuk verifikasi hasil dalam mengevaluasinya. Pada beberapa penelitian memungkinkan adanya konfigurasi bermacam-macam dari posisi pahat secara relatif terhadap sebuah benda kerja, walaupun adanya perbedaan dibawah aspek-aspek yang meliputi derajat kebebasan dari gerakan pahat terhadap benda kerja, hubungan antara pahat dengan benda kerja, titik kontak dan posisi pahat, juga demikian kelebihan dan kekurangan terhadap hal-hal yang tidak dikehendaki adanya tumbukan antara pahat dan benda kerja. Sehingga, seberapa jauh pengaruh penempatan penggantian pahat pada sumbu z dengan penempatan titik referensi pada benda kerja yang berbentuk silinder yang ditinjau dari tengah benda kerja pada waktu penyelesaian waktu proses, agar diperoleh posisi potong yang optimal pada CNC turning.

Kesinambungan dari metode pendekatan geometri setempat (*local geometry*) bagi pemilihan pahat (*tool selection*), perencanaan gerakan dan inspeksi keberhasilan pemotongan dari pahat, hal ini menjadi penting sebagai catatan bahwa paper ini menggunakan pendekatan dari urutan proses pahat pada waktu eksekusi penyayatan permukaan benda kerja, dengan bentuk dimensi benda kerja silinder berdiameter  $\varnothing$  30 mm, panjang 110 mm. Tetapi, masih tetap mempertimbangkan ketajaman pemotongan efektif agar diperoleh penentuan posisi pemotongan optimal dari bidang permukaan penyayatan.

Makalah ini bertujuan yaitu menentukan posisi potong yang mampu turning pada proses setempat (*locally turnability cutting position*) berdasarkan pembentukan permukaan potong yang optimal dari rancangan bidang permukaan pada titik kontak benda kerja, menghitung waktu penyelesaian dari keseluruhan proses yang secara relatif dari posisi potong pada titik kontak yang telah ditentukan. Sedangkan, keuntungan yang diperoleh yaitu terhadap keberhasilan dalam penetapan kualitas permukaan permesinan bertambah baik yang diukur melalui penetrasian pahat turning (*depht*) dengan memperhatikan kehalusan permukaan benda kerja yang dihasilkan.

## 2. Tujuan Pustaka

Proses manufaktur dapat dikatakan penting bilamana suatu proses yang disertakan efisien dan mampu untuk memproduksi suku cadang dengan mutu yang dapat diterima. Setelah proses *finishing*, logam diubah melalui beberapa proses awal untuk membentuk dan menempatkan sesuai kepentingan penggunaan komersial. Produk akhir seringkali didapat dengan memesin bentuk awal menjadi suatu ukuran, sehingga prinsip penyayatan logam seyogyanya dipahami dengan baik agar dapat diterapkan secara ekonomis.

- a. Kecepatan potong dan pemakanan

Kecepatan potong dinyatakan dalam meter tiap menit pada proses mesin turning yang merupakan kecepatan permukaan atau kecepatan benda kerja melintasi alat pemotong, dapat dinyatakan dengan rumus secara sederhana, yaitu:

$$V = \pi d n / 1000$$

dengan; V : kecepatan potong, meter tiap menit  
 $\pi$  : 3,1416....  
 d : diameter, millimeter  
 n : kecepatan putar, putaran tiap menit

Dalam pekerjaan mesin turning, faktor yang tidak diketahui adalah kecepatan kerja atau istilahnya yaitu n. Istilah pemakaian (*feed*) menunjukkan kecepatan dari pahat pemotong atau ke dalam permukaan benda kerja. Pada mesin turning yang benda kerjanya berputar, hantaran dinyatakan dalam millimeter tiap putaran, salah satu dari faktor dapat memaksa penurunan pemakaian meliputi kecepatan potong yang sangat meningkat, benda kerja yang lebih keras, benda kerja lebih ulet, media pendingin kurang, pahat tumpul atau pengurangan kekakuan dalam benda kerja atau mesin, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Rpm} &= (v * 12) / (\pi * d) \\ \text{Feed rate} &= (\text{feed/rev}) * \text{RPM} \\ \text{New feed rate} &= \frac{\text{Circle}\emptyset \pm \text{Cutter } \emptyset}{\text{Circle } \emptyset} \end{aligned}$$

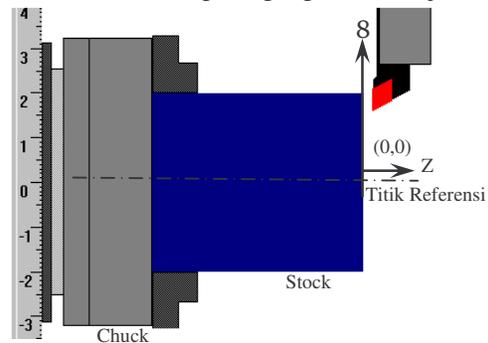
Kemampuan permesinan yang baik bukan hanya mampu semata-mata penyelesaian permukaan yang baik, tetapi lebih ditujukan juga pada keekonomisan yang dihubungkan dengan pelepasan logam. Kemampuan permesinan adalah tingkatan dari logam yang tergantung pada umur pahat dan gaya pahat. Bahan yang dihubungkan dengan gaya yang kecil dan umur pahat yang awet, memungkinkan penyayatan secara murah sesuai dengan penyelesaian yang memuaskan, dan bahan yang memiliki kemampuan permesinan yang paling baik.

#### b. Titik referensi pada *base-feature* benda kerja

Waktu pemotongan dapat diturunkan dengan merencanakan titik referensi yang tepat terhadap *base-feature* benda kerja. Penetapan titik referensi juga termasuk pertimbangan waktu penggantian pahat (dengan pahat yang akan dipakai pada langkah permesinan yang dimaksud). Hal ini berlaku bagi mesin perkakas NC, pada umumnya benda kerja diselesaikan dalam beberapa langkah permesinan tanpa mengambilnya dari mekanisme pemegang benda kerja.

Titik referensi pada proses CNC turning, perhitungan atau kompensasi yang meliputi titik referensi (r), titik nol mesin (m), titik referensi pemegang pahat potong (n) dan titik nol benda kerja (w). Titik referensi (r) dimaksudkan untuk sinkronisasi sistem pengukuran seperti ditunjukkan pada gambar 1 dibawah ini.

Setelah menghidupkan mesin, titik referensi harus dicapai, maka kriteria penempatan posisi titik referensi seyogyanya ditempatkan diluar ruang benda kerja atau diluar alat potong terpasang.

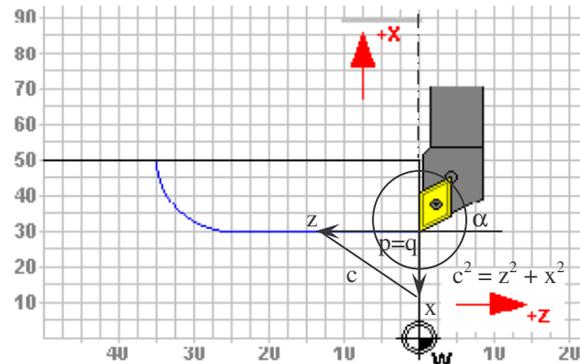


**Gambar 1.** Titik referensi pada CNC turning

### c. Kemampuan sayatan pahat turning

Penggambaran kemampuan sayatan turning ditinjau pada saat batasan kehalusan pada bidang permukaan, sebagai  $c^2$  terhadap permukaan lain dipertimbangkan seperti halnya pada gambar 2 ini.

Selanjutnya  $z$  dirancang untuk penyayatan permukaan yang dibatasi oleh kekerasan benda kerja, dan kekerasan benda kerja yang digambarkan sebagai interior pada  $z$  dengan daerah bidang sayat disebut eksterior  $z$ . Keberhasilan terhadap obyek daerah bidang sayat pada  $x$  sayat oleh pahat (*cutter*) tanpa dibawah bidang penyayatan pada benda kerja dari  $z$ , sehingga merupakan jumlah sigma ( $\Sigma$ ) bidang penyayatan permukaan. Perkakas



Gambar 2. Kemampuan sayatan pahat turning

potong yang meliputi bentuk geometri perkakas potong, kecembungan permukaan benda kerja yang berpengaruh pada bidang potong pahat terhadap sudut yang dibentuk, secara keseluruhan dapat diabaikan dari titik geometri. Kenyataannya pahat potong terdiri dari bagian bidang tajam dan bagian aktif.

### 3. Pemecahan Masalah

Pengembangan dari langkah penyelesaian mengenai pengaruh penempatan pahat proses CNC turning terhadap waktu proses permesinan pada CAD-CAM, struktur pembuatan program CNC turning menggunakan perangkat aplikasi, yaitu :

- Software desain CAD : EMCO draft versi 7.54
- CAM untuk CNC turning : EMCO draft versi 7.54
- Bahasa pemograman : Emcotronic
- Bahan atau material : Durallium (Al) dengan bentuk silinder berdiameter  $\varnothing 30$  mm dengan panjang 110 mm
- Tempat : Laboratorium Perancangan dan Perencanaan Produk (P3) Teknik Industri UNS

Pemecahan masalah yang dilakukan terhadap pengaruh penempatan pahat proses CNC turning didasarkan identifikasi permasalahan dalam melakukan penyayatan pada proses turning itu sendiri. Penetapan perintah G kode pemrosesan pada turning dengan memperkirakan pahat mana yang akan digunakan sebagai pelaksana penyayatan yang sesuai dengan desain *feature* benda kerja yang akan dicapai, pahat pemotong yang digunakan seperti dijelaskan pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Pahat potong yang digunakan

No.	Nomor Tools Post	Jenis Pahat
1	T0101	Roughing
2	T0404	Center
3	T0505	Grooving
4	T0606	Treading

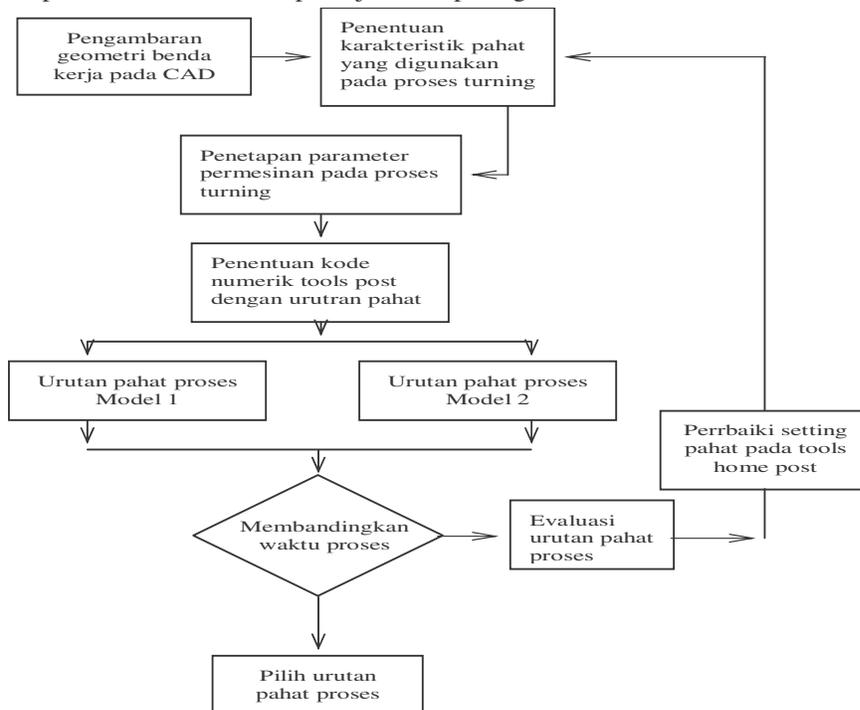
Bidang permukaan yang akan diturning dinyatakan sebagai bidang z, permukaan penyayatan merupakan jumlah sigma ( $\Sigma$ ) melalui gerakan yang menyelimuti permukaan yang telah ditetapkan sebagai permukaan z. Sehingga, waktu yang lebih cepat dapat dimungkinkan untuk posisi langsung pada permukaan bidang penyayatan dengan sudut tangen z pada titik sayat, seterusnya disebut sebagai titik kontak sayatan. Walaupun secara praktisnya bahwa benda kerja dan pergerakan pahat potong tidaklah cukup untuk pertimbangan sebagai gerakan relatif dan pertimbangan z yang telah ditetapkan.

Sedangkan perbandingan produktivitas untuk mengukur sejauhmana keefektifan dari penempatan pahat proses dari langkah proses turning adalah dengan menilai waktu proses yang diselesaikan selama penyelesaian pengerjaan benda kerja, dimana sebagai perbandingan efektifitas penggunaan pahat dapat dijelaskan pada tabel 2 dibawah ini.

**Tabel 2.** Perbandingan pelaksanaan proses turning

Model 1 (Turning3.SD1)		Model 2 (Turning1.SD1)	
No. Slot	Urutan Pahat	No. Slot	Urutan Pahat
T0101	Roughing	T0101	Roughing
T0404	Center	T0505	Grooving
T0505	Grooving	T0404	Center
T0606	Threading	T0606	Threading

Ukuran parameter lain yang digunakan dalam pembuatan skrip program CNC turning memakai sistem absolut, *feeding* yang digunakan sebesar 100 mm/ min, *speed* yang dipakai 100 rpm, dalamnya penetrasian (*depth*) adalah 1 mm dan *finishing* setebal 0.5 mm, sedangkan pendekatan pemecahan masalah dapat dijelaskan pada gambar 3 dibawah ini.



**Gambar 3.** Langkah pemecahan masalah

#### 4. Pembahasan

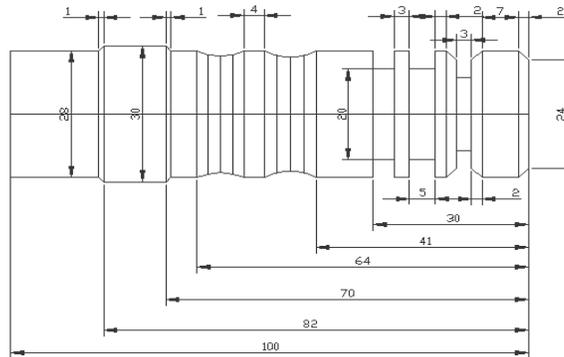
Sebelum dilakukan pembahasan lebih lanjut, terlebih dahulu dilakukan penggambaran benda kerja melalui gambar teknik dalam desain produk atau suku cadang dari *base-feature* beserta bentuk dan ukuran bahan yang ada, maka dapat direncanakan langkah pengerjaan dengan urutan yang paling baik (logik), pengukuran terhadap pengurangan waktu proses seperti pada gambar 4 dibawah ini.

Selanjutnya memformulasikan definisi titik referensi terhadap sumbu z pada sistem koordinat sumbu penempatan pahat potong. Pada permukaan z dapat dinyatakan sebagai mampu turning melalui jumlah pemotongan  $\sum a(p)$  sebagai titik pemotongan (p), bilamana (1) pembentukan profil desain pada benda kerja yang dibatasi oleh z dan  $\sum a(p)$  tidak mempunyai titik potong yang biasanya ditentukan, apakah untuk langkah *roughing* ataupun langkah

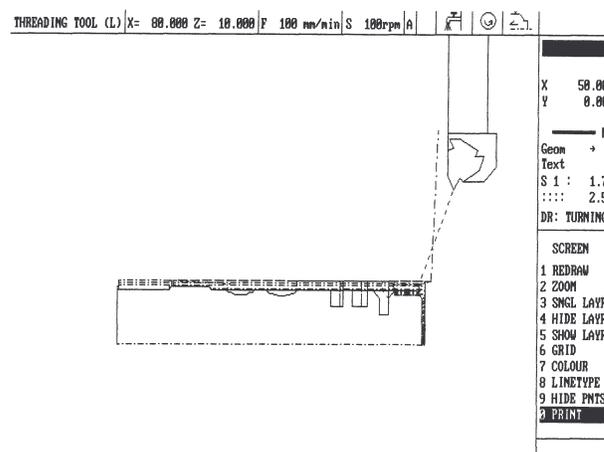
*following countur* pada profil benda benda kerja terkecuali titik p, (2) permukaan  $\sum a(p)$  dan z tidak mempunyai pengerjaan kedua pada titik kontak p, seperti dijelaskan pada gambar 5 dibawah ini.

Studi waktu dari pergerakan bidang permukaan penyayatan yang dilakukan oleh pahat turning ditentukan berdasarkan posisi dari geometri *base-feature* benda kerja dengan posisi urutan pahat proses yang berbeda dari titik sumbu z yang sama. Hasil dari perbandingan model 1 dan model 2 dapat dijelaskan pada gambar 6 sebagai grafik waktu proses penyayatan pada geometri countur *base feature* benda kerja dan skrip program G kode yang dapat dijelaskan pada tabel 3 perbandingan waktu proses antara kedua model di atas.

Grafik waktu proses permesinan menjelaskan bahwa model 2 dapat memberikan rekomendasi lebih baik dibandingkan model 1, yang mana selama waktu proses berlangsung kondisi pada gaya pemakanan pada pahat lebih aman dari terjadinya ketumpulan. Pada model 2 kestabilan pembebanan proses pada mesin saat penyayatan dilakukan lebih stabil dibandingkan model 1, bilamana membandingkan total waktu proses antara model 1 dan model 2 tidak begitu

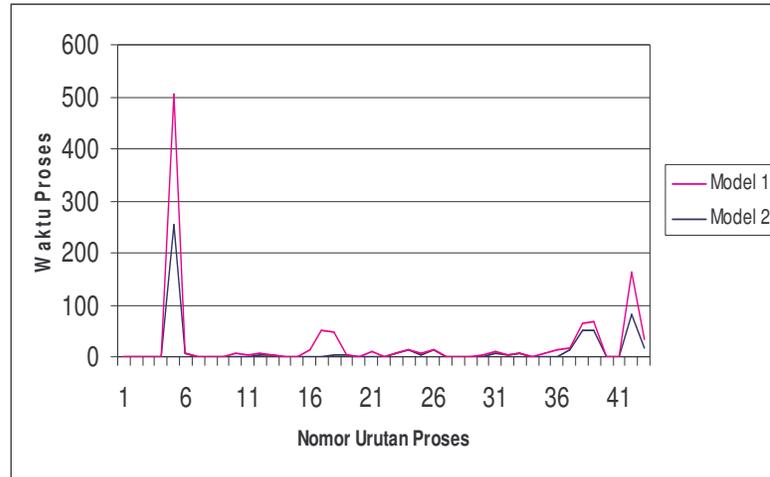


Gambar 4. Ukuran benda kerja



Gambar 5. Tool travel pada CAM

cukup signifikan. Tetapi, tidaklah semata-mata menekankan total waktu yang dicapai antara kedua model bersangkutan



Gambar 6. Grafik waktu proses permesinan

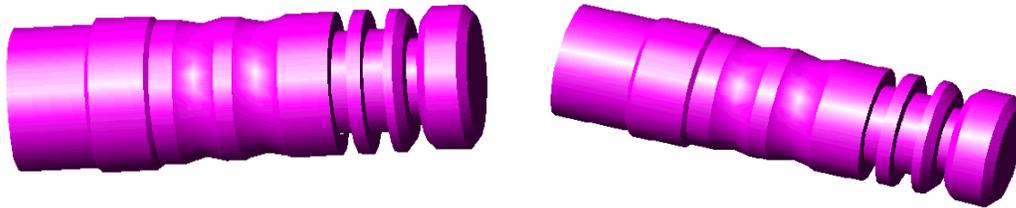
Bahasa skrip program kendali numerik (NC) G kode untuk pergerakan pahat antara model 1 ataupun model 2 seperti dijelaskan pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Perbandingan skrip program CNC turning

Model 1 (turning3.SD1)			Model 2 (turning1.SD1)		
Program	Page	Machining Time	Program	Page	Machining Time
Program : TURNING3.SD1	Page : 1		Program : TURNING1.SD1	Page : 1	
N0020 G54 G56 G40 G67 F3		0:00:00	N0010 G54 G56 G40 G67 F3		0:00:00
N0030 G94 G97 G90 F100 S100 T101 M8 M4		0:00:00	N0020 G94 G97 G90 F100 S100 T101 M8 M4		0:00:00
N0040 G64 X170 Z165		0:00:00	N0030 G64 X170 Z165		0:00:00
N0050 G00 X33 Z3		0:00:62	N0040 G00 X33 Z3		0:00:62
N0060 G23 X0 Z0 L1 P5=0.3 P6=30 D3=1000 D6=100 D7=2 D8=1 D9=3		4:13:24	N0050 G23 X0 Z0 L1 P5=0.3 P6=30 D3=1000 D6=100 D7=2 D8=1 D9=3		4:13:24
N0070 G00 X33 Z-41		0:00:67	N0060 G01 X33 Z-9		0:07:20
N0080 T404		0:00:19	N0070 T505		0:00:10
N0090 G42		0:00:00	N0080 G00 X33 Z-11		0:00:14
N0100 G00 X28 Z-41		0:00:16	N0090 G86 X16 Z-14 D3=1000 D5=3000		0:08:46
N0110 G02 Z-51 I8.66 K-5		0:06:28	N0100 G00 X33 Z-9		0:00:14
N0120 G01 Z-35		0:02:40	N0110 G01 X28		0:01:50
N0130 G02 Z-64 I8.93 K-4.5		0:05:60	N0120 X24 Z-11		0:01:70
N0140 G01 X28.8		0:00:24	N0130 X16		0:02:40
N0150 G40		0:00:00	N0140 X16.2 Z-11.1		0:00:08
N0160 G01 X30.921 Z-62.939		0:00:90	N0150 G00 X33		0:00:29
N0170 X33 Z-83		0:12:05	N0160 G00 Z-13		0:00:13
N0180 G23 X30 Z-82 L2 P5=0.3 P6=30 D3=1000 D6=100 D7=2 D8=1 D9=3		0:50:79	N0170 G01 X28		0:01:50
N0190 G01 X33 Z-9		0:44:40	N0180 X24 Z-11		0:01:70
N0200 T506		0:00:00	N0190 X16		0:02:40
N0210 G00 X33 Z-11		0:00:14	N0200 X16.2 Z-11.1		0:00:08
N0220 G86 X16 Z-14 D3=1000 D5=3000		0:08:46	N0210 G00 X33		0:00:29
N0230 G00 X33 Z-9		0:00:14	N0220 G00 Z-9		0:00:14
N0240 G01 X28		0:01:50	N0230 G01 X33 Z-18		0:05:40
N0250 X24 Z-11		0:01:70	N0240 G86 X20 Z-23 D3=1000 D5=3000		0:13:24
N0260 X16		0:02:40	N0250 G01 X33 Z-26		0:04:80
N0270 X16.2 Z-11.1		0:00:08	N0260 G86 X20 Z-30 D3=1000 D5=3000		0:13:16
N0280 G00 X33		0:00:29	N0270 G00 X33 Z-41		0:00:39
N0290 G00 Z-13		0:00:13	N0280 T404		0:00:00
N0300 G01 X28		0:01:50	N0290 G42		0:00:00
N0310 X24 Z-11		0:01:70	N0300 G00 X28 Z-41		0:00:16
N0320 X16		0:02:40	N0310 G02 Z-51 I8.66 K-5		0:06:28
N0330 X16.2 Z-11.1		0:00:08	N0320 G01 Z-55		0:02:40
N0340 G00 X33		0:00:00	N0330 G02 Z-64 I8.93 K-4.5		0:05:60
N0350 G00 Z-9		0:00:14	N0340 G01 X28.8		0:00:24
N0360 G01 X33 Z-18		0:05:40	N0350 G40		0:00:00
N0370 G86 X20 Z-23 D3=1000 D5=3000		0:13:24	N0360 G01 X30.921 Z-62.939		0:00:90
N0380 G01 X33 Z-26		0:04:80	N0370 X33 Z-83		0:12:05
N0390 G86 X20 Z-30 D3=1000 D5=3000		0:13:16	N0380 G23 X30 Z-82 L2 P5=0.3 P6=30 D3=1000 D6=100 D7=2 D8=1 D9=3		0:50:79
N0400 G01 X33 Z2.5		0:17:10	N0390 G01 X33 Z2.5		0:51:30
N0410 T606		0:00:00	N0400 T606		0:00:10
N0420 G00 X31 Z-1		0:00:19	N0410 G00 X31 Z-1		0:00:19
N0430 G85 X26 Z-9 P2=-0.5 D3=100 D5=60 D6=1000 D7=1 F1000		1:20:74	N0420 G85 X26 Z-9 P2=-0.5 D3=100 D5=60 D6=1000 D7=1 F1000		1:20:74
N0440 C01 X80 Z10 F100		0:16:11	N0430 G01 X80 Z10 F100		0:16:11
Total		9:09:40	Total		9:06:12
Totl. main		8:45:12	Totl. main		8:42:12
Totl. misc		0:24:27	Totl. misc		0:23:59

Kinerja penyayatan pahat pada benda kerja didasarkan waktu total proses permesinan yang dilakukan untuk kondisi model 1 sebesar 549,40 detik dan kondisi model 2 sebesar 546,12 detik, tidaklah cukup signifikan bila ditinjau dari pengurangan waktu bilamana tanpa membandingkan dengan volume produksi yang harus dibuat oleh mesin CNC turning bersangkutan. Bilamana volume produksi sebagai pertimbangan, maka menjadi penting untuk

memproduksi atas pembebanan mesin. Sehingga, berdasarkan kembali pada gambar 6 maka dapat diambil suatu tindakan bahwa model 2 sebagai pertimbangan yang lebih baik untuk menghasilkan benda kerja yang dari program numerik di atas seperti dijelaskan pada gambar 7 dibawah ini.



**Gambar 7.** Feature benda kerja hasil rancangan program numerik

Skrrip program kendali numerik yang dibuat agar mampu sesuai dengan hasil kinerja mesin perkakas CNC turning, yang mana listing program diperlukan adanya terlebih dahulu penyesuaian di *post processor* dari program Emco draft 7.54. Hal ini dilakukan agar diperoleh program numerik yang telah tersusun dan terevaluasi menjadi lebih maksimal dalam aplikasi di mesin CNC turning.

## 5. Kesimpulan dan Saran

Dapat diambil kesimpulan bahwa pendekatan model 2 menghasilkan kondisi terhadap gaya pembebanan longitudinal ( $FL_{maks}$ ) lebih baik dibandingkan dengan pendekatan model 1, hal ini menjelaskan untuk *feeding* yang digunakan sebesar 100 mm/ min, *speed* yang dipakai 100 rpm, dalamnya penetrasian (*depth*) adalah 1 mm dan *finishing* setebal 0.5 mm menjadi lebih aman terhadap pemakaian pahat. Urutan pahat proses *roughing-grooving-center-threading* menghasilkan bidang permukaan sayatan yang lebih representatif, bila urutan pahat *roughing-center-grooving-threading* terhadap adanya ketumpulan mata pahat dan kestabilan sayatan pahat. Walaupun penurunan waktu total proses antara model 1 dengan model 2 yaitu hanya 0,597 % akan tetapi untuk penurunan waktu non produktif cukup signifikan sebesar 1,15%.

Pengaturan urutan pahat potong terhadap bidang permukaan penyayatan benda kerja akan lebih baik dengan memperhatikan titik kontak mata pahat pada bidang sayat dan tetap melibatkan gaya radial ataupun gaya tangensial pada benda kerja agar dapat diperoleh kualitas potong permukaan yang memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan sebagai target tujuan keberhasilan proses turning itu sendiri.

## DAFTAR PUTAKA

- Choi BK, Kim DH Jerard RB., (1997). *C-space approach to tool-parth generation for die and mold machining*. *Computer Aided Desain*, (29), pp. 657-669.
- Groover M.P., (2001). *Fundamentals of modern manufacturing, material, processes and systems*. Wiley: 2 nd edition.
- Hosclek J., Lasser D., (1993). *Fundamentals of computer aided geometric design*. Wellesley: AK Peters.

- Lobes Herdiman, (2002). *Referensi modul CAD-CAM turning dan milling*. Laboratorium perancangan dan perencanaan produk, Teknik Industri UNS.
- Marciniak K., (1991). *Geometric modelling for numerically controlled machining*, New York: Oxford University Press.
- Radzevich SP., (1991). *Multi-axis nc machining of sculptured surface part surface*. Kiev: Vishcha Shcola Publishers.
- Susy Susmartini, Lobes Herdiman, (2002). *Editibility pemograman cnc-milling dengan memperhatikan pemotongan ekonomik sebagai pengurangan waktu proses pada cnc milling center machine*. *Performa Media Ilmiah Teknik Industri*, (1), pp.1-13.