

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

1. Diperoleh urutan prioritas faktor yang digunakan untuk membuat modul pembelajaran *FeatureCAM* pada mata kuliah PP1, antara lain sebagai berikut:
 - a. *Standard Operational Procedure (SOP)*, dengan urutan prioritas atribut sebagai berikut:
 - a.1. *FeatureCAM interface/navigation*.
 - a.2. Pemilihan strategi permesinan.
 - a.3. *Setting parameter proses*.
 - a.4. Pemilihan *cutting tools*.
 - a.5. Verifikasi hasil dengan simulasi.
 - a.6. Pembuatan *NC code*.
 - a.7. Prosedur *transfer NC code*.
 - b. Jenis fungsi *FeatureCAM* yang dibutuhkan.
 - c. Kedalaman materi.
 - d. Alokasi waktu pembelajaran.
2. Diperoleh satu eksemplar modul pembelajaran *FeatureCAM* yang disusun berdasarkan kebutuhan mata kuliah PP1 Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

6.2. Saran

Selanjutnya peneliti memberikan saran antara lain sebagai berikut:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai verifikasi hasil yang diperoleh dari simulasi *FeatureCAM* dengan hasil aktual pada proses permesinan, untuk mengetahui apakah diperoleh hasil yang identik atau terdapat ketidaksesuaian.
2. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan pada materi *FeatureCAM* yang belum dibahas pada penelitian ini, seperti fungsi *wire-EDM*, *simulation machine design*, dan sebagainya.
3. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan untuk mengetahui kelebihan atau kekurangan *FeatureCAM* dibandingkan dengan *CAM software* lainnya, dengan mengambil sebuah kasus pembuatan produk tertentu.
4. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai pembuatan modul pembelajaran *Powermill* pada mata kuliah PP1, untuk memberikan panduan pengoperasian dan penggunaan *software* yang lebih baik kepada mahasiswa.
5. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai evaluasi hasil pembelajaran *FeatureCAM* dengan modul ini oleh peserta mata kuliah PP1 pada semester gasal 2012/2013. Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan *feedback*, bagi peserta kuliah PP1, asisten, ataupun dosen, untuk pengembangan modul selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Cross, Nigel, 2000, Engineering Design Methods: Strategies for Product Design, ed.3, pp. 141-142, John Wiley & Sons, Chichester.

Delcam, Plc., 2007, What's New in PowerMill 8.0, DELCAM, Plc., England.

Delcam USA, 2010, FeatureCAM 2010: FeatureCAM TurnMills, Delcam USA, Salt Lake City.

Groover, M.P., 2007, Fundamental of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems, ed.3, John Wiley & Sons, New York.

Nayatani, Yoshinobu, Eiga, Toru, Futami, Ryoji, Miyagawa, Hiroyuki, 1994, The Seven New QC Tools: Practical Applications for Managers, 3A Corporation, Tokyo.

Sato, G. Takeshi, Sugiarto, H.N., 2000, Menggambar Mesin Menurut Standar ISO, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Singh, Rajender, 2006, Introduction to Basic Manufacturing Processes and Workshop Technology, New Age International, New Delhi.

Sujarweni, V. Wiratna, 2008, Belajar Mudah SPSS Untuk Penelitian, Ardana Media, Yogyakarta.





Lampiran 1

Satuan Acara Perkuliahan
(SAP) Proses Produksi 1
(PP1)



Satuan Acara Perkuliahan		
xxx-QSR/FTI-UAJY/1-V/2009	Revisi 00	Halaman 89 dari 161

Satuan Acara Perkuliahan

Program Studi : Teknik Industri

Matakuliah : **Proses Produksi 1**

Kode : IND2243

SKS : 3SKS

Semester : 3

MK Prasyarat : IND0213

Dosen : P.Wisnu Anggoro
A. Tony Yuniarto

I. Deskripsi Matakuliah :

Mata kuliah ini merupakan lanjutan dari kuliah Menggambar Teknik, Tugas Menggambar Teknik dan Pengetahuan Bahan yang mempelajari tentang proses desain manufaktur, sejarah mesin perkakas, berbagai macam mesin perkakas beserta alat bantu, proses perencanaan pengerjaan produk/komponen mesin menggunakan mesin perkakas, strategy proses pemesinan, ekonomi biaya mesin perkakas, dan diakhiri dengan pengenalan beserta aplikasi software CAM PowerMill. Mata Kuliah ini lebih menitikberatkan pada pengerjaan produk/komponen/part yang menghasilkan *scrap/tatal/chips*. Mahasiswa juga akan dikenalkan pada dua teknologi mesin perkakas : teknologi konvensional dengan mesin perkakas konvensional di Laboratorium Proses Produksi, dan Teknologi CAD/CAM dengan pengenalan software PowerMill sampai tahap simulasi. Mata kuliah ini sangat penting terutama bagi mahasiswa yang ingin berkecimpung di peminatan rekayasa desain manufaktur karena aplikasi yang real akan dilanjutkan pada mata kuliah pilihan : CAD/CAM, Perancangan *Mold&Dies*, *RapidPrototyping*, Riset Pasar melalui perpaduan antara konsep desain, CAD/CAM dan machining di mesin prototyping CNC.

II. Kompetensi Matakuliah

Setelah lulus mata kuliah ini, mahasiswa mampu menguasai teknologi pembuatan produk/part yang dalam proses pemesinannya menghasilkan chip/tatal/scrap, mahasiswa mampu memahami karakteristik dari material produk yang akan dimesin & karakteristik material alat potong mesin perkakas, mahasiswa mampu mengoperasikan software PowerMill level basic, mahasiswa mampu membuat strategy proses pemesinan secara konvensional maupun simulasi dengan software PowerMill.



Satuan Acara Perkuliahan

xxx-QSR/FTI-UAJY/1-V/2009

Revisi 00

Halaman 90 dari 161

III. Sumber Bahan

Utama :

1. Diktat PP 1, PWA & HND
2. Engineering Manufacturing Processing, Michael Grover
3. Power Mill, www.delcam.com
4. Feature CAM, Delcam USA
5. CNC Simplified, Steve Krar

Referensi :

1. Sato, G.Takeshi and Sugiarto, H.N.2000, "Menggambar Mesin menurut Standar ISO", PT. PRADNYA PARAMITA, JAKARTA
2. Enginerring Drawing , 5th , Aaaw Bounday
3. Diktat AutoCAD
4. Madsen, "*Engineering Drawing and Design*", Delmar.
5. Dygdon, G.M.S.H, "*Technical Drawing*", 7th edition

VI. Penilaian

Tugas Teknologi Konvensional	: 20 %
Tugas PowerMill	: 20%
UTS	: 30%
UAS	: 30%



Satuan Acara Perkuliahan		
xxx-QSR/FTI-UAJY/1-V/2009	Revisi 00	Halaman 91 dari 161

VII. Kegiatan Perkuliahan

Minggu ke	Kompetensi Dasar ^{*)}	Materi Pokok ^{**)}
1	Memahami konsep dasar system manufaktur	Proses Manufaktur, Aturan Proses Produksi 1, time schedule kuliah Proses Produksi 1
2	Mengenal jenis-jenis pekerjaan yang ada di industri manufaktur dan memahami proses desain produk pada mesin-mesin perkakas	Karir di Industri Mesin Perkakas, Keunggulan Kompetitif Mesin Perkakas berbasis CAD/CAM, Proses Desain, Pengerjaan Logam dengan Mesin Perkakas
3	Mengenal dan memahami sejarah Mesin-mesin Perkakas	(Teknologi Konvensional): Sejarah Mesin Perkakas (Bubut, Milling, Sekrap, Planner, Drilling, Gergaji, Gerinda, Broaching, dan Kerja Bangku), Proses Pemesinan pada Mesin Perkakas
4	Mengenal dan memahami konsep dasar dari cutting tools	(Cutting Tools) : Definisi Pahat/Cutter, Pahat/Cutter pada Mesin Perkakas, Material Pahat/Cutter, Geometri Pahat/Cutter, cairan pelumas (<i>cutting fluids</i>)
5,6	Memahami dan mengenal operasi serta proses perencanaan pembuatan part atau komponen yang dikerjakan dengan mesin perkakas	• Pengenalan Mesin Perkakas (Mesin Bubut Morton, Mesin Milling Pao Fong, Mesin Sekrap, Mesin Gerinda Universal, Mesin Drilling. • Proses Perencanaan Produk (pembuatan proses pemesinan untuk part/komponen yang akan dikerjakan di mesin perkakas),
7	Memahami konsep dasar penentuan penghitungan biaya pemakaian mesin perkakas	• Economic Machining (metode penghitungan biaya pemakaian mesin perkakas, alat Bantu, alat ukur, cutter/pahat dsb)
8	UTS	
9	Memahami konsep life manufakturing dari produk-produk berbasis CAD/CAM	Pengenalan produk manufaktur yang berbasis CAD/CAM, mesin CNC, Pengenalan PowerMill/Feature CAM/ArtCAM secara umum.



Satuan Acara Perkuliahan		
xxx-QSR/FTI-UAJY/1-V/2009	Revisi 00	Halaman 92 dari 161

10	Memahami konsep dasar <i>solid modeling</i> dan <i>refresh operation surface</i>	<i>Solid Modelling</i>
11	Memahami dan menguasai pengoperasian software CAM PowerMill	<i>Workplane, tools PowerMill, Karakteristik Cutter/Pahat Milling CNC/Bubut CNC,</i>
11,12	Memahami strategy pemesian di software CAM	<i>Toolpath Strategy, check collusion, boundary layer, simulation</i>
13	Memahami pembuatan NC Code	<i>Create NC Program</i>
14,15	Memiliki kemampuan mengoperasikan software CAM dalam mengerjakan produk 3D modeling yang bisa dikerjakan oleh industry manufaktur yang menggunakan mesin-mesin CNC	Study Kasus 3D Modeling dengan detailkontur kompleks dimulai dari solid modeling, transfer ke PowerMill, pembuatan <i>toolpath strategy</i> sampai ke pembuatan NC Program yang siap <i>running</i> di mesin CNC
16	UAS	

*) Satu Kompetensi Dasar, dapat dicapai dalam 1 atau beberapa minggu.

**) Setiap minggu harus mempunyai Materi Bahasan yang berbeda.

Kompetensi Dasar dan Materi Bahasan harus konsisten dengan yang ada di RKBM. (Bisa *copy paste* saja)

Disiapkan oleh:	Diperiksa oleh:	Disetujui oleh:
P.Wisnu Anggoro	Management Representative	Dekan



Lampiran 2

Rencana Kegiatan Belajar
Mengajar (RKBM) Proses
Produksi 1 (PP1)

**UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

**SATUAN ACARA PERKULIAHAN dan RENCANA
KEGIATAN BELAJAR MENGAJAR**

Program Studi : Teknik Industri
Matakuliah : **Proses Produksi 1**
Kode : IND2243
SKS : 3SKS
Semester : 3
MK Prasyarat : IND0213
Dosen : P.Wisnu Anggoro
B. Tony Yuniarto

I. Deskripsi Matakuliah :

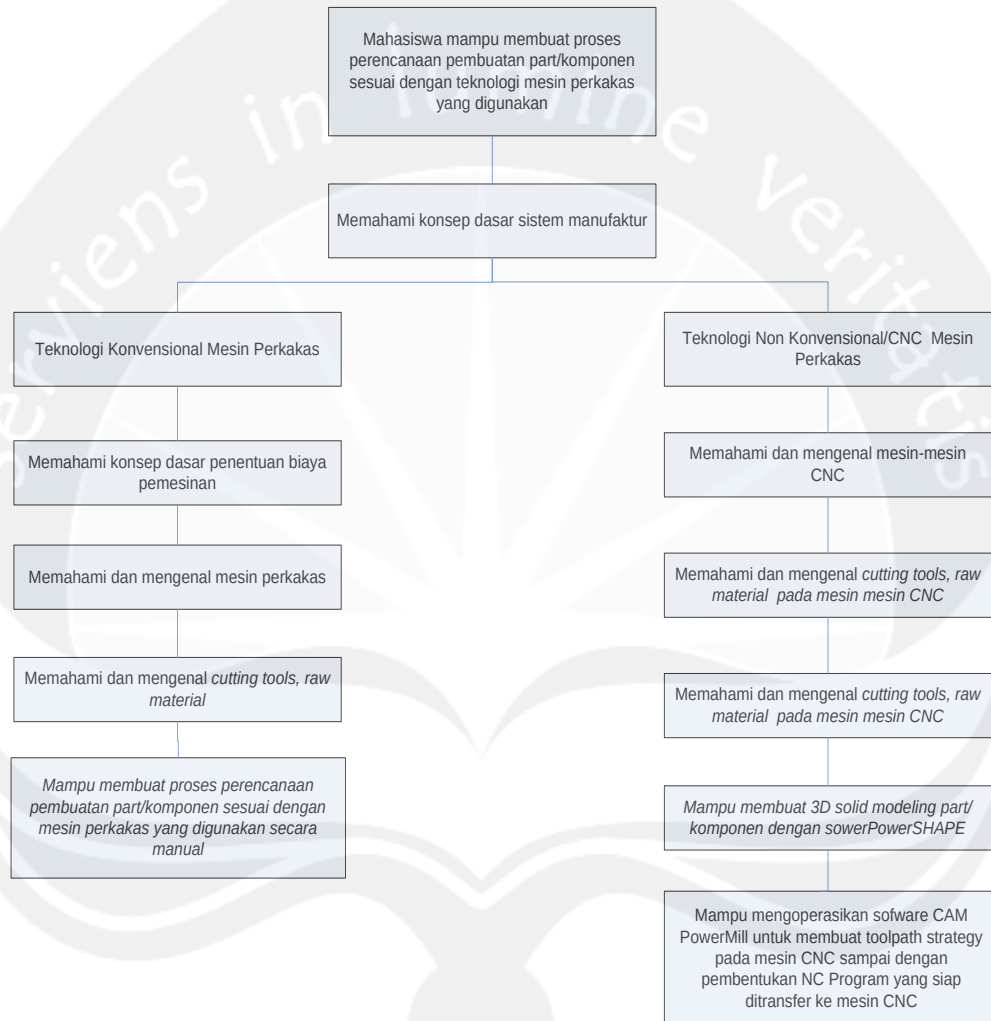
Mata kuliah ini merupakan lanjutan dari kuliah Menggambar Teknik, Tugas Menggambar Teknik dan Pengetahuan Bahan yang mempelajari tentang proses desain manufaktur, sejarah mesin perkakas, berbagai macam mesin perkakas beserta alat bantu, proses perencanaan pengerjaan produk/komponen mesin menggunakan mesin perkakas, strategy proses pemrosesan, ekonomi biaya mesin perkakas, dan diakhiri dengan pengenalan beserta aplikasi software CAM PowerMill. Mata Kuliah ini lebih menitikberatkan pada pengerjaan produk/komponen/part yang menghasilkan *scrap/tatal/chips*. Mahasiswa juga akan dikenalkan pada dua teknologi mesin perkakas : teknologi konvensional dengan mesin perkakas konvensional di Laboratorium Proses Produksi, dan Teknologi CAD/CAM dengan pengenalan software PowerMill sampai tahap simulasi. Mata kuliah ini sangat penting terutama bagi mahasiswa yang ingin berkecimpung di peminatan rekayasa desain manufaktur karena aplikasi yang real akan dilanjutkan pada mata kuliah pilihan : CAD/CAM, Perancangan *Mold&Dies*, *RapidPrototyping*, Riset Pasar melalui perpaduan antara konsep desain, CAD/CAM dan machining di mesin prototyping CNC.

II. Kompetensi Matakuliah :

Setelah lulus mata kuliah ini, mahasiswa mampu menguasai teknologi pembuatan produk/part yang dalam proses pemrosesannya menghasilkan chip/tatal/scrap, mahasiswa mampu memahami karakteristik dari material produk yang akan dimesin & karakteristik material alat potong mesin perkakas, mahasiswa

mampu mengoperasikan software PowerMill level basic, mahasiswa mampu membuat strategy proses pemesinan secara konvensional maupun simulasi dengan software PowerMill.

III. Analisis Instruksional:



IV. Strategi Perkuliahan

A. Tatap Muka

1. Kuliah tatap muka
2. Demo software PowerMILL
3. Membuat strategy pemesinan pada mesin perkakas sesuai dengan teknologi yang dimiliki
4. Diskusi

V. Sumber Bahan

Utama :

1. Diktat PP 1, PWA & HND
2. Engineering Manufacturing Processing, Michael Grover
3. Power Mill, www.delcam.com
4. Feature CAM, Delcam USA
5. CNC Simplified, Steve Krar

Pendukung :

1. Sato, G.Takeshi and Sugiarto, H.N.2000, "Menggambar Mesin menurut Standar ISO", PT. PRADNYA PARAMITA, JAKARTA
2. Engineering Drawing , 5th , Aaaw Bounday
3. Diktat AutoCAD
4. Madsen, "*Engineering Drawing and Design*", Delmar.
5. Dygdon, G.M.S.H, "*Technical Drawing*", 7th edition

VI. Penilaian

- | | |
|---------------------------------|--------|
| 1. Tugas Teknologi Konvensional | : 20 % |
| 2. Tugas PowerMill | : 20% |
| 3. UTS | : 30% |
| 4. UAS | : 30% |

VII. Kegiatan Perkuliahan

Minggu ke	Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pengalaman Belajar	Penilaian		Sumber Bahan
					Jenis Tagihan	Bentuk Instrumen	
1	Memahami konsep dasar sistem manufaktur	Mahasiswa mampu memahami konsep dasar sistem manufaktur khususnya dalam hal proses pemesinan	Proses Manufaktur, Aturan Proses Produksi 1, time schedule kuliah Proses Produksi 1	Kuliah dan diskusi	-	-	1 sd 5
2	Mengenal jenis-jenis pekerjaan yang ada di industri manufaktur dan memahami proses desain produk pada mesin-mesin perkakas	Mahasiswa memahami semua jenis pekerjaan yg ada di industri manufaktur, proses desain manufaktur, dan keunggulan kompetitif mesin-mesin perkakas	Karir di Industri Mesin Perkakas, Keunggulan Kompetitif Mesin Perkakas berbasis CAD/CAM, Proses Desain, Pengerjaan Logam dengan Mesin Perkakas	Kuliah dan diskusi	Tes 1	Soal tes 1	1 sd 5
3	Mengenal dan memahami sejarah Mesin-mesin Perkakas	Mahasiswa mengenal dan paham tentang semua jenis mesin perkakas yang ada di industri manufaktur	(Teknologi Konvensional): Sejarah Mesin Perkakas (Bubut, Milling, Sekrap, Planner, Drilling, Gergaji, Gerinda, Broaching, dan Kerja Bangku), Proses Pemesinan pada Mesin Perkakas	Kuliah, survey bengkel mesin perkakas, diskusi dan demo mesin di Lab.PP	Hasil survey dan tes 2	Soal tes 2	1 sd 5

4	Mengenal dan memahami konsep dasar dari cutting tools	Mahasiswa mengenal dan paham tentang konsep dasar <i>cutting condition</i> pada mesin perkakas	(Cutting Tools) : Definisi Pahat/Cutter, Pahat/Cutter pada Mesin Perkakas, Material Pahat/Cutter, Geometri Pahat/Cutter, cairan pelumas (<i>cutting fluids</i>)	Kuliah, survey lapangan, diskusi	Tes 3	Soal tes	1 sd 5
5,6	Memahami dan mengenal operasi serta proses perencanaan pembuatan part atau komponen yang dikerjakan dengan mesin perkakas	Mahasiswa mampu memahami elemen dasar mesin perkakas, mampu membuat strategy proses pengerjaan pada mesin perkakas	• Pengenalan Mesin Perkakas (Mesin Bubut Morton, Mesin Milling Pao Fong, Mesin Sekrap, Mesin Gerinda Universal, Mesin Drilling). • Proses Perencanaan Produk (pembuatan proses pemesinan untuk part/komponen yang akan dikerjakan di mesin perkakas),	Kuliah, diskusi, kerja tim	Tes Proses planner	Soal tes mesin bubut, milling, planner, dan shappaer	1 sd 5
7	Memahami konsep dasar penentuan penghitungan biaya pemakaian mesin perkakas	Mahasiswa mampu menghitung biaya penggunaan mesin perkakas (machining cost)	• Economic Machining (metode penghitungan biaya pemakaian mesin perkakas, alat Bantu, alat ukur, cutter/pahat dsb)	Kuliah, diskusi, dan survey bengkel mesin perkakas	-	-	1 sd 5
8	UTS						1 sd 5

9	Memahami konsep life manufakturin g dari produk-produk berbasis CAD/CAM	Mahasiswa mampu memahami tentang siklus hidup produk-produk berbasis CAD/CAM dan perkembangan teknologi CAD/CAM	Pengenalan produk manufaktur yang berbasis CAD/CAM, mesin CNC, Pengenalan PowerMill/Feature CAM/ArtCAM secara umum.	Kuliah, diskusi, dan survey bengkel mesin perkakas CNC	-	-	1 sd 5
10	Memahami konsep dasar <i>solid modeling</i> dan <i>refresh operation surface</i>	Mahasiswa paham tentang 3D <i>solid modeling</i> yang merupakan syarat awal sebelum proses simulasi di CAM	<i>Solid Modelling</i>	Kuliah, diskusi, dan demo PowerSHAPE & PowerMILL	Tes 5 gambar solid modeling	Soal gambar	1 sd 5
11,12,13	Memahami dan menguasai pengoperasian software CAM PowerMill	Mahasiswa mampu mengoperasikan PowerMILL dalam pembuatan toolpath strategy untuk mesin CNC	<i>Workplane, tools PowerMill, Karakteristik Cutter/Pahat Milling CNC/Bubut CNC,</i>	Kuliah, diskusi, dan demo PowerSHAPE & PowerMILL	Tes 6 gambar solid modeling	Soal gambar	1 sd 5

14 & 15	Memiliki kemampuan mengoperasikan software CAM dalam mengerjakan produk 3D modeling yang bisa dikerjakan oleh industry manufaktur yang menggunakan mesin-mesin CNC	Mahasiswa mampu mengerjakan tugas akhir 3D modeling produk riil industri manufaktur dengan software CAD/CAM Delcam yang disediakan	Study Kasus 3D Modeling dengan detail kontur kompleks dimulai dari solid modeling, transfer ke PowerMill, pembuatan <i>toolpath strategy</i> sampai ke pembuatan NC Program yang siap <i>running</i> di mesin CNC	Kuliah, diskusi, dan demo PowerSHAPE & PowerMILL	Tes 7 gambar solid modeling	Soal gambar	1 sd 5
16	UAS						

Disiapkan Oleh:	Diperiksa Oleh:	Disetujui Oleh:
[P. Wisnu Anggoro & Tonny Yuniarto] [Dosen Pengampu]	[Nama Dosen] [Koordinator Bidang Peminatan]	[Nama Dosen] [Ketua Program Studi]



Lampiran 3

Kuesioner I (Penelitian
Pendahuluan)

KUESIONER

Saya adalah mahasiswa Program Studi Teknik Industri UAJY-ATMI, Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang sedang mengadakan penelitian mengenai penambahan modul pembelajaran *featurecam* pada mata kuliah Proses Produksi 1 (PP1), memohon bantuan Saudara/Saudari untuk mengisi kuesioner berikut ini sebagai bahan acuan dalam mengembangkan modul dalam proses perkuliahan tersebut. Modul *featurecam* sendiri merupakan sebuah *software CAM* dari Delcam Plc. yang digunakan untuk aplikasi mesin CNC bubut, bubut-milling, EDM dan wire-cut. Atas perhatian dan kerjasama yang Saudara/Saudari berikan, saya mengucapkan terima kasih.

Hormat Saya,

Jodik Putranto

Data Pribadi :

Nama :

NIM/Kelas :

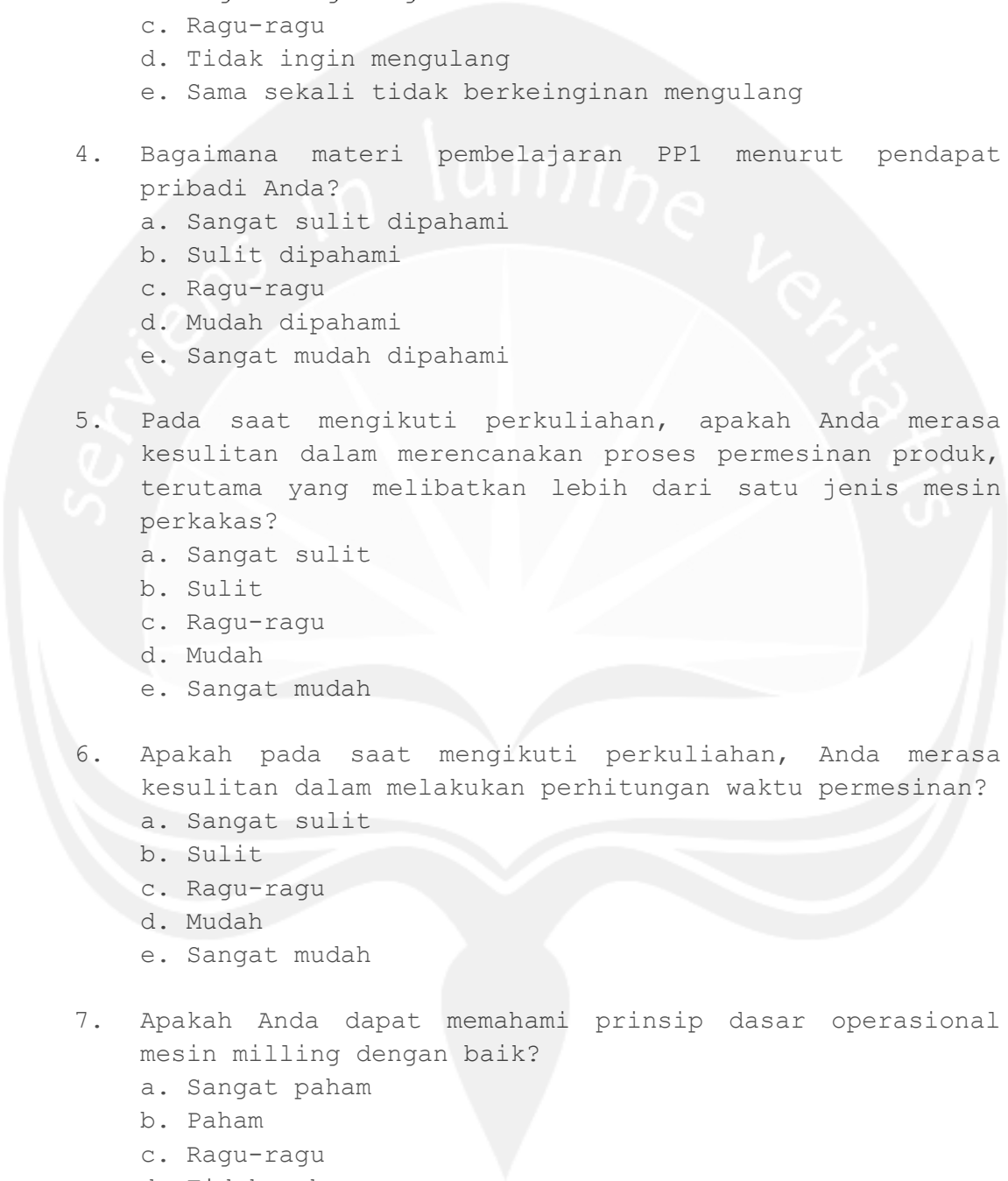
Berikan tanda silang (X) pada jawaban yang paling sesuai dengan pilihan anda!

Umum

1. Apakah Anda telah mengambil mata kuliah PP1?
 - a. Sudah mengambil
 - b. Sedang mengambil pada semester ini
 - c. Belum mengambil kuliah PP1

Apabila Anda belum mengambil kuliah PP1 silakan berhenti disini, dan terima kasih atas partisipasinya.

2. Apabila Anda sudah mengambil mata kuliah PP1, berapa nilai yang Anda dapatkan?
.....

- 
3. Apakah Anda berniat mengulang apabila mendapatkan nilai kurang dari C?
 - a. Sangat ingin mengulang
 - b. Ingin Mengulang
 - c. Ragu-ragu
 - d. Tidak ingin mengulang
 - e. Sama sekali tidak berkeinginan mengulang
 4. Bagaimana materi pembelajaran PP1 menurut pendapat pribadi Anda?
 - a. Sangat sulit dipahami
 - b. Sulit dipahami
 - c. Ragu-ragu
 - d. Mudah dipahami
 - e. Sangat mudah dipahami
 5. Pada saat mengikuti perkuliahan, apakah Anda merasa kesulitan dalam merencanakan proses permesinan produk, terutama yang melibatkan lebih dari satu jenis mesin perkakas?
 - a. Sangat sulit
 - b. Sulit
 - c. Ragu-ragu
 - d. Mudah
 - e. Sangat mudah
 6. Apakah pada saat mengikuti perkuliahan, Anda merasa kesulitan dalam melakukan perhitungan waktu permesinan?
 - a. Sangat sulit
 - b. Sulit
 - c. Ragu-ragu
 - d. Mudah
 - e. Sangat mudah
 7. Apakah Anda dapat memahami prinsip dasar operasional mesin milling dengan baik?
 - a. Sangat paham
 - b. Paham
 - c. Ragu-ragu
 - d. Tidak paham
 - e. Sangat tidak paham
 8. Apakah Anda dapat memahami prinsip dasar operasional mesin bubut dengan baik?
 - a. Sangat paham

- b. Paham
 - c. Ragu-ragu
 - d. Tidak paham
 - e. Sangat tidak paham
9. Manakah yang menurut Anda lebih sulit dimengerti antara proses bubut dengan milling?
- a. Proses bubut
 - b. Proses milling
 - c. Keduanya sulit dipahami
10. Apakah Anda setuju dengan model pembelajaran saat ini, dimana selain dosen menjelaskan di kelas juga diikuti penugasan dan pelatihan simulasi proses dengan *Powermill*?
- a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Ragu-ragu
 - d. Tidak setuju
 - e. Sangat tidak setuju

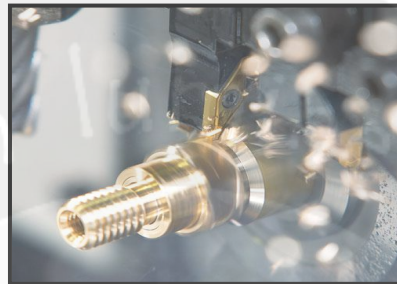
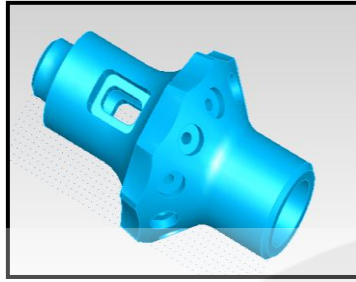
Aplikasi software CAM dan mesin CNC

11. Adanya fasilitas mesin CNC secara riil dapat membantu proses belajar mahasiswa PP1. Setujukah Anda dengan pendapat tersebut?
- a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Ragu-ragu
 - d. Tidak Setuju
 - e. Sangat tidak setuju
12. Aplikasi simulasi proses permesinan dengan menggunakan software CAM (misalnya *Powermill*), dapat membantu memberikan gambaran proses pemotongan secara riil kepada mahasiswa. Setujukah Anda dengan pendapat tersebut?
- a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Ragu-ragu
 - d. Tidak setuju
 - e. Sangat tidak setuju
13. Apakah Anda mengalami kesulitan dalam pengoperasian software CAM (misalnya *Powermill*)?
- a. Sangat sulit

- b. Sulit
 - c. Ragu-ragu
 - d. Mudah
 - e. Sangat mudah
14. Apakah Anda mengalami kesulitan dalam memahami jenis dan spesifikasi *cutting tools* yang digunakan dalam *software CAM* tersebut?
- a. Sangat sulit
 - b. Sulit
 - c. Ragu-ragu
 - d. Mudah
 - e. Sangat mudah
15. Apakah Anda mengalami kesulitan dalam memilih *toolpath strategy* yang sesuai pada *software CAM* tersebut?
- a. Sangat sulit
 - b. Sulit
 - c. Ragu-ragu
 - d. Mudah
 - e. Sangat mudah
16. Setelah mengikuti kuliah, apakah Anda mempunyai gambaran proses kerja mesin *CNC* meliputi cara setting, pemilihan *cutting tools* dan *toolpath strategy*, serta kebutuhan proses *roughing* dan *finishing*?
- a. Sangat paham
 - b. Paham
 - c. Ragu-ragu
 - d. Tidak paham
 - e. Sangat paham

Featurecam

Featurecam merupakan aplikasi *software CAM* dari *Delcam plc*, disamping *powermill* yang sudah Anda kenali sebelumnya. Aplikasi *featurecam* lebih banyak ditujukan pada proses permesinan *CNC* bubut, bubut- milling, *EDM* dan *wire-cut*. Seperti halnya *Powermill*, disamping dapat digunakan untuk membuat program proses permesinan, *featurecam* juga memiliki aplikasi simulasi proses yang dapat menggambarkan kondisi pemotongan benda kerja saat proses permesinan.



Gambar 1.1. Contoh benda kerja yang dapat dikerjakan dengan *featurecam*, aplikasi bubut-milling CNC

17. Apakah Anda pernah mengenal *featurecam* sebelumnya?
 - a. Pernah
 - b. Belum pernah sama sekali
18. Apabila pernah, kapan Anda menggunakannya dan digunakan untuk keperluan apa?

19. Penggunaan *powermill* terbatas pada pemrograman dan simulasi mesin milling saja, tidak dapat digunakan pada proses bubut, *EDM* ataupun *wire-cut*. Menurut pendapat Anda perlukah menggunakan *software CAM* lain yang dapat melengkapi kekurangan tersebut?
 - a. Sangat perlu
 - b. Perlu
 - c. Ragu-ragu
 - d. Tidak perlu
 - e. Sangat tidak diperlukan
20. Apakah Anda tertarik untuk mempelajari lebih jauh mengenai aplikasi *featurecam* dalam kuliah PP1?
 - a. Sangat tertarik
 - b. Tertarik
 - c. Ragu-ragu
 - d. Tidak tertarik
 - e. Tidak tertarik sama sekali

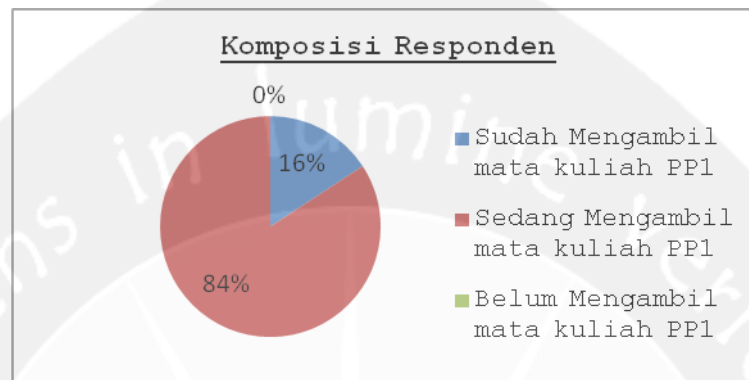


Lampiran 4

Hasil Kuesioner I
(Penelitian Pendahuluan)

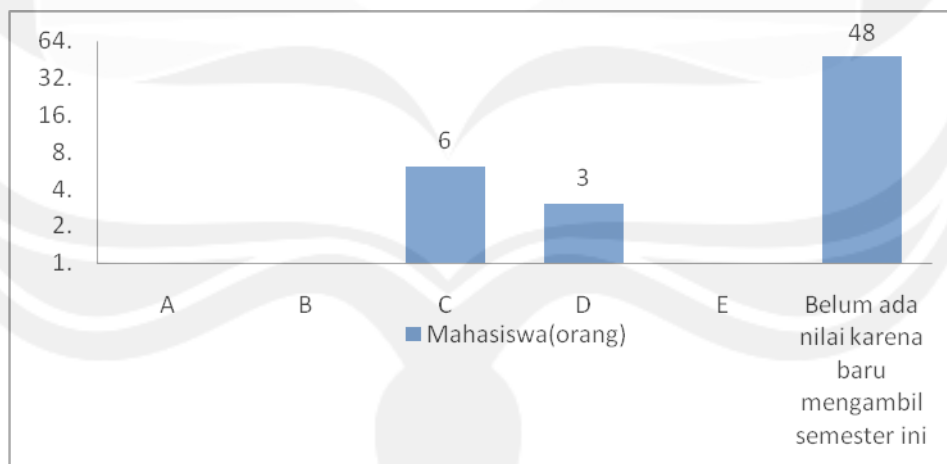
Hasil Kuesioner:

1. Apakah Anda telah mengambil kuliah PP1?
 - a. Sudah mengambil
 - b. Sedang mengambil pada semester ini
 - c. Belum mengambil kuliah PP1

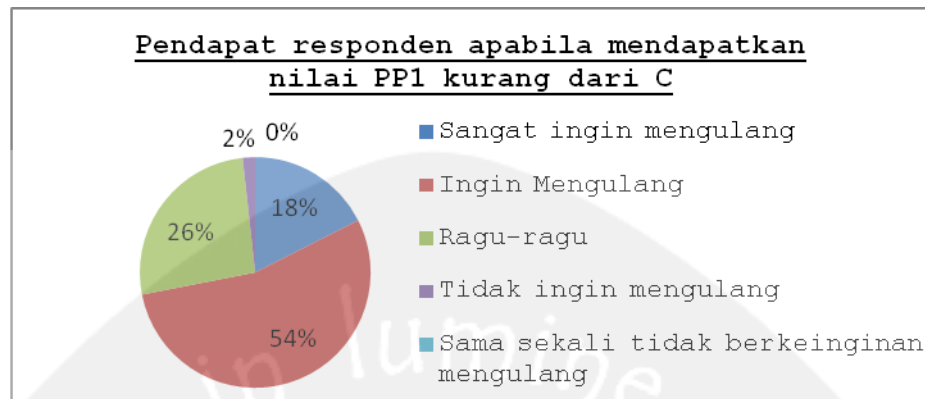


Apabila Anda belum mengambil kuliah PP1 silakan berhenti disini, dan terima kasih atas partisipasinya.

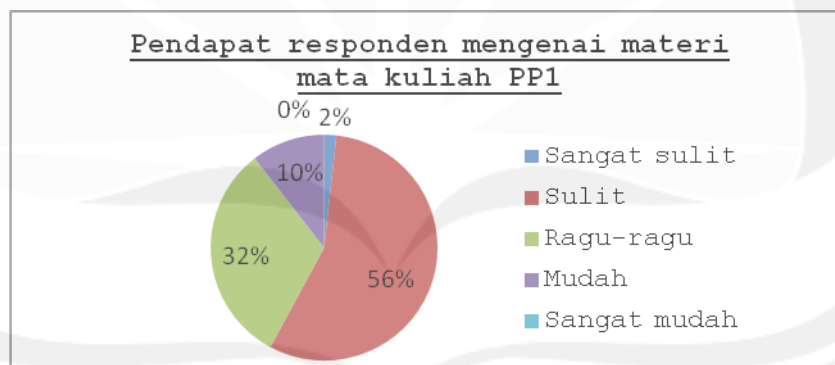
2. Apabila Anda sudah mengambil mata kuliah PP1, berapa nilai yang Anda dapatkan?



3. Apakah Anda berniat mengulang apabila mendapatkan nilai kurang dari C?
 - a. Sangat ingin mengulang
 - b. Ingin Mengulang
 - c. Ragu-ragu
 - d. Tidak ingin mengulang
 - e. Sama sekali tidak berkeinginan mengulang

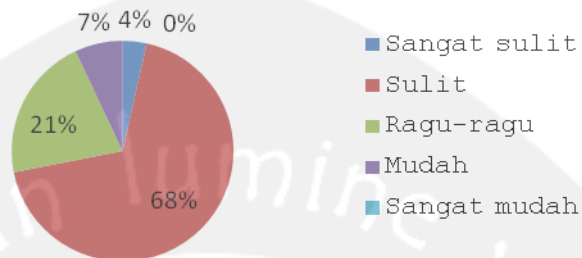


4. Bagaimana materi pembelajaran PP1 menurut pendapat pribadi Anda?
- Sangat sulit dipahami
 - Sulit dipahami
 - Ragu-ragu
 - Mudah dipahami
 - Sangat mudah dipahami



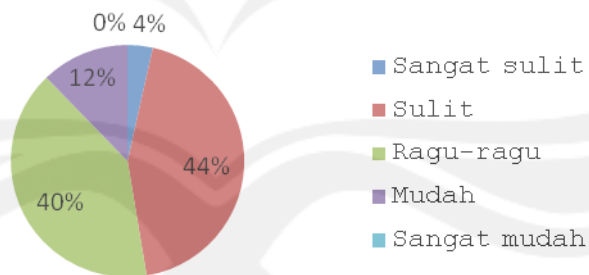
5. Pada saat mengikuti perkuliahan, apakah Anda merasa kesulitan dalam merencanakan proses permesinan produk, terutama yang melibatkan lebih dari satu jenis mesin perkakas?
- Sangat sulit
 - Sulit
 - Ragu-ragu
 - Mudah
 - Sangat mudah

Pendapat responden mengenai tingkat kesulitan perencanaan proses produksi yang melibatkan beberapa mesin perkakas

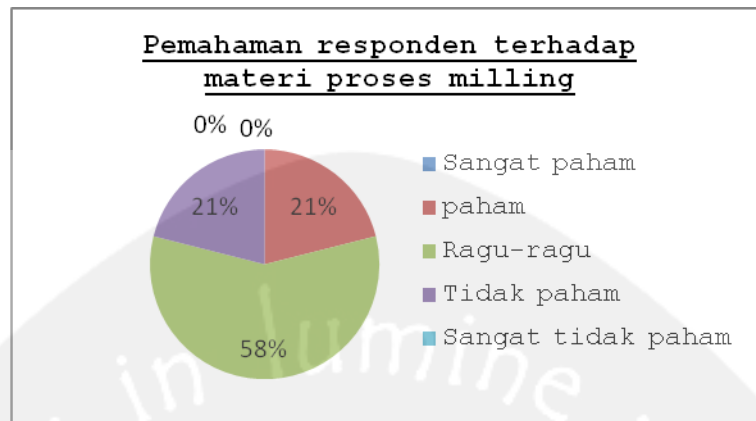


6. Apakah pada saat mengikuti perkuliahan, Anda merasa kesulitan dalam melakukan perhitungan waktu permesinan?
- Sangat sulit
 - Sulit
 - Ragu-ragu
 - Mudah
 - Sangat mudah

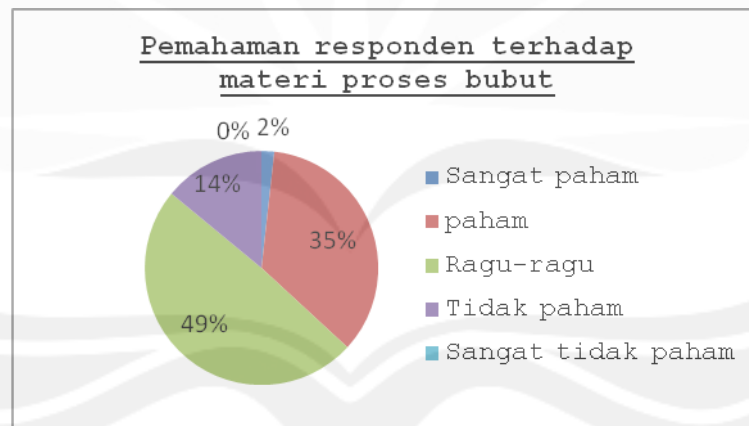
Tingkat kesulitan perhitungan estimasi waktu permesinan menurut responden



7. Apakah Anda dapat memahami prinsip dasar operasional mesin milling dengan baik?
- Sangat paham
 - Paham
 - Ragu-ragu
 - Tidak paham
 - Sangat tidak paham

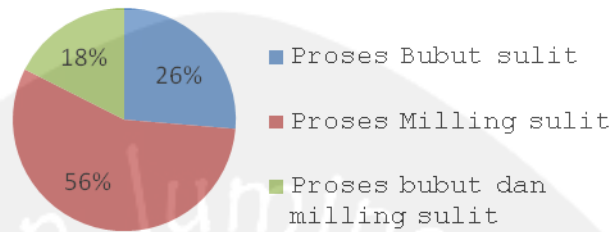


8. Apakah Anda dapat memahami prinsip dasar operasional mesin bubut dengan baik?
- Sangat paham
 - Paham
 - Ragu-ragu
 - Tidak paham
 - Sangat tidak paham



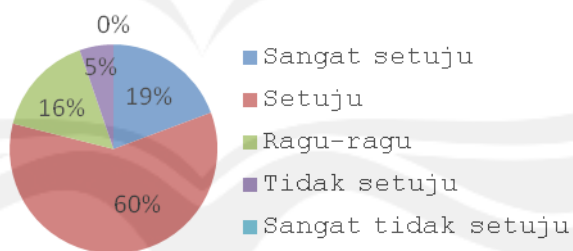
9. Manakah yang menurut Anda lebih sulit dimengerti antara proses bubut dengan milling?
- Proses bubut
 - Proses milling
 - Keduanya sulit dipahami

Tingkat kesulitan proses permesinan menurut responden



10. Apakah Anda setuju dengan model pembelajaran saat ini, di mana selain dosen menjelaskan di kelas juga diikuti penugasan dan pelatihan simulasi proses dengan *Powermill*?
- Sangat setuju
 - Setuju
 - Ragu-ragu
 - Tidak setuju
 - Sangat tidak setuju

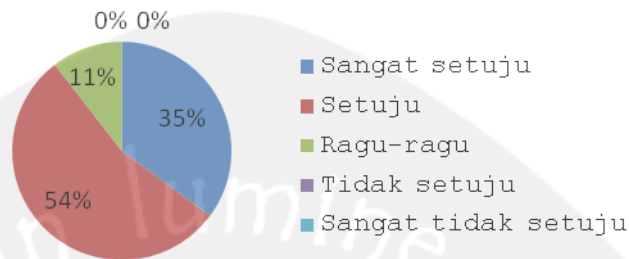
Pendapat responden mengenai model kuliah yang digunakan saat ini



Aplikasi software CAM dan mesin CNC

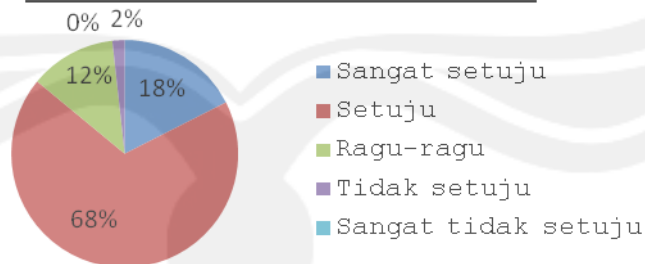
11. Adanya fasilitas mesin CNC secara riil dapat membantu proses belajar mahasiswa PPl. Setujukah Anda dengan pendapat tersebut?
- Sangat setuju
 - Setuju
 - Ragu-ragu
 - Tidak Setuju
 - Sangat tidak setuju

Pendapat responden mengenai apakah fasilitas CNC riil dapat membantu proses belajar menjadi lebih baik



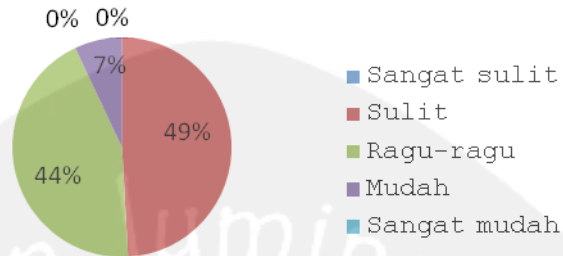
12. Aplikasi simulasi proses permesinan dengan menggunakan software CAM (misalnya *Powermill*), dapat membantu memberikan gambaran proses pemotongan secara riil kepada mahasiswa. Setujukah Anda dengan pendapat tersebut?
- Sangat setuju
 - Setuju
 - Ragu-ragu
 - Tidak setuju
 - Sangat tidak setuju

Pendapat responden mengenai penggunaan software CAM (simulasi proses permesinan) dapat memberikan gambaran proses permesinan secara lebih nyata



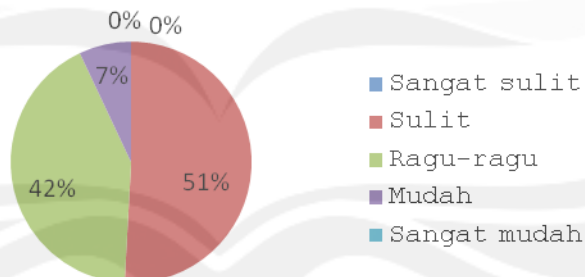
13. Apakah Anda mengalami kesulitan dalam pengoperasian software CAM (misalnya *Powermill*)?
- Sangat sulit
 - Sulit
 - Ragu-ragu
 - Mudah
 - Sangat mudah

Pendapat Responden Mengenai Tingkat Kesulitan Operasional Powermill



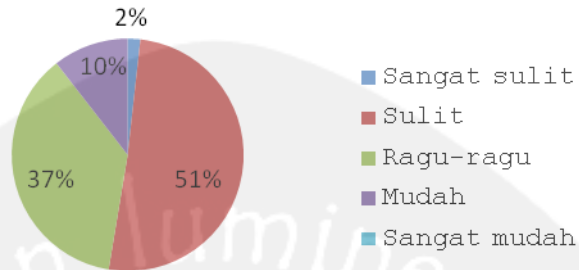
14. Apakah Anda mengalami kesulitan dalam memahami jenis dan spesifikasi *cutting tools* yang digunakan dalam *software CAM* tersebut?
- Sangat sulit
 - Sulit
 - Ragu-ragu
 - Mudah
 - Sangat mudah

Tingkat kesulitan pemilihan *cutting tools* pada Powermill menurut responden



15. Apakah Anda mengalami kesulitan dalam memilih *toolpath strategy* yang sesuai pada *software CAM* tersebut?
- Sangat sulit
 - Sulit
 - Ragu-ragu
 - Mudah
 - Sangat mudah

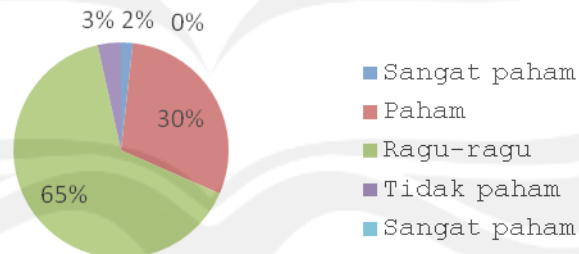
Tingkat Kesulitan pemilihan *toolpath* strategy pada *Powermill* menurut responden



16. Setelah mengikuti kuliah, apakah Anda mempunyai gambaran proses kerja mesin CNC meliputi cara setting, pemilihan *cutting tools* dan *toolpath strategy*, serta kebutuhan proses *roughing* dan *finishing*?

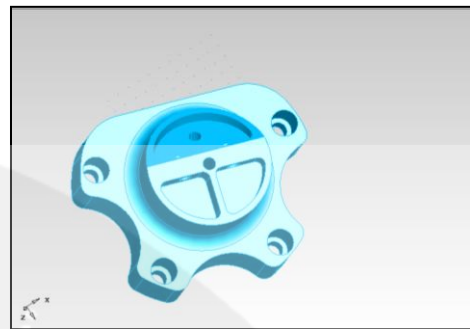
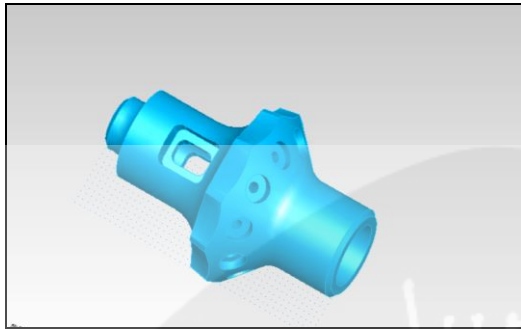
- Sangat paham
- Paham
- Ragu-ragu
- Tidak paham
- Sangat paham

Pemahaman responden terhadap proses CNC setelah mengikuti perkuliahan



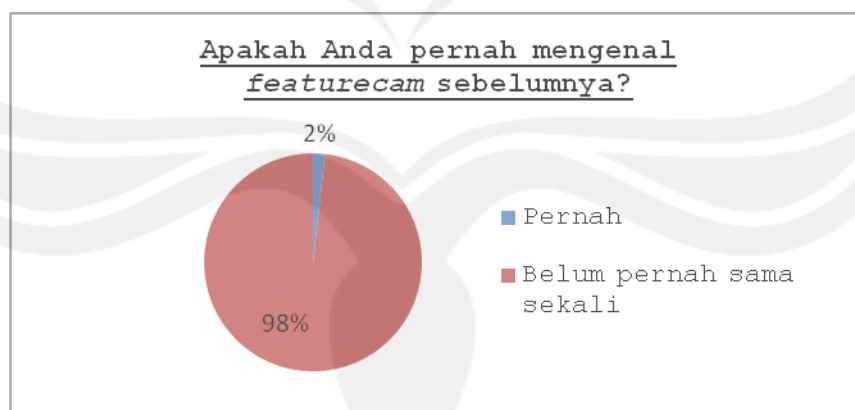
Featurecam

Featurecam merupakan aplikasi *software* CAM dari *Delcam plc*, disamping *powermill* yang sudah Anda kenali sebelumnya. Aplikasi *featurecam* lebih banyak ditujukan pada proses permesinan CNC bubut, bubut- milling, EDM dan *wire-cut*. Seperti halnya *Powermill*, disamping dapat digunakan untuk membuat program proses permesinan, *featurecam* juga memiliki aplikasi simulasi proses yang dapat menggambarkan kondisi pemotongan benda kerja saat proses permesinan.



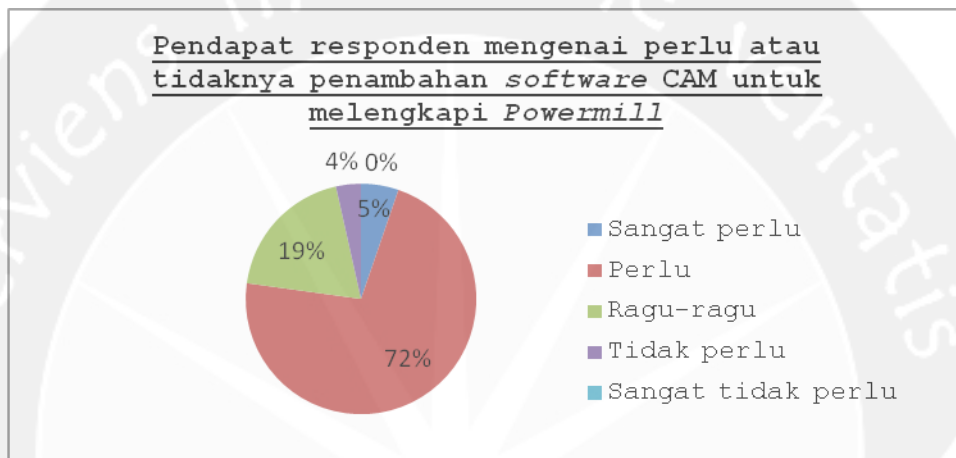
Contoh gambar benda kerja yang dapat dikerjakan dengan
featurecam, aplikasi bubut-milling CNC

17. Apakah Anda pernah mengenal *featurecam* sebelumnya?
- Pernah
 - Belum pernah sama sekali

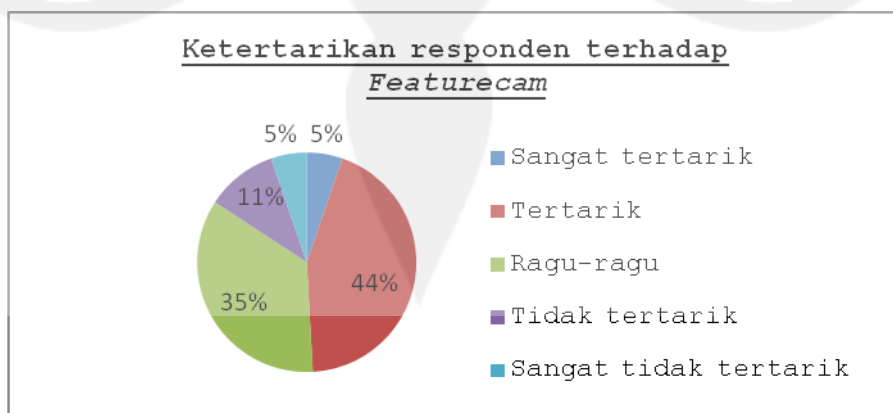


18. Apabila pernah, kapan Anda menggunakannya dan digunakan untuk keperluan apa?
- 1 orang responden menyatakan mengenal dan menggunakan *featurecam* saat mengikuti pelatihan atau seminar, sedangkan 50 orang responden menyatakan sama sekali belum pernah mengenal atau menggunakan *featurecam*.

19. Penggunaan *powermill* terbatas pada pemrograman dan simulasi mesin milling saja, tidak dapat digunakan pada proses bubut, *EDM* ataupun *wire-cut*. Menurut pendapat Anda perlukah menggunakan *software CAM* lain yang dapat melengkapi kekurangan tersebut?
- Sangat perlu
 - Perlu
 - Ragu-ragu
 - Tidak perlu
 - Sangat tidak diperlukan



20. Apakah Anda tertarik untuk mempelajari lebih jauh mengenai aplikasi *featurecam* dalam kuliah PP1?
- Sangat tertarik
 - Tertarik
 - Ragu-ragu
 - Tidak tertarik
 - Tidak tertarik sama sekali





Lampiran 5

Kuesioner II

KUESIONER

Saya adalah mahasiswa program studi Teknik Industri UAJY-ATMI, Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang sedang mengadakan penelitian mengenai penambahan modul pembelajaran *featurecam* pada mata kuliah Proses Produksi 1 (PP1), memohon bantuan Saudara/Saudari untuk mengisi kuesioner berikut ini sebagai bahan acuan dalam mengembangkan modul dalam proses perkuliahan tersebut. Pada kuesioner ini, peneliti ingin mengetahui faktor-faktor apa saja yang perlu dijadikan pertimbangan agar proses pembelajaran materi kuliah PP1 menjadi lebih menarik dan mudah dipahami oleh mahasiswa melalui penambahan modul *featurecam*. Atas perhatian dan kerjasama yang Saudara/Saudari berikan, peneliti mengucapkan terima kasih.

Hormat Saya,

Jodik Putranto

Data Pribadi :

Nama :

NIM/Kelas :

Berikan tanda silang (X) pada jawaban yang paling sesuai dengan pilihan anda!

Berdasarkan hasil kuesioner awal, mahasiswa peserta kuliah PP1 mengalami kesulitan dalam mengikuti proses belajar terutama apabila diminta untuk melakukan *process planning* terhadap sebuah produk yang melibatkan kombinasi proses bubut dan milling. Simulasi proses permesinan dengan *powermill* saat ini hanya dapat mengampu proses milling saja, sedangkan *featurecam* memiliki fungsi yang dapat digunakan untuk proses bubut, milling atau kombinasi kedua proses tersebut.

1. Menurut pendapat Anda apakah *featurecam* dapat membantu memberikan pemahaman yang lebih baik kepada mahasiswa PP1 melalui penambahan *software* simulasi proses permesinan yang dapat memberikan gambaran proses bubut atau bubut-milling(*turn-mill*) secara lebih nyata?

a. Ya

b. Tidak

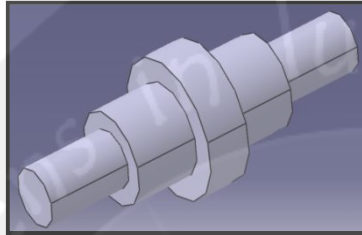
Jika Ya, silakan melanjutkan ke pertanyaan no. 2.

Jika Tidak, silakan melanjutkan ke pertanyaan no.3.

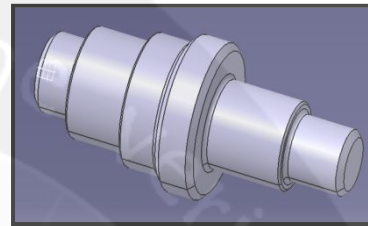
2. Disamping dapat membantu memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai proses permesinan, *featurecam* juga berpotensi mengacaukan pemahaman mahasiswa PP1 karena terdapat dua buah *software* yang dapat digunakan pada proses milling dengan sistem operasional yang berbeda?
 - a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak Setuju
3. Bagaimana bentuk model pembelajaran *featurecam* yang terbaik menurut Anda agar materi *featurecam* dan *powermill* dapat saling melengkapi?
 - a. *Featurecam* dipelajari untuk melengkapi *powermill* dari sisi fungsi bubut, milling dan *turn/mill*.
 - b. *Powermill* digunakan untuk menjelaskan proses milling, sedangkan *featurecam* hanya untuk bubut saja.
 - c. *Featurecam* digunakan untuk menjelaskan proses bubut dan kombinasi bubut-milling, sedangkan *powermill* digunakan untuk menjelaskan proses milling.
4. Sebelum mempelajari *software* simulasi *featurecam*, mahasiswa perlu diberikan pemahaman mengenai jenis-jenis *cutting tools* proses bubut dan milling secara mendalam untuk memudahkan proses belajar?
 - a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak Setuju
5. Pemahaman *cutting tools* yang diberikan meliputi bentuk geometri (misalnya contoh dalam bentuk gambar *cutting tools* bubut/milling yang sering digunakan), material *cutting tools*, kondisi permesinan (meliputi *cutting speed*, perhitungan rpm, *feeding*, dan *depth of cut* yang diijinkan) serta jenis pengerjaan yang sesuai (proses *roughing/finishing*) untuk *tools* tersebut?
 - a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak Setuju

6. Berikut ini terdapat 8 gambar kerja yang kemungkinan akan dimasukkan sebagai materi dalam modul *featurecam*. Pilihlah 4 gambar, dan kemudian berikanlah penilaian Anda pada gambar-gambar tersebut berdasarkan tingkat kesulitan "mudah", "sedang", "sulit" dan "advance" pada bagian bawah gambar tersebut?

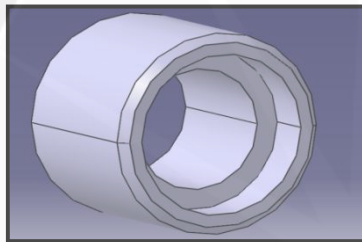
a) .



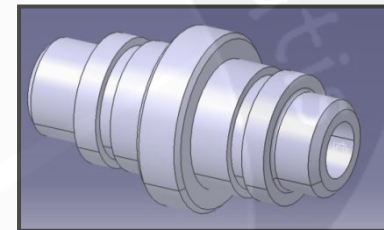
b) .



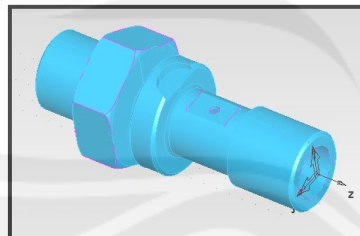
c) .



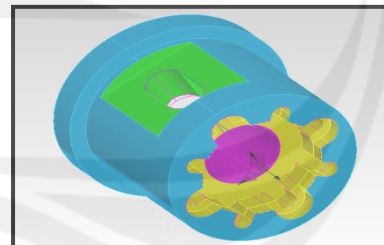
d) .



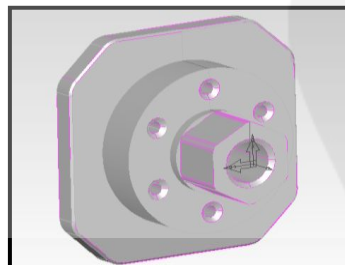
e) .



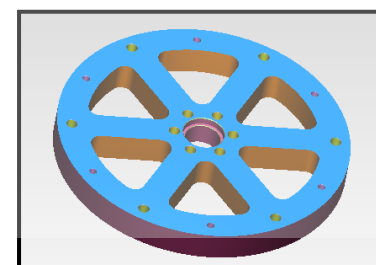
f) .

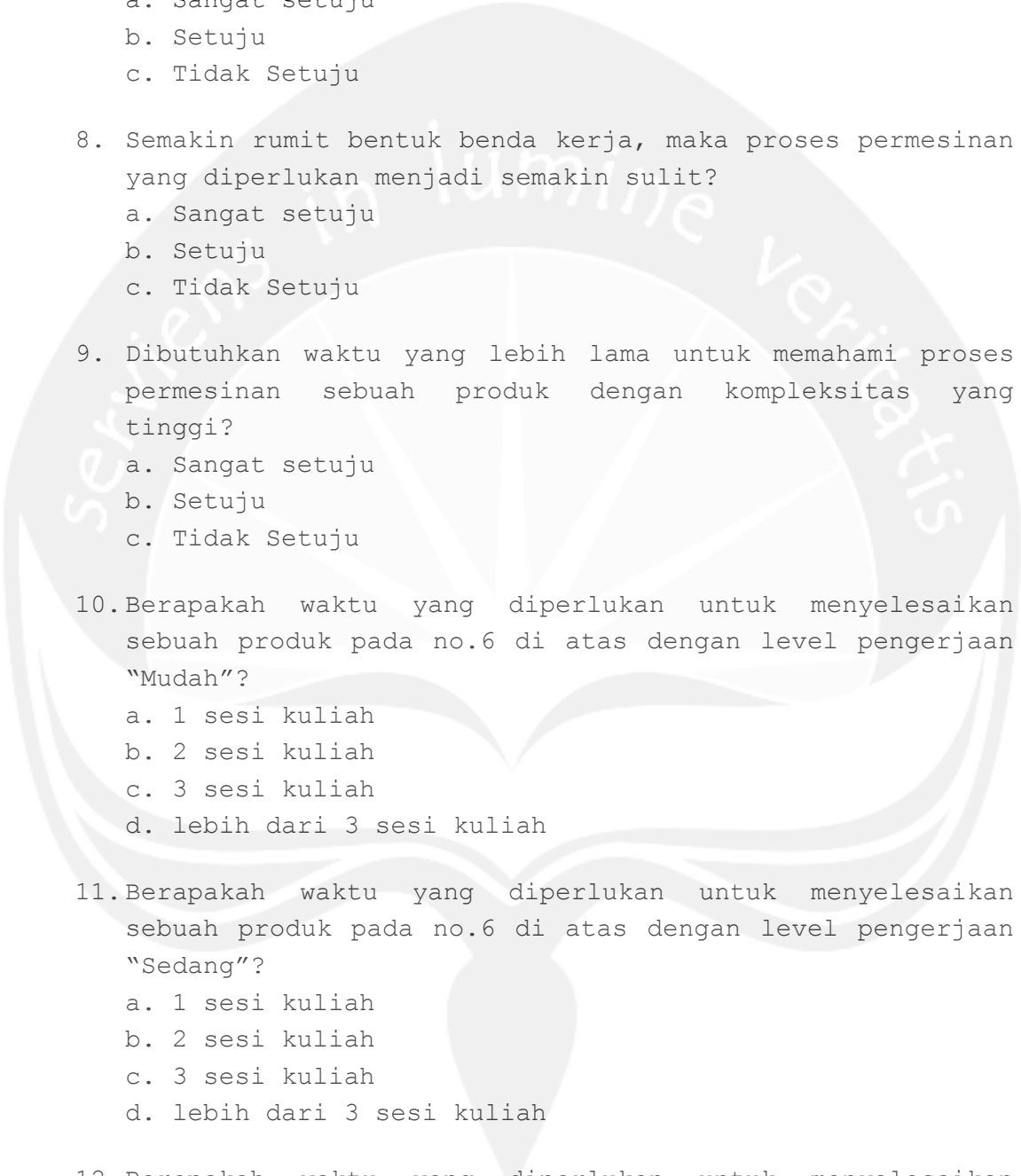


g) .



h) .



- 
7. Kompleksitas bentuk benda kerja mempengaruhi tingkat penilaian kesulitan proses yang Anda berikan pada soal no. 6 di atas?
- Sangat setuju
 - Setuju
 - Tidak Setuju
8. Semakin rumit bentuk benda kerja, maka proses permesinan yang diperlukan menjadi semakin sulit?
- Sangat setuju
 - Setuju
 - Tidak Setuju
9. Dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk memahami proses permesinan sebuah produk dengan kompleksitas yang tinggi?
- Sangat setuju
 - Setuju
 - Tidak Setuju
10. Berapakah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah produk pada no.6 di atas dengan level pengerjaan "Mudah"?
- 1 sesi kuliah
 - 2 sesi kuliah
 - 3 sesi kuliah
 - lebih dari 3 sesi kuliah
11. Berapakah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah produk pada no.6 di atas dengan level pengerjaan "Sedang"?
- 1 sesi kuliah
 - 2 sesi kuliah
 - 3 sesi kuliah
 - lebih dari 3 sesi kuliah
12. Berapakah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah produk pada no.6 di atas dengan level pengerjaan "Sulit"?
- 1 sesi kuliah
 - 2 sesi kuliah
 - 3 sesi kuliah

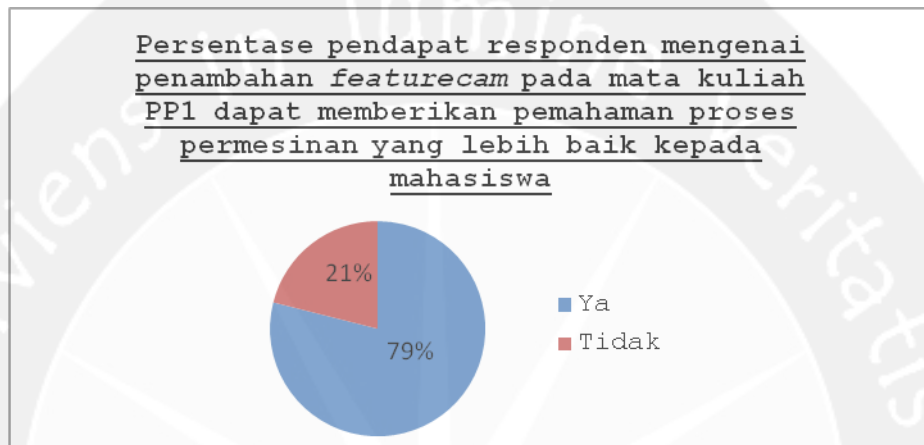
- d. lebih dari 3 sesi kuliah
13. Pembuatan sebuah modul belajar, misalnya buku, dapat mempermudah mahasiswa dalam proses belajar materi PP1, khususnya materi *featurecam*?
- a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak Setuju
14. Dalam modul tersebut, setidaknya terdapat bagian yang menjelaskan mengenai dasar-dasar *cutting tools* yang akan digunakan?
- a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak Setuju
15. Modul tersebut menjelaskan mengenai fitur/*toolpath* yang ada pada *featurecam* secara umum, dengan penjelasan strategi permesinan dan cara *setting* yang lebih rinci pada contoh kasus permesinan (berdasarkan gambar kerja)?
- a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak Setuju

< < < Terima Kasih > > >



Hasil Kuesioner:

1. Menurut pendapat Anda apakah *featurecam* dapat membantu memberikan pemahaman yang lebih baik kepada mahasiswa kuliah PP1 melalui penambahan *software* simulasi proses permesinan yang dapat memberikan gambaran proses bubut atau bubut-milling(*turn-mill*) secara lebih nyata?
 - a. Ya
 - b. Tidak

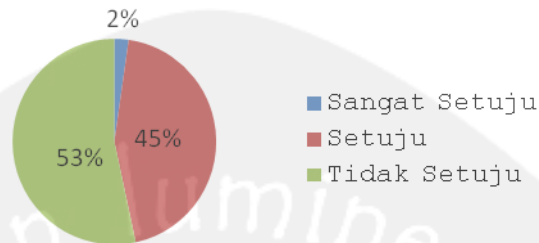


Jika Ya, silakan melanjutkan ke pertanyaan no. 2.

Jika Tidak, silakan melanjutkan ke pertanyaan no.3.

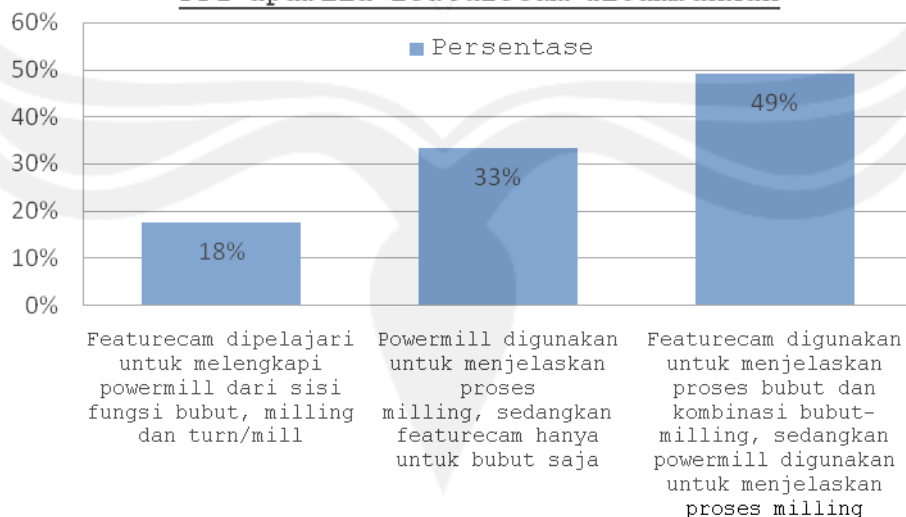
2. Disamping dapat membantu memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai proses permesinan, *featurecam* juga berpotensi mengacaukan pemahaman mahasiswa PP1 karena terdapat dua buah *software* yang dapat digunakan pada proses milling dengan sistem operasional yang berbeda?
 - a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak Setuju

Persentase pendapat responden mengenai perbedaan operasional featurecam dan powermill dapat menyulitkan mahasiswa



3. Bagaimana bentuk model pembelajaran *featurecam* yang terbaik menurut Anda agar materi *featurecam* dan *powermill* dapat saling melengkapi?
- Featurecam* dipelajari untuk melengkapi *powermill* dari sisi fungsi bubut, milling dan *turn/mill*.
 - Powermill* digunakan untuk menjelaskan proses milling, sedangkan *featurecam* hanya untuk bubut saja.
 - Featurecam* digunakan untuk menjelaskan proses bubut dan kombinasi bubut-milling, sedangkan *powermill* digunakan untuk menjelaskan proses milling.

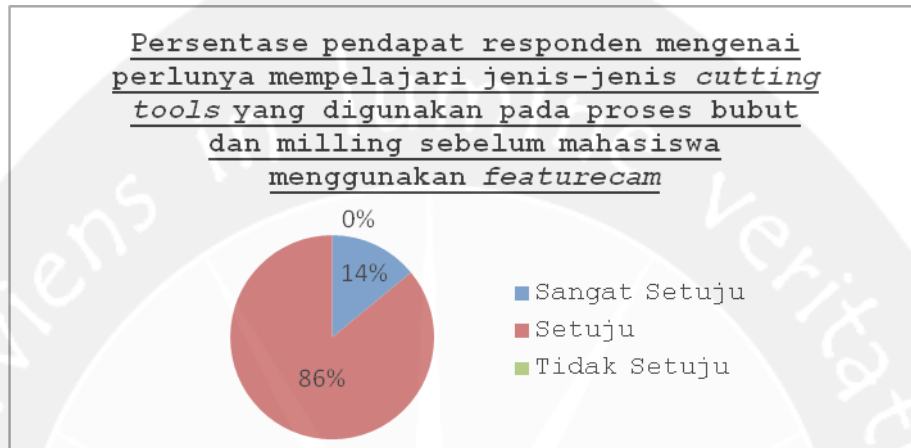
Preferensi responden terhadap model kuliah PPI apabila featurecam ditambahkan



4. Sebelum mempelajari *software* simulasi *featurecam*, mahasiswa perlu diberikan pemahaman mengenai jenis-jenis

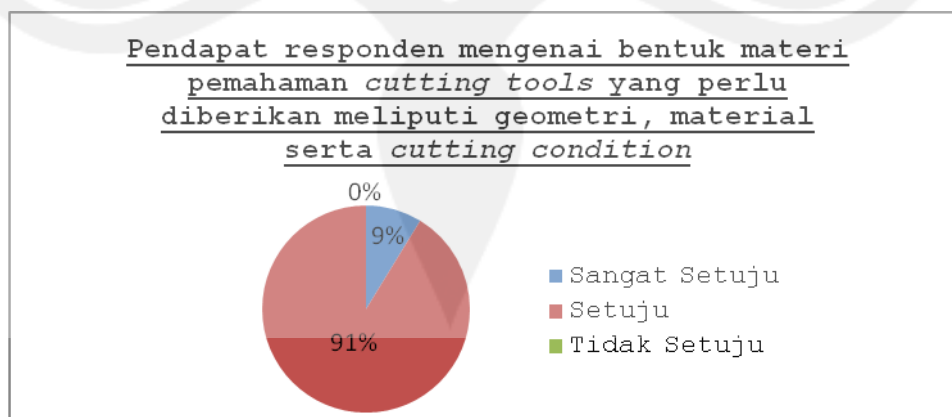
cutting tools proses bubut dan milling secara mendalam untuk memudahkan proses belajar?

- a. Sangat setuju
- b. Setuju
- c. Tidak Setuju



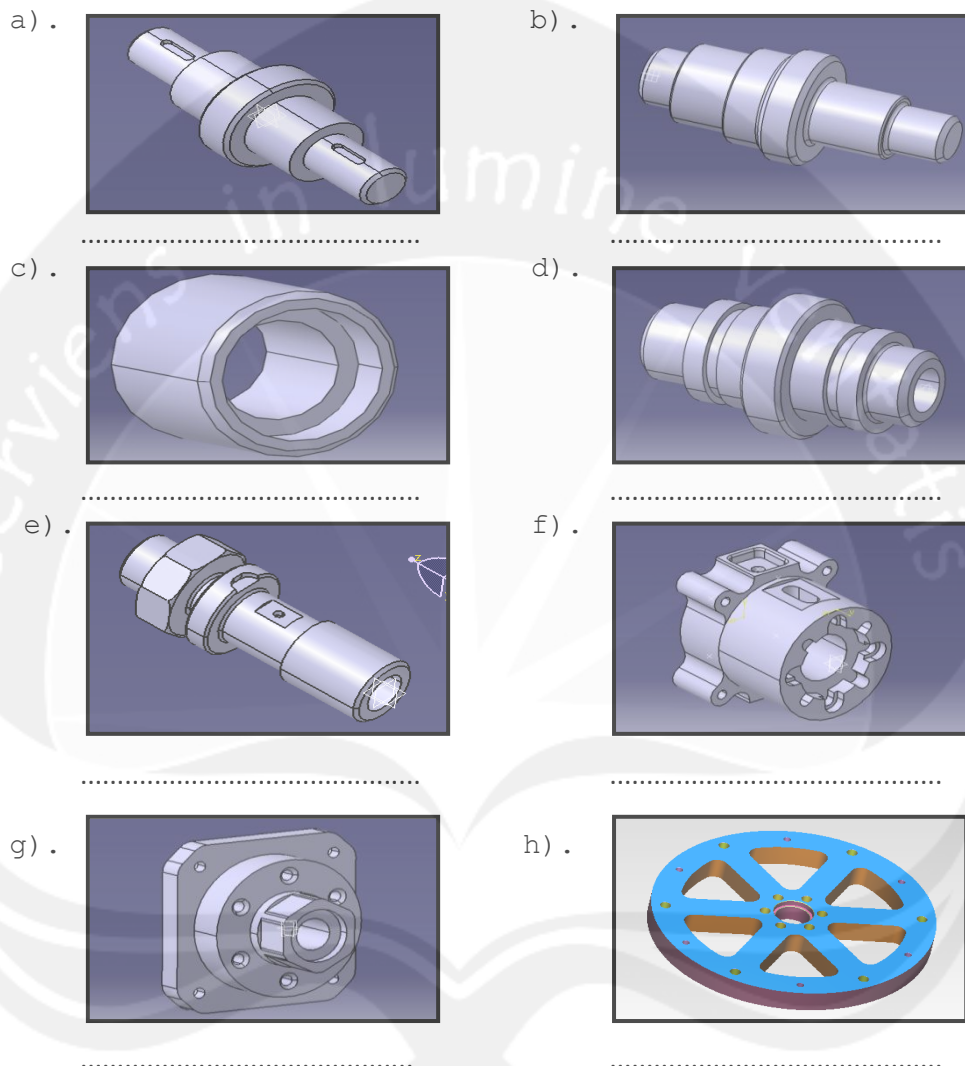
5. Pemahaman *cutting tools* yang diberikan meliputi bentuk geometri (misalnya contoh dalam bentuk gambar *cutting tools* bubut/milling yang sering digunakan), material *cutting tools*, kondisi permesinan (meliputi *cutting speed*, perhitungan rpm, *feeding*, dan *depth of cut* yang diijinkan) serta jenis pengerjaan yang sesuai (proses *roughing/finishing*) untuk *tools* tersebut?

- a. Sangat setuju
- b. Setuju
- c. Tidak Setuju

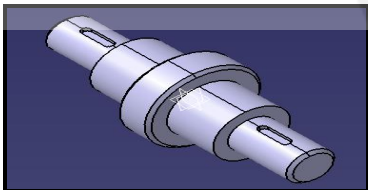


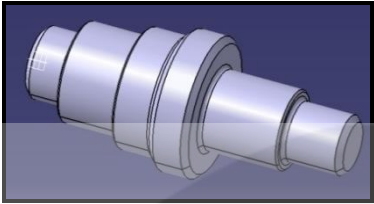
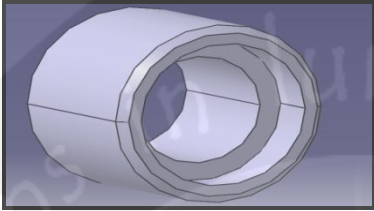
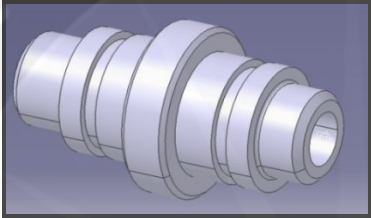
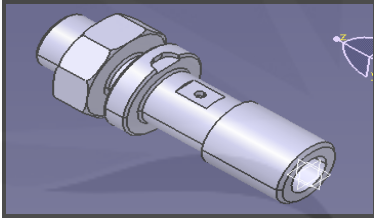
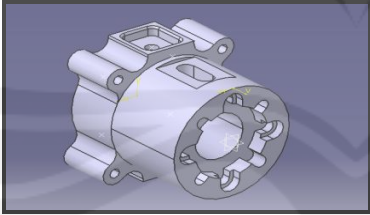
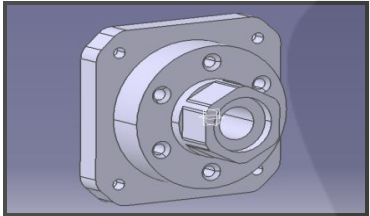
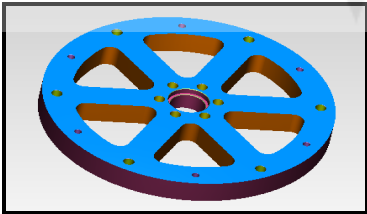
6. Berikut ini terdapat 8 gambar kerja yang kemungkinan akan dimasukkan sebagai materi dalam modul *featurecam*.

Pilihlah 4 gambar, dan kemudian berikanlah penilaian Anda pada gambar-gambar tersebut berdasarkan tingkat kesulitan "mudah", "sedang", "sulit" dan "advance" pada bagian bawah gambar tersebut?

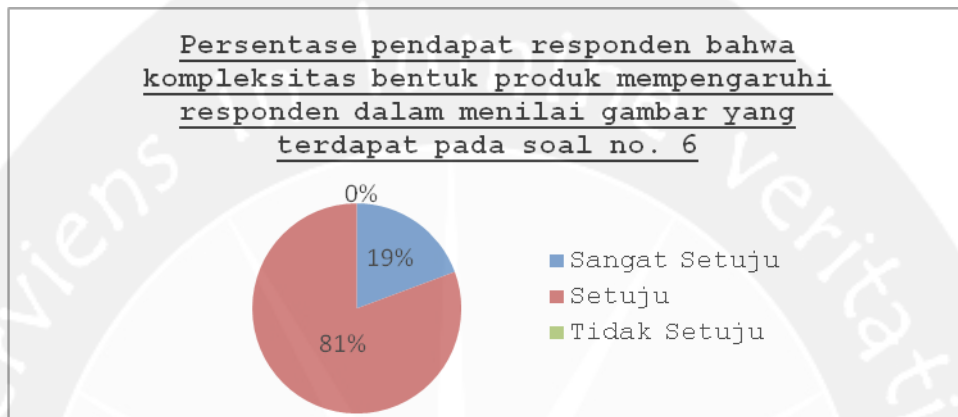


Hasil penilaian gambar oleh responden :

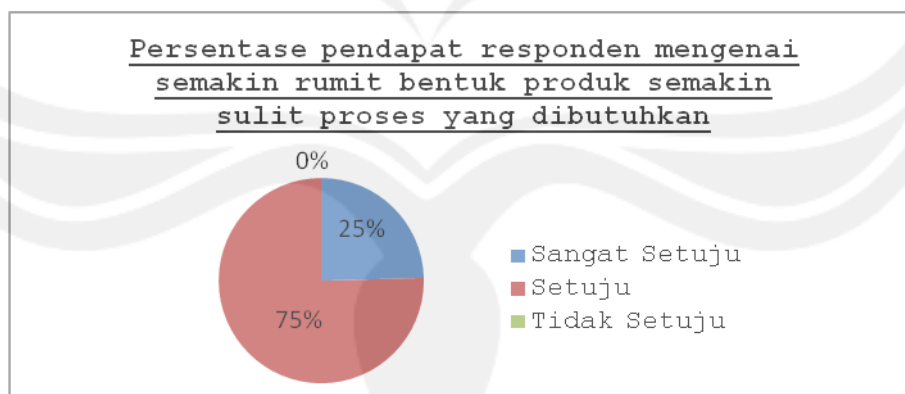
No.	Alternatif 3D Model dalam Modul <i>Featurecam</i>	Tingkat Kesulitan Proses Berdasarkan Pilihan Responden			
		Mudah	Sedang	Sulit	Advance
1		28	1	-	-

2		11	11	-	-
3		14	3	-	-
4		1	19	5	-
5		-	25	17	4
6		-	-	6	38
7		-	1	29	1
8		-	-	6	8

7. Kompleksitas bentuk benda kerja mempengaruhi tingkat penilaian kesulitan proses yang Anda berikan pada soal no. 6 di atas?
- a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak Setuju

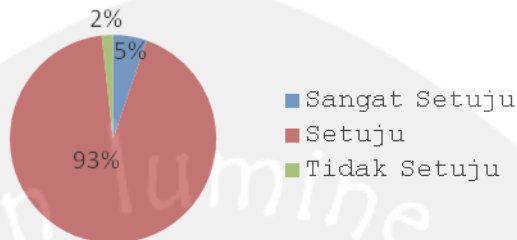


8. Semakin rumit bentuk benda kerja, maka proses permesinan yang diperlukan menjadi semakin sulit?
- a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak Setuju



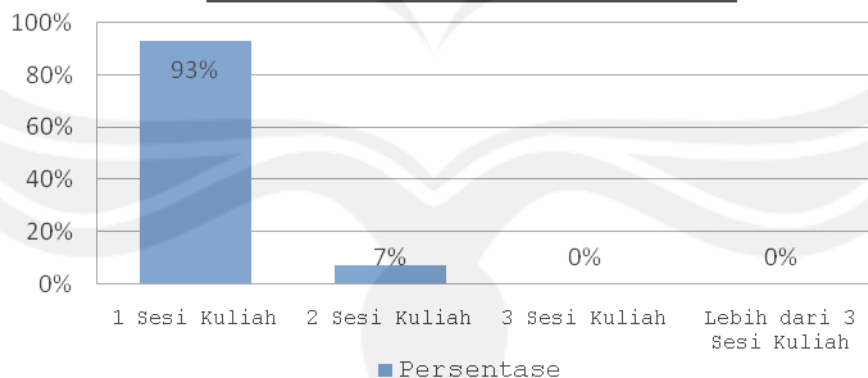
9. Dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk memahami proses permesinan sebuah produk dengan kompleksitas yang tinggi?
- a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak Setuju

Persentase pendapat responden mengenai semakin kompleks bentuk sebuah produk, dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk memahaminya

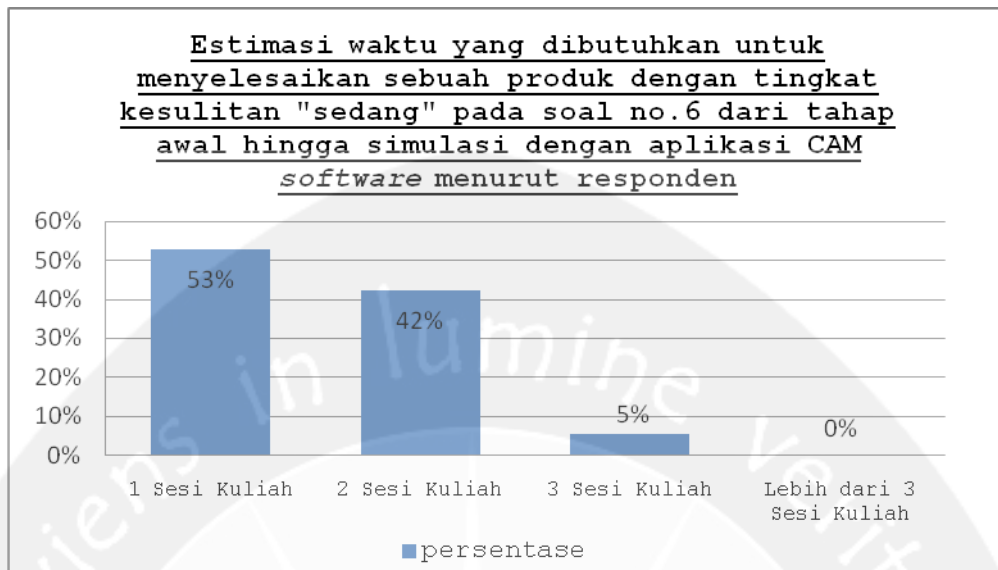


10. Berapakah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah produk pada no.6 di atas dengan level pengerjaan "Mudah"?
- 1 sesi kuliah
 - 2 sesi kuliah
 - 3 sesi kuliah
 - lebih dari 3 sesi kuliah

Estimasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah produk dengan tingkat kesulitan "mudah" pada soal no.6 dari tahap awal hingga simulasi dengan aplikasi CAM software menurut responden

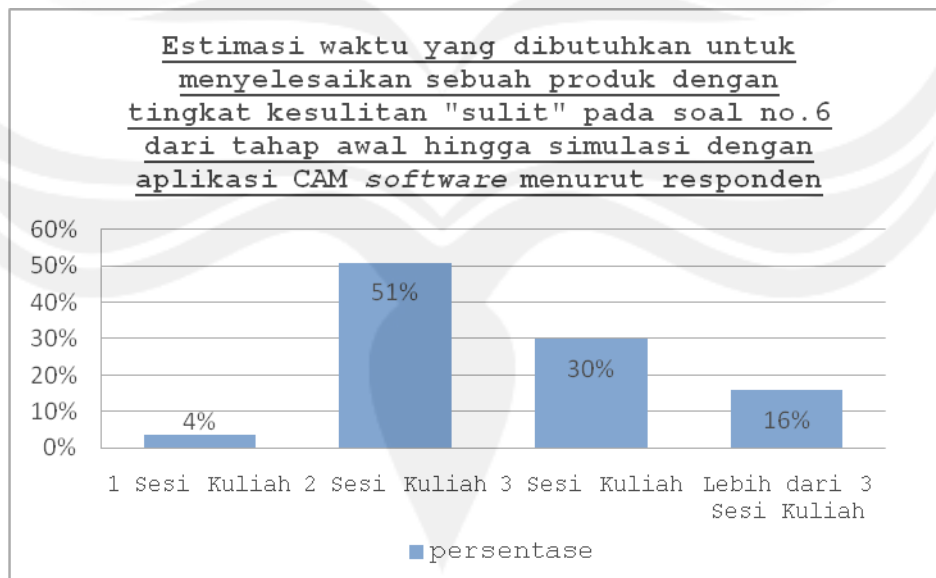


11. Berapakah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah produk pada no.6 di atas dengan level pengerjaan "Sedang"?
- 1 sesi kuliah
 - 2 sesi kuliah
 - 3 sesi kuliah
 - lebih dari 3 sesi kuliah



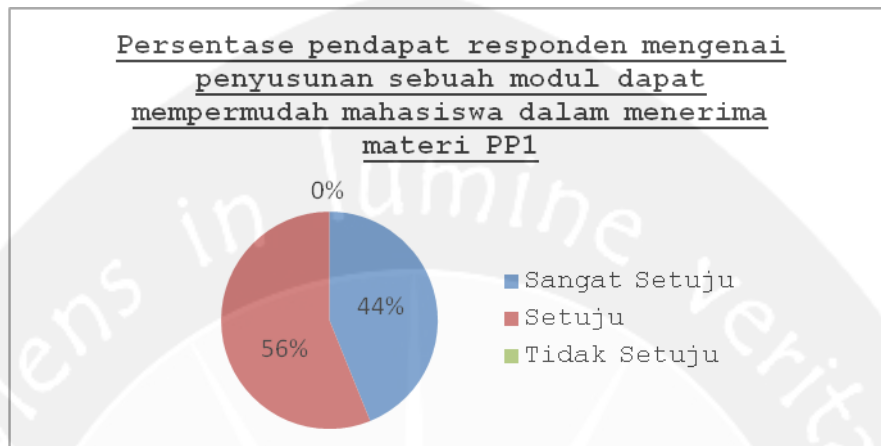
12. Berapakah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah produk pada no.6 di atas dengan level pengerjaan "Sulit"?

- 1 sesi kuliah
- 2 sesi kuliah
- 3 sesi kuliah
- lebih dari 3 sesi kuliah



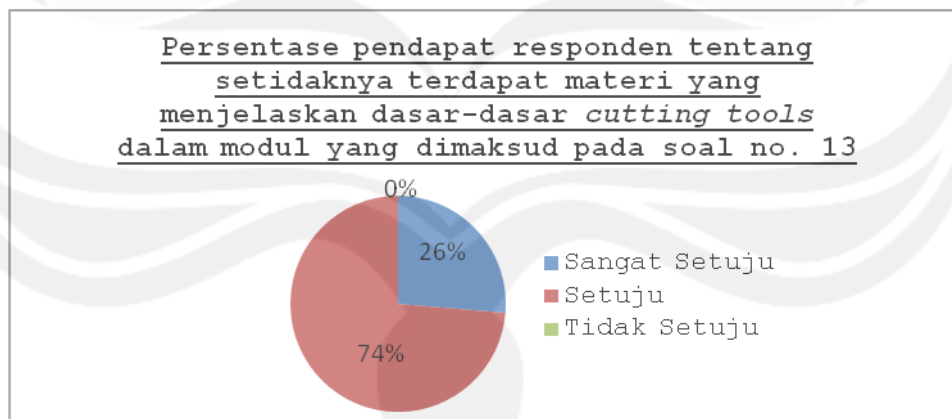
13. Pembuatan sebuah modul belajar, misalnya buku, dapat mempermudah mahasiswa dalam proses belajar materi PP1, khususnya materi *featurecam*?

- a. Sangat setuju
- b. Setuju
- c. Tidak Setuju



14. Dalam modul tersebut, setidaknya terdapat bagian yang menjelaskan mengenai dasar-dasar *cutting tools* yang akan digunakan?

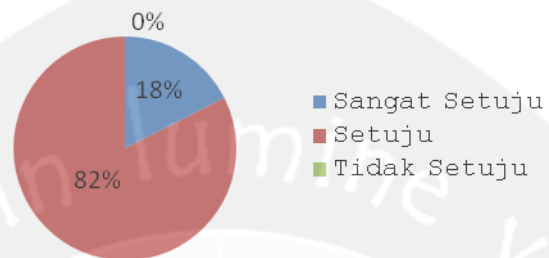
- a. Sangat setuju
- b. Setuju
- c. Tidak Setuju

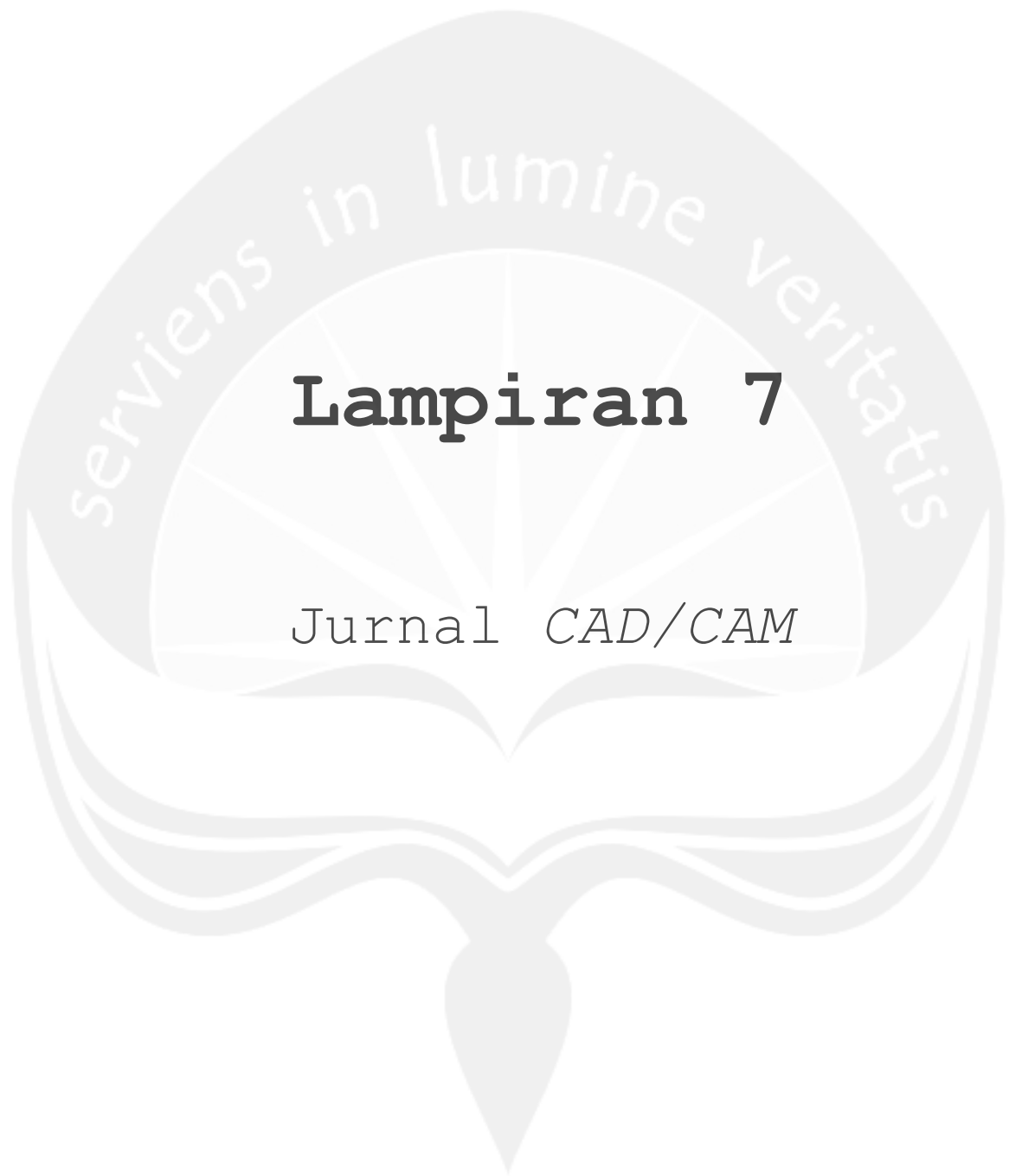


15. Modul tersebut menjelaskan mengenai fitur/*toolpath* yang ada pada *featurecam* secara umum, dengan penjelasan strategi permesinan dan cara *setting* yang lebih rinci pada contoh kasus permesinan (berdasarkan gambar kerja)?

- a. Sangat setuju
- b. Setuju
- c. Tidak Setuju

Persentase pendapat responden tentang penjelasan penggunaan *toolpath strategy* yang lebih rinci sebaiknya dilakukan melalui contoh kasus



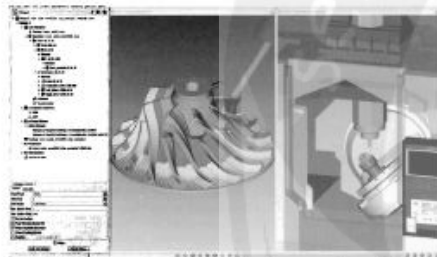


Lampiran 7

Jurnal *CAD/CAM*

Manufacturing Software

CAD/CAM Software Drives Innovation



Vericut 7.0 simulation software from CGTech offers new motion emulation logic that more closely mimics real motion on CNC machines.

Latest software advances include new parallel-processing techniques, improved simulation tools, and enhanced support for complex multitasking machine tools

Patrick Waurzyniak
Senior Editor

As manufacturing emerges from the economic maelstrom, factory-floor managers can look toward the latest CAD/CAM and simulation software systems for cutting-edge tools to help improve their manufacturing productivity. With the latest CAD/CAM packages, manufacturing operations can add a host of new features including parallel processing techniques, better simulation capabilities, and support for complex machining on newer multitasking machine tools.

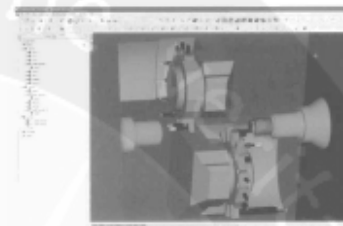
Parallel processing holds the promise of measurably speeding up programming tasks for NC programmers. In the past year, several CAD/CAM software

developers have added parallel and background processing with support for multicore processors, allowing programmers to significantly speed up CAM programming tasks with parallel and multithreading capabilities (see the article "Programming in Parallel" in the October 2009 issue of *Manufacturing Engineering*).

"With the prevalence of multicore computers, many CAD/CAM suppliers are now offering multithreading, executing different threads simultaneously, as a way to gain significant performance gains in machining and cycle times," notes Glenn McMin, president, Delcam North America (Windsor, ON, Canada), a unit of Delcam plc (Birmingham, UK). "Because Delcam owns all its machining code, we are free to optimize any of our algorithms, and furthermore, we're able to include this new technique in a number of our software programs. In 2010, the releases of PowerMILL, FeatureCAM, and ArtCAM all provided significant performance improvements based on multithreading."

In Delcam's PowerMILL 10, the company has devel-

Manufacturing Software



Migrating its parallel processing technology, Delcam's FeatureCAM 2010 also includes multithreading capability derived from the company's PowerMILL system.

oped two techniques that take advantage of the latest in multicore processing, McMin adds. "The first technique involves rewriting machining algorithms so they could be performed in parallel. The second technique involves calculating the toolpaths using a background process, called 'queued' [line up], so you can continue to use PowerMILL in the foreground while toolpaths are calculating in the background. Users can prepare data faster and eliminate any waiting. Similarly, the user can be setting the parameters needed to machine one area of a part, while toolpaths are being calculated in the background for machining a second area with a different strategy. Productivity is also increased because the computer can continue with a series of calculations during the user's breaks or even overnight."

"With multithreading, we can speed up the majority of toolpath calculations in raster machining; other strategies using this code include constant Z, 3-D offset, area clearance, interleaved constant Z, optimized constant Z, and boundary calculation," McMin states. "In addition, if the user's computer is suitable, parallel processing happens automatically on some algorithms. The typical PowerMILL customer is concentrating on the manufacture of high-precision parts and some of the toolpaths can be compute-intensive. Overall, we feel that Delcam's interpretation of multithreading can benefit the user, since we concentrate on speeding up individual toolpaths, not just dedicating a separate process to each toolpath calculation."

Initial testing on PowerMILL 10 with quad-core machines show a savings of up to 60% in toolpath calculation times, McMin notes. Delcam has added the programming techniques to FeatureCAM 2010 with support for multithreading when generating 3-D tool-

paths, and a number of new options are now available for turned features and for multiple-turret machines.

In addition, the company's PartMaker Version 2010 has added the capability to perform five-axis simultaneous milling on multi-axis lathes, based on proven technology used in PowerMILL. "PartMaker Version 2010 is the most significant release made to date, and will provide every PartMaker user an immediate productivity improvement," asserts Hanan Fishman, president of Delcam's PartMaker division.

"CAD/CAM software has typically followed the machine tool technology, meaning CAD/CAM developers typically develop software tools to automate certain machine tool functionality," Fishman adds. "That trend will certainly continue, but to some degree, we are seeing a convergence in technology. Machine builders are making more complex machines, and they're finding markets for these machines because of available CAD/CAM technology that can drive them. Thus, you're finding new technologies where you have not seen them before, with five-axis mills integrated into production multi-axis turning centers, and lathes integrated into sophisticated milling centers."

Advanced simulation tools allow CNC programmers to accurately simulate toolpaths prior to cutting metal. With the latest Vericut 7.0 NC simulation, verification, and optimization package, CGTech Corp. (Irvine, CA) has implemented new motion-emulation logic that more closely mimics real motion on the CNC machine, notes Bill Hasenjaeger, CGTech product manager.

"When simulating manufacturing processes with software, it's important to get as close as possible to emulating the physical workshop's equipment," notes Hasenjaeger. "For CNC-controlled machinery, one obvious component is how well the simulation emulates the way the CNC control moves the machine. As CNC machine simulation technology has matured, the engineers who rely on it realize that simulating from something other than the actual CNC program is very nearly a waste of time. Maybe that's too harsh, but the ability to simulate from the exact 'G-code' NC program file that will run on the machine is a necessary component of any trustworthy CNC simulation."

"Some of the more subtle and important features in CNC simulation software is to provide the ability to ensure shop standards are met," he adds. "Modern CNC simulation software must do much more than simply move a virtual machine—it must be able to check the NC program based on workshop standards, which means it must be easily configured to meet those standards. A simple example of meeting a shop standard is the software's ability to be configured to compare the tool offset number to the current tool number, to ensure the NC programmer activated the proper offset number, per workshop

standards. While it is perfectly valid for the CNC control to use any offset number for any tool, many shops standardize on a tool-offset number scheme to ensure the operator sets up the machine the same way each time, thus reducing the chance for errors at the machine. If the NC program mistakenly activates offset 23 when the operator expects it to activate offset 32 (based on shop standards), serious career-threatening problems may ensue."

The most important task of CNC machine simulation software is to ensure the NC program produces the correct workpiece, Hasenjaeger points out. "This means that beyond CNC control emulation, machine motion kinematics, program syntax-checking, and other NC program error checks, the software must produce a measurable and accurate workpiece—and it must do so reliably under all circumstances. The trend continues to be to make the simulated workpiece as accurate a representation of the real physical workpiece as possible."

"Motion emulation logic more closely mimics real motion on the CNC machine."

With Vericut 7.0, CGTech focused on customer requests for ease-of-use improvements. "We modified the user interface to create a more natural and obvious sequence to the most common user actions," says Hasenjaeger. "We implemented completely new motion-emulation logic that more closely mimics real motion on the CNC machine. As most computer users know, any computer representation of a physical thing is always an approximation. Where our perception of reality is of a smooth continuous world, the computer represents it with millions of

bits of digital data. The goal in any computer representation is to make the digital steps small enough that we perceive them as smooth and continu-

ous. But realistic representation comes at a price—speed and memory." Increased five-axis machining and the use of accurate

February 2010 • www.sme.org/manufacturingengineering 51

Manufacturing Software

simulation can help make manufacturers more competitive, notes Vynce Paradise of Siemens PLM Software (Palo Alto, CA), a unit of Siemens Industry Automation Division (Nuremberg, Germany). "We're seeing more emphasis on variable/five-axis machining with greater use of five-axis machining technology in areas previously reserved for three-axis or 3+2 axis machining, like mold and die," Paradise notes. "There's also been a greater focus on accurate machine tool simulation, from the G-code rather than basic toolpath data, driven by the use of more complex, advanced machine tools."

In Siemens' latest NX CAM 7.0, the company has added its Synchronous Technology for fast part model preparation irrespective of the CAD source, Paradise notes. "This can save the NC programmer a lot of time in working with CAD models that need to be adjusted or edited to get them ready for NC programming. Models imported from other systems into NX, or created with a complex parametric structure, can be hard to edit. Pro-

grammers may even start from scratch and remodel. With NX Synchronous Technology model, editing is fast and easy regardless of source or model type or structure."

The updated NX CAM also features interactive parallel NC processing, using multiple processors where available, for faster programming on large jobs. This approach allows the programmer to carry on programming while the system computes toolpaths and automatically runs parallel processes using available computing resources, he adds. NX CAM also offers on-machine probing, plus a Generative Feature Based Automation function driven by model-based PMI (Product and Manufacturing Information, such as tolerances and surface finish). Another update is that NX CAM produces optimized output for Siemens Sinumerik controllers. "This ensures that the advanced functions of the Siemens controller can be utilized using postprocessors built using the NX Post Builder application. NX CAM has additional commands that allow the programmer to activate advanced Sinumerik

52 www.sme.org/manufacturingengineering • February 2010

functions, and the new postprocessors will automatically set additional output parameters to optimize performance at the machine tool. This leads to greater efficiency at the machine tool, and less time spent hand editing code to add special commands."

Flexible CAD/CAM software capable of handling virtually any model type is in high demand now from most shop-floor users, notes Mark Summers, president, CNC Software Inc. (Tolland, CT), developer of Mastercam software. "Models are coming to shops in so many different formats now," notes Summers. "Reliance on blueprints continues to dwindle. We are also seeing the need to use many nontraditional formats, such as scanned data from lasers and reverse-engineered data. Software must have the ability to not only use these model formats, but also manipulate the data so as to prepare these models for manufacturing. There is an increasing need for flexibility, automation, and superior finishes. Often, shops need these three components at the same time, while looking for faster ways to get parts off the machine, and make the most of the tooling and machines they already have."

Most shops want software used in conjunction with the right tool/machine combinations that can improve their surface finish beyond what was expected of them in the past. "Software packages need to take advantage of tool and machine technologies, and produce tool motion that is tailored to take advantage of these specific technologies," Summers states. "Another trend is 'high cube machining,' which stresses efficiency over speed. There is more material removal, but not by moving the cutter faster, which is the traditional way of removing material as in high speed. The focus is material removal rate, not just moving the cutting tool faster."

In the latest Mastercam X4, CNC Software has added a host of new enhancements and features includ-

ing Toolpath Refinement, which provides dramatically superior finishes on complex parts, notes Summers.

SURFACE FINISHING • DEBURRING • EDGE BLENDING

DIAMOND FLEX-HONE

For Finishing

- Carbide
- Ceramic
- Hardened Tool Steel

Brush Research Manufacturing presents the newest innovation in the continuing evolution of our Flex-Hone® technology: Diamond Flex-Hones.

BRM **THE ORIGINAL 50 YEARS**

Brush Research Manufacturing 323.261.2193 www.brushresearch.com

Carbide Rings Before After

February 2010 • www.sme.org/manufacturingengineering 53

Manufacturing Software

"This new utility gives you greater control over the toolpath motion in order to achieve a superior finish. We've also added Dynamic Mill, which gives you the ability to utilize the entire flute length of the cutting tool while maintaining more consistent cutting conditions. This saves cutting time while reducing wear on your tooling and machines. Remember 'high cube, not necessarily high speed.'"

"Systems with multiple processors/cores are becoming common, and the trend toward using additional processors and cores will continue. Multithreading gives you the power to segment complex tasks in a multi-core computer, delivering faster processing. Another benefit is that the user can continue working in Mastercam as the multithreading manager is processing."

More CAM multicore support is available in the latest Esprit 2010 CAD/CAM package from DP Technology Corp. (Cambridge, MA), notes Chuck Mathews, DP Technology vice president. "The trends in the CAM business are most commonly driven by the latest CAD data formats, new machine tools, controls, and cutting tools, as well as the latest operating systems and computer hardware."

Mathews states, "All of these require CAM vendors to continually update their software in order to keep pace. Direct requests from customers for more specific productivity-enhancing functionality for part programming, such as simulation and post processing, also influence CAM vendors."

"At the present time, the computer technology trends that stand out are the changes brought on by expanding use of multicore computers and the Windows 7 operating system," he adds. "CAD-to-CAM data exchange is evolving to include more design, features, and tolerances, expanding its role beyond the geometry. Manufacturing technical trends are primarily driven by increasing demands for more sophisticated postprocessing, and machine simulation to keep pace with the increasing complexity and number of mill-turn, Swiss-turn, and five-axis machines installed around the world."

Esprit 2010 has been optimized to fully embrace the capabilities of the latest multicore computers, an especially valued time-saving characteristic for three-axis and five-axis programming, adds Mathews. The updated Esprit includes the new multithreaded stock automation engine.

Want More Information

CGTech Corp.
Phone: 949-753-1050
Web site: www.cgtch.com

CNC Software Inc.
Phone: 860-875-5006
Web site: www.mastercam.com

Delcam plc
Phone: 877-335-2261
Web site: www.delcam.com

DP Technology Corp.
Phone: 805-388-6000
Web site: www.dptech.com

Geometric Technologies Inc.
Phone: 480-222-2255
Web site: www.geometricglobal.com/products

Gibbs and Associates
Phone: 805-523-0004
Web site: www.gibbscam.com

PartMaker Inc., a division of Delcam plc
Phone: 877-335-2261
Web site: www.partmaker.com

Siemens PLM Software
Phone: 800-498-5351
Web site: www.siemens.com/plm

Helping manufacturers produce results.

A Right-From-The-Start® ERP success story.

"The busier we got, the more we needed a powerful ERP system up and running. Out here, there's no time for down time."

Andy Bubulka,
Manufacturing Plant Manager
H-J Enterprises, St. Louis, MO



"That's why we went with Global Shop Solutions. They were in, they were out, and we were seeing major new efficiencies - right from the start. What a tremendous difference their ERP system - and their people - made in accelerating our workflow, lowering overall costs, and setting the stage for unconstrained growth. Very powerful. Only regret is that we didn't go with them years ago."

For a FREE copy of "Get ERP Right The First Time"™ call 1-800-344-0568 or visit www.globalshopsolutions.com.



Designed to Streamline®

GLOBAL SHOP SOLUTIONS
© 2010 Global Shop Solutions, Inc.

54 www.sme.org/manufacturingengineering • February 2010

which can benefit users by starting the part-program simulation at any time and at any point in the program. "This new feature eliminates the need to simulate all operations from the beginning or to save the results of previous simulations," Mathews notes. "Now, Esprit customers can start a simulation with the stock that results from the completion of all previous operations without first waiting for the simulation of the previous operation. The use of multithreading technology—with which stock calculations are done in the background—won't slow the programmer down."

High-efficiency material removal technology is a trend in the industry, notes Bill Gibbs, president, Gibbs and Associates (Moorpark, CA), which recently signed an agreement to use the VoluMill toolpath optimization engine from Celertive Technologies (Cave Creek, AZ) with its GibbsCAM CAD/CAM system. "Most improvements in productivity relate to more efficient toolpaths for cutting parts faster," Gibbs notes. "Cutting parts faster remains a significant cost factor in a job shop. Multitasking machines [MTM] continue to do well. Our MTM software and post-

processor sales have not diminished during the recession."

With the latest GibbsCAM, users have many new enhancements to help improve productivity. The package features Windows 7 compatibility and a new Windows 7 part file preview function; improvements in part roughing, and Advanced 3D toolpath; a new plunge rough function optimized for insert drills; and VoluMill Solids integrated in GibbsCAM, Gibbs notes. The system also has improvements in five-axis milling and new tool types, impeller strategies, adaptive cuts to morph, and a new spiral cutting method, as well as a new MTM synch interface.

An integrated version of CAMWorks 2010 from Geometric Technologies Inc. (Scottsdale, AZ), a unit of Geometric Ltd. (Mumbai), will also soon be available for running directly under SolidWorks. The updated CAMWorks 2010 adds more than over 50 customer-driven features and enhancements for machining faster and more accurately, including advances to feature recognition, improved multi-axis machining, and new cutting strategies for two to five-axis milling, turning, and wire EDM. ■



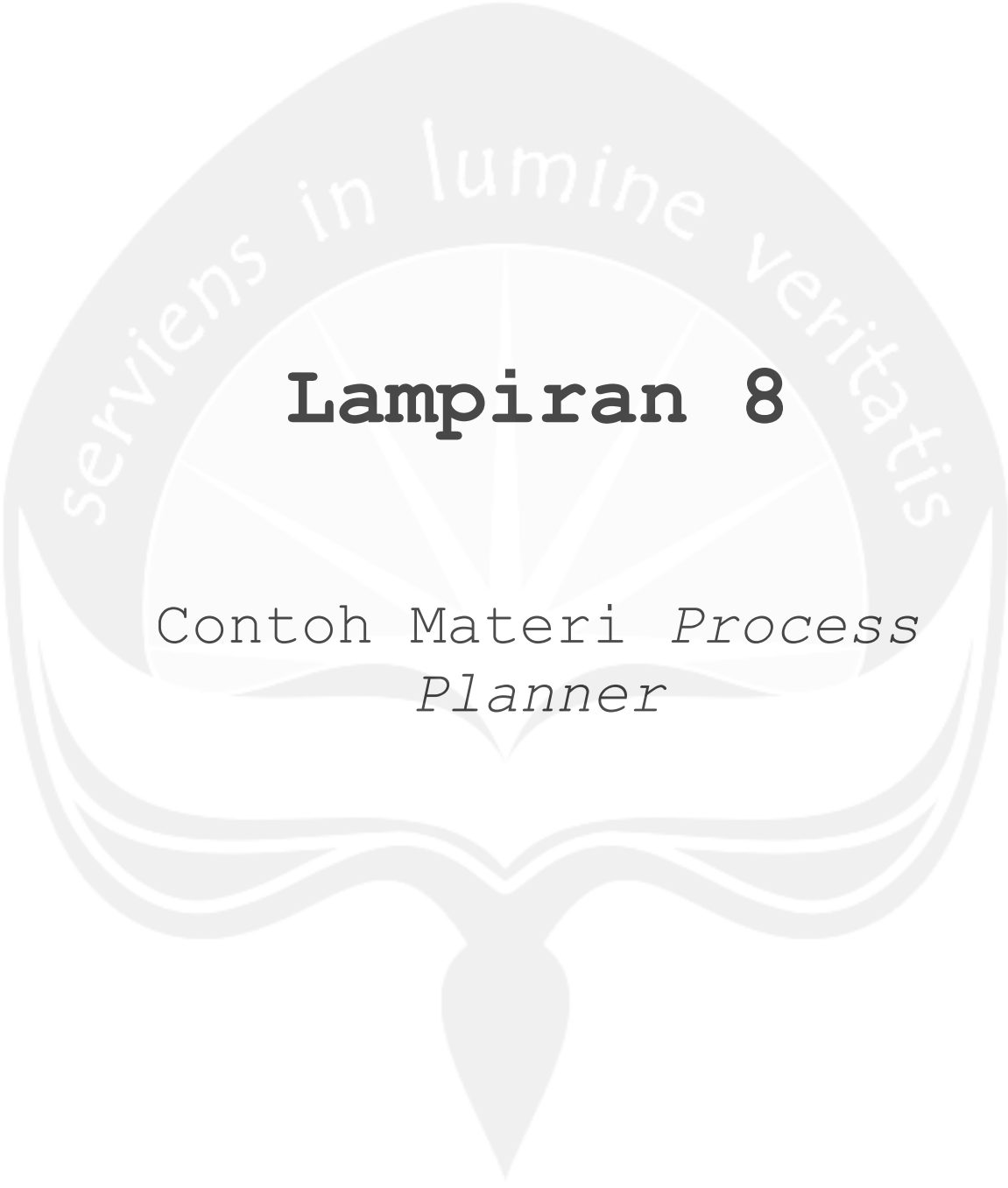
THE CUTTING EDGE



NEW CATALOG - NEW PRODUCTS!

- Face Grooving - Engraving Tools - Profile Boring Bars - BSPP/BSPT Thread Mills - Undercut Grooving Tools - UPN External Thread Mills - Back Chamfer Boring Bars - Mini Boring Starting at .015" Diameter - Acme and Stub Acme Internal Threading Tools	- PREMIUM MICRO-GRAIN SOLID CARBIDE FOR LONGER TOOL LIFE AND INCREASED FEEDS AND SPEEDS - HUNDREDS OF SIZES IN STOCK - CUSTOM, MINIATURE AND LEFT-HANDED TOOLS AVAILABLE - TIN AND TIALN COATED TOOLS IN STOCK
--	---

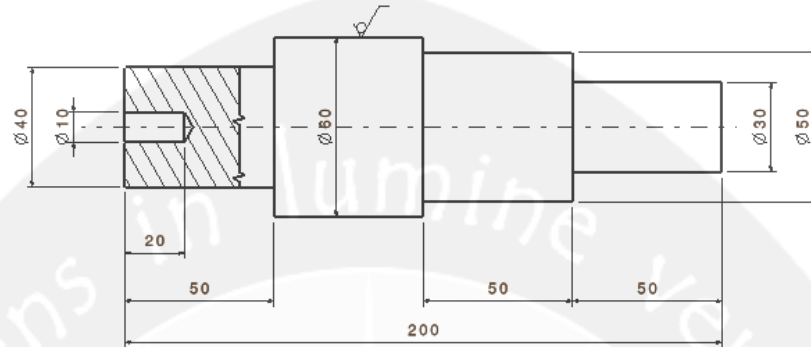
SCIENTIFIC CUTTING TOOLS, INC.
 110 W. Easy Street / Simi Valley, CA 93065 / 800-383-2244 / 805-584-9629 [fax] info@sct-usa.com / www.sct-usa.com



Lampiran 8

Contoh Materi *Process
Planner*

1. Sebuah raw material SKD 11 ($C_s = 70\text{ft/min}$) berukuran $\varnothing 60\text{mm} \times 205\text{mm}$, akan digunakan untuk membuat produk seperti pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1.

Tools yang disediakan adalah sebagai berikut:

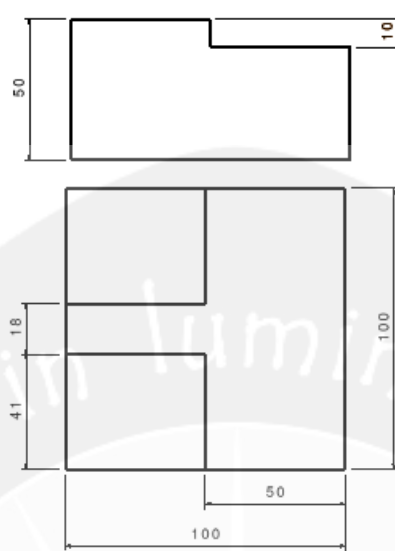
- Pahat Iso 2 (DoC maksimum 2mm)
- Pahat Iso 6 (DoC maksimum 2mm)
- NC Drill $\varnothing 10\text{mm}$ ($C_s = 15\text{ m/min}$)
- Twist Drill $\varnothing 6\text{mm}$ ($C_s = 15\text{m/min}$)
- Twist Drill $\varnothing 10\text{mm}$ ($C_s = 15\text{m/min}$)

Dengan menggunakan tools di atas, maka:

- a. Buatlah urutan rencana produksi yang diperlukan!
- b. Tentukan putaran *spindle* teoritis dan putaran mesin yang sesuai!
- c. Hitung waktu permesinan masing-masing proses dan total waktu seluruh proses!

apabila diketahui $f=0,1\text{mm/put}$, dan putaran mesin (n) yang tersedia adalah 80, 130, 250, 400, 650, 800, 1350, dan 2000.

2. Sebuah material SKD11 ($C_s = 70\text{ft/min}$) berukuran $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 50\text{mm}$ digunakan untuk membuat produk seperti yang tertera pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2.

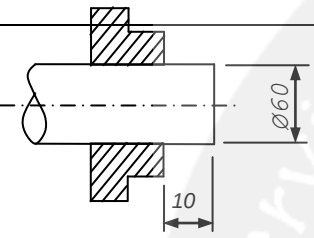
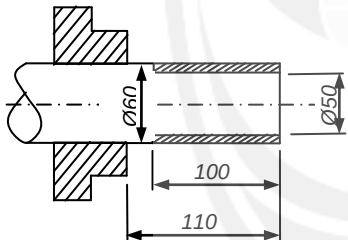
Tools yang disediakan adalah sebagai berikut:

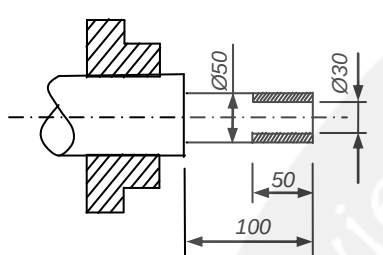
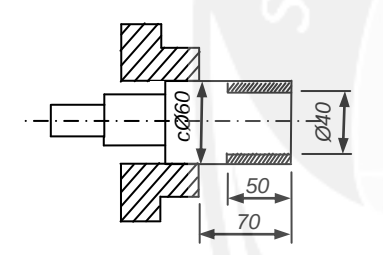
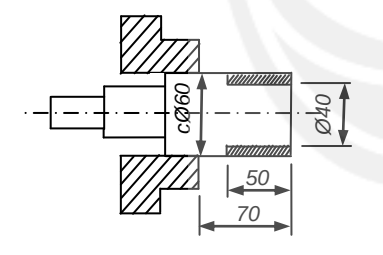
- HSS End Mill Cutter $\varnothing 30\text{mm}$ ($z=4$, $f_z=0,05$, $C_s=25\text{m/min}$, DoC maks=2mm)
- HSS End Mill Cutter $\varnothing 20\text{mm}$ ($z=4$, $f_z=0,05$, $C_s=25\text{m/min}$, DoC maks=2mm)
- HSS End Mill Cutter $\varnothing 10\text{mm}$ ($z=4$, $f_z=0,05$, $C_s=25\text{m/min}$, DoC maks=1mm)

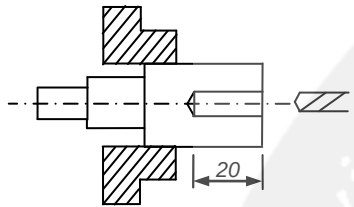
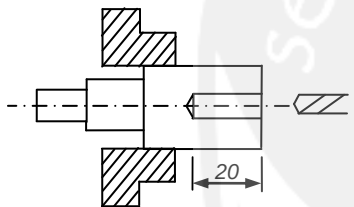
Dengan data di atas, tentukanlah:

- a. Urutan langkah proses produksi yang diperlukan
- b. Perhitungan putaran *spindle* teoritis dan putaran *spindle* mesin yang dipilih
- c. Perhitungan waktu permesinan masing-masing proses dan waktu total seluruh proses.

Solusi Proses Bubut

No.	Sketch	Deskripsi Proses	Cutting Tools	Perhitungan Parameter Proses	Perhitungan Waktu Proses
1		Facing just clean, dengan depth of cut 1mm	Pahat Iso 2	$n = \frac{CS}{\pi \cdot d}$ $= \frac{21.336}{\pi \cdot 60}$ $= 113,248 \text{ rpm}$ $\approx 130 \text{ rpm}$	$T_m = \frac{L \cdot i}{f \cdot n}$ $= \frac{(l_{awal} + l + l_{akhir}) \cdot i}{f \cdot n}$ $= \frac{(1 + 30 + 1) \cdot 1}{0,1 \cdot 130}$ $= 2,462 \text{ menit}$
2		- Mencekam benda kerja pada chuck dengan panjang keluar ±110mm - Membubut Ø50mm sepanjang 100mm	Pahat Iso 6	$n = \frac{CS}{\pi \cdot d}$ $= \frac{21.336}{\pi \cdot 60}$ $= 113,248 \text{ rpm}$ $\approx 130 \text{ rpm}$ $i = \frac{D_0 - d_1}{\text{DoC}} = \frac{(60 - 50)}{2}$ $= 5 \text{ kali}$	$T_m = \frac{L \cdot i}{f \cdot n}$ $= \frac{(l_{awal} + l + l_{akhir}) \cdot i}{f \cdot n}$ $= \frac{(1 + 100 + 0) \cdot 5}{0,1 \cdot 130}$ $= 38,846 \text{ menit}$

3		Membubut Ø30mm sepanjang 50mm	Pahat Iso 6	$n = \frac{CS}{\pi \cdot d}$ $= \frac{21.336}{\pi \cdot 50}$ $= 135,898 \text{ rpm} \approx 130 \text{ rpm}$ $i = \frac{D_0 - d_1}{DoC} = \frac{(50 - 30)}{2}$ $= 10 \text{ kali}$	$T_m = \frac{L \cdot i}{f \cdot n}$ $= \frac{(l_{awal} + l + l_{akhir}) \cdot i}{f \cdot n}$ $= \frac{(1 + 50 + 0) \cdot 10}{0,1 \cdot 130}$ $= 39,231 \text{ menit}$
4		Facing, memasukkan panjang 200mm	Pahat Iso 2	$n = \frac{CS}{\pi \cdot d}$ $= \frac{21.336}{\pi \cdot 60}$ $= 113,248 \text{ rpm} \approx 130 \text{ rpm}$ $i = \frac{\text{Selisih panjang}}{DoC}$ $= \frac{204 - 200}{1} = 4 \text{ kali}$	$T_m = \frac{L \cdot i}{f \cdot n}$ $= \frac{(l_{awal} + l + l_{akhir}) \cdot i}{f \cdot n}$ $= \frac{(1 + 30 + 1) \cdot 4}{0,1 \cdot 130}$ $= 9,846 \text{ menit}$
5.		Membubut Ø40mm sepanjang 50mm	Pahat Iso 6	$i = \frac{D_0 - d_1}{DoC} = \frac{(60 - 40)}{2}$ $= 10 \text{ kali}$	$T_m = \frac{L \cdot i}{f \cdot n}$ $= \frac{(l_{awal} + l + l_{akhir}) \cdot i}{f \cdot n}$ $= \frac{(1 + 50 + 0) \cdot 10}{0,1 \cdot 130}$ $= 39,231 \text{ menit}$

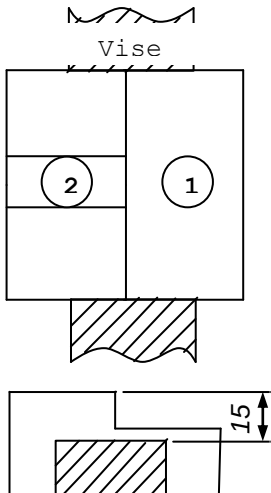
6		Membuat awalan lubang untuk pengeboran	NC drill Ø10mm	$n = \frac{CS}{\pi \cdot d}$ $= \frac{1000.15}{\pi \cdot 10}$ $= 477,707 \text{ rpm}$ $\approx 400 \text{ rpm}$	$T_m = \frac{L \cdot i}{f \cdot n}$ $= \frac{(l_{awal} + l + l_{akhir}) \cdot i}{f \cdot n}$ $= \frac{(1+1+0) \cdot 1}{0,1 \cdot 400}$ $= 0,05 \text{ menit}$
7		Pengeboran lubang Ø10mm sedalam 20mm	Twist Drill Ø10mm	$n = \frac{CS}{\pi \cdot d}$ $= \frac{1000.15}{\pi \cdot 10}$ $= 477,707 \text{ rpm}$ $\approx 400 \text{ rpm}$	$T_m = \frac{L \cdot i}{f \cdot n}$ $= \frac{(l_{awal} + l + l_{akhir}) \cdot i}{f \cdot n}$ $= \frac{(1+20+0) \cdot 1}{0,1 \cdot 400}$ $= 0,525 \text{ menit}$
Total waktu proses					130,191 menit

Solusi Proses Milling

Keterangan notasi : i = Jumlah pergeseran *cutter* yang diperlukan (lebar lintasan potong ditambah clearance yang dibutuhkan dibagi dengan diameter *cutter*).

L = Panjang lintasan potong (panjang benda ditambah diameter *cutter*).

y = Jumlah pemakanan (tebal benda awal dikurangi tebal jadi dibagi dengan *depth of cut*)

No .	Sketch	Deskripsi Proses	Cutting Tools	Perhitungan Parameter Proses					Perhitungan Waktu Proses
				Putaran Spindle	Feeding (f)	i	L	y	
1		• Melakukan proses pemotongan pada area "1"	End Mill Cutter Ø30mm	$n = \frac{CS}{\pi \cdot d}$ $= \frac{1000 \cdot 25}{\pi \cdot 30}$ $= 265,393 \text{ rpm}$ $\approx 250 \text{ rpm}$	$f = fz \cdot z$ $= 4 \cdot 0,05$ $= 0,2$	$i = \frac{(5+50+0)}{30}$ $= 1,833$ $\approx 2 \text{ kali}$	$L = 100 + 30$ $= 130 \text{ mm}$	$y = \frac{(50-40)}{2}$ $= 5 \text{ kali}$	$T_m = y \cdot \frac{L \cdot i}{f \cdot n}$ $= 5 \cdot \frac{130 \cdot 2}{0,2 \cdot 250}$ $= 26 \text{ menit}$
		• Melakukan proses pemotongan pada area "2"	End Mill Cutter Ø10mm	$n = \frac{CS}{\pi \cdot d}$ $= \frac{1000 \cdot 25}{\pi \cdot 10}$ $= 796,178 \text{ rpm}$ $\approx 800 \text{ rpm}$	$f = fz \cdot z$ $= 4 \cdot 0,05$ $= 0,2$	$i = \frac{18}{10}$ $= 1,8$ $\approx 2 \text{ kali}$	$L = 50 + 10$ $= 60 \text{ mm}$	$y = \frac{(50-40)}{1}$ $= 10 \text{ kali}$	$T_m = y \cdot \frac{L \cdot i}{f \cdot n}$ $= 10 \cdot \frac{60 \cdot 2}{0,2 \cdot 800}$ $= 7,5 \text{ menit}$
	Total waktu proses								

Keterangan: Materi di atas adalah gambaran umum materi pembelajaran *process planner* pada materi kuliah PP1 dengan tingkat kesulitan mudah. Materi proses permesinan dapat saja memiliki kompleksitas yang lebih tinggi.