

Perencanaan Set-Up Proses Pemmesinan Rahang Tetap dan Gerak Ragum-125 Polman Bandung

Mohammad Yazid Diratama¹, Tri Prakosa², Gamawan Ananto³, Agus Riadi⁴

^{1,3,4} Jurusan Teknik Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung

² Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung

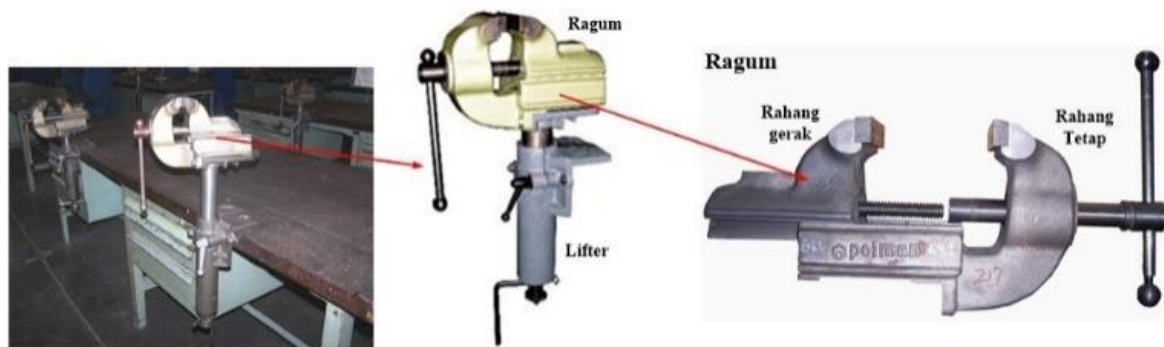
Email: yazid.polman@gmail.com

Informasi Artikel:	ABSTRAK
<i>Received:</i> 28 Februari 2024 <i>Accepted:</i> 01 Oktober 2024 <i>Available:</i> 15 November 2024	Proses pembuatan Ragum-125 Polman, khususnya proses pemmesinan rahang tetap dan gerak, masih menggunakan banyak mesin-mesin konvensional. Proses pengejaannya membutuhkan empat belas buah set-up dan banyak tahapan proses dari mesin ke mesin yang berbeda sehingga rentan terjadi kesalahan proses. Mesin perkakas CNC memiliki kemampuan untuk mengerjakan banyak operasi pemmesinan dalam satu kali set-up. Namun, untuk memanfaatkan kelebihan mesin perkakas CNC dibutuhkan perencanaan set-up yang baik dan benar agar proses bisa berjalan sesuai spesifikasi yang ditetapkan. Penelitian ini membahas perencanaan set-up dan pemilihan mesin perkakas untuk proses pemmesinan fitur rahang tetap dan gerak ragum 125 Polman Bandung yang terdiri dari 4 tahap yaitu pengelompokan fitur berdasarkan tool approach direction, pemilihan datum set-up, formasi set-up dan penentuan mesin perkakas, serta pengurutan operasi pemmesinan dan pengurutan set-up. Dalam penelitian ini dihasilkan 19 Aturan yang menghasilkan 2 set-up untuk rahang tetap dan 1 set-up untuk rahang gerak menggunakan mesin CNC horizontal Mitsubishi H4Bn.
Kata Kunci:	ABSTRACT
Perencanaan Set-up Tool Approach Direction Mesin CNC Ragum 125 Polman	<i>The manufacturing process of Vise-125 Polman, especially the machining process of fixed and moving jaws, still uses many conventional machines. The process requires fourteen set-ups and many process stages from different machines to different machines so that it is prone to process errors. CNC machine tools have the ability to perform many machining operations in one set-up. However, to utilize the advantages of CNC machine tools, good and correct set-up planning is needed so that the process can run according to the specified specifications. This study discusses the set-up planning and selection of machine tools for the machining process of fixed jaw features and motion of the 125 Polman Bandung vise which consists of 4 stages, namely grouping features based on tool approach direction, selecting datum set-up, formation of set-up and determination of machine tools, and sequencing of machining operations and sequencing of set-ups. In this study, 19 Rules were produced which produced 2 set-ups for fixed jaws and 1 set-up for moving jaws using a Mitsubishi H4Bn horizontal CNC machine.</i>

jtrm.polman-bandung.ac.i

1 PENDAHULUAN

Polman (Politeknik Manufaktur) Bandung adalah perguruan tinggi vokasi yang menyelenggarakan sistem pendidikan berbasis produksi (*production base education*) dan salah satu produk hasil produksi Polman Bandung adalah ragum- 125 yang berfungsi sebagai alat pengecam yang terdiri dari dua bagian utama yaitu ragum dan lifter. Namun, bagian yang paling penting dari Ragum-125 Polman Bandung adalah bagian rahang tetap dan gerak yang terdapat pada Ragum.



Gambar 1. Ragum & Lifter 125 Polman Bandung

Proses pemesinan untuk ragum masih menggunakan mesin - mesin perkakas konvensional (*conventional machine tools*). Saat ini mesin konvensional sudah banyak digantikan oleh mesin perkakas otomatis dengan kontrol numerik (CNC, Computerized Numerical Control). Sudah ada beberapa penelitian yang membahas proses pemesinan suatu produk memanfaatkan mesin perkakas CNC dalam rangka mempercepat waktu produksinya.

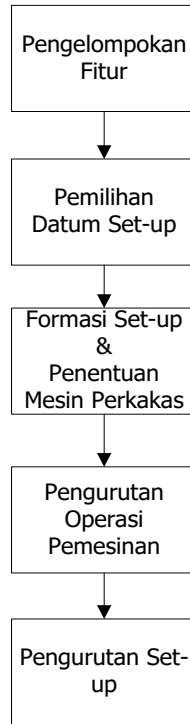
Mesin CNC Mitshubishi horizontal milling machine H4BN dual pallet dapat digunakan untuk membuat sel manufaktur pada proses pemesinan rahang tetap dan gerak ragum-100 Polman Bandung. Dalam prosesnya, operasi pemesinan dibagi menjadi dua bagian utama yaitu operasi pemesinan orientasi vertikal (pembuatan fitur datum/bawah dan fitur bagian atas produk) dan pemesinan orientasi horizontal (pembuatan fitur bagian depan dan fitur bagian belakang produk).

Hasil penelitian ini memperkirakan waktu pemesinan rahang tetap dan gerak ragum-100 Polman Bandung dapat lebih cepat 30 kali dari waktu pemesinan menggunakan mesin konvensional [8]. Ada juga yang membuat konsep layout sistem manufaktur flexible (*flexible manufacturing system/FMS*) untuk proses pemesinan 200 pasang (rahang tetap dan gerak) ragum-100 Polman Bandung menggunakan mesin CNC Mitshubishi horizontal milling machine H4BN dual pallet [7]. Dari beberapa literatur yang didapatkan, tidak ada yang membahas secara rinci bagaimana melakukan perencanaan proses terutama perencanaan set-up proses pemesinan ragum-100 Polman Bandung.

Padahal, untuk memanfaatkan mesin CNC dibutuhkan perencanaan proses (*Process planning*) terutama perencanaan set-up yang baik. Perencanaan set-up (*set-up planning*) adalah aktivitas/kegiatan yang paling utama/inti dalam perencanaan proses dimana didalamnya terdapat instruksi-instruksi untuk melakukan set-up benda kerja pada mesin perkakas seperti penentuan orientasi benda kerja, pemilihan datum, pengurutan proses pemesinan fitur, dll. Penelitian ini akan membahas perencanaan set-up proses pemesinan rahang tetap dan gerak Ragum-125 berdasarkan tool approach direction (TAD) setiap fiturnya.

2 METODE PENELITIAN

Tahapan dalam proses perencanaan set-up untuk rahang tetap dan gerak ragum 125 Polman sebagai berikut [2].



Gambar 2. Tahapan Perencanaan Set-up

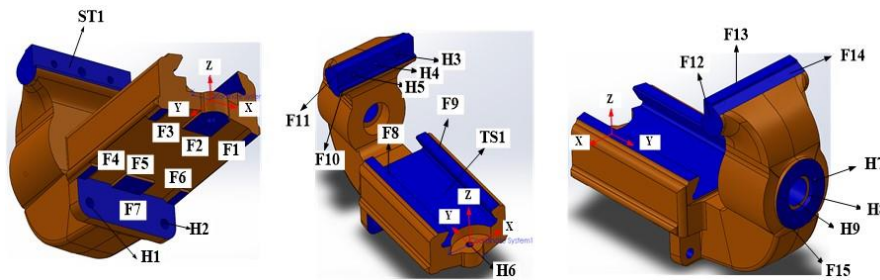
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengelompokan Fitur

Fitur-fitur pemessinan yang terdapat pada rahang gerak dan tetap ragum 125 Polman Bandung sebagai berikut.

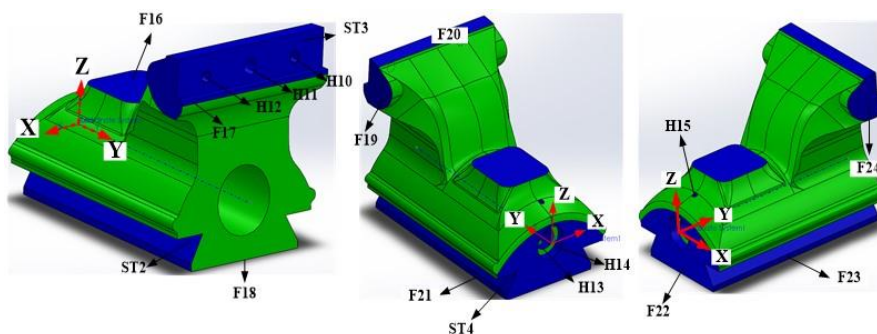
Tabel 1. Fitur-fitur pemessinan pada Rahang Tetap ragum 125 Polman Bandung

Fitur	Jenis Fitur	Sumbu & TAD
F1-F6	Face	-Z*

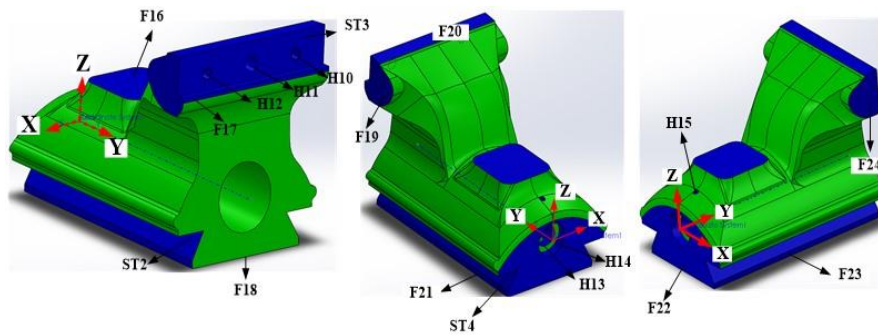


Fitur	Jenis Fitur	Sumbu & TAD
F7	Face	-Z
H1, H2	Through Hole	+Y*, -Y
ST1	Step	+Z*
F8, F9	Face	+Z*
TS1	Through Slot	+Z*
F10	Face	+Z
F11	Face	-X*, +Y, -Y, +Z, -Z
H3, H5	Thread Hole	-Y*
H4	Dowel pin Hole	-Y*
H6	Through Hole	+Z*, -Z*
F12	Face	-X*, +Y, -Y, +Z, -Z
F13	Face	+Y, +Z*
F14	Face	+Y, +Z*
F15	Face	+X, -X, +Y*, +Z
H7	Thread Hole	+Y*
H8	Circular pocket	+Y*
H9	Through Hole	+Y*

Tabel 2. Fitur-fitur pemesinan rahang gerak ragum 125 Polman Bandung



Fitur	Jenis Fitur	Sumbu & TAD
ST2	Step	-Z*
F17	Face	+Y* +Z
F18	Face	-Z*
H12	Thread Hole	+Y*

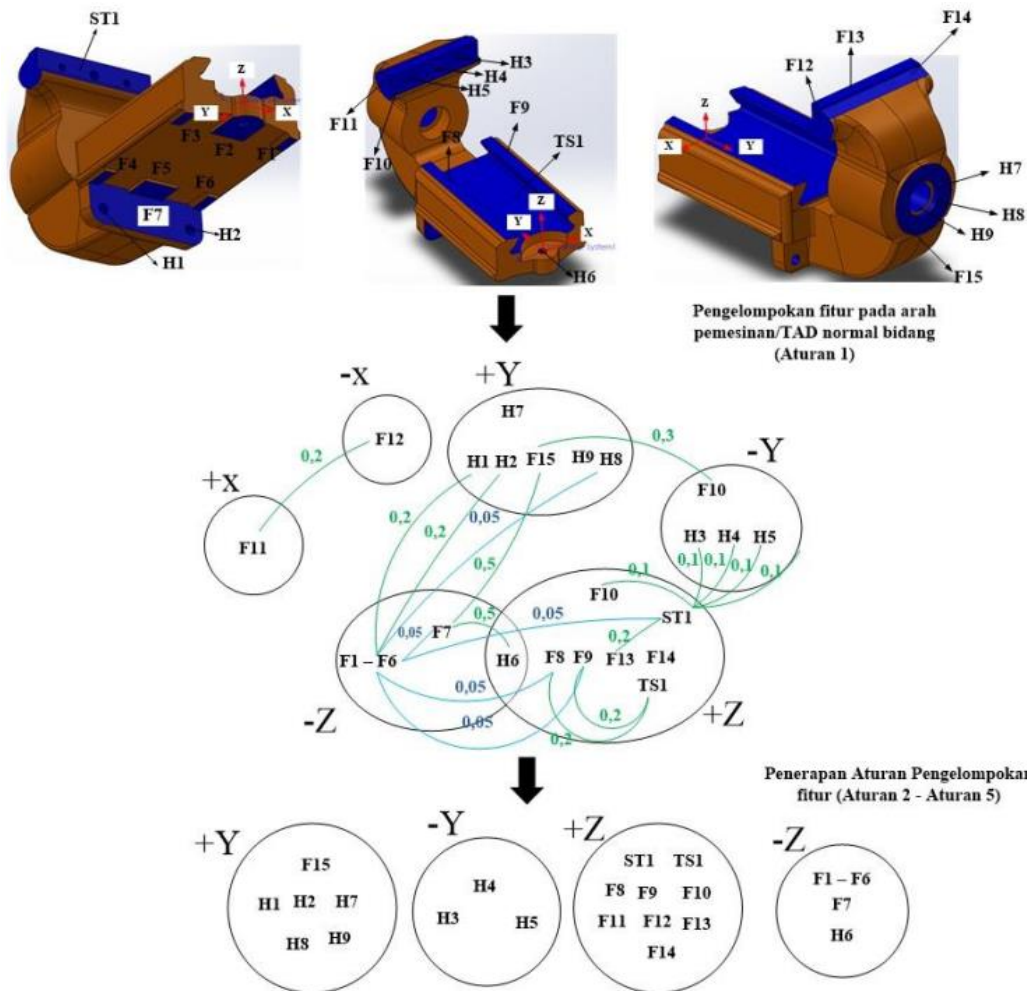


Fitur	Jenis Fitur	Sumbu & TAD
H11	<i>Dowel pin Hole</i>	+Y*
H10	<i>Thread Hole</i>	+Y*
ST3	<i>Step</i>	+Y* +Z*
F20	<i>Face</i>	+Y +Z*
F19	<i>Face</i>	-X* +Y +Z
F21	<i>Face</i>	-X* -Z
ST4	<i>Step</i>	-Z*
H13	<i>Through Hole</i>	-Y*
H14	<i>Circular pocket</i>	-Y*
H15	<i>Dowel pin Hole</i>	+Z*
F23	<i>Face</i>	+X* -Z
F24	<i>Face</i>	+X* +Y +Z
F22	<i>Face</i>	-Y* -Z

Pengelompokan fitur bertujuan untuk mengelompokkan fitur yang memiliki hubungan toleransi ketat agar dapat di proses menggunakan set-up metode 1 atau 2 untuk menjaga ketercapaian toleransinya. Pengelompokan fitur dilakukan berdasarkan TAD normal masing-masing fitur dan hubungan toleransi antar fitur. Penegelompokan fitur pemessinan pada pada rahang tetap dan gerak ragum 125 Polman berdasarkan TAD dilakukan menggunakan aturan sebagai berikut.

- Aturan 1. Fitur dengan TAD arah normal yang sama dikelompokkan dalam satu TAD.
- Aturan 2. JIKA Fitur A memiliki TAD lebih dari satu DAN hanya memiliki TAD dan hubungan toleransi dengan fitur B MAKA fitur A dikelompokkan dengan fitur B
- Aturan 3. JIKA fitur A memiliki TAD lebih dari satu DAN memiliki hubungan TAD dan toleransi dengan beberapa fitur MAKA fitur A dikelompokkan dengan fitur yang memiliki hubungan toleransi terketat dan TAD yang sama dengan fitur
- Aturan 4. JIKA fitur A dan B memiliki toleransi yang ketat namun tidak memiliki arah pemessinan normal yang sama (berlawanan) dan memiliki arah TAD lain yang sama, maka kelompokkan dengan TAD arah lain yang sama dan memudahkan proses pemessinan
- Aturan 5. Kelompok arah pemessinan/TAD yang hanya memiliki < 2 fitur, dikelompokkan dengan kelompok arah pemessinan/TAD dengan jumlah fitur terbanyak dan arah pemessinan/TAD yang sama dengan fitur tersebut

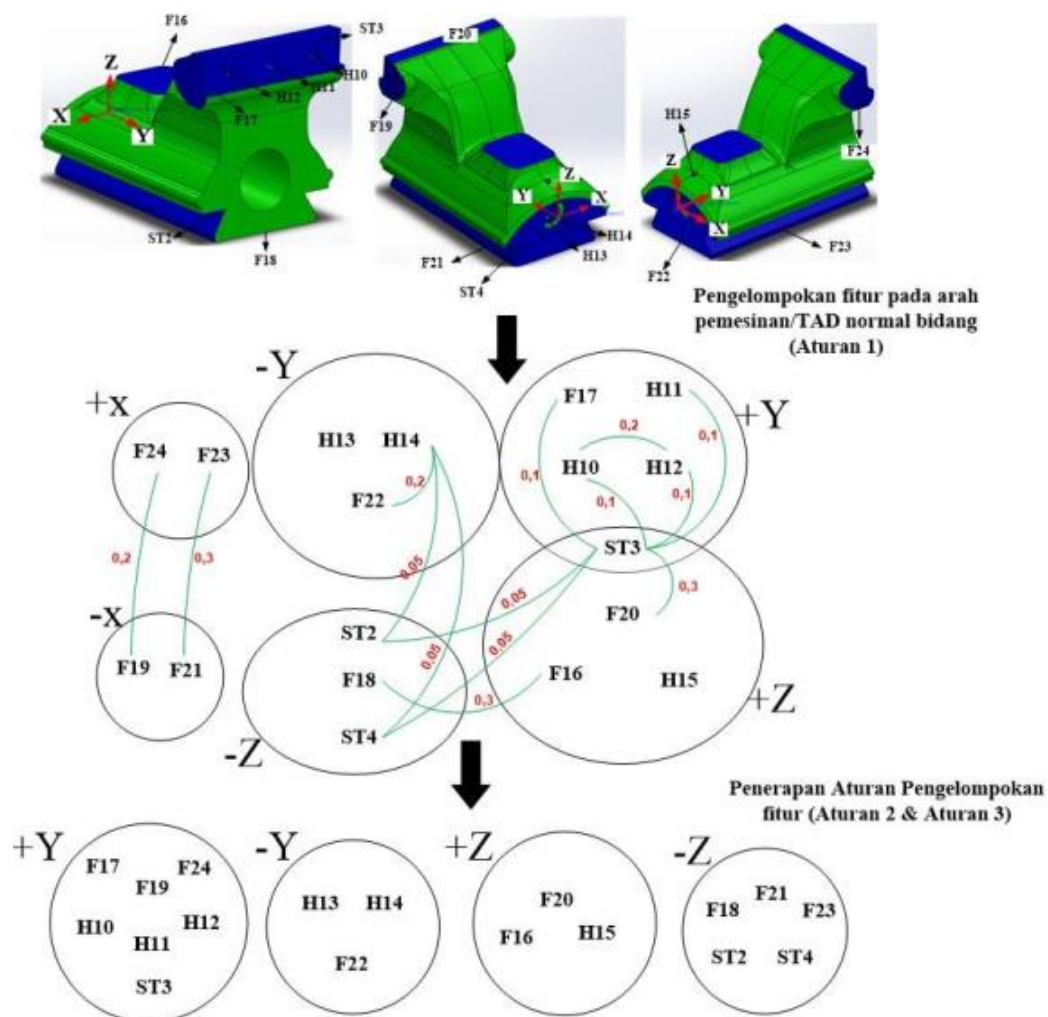
Berdasarkan aturan tersebut dihasilkan empat kelompok set-up (+Y, -Y, +Z, -Z) sesuai TAD arah normal bidang setiap fitur pemessinan rahang tetap dan gerak ragum 125 Polman seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Pengelompokan fitur pemesinan berdasarkan TAD pada rahang tetap ragum 125 Polman Bandung

Penjelasan peneglopokkan fitur pemesinan rahang tetap pada Gambar 3 di atas sebagai berikut:

- Fitur H6 dikelompokkan dengan fitur F7 menurut Aturan 2 karena, fitur H6 hanya memiliki hubungan TAD yang sama dan toleransi terketat hanya dengan fitur F7 yang berada dikeolompok TAD arah -Z.
- Fitur F11 dan F12 menurut aturan 5 di kelompokkan dengan arah pemesinan/TAD +Z karena memiliki jumlah fitur terbanyak dan TAD yang sama.



Gambar 4. Pengelompokan fitur pemessinan berdasarkan TAD pada rahang gerak ragum 125 Polman Bandung

Penjelasan pengelompokan fitur pemessinan rahang gerak pada Gambar 4 di atas sebagai berikut:

- Fitur ST3 dikelompokkan dengan arah pemessinan +Y menurut Aturan 3 karena, fitur ST3 memiliki hubungan TAD yang sama dan toleransi terketat dengan fitur F17, H10, H12.
- Fitur F24 dan F19 menurut aturan 4 di kelompokkan dengan arah pemessinan/TAD +Y karena memiliki TAD yang sama satu sama lain dan pada TAD +Y memerlukan pahat yang relative lebih pendek sehingga mengurangi defleksi saat pemotongan fitur.
- Fitur F23 dan F21 menurut aturan 4 di kelompokkan dengan arah pemessinan/TAD +Z karena hanya memiliki TAD yang sama satu sama lain pada TAD +Z.

3.2 Pemilihan Datum Set-up

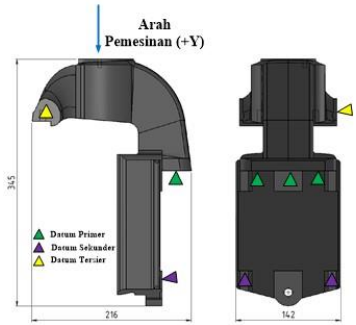
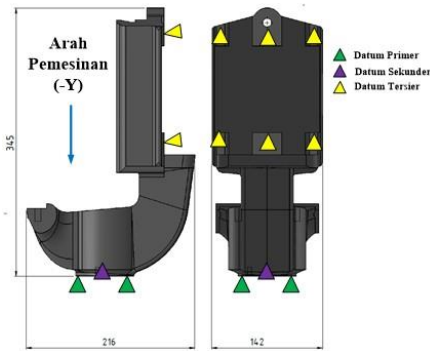
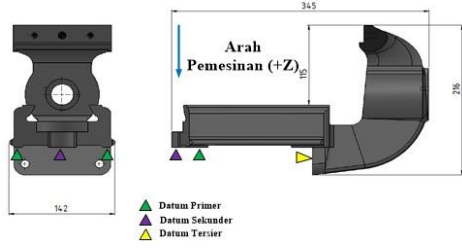
Pemilihan datum set-up untuk setiap set-up dilakukan dengan aturan sebagai berikut.

- Aturan 6. Datum pada benda kotak prismatic terdiri dari datum primer (primary datum), datum sekunder (secondary datum), dan datum tersier (tertiary datum) berdasarkan prinsip 3-2-1.

- Aturan 7. Arah pemesian fitur yang menjadi datum primer harus berlawanan dengan arah pemesian set-up yang dikerjakan.
- Aturan 8. Arah pemesian fitur yang menjadi datum sekunder haruslah berbeda dengan arah pemesian datum primer.
- Aturan 9. Arah pemesian datum tersier harus berbeda dengan arah pemesian datum primer dan sekunder.
- Aturan 10. Fitur lubang (hole) dapat menjadi datum sekunder bila, sistem pengekan menggunakan modular fixture.
- Aturan 11. Fitur lubang tembus (Through Hole) dan fitur lubang tidak tembus (blind hole) menjadi datum sekunder dan harus memiliki arah pemesian yang berlawanan dengan datum primer.

Berdasarkan aturan 6 sampai 11, maka pemilihan datum pada setiap arah pemesian sebagai berikut.

Tabel 3. Pemilihan datum fitur rahang tetap ragum 125 Polman

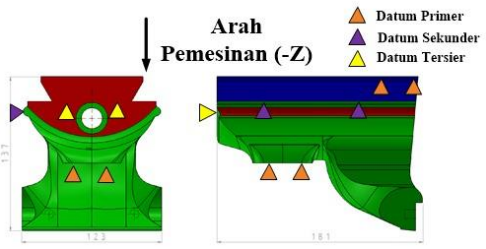
Pemilihan datum rahang tetap	Keterangan
	• Datum Primer: fitur face F7 • Datum sekunder: fitur face F1 – F6 • Datum Tersier: fitur face F12
	• Datum Primer: fitur face F15 • Datum sekunder: fitur hole H9 • Datum Tersier: fitur face F1 – F6
	• Datum Primer: fitur face F1 – F6 • Datum sekunder: fitur hole H6 • Datum Tersier: fitur face F7

Pemilihan datum rahang tetap	Keterangan
▲ Datum Primer ▲ Datum Sekunder ▲ Datum Tersier	• Datum Primer: fitur face F8, F9 • Datum sekunder: fitur face samping • Datum Tersier: fitur face belakang

Tabel 4. Pemilihan datum fitur rahang gerak ragum 125 Polman

Pemilihan datum rahang gerak	Keterangan
Arah Pemesinan (+Y) - Datum Primer: fitur face F22 - Datum sekunder: fitur hole H13 - Datum Tersier: fitur face F21, F23	
Arah Pemesinan (-Y) - Datum Primer: fitur face F17 - Datum sekunder: fitur face samping - Datum Tersier: fitur slot ST2, ST4	
Arah Pemesinan (+Z) - Datum Primer: fitur face F21, F23 - Datum sekunder: fitur face F22 - Datum Tersier: fitur face samping	
Arah Pemesinan (-Z) - Datum Primer: fitur face F16 - Datum sekunder: fitur face samping - Datum Tersier: fitur face F22	

Pemilihan datum rahang gerak	Keterangan
------------------------------	------------



Arah Pemesian (-Z)

- ▲ Datum Primer
- ▲ Datum Sekunder
- ▲ Datum Tersier

3.3 Formasi Set-up dan Pengurutan Mesin Perkakas

Dalam menentukan formasi set-up, dipilihlah empat mesin perkakas yang sesuai untuk memproses seluruh fitur pemesinan pada rahang tetap dan gerak ragum 125 Polman Bandung.

Tabel 5. Daftar kandidat Mesin Perkakas Untuk Proses Pemesinan Rahang Tetap dan Gerak Ragum 125 Polman

No	Nama Mesin	Jenis Mesin Perkakas	Area Kerja Mesin (X, Y, Z) mm
1	Schaublin 53N	Milling Konvensional	700x250x490
2	Aciera F23	Mesin Gurdi (Bor Koordinat)	700x400x120
3	Lodiflex Caser F40 C5	Mesin Gurdi (Bor Radial)	1330x770x600
4	Feeler	Mesin Milling CNC vertical	760x420x510
5	Mitshubishi Horizontal H4Bn	Mesin Milling CNC Horizontal	650x560x650

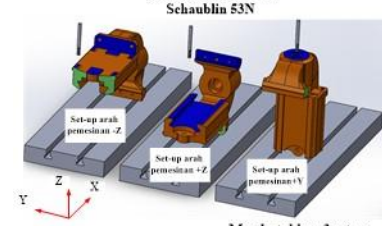
Berdasarkan hasil pemilihan datum rahang tetap dan gerak ragum 125 Polman Bandung serta kandidat mesin perkakas yang akan digunakan, maka dihasilkanlah formasi set-up pada setiap mesin sebagai berikut.

Tabel 5. Formasi set-up proses pemesinan rahang tetap dan gerak ragum 125 Polman Bandung

No	Formasi Set-up	Jumlah set-up
----	----------------	---------------

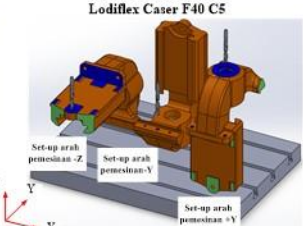
1

Milling konvensional
Schaublin 53N



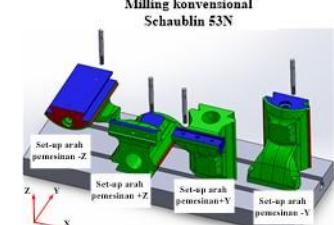
Membutuhkan 3 set-up

Drilling konvensional
Lodiflex Caser F40 C5



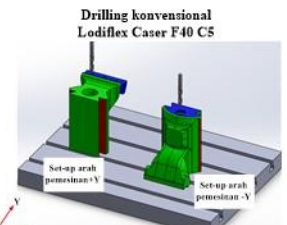
Membutuhkan 1 set-up

Milling konvensional
Schaublin 53N



Membutuhkan 1 set-up

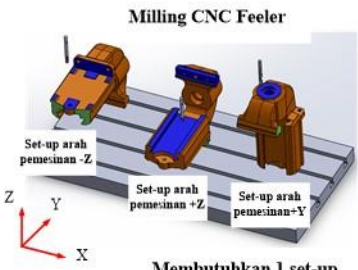
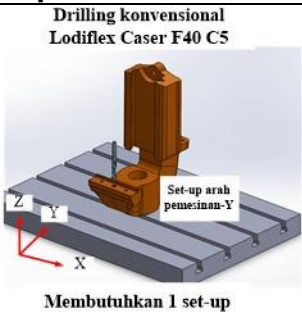
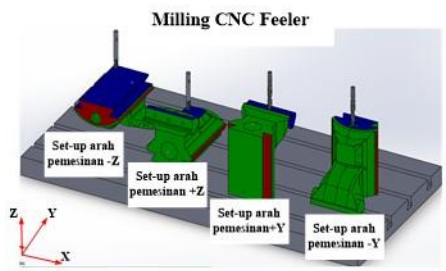
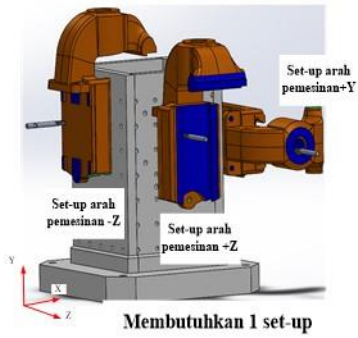
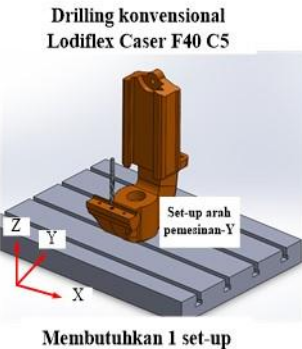
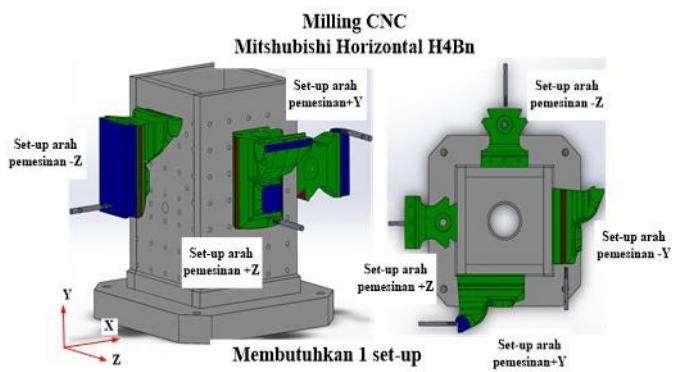
Drilling konvensional
Lodiflex Caser F40 C5



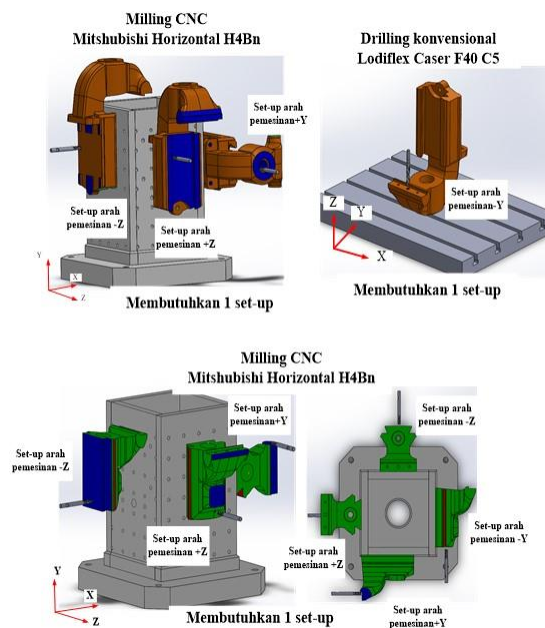
Membutuhkan 1 set-up

Kombinasi 4 unit mesin Schaublin 53N dan 2 unit Lodiflex Caser F40 C5

Total set-up yang dihasilkan yaitu:
4 set-up untuk rahang tetap
2 set-up untuk rahang gerak

No	Formasi Set-up	Jumlah set-up
2	 Milling CNC Feeler Set-up arah pemesinan -Z Set-up arah pemesinan +Z Set-up arah pemesinan +Y Membutuhkan 1 set-up  Drilling konvensional Lodiflex Caser F40 C5 Set-up arah pemesinan -Y Membutuhkan 1 set-up	Kombinasi 2 unit mesin CNC Feeler dan 1 unit Lodiflex Caser F40 C5
	 Milling CNC Feeler Set-up arah pemesinan -Z Set-up arah pemesinan +Z Set-up arah pemesinan +Y Set-up arah pemesinan -Y Membutuhkan 1 set-up	Total set-up yang dihasilkan yaitu: 2 set-up untuk rahang tetap 1 set-up untuk rahang gerak
3	 Milling CNC Mitsubishi Horizontal H4Bn Set-up arah pemesinan -Z Set-up arah pemesinan +Z Set-up arah pemesinan +Y Membutuhkan 1 set-up  Drilling konvensional Lodiflex Caser F40 C5 Set-up arah pemesinan -Y Membutuhkan 1 set-up	Kombinasi 1 unit mesin milling CNC Mitsubishi Horizontal H4Bn dan 1 unit Lodiflex Caser F40 C5
	 Milling CNC Mitsubishi Horizontal H4Bn Set-up arah pemesinan -Z Set-up arah pemesinan +Z Set-up arah pemesinan +Y Set-up arah pemesinan -Y Membutuhkan 1 set-up	Total set-up yang dihasilkan yaitu: 2 set-up untuk rahang tetap 1 set-up untuk rahang gerak

Berdasarkan hasil penentuan formasi set-up menggunakan kandidat mesin perkakas pada tabel 5, maka dipilihlah formasi set-up menggunakan mesin perkakas Mitshubishi Horizontal H4Bn dan Lodiflex Caser F40 C5 dengan jumlah set-up yang dibentuk yaitu 2 set-up untuk rahang tetap dan 1 set-up untuk rahang gerak. Hal ini selain menghasilkan jumlah set-up yang sedikit dan hanya memerlukan 1 unit mesin mesin perkakas Mitshubishi Horizontal H4Bn dan 1 unit Lodiflex Caser F40 C5.



Gambar 5. Hasil Penentuan Formasi Set-up dan Pemilihan Mesin Perkakas

3.4 Penentuan urutan Operasi Pemесinan dan Pengurutan Set-up

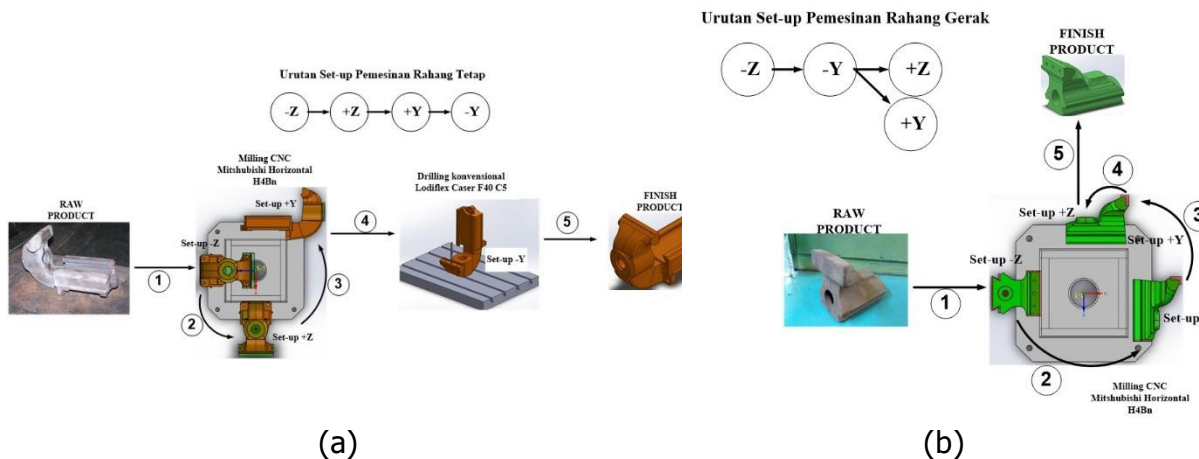
Pengurutan Operasi Pemесinan akan mempengaruhi pengurutan set-up. Hal yang harus diperhatikan adalah hubungan geometri antar fitur (geometric reasoning) dan kemudahan proses manufakturnya. Oleh karena itu, dalam proses pengurutan set-up dibuatlah aturan sebagai berikut.

- Aturan 12. Jika fitur memiliki hubungan Bersarang (*Nested/nesting*), maka fitur yang menjadi sarang utama dikerjakan terlebih dahulu.
- Aturan 13. Jika fitur memiliki hubungan berbatasan (*Abutment*), maka fitur yang memiliki kedalaman potong terdangkal dikerjakan terlebih dahulu.
- Aturan 14. Jika fitur memiliki hubungan interaksi volume (volume interaction) maka fitur yang memiliki kedalaman potong terdangkal dikerjakan terlebih dahulu.

Adapun aturan untuk kemudahan proses manufaktur sebagai berikut:

- Aturan 15. Operasi pemесinan untuk fitur lubang (hole) harus didahulukan oleh operasi pemесinan menggunakan center drill
- Aturan 16. Operasi pemесinan bor (Drilling) dilakukan dengan bertahap dari ukuran diameter kecil hingga besar.
- Aturan 17. Operasi pemесinan ulir (Tapping) harus terlebih dahulu membuat lubang awalan sesuai Tipe ulir yang diminta
- Aturan 18. Operasi pemесinan Reaming harus didahului oleh lubang awalan lebih kecil 0,2 mm dari diameter lubang yang diiningkan
- Aturan 19. Operasi pemесinan kasar (roughing) didahulukan dari operasi pemесinan halus (finishing).

Dari aturan 12 sampai 19 yang sudah dibuat dihasilkan urutan set-up -Z, +Z, +Y, -Y untuk rahang tetap dan urutan set-up -Z, -Y, +Z, +Y untuk rahang gerak.



Gambar 6. Hasil Pengurutan (a) Set-up Rahang Tetap (b) Set-up Rahang Gerak

4 KESIMPULAN

Berdasarkan perencanaan set-up dan pencarian urutan operasi pemessin tercepat yang dilakukan, dihasilkan beberapa point sebagai berikut.

1. Perencanaan set-up dilakukan melalui beberapa tahapan dimulai dari mengelompokkan fitur berdasarkan tool approach direction (TAD), penentuan datum set-up setiap set-up arah pemessin, penentuan formasi set-up dan pemilihan mesin perkakas, pengurutan operasi pemessin, serta pengurutan set-up.
2. Tahap pertama yaitu pengelompokan fitur berdasarkan tool approach direction (TAD) menghasilkan 4 set-up arah pemessin yaitu +Y, -Y, +Z, dan -Z untuk proses pemessin rahang tetap dan gerak.
3. Tahap kedua adalah penentuan datum set-up untuk menentukan datum set-up setiap arah pemessin.
4. Tahap ketiga adalah menentukan formasi set-up dan pemilihan mesin perkakas dipilihlah mesin CNC Mitshubishi Horizontal H4Bn (memproses set-up arah +Y, +Z, dan -Z pada rahang tetap dan semua set-up pada rahang gerak) serta mesin gurdi konvensional Lodiflex caser F40 C5 (memproses set-up arah -Y pada rahang tetap).
5. Tahap keempat yaitu pengurutan operasi pemessin dan pengurutan set-up menggunakan 8 Aturan yang berfungsi untuk mengurutkan operasi pemessin dalam suatu fitur agar bisa diproses sesuai spesifikasinya. Dalam tahap ini dihasilkan urutan set-up proses pemessin rahang tetap yaitu $-Z \rightarrow +Z \rightarrow +Y \rightarrow -Y$. Sedangkan untuk proses pemessin rahang gerak urutan set-up proses pemessinannya yaitu $-Z \rightarrow -Y \rightarrow +Z \rightarrow +Y$.

5 REFERENSI

- [1] M.P Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing*. United State of America: Jhon Wiley & Sons INC, 2010
- [2] M Hazarika and U.S Dixit, *Setup Planning for Machining*. Switzerland: Springer International Publishing, 2015
- [3] S.H. Huang and N. Xu, "Automatic set-up planning for metal cutting: an integrated methodology," : *International Journal Production Research*, vol. 41, no. 8, pp. 4339-

- 4356, 2003.
- [4] Z. Liu and L. Wang, "Sequencing of prismatic machining features for process planning," : *Computers in Industry.*, vol. 58, no. 4, pp. 295-303, 2007.
 - [5] W.Wang, Y. Li, L. Huang, "Rule and brach-and-bound algorithm-based sequencing of machining features for process planning of complex parts," : *Journal of Intelligent Manufacturing.*, vol. 29, no. 6, pp. 1329-1336, 2018.
 - [6] I.S Toha, A. Surya, A. Ma'ruf and N. Xu, "Perencanaan Setup Proses Pemesinan Komponen Prismatik Konsep dan Model," : *Jurnal Teknik dan Manajemen Industri ITB.*, vol. 22, no. 2, pp. 14-30, 2002.
 - [7] M.Nurdin and A.L Hakim, "A Development of Flexible Manufacturing System using POLMAN T-100 Vise Casting Component as a Case Study," in *Procedia Manufacturing*, 2015, pp.77-81
 - [8] Moerwismadhi, "Pengembangan Mesin CNC Horizontal Machining Center Sebagai Sel Manufaktur Pembuatan Komponen Ragum Meja Polman Bandung," Tesis Magister, Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Bandung, Indonesia, 2012