

# Perancangan Cell Manufacturing untuk Industri Pembuatan Mold

Annisa Nurizzati<sup>1</sup>, Maria Loura Christhia<sup>2</sup>, Achmad Pratama Rifai<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Grafika No.2, Yogyakarta 55281

Email: annisa.nurizzati@mail.ugm.ac.id, marialoura24@mail.ugm.ac.id, achmad.p.rifai@ugm.ac.id

## ABSTRAK

Industri otomotif merupakan salah satu sektor industri prioritas dalam strategi Making Indonesia 4.0 yang dicanangkan oleh Kementerian Perindustrian untuk menghadapi tantangan persaingan industri global. PT. XYZ merupakan salah satu industri otomotif yang memiliki spesialisasi dalam pembuatan *mold* atau cetakan untuk produk *part* atau komponen mobil seperti spion. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi proses produksi *mold* dengan menggunakan *group technology* untuk membentuk sistem manufaktur fleksibel. Analisis awal dilakukan dengan melakukan asesmen pada proses yang ada kemudian dievaluasi terkait fleksibilitasnya. Dari hasil analisis dengan menggunakan *rank order clustering*, untuk sembilan komponen utama produk *mold* dengan perkiraan 15 *mold* yang diproduksi, terbentuk 3 sel mesin dari 8 mesin di lini produksi. Setelah itu, dilakukan proses analisis lebih lanjut untuk menentukan tata letak mesin optimal di setiap *machine cells* dengan menggunakan metode *Hollier 1*. Dari hasil perhitungan dan analisis, ketiga *machine cells* yang ada memiliki persentase *in-sequence move* sebesar 100%, tanpa ada *bypassing* maupun *backtracking moves*.

**Kata kunci:** *cell manufacturing*, sistem manufaktur fleksibel, industri *molding*, *group technology*, *rank order clustering*, *hollier method*

## ABSTRACT

*Automotive Industry is one of priority sector for Making Indonesia 4.0, a strategy proposed by the Ministry of Industry for facing the 4th Industrial Revolution. PT XYZ is one of automotive industries that make their own mold for car's inner mirror assy and outer mirror assy. The aim of this research is to find the optimum machine layout using group technology to form flexible manufacturing system. There are 8 machines in the production lines which are used to process 9 type of components with total production volume 135 pieces of mold every year. We use rank order clustering to analyze product flow for each machining process. As the result, three machine cells are formed. Afterward, for each machine cells, we analyze the optimum sequence of machine placement using Hollier Method. As a result, every machine cells have 100% in-sequences movements. Compared to the current layout, the proposed layout with 3 machine cells increases in-sequence movement by 38,7% and reduce the bypass and backtracking moves.*

**Keywords:** *Flexible Manufacturing System, molding industry, group technology, rank order clustering, hollier method*

## Pendahuluan

Dalam membentuk dan membangun Indonesia menuju era Revolusi Industri 4.0, dunia industri akan fokus pada industri manufaktur maupun jasa yang menggunakan teknologi canggih seperti kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), *Internet of Things* (IoT), wearables dan robotika canggih, dan teknologi 3D *printing*. Terdapat lima sektor industri yang menjadi fokus dan sepuluh prioritas nasional dalam rangka memperkuat struktur perindustrian Indonesia. Lima sektor manufaktur tersebut diantaranya adalah industri makanan dan minuman, tekstil dan pakaian, otomotif, elektronik, dan industri kimia (Kementerian Perindustrian, [6]). Berdasarkan evaluasi dampak ekonomi dan kriteria kelayakan implementasi yang mencakup ukuran PDB, perdagangan, potensi dampak terhadap industri lain, besaran investasi, dan kecepatan penetrasi pasar, industri otomotif

merupakan salah satu sektor industri yang bersumbangsih secara signifikan di antara sektor industri lainnya. Sehingga diharapkan dengan pengembangan di sektor otomotif, industri-industri di sektor ini mampu meningkatkan daya saing global dan mengangkat pangsa pasar ekspor global.

Dalam menghadapi persaingan global yang ketat dan telah berkembang pesat dalam industri otomotif, perlu adanya sebuah sistem manufaktur yang dapat mengakomodasi perubahan atau perkembangan teknologi yang ada. Sebuah sistem produksi yang terlalu kaku atau tidak dapat memproduksi produk atau komponen lain, perlahan-lahan akan tergantikan dengan teknologi lain yang lebih unggul. Dengan demikian, diharapkan dengan adanya sistem manufaktur yang lebih fleksibel, selain dapat mengakomodasi desain dan variasi produk yang terus berkembang, juga dapat memproduksi komponen lebih efisien lagi jika terjadi perubahan volume produksi sewaktu-waktu. Sistem manufaktur dengan karakteristik seperti ini yang kemudian dimanifestasikan dalam *Flexible Manufacturing System* (FMS).

*Flexible Manufacturing System* merupakan kelanjutan dari *group technology* dimana sistem manufaktur yang terdiri atas sekumpulan mesin-mesin yang biasanya berupa *Computer Numerical Control* (CNC) terhubung dengan sistem transportasi yang terotomatisasi yang dikendalikan oleh sistem komputer dengan teknologi canggih yang dapat mengintegrasikan aliran informasi dan perintah untuk proses-proses koordinasi dengan sistem transportasinya (Groover, [3]). Fleksibel berarti sistem manufaktur atau produksi ini dapat dengan fleksibel atau mudah beradaptasi sesuai dengan bentuk desain atau jenis produk yang berbeda-beda, jadwal proses produksi, dan atau volume produksi yang berubah-ubah sesuai dengan keinginan konsumen.

Dengan menerapkan sebuah sistem manufaktur yang menerapkan *group technology* dimana tiap komponen yang diproduksi dikelompokkan ke dalam *part family*, maka dapat tercipta sebuah sistem manufaktur yang lebih fleksibel dan efisien. Dalam konsep *group technology*, benda kerja yang memiliki desain atau proses pemesinan yang serupa, atau menggunakan mesin yang sama dapat dikelompokkan menjadi satu sel. Mesin-mesin tersebut kemudian dikelompokkan menjadi satu *machine cell* dengan teknologi yang sering disebut sebagai *cell manufacturing*. Tujuan utama dari penerapan *group technology* adalah pengurangan waktu tunggu dan waktu perpindahan komponen dari satu mesin ke mesin, sehingga meningkatkan fleksibilitas dan produktivitas dari system manufaktur untuk memproses berbagai macam komponen.

PT. XYZ merupakan sebuah industri manufaktur cetakan *molding* yang khusus memproduksi *mold* atau cetakan untuk kaca spion. Saat ini perusahaan masih belum menerapkan teknologi *cellular manufacturing* sehingga masih terdapat banyak perpindahan komponen dari satu mesin ke mesin yang lain dengan jarak tempuh yang agak jauh. Dengan demikian waktu yang dibutuhkan untuk sebuah komponen berpindah dari satu mesin ke mesin yang lain tinggi. Hal ini menyebabkan waktu produksi lebih lama. Penelitian ini mengusulkan perancangan FMS dan *cellular manufacturing* untuk industri tersebut. Penggunaan teknologi *cellular manufacturing* diharapkan dapat mengurangi jarak dan waktu tempuh antar satu mesin dengan mesin lainnya sehingga meningkatkan produktivitas lini produksi.

### **Tinjauan Pustaka**

FMS adalah sebuah sistem produksi yang terdiri atas sekumpulan mesin-mesin yang identik atau komplementer, saling melengkapi satu sama lain dimana mesin-mesin tersebut adalah mesin CNC (*Computer Numerical Control*) yang terhubung dengan sistem transportasi yang terotomatisasi yang dikendalikan oleh sistem komputer yang terdistribusi atau bertukar data untuk proses-proses koordinasi dengan sistem transportasinya. Fleksibel berarti sistem manufaktur atau produksi ini dapat dengan fleksibel atau mudah beradaptasi sesuai dengan bentuk desain atau jenis produk yang berbeda-beda, jadwal proses produksi, dan atau volume produksi yang berubah-ubah sesuai dengan keinginan konsumen. FMS sudah cukup banyak diterapkan pada industri otomotif. El-Khalil dan Darwish [2] melakukan survey performa FMS pada industri otomotif di Amerika Serikat. Selitto dan Mancio [8] mengusulkan penerapan FMS dan *cell manufacturing* pada lini produksi yang membuat koil untuk menghidupkan mesin pada industri otomotif di Brazil. Cronin *et al.* [1] mereview integrasi

Industrial Internet of Things (IIoT) pada FMS di industri otomotif. Walaupun studi tentang FMS sudah cukup banyak, implementasi FMS terutama untuk industri di negara berkembang masih perlu dianalisis dan ditingkatkan lebih lanjut.

Pada kenyataannya, tidak ada mesin yang benar-benar fleksibel dalam satu lini produksi. Sistem manufaktur fleksibel juga memiliki batasan dalam proses pemesinannya. Oleh karena itu, dalam sebuah sel manufaktur harus direncanakan terlebih dahulu kelompok benda kerja atau komponen apa saja yang ingin dilakukan proses pemesinan. Sekumpulan produk atau komponen tersebut kemudian dikelompokkan dalam dalam suatu range produk atau proses tertentu. Kelompok benda kerja atau komponen tersebut disebut sebagai *group technology*. Dimana dengan adanya *group technology* ini, dapat dengan jelas diidentifikasi apa saja mesin yang digunakan dan bagaimana rute proses produksi nantinya. Sehingga proses produksi dapat berlangsung secara produktif dan efisien. Dalam melakukan pengelompokan komponen dan mesin, penelitian ini menggunakan salah satu metode *production flow analysis*, yaitu algoritma *Rank Order Clustering (ROC)* (King, [7]). Algoritma ROC sudah terbukti memberikan solusi yang baik untuk perbaikan tata letak fasilitas dalam penelitian-penelitian terdahulu, seperti pada industri panel kelistrikan (Sinaga, [9]), perakitan mesin pengolahan kelapa sawit (Tarigan, [10]), dan pemotongan dan pengolahan kayu (Irawan, [5]).

Setelah mesin dikelompokkan kedalam sel, selanjutnya adalah mengatur tata letak mesin di dalam cell sehingga perpindahan material dapat optimal. Pada penelitian ini, kami menerapkan *Hollier Method 1* (Hollier, [4]) untuk menentukan urutan peletakan mesin di dalam masing-masing cell. Untuk mengevaluasi rancangan *cell manufacturing*, performa sistem dihitung berdasarkan persentase dari *backtrack*, *in sequence*, dan *by-pass moves*. Persentase dari masing-masing jenis pergerakan menggambarkan efisiensi dari pergerakan komponen di sistem yang dirancang, dimana tujuan dari perancangan adalah untuk meningkatkan persentase *in-sequence move* dan mengurangi *backtrack* dan *by-pass moves*. Mengurangi persentase *backtrack* dan *by-pass moves* berhubungan langsung dengan pengurangan jarak tempuh, waktu tempuh, dan sumber daya yang dibutuhkan untuk melakukan perpindahan komponen

## Metode Penelitian

### ***Rank order clustering***

Dalam menerapkan *group technology*, untuk menyusun *cell manufacturing*, terdapat 2 tahapan. Tahap pertama yaitu mengelompokkan seluruh komponen dan mesin yang ada ke dalam *part family* dan *machine cell*, dimana nanti akan terbagi beberapa kelompok mesin yang dapat melakukan proses produksi yang serupa. Kemudian tahap kedua yaitu menentukan urutan mesin pada setiap *machine cell*. Dalam *group technology*, *part family* dapat dibentuk berdasarkan 3 cara, yaitu: (i) kesamaan pada bentuk karakteristik visual sehingga ada kemungkinan proses produksi atau proses pemesinannya sama, (ii) *part classification and coding* dimana komponen diberi kode untuk atribut desain dan manufakturnya, dan (iii) analisis alur produksi dimana komponen dikelompokkan berdasarkan alur atau rute produksi yang sama.

Penelitian ini menggunakan salah satu metode analisis alur produksi, yaitu algoritma *rank order clustering*. Pada metode ROC, terdapat beberapa tahap yang perlu dilakukan, yaitu:

1. Membuat *Matrix* proses pemesinan untuk setiap komponen yang diproduksi
2. Kemudian mengisi tabel tersebut dengan angka biner dan mengalikan angka biner tersebut dengan bobot pengali.
3. Setiap jumlah perkalian antara isi biner tabel dengan bobotnya dijumlahkan dan diurutkan untuk setiap baris. Kemudian lakukan hal yang sama untuk kolomnya.
4. Ulangi proses tahap ke-3 hingga membentuk beberapa *cluster machine cells*.

### ***Hollier method***

*Celullar manufacturing* adalah aplikasi dari grup teknologi dimana mesin-mesin yang memiliki proses pemesinan yang sama atau mirip digabungkan menjadi satu sel yang dihubungkan oleh sistem

transportasi yang terotomatisasi dan terintegrasi. Setelah mengetahui urutan proses pemesinannya, selanjutnya adalah merancang penempatan mesin sesuai dengan urutannya. *Hollier Method 1* (Hollier, 1963) digunakan untuk menentukan urutan peletakan mesin di dalam masing-masing cell. Adapun langkah dalam *Hollier Method 1* adalah sebagai berikut.

1. Siapkan from-to-chart untuk setiap komponen yang akan diproduksi
2. Menentukan jumlah 'from' dan 'to' nya.
3. Setelah mengetahui jumlah 'from' dan 'to', kemudian dengan menggunakan beberapa prasyarat sebagai berikut.
  - i. Jika nilai minimum ada pada 'to' sum, maka tempatkan mesin pada awal urutan pertama.
  - ii. Jika nilai minimum ada pada 'from' sum, maka mesin ditempatkan di akhir urutan.
  - iii. Jika nilai 'from' dan 'to' sum sama, maka lihat minimum ratio *from/to* dari *machine* tersebut. Mesin dengan ratio terkecil ditempatkan di akhir urutan.
  - iv. Jika kedua jumlah dari dan ke sama, maka lewati mesin tersebut dan cari nilai minimum berikutnya.
  - v. Ulangi langkah 1-4 sehingga didapatkan urutan proses pemesinan yang sesuai dengan tahapan alur proses *group technology*-nya.

## Hasil dan Pembahasan

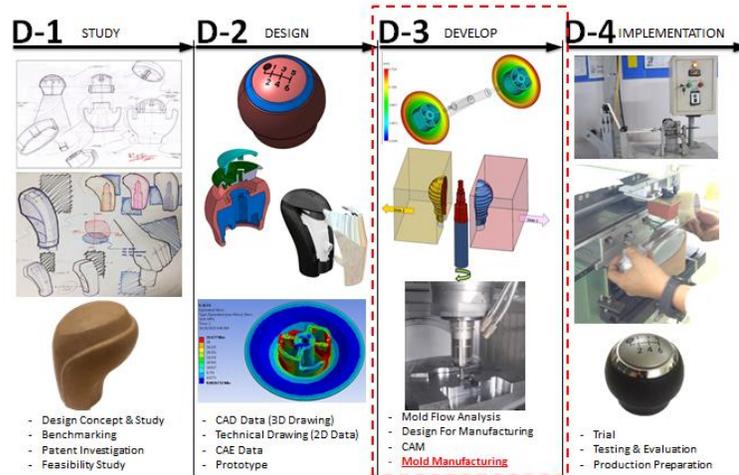
### *Proses produksi pembuatan mold di PT. XYZ*

PT. XYZ merupakan salah satu unit bisnis yang bergerak dalam bidang komponen otomotif baik untuk kendaraan roda empat maupun roda dua. PT. XYZ pertama kali didirikan sebagai perusahaan yang mendukung lini produksi injeksi plastik pada perusahaan pabrikan motor. Kemudian pada tahun 1996 perusahaan tersebut mencoba untuk tumbuh dan membuat unit bisnis baru dalam memproduksi *assembly* kaca spion dan membangun divisi *moldshop*. Perusahaan tersebut memiliki beberapa komoditi yang diproduksi antara lain *inner mirror assy*, *outer mirror assy*, *knob shift lever*, *front fender mirror*, *console box*, dan lain sebagainya. Gambar 1 menunjukkan beberapa contoh produk yang diproduksi oleh PT. XYZ.



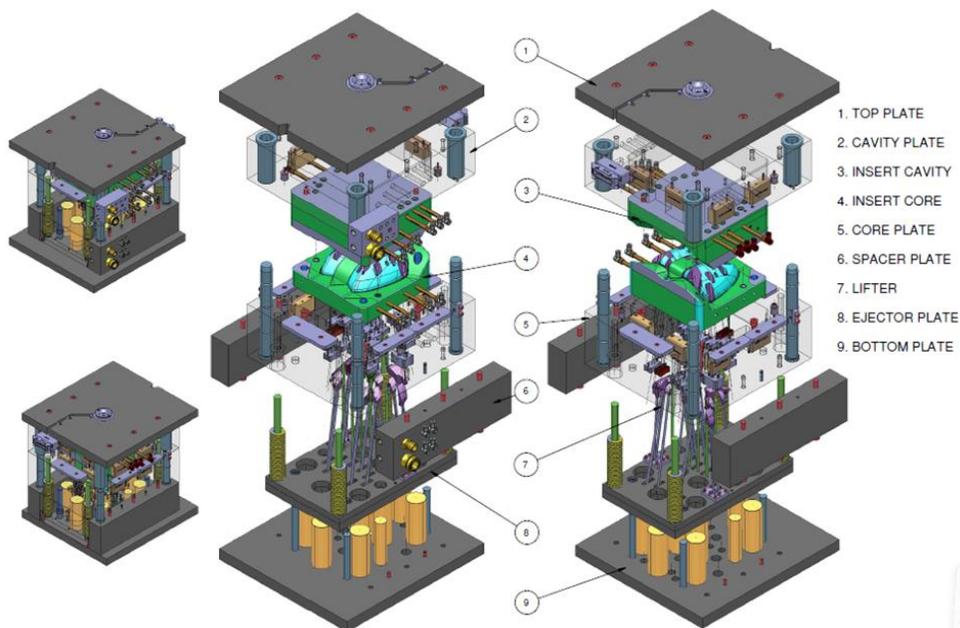
Gambar 1. Contoh produk PT. XYZ

Proses pembuatan *mold* melalui 4 tahapan, yaitu *study*, *design*, *development*, dan *implementation*. Pembahasan terkait sistem manufaktur fleksibel akan dilakukan pada tahapan ketiga yaitu *development* yang di dalamnya terdapat proses *mold* manufacturing. Lebih spesifik lagi, obyek yang akan dianalisis adalah proses manufaktur dengan berbagai aktivitas permesinan dari pembuatan *mold* dimana dalam proses tersebut melibatkan beberapa mesin dan juga berbagai jenis material handling. Gambar 2 menjelaskan tahapan-tahapan dalam *mold development*.



Gambar 2. Tahapan *mold development*

Pada umumnya *mold* memiliki struktur kompleks dengan berbagai atribut kelengkapan yang digunakan pada saat proses implementasi penggunaan *mold*. Pada pembahasan ini, beberapa komponen yang akan dilakukan analisis merupakan komponen inti dari suatu *mold* yang ada dalam struktur *mold* seperti Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Komponen utama *mold*

Komponen tersebut akan melalui berbagai macam proses pemesinan yang kemudian digabungkan antara komponen satu dengan yang lainnya (*assembly*) hingga pada akhirnya dapat digunakan untuk *trial*. Ketika sudah melewati proses *trial* dan *part* yang diproduksi sudah sesuai dengan spesifikasi yang ada, kemudian *part* tersebut juga dapat menjadi dasar cetakan atau *mold* untuk memproduksi *part* jadi. Tahapan proses yang dimiliki masing-masing komponen dijelaskan pada Tabel 1 berikut ini.

**Tabel 1.** Proses pemesinan

Component No	Name	Process Machine
1	Top Plate	Wire Cut → CNC Milling 3 → CNC Milling 1
2	Cavity Plate	Wire Cut → CNC Milling 3 → CNC Milling 2 → EDM 2 → Turning CNC
3	Insert Cavity	Wire Cut → CNC Milling 3 → CNC Milling 2 → EDM 1 → Turning CNC → Spotting Machine
4	Insert Core	Wire Cut → CNC Milling 3 → CNC Milling 2 → EDM 1 → Turning CNC → Spotting Machine
5	Core Plate	Wire Cut → CNC Milling 3 → CNC Milling 2 → EDM 2 → Turning CNC
6	Spacer Plate	Wire Cut → CNC Milling 3 → CNC Milling 1
7	Lifter	Wire Cut → CNC Milling 3 → CNC Milling 2 → EDM 1 → Turning CNC → Spotting Machine
8	Ejector Plate	Wire Cut → CNC Milling 3 → CNC Milling 1
9	Bottom Plate	Wire Cut → CNC Milling 3 → CNC Milling 1

Setiap tahunnya, perusahaan menerima pemesanan untuk pembuatan  *mold*  ini berbeda-beda sesuai dengan permintaan pasar. Untuk melakukan perhitungan dalam analisis fleksibilitas sistem manufaktur digunakan nilai rata-rata sebanyak 15  *mold*  per bulan.

**Layout lini produksi PT. XYZ**

*Moldshop*  PT. XYZ memiliki  *machine facilities*  yang digunakan dalam proses pembuatan komponen  *mold*  sebagaimana digambarkan pada Gambar 4.



EDM machine 1

- **Travel Size (X,Y,Z):**  
650 x 450 x 450 mm
- **Max Load:**  
2000 kg
- **Merk:**  
Makino
- **Maker:**  
Japan



CNC milling 1

- **Travel Size (X,Y,Z):**  
1500 x 700 x 600 mm
- **Max Load:**  
2000 kg
- **Merk:**  
Okuma
- **Maker:**  
Japan



EDM machine 2

- **Travel Size (X,Y,Z):**  
750x600x500 mm
- **Max Load:**  
2000 kg
- **Merk:**  
Creator
- **Maker:**  
Taiwan



CNC milling 2

- **Travel Size (X,Y,Z):**  
750x500x600 mm
- **Max Load:**  
500 kg
- **Merk:**  
Dahlih
- **Maker:**  
Japan



Wire cut

- **Travel Size (X,Y,Z):**  
350 x 250 x 150 mm
- **Max Load:**  
150 kg
- **Merk:**  
Sodick
- **Maker:**  
Japan

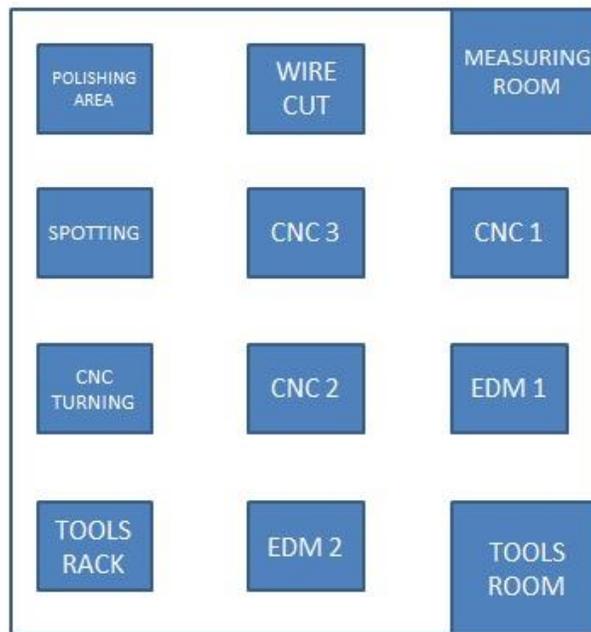


CNC milling 3

- **Travel Size (X,Y,Z):**  
1000 x 510 x 520 mm
- **Max Load:**  
1000 kg
- **Merk:**  
Okuma-Howa
- **Maker:**  
Taiwan



Gambar 4. Machine facilities



Gambar 5. Layout lantai produksi saat ini

Mold yang dibuat di moldshop PT. XYZ pada umumnya merupakan benda yang memiliki dimensi cukup besar karena strukturnya yang kompleks dan memiliki beban yang berat, karena terbuat dari besi/logam. Oleh karena itu perpindahan part atau komponen dalam proses manufakturnya menggunakan overhead crane sebagaimana ditunjukkan pada gambar di bawah. Untuk beberapa komponen yang lebih kecil biasanya menggunakan forklift. Dalam pembahasan ini, komponen yang menjadi obyek merupakan komponen besar yang material handlingnya menggunakan overhead crane. Saat ini lantai produksi yang ada di moldshop PT. XYZ memiliki layout yang digambarkan pada Gambar 5.

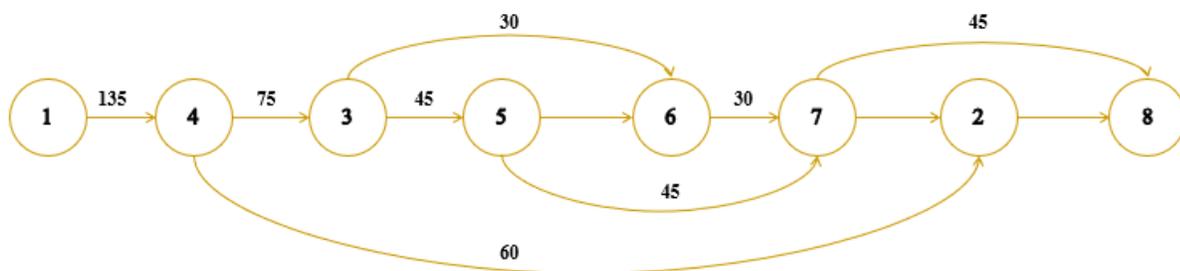
Proses produksi yang ada saat ini dilakukan assessment dan evaluasi dari efisiensi proses pemesinannya. Dengan tata letak moldshop yang sekarang ini kemudian dilakukan analisis From-To-

matrix dengan menganggap *layout* yang sekarang ini merupakan satu kesatuan *machine cell*. Sehingga didapatkan hasil akhir iterasi dengan menggunakan Metode *Hollier* 1 sebagai berikut.

**Tabel 2.** Perhitungan *Hollier Method* 1

Machine\parts		Wire cut	Cnc milling 1	Cnc milling 2	Cnc milling 3	Mesin edm 1	Mesin edm 2	Turning cnc	Dies spotting machine	From sums	F/t ratio
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Wire cut	1				135					135	-
Cnc milling 1	2									0	0
Cnc milling 2	3					45	30			75	1
Cnc milling 3	4		60	75						135	1
Mesin edm 1	5							45		45	1
Mesin edm 2	6							30		30	1
Turning cnc	7								45	45	0.6
Spotting machine	8									0	0
To sums		0	60	75	135	45	30	75	45	465	
Hollier method 1		Wire cut	Cnc milling 3	Cnc milling 2	Mesin edm 1	Mesin edm 2	Turning cnc	Cnc milling 1	Dies spotting machine		
		1	4	3	5	6	7	2	8		

Dari hasil analisis *Hollier Method* 1, didapatkan tahapan proses pemesinan yang efektif memiliki tahapan sebagai berikut.



**Gambar 6.** Perpindahan material pada layout awal

Dengan perhitungan analisis pergerakan komponen dengan menjumlahkan jumlah *part* yang bergerak dari satu mesin ke mesin lainnya, total pergerakan komponen yang ada adalah sebesar 465 komponen per tahunnya. Kemudian jika dihitung pergerakan *in-sequence moves* dan *bypass moves* nya, persentase *in-sequence move* adalah sebesar 61,3% dan *bypass move* sebesar 38,7%. Dengan uraian perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Total movement} &= 135+75+45+30+30+45+45+60 = 465 \\
 \text{In sequence} &= (135+75+45+30)/465 = 0.613 \rightarrow 61.3\% \\
 \text{Bypass move} &= (30+45+45+60)/465 = 0.387 \rightarrow 38.7\%
 \end{aligned}$$

**Perancangan machine cell**

Dari analisis *from-to-matrix*, dapat disimpulkan saat ini perusahaan masih dapat meningkatkan efisiensinya dengan menerapkan *group technology* dengan metode *production flow analysis*. Metode PFA membagi mesin ke dalam sel mesin-mesin yang diperlukan untuk melakukan berbagai macam proses pemesinan pada komponen yang memiliki tahapan proses pemesinan yang sama. Penelitian ini, menggunakan metode ROC untuk membentuk *machine cell*. Tabel 3 menunjukkan hasil analisis ROC setelah melakukan berbagai tahapan iterasi dengan mengurutkan indeks bobot bergantian mulai dari barisnya dan kemudian kolomnya.

**Tabel 3.** Hasil metode ROC

		1	6	8	9	3	4	7	2	5		
Machine\Parts		Top Plate	Spacer Plate	Ejector Plate	Bottom Plate	Insert Cavity	Insert Core	Lifter	Cavity Plate	Core Plate		
		A	F	H	I	C	D	G	B	E	Wj	
Wire Cut	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	128	511
CNC Milling 3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	511
CNC Milling 1	2	1	1	1	1						64	480
CNC Milling 2	3					1	1	1	1	1	32	31
Turning CNC	7					1	1	1	1	1	2	31
Mesin EDM 1	5					1	1	1			8	28
Dies Spotting Machine	8					1	1	1			1	28
Mesin EDM 2	6								1	1	4	3
		256	8	2	1	64	32	4	128	16		
		208	208	208	208	190	190	190	179	179		

Dari tabel tersebut terlihat bahwa kedelapan mesin terotomatisasi, yang digunakan untuk memproses sembilan komponen, dikelompokkan ke dalam 3 *machine cell*. Pada *machine cell* 1, terdapat mesin *wire cut*, *CNC milling* 3 dan *CNC milling* 1 untuk memproduksi komponen *top plate*, *spacer plate*, *ejector plate*, dan *bottom plate*. Sedangkan pada *machine cell* 2, terdapat mesin *CNC milling* 2, Mesin *turning* CNC, Mesin EDM 1, dan Mesin EDM 2 untuk melakukan proses produksi komponen insert cavity, insert core, dan *lifter*. Kemudian pada *machine cell* 3, terdapat Mesin EDM 2 untuk melakukan proses pemesinan pada komponen cavity plate dan core plate.

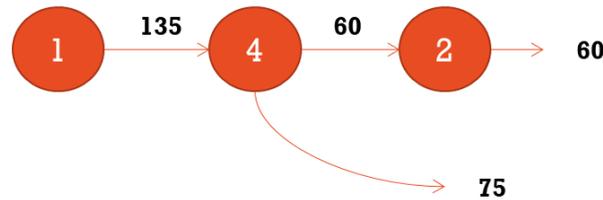
**Penentuan tata letak mesin di masing-masing cell**

Setelah pengelompokan mesin ke dalam *machine cell*, kemudian untuk setiap *machine cell* dilakukan kembali proses analisis *Hollier Method*, dimana dengan menggunakan metode Hollier ini, dapat diketahui proses pemesinan yang efektif dengan mengetahui urutan proses pemesinan sehingga tata letak mesin dapat ditata sedemikian rupa sehingga tidak ada komponen yang melalui pergerakan *bypass* atau bahkan *backtrack movement*.

**Tabel 4.** *From-to-matrix machine cell 1*

From/To		Wire Cut	CNC Milling 3	CNC Milling 1	Total	F/T Ratio
		1	4	2		
Wire Cut	1	-	135	-	135	1
CNC Milling 3	4	-	-	60	60	1
CNC Milling 1	2	-	-	-	0	0
Total		0	135	60	195	
Hollier 1		1	4	2		

Dari analisis *from-to-matrix* 1, dapat terlihat bahwa urutan mesin yang paling optimal adalah mesin *wire cut* - CNC *milling* 2 - CNC *milling* 1 atau mesin 1-4-2. Dimana jumlah komponen yang akan masuk ke mesin 1 dan 4 setiap periodenya adalah sejumlah 135 komponen. Namun demikian, akan ada sebanyak 75 komponen yang akan meninggalkan mesin 4 untuk kemudian dilakukan proses pemesinan di *machine cell* 2. Dengan membagi komponen dan mesin-mesin yang ada sesuai dengan *group technology*, maka didapatkan untuk *machine cell* 1 memiliki *in-sequence move* sebesar 100%. Sehingga dapat digambarkan urutan proses pemesinan dan jumlah komponen yang masuk dan keluar dari tiap mesinnya sebagai berikut.



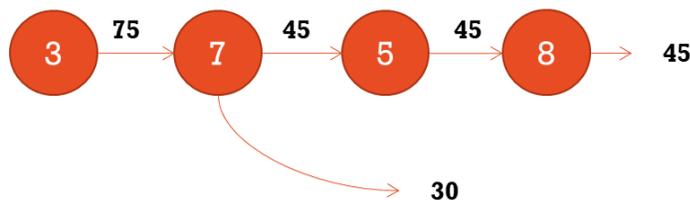
Gambar 7. Diagram alir *machine cell* 1

Demikian pula, proses yang sama dilakukan untuk *machine cell* 2, dilakukan proses analisis *Hollier Method* 1 dengan perhitungan sebagai berikut.

Tabel 4. *From-to-matrix machine cell* 2

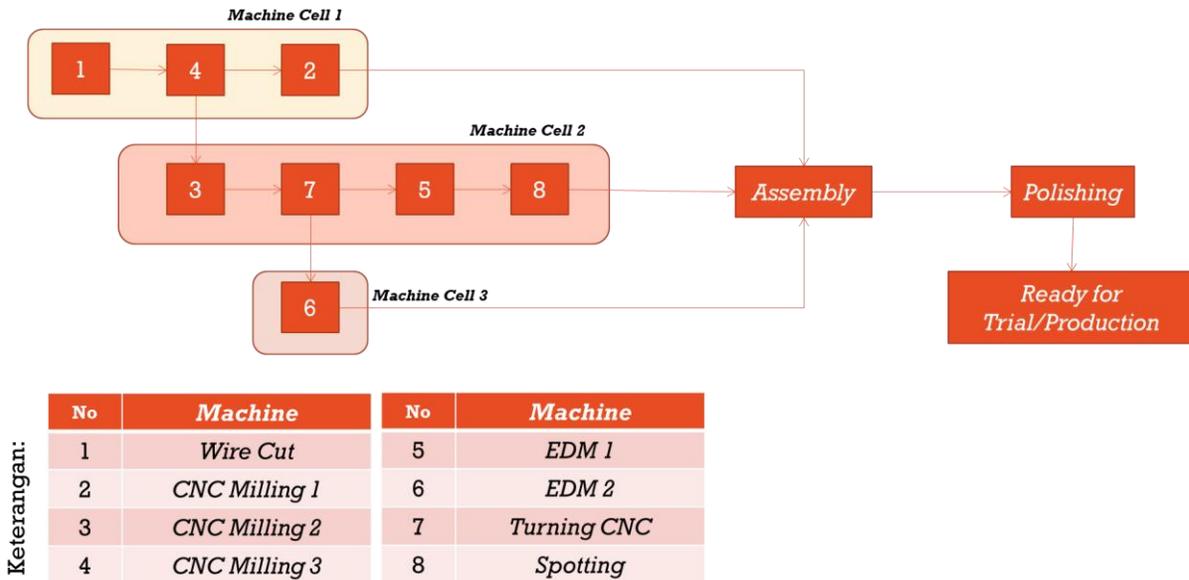
From/To	CNC Milling	Turning	EDM	Dies	Total	F/T Ratio
	2	CNC	Machine	Spotting		
	3	7	5	8		
CNC Milling 2	3	-	45	-	45	-
Turning CNC	7	-	-	45	45	1
EDM Machine 1	5	45	-	-	45	1
Dies Spotting Machine	8	-	-	-	0	0
Total	0	45	45	45	135	
Hollier 1	3	7	5	8		

Dari analisis *from-to-matrix* 2, dapat terlihat bahwa urutan mesin yang paling optimal adalah mesin CNC *milling* 2- mesin *turning* CNC – mesin EDM 1 dan mesin *dies spotting* atau mesin 3-7-5-8. Dimana jumlah komponen yang akan masuk ke mesin 3 adalah sejumlah 75 komponen yang keluar dari mesin 4 pada *machine cell* 1. Namun demikian, akan ada sebanyak 30 komponen yang akan meninggalkan mesin 7 untuk kemudian dilakukan proses pemesinan di *machine cell* 3. Dengan membagi komponen dan mesin-mesin yang ada sesuai dengan *group technology*, maka didapatkan untuk *machine cell* 2 memiliki *in-sequence move* sebesar 100%. Sehingga dapat digambarkan urutan proses pemesinan dan jumlah komponen yang masuk dan keluar dari tiap mesinnya sebagai berikut.



Gambar 8. Diagram alir *machine cell* 2

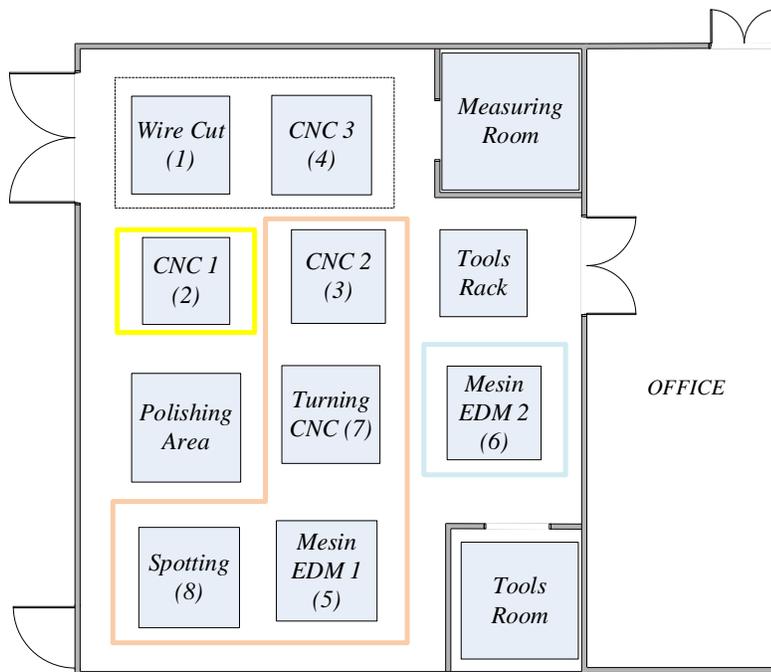
Untuk *machine cell 3* tidak perlu dilakukan proses analisis *Hollier Method 1* karena hanya memiliki 1 jenis mesin saja. Dengan total 30 komponen yang akan masuk pada *machine cell* ini. Sehingga didapatkan urutan tata letak mesin yang sebaiknya dimiliki perusahaan adalah sebagai berikut.



Gambar 9. Diagram *machine layout* usulan

### Diskusi

Meskipun seluruh proses pemesinan telah memiliki 100% *in-sequence movement*, namun masih akan ada sebanyak 75 komponen yang masuk ke *machine cell 1* terlebih dahulu sebelum dilakukan proses pemesinan di *machine cell 2* dan 3. Sehingga kemudian akan dilakukan analisis lebih lanjut, dimana pada analisis lanjutan ini, mesin *wire cut* dan *machine CNC milling 3* akan dikeluarkan dari proses analisis *group technology*. Hal ini disebabkan kedua mesin ini melakukan proses pemesinan untuk seluruh komponen yang ada. Sehingga diharapkan proses pemesinan di *machine cell 1, 2, dan 3* dapat dilakukan secara paralel pada saat yang bersamaan sehingga diharapkan waktu proses pemesinannya akan lebih singkat. Gambar 10 menunjukkan layout akhir untuk lini produksi  *moldshop*.



**Gambar 10.** Usulan *layout moldshop*

Penentuan *layout* mesin yang dilakukan tersebut mengacu pada hasil analisis ROC lanjutan karena harus mempertimbangkan luasan area yang ada. Selain itu penentuan *layout* juga harus mempertimbangkan agar terjadinya perpindahan material pada tingkat yang minimal. Faktor lain yang juga harus diperhatikan adalah kemudahan akses bagi material part untuk diproses, sehingga mesin *wire cut* diletakkan di dekat area bongkar muat material.

### Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki rancangan lini produksi PT. XYZ dalam memproduksi cetakan *molding*. Saat ini masih terdapat banyak perpindahan komponen dari satu mesin ke mesin yang lain dengan jarak tempuh yang jauh. Oleh karena itu, penelitian ini penerapan FMS dan *group technology* untuk meningkatkan efisiensi lini produksi. Analisis dilakukan dengan menggunakan *production flow analysis*, dimana seluruh mesin yang ada dikelompokkan sesuai dengan komponen yang memiliki proses produksi yang sama.

Dari hasil *production flow analysis* dengan menggunakan ROC, terbentuk 3 *machine cells*. Dimana pada *machine cell* 1, terdapat mesin *wire cut*, CNC milling 3 dan CNC milling 1 untuk memproduksi komponen *top plate*, *spacer plate*, *ejector plate*, dan *bottom plate*. Sedangkan pada *machine cell* 2, terdapat mesin CNC milling 2, mesin turning CNC, mesin EDM 1, dan mesin EDM 2 untuk melakukan proses produksi komponen *insert cavity*, *insert core*, dan *lifter*. Kemudian pada *machine cell* 3, terdapat Mesin EDM 2 untuk melakukan proses pemesinan pada komponen *cavity plate* dan *core plate*.

Setelah mengetahui jumlah *machine cells* yang terbentuk, kemudian digunakan metode *Hollier* 1 untuk menentukan tata letak mesin yang optimal di setiap *machine cell*. Hasil akhir layout yang didapatkan untuk seluruh *machine cells* memiliki *in-sequence movements* sebesar 100%, dengan urutan mesin pada *machine cells* 1 yang paling optimal adalah mesin *wire cut*-CNC milling 2-CNC milling 1. Sedangkan untuk *machine cell* 2, urutan mesin yang paling optimal adalah mesin CNC milling 2- mesin turning CNC – mesin EDM 1 dan mesin dies spotting. Dengan demikian, proses produksi dapat dilakukan dengan lebih efisien dan mengurangi waktu produksi.

## Daftar Pustaka

- [1] Cronin, C., Conway, A., and Walsh, J., Flexible manufacturing systems using IIoT in the automotive sector, *Procedia Manufacturing*, 38, 2019, 1652-1659.
- [2] El-Khalil, R., and Darwish, Z., Flexible manufacturing systems performance in US automotive manufacturing plants: a case study, *Production planning & control*, 30(1), 2019, 48-59.
- [3] Groover, M. P., *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*, Pearson, 2008.
- [4] Hollier, R. H., The layout of multi-product lines, *The International Journal of Production Research*, 2(1), 1963, 47-57.
- [5] Irawan, D., Evaluasi lay out proses produksi dengan pendekatan group technology di PT. Haswin Hijau Perkasa, Gresik, *Matrik: Jurnal Manajemen dan Teknik Industri Produksi*, 15(1), 2018, 37-52.
- [6] Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, *Making Indonesia 4.0*, 2018.
- [7] King, J. R., Machine-component grouping in production flow analysis: an approach using a rank order clustering algorithm, *International Journal of Production Research*, 18(2), 1980, 213-232.
- [8] Sellitto, M. A., and Mancio, V. G., Implementation of a Flexible Manufacturing System in a production cell of the automotive industry: decision and choice, *Production*, 2019, 29.
- [9] Sinaga, M. M. M., *Perbaikan Tata Letak Fasilitas Produksi Dengan Pendekatan Sistem Manufaktur Seluler Pada PT. Siemens Indonesia* (Doctoral dissertation, UAJY), 2017.
- [10] Tarigan, H., Rancangan ulang tata letak fasilitas produksi dalam upaya peningkatan utilitas pada PT. Mekar Karya Mas, *Jurnal Ilmiah Teknik Industri Prima*, 1(1), 2017.
- [11] Tempelmeier, H., and Kuhn, H., *Flexible Manufacturing Systems: Decision, Support for Design and Operation*, John Wiley & Sons, Inc. New York, 1993.