

**PERANCANGAN TATA LETAK LANTAI PRODUKSI DENGAN PENDEKATAN
GROUP TECHNOLOGY UNTUK MENGURANGI JARAK MATERIAL HANDLING
(Studi Kasus di PT Indonesian Marine Corp. Ltd Divisi Boiler Singosari-Malang)**

***PRODUCTION FLOOR LAYOUT DESIGN WITH GROUP
TECHNOLOGY APPROACH TO REDUCE MATERIAL HANDLING DISTANCE
(Study Case at PT Indonesian Marine Corp. Ltd Boiler Division Singosari-Malang)***

Ainur Rodliyah¹⁾, Mochamad Choiri²⁾, Rakhmat Himawan³⁾

Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: ainur.rodliyah9@gmail.com¹⁾, psti.choiri@yahoo.com²⁾, himawan@ub.ac.id³⁾

Abstrak

Tata letak fasilitas pada lantai produksi PT Indomarine Divisi Boiler saat ini belum menerapkan salah satu dari empat jenis layout yang umum digunakan (*process layout, product layout, fixed position layout, group technology layout*) sehingga terjadi perpindahan material yang cukup jauh dari workshop satu ke workshop lain dan akan menyebabkan adanya aliran material kurang teratur, frekuensi perpindahan material lebih tinggi dan jarak perpindahan material yang lebih panjang. Untuk itu perlu dilakukan pengelompokan mesin berdasarkan kemiripan komponen yang diproduksi dengan menggunakan pendekatan *group technology* untuk mengurangi jarak perpindahan material. Penelitian ini menggunakan pendekatan *group technology* dengan metode *clustering* (SLC, CLC, ALC). Untuk mengoptimalkan layout usulan yang mencakup sel-sel mesin dan departemen lain terkait dengan aliran material digunakan algoritma CRAFT dengan bantuan software WinQsb. Metode terpilih yang dijadikan dasar pembentukan sel mesin adalah metode SLC yang menghasilkan 10 sel mesin dengan nilai *group efficiency* 0,846. Layout usulan baru yang telah dioptimalkan dengan algoritma CRAFT dapat memberikan pengurangan jarak *material handling* dari 71.935,23 m menjadi 63.003,0 m sehingga mengalami penurunan sebesar 8.932,23 m atau 12,41% dari total jarak pada layout awal.

Kata kunci: tata letak fasilitas, *group technology*, *clustering*, *material handling*

1. Pendahuluan

Efisiensi dalam pemanfaatan sumber daya yang ada adalah prinsip yang ingin dijalankan oleh semua perusahaan baik manufaktur maupun jasa karena pemanfaatan sumber daya yang efisien akan menurunkan biaya dan waktu produksi. Untuk itu diperlukan adanya tata letak fasilitas yang baik terutama di perusahaan karena pada umumnya tata letak fasilitas yang terencana dengan baik akan menentukan efisiensi perusahaan (Wignjosoebroto,2009:68)

Tata letak fasilitas pabrik memiliki dampak yang cukup signifikan terhadap performansi perusahaan seperti penurunan ongkos *material handling*, *work-in process inventory*, *lead times*, peningkatan produktivitas, dan performansi *material handling*. Desain fasilitas pabrik yang baik adalah yang mampu meningkatkan efektivitas dan efisiensi melalui penurunan perpindahan

jarak dan ongkos *material handling* (Susetyo, 2010:75)

PT Indomarine adalah salah satu perusahaan pembuat mesin boiler terbesar di Indonesia. Tata letak fasilitas pada lantai produksi PT Indomarine saat ini masih belum menerapkan salah satu dari empat *layout* yang umum digunakan yaitu *process layout, product layout, fixed position layout* dan *group technology layout*. Hal ini akan menyebabkan adanya aliran material yang tidak teratur dan frekuensi serta jarak *material handling* yang lebih tinggi sehingga efisiensi produksi rendah.

Selain itu terdapat *workshop* yang memiliki keterkaitan proses tinggi namun jaraknya berjauhan sehingga akan menyebabkan waktu dan biaya transportasi menjadi lebih tinggi. Untuk itu perlu dilakukan pengelompokan mesin berdasarkan kemiripan komponen yang diproduksi dengan menggunakan pendekatan *group technology* untuk mengurangi jarak perpindahan material.

Dari latar belakang di atas maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana memperbaiki tata letak fasilitas pada lantai produksi PT Indomarine untuk mengurangi jarak material handling?
2. Berapa pengurangan jarak perpindahan material pada layout usulan yang baru?

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melakukan pengelompokan mesin pada lantai produksi PT Indomarine untuk membentuk sel manufaktur dengan pendekatan *group technology*.
2. Memberikan alternatif solusi tata letak mesin produksi yang baru kepada perusahaan yang akan mengurangi jarak perpindahan material.
3. Mengetahui pengurangan jarak perpindahan material dari layout usulan yang baru.

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengaplikasikan keilmuan Teknik Industri yang telah didapatkan selama perkuliahan dalam menyelesaikan masalah di perusahaan
2. Dapat memperoleh alternatif solusi tata letak fasilitas yang mampu meminimasi jarak perpindahan material.
3. Mendapatkan penghematan jarak yang dibutuhkan dalam perpindahan material.

2. Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Jenis penelitian ini bersifat kuantitatif yaitu pendekatan objektif yang meliputi mengumpulkan dan menganalisis data numerik.

2.2 Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian dibagi menjadi beberapa tahap sebagai berikut :

3.2.1 Tahap Identifikasi Awal

1. Survei Pendahuluan

Dalam survei pendahuluan ini dilakukan pengamatan awal untuk mendapatkan gambaran mengenai tata letak fasilitas pada lantai produksi, jumlah mesin dan produk yang dibuat.

2. Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk mempelajari teori dan ilmu pengetahuan yang

berhubungan dengan permasalahan yang akan diteliti.

3. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan dengan tujuan untuk mencari permasalahan yang terjadi di PT Indomarine.

4. Perumusan Masalah

Setelah mengidentifikasi masalah dengan seksama, tahap selanjutnya adalah merumuskan masalah sesuai dengan kenyataan di lapangan.

5. Penentuan Tujuan Penelitian

Hal ini ditujukan untuk menentukan batasan-batasan yang perlu dalam pengolahan dan analisis hasil pengukuran selanjutnya.

3.2.2 Tahap Pengumpulan Data

Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Tata letak mesin awal pada lantai produksi PT Indomarine
2. Jenis, jumlah dan ukuran mesin yang dimiliki PT Indomarine
3. komponen penyusun produk boiler tipe water tube yang dibuat oleh PT Indomarine
4. Proses permesinan dari masing-masing komponen yang menyusun produk boiler

3.2.3 Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat matriks *Production Flow Analysis* (PFA)
2. Mengelompokkan mesin menjadi beberapa sel manufaktur dengan metode SLC, CLC, ALC
3. Menghitung *group efficiency* dari masing-masing metode pengelompokan
4. Memilih metode yang memiliki *group efficiency* paling tinggi.
5. Menghitung kebutuhan luas setiap sel
6. Pengaturan tata letak lantai produksi dengan algoritma CRAFT.
7. Membandingkan jarak perpindahan material pada *layout* awal dan *layout* usulan.

3. Hasil Dan Pembahasan

Beberapa tahap yang dilakukan dalam pengolahan data adalah pembuatan matriks *production flow analysis*, mengelompokkan komponen dengan algoritma *similarity coefficient*, menghitung kebutuhan luas setiap sel mesin dan mengatur tata letak menggunakan algoritma CRAFT.

Tabel 1. Kutipan Matriks *Production Flow Analysys* (PFA)

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22
P1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
P2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P11	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
P12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
P13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
P14	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
P15	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.1 Production Flow Analysis

Langkah awal sebelum melakukan pengelompokan komponen dengan metode *Similarity Coeficient* adalah membuat matriks *Production Flow Analysis* (PFA) yang merupakan *routing* atau proses permesinan yang dilalui setiap komponen (Sodikin. 2008). Kutipan matriks PFA dari hasil pengolahan data dapat dilihat pada Tabel 1.

3.2 Pengelompokan Komponen

Pengelompokan komponen dengan bantuan *software* SPSS menghasilkan tiga *output* yaitu *Proximity Matrix*, *Agglomeration schedule* dan *Dendogram*

3.2.1 Proximity Matrix

Proximity Matrix merupakan matriks yang berisi nilai kemiripan antar komponen yang digunakan sebagai dasar pengelompokan komponen (Gebotys. 2000). Kutipan *Proximity Matrix* dari hasil pengolahan data dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari Tabel 2. Dapat dilihat bahwa bagian yang diberikan tanda bintang (*) menunjukkan nilai kemiripan antara komponen 1 (P1) dan komponen 2 (P2) yang bernilai 0,33.

Tabel 2. *Proximity Matrix*

Case	1:P1	2:P2	3:P3	4:P4	5:P5	6:P6	7:P7	8:P8	9:P9
1:P1	1.000	0.333	1.000	1.000	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
2:P2	*0.333	1.000	0.333	0.333	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3:P3	1.000	0.333	1.000	1.000	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
4:P4	1.000	0.333	1.000	1.000	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
5:P5	0.500	0.000	0.500	0.500	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
6:P6	0.500	0.000	0.500	0.500	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
7:P7	0.500	0.000	0.500	0.500	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
8:P8	0.500	0.000	0.500	0.500	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9:P9	0.500	0.000	0.500	0.500	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10:P10	1.000	0.333	1.000	1.000	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500

Dari Tabel 2. Dapat dilihat bahwa pada iterasi 2 (*stage* 2) komponen yang dikelompokkan adalah komponen 214 dan komponen 215 dengan nilai kemiripan 1.000 yang didapat dari tabel *proximity matrix* kemudian dilanjutkan dengan pengelompokan pada *stage* 3 yaitu dikelompokkan dengan komponen 213 yang juga memiliki nilai kemiripan 1.000 terhadap kelompok pertama (214 dan 215). Tahap ini berulang sampai semua komponen terbentuk dalam kelompok.

3.2.2 Agglomeration Schedule

Agglomeration schedule menunjukkan urutan pengelompokan komponen dari iterasi ke-1 sampai iterasi terakhir ketika semua komponen sudah dikelompokkan (Gebotys. 2000). Kutipan *Agglomeration schedule* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. *Agglomeration Schedule*

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
	1	151	216	1.000	0	0
2	214	215	1.000	0	0	3
3	213	214	1.000	0	2	164
4	129	212	1.000	0	0	172
5	204	207	1.000	0	0	7
6	74	206	1.000	0	0	115
7	200	204	1.000	0	5	9

3.2.3 Dendogram

Dendogram merupakan gambar pengelompokan komponen yang berdasarkan pada proses pada tabel *Agglomeration Schedule* (Gebotys. 2000). *Dendogram* selanjutnya digunakan untuk membentuk matriks pengelompokan mesin dengan mengatur ulang urutan komponen pada matriks PFA sesuai dengan urutan yang ada pada *dendogram* sehingga

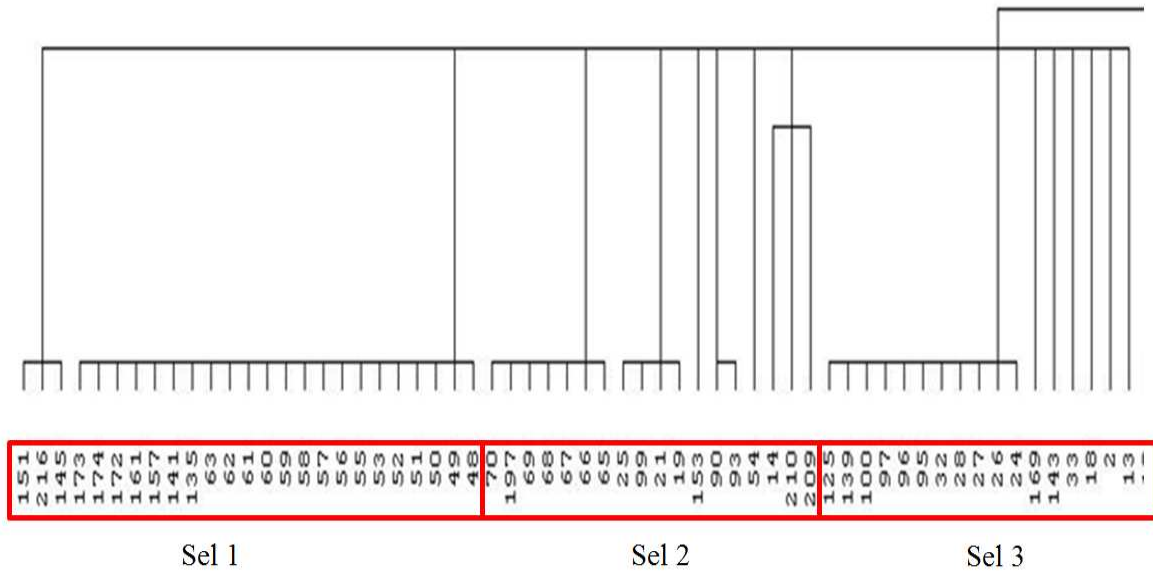
terbentuk sel-sel yang berisi kelompok komponen dan mesin yang dibutuhkan.

Kutipan gambar *dendogram* dapat dilihat pada Gambar 1. Dari *dendogram* tersebut terbentuklah matriks kelompok komponen dan mesin yang membentuk sel-sel mesin seperti yang dicontohkan pada Tabel 4.

Tabel 4. menunjukkan pembentukan sel 3 dengan metode SLC yang berisi komponen P125, P139, P100, P97, P96, P95, P32, P28,

P27, P26, P24, P169, P143, P33, P18, P2, P13 dan kelompok mesin yang terbentuk adalah M6, M3 dan M11. Untuk P169, P143, P33 dan P13 yang membutuhkan M18 harus dikerjakan di sel lain juga karena M18, M1 dan M4 tidak tersedia di sel 3 sehingga harus terjadi perpindahan material antar sel.

Pegelompokan komponen dengan menggunakan metode SLC, CLC dan ALC dapat dilihat pada Tabel 5, Tabel 6 dan Tabel 7



Gambar 1. Dendogram

Tabel 4. Tabel Pengelompokan Mesin

SEL		M6	M4	M3	M8	M11	M7	M9	M3	M10	M6	M8	M2	M1	M4	M7	M2	M2	M1	M1	M5	M5	M2
3	P125	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P139	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P100	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P97	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P96	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P95	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P32	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P28	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P27	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P26	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P24	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P169	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P143	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	P33	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P18	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P13	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 5. Sel Mesin dengan Metode SLC

Sel	Mesin	Komponen
1	M1,M4,M6	P151, P216, P145, P173, P174, P172, P161, P157, P141, P135, P63, P62, P61, P60, P59, P58, P57, P56, P55, P53, P52, P51, P50, P49, P48
2	M1, M3, M4, M5, M6, M16	P70, P197, P69, P68, P67, P66, P65, P25, P99, P21, P19, P153, P90, P93, P54, P14, P210, P209
3	M3, M6, M11	P125, P139, P100, P97, P96, P95, P32, P28, P27, P26, P24, P169, P143, P33, P18, P2, P13
4	M3, M6, M14	P10, P196, P4, P3, P1, P12, P71
5	M6, M14	P204, P207, P200, P199, P198, P187, P186, P185, P184, P183, P67, P166, P165, P164, P163, P162, P160, P159, P150, P148, P144, P142, P138, P137, P134, P124, P122, P98, P94, P92, P91, P89, P88, P87, P86, P84, P83, P82, P81, P80, P79, P78, P77, P41, P40, P39, P37, P35, P23, P22, P20
6	M1, M6, M14, M15	P202, P75, P76, P72, P29, P136, P158, P132, P64, P74, P206, P73
7	M3, M6, M8, M14, M17	P34, P170, P175, P181, P123, P36, P120, P121, P119, P118, P117, P116, P114, P113, P111, P110, P109, P108, P107, P106, P103, P102, P101
8	M3, M6, M14	P115, P190, P112, P201, P140, P195, P203, P194, P193, P192, P191, P189, P188, P85, P47, P46, P45, P44, P43, P42, P17
9	M3, M6, M9, M10, M13, M14, M18	P168, P171, P149, P211, P176, P146, P31, P179, P180, P178, P177, P155, P154, P104, P105, P30, P11, P156, P133
10	M4, M6, M7, M12, M19, M20, M21	P182, P214, P215, P213, P126, P127, P130, P129, P212, P128, P131, P152
11	M2, M22	P38, P208, P15, P16, P9, P147, P8, P7, P6, P5, P205

Tabel 6. Sel Mesin dengan Metode CLC

Sel	Mesin	Komponen
1	M1, M4, M5, M6	P151, P216, P145, P173, P174, P48, P161, P172, P141, P157, P63, P135, P61, P62, P59, P60, P57, P58, P55, P56, P52, P53, P50, P51, P49, P70, P197, P65, P68, P69, P66, P67, P152, P182
2	M4, M6, M7, M12, M19, M20, M21	P214, P215, P213, P126, P127, P130, P129, P212, P128, P131
3	M3, M6, M8, M14	P115, P190, P112, P201, P120, P121, P101, P118, P119, P116, P117, P113, P114, P110, P111, P108, P109, P106, P107, P102, P103
4	M3, M6, M14	P195, P203, P17, P193, P194, P191, P192, P188, P189, P47, P85, P45, P46, P43, P44, P42, P146
5	M6, M9, M10, M13, M14	P179, P180, P154, P177, P178, P155, P176, P11, P156
6	M6, M9, M14, M15	P204, P207, P20, P199, P200, P187, P198, P185, P186, P183, P184, P166, P167, P164, P165, P162, P163, P159, P160, P148, P150, P142, P144, P137, P138, P124, P134, P98, P122, P92, P94, P89, P91, P87, P88, P84, P86, P82, P83, P80, P81, P78, P79, P41, P77, P39, P40, P35, P37, P22, P23, P202, P133
7	M6, M9, M10, M14, M18	P168, P171, P149, P211, P12, P71, P75, P76, P29, P72, P104, P105, P30
8	M1, M3, M6, M14, M18	P31, P140, P34, P170, P136, P158, P64, P132, P175, P181, P36, P123, P74, P206, P73, P9, P147, P5, P7, P8, P6, P10, P196, P1, P3, P4
9	M1, M2, M3, M4, M6, M16, M22	P205, P38, P208, P93, P90, P153, P54, P14, P210, P25, P99, P19, P21, P209
10	M3, M6, M11	P13, P33, P15, P16, P2, P18, P125, P139, P24, P97, P100, P95, P96, P28, P32, P26, P27, P169, P143

Tabel 7. Sel Mesin dengan Metode ALC

Sel	Mesin	Komponen
1	M1, M4, M5, M6	P151, P216, P145, P173, P174, P48, P161, P172, P141, P157, P63, P135, P61, P62, P59, P60, P57, P58, P55, P56, P52, P53, P50, P51, P49, P70, P197, P65, P68, P69, P66, P67, P182
2	M1, M2, M4, M6, M7, M12, M19, M20, M21	P129, P212, P128, P131, P152, P127, P130, P214, P215, P213, P126, P38, P208
3	M1, M3, M6, M9, M10, M13, M14	P12, P71, P75, P76, P29, P72, P9, P147, P5, P7, P8, P6, P31, P140, P34, P170, P136, P158, P64, P13, P2133, P156
4	M3, M6, M14, M17	P74, P206, P73, P175, P181, P36, P123, P115, P190, P112, P201
5	M6, M9, M10, M14	P104, P105, P30, P179, P180, P154, P177, P178, P155, P176, P11
6	M6, M9, M14, M15, M18	P168, P171, P149, P211, P204, P207, P20, P199, P200, P187, P198, P185, P186, P183, P184, P166, P167, P164, P165, P162, P163, P159, P160, P148, P150, P142, P144, P137, P138, P124, P134, P98, P122, P92, P94, P89, P91, P87, P88, P84, P86, P82, P83, P80, P81, P78, P79, P41, P77, P39, P40, P35, P37, P22, P23, P202
7	M3, M6, M8, M14	P10, P196, P1, P3, P4, P120, P121, P101, P118, P119, P116, P117, P113, P114, P110, P111, P108, P109, P106, P107, P102, P103
8	M3, M6, M14	P195, P203, P17, P193, P194, P191, P192, P188, P189, P47, P85, P45, P46, P43, P44, P42, P146
9	M3, M6, M11	P15, P16, P13, P33, P2, P18, P125, P139, P24, P97, P100, P95, P96, P28, P32, P26, P27, P169, P143
10	M3, M4, M6, M16, M22	P93, P90, P153, P54, P14, P210, P25, P99, P19, P21, P209, P205

3.3 Group Efficiency

Grouping efficiency dikembangkan untuk mengevaluasi efisiensi matriks diagonal blok. Kebaikan dari sebuah solusi tergantung tingkat penggunaan (*utilization*) dari mesin dalam sel dan pergerakan antar sel (*inter-cell movement*) (Sodikin, 2008). Oleh karena itu, *grouping efficiency* diusulkan sebagai rata-rata pembobotan dari dua efisiensi η_1 dan η_2

$$\eta = w \eta_1 + (1 - w) \eta_2 \quad (\text{Pers. 1})$$

dimana:

$$\eta_1 = \frac{o-e}{o-e+v} \quad (\text{Pers. 2})$$

$$\eta_2 = \frac{MP-o-v}{MP-o-v+e} \quad (\text{Pers. 3})$$

Sehingga nilai *group efficiency* dapat dihitung menggunakan Persamaan (4)

$$\eta = (w) \frac{o-e}{o-e+v} + (1-w) \frac{MP-o-v}{MP-o-v+e} \quad (\text{Pers. 4})$$

Keterangan:

η_1 = rasio jumlah masukan nilai 1 dalam blok diagonal terhadap jumlah total elemen dalam blok (baik 0 maupun 1)

η_2 = rasio jumlah masukan nilai 0 di luar blok diagonal terhadap jumlah total elemen di luar blok (baik 0 maupun 1).

M = jumlah mesin

P = jumlah part

w = faktor pembobot (angka 0.5 disarankan)

o = seluruh angka 1 yang ada pada matrik

e = jumlah angka 1 di luar sel

v = jumlah angka 0 dalam sel

1. Single Linkage Clustering

Pembentukan sel mesin dengan menggunakan metode SLC menghasilkan nilai *group efficiency* sebesar 0,846 dengan perhitungan sebagai berikut :

Diketahui:

$$M = 22 \text{ unit} \quad P = 216$$

$$w = 0,5 \quad o = 555$$

$$e = 40 \quad v = 219$$

$$\eta = (0,5) \frac{555 - 40}{555 - 40 + 219} + (1 - 0,5) \frac{22 \times 216 - 555 - 219}{22 \times 216 - 555 - 219 + 40} = 0,846$$

Jumlah angka 1 di luar sel (e) dan angka 0 dalam sel (v) dari matriks pengelompokan komponen dengan metode SLC dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. *Group Efficiency SLC*

Sel	E	v
1	0	22
2	2	61
3	4	17
4	3	2
5	0	0
6	7	30
7	2	31
8	6	0
9	5	72
10	0	48
11	13	19
Total	40	219

2. Complete Linkage Clustering

Pembentukan sel mesin dengan menggunakan metode CLC menghasilkan nilai *group efficiency* sebesar 0,790. dengan perhitungan sebagai berikut :

Diketahui:

$$M = 22 \text{ unit} \quad P = 216$$

$$w = 0,5 \quad o = 555$$

$$e = 26 \quad v = 373$$

$$\eta = (0,5) \frac{555 - 26}{555 - 26 + 373} + (1 - 0,5) \frac{22 \times 216 - 555 - 373}{22 \times 216 - 555 - 373 + 26} = 0,790$$

Jumlah angka 1 di luar sel (e) dan angka 0 dalam sel (v) dari matriks pengelompokan komponen dengan metode CLC dapat dilihat pada Tabel 9.

3. Average Linkage Clustering

Pembentukan sel mesin dengan menggunakan metode ALC menghasilkan nilai *group efficiency* sebesar 0,775 dengan perhitungan sebagai berikut :

Diketahui:

$$M = 22 \text{ unit} \quad P = 216$$

$$w = 0,5 \quad o = 555$$

$$e = 23 \quad v = 425$$

$$\eta = (0,5) \frac{555 - 23}{555 - 23 + 425} + (1 - 0,5) \frac{22 \times 216 - 555 - 425}{22 \times 216 - 555 - 425 + 23} = 0,775$$

Jumlah angka 1 di luar sel (e) dan angka 0 dalam sel (v) dari matriks pengelompokan komponen dengan metode ALC dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 9. Group Efficiency CLC

Sel	e	v
1	1	60
2	0	51
3	5	4
4	1	0
5	2	16
6	1	104
7	8	36
8	0	75
9	3	66
10	5	21
Total	26	373

Tabel 10. Group Efficiency ALC

Sel	e	v
1	0	57
2	2	65
3	8	113
4	1	10
5	4	11
6	0	162
7	0	10
8	1	0
9	5	21
10	2	33
Total	23	425

Matriks pengelompokan mesin yang memiliki nilai *Group efficiency* terbesar adalah hasil dari metode SLC yaitu sebesar 0,846 sehingga matriks hasil dari metode SLC yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan *layout*.

Pada proses pengolahan data dengan algoritma CRAFT modul *facility location and layout* WinQsb diperlukan data antara lain,

nama departemen, tata letak awal dan frekuensi perpindahan material atau berat material yang dipindahkan.

3.4 Kebutuhan Luas Sel

Setelah terbentuk kelompok mesin langkah selanjutnya adalah mengatur tata letak mesin di dalam sel, namun sebelum itu perlu dilakukan perhitungan kebutuhan luas untuk setiap sel.

Hal yang perlu dipertimbangkan dalam menghitung kebutuhan luas sel adalah kebutuhan luas mesin dan komponen yang akan diproses, ruang gerak operator, penempatan *tools* pembantu dan peralatan transportasi jika dibutuhkan. Kutipan perhitungan kebutuhan luas untuk setiap sel dapat dilihat pada Tabel 11.

3.5 Pengolahan CRAFT

Computerized Relative Allocation of Facilities atau CRAFT merupakan sebuah program perbaikan tata letak fasilitas yang mencari perancangan optimum dengan melakukan perbaikan tata letak secara bertahap (Hadiguna.2009:182).

3.5.1 Tata Letak Sel Pada Lantai Produksi

Nama dan kode sel yang digunakan pada pengolahan CRAFT dapat dilihat pada Tabel 12.

Dari keempat metode pertukaran yang ada pada algoritma CRAFT, metode yang menghasilkan biaya terendah adalah pertukaran

Tabel 11. Perhitungan Luas Sel

SEL	MESIN	MESIN			MATERIAL			SPACE OPERATOR (m) (7) = [2x(2)]+[2x(4)]	JUMLAH MESIN (8)	SPACE MESIN (m) (9) = {(3)x(8)}+[6]+[7]}	LUAS RAK (m) (10)	LUAS SEL (m) (11) = (9)+(10)	DIMENSI (m)
		P (m) (1)	L (m) (2)	LUAS (m ²) (3)	P (m) (4)	L (m) (5)	LUAS (m ²) (6)						
1	M1	2.00	0.45	0.90	7.00	2.77	38.78	14.00	1	53.68	3	139	19 x 8
	M4	0.65	0.30	0.20	8.00	2.35	37.60	16.00	1	53.80			
	M6	0.77	0.48	0.37	8.00	0.76	12.16	16.00	1	28.53			
2	M1	1.50	0.45	0.68	6.27	6.50	81.51	12.54	1	94.73	3	474	15 x 32
	M3	1.10	0.90	0.99	6.00	4.00	48.00	12.00	1	60.99			
	M4	0.65	0.30	0.20	6.17	4.00	49.36	12.34	1	61.90			
	M5	1.70	1.51	2.57	5.65	4.00	45.20	11.30	1	59.07			
	M6	0.77	0.48	0.37	14.00	5.90	165.20	28.00	4	194.68			
	M16	1.20	0.63	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.75			
3	M3	1.10	0.95	1.05	8.00	4.50	72.00	16.00	2	90.09	6	363	12 x 33
	M6	0.77	0.48	0.37	16.00	4.61	147.52	32.00	2	180.26			
	M11	3.25	1.68	5.46	8.00	4.16	66.56	16.00	1	88.02			
4	M3	1.10	0.95	1.05	6.00	1.00	12.00	12.00	1	25.05	0	57	5 x 13
	M14	0.40	0.30	0.12	7.00	1.30	18.20	14.00	1	32.32			
5	M6	0.55	0.40	0.22	42.00	1.20	100.80	84.00	12	187.44	3	191	5 x 42
	M14	0.40	0.30	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.12			

3-2 departemen yang dapat dilihat pada Tabel 13. Biaya atau *cost* keluaran CRAFT merupakan momen hasil perkalian antara input *from to chart* dengan jarak.

Tabel 12. Nama dan Kode Sel

Nama sel	Kode
Sel 1	1
Sel 2	2
Sel 3	3
Sel 4	4
Sel 5	5
Sel 6	6
Sel 7	7
Sel 8	8
Sel 9	9
Sel 10	A
Sel 11	B

Tabel 13. Pertukaran 3-2 Departemen

Iterasi	Pertukaran	Biaya
Initial	-	57.407,16
1	1-8-11	52.792,23
2	8-11	52.448,88
3	4-7	52.220,94
4	6-7	51.808,72
5	8-11	51.624,05
6	8-11	51.391,50

3.5.2 Tata Letak Lantai Produksi Keseluruhan

Nama dan kode departemen dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Nama dan Luasan Departemen

Kode	Nama Departemen
C	Annealing
D	Hydrostatic Test
E	X-Ray
F	Warehouse komponen
G	Warehouse Material
H	Finishing
I	Sand Blasting

Pada pengolahan CRAFT dengan metode pertukaran 2 departemen terjadi pertukaran 2 iterasi, dengan menggunakan pertukaran 3 departemen tidak terjadi pertukaran, sementara dengan menggunakan pertukaran 2-3 departemen dan 3-2 departemen memberikan hasil yang sama dengan metode pertukaran 2 departemen. Iterasi pertukaran dan biaya dapat dilihat Tabel 15.

3.5.3 Tata Letak Mesin Dalam Sel

Nama dan kode mesin yang digunakan dalam pengolahan CRAFT dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 15. Pertukaran 2 Departemen

Iterasi	Pertukaran	Biaya
Initial	-	11.324.340
1	Perpindahan Warehouse Material	9.432.897
2	Perpindahan Sand Blasting	9.179.750

Tabel 16. Kode Mesin

No	Mesin	Kode
M1	Bubut	1
M2	Sekrap	2
M3	Bor	3
M4	Gerinda Potong	4
M5	Freis	5
M6	Las	6
M7	Swaging Pipa	7
M8	Hydra Bend I	8
M9	Roll Drum	9
M10	Radial Bor	A
M11	Hydra Cut I	B
M12	Roll Pipe	C
M13	Roll Plate I	D
M14	Blander	E
M15	Screw Conveyor	F
M16	Hydra Cut II	G
M17	Hydra Bend II	H
M18	Roll Plate II	I
M19	Panel Welding	J
M20	Roll Pipe Manual	K
M21	Roll Pipe Panel	L
M22	Gergaji	M

1. Sel 1

Setelah dilakukan pengolahan dengan *software* WinQsb menggunakan 4 metode pertukaran, metode yang menghasilkan biaya terkecil adalah pertukaran 2 departemen yang dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Pertukaran 2 Departemen

Iterasi	Pertukaran	Biaya
Initial	-	107.245,4
1	M4- M 6	107.222,3
2	M1-M6	105.620,2

2. Sel 2

Final layout yang memberikan biaya paling rendah adalah metode pertukaran 2 departemen dengan 2 iterasi yang dapat dilihat pada Tabl 18.

Tabel 18. Pertukaran 2 Departemen

Iterasi	Pertukaran	Biaya
Initial	-	55.707,09
1	M5- Rak	51.627,85
2	M3-M5	51.595,11

3. Sel 3

Metode pertukaran 3 departemen tidak terjadi pertukaran sementara 3 metode yang lain memberikan hasil yang sama yaitu terjadi satu iterasi pertukaran rak dan M11 (B) dengan biaya sebesar 405.609,10.

4. Sel 4

Setelah dilakukan pengolahan dengan *software* WinQsb menggunakan 4 metode pertukaran, tata letak mesin pada sel 4 tidak mengalami perubahan

5. Sel 5

Pada sel 5 hanya terdapat satu *space* untuk semua mesin karena komponen yang diproduksi sama sehingga tidak perlu dilakukan pengujian dengan CRAFT karena tidak terjadi perpindahan komponen.

6. Sel 6

Final layout yang memberikan biaya paling rendah pada sel 6 adalah metode pertukaran 2 departemen dengan 1 iterasi yang menukar posisi M6 dan M14 I dengan biaya sebesar 154.927,10.

7. Sel 7

Pada sel 7 semua metode pertukaran memberikan hasil biaya yang sama yaitu 871.962. Tabel 19 menunjukkan iterasi pertukaran dan biaya perpindahan material antar mesin dengan metode pertukaran 2 departemen.

Tabel 19. Pertukaran 2 Departemen

Iterasi	Pertukaran	Biaya
Initial	-	993.612,8
1	M10-M8	914.016,8
2	M10-M3	882.321,3
3	Rak-M3	875.264,8
4	M3-M17	871.692

8. Sel 8

Pada sel 8 hanya terdapat satu *space* untuk semua mesin.

9. Sel 9

Metode yang memberikan *final layout* terbaik adalah metode pertukaran 3 kemudian 2 departemen tahapan pertukaran dapat dilihat pada Tabel 20.

Tabel 20. Pertukaran 3-2 Departemen

Iterasi	Pertukaran	Biaya
Initial	-	2.960.764
1	M14-M13-M9	2.735.378
2	M13-M9-M3	2.728.911
3	M13-M18-M3	2.719.149
4	M13-M3	2.711.410

10. Sel 10

Semua metode pertukaran kecuali pertukaran 3 departemen pada sel 10 menghasilkan dua iterasi pertukaran mesin sedangkan pada pertukaran 3 departemen tidak terjadi iterasi. Tahap pertukaran dan biaya dengan metode pertukaran 2 departemen dapat dilihat pada Tabel 21.

Tabel 21. Pertukaran 2 departemen

Iterasi	Pertukaran	Biaya
Initial	-	1.895.863
1	M19-M21	1.876.602
2	M20-M7	1.858.741

11. Sel 11

Setelah dilakukan pengolahan CRAFT pada tata letak mesin sel 11 tidak mengalami perubahan posisi.

3.5.4 Pengurangan Jarak Material handling

Pengurangan jarak dihitung dengan ukuran jarak *rectiliner* karena merupakan ukuran jarak yang paling mendekati kondisi nyata. Perhitungan jarak *rectiliner* dirumuskan dalam persamaan 2. (Heragu, 2008)

$$d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j| \quad (\text{Pers. 5})$$

dimana:

x_i : x koordinat dari pusat fasilitas I

y_i : y koordinat dari pusat fasilitas j

d_{ij} : jarak antara pusat fasilitas i dan j

Layout usulan baru dapat memberikan penurunan jarak total perpindahan material dari 71935,23 m menjadi 63003,0 m sehingga dapat mengalami penurunan sebesar 8932,23 m atau 12,41%.

3.6 Pembahasan

Layout usulan penurunan jarak yang tidak terlalu signifikan. Hal itu terjadi karena banyaknya batasan yang diterapkan seperti tidak merubah bangunan yang sudah ada dan tidak merubah lokasi departemen lain yang tidak terkait dengan aliran material. Selain itu jumlah mesin juga dibatasi pada jumlah mesin yang sudah ada sekarang sehingga tidak ada penambahan jumlah mesin pada lantai produksi.

Banyaknya batasan itu menyebabkan *layout* awal tidak mengalami banyak perubahan sehingga jarak tempuh *material handling* juga tidak banyak berubah. Ukuran jarak yang digunakan pada pengolahan CRAFT dan pengukuran pengurangan jarak juga dibatasi

pada jarak *rectilinear* tanpa memperhatikan lintasan karena dari ketiga ukuran jarak yang terdapat pada modul *Facility Location and Layout* pada *software* WinQsb jarak *rectilinear* yang dianggap paling mendekati kondisi nyata.

Aliran material pada *layout* baru lebih sederhana jika dibandingkan dengan *layout* awal dan memiliki jarak perpindahan material yang lebih kecil, selain itu juga tidak banyak terjadi perpindahan antar *workshop* karena mesin sudah dikelompokkan dalam satu sel.

4. Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pegelompokan komponen dan mesin menggunakan metode SLC menghasilkan 11 sel mesin dengan nilai *group efficiency* sebesar 0,846. Dengan menggunakan metode CLC menghasilkan 10 sel mesin dengan nilai *group efficiency* sebesar 0,79 dan metode ALC menghasilkan 10 sel mesin dengan nilai *group efficiency* sebesar 0,775.
2. Pada pembentukan sel dengan menggunakan metode SLC, sel 1 berisi M1, M4, M6. Sel 2 berisi M1, M3, M4, M6, M14. Sel 6 berisi M1, M6, M14, M15. Sel 7 berisi M3, M6, M8, M14, M17, M10. Sel 8 berisi M3, M6, M14. Sel 9 berisi M3, M6, M9, M10, M13, M14, M18. Sel 10 berisi M4, M6, M7, M12, M19, M20, M21. Sel 11 berisi M2, M22.
3. Perancangan ulang tata letak fasilitas produksi menggunakan konsep *Group Technology* dan bantuan algoritma CRAFT menghasilkan *Layout* usulan baru yang

memberikan pengurangan jarak perpindahan *material handling* dari 71935,23 m menjadi 63003,0 m sehingga dapat mengalami penurunan sebesar 8932,23 m atau 12,41% dari total jarak pada *layout* awal.

Daftar Pustaka

- Gebotys, Robert. (2000). *Example: Cluster Analysis*. <http://www.wlu.ca/documents/45779/cluster.pdf>. (Diakses Tanggal 20 Februari 2014)
- Hadiguna, Rika A., Setiawan, H. (2008). *Tata Letak Pabrik*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Heragu, Sunderesh. (2008). *Facility Design*. London: CRC Press.
- Sodikin, I., Winarni, Prasatya, N.J. (2008). Penerapan Cellular Manufacturing System Dengan Menggunakan Algoritma Heuristic Similarity Coeficient Untuk Meminimasi Waktu Siklus Dan Biaya Material Handling . *Jurnal Teknologi* 3 (1): 44-52
- Susetyo, J, Simanjuntak, R. A dan Ramos, J. M. (2010). Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Produksi Dengan Pendekatan Group Technology Dan Algoritma Blocplan Untuk Meminimasi Ongkos Material Handling. *Jurnal Teknologi* 3 (1): 75-84
- Wignjosoebroto, Sritomo. (2009). *Tata Letak Pabrik dan Pemandahan Bahan*. Surabaya: Guna Widya.

Lampiran 1. *Layout Awal Lantai Produksi*

