

Usulan Perancangan Ulang Tata Letak Lantai Produksi untuk Memaksimalkan Area Produksi (Studi Kasus PT. XYZ)

Rio Wirawan Nicholas, Trifenaus Prabu Hidayat, Andre Sugioko*

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Unika Atma Jaya Jakarta
Jalan Raya Cisauk-Lapan No. 10, Sampora, Cisauk, Tangerang, Banten 15345

Article Info

Article history:
Received
12 September 2018
Accepted
30 January 2019

Keywords:
Layout design
ABS Model 3
CORELAP
Distance

Abstract

PT. XYZ is a manufacturing company which produced a variety of products with uncertain demand. All of the products made of Polyurethane. This company plans to expand their production floor at the 1st floor to accommodate the machines at the 2nd floor. The reason for this expansion was because the operators have to go to the 2nd floor if they want to produce some small-sized products, which increases the material flow on the production floor. Furthermore, the ovens located only at the first floor, causing the flow to increase even more. If all the machines are at the same floor, the material flow will decrease. The purpose of this research is to propose layout design, which can reduce the distance between machines. This research using quantitative and qualitative approach. Quantitative approach uses ABSMODEL 3 algorithm, while qualitative approach uses CORELAP method. This final proposal also considers some other areas, which is Quality Control and finishing area including racks for finished products. These two approaches compared in order to know which one generates the shortest distance, where the better result turned out the one using quantitative approach with the total distance of 80,67 m.

1. PENDAHULUAN

PT. XYZ adalah sebuah perusahaan *make-to-order* yang bergerak di industri manufaktur *casted Polyurethane* di Indonesia. Pada awalnya PT. IPI memulai usaha pada tahun 1989 sebagai perusahaan manufaktur suku cadang *plywood* dan mesin-mesin pertanian. Kemudian di tahun 1996 perusahaan ini mulai memproduksi suku cadang dengan bahan baku *Polyurethane* seiring dengan munculnya permintaan pasar.

Perusahaan ini berencana untuk menambah area lantai produksi di lantai 1 untuk mengakomodir mesin-mesin yang ada di lantai 2 (lihat Gambar 1). Hal ini didasari karena jarak aliran bahan yang jauh, seperti jika memproduksi barang dengan ukuran yang lebih kecil, maka proses produksinya harus dilakukan di lantai 2 dan oven yang digunakan untuk proses selanjutnya tetap ada di lantai 1, yang mana akan memperbanyak jarak tempuh operator. Jika semua mesin tersebut berada di satu lantai yang sama, maka aliran bahan dapat dikurangi dikarenakan jarak tempuh yang semakin kecil. PT. XYZ merencanakan untuk menambah lantai produksi yang ada seluas 19,5x6m untuk menyesuaikan dengan penambahan mesin yang direncanakan berada di bagian belakang dari pabrik.

Penelitian ini bertujuan untuk perbaikan tata letak pada PT. XYZ, dimana perusahaan akan melakukan perancangan ulang tata letak untuk dapat mengakomodir semua mesin yang ada. Dalam penelitian ini, tidak mempertimbangkan faktor *cost* dan *frequency* (dianggap konstan) dan yang diperhitungkan dalam pengelompokan ini adalah bagaimana mesin-mesin dapat ditata supaya dapat dihasilkan jarak (*distance*) antar mesin yang minimum. Terdapat dua metode yang sering digunakan untuk perancangan tata letak yang bertujuan untuk mengurangi biaya transportasi, diantaranya metode kuantitatif menggunakan ABSMODEL (Nugroho *et al.*, 2017), dan secara kualitatif menggunakan CORELAP (Dwianto *et al.*, 2016; Siregar *et al.*, 2013).

2. METODOLOGI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tata Letak Pabrik

Benjafar (1997) menyatakan bahwa pemilihan tata letak memiliki dampak langsung pada akumulasi *work in process*, *manufacturing lead time*, hasil yang dicapai, dan dibutuhkan kapasitas penanganan material. Misalnya, mengurangi jarak keseluruhan antara departemen dapat meningkatkan rata-rata pekerjaan dalam proses di pabrik. Pemilihan *layout* dapat dipengaruhi oleh parameter penanganan *non-*

*Corresponding author. Andre Sugioko
Email address: andresugioko@yahoo.com

material, seperti tingkat pemanfaatan departemen, variabilitas dalam pengolahan di departemen dan variabilitas dalam tuntutan produk.

ABSMODEL

ABSMODEL merupakan metode pencari solusi (*layout*) dengan fungsi tujuan meminimalkan penanganan material atau biaya transportasi. (Simmons 1969 dalam Heragu 1997). Algoritma yang digunakan dalam penyelesaian *multi-row layout problem* antara lain adalah ABSMODEL 3, dimana merupakan perkembangan dari ABSMODEL 1 yang umumnya dipakai untuk permasalahan tata letak *single-row*, dan ABSMODEL 2 untuk permasalahan *two-row*. Algoritma ABSMODEL 3 memiliki asumsi bahwa bentuk fasilitas adalah persegi atau persegi panjang, dan orientasi fisik dari fasilitas diketahui (Heragu, 2006). Karena adanya asumsi tersebut maka ukuran fasilitas yang tidak berbentuk persegi maupun persegi panjang harus dilakukan penyesuaian.

Notasi yang digunakan pada ABSMODEL 3 pada umumnya adalah (Heragu, 2006):

- n = jumlah fasilitas
- c_{ij} = biaya perpindahan material dalam satu satuan jarak antara i dan j
- f_{ij} = frekuensi perjalanan antara i dan j
- l_i = panjang bagian horizontal dari fasilitas i
- b_i = panjang bagian vertikal dari fasilitas i
- dh_{ij} = jarak horizontal minimum antara fasilitas i dan j
- dv_{ij} = jarak vertikal minimum antara fasilitas i dan j

Yang menjadi variabel keputusan dari model matematis ini adalah:

- x_i = jarak horizontal antara titik tengah i dan *vertical reference line* (VRL)
- y_i = jarak vertikal antara titik tengah i dan *horizontal reference line* (HRL)

Model matematisnya adalah:

$$\text{Min } i = 1n - 1 \text{Min } \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n c_{ij} f_{ij} (|x_i - x_j| + |y_i - y_j|) \dots (1)$$

Dengan fungsi pembatas sebagai berikut:

$$|x_i - x_j| + Mz_{ij} \geq \frac{1}{2}(l_i - l_j) + dh_{ij}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n-1$$

$$j = i+1, i+2, \dots, n \dots (2)$$

$$|y_i - y_j| + M(1 - z_{ij}) \geq \frac{1}{2}(b_i - b_j) + dv_{ij}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n-1$$

$$j = i+1, i+2, \dots, n \dots (3)$$

$$z_{ij}(1 - z_{ij}) = 0$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n-1$$

$$j = i+1, i+2, \dots, n \dots (4)$$

CORELAB

Algoritma ini diperkenalkan oleh Robert C. Lee dan Moore pada tahun 1967 dengan landasan *Systematic Layout Planning* (SLP) yang

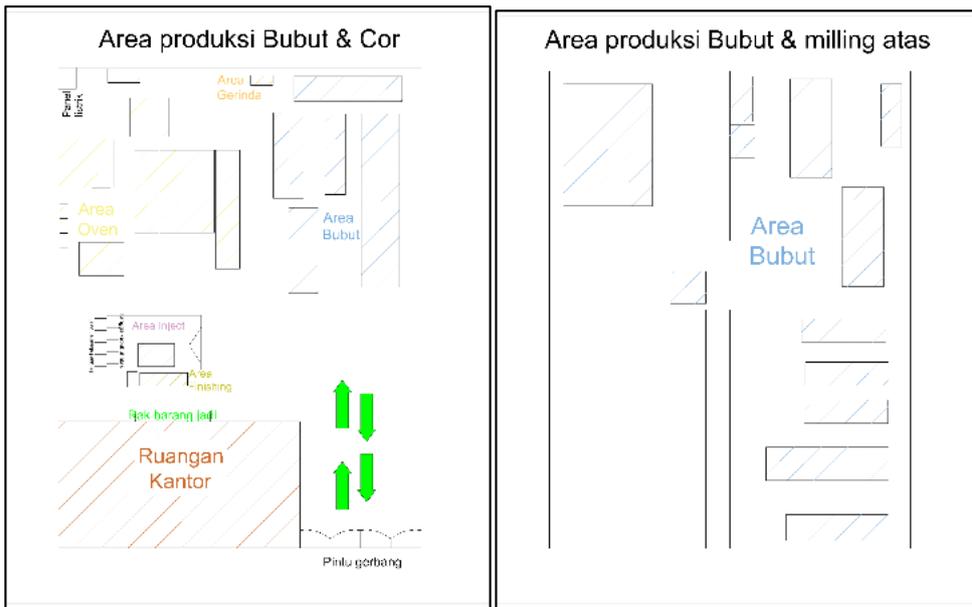
dikembangkan oleh Muther. Prosedurnya ada tiga yaitu analisa masalah, tahap pencarian, dan tahap seleksi. Data masukan algoritma ini adalah peta hubungan (*Relationship chart/ARC*), area tiap departemen, jumlah departemen dan nilai kedekatan hubungan (*closeness rating*). Langkah awal dari CORELAB adalah menghitung *Total Closeness Rating* (TCR) tiap departemen. TCR fasilitas 1 merupakan jumlah nilai-nilai numerik yang menyatakan hubungan antara fasilitas satu dengan yang lain, yang dapat diketahui dengan membuat *Activity Relationship Chart* atau ARC. Selanjutnya berdasarkan ARC akan dihitung *Total Closeness Rating* (TCR). Departemen/lokasi yang diletakkan pertama adalah yang memiliki nilai TCR terbesar. dan yang memiliki hubungan paling kuat. Peta hubungan aktivitas yang dikembangkan oleh Muther merupakan teknik yang sederhana dalam merencanakan tata letak fasilitas. Metode ini menghubungkan aktivitas-aktivitas secara berpasangan hingga semua aktivitas akan diketahui tingkat hubungannya (Heragu, 2006).

Keterkaitan aktivitas pada gambar 5 dilambangkan dengan simbol huruf. Simbol untuk menunjukkan derajat keterkaitan aktivitas adalah:

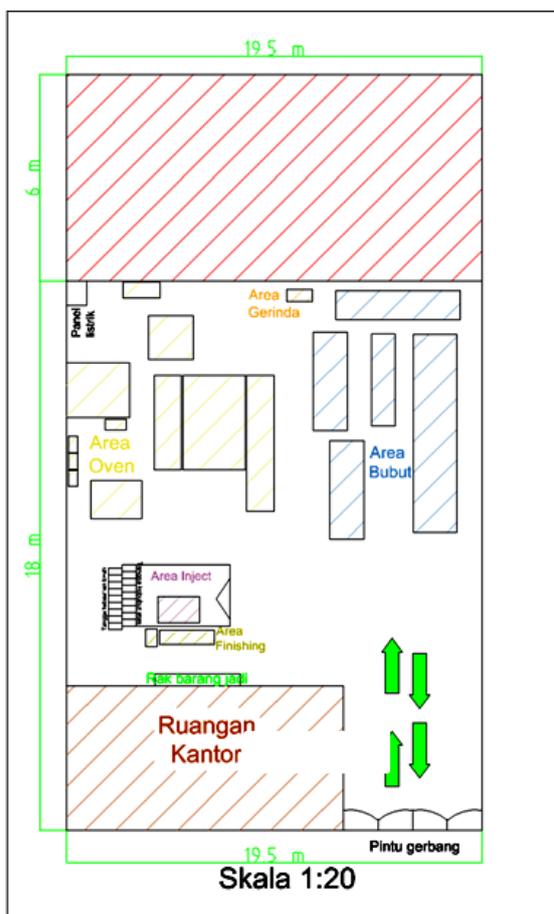
- a. A = Mutlak Perlu (Merah Muda)
Dua departemen tersebut mutlak untuk didekatkan.
- b. E = Sangat Penting (Hijau)
Dua departemen dinilai sangat terkait, keterkaitan hubungan dua departemen tidak sepele derajat keterkaitan A
- c. I = Penting (Ungu)
Dua departemen penting untuk didekatkan jika memungkinkan.
- d. O = Cukup atau Biasa (Biru)
Dua departemen yang kaitannya biasa saja atau tidak terlalu dekat.
- e. U = Tidak Penting (Kuning)
Dua departemen tidak perlu untuk didekatkan. Hanya dalam keadaan tertentu masih dapat ditempatkan berdampingan.
- f. X = Tidak Dikehendaki (Cokelat)
Dua departemen harus dipisahkan antara satu dengan lainnya karena kemungkinan akan mengganggu kelancaran proses operasi.

Jalan Lintasan

Jalan lintasan dalam pabrik dipergunakan terutama untuk dua hal yaitu komunikasi dan transportasi. Perencanaan yang baik pada *aisle* akan banyak menentukan proses gerakan perpindahan dari pekerja, bahan, ataupun peralatan produksi seperti alat pemindah bahan dari satu tempat ke tempat lainnya. Dalam penentuan lokasi dari jalan lintasan ini, terdapat beberapa permasalahan yang terjadi, yaitu penempatan jalur lintasan tersebut dan lebar jalan lintasan tersebut. (Wignjosoebroto, 2003).



Gambar 1.
Layout Awal Lantai Produksi



Gambar 2.
Penambahan Area Baru di Lantai 1

Pengukuran Jarak

Secara umum, pengukuran jarak dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu dengan pendekatan *Euclidean*, *Squared Euclidean*, *Rectilinear*, *Tchebychev*, *Aisle Distance*, *Adjacency*, dan *Shortest Path*. (Heragu, 2006). Namun tiga pendekatan yang umumnya digunakan adalah pendekatan *Euclidean*, *Squared Euclidean*, dan *Rectilinear*.

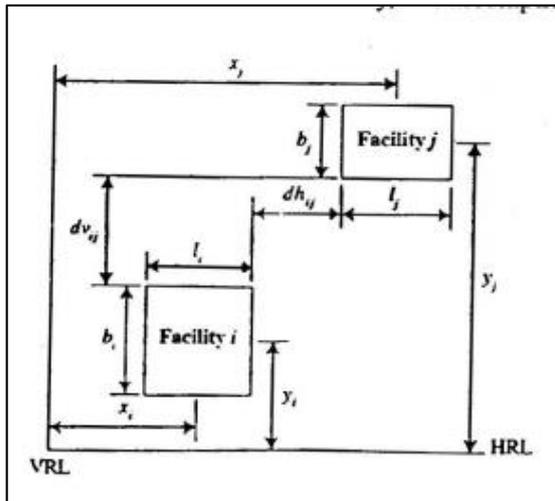
Pengukuran dengan pendekatan *Rectilinear* atau disebut sebagai *Manhattan*, *Right-Angle*, atau *Rectangular Metric*, merupakan pengukuran yang umum digunakan karena perhitungan yang sederhana, mudah dimengerti, dan layak digunakan untuk berbagai kondisi, termasuk di pabrik. Rumus untuk pengukuran secara *rectilinear* dapat dilihat sebagai berikut:

$$d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j| \dots \dots \dots (5)$$

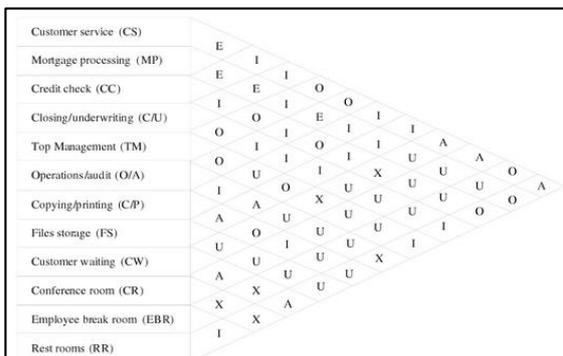
2.2 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan sebagai berikut:

- *Layout* awal lantai produksi. Tata letak awal lantai produksi digunakan untuk dibandingkan dengan hasil usulan.
- Ukuran penambahan ruang untuk lantai produksi.
- Jenis dan dimensi mesin.
- Dimensi area lain. Yaitu area pengendalian kualitas (*Quality Control*) serta area *finishing* dan rak barang jadi yang tergabung dalam area *finishing*. Oleh karena itu dimensi dari masing-masing area ini juga harus didata terlebih dahulu.



Gambar 4.
Gambaran Parameter dan Variabel Keputusan
(Sumber: Heragu, 2006)



Gambar 4.
Contoh Activity Relationship Chart
(Sumber: Heragu, 2006)

2.3 Pengelompokkan Mesin

Pengelompokkan jenis mesin ini didasarkan pada proses umum yang terjadi di lantai produksi PT. XYZ. Pengelompokkan mesin ini dilakukan dengan menggunakan metode ABSMODEL melalui software LINGO. Tujuannya adalah supaya didapat area kelompok mesin dengan jarak tempuh yang minimum antar masing-masing mesin.

Pembagian kelompok mesin ini didasarkan pada proses produksi yang ada di lantai produksi tersebut *machining* dan cor (*casting*) yang menggunakan oven. Kelompok *Machining* ini menggunakan mesin bubut, mesin *milling*, mesin *drilling*, mesin *grinding*, dan mesin korter. Kemudian area cor berisi mesin-mesin yang digunakan untuk memanaskan campuran *Polyurethane* dan bahan-bahan kimia lainnya (menggunakan oven) dan juga mesin untuk mengeluarkan udara dari hasil campuran yang sudah dipanaskan dan sudah mengeras (menggunakan *vacuum*). Namun satu pengecualian yang adalah mesin *Inject Cor*, dimana mesin ini

hanya digunakan untuk memproduksi benda-benda berukuran khusus dan biasanya lebih jarang digunakan.

2.4 Penentuan Tata Letak Akhir

Setelah pengelompokkan jenis mesin, berikutnya dibuat tata letak lantai produksi supaya yang memiliki jarak tempuh minimum. Maka dari itu akan dilakukan *re-layout* (Perancangan Ulang). Perancangan ulang akan dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Pengolahan secara kuantitatif akan dilakukan menggunakan metode ABSMODEL, sedangkan pengolahan secara kuantitatif akan menggunakan metode CORELAP. Hasil dari masing-masing metode akan dibandingkan dari segi jarak tempuh supaya didapat tata letak yang akhir yang dapat diaplikasikan di PT. XYZ.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Kelompok Mesin

Data-data mesin beserta kelompoknya di PT. XYZ (Tabel 2). Pembagian kelompok mesin ini didasarkan pada proses produksi yang ada di lantai produksi tersebut, yang hanya menggunakan mesin untuk *machining* dan juga untuk cor (*casting*) yang menggunakan oven.

Tabel 2.
Data Kelompok Mesin

No	No. Mesin	Nama Mesin	Panjang (m)	Lebar (m)	Kelompok Mesin
1	B.04	Bubut	6	0.82	
2	B.02	Bubut	3.5	0.97	
3	B.03	Bubut	3.5	0.85	
4	B.05	Bubut	3.5	0.88	
5	B.42	Bubut	12	1.30	
6	B.06	Bubut	1.92	0.51	
7	B.07	Bubut	1.76	0.53	
8	B.08	Bubut	1.3	0.44	
9	B.09	Bubut	1.2	0.47	
10	B.10	Bubut	3	0.70	<i>Machining</i>
11	B.57	Bubut	2.55	0.85	
12	D.24	<i>Drilling</i>	0.5	0.40	
13	GR.21	<i>Grinding</i>	0.3	0.51	
14	GR.22	<i>Grinding</i>	0.3	0.51	
15	IJ.01	<i>Inject Cor</i>	1.9	0.15	
16	KT.35	Korter	2.4	0.85	
17	ML.11	<i>Milling</i>	1.63	0.50	
18	ML.12	<i>Milling</i>	1.06	0.48	
19	ML.45	<i>Milling</i>	1.6	0.50	

Tabel 2.
Data Kelompok Mesin (Lanjutan)

No	No. Mesin	Nama Mesin	Panjang (m)	Lebar (m)	Kelompok Mesin
20	OV.14	Oven	3.1	0.95	
21	OV.52-53	Oven	4.3	0.7	
22	OV.17	Oven	1.3	1.3	
23	OV.34	Oven	1.16	0.7	
24	OV.55	Oven	0.6	0.6	
25	OV.58	Oven	1.24	0.6	
26	OV.62	Oven	1.6	0.7	
27	OV.60	Oven	0.28	0.95	Area Coran
28	OV.13	Oven	0.53	0.7	
29	OV.X	Oven	0.48	0.5	
30	OV.Y	Oven	0.68	0.65	
31	P.31	Vacuum	1	0.7	
32	P.30	Vacuum	0.84	0.44	
33	P	Vacuum	1.16	0.6	

Tabel 3.
Data Dimensi Area Lain

No	Nama Area	Panjang (m)	Lebar (m)
1	QC Finishing dan Rak	4	4
2	Barang Jadi	6	6.5

Machining atau permesinan adalah tahapan untuk mengubah bentuk produk supaya dapat sesuai dengan yang diinginkan. Area cor berisi mesin-mesin yang digunakan untuk memanaskan campuran *Polyurethane* dan bahan-bahan kimia lainnya (menggunakan oven) dan juga mesin untuk mengeluarkan udara dari hasil campuran yang sudah dipanaskan dan sudah mengeras (menggunakan *vacuum*), kecuali, mesin *Inject Cor*. Mesin ini berdasarkan fungsinya seharusnya berada di area coran. Namun, mesin ini hanya digunakan untuk memproduksi benda-benda berukuran khusus dan biasanya lebih jarang digunakan. Oleh karena bentuknya yang cukup berbeda dengan mesin oven dan *vacuum*, maka mesin ini ditempatkan dengan kelompok mesin *machining*. Selain mesin-mesin produksi, PT. Indonesia Polyurethane Industry juga memiliki beberapa area yang akan dilibatkan dalam pemberian usul tata letak ini, yaitu adalah area pengendalian kualitas atau QC (*Quality Control*) dan area *finishing* serta rak barang jadi (Tabel 3).

Dalam perancangan tata letak juga penting adanya penetapan jalan lintasan sebagai daerah operator berlalu lintas. Selama berjalannya proses produksi, tidak ada alat *material handling* khusus yang digunakan, melainkan hanya menggunakan tenaga manusia saja. Dan bila dikaitkan dengan rekomendasi lebar jalan lintasan menurut Wignjosebroto (2003), maka lebar jalan lintasan yang ditetapkan dalam usulan ini adalah selebar 1 meter. Selain jalan lintasan, terdapat juga area operator. Area operator ini adalah area yang ditujukan untuk operator mesin yang sedang

mengoperasikan mesin. Bila lebar jalur lintasan sebesar 1 m untuk orang yang bergerak dua arah, maka pada area operator untuk mesin akan memiliki lebar setengah dari lebar jalur lintasan. Hal ini dikarenakan untuk masing-masing mesin, yang mengoperasikannya hanya 1 orang saja, sehingga tidak perlu untuk membuat area operator yang menyediakan jalur untuk orang bergerak dua arah

3.2 Hasil Rancangan

Dalam data dimensi mesin pada Tabel 2 belum memperhatikan area operator, dimensi mesin-mesin tersebut akan diberi penambahan sebesar 0.5 meter untuk area operator. Hal ini mengacu pada standar lebar jalan lintasan menurut Wignjosebroto (2003), dimana pada kondisi saat ini di lantai produksi, *material handling* yang digunakan adalah hanya tenaga manusia saja. Bila lebar jalur lintasan sebesar 1 m untuk orang yang bergerak dua arah, maka pada area operator untuk mesin memiliki lebar setengah dari lebar jalur lintasan.

Tabel 4.
Dimensi Mesin Akhir

No.	No. Mesin	Nama Mesin	Panjang (m)	Lebar (m)	Kelompok Mesin
1	B.04	Bubut	7	2.82	
2	B.02	Bubut	4.5	2.97	
3	B.03	Bubut	4.5	2.85	
4	B.05	Bubut	4.5	2.88	
5	B.42	Bubut	13	3.3	
6	B.06	Bubut	2.92	2.51	
7	B.07	Bubut	2.76	2.53	
8	B.08	Bubut	2.3	2.44	
9	B.09	Bubut	2.2	2.47	
10	B.10	Bubut	4	2.7	Machining
11	B.57	Bubut	3.55	2.85	
12	D.24	Drilling	1.5	2.4	
13	GR.21	Grinding	1.3	2.51	
14	GR.22	Grinding	1.3	2.51	
15	IJ.01	Inject Cor	2.9	2.15	
16	KT.35	Korter	3.4	2.85	
17	ML.11	Milling	2.63	2.5	
18	ML.12	Milling	2.06	2.48	
19	ML.45	Milling	2.6	2.5	
20	OV.14	Oven	4.1	2.95	
21	OV.52-53	Oven	5.3	2.7	
22	OV.17	Oven	2.3	3.3	
23	OV.34	Oven	2.16	2.7	
24	OV.55	Oven	1.6	2.6	
25	OV.58	Oven	2.24	2.6	
26	OV.62	Oven	2.6	2.7	Area Coran
27	OV.60	Oven	1.28	2.95	
28	OV.13	Oven	1.53	2.7	
29	OV.X	Oven	1.48	2.5	
30	OV.Y	Oven	1.68	2.65	
31	P.31	Vacuum	2	2.7	
32	P.30	Vacuum	1.84	2.44	
33	P	Vacuum	2.16	2.6	

Contoh perhitungan untuk dimensi mesin Inject Cor IJ.01 pada Tabel 4

Diketahui panjang dan lebar mesin *Inject Cor* adalah 1.9 m dan 0.15 m

Perhitungan:

Panjang mesin *Inject Cor* + area operator = 1.9 m + 0.5 m + 0.5 m = 2.9 m.

Lebar mesin *Inject Cor* + area operator = 0.15 m + 0.5 m + 0.5 m = 1.15 m

Lebar mesin *Inject Cor* yang mempertimbangkan area operator + jalan lintasan = 1.15 m + 1 m = 2.15 m.

Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.

3.2 Perancangan Tata Letak Kelompok Mesin

Pengelompokkan dilakukan dengan menggunakan algoritma ABSMODEL3, yaitu algoritma yang digunakan sebagai solusi pemecahan masalah *multi-row layout*. Untuk dapat menggunakan algoritma ini, digunakan suatu *software* yaitu LINGO, yang akan dibuat model matematisnya.

Feasible solution found.	
Objective value:	611.2800
Objective bound:	249.3400
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	110758968
Total solver iterations:	1691417807
Elapsed runtime seconds:	633005.91
Model Class:	MILP
Total variables:	2242
Nonlinear variables:	0
Integer variables:	722
Total constraints:	1711
Nonlinear constraints:	0
Total nonzeros:	5472
Nonlinear nonzeros:	0

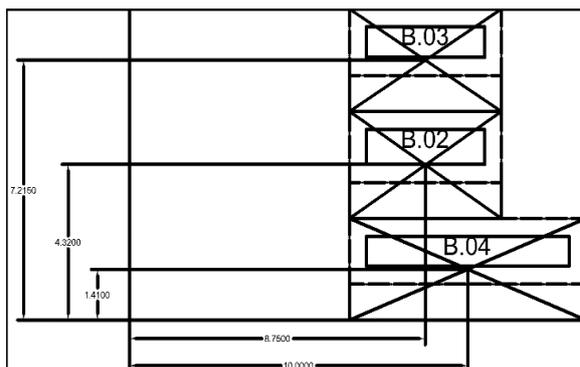
Gambar 6.

Hasil Koordinat *Machining*

Feasible solution found.	
Objective value:	209.7550
Objective bound:	73.860000
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	179831756
Total solver iterations:	1972627899
Elapsed runtime seconds:	630522.98
Model Class:	MILP
Total variables:	1232
Nonlinear variables:	0
Integer variables:	392
Total constraints:	911
Nonlinear constraints:	0
Total nonzeros:	2912
Nonlinear nonzeros:	0

Gambar 7.

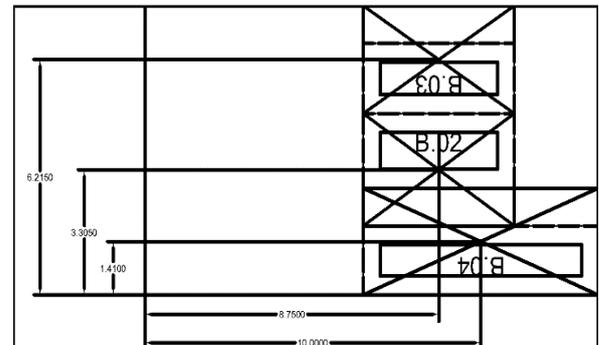
Hasil Koordinat Area Coran



Gambar 8.

Peletakkan Mesin Berdasarkan Hasil LINGO

Model matematis ini didasarkan pada dimensi daripada masing-masing mesin. Fungsi tujuan dari model ini adalah untuk meminimasi jarak antar mesin supaya dapat menghasilkan area *machining* dengan luas yang minimum. Sedangkan fungsi pembatas dapat dibuat dengan mengikuti persamaan (1) sampai persamaan (3). *Output* dari LINGO akan muncul dalam bentuk koordinat X dan Y untuk masing-masing mesin. Berikut adalah hasil koordinat dan peletakkan mesin (Gambar 6 dan Gambar 7).



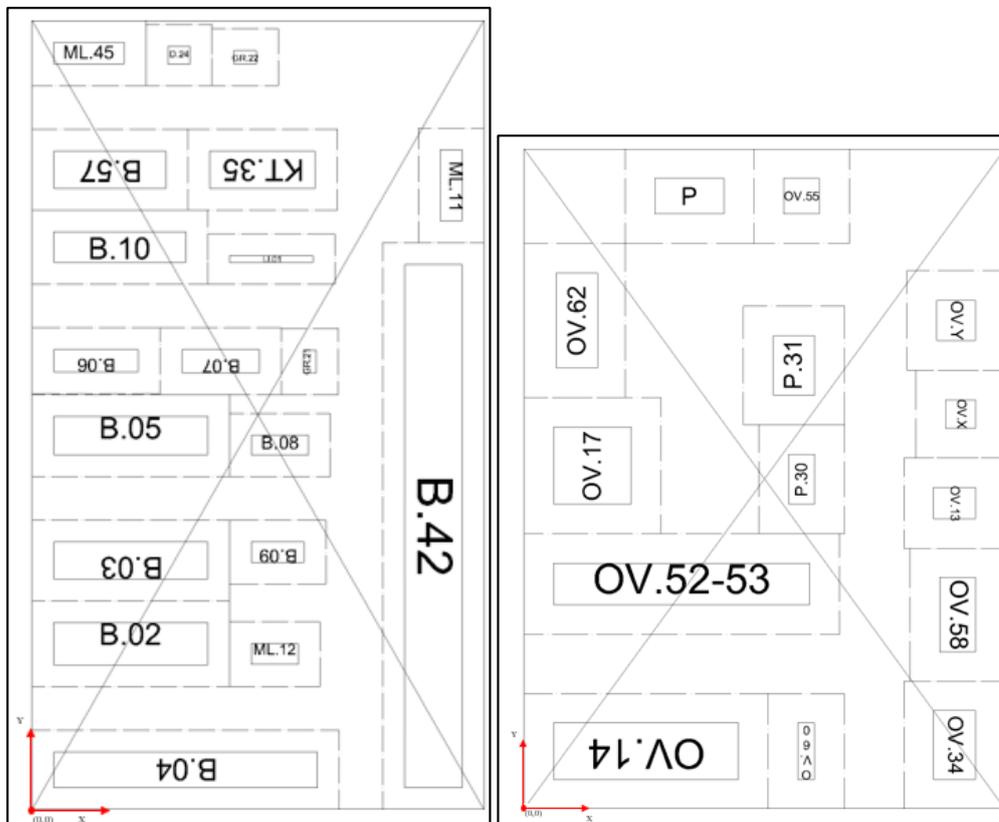
Gambar 9.

Penyesuaian Kelompok Mesin

Berdasarkan hasil LINGO (Gambar 6 dan Gambar 7), didapat nilai fungsi tujuan, yaitu total jarak terkecil antar mesin untuk kelompok *machining* dan area coran adalah 611.28 dan 209.755. Hasil LINGO ini perlu dilakukan penyesuaian terlebih dahulu. Hasil LINGO untuk perancangan kelompok mesin menunjukkan koordinat X dan Y untuk masing-masing mesin seperti untuk mesin bubut B.04 yang memiliki koordinat (X,Y) adalah (10,0) dan mesin bubut B.02 dengan koordinat (8,75;0). Dengan koordinat tersebut maka dapat digambar letak mesinnya (Gambar 8). Karena koordinat Y dari mesin B.04 dan B.02 adalah sama, maka mesin B.02 harus dipindahkan ke atas mesin B.04 agar tidak terjadi *overlapping*. Begitu juga dengan mesin B.03 yang memiliki hasil koordinat sama dengan mesin B.02. Hasil dari LINGO tersebut dilakukan penyesuaian dengan mempertimbangkan jalan lintasan dari masing-masing mesin yang bisa disatukan (Gambar 9). Penyesuaian dilakukan dengan memutar mesin B.04 untuk menyatukan jalur lintasan dengan jalur dari mesin B.02. Dengan begitu mesin B.02 dan B.03 disesuaikan supaya jarak secara koordinat Y semakin kecil. Penyesuaian ini dilakukan terus-menerus hingga semua mesin sudah diletakkan, dengan menghindari adanya bentrokan mesin dan menghasilkan jarak lintasan minimal 1 m. Dengan penyesuaian, jarak antar mesin semakin kecil dan menghasilkan nilai fungsi tujuan yang lebih kecil pula dari 611.28 m dan 209.755 m. Penggambaran hasil penyesuaian masing-masing kelompok mesin dapat dilihat pada Gambar 10.

Tabel 5.
Hasil koordinat mesin

Nama Mesin	X	Y	Nama Mesin	X	Y
Bubut B.04	10	0	Oven OV.14	4.7	0
Bubut B.02	8.75	0	Oven OV.52-53	5.3	0
Bubut B.03	8.75	0	Oven OV.17	3.8	0
Bubut B.05	8.75	0	Oven OV.34	3.73	0
Bubut B.42	13	0	Oven OV.55	3.45	0
Bubut B.06	7.96	0	Oven OV.58	3.77	0
Bubut B.07	7.88	0	Oven OV.62	3.95	0
Bubut B.08	7.65	0	Oven OV.60	3.29	0
Bubut B.09	7.6	0	Oven OV.13	3.415	0
Bubut B.10	8.5	0	Oven OV.X	3.39	0
Bubut B.57	7.775	0	Oven OV.Y	3.49	0
Drilling D.24	7.25	0	Vacuum P.31	3.65	0
Grinding GR.21	7.15	0	Vacuum P.30	3.57	0
Grinding GR.22	7.15	0	Vacuum P	0	0
Inject Cor IJ.01	7.95	0			
Korter KT.35	8.2	0			
Milling ML.11	7.815	0			
Milling ML.12	7.53	0			
Milling ML.45	0	0			



Gambar 10.
Layout Kelompok Mesin Machining dan Area Coran

Pada *layout* kelompok mesin yang sudah dirancang seperti pada Gambar 10, terlihat bahwa semua mesin yang ada dirancang lebih mengutamakan pada fungsi dari mesin tersebut. Khususnya kelompok mesin *machining*, dimana mesin *machining* di lantai 1 (untuk memproses produk berukuran besar) dan lantai 2 (untuk memproses produk berukuran kecil) digabung menjadi satu lantai. Bila dilihat dari sudut pandang variasi produk, pengelompokan berdasarkan fungsi mesin membuat fleksibilitas pabrik menjadi semakin tinggi. Hal ini dikarenakan perusahaan memiliki permintaan produk yang beragam, dan tidak selalu sama setiap periodenya.

```

Global optimal solution found.
Objective value: 12.61081
Objective bound: 12.61081
Infeasibilities: 4.128938
Extended solver steps: 27507
Total solver iterations: 7402405
Elapsed runtime seconds: 2633.92

Model Class: NLP

Total variables: 19
Nonlinear variables: 19
Integer variables: 0

Total constraints: 39
Nonlinear constraints: 23

Total nonzeros: 82
Nonlinear nonzeros: 66
Variable Value Reduced Cost
X1 9.050000 0.000000
X2 9.050000 0.000000
Y1 6.703562 1.000000
Y2 5.575000 0.000000
X3 9.050000 3.000000
Y3 6.703562 -1.000000
X4 9.050000 0.000000
Y4 9.882500 0.000000
    
```

Gambar 11.
Hasil Koordinat *Layout* Akhir

Keterangan untuk Gambar 11:

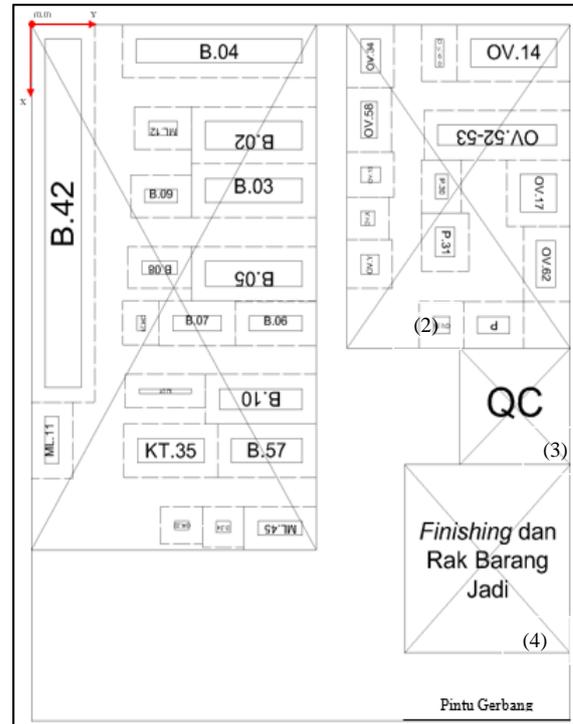
1. *Machining*
2. Area Cor
3. *Quality Control*
4. *Finishing* dan Rak Barang Jadi

3.3 Perancangan Tata Letak Lantai Produksi Akhir

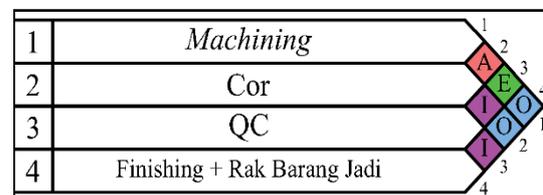
Dengan didapatnya tata letak usulan untuk kelompok mesin *machining* dan area coran, selanjutnya dilanjutkan dengan merancangan tata letak final dari lantai produksi, dengan mempertimbangkan area QC dan *finishing* serta rak barang jadi. Perancangan ini dilakukan dengan 2 pendekatan, yaitu pendekatan kuantitatif dan pendekatan kualitatif. Perancangan dengan metode kuantitatif ini kembali menggunakan software LINGO

Dengan menggunakan input perancangan kelompok mesin pada pengolahan sebelumnya, ditambah dengan pembatas berupa luas area lantai produksi, maka dapat dihasilkan *layout* akhir yang menjadi usulan. Hasil LINGO dapat dilihat pada Gambar 11, kemudian dilanjutkan dengan mempertimbangkan area QC dan *finishing* serta rak

barang jadi sehingga didapatkan hasil pada Gambar 12. Sedangkan untuk kualitatif, menggunakan metode CORELAP. Untuk dapat membuatnya, hal pertama yang dilakukan adalah membuat *Activity Relationship Chart* (ARC). ARC yang dapat dilihat pada Gambar 13 dibuat berdasarkan hubungan kedekatan antar departemen. Selanjutnya dihitung *Total Closeness Rating* (TCR). TCR dapat diketahui dari ARC, yaitu dengan menjumlahkan nilai dari masing-masing nilai yang menjadi representasi dari setiap huruf. Hasil TCR dapat dilihat pada Tabel 6.



Gambar 12.
Final Layout dengan Metode Kuantitatif



Gambar 13.
Activity Relationship Chart

Tabel 6.
Total Closeness Rating

	Machining	Cor	QC	Tempat Barang Jadi	Perhitungan	Total
Machining	-	A	E	U	32+16+2	50
Cor	A	-	I	U	32+8+2	42
QC	E	I	-	I	16+8+8	32
Tempat Barang Jadi	U	U	I	-	2+2+8	12

Tabel 7.
Perhitungan Jumlah Block

No.	Area	P (m)	L (m)	Luas Area (m ²)	Hasil Bagi	Jumlah Block
1	Machining	18.1	10.3	186.43	11.651	12
2	Cor	11.15	8.08	90.092	5.6307	6
3	QC	4	4	16	1	1
4	Tempat Barang Jadi	6	6.5	39	2.4375	3

Tabel 8.
Koordinat Hasil Perancangan Metode Kuantitatif

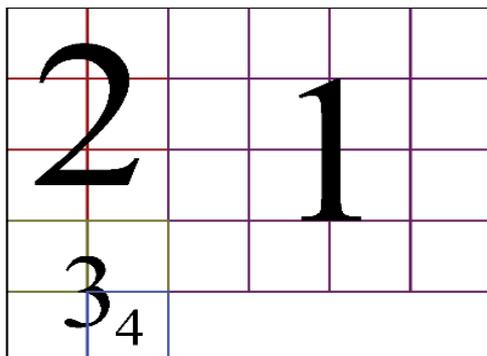
No.	Departemen	X	Y
1	Machining	9.05	5.15
2	Cor	5.575	15.46
3	QC	13.15	16.5
4	Finishing+Rak Barang Jadi	18.4	17.5

Tabel 9.
Koordinat Hasil Perancangan Metode Kuantitatif

No.	Departemen	X	Y
1	Machining	9.05	14.35
2	Cor	5.575	4.04
3	QC	14.4	11.2
4	Finishing+Rak Barang Jadi	20.1	3

Tabel 10.
Perbandingan Usulan

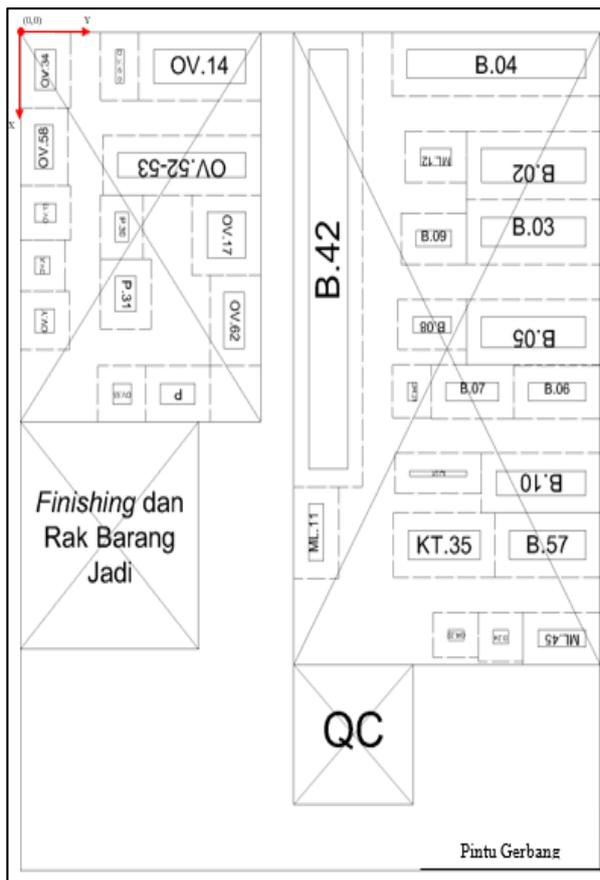
No.	Tata Letak	Total Jarak (m)
1	Tata letak dengan metode kuantitatif	80.67
2	Tata letak dengan metode kualitatif	90.14



Gambar 14.
Hasil Block Layout

Departemen/lokasi yang diletakkan pertama adalah dua yang memiliki nilai TCR terbesar.

Setelah itu departemen/lokasi yang diletakkan selanjutnya adalah yang memiliki nilai TCR terbesar dan diletakkan di dekat departemen/lokasi yang memiliki hubungan paling kuat. Hasil dari metode CORELAP adalah gambar *block layout* pada gambar 14. Jumlah *block layout* didapat dengan menghitung terlebih dahulu masing-masing luas area supaya dapat diketahui perbandingan dari masing-masing departemen atau lokasi. Berdasarkan hasil CORELAP, selanjutnya dilakukan perancangan dengan memperhatikan area QC dan *finishing* serta rak barang jadi sehingga didapatkan hasil seperti Gambar 15. Setelah didapat *layout* usulan dari masing-masing metode, dapat diketahui koordinat masing-masing lokasi/departemen, yang dapat dilihat pada Tabel 8 dan 9.



Gambar 15.
Final Layout dengan Metode Kualitatif

3.4 Perbandingan Usulan

Penilaian usulan ini akan didasarkan pada satu parameter, yaitu parameter total jarak tempuh. Untuk menghitung jarak tempuh, digunakan persamaan (4), yaitu dengan menghitung total jarak tempuh antar departemen dengan mempertimbangkan koordinat X dan Y dari masing-masing titik tengah departemen (Tabel 10).

4. DISKUSI

Hasil perancangan kelompok mesin yang menggunakan *software* LINGO pada gambar 6 dan gambar 7, tidak dapat dikatakan optimal. Karena setelah hampir 176 jam, hasil *best objective* dari model tersebut adalah 611,28, maka dapat dikatakan bahwa hasil tersebut belum optimal karena masih terpaut jauh dari nilai *Objective Bound*. Hal ini juga berlaku untuk *Solver Status* area cor. Nilai *best objective* dan *objective bound* ini terpaut jauh karena adanya faktor batasan yang digunakan. Dalam pembuatan model matematisnya, tidak ada batasan besar area yang dialokasikan untuk masing-masing kelompok mesin. Berbeda dengan tata letak akhir yang memiliki batasan tersebut, yaitu sebesar 24 meter x 19.5 meter.

Perancangan tata letak akhir dengan metode CORELAP lebih bersifat subjektif, namun metode ini tetap dipertimbangkan karena dalam metode ini sangat dipengaruhi oleh faktor kedekatan antar area/departemen/lokasi. Untuk area *machining* dan cor diberi nilai A atau mutlak perlu berdekatan, alasan yang paling utama adalah dikarenakan keterkaitan urutan pekerjaan. Aliran produksi di PT. Indonesia Polyurethane Industry ini hanya ada diantara area *machining* dan area cor, sehingga kedua area ini harus berdekatan. Dengan demikian aliran materialnya dapat diminimasi dan akan mengurangi biaya *material handling*. Alasan yang sama juga berlaku untuk QC dan *Finishing* serta Rak Barang Jadi. Hasil akhir yang sudah diperiksa kualitasnya akan dibawa ke area *Finishing* untuk pengepakan, dan akan diletakkan di rak barang jadi.

Untuk area *machining* dan QC, tingkat kedekatannya diberi nilai E (sangat penting), pertimbangannya sama dengan penjelasan sebelumnya. Namun untuk kasus ini ada pertimbangan tambahan yaitu aliran informasi. Dalam pemeriksaan kualitas, tentunya hasil dari *machining* memiliki kemungkinan mengeluarkan hasil produk yang kurang baik.

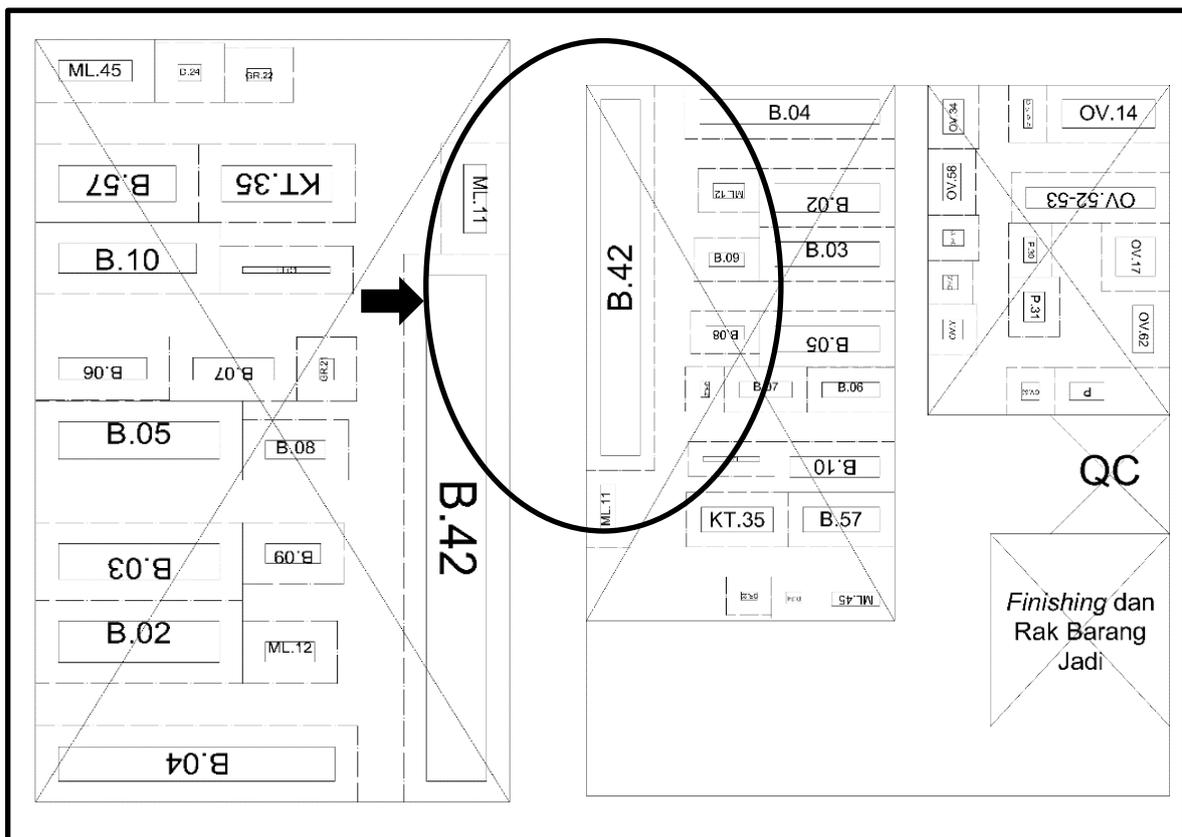
Bila dua lokasi tersebut berdekatan, maka bagian QC akan lebih mudah menyampaikan informasi kepada bagian *machining* untuk memperbaiki hasil pekerjaannya. Alasan yang sama juga berlaku untuk area cor dan QC. Namun tingkat kedekatannya lebih rendah, yaitu I, dikarenakan mayoritas produk akhir akan keluar dari bagian *machining*. Produk akhir juga memungkinkan untuk keluar dari bagian cor untuk langsung dibawa ke QC. Namun hal ini lebih jarang terjadi dibandingkan dengan *machining*. Kemudian untuk area *finishing* serta rak barang jadi dengan area *machining* dan cor, tingkat kedekatannya tidak penting sehingga diberi nilai U. Hal ini dikarenakan tidak ada pengaruhnya bila area-area tersebut berdekatan atau tidak.

Perancangan *final layout* baik secara kuantitatif maupun kualitatif pun harus dilakukan penyesuaian. Hal ini berkaitan dengan perputaran *layout* kelompok mesin yang ditempatkan di lantai produksi. Contoh penyesuaian dapat dilihat pada gambar 16. Dari gambar 16, dapat dilihat bahwa *layout* kelompok mesin *machining* ini memiliki perbedaan, yaitu hasil perancangan awal kelompok mesin *machining* diputar sebesar 180 derajat. Perputaran ini dilakukan untuk mencegah adanya area kosong di bagian belakang pabrik. Hal yang sama juga dilakukan untuk kelompok mesin area cor, dan untuk pengolahan kualitatif.

Parameter yang digunakan untuk membandingkan usulan adalah jarak antar area. Pengukuran jarak ini menggunakan dilakukan

secara *Rectilinear*. Hal ini dikarenakan terkait dengan jenis *material handling* yang adalah operator, sehingga secara tampak atas, pergerakannya hanya bisa secara vertikal dan horizontal. Berdasarkan hasil perhitungan, usulan yang lebih baik adalah usulan tata letak dengan metode kuantitatif karena memiliki total jarak 80,67 meter. Bila dibandingkan dengan metode kualitatif, total jaraknya adalah sebesar 90,14 meter, lebih jauh sekitar 11 persen. Metode kuantitatif menjadi metode yang lebih baik diperkirakan karena metode ini adalah metode yang menggunakan *linear programming*, yang menggunakan fungsi tujuan dan model matematis. *Linear programming* ini mendukung untuk mendapatkan hasil jarak yang minimum.

Bila usulan tersebut diimplementasikan, dapat dilihat bahwa hasil ini cukup berbeda dengan kondisi lantai produksi awal, dimana area *machining* berada di sebelah kanan dan area cor di sebelah kiri. Setelah disesuaikan dengan mesin-mesin *machining* dari lantai 2, posisi area *machining* harus ditukar dengan area cor. Kemudian untuk bagian *finishing* dan rak barang jadi, yang awalnya berada di sebelah kiri, dipindahkan ke sebelah kanan. Dengan area tersebut berada di sebelah kanan akan mempermudah pengangkutan barang jadi untuk dikirim. Hal ini dikarenakan area keluar masuk lantai produksi yang ada di sebelah kanan bawah.



Gambar 16.
Perbandingan *Layout* Kelompok Mesin

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka tata letak dengan metode kuantitatif merupakan solusi yang terbaik apabila dilihat dari jarak antar area.

Selain kesimpulan, maka ada juga beberapa saran yang dapat diberikan untuk PT. Indonesia Polyurethane Industry yaitu sebagai berikut:

1. PT. Indonesia Polyurethane Industry dapat mempertimbangkan sisa area lantai produksi yang ada dengan menyesuaikan lagi tata letak usulan sesuai dengan

keadaan nyata karena masih banyak tersisa area yang kosong.

2. Bila dilakukan perbaikan tata letak, ada baiknya untuk tetap mengutamakan kedekatan antara area *Machining* dan *Cor* serta antara *QC* dan *Finishing*. Karena jika dilihat dari pengolahan metode kualitatif, penting untuk lokasi-lokasi tersebut ditempatkan berdekatan.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Apple, J., M. 1977. *Plant Layout and Material Handling*. 3rd Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
2. Benjafar, S. 1997. *Design of Plant Layout with Queueing Effect*. Minneapolis: University of Minnesota.
3. Dwianto, Q. A., Susanty, S., & Fitria, L. (2016). Usulan Rancangan Tata Letak Fasilitas Dengan Menggunakan Metode Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP) di Perusahaan Konveksi. *REKA INTEGRASIA*, 4(1).
4. Heragu, S., S. 1997. *Facilities Design*. 1st Edition. Boston: PWS Publishing Company.
5. Heragu, S.S. 2006. *Facilities Design*. 2nd Edition. New York: iUniverse, Inc.
6. Muther, R. 1984. *Systematic layout planning*, Cahnerns Books.
7. Nugroho, S. A., Febianti, E., & Kurniawan, B. 2017. Perancangan Ulang Fasilitas Produksi Menggunakan 2-OptAlgorithm Di PT. XYZ. *Jurnal Teknik Industri Untirta*.
8. Richard, J. 2016. Perbaikan Tata Letak Fasilitas Di PT. Aweco Indosteel Perkasa Gempol, Pasuruan. *Jurnal Titra*, 4(1): 91-98.
9. Siregar, R. M., Sukatendel, D., & Tarigan, U. 2013. Perancangan Ulang Tata letak Fasilitas Produksi Dengan Menerapkan Algoritma Blocplan Dan Algoritma Corelap Pada PT. Xyz. *Jurnal Teknik Industri USU*, 1(1): 35-44
10. Wignjosoebroto, S. 2003. *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan*. Edisi Ketiga. Surabaya: Guna Widya.