



USULAN RANCANGAN TATA LETAK FASILITAS PRODUKSI DI PT. *NS BLUESCOPE LYSAGHT INDONESIA*

Ivena Faustina¹, Teguh Oktiarso¹, Yurida Ekawati¹

¹Program Studi Teknik Industri, Universitas Ma Chung, Jl. Villa Puncak Tidar Blok N-01, Malang, Indonesia, 65151

Correspondence: 411810002@student.machung.ac.id

Received: 5 September 2022 – Revised: 8 November 2022 - Accepted: 30 November 2022 - Published: 20 Desember 2022

Abstrak. Perubahan *layout* produksi di PT. *Ns BlueScope Lysaght Indonesian* disebabkan oleh lokasi pabrik pindah ke lahan yang lebih luas, tetapi menggunakan *crane* yang berbeda. *Crane* yang digunakan di pabrik lama PT. *Ns BlueScope Lysaght Indonesian* menggunakan *Overhead Crane* yang diletakkan di dinding pabrik, sehingga luas lantai produksi tidak dipengaruhi rel dari *crane* tersebut. Pabrik baru memiliki lahan yang lebih luas, tetapi menggunakan *Gantry Crane* yang menggunakan rel di lantai produksi, sehingga lahan yang digunakan menjadi terbatas. Penelitian ini menggunakan algoritma *Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP)*. Hasil perhitungan menggunakan algoritma CORELAP menghasilkan 4 usulan *layout*. Usulan *layout* tersebut dipilih berdasarkan total jarak perpindahan produk yang terkecil. Hasil total jarak perpindahan *layout* 1 sebesar 493,8-meter, *layout* usulan 2 sebesar 596-meter, *layout* usulan 3 sebesar 488,9 meter dan *layout* usulan 4 sebesar 453,7 meter. Dari hasil tersebut dipilihlah usulan *layout* 4, karena berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan usulan *layout* 4 merupakan usulan *layout* yang efektif dan efisien, sehingga dapat diterapkan di PT. *Ns BlueScope Lysaght Indonesian*.

Kata kunci: *layout*, *gantry crane*, *Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP)*.

Citation Format: Ivena Faustina, Teguh Oktiarso, Yurida Ekawati (2022). USULAN RANCANGAN TATA LETAK FASILITAS PRODUKSI DI PT. *NS BLUESCOPE LYSAGHT INDONESIA*. *Sains dan Aplikasi Keilmuan Teknik Industri (SAKTI)*, 2022, 42-54.

PENDAHULUAN

PT. *Ns BlueScope Lysaght Indonesian* memiliki kendala dalam merancang ulang tata letak pabrik, yaitu PT. *Ns BlueScope Lysaght Indonesian* pindah ke lokasi pabrik yang lebih luas dibanding sebelumnya. Meskipun lahan yang digunakan lebih luas, tetapi memiliki kendala dalam pergerakan *crane* yang digunakan. Pabrik lama menggunakan *Overhead Crane*. *Overhead Crane* tersebut menggunakan rel di atas, sehingga tidak memakan tempat, sedangkan *Crane* yang digunakan di pabrik baru adalah *Gantry Crane*, yang membutuhkan rel di bawah. PT. *Ns BlueScope Lysaght Indonesian* tidak menggunakan *Overhead Crane* untuk di pabrik baru, karena dinding pabrik yang baru tidak dapat menahan beban *crane*, sehingga menggunakan *Gantry Crane*. *Gantry Crane* memiliki kuda-kuda dengan lebar 15 m dan memiliki ketinggian 6 m. *Gantry Crane* ini memiliki peran yang penting, yaitu *crane*





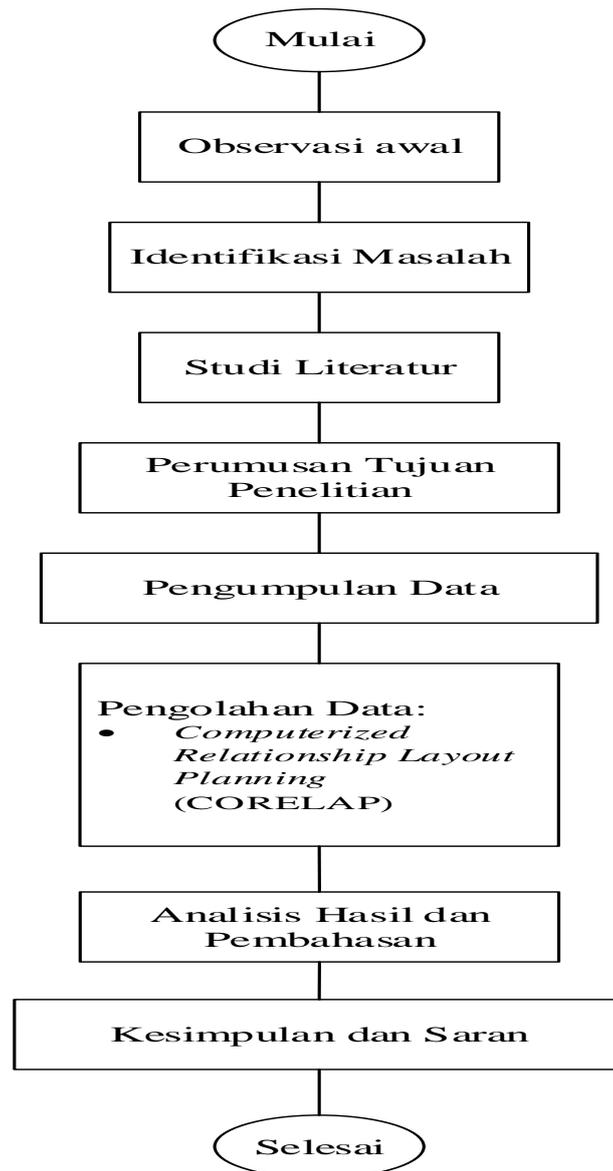
ini yang akan melakukan semua pemindahan produk. Produk dari setiap mesin akan dipindahkan ke depan pabrik yang merupakan tempat penyimpanan sementara sebelum dikirim. PT. *NS Bluescope Indonesia* memiliki 7 mesin yang memproduksi produk yang berbeda, antara lain Smartdek, Trimdek Optima, Klip-lok, Flashing, Spandek dan profil C. *Crane* tersebut diletakkan sejajar dengan pintu pabrik dengan tujuan mempermudah saat pemindahan produk untuk *loading* ke dalam truk, sehingga harus memiliki lintasan atau gang khusus yang tidak terhalangi oleh mesin untuk mencapai tempat penyimpanan sementara. Selain itu, PT. *Ns BlueScope Lysaght Indonesia* memiliki ketentuan, agar mengangkat produk menggunakan *crane* dengan ketinggian kurang lebih 30 cm dari tanah. Jika ada pekerja dibawah *crane* yang beroperasi, produk akan diangkat lebih tinggi. Hal tersebut dapat membahayakan pekerja, jika sampai produk terjatuh.

Perbedaan *Gantry Crane* dan *Overhead Crane* yang mempengaruhi *layout* pabrik adalah rel yang digunakan *crane* saat beroperasi. Rel atau lintasan yang digunakan oleh *Overhead Crane* adalah rel yang dipasang di dinding pabrik, sehingga tidak mempengaruhi *layout* pabrik. Sedangkan *Gantry Crane* menggunakan rel yang dipasang di bawah atau di lantai. Hal tersebut mempengaruhi *layout*, karena di sisi samping rel harus dipasang pagar, sehingga saat *crane* beroperasi, pekerja aman dari pergerakan *crane*. Rel tersebut juga menyisakan ruang di samping kiri dan kanan rel sekitar 4,25 m sampai dinding pabrik. Hal lain yang menjadi hambatan adalah *coil* dari tempat penyimpanan bahan baku hanya dapat masuk di satu sisi pagar, sehingga mesin-mesin sebisa mungkin disusun berdekatan dengan pagar tersebut, agar pendistribusian *coil* tidak terlalu jauh. Beberapa kendala yang dihadapi oleh PT. *Ns BlueScope Lysaght Indonesia* mengenai *layout* pabrik akan dilakukan usulan perancangan menggunakan metode *Computerized Relationship Layout Planning* (CORELAP).

Pabrik PT. *Ns BlueScope Lysaght Indonesia* memiliki panjang 120 meter dan lebar 70 meter. Pabrik ini terdiri dari 2 bangunan yang digunakan untuk gudang dan perkantoran, serta area produksi. Area produksi memiliki panjang 120 meter dan lebar 23 meter, serta dilengkapi dengan 7 mesin produksi yang beroperasi. Mesin-mesin tersebut adalah *coil car*, Mesin Tratas, Mesin Smartdek, Mesin OPT Trimdek, Mesin Spandek dan V-Crimp, CTL dan PBK dan Mesin Klip-lok 406.

METODE PELAKSANAAN

Penelitian ini menggunakan metode CORELAP. Penelitian ini membutuhkan beberapa tahapan untuk menyelesaikan permasalahan yang dengan tahapan-tahapan yang disusun secara sistematis dalam sebuah diagram alir. Berikut merupakan diagram alir dari tahapan yang dilalui pada penelitian Tugas Akhir untuk membuat tata letak pabrik dan gudang.

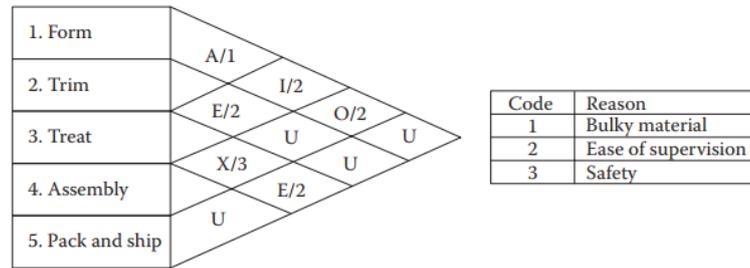


Gambar 1 Diagram Alir Penelitian



CORELAP merupakan program konstruksi yang dapat menangani 70 lebih departemen dengan menggunakan REL *chart*. CORELAP memiliki kemampuan untuk memasukkan beberapa departemen ke dalam *layout*, tetapi hanya dilakukan untuk sekeliling *layout* saja. CORELAP memetakan dalam bentuk persegi panjang yang akan mempresentasikan area pengurutan dari REL. Pengurutan tersebut menggunakan pembobotan dan ditetapkan menggunakan *closeness rating*. Data minimum yang dibutuhkan untuk metode CORELAP adalah grafik hubungan untuk departemen, jumlah departemen, area setiap departemen dan bobot untuk grafik REL.

Program ini dikembangkan oleh Lee dan Moore dengan istilah yang tidak biasa, yaitu *victor* dan *winner*. *Victor* merupakan departemen yang akan diletakkan di dekat dengan *winner*. *Winner* sendiri merupakan departemen yang diletakkan pertama di *layout* dan memiliki nilai tertinggi. *Closeness rating* memiliki simbol A, E, I, O, U, X yang memiliki nilai. Nilai untuk simbol A=6, E=5, I=4, O=3, U=2 dan X=1. Dengan kata lain, penilaian untuk simbol *closeness rating* (Muther, 1973, di dalam Heragu, 2016) memiliki arti untuk simbol A= sangat dibutuhkan, E= sangat penting, I= penting, O= biasa, U= tidak penting dan X= tidak diinginkan. Departemen A akan diletakkan berdampingan dengan departemen A, begitu pula dengan departemen E. Penempatan departemen E tidak boleh mempengaruhi departemen A, sehingga membuat departemen A terpisah. Sama dengan departemen A dan E, departemen I juga diletakkan berdampingan dengan departemen yang berhubungan dengan departemen I, tetapi jika tidak memungkinkan untuk berdampingan, maka diletakkan sedekat mungkin dengan departemen I. Maka dari itu, penting untuk menjaga hubungan departemen A dalam grafik sebesar 5% dari total hubungan. Departemen X sama pentingnya dengan departemen A, tetapi penempatan departemen X tidak boleh berdampingan. Departemen-departemen tersebut digambarkan dalam *Activity Relationship Chart* (ARC) yang menunjukkan tingkat hubungan antar departemen. Berikut merupakan contoh *Activity Relationship Chart* (ARC).



Gambar 2 Contoh *Activity Relationship Chart* (ARC)

Untuk menghitung *Total Closeness Rating* (TCR) dapat dihitung dari nilai jumlah antar departemen. Nilai departemen diurutkan dalam daftar menurun, nilai tertinggi diletakkan paling atas. *Winner* ini nanti akan diletakkan ditengah *layout* dan di sekelilingnya akan diisi dengan departemen yang memiliki simbol A dengan nilai *closeness rating* yang sangat dekat dengan *winner*. Departemen-departemen yang sudah diletakkan mendekati *winner* akan berkembang ke departemen lainnya yang akan disusun berdasarkan nilai *closeness rating* yang mendekati dengan departemen disebelahnya. Berikut merupakan cara perhitungan *Total Closeness Rating* (TCR) (Agustina, 2007).

$$TCR_i = \sum_{j=1}^m rij \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

$i = 1, 2, 3, \dots, m$

$j \neq i$

m = jumlah departemen dalam rancangan

rij = nilai hubungan kedekatan dari stasiun kerja i terhadap stasiun kerja j .

HASIL DAN PEMBAHASAN

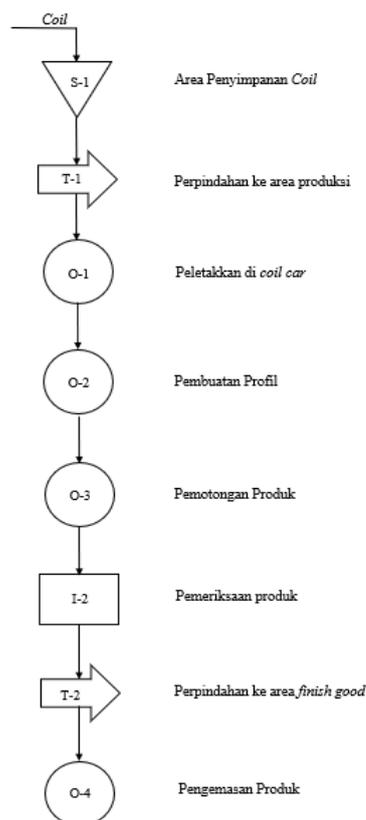
Gambaran denah pabrik digunakan untuk memperhitungkan kebutuhan hubungan kedekatan antar area atau mesin yang dibuat berdasarkan kondisi nyata di PT. *Ns BlueScope Lysaght* Indonesia, berdasarkan hasil pengamatan. PT. *Ns BlueScope Lysaght* Indonesia pada pabrik yang lama memiliki luas keseluruhan 1610 m², dengan panjang 73 m dan lebar 22 m. Berikut merupakan *layout* PT. *Ns BlueScope Lysaght* Indonesia di pabrik lama.

PT. \Indonesia pindah ke pabrik yang lebih luas dan memiliki luas pabrik keseluruhan 5520 m² yang terdiri dari gudang, area perkantoran dan area produksi. Area produksi memiliki luas 1740 m², sebenarnya ruangan yang digunakan untuk area produksi memiliki

luas 2760 m² dengan panjang 120 meter dan lebar 23 meter, tetapi PT. *Ns BlueScope Lysaght* Indonesia menggunakan *Gantry Crane* yang menggunakan rel sebagai jalur pergerakan atau perpindahan. Hal tersebut, mempengaruhi luas area produksi sehingga menjadi lebih kecil. *Layout* produksi pabrik lama dan pabrik baru tidak bisa dibandingkan, karena penggunaan *crane* yang berbeda dan ada beberapa mesin baru yang digunakan. *Layout* yang digunakan PT. *Ns BlueScope Lysaght* Indonesia di pabrik lama sebagai acuan untuk peletakan mesin yang memiliki pengaruh terhadap mesin lainnya.

Peta Proses Produksi (*Operation Process Chart*)

Proses produksi di PT. *Ns BlueScope Lysaght* Indonesia diawali dengan pengambilan *coil* dari gudang dan diletakkan di *coil car*. *Coil car* ini dimiliki oleh tiap mesin. Kegunaan dari *coil car* adalah untuk meletakkan *coil* yang akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan produk. Berikut merupakan OPC pada PT. *Ns BlueScope Lysaght* Indonesia.



Gambar 3 *Operation Process Chart* (OPC)



Berikut merupakan keterangan dari *Operational Process Chart* pada PT. *Ns BlueScope Lysaght* Indonesia.

Tabel 1 Keterangan Operation Process Chart

Simbol	Keterangan Proses
<i>Operation</i>	
O-1	Peletakkan <i>coil</i> dari gudang di <i>coil car</i> pada setiap mesin. <i>Coil</i> tersebut diletakkan di mesin yang akan beroperasi.
O-2	Profil yang dibuat oleh setiap mesin berbeda-beda. Pembuatan profil dapat dibedakan berdasarkan bentuk dan banyak lekukan. Profil tersebut adalah Spandek, Smartdek, Klip-lok dan Trimdek Optima.
O-3	Pemotongan produk dilakukan oleh setiap mesin pembuat profil berdasarkan panjang yang sudah ditentukan.
O-4	Pengemasan produk. Pada proses ini produk akan dikemas menggunakan plastik dan diluar dari plastik tersebut akan diberi produk dengan ukuran yang lebih kecil untuk menahan tali yang membungkus produk tersebut, agar produk yang sebenarnya tidak rusak selama pengiriman.
<i>Transportation</i>	
T-1	Memindahkan <i>coil</i> dari gudang ke area produksi. Proses memindahkan <i>coil</i> ini, dibantu dengan <i>forklift</i> .
T-2	Memindahkan produk dari mesin ke area <i>finish good</i> . Proses memindahkan produk dari mesin ke area <i>finish good</i> dibantu oleh <i>crane</i> .
<i>Storage</i>	
S-1	Penyimpanan <i>coil</i> dengan jenis yang berbeda, yaitu <i>coil</i> yang berwarna disebut dengan Colorbond dan <i>coil</i> yang tidak berwarna disebut Zinalum.

Pengolahan Data

Activity Relationship Chart PT. *Ns BlueScope Lysaght* Indonesia

Penilaian derajat kedekatan pada penelitian ini dilakukan dengan mempertimbangkan 7 mesin dan daerah *platform* yang merupakan daerah penempatan *finish good* sementara sebelum dikirim menggunakan truk. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan adalah *layout* yang terbatas oleh penggunaan rel dari *Crane Gantry* dan posisi dari *crane* tersebut harus sejajar dengan pintu masuk pabrik. Berikut merupakan *Activity Relationship Chart* atau ARC dari PT. *Ns BlueScope Lysaght* Indonesia.





Tabel 2 Activity Relationship Chart PT. Ns BlueScope Lysaght Indonesia

Nama Mesin	Coil Car	Tratas	Smartdek	Trimdek Optima	Spandek	Klip-lok	CTL PBK	Platform
Coil Car		U	U	U	A	A	U	U
Tratas	U		A	E	O	O	E	A
Smartdek	U	A		A	E	E	O	O
Trimdek	U	E	A		I	I	I	I
Spandek	A	O	E	A		A	O	O
Klip-lok	A	O	E	A	A		O	O
CTL PBK	U	E	O	A	O	O		A
Platform	U	A	O	I	O	O	A	

Keterangan:

A = memiliki nilai 100

E = memiliki nilai 50

I = memiliki nilai 25

O = memiliki nilai 10

U = memiliki nilai 5

Tabel 3 Total Closeness Rating PT. Ns BlueScope Lysaght Indonesia





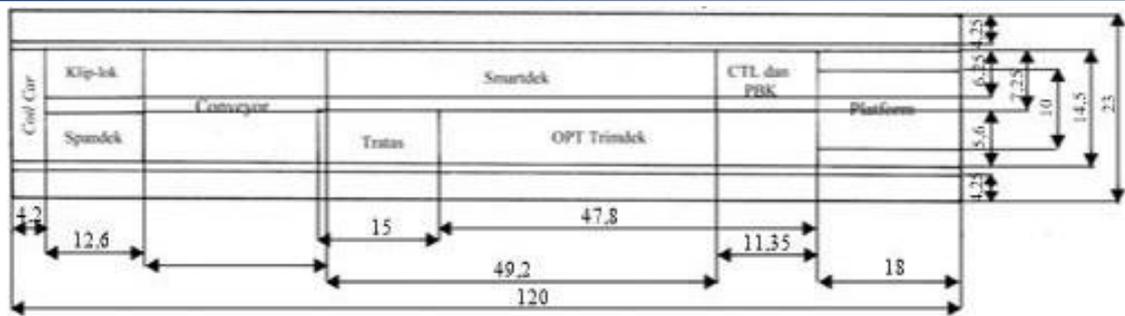
Nama Mesin	Coil Car	Tratas	Smartdek	Trimdek Optima	Spandek	Klip-lok	CTL PBK	Platform	TCR	Urutan
Coil Car		5	5	5	100	100	5	5	225	8
Tratas	5		100	50	10	10	50	100	325	5
Smartdek	5	100		100	50	100	10	10	375	3
Trimdek	5	50	100		50	50	50	25	330	4
Spandek	100	10	50	100		100	10	10	380	1
Klip-lok	100	10	50	100	100		10	10	380	2
CTL dan PBK	5	50	10	100	10	10		100	285	6
Platform	5	100	10	25	10	10	100		260	7

Hasil perhitungan *Total Closeness Rating* (TCR) di PT. *Ns BlueScope Lysaght* Indonesia dapat dilihat pada tabel diatas, setelah dihitung *closeness rating* dari setiap mesin, maka dilakukan pengurutan mesin untuk diletakkan pertama pada *layout* usulan. Berikut merupakan tabel urutan total closeness rating di PT. *Ns BlueScope Lysaght* Indonesia.

Tabel 4 Urutan *Total Closeness Rating* PT. *Ns BluScope Lysaght* Indonesia

Nama	TCR	Urutan
Spandek	380	1
Klip-lok	380	2
Smartdek	375	3
Trimdek	330	4
Tratas	325	5
CTL PBK	285	6
Platform	260	7
Coil Car	225	8

Gambar 2 Usulan *Layout*



Keterangan:

Panjang dan lebar dalam satuan meter

Perhitungan Titik Berat *Layout* Usulan

Hasil perhitungan usulan *layout* dengan menggunakan algoritma CORELAP, kemudian dilakukan perhitungan titik berat untuk setiap mesin atau fasilitas. Perhitungan titik berat pada usulan *layout* digunakan untuk menghitung perjalanan produk dari mesin ke daerah platform menggunakan *Gantry Crane*. *Crane* tersebut berjalan tegak lurus untuk mengambil produk dari mesin menuju daerah platform dan kemudian diletakkan di kendaraan. Berikut merupakan perhitungan titik berat untuk setiap *layout* usulan.

Tabel 5 Perhitungan Titik Berat *Layout*

No.	Nama Mesin	Titik Berat <i>Layout</i> Usulan (m)	
		X	Y
1.	Smartdek	43	15,5
2.	Optima	115,7	8,5
3.	Klip-lok	108	8,5
4.	Spandek	107	15,7
5.	CTL dan PBK	40,5	9,5
6.	<i>Coil car</i>	11,6	12
7.	Tratas	67,8	12
8.	Platform	7	12,2

Perhitungan titik berat *layout* usulan digunakan untuk menghitung perpindahan produk dari mesin ke daerah platform. Mesin-mesin tersebut membuat satu produk, kecuali *coil car*. *Coil car* merupakan mesin yang berfungsi untuk memasukkan bahan baku atau *coil* ke dalam mesin Klip-lok dan Spandek, karena tidak ada jarak perpindahan produk. Berikut merupakan hasil perhitungan jarak perpindahan dari mesin ke daerah platform menggunakan rumus $d(X_i, P_i) = |x - a_i| + |y - b_i|$.

Tabel 6 Hasil Perhitungan Total Jarak Perpindahan

No.	Nama Mesin	Layout 1 (m)	Layout 2 (m)	Layout 3 (m)	Layout 4 (m)
1.	Smartdek	92	55	39,8	39,3
2.	Optima	80,7	191	42	105
3.	Klip-lok	51,5	104,3	89	104,7
4.	Spandek	51,1	105	89,3	103,5
5.	CTL dan PBK	111,5	33,7	121,3	40,2
6.	<i>Coil car</i>	-	-	-	-
7.	Tratas	107	107	107,5	61
Total Jarak Perpindahan		493,8	596	488,9	453,7

Analisis Hasil Pengolahan Data

Algoritma CORELAP digunakan untuk menghitung kedekatan fasilitas yang saling mempengaruhi menggunakan *Activity Relationship Chart* (ARC). Perhitungan menggunakan ARC menghasilkan usulan *layout*, kemudian menghitung *Placing Rating* (PR) dari setiap usulan *layout* tersebut. *Placing Rating* merupakan jumlah peringkat dari *closeness rating* departemen yang akan dimasukkan pertama kali dan departemen selanjutnya. Hasil perhitungan PR dari 4 usulan *layout* tersebut dipilihlah usulan *layout* 4, karena hasil PR lebih besar daripada usulan *layout* lainnya.

Selain itu, perpindahan total jarak produk juga merupakan hal yang harus diperhatikan. Hasil perhitungan dari total jarak perpindahan produk dari 4 *layout* usulan dengan menggunakan algoritma CORELAP menghasilkan total jarak perpindahan untuk *layout* usulan 1 sebesar 493,8 meter, *layout* usulan 2 sebesar 596 meter, *layout* usulan 3 sebesar 488,9 meter dan *layout* usulan 4 sebesar 453,7 meter. Hasil perhitungan 4 usulan *layout*



tersebut dapat dilihat usulan *layout* 4 memiliki nilai total jarak perpindahan yang paling kecil, sehingga *layout* tersebut lebih efektif dibandingkan dengan *layout* yang lain.

KESIMPULAN

Hasil perhitungan menggunakan algoritma CORELAP menghasilkan 4 usulan *layout*. Usulan *layout* tersebut dipilih berdasarkan total jarak perpindahan produk yang terkecil. Hasil total jarak perpindahan *layout* 1 sebesar 493,8 meter, *layout* usulan 2 sebesar 596 meter, *layout* usulan 3 sebesar 488,9 meter dan *layout* usulan 4 sebesar 453,7 meter. Selain dari hasil total jarak perpindahan, hasil perhitungan total dari *placing rating* (PR) paling besar adalah *layout* 4, sebesar 1760. Dari hasil tersebut dipilihlah usulan *layout* 4, karena berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan usulan *layout* 4 merupakan usulan *layout* yang efektif dan efisien, sehingga dapat diterapkan di PT. *Ns BlueScope Lysaght* Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Andryzio, Mustofa, F. H dan Fitria, L. (2014). Usulan Perancangan Tata Letak Fasilitas dengan Menggunakan Metode Automated Layout Design Program (ALDEP) di CV. Kawani Tekno Nusantara., *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*,. No. 04. Vol. 03.
- Agustina. D., Maukar. A.L dan Dewi. D. R. S. (2007), Perencanaan Produksi dan Perbaikan Tata Letak di PT. Berkat Anugrah Alam Cemerlang, *Widya Teknik*, 6:184-195.
- Apple, J. M. (1990), *Tata Letak Pabrik dan Pemandangan Barang*, 3rd edition, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Dwianto. Q. A., Susanty, S dan Fitria. L. (2016). Usulan Tata Letak Fasilitas dengan Menggunakan Metode Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP) di Perusahaan Konveksi, *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*,. No.04. Vol. 03.
- Eunike, A., Setyanto, N. W., Yuniarti, R., Hamdala, I., Lukodono, R.P., dan Fanani A.A., (2018), *Perencanaan Produksi dan Pengendalian Persediaan*, UB Press, Malang.
- Hadiguna, R. A dan Setiawan, H. (2008). *Tata Letak Pabrik*, Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Hiregoudar, C dan Reddy, B. R. (2007), *Facility Planning and Layout Design*, Technical Publications Pune, India.
- Heizer, J dan Render, B. (2011), *Operations Management*, 10th edition, Pearson, New Jersey, USA.
- Heragu, S. S. (2016), *Facilities Design*, 4th edition, CRC Press, London, New York.
- Lugito, A. W dan Oktiarso. T., (2014). Perancangan Tata Letak yang Optimal Menggunakan Algoritma Corelap dan Metode Graph-Based Construction., *Symbol*, I (1), hal 81-94.
- Meyers. F. E dan Stephens. M.P. (2013), *Manufacturing Facilities Design and Material*





Handling, 5th edition, Pearson Education, Inc.

- Pramono, M dan Widyadana, I. G. A. 2015. Perbaikan Tata Letak Fasilitas Departemen Sheet Metal 1 PT. MCP. *Jurnal Titra*, No.2 .Vol. 3.
- Purnomo, H. (2004), *Perencanaan dan Perancangan Fasilitas*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Ristono, A. (2004), *Perencanaan dan Perancangan Fasilitas*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Sodikin, I dan Mashuri, A. (2012), Penjadwalan Produksi pada Sistem Manufaktur Repetitive Make To Order Flow Shop Melalui Pendekatan Theory of Constraints, *Jurnal Teknologi Technoscientia*, Yogyakarta.
- Tompkins, J. A., White J. A., Bozer. Y. A dan Tanchoco. J. M.A. (2010). *Facilities Planning, 4th edition*, John Wiley & Sons, New York.
- Wignjosoebroto, S., (1995). *Ergonomi, Studi Gerak Dan Waktu. Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*, Guna Widya. Jakarta.
- Wignjosubroto, S., (2003), *Pengantar Teknik dan Manajemen Industri.*, Guna Widya, Surabaya.