

USULAN PERBAIKAN TATA LETAK FASILITAS PRODUKSI KURSI RODA DENGAN CRAFT

Theresia Sunarni¹, Kristoforus Jawa Bendi², Dominikus Budiarto³,
Surianto⁴, Ivana Zerlinda⁵

^{1,2,3}Unika Musi Charitas Palembang

e-mail : t_sunarni@ukmc.ac.id, kristojb@ukmc.ac.id, d_budiarto@ukwms.ac.id

ABSTRAK

Kegiatan pemindahan material penting untuk dipertimbangkan dalam pengaturan tata letak mesin di lantai produksi. Pengaturan aliran material yang buruk akan memberikan dampak terhadap besarnya jarak dan biaya pemindahan material. Seiring berjalannya waktu, variasi produk dan permintaan semakin meningkat menuntut PT SPU untuk perluasan area produksi dan penambahan mesin yang mengakibatkan perlunya melakukan perbaikan perancangan tata letak fasilitas.. Algoritma CRAFT mencari perancangan optimum dengan melakukan perbaikan tata letak secara bertahap dan mengevaluasi tata letak dengan cara mempertukarkan lokasi departemen untuk mengurangi biaya perpindahan material. Hasil perancangan ulang dengan algoritma CRAFT menunjukkan penurunan biaya perpindahan material sebesar 18,86%.

ABSTRACT

Material handling activities are important to consider in setting the engine layout on the production floor. Poor material flow regulation will have an impact on the distance and material handling costs. Over time, product variations and demand have increasingly demanded that PT SPU expand the production area and add machines that have resulted in the need to improve facility layout design. The CRAFT algorithm looks for optimum design by gradually improving the layout and evaluating the layout by exchanging location of the department to reduce the cost of material transfer. The results of the redesign with the CRAFT algorithm showed a decrease in material handling costs by 18.86%.

Keywords: *Layout, CRAFT, material handling cost*

I. Pendahuluan

PT Shima Prima Utama (SPU) merupakan industri manufaktur yang memproduksi hospital furniture dan rehabilitasi medik yang ada di Palembang dengan jumlah permintaan dan variasi produk yang cukup tinggi. Peningkatan jumlah permintaan menuntut perusahaan untuk meningkatkan kapasitasnya. Upaya yang dilakukan perusahaan untuk meningkatkan kapasitas adalah dengan menambah peralatan/mesin produksi. Untuk itu perusahaan sedang merencanakan perluasan area produksi dan menambah beberapa mesin, terutama pada divisi produk rehabilitasi dan perakitan. Penambahan mesin tersebut dapat mengakibatkan perubahan susunan mesin (layout) pada lantai produksi.

Selama ini perusahaan mengembangkan ruang usahanya secara bertahap berdasarkan pada profit yang didapat dari hasil usaha, demikian juga dalam pengaturan layout pabrik. Mesin-mesin baru cenderung ditempatkan pada lokasi kosong yang masih tersedia. Perusahaan belum membuat rencana pengembangan layout secara menyeluruh untuk menghadapi

perubahan-perubahan yang dihadapi di masa mendatang. Hal ini mengakibatkan kurangnya keselarasan lintasan produksi yang dapat dilihat dengan banyak ditemukannya aliran proses produksi yang bolak balik dan jarak perpindahan material antar mesin relatif panjang, sehingga berpengaruh terhadap tingginya biaya perpindahan/aliran material. Kegiatan pemindahan material menggunakan 25% dari seluruh pekerja, 55% dari seluruh ruangan, dan 87% waktu produksi (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2003). Pengaturan aliran material yang buruk akan memberikan dampak yang cukup besar terhadap ongkos produksi yang harus dikeluarkan, karena dalam kegiatan manufaktur biaya untuk pemindahan material berpengaruh sebesar 20%-70% dari total ongkos produksi (Heragu, 2008). Oleh karena itu kegiatan pemindahan material penting untuk dipertimbangkan dalam pengaturan layout mesin di lantai produksi.

Algoritma heuristik dapat memecahkan masalah tata letak dengan waktu komputasi singkat tetapi solusi yang dihasilkan adalah solusi sub-optimal. Salah satu metode heuristik

adalah metode perbaikan. Metode perbaikan memerlukan data tata letak awal (existing layout) dan data keterkaitan antar fasilitas sebagai data input. Metode ini akan memperbaiki fasilitas yang ada sehingga menghasilkan tata letak baru dengan jarak, momen material dan biaya perpindahan yang lebih kecil. Febianti dkk (2017) dan Yuliana, dkk (2017) menggunakan algoritma CRAFT untuk mendisain ulang layout perkantoran dan dapat meminimasi jarak sebesar 20,6%. Indrianti dkk (2016), Ningtyas dkk (2015), Darmawan, R.I., dkk (2015), Maheswari H., dkk., (2015), Naurasari dkk (2016), Siska M, dkk., (2015), Hidayat, S.A, dkk. (2017), Goumelar, R.M., dkk. (2018) dan Suhardini D., dkk (2019) melakukan perancangan ulang atau perbaikan tata letak fasilitas produksi dan dapat mengurangi jarak dan biaya perpindahan material. Demikian juga Nur & Maarif (2018) melakukan perancangan tata letak gudang menggunakan CRAFT.

Ernawati (2009) dalam penelitiannya di PT SPU mengusulkan perbaikan tata letak fasilitas welding furniture dengan pendekatan algoritma genetik. Hetty (2009) dan Samura (2011) juga pernah melakukan penelitian serupa pada perusahaan yang sama. Seiring berjalannya waktu, variasi produk dan permintaan semakin meningkat menuntut perusahaan untuk perluasan area produksi dan penambahan mesin. Penelitian ini mengusulkan perbaikan tata letak fasilitas untuk produksi kursi roda berdasarkan kondisi lantai produksi yang diamati tahun 2019. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan rancangan layout pabrik yang dapat meminimumkan jarak dan biaya perpindahan material dengan mempertimbangkan perubahan jumlah permintaan yang ada.

II. Tinjauan Pustaka

1.1. Perencanaan Fasilitas

Perencanaan fasilitas merupakan suatu kegiatan yang dilakukan sebelum perusahaan beroperasi. Perencanaan fasilitas menentukan bagaimana suatu aset tetap perusahaan digunakan secara baik untuk menunjang tujuan perusahaan. Bagi suatu perusahaan manufaktur, perencanaan fasilitas termasuk menentukan bagaimana fasilitas pabrik digunakan secara efektif dan efisien dalam menunjang produksi.

Berdasarkan hirarkinya, perencanaan fasilitas dibagi menjadi 2, yakni perencanaan lokasi fasilitas dan perancangan fasilitas. Perencanaan lokasi berkaitan penentuan lokasi dari fasilitas yang menunjang produksi dan distribusi barang atau jasa. Beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam penempatan fasilitas yaitu kedekatan lokasi sumber bahan baku, kedekatan dengan pasar (pelanggan dan supplier), faktor tenaga kerja, serta faktor lain yang menunjang seperti transportasi, peraturan pemerintah, dan sebagainya. Perancangan

fasilitas didefinisikan sebagai rencana awal atau penataan fasilitas-fasilitas fisik seperti peralatan, tanah, bangunan, dan perlengkapan. Perancangan fasilitas meliputi 3 komponen perancangan berikut, yakni : perancangan sistem fasilitas, perancangan tata letak fasilitas, dan perancangan sistem handling (penanganan material). Perancangan sistem fasilitas /struktur bangunan merupakan perancangan bangunan pabrik beserta fasilitas penunjangnya, seperti: air, listrik, panas, cahaya, udara, dan pembuangan limbah. Perancangan tata letak merupakan kegiatan pengaturan letak mesin, peralatan produksi, dan fasilitas produksi lainnya melalui pemanfaatan peralatan pabrik yang optimal, penggunaan jumlah tenaga kerja yang minimum, aliran bahan produksi yang lancar, kebutuhan persediaan yang rendah, pemakaian ruang yang efisien, ruang gerak yang cukup, biaya produksi dan investasi modal yang rendah, fleksibilitas yang cukup, keselamatan kerja yang tinggi dan suasana kerja yang baik. Perancangan sistem pemindahan material mengatur sistem pemindahan material, pergerakan personil, dan lain-lain (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2003).

1.2. Algoritma Computerized Relative Allocation Facility Technique (CRAFT)

Algoritma CRAFT merupakan salah satu algoritma tata letak untuk metode perbaikan yang dikembangkan oleh Armour, Buffa, dan Vollman. Algoritma ini menggunakan from to chart sebagai data masukan untuk aliran perpindahannya (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2003). CRAFT mencari perancangan optimum dengan melakukan perbaikan tata letak secara bertahap, dan mengevaluasi tata letak dengan cara mempertukarkan lokasi departemen. Perubahan antar departemen diharapkan dapat mengurangi biaya perpindahan material. Selanjutnya CRAFT membuat pertimbangan pertukaran departemen untuk tata letak yang baru, dan ini dilakukan secara berulang-ulang sampai menghasilkan tata letak yang terbaik dengan mempertimbangkan biaya perpindahan material.

1.3. Jarak Euclidian

Jarak euclidean merupakan jarak yang diukur lurus dari pusat fasilitas yang satu ke fasilitas yang lain. Meskipun cara ini kurang realistis, tetapi pada umumnya sering digunakan karena cara ini mudah dimengerti dan mudah dimodelkan. Formulasi dari perhitungan jarak euclidean adalah sebagai berikut (Purnomo, 2004)

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \dots\dots\dots(1)$$

x_i = koordinat x dari pusat fasilitas i

y_i = koordinat y dari pusat fasilitas i

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

III. Metodologi Penelitian

Produk rehabilitas yang diproduksi PT SPU adalah produksi kursi roda dan tongkat. Produk yang dibahas pada penelitian ini adalah produk kursi roda yang mempunyai 33 varian produk dengan 29 komponen. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah dengan wawancara dan observasi. Wawancara dilakukan untuk mendapatkan data fasilitas produksi, jumlah produksi, dan banyaknya unit perpindahan material, sedangkan observasi dilakukan untuk mendapatkan data proses produksi, dimensi mesin beserta kelengkapannya serta layout awal

Pengolahan data dengan algoritma CRAFT dapat dilakukan secara manual dan menggunakan program. Tahapan pengolahan data dengan program WinQsb adalah sebagai berikut (Febianti, Kurniawan, & Alif, 2017).

1. Input Data

Data yang digunakan adalah *layout data*, *facility information*, *department information*, *flow matrix*, dan *cost matrix*.

2. Define Facility

Dilakukan dengan mendefinisikan input data yang telah dimasukkan kedalam program seperti metode pemecahan yang digunakan

3. Solve and Solution Option

Dilakukan dengan memecahkan masalah yang terdapat pada layout yang telah didefinisikan dalam program. Tujuannya adalah agar menemukan perbaikan *layout* yang lebih baik dengan hasil jarak antardepartemen yang terkecil.

4. Menentukan layout dengan total luas jarak dan cost terkecil.

Layout dengan luas jarak terkecil adalah yang akan dijadikan sebagai *layout* usulan perbaikan

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Pengumpulan Data

Proses pembuatan komponen kursi roda di PT SPU menggunakan 16 jenis mesin. Tabel 1 menunjukkan data nama mesin, dimensi, jumlah, dan titik tengah masing-masing mesin.

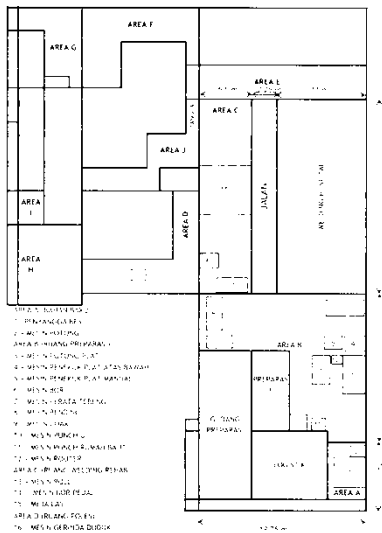
Produk kursi roda yang diproduksi PT SPU sebanyak 33 varian dengan 29 komponen pembentuknya. Urutan proses pengerjaan komponen kursi roda ditunjukkan pada Tabel 2. Gambar 1 merupakan layout awal lantai produksi PT SPU.

Kode Mesin	Nama Mesin	Dimensi (cm)		\sum Ms n	Luas Total (cm ²)	Koordinat	
		P	L			X	Y
1	Meja Penyangga Besi	600	105	1	252000	18,25	1,53
2	Mesin Potong	68	92	1	25024	12,34	12,46
3	Mesin Potong Plat	295	110	2	259600	1,475	20,05
4	Mesin Penekuk Plat AB	168	105	1	70560	2,04	14,53
5	Mesin Penekuk Plat Manual	88	115	1	40480	16,44	12,58
6	Mesin Bor	110	90	6	237600	13,05	10,25
7	Mesin Perata Tebeng	250	100	1	100000	2,25	27
8	Mesin Bending	270	70	1	75600	11,85	5,15
9	Mesin Coak	190	50	1	38000	9,95	5,05
10	Mesin Punch U	60	85	1	20400	4,8	18,68
11	Mesin Punch Rumah Baut	45	75	1	13500	16,725	3,38
12	Mesin Router	50	45	1	9000	16,25	8,78
13	Mesin Roll	207	80	1	66240	11,535	5,5
14	Mesin Bor Pedal	106	72	1	30528	14,03	16,86
15	Meja Las	130	85	7	309400	1,85	12,43
16	Mesin Gerinda Duduk	50	17	4	13600	1,25	20,34

Tabel 2. Komponen dan urutan pengerjaan komponen dan jumlah produksi

No	Komponen / Part	Urutan	Jumlah Produksi
1	As Cross	2-9-6-16	435
2	Tebeng	2-5-6-16-4	870
3	Attendant Shima	2-16-6	870
4	Lengan Shima	2-9-8-6-10	870
5	S Ekstension Shima	2-9-8-6-12-2	870
6	Handle Shima	2-9-8-6-16	870
7	Penghubung Rumah Pedal Shima	2-9-10-6	435
8	Bushing	2-16-12	870
9	Penghubung Frame	2-9-6	435
10	Tiang Pedal	2-16	870
11	Penghubung Cross Pendek	2-16-6	435
12	Penghubung Cross Panjang	2-16-6	435
13	Rumah Pedal	2-9-8-11	870
14	Rumah Bearing	2-16-12	870
15	Pedal Panjang	2-16-12	870
16	Lengan Galaxi	2-9-16	1990
17	Attendant Galaxi	2-9-8-6-10-11	1990
18	S Ekstension Galaxi	2-6	1990
19	Handle Galaxi	2-9-8-6-12-2	1990
20	Penghubung Rumah Pedal Galaxi	2-9-8-6-16	995
21	As Cross	2-9-10-6	995
22	Tebeng	2-9-6-16	1990
23	Bushing	2-5-6-16-4	995
24	Tiang Pedal	2-8-9	1990
25	Penghubung Cross Pendek	2-16	995
26	Penghubung Cross Panjang	2-16-10	995
27	Rumah Pedal	2-16-10	1990
28	Rumah Bearing	2-9-8-11	1990
29	Pedal Panjang	2-16-12	1990

Table1.Data mesin, dimensi, dan titik tengah mesin.



Gambar 1. Layout awal

2.2 Perhitungan frekuensi, jarak dan biaya perpindahan

Berdasarkan data urutan proses pengerjaan komponen dan data jumlah produksi diperoleh volume aliran antar mesin. Volume aliran antar mesin dihitung dengan menjumlahkan jumlah produksi komponen yang membutuhkan aliran antar mesin yang terkait. Misalkan volume aliran dari mesin 2 ke mesin 5 adalah jumlah produksi komponen tebang (870 unit) ditambah komponen bushing (995 unit), sehingga volume aliran sebesar 1865 Pada PT SPU perpindahan material dilakukan dengan ukuran lot perpindahan sebanyak 100 unit per sekali perpindahan. Dengan demikian frekuensi perpindahan dari mesin 2 ke mesin 5 adalah 1865 dibagi 100 menjadi 19 unit. Frekuensi perpindahan antar mesin ditunjukkan pada from to chart pada Lampiran 1

Jarak antar mesin dihitung pada setiap aliran perpindahan yang terdapat pada from to chart (Tabel 3) dihitung menggunakan jarak euclidean dengan formula (1). Misal perhitungan jarak mesin 2 yang mempunyai koordinat x = 12,34 dan y = 12,46 dengan mesin 5 yang mempunyai koordinat x = 16,44 dan y = 12,575.

$$d_{25} = \sqrt{(12,34 - 16,44)^2 + (12,46 - 12,575)^2} = 4,215$$

Cara yang sama untuk menghitung jarak antar mesin. Daftar hasil perhitungan jarak antar mesin pada proses pembuatan kursi roda ditunjukkan pada Lampiran 2.

Biaya perpindahan dihitung dari perkalian frekuensi perpindahan dengan jarak dan biaya perpindahan. Biaya perpindahan per meter diperoleh dengan perhitungan:

$$\text{Biaya perpindahan material per meter} = \frac{\text{gaji karyawan per bulan}}{\text{waktu kerja per bulan}} \times 5 \text{ detik/meter}$$

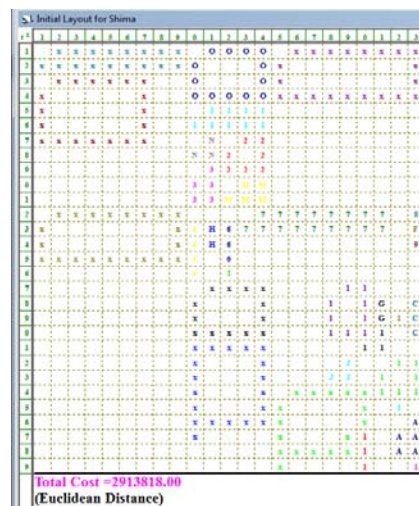
$$\begin{aligned} \text{Biaya perpindahan material per meter} &= \frac{\text{Rp } 2.840.000}{616.200 \text{ detik}} \times 5 \text{ detik/meter} \\ &= \text{Rp } 23,00/\text{meter} \end{aligned}$$

Misalkan biaya perpindahan dari mesin 2 ke mesin 5 adalah 19 dikali 4,215 dikali Rp 23/meter, yakni sama dengan Rp 1.841,96. Lampiran 3 merupakan biaya perpindahan material pada setiap aliran mesin dan total biaya perpindahan material pada tata letak awal.

IV.2. Tata Letak dan biaya perpindahan menggunakan program WinQsb

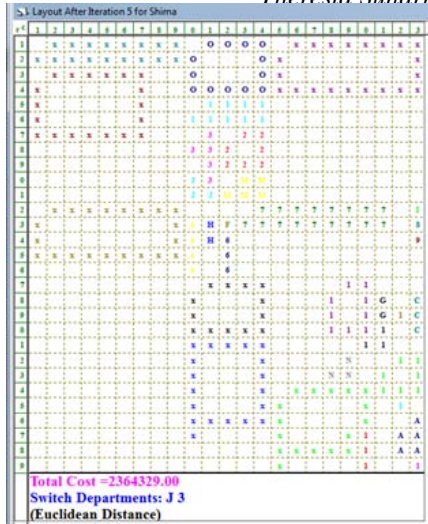
Tata letak awal, data aliran atau frekuensi perpindahan antar mesin menjadi input-an dalam program WinQsb. Berikutnya program akan menghitung jarak dan biaya perpindahan material pada data tata letak awal yang diinputkan. Gambar 2 merupakan tata letak awal yang ditunjukkan pada luaran program.

Gambar 2. Tata letak awal dengan program

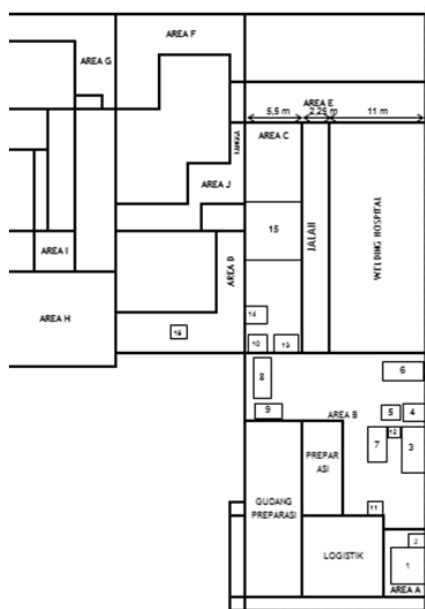


Hasil perhitungan biaya perpindahan material pada layout awal hasil menggunakan program WinQsb dengan metode perhitungan jarak euclidean adalah sebesar Rp 2.913.818,00. Selanjutnya program melakukan pertukaran antar mesin dan melakukan perhitungan jarak serta biaya perpindahan setiap iterasi sampai diperoleh biaya yang minimum. Gambar 3 merupakan tata letak pada iterasi terakhir (optimal) yang dihasilkan setelah dilakukan pertukaran menggunakan program WinQsb.

Hasil perhitungan biaya perpindahan pada layout usulan menggunakan program dengan metode perhitungan jarak euclidean sebesar Rp 2.364.329. Dengan demikian penghematan yang diperoleh adalah sebesar Rp 549.489 atau sebesar 18,86%, Tata letak yang dihasilkan menggunakan program tersebut menjadi dasar dalam penempatan mesin pada tata letak usulan perbaikan yang ada, sehingga diperoleh gambar tata letak yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Tata letak setelah dipertukarkan dengan program



Gambar 4. Tata letak usulan

V. Simpulan

Berdasarkan perhitungan yang diperoleh dengan menggunakan program WinQsb dapat disimpulkan bahwa usulan perbaikan tata letak fasilitas dapat menurunkan biaya perpindahan material sebesar Rp 549.489,00 atau 18,86% pada produksi selama 1 bulan pengamatan.

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, maka diberikan saran sebagai berikut:

- (a) Penyelesaian usulan tata letak fasilitas dengan algoritma CRAFT masih harus memperhatikan departemen tetap dan departemen *dummy* sehingga antar departemen dapat bertukar dengan maksimal.
- (b) Adanya keterbatasan dari algoritma CRAFT sehingga perlu untuk melakukan perancangan menggunakan metode metaheuristik sebagai pembanding untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, biaya perpindahan material yang lebih kecil dan tidak perlu melakukan penyesuaian dari hasil yang diperoleh.

Ucapan Terima Kasih

Tulisan ini merupakan bagian dari penelitian terapan yang dibiayai oleh DRPM, Dirjen Penguatan dan Pengembangan, Kemenristekdikti dengan Nomor Kontrak 19/II/BI-PN1009/4/19. Terima kasih kami ucapkan kepada Kemenristekdikti atas hibah penelitian ini, kepada para kolega Universitas Katolik Misi Charitas, dan mahasiswa peserta mata kuliah Perancangan Tata Letak dan Fasilitas

References

1. Darmawan, R. I., Iqbal, M., Pratami, D., dan Puspita, I. A., 2015, "Perbaikan Tata Letak Fasilitas Produksi Menggunakan Algoritma CRAFT", Prosiding Seminar Sistem Produksi XI dan Seminar Nasional Manajemen Rekayasa Kualitas VI, Bandung.
2. Ernawati, 2009, "Usulan Perbaikan Tata Letak Fasilitas *Welding Furniture* Dengan Pendekatan *Genetic Algorithm*", Prodi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknik Musi, Palembang.
3. Febianti, E., Kurniawan, B., dan Alif, B., 2017, "Usulan Perancangan *Layout* Perkantoran Menggunakan Metode CRAFT di PT XYZ", *Journal Industrial Services*, 3(1b), 147-155.
4. Goumelar, R. M., Yanuar, A. A., dan Rendra, M., 2018, "Perancangan Tata Letak Produksi Kain Poliester Divisi *Dyeing* dan *Finishing* PT XYZ Untuk Minimasi *Waste* Transportasi Dengan Metode CRAFT". *eProceeding of Engineering*, 5(3), 6543-6553.
5. Heragu, S., 2008, "Facilities Design", Boston: PWS Publishing Company.
6. Hetty, T., 2009, "Modifikasi Tata Letak Fasilitas Pabrik dengan Metode CRAFT (Studi Kasus PT Shima Prima Utama)", Prodi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknik Musi, Palembang.
7. Hidayat, S. A., dan Ariyono, V., 2017, "Usulan Tata Letak pabrik di PT. Djarum Divisi Workshop (Machine Shop and Fabrikasi) Akibat Pemindahan Lokasi Pabrik", Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Informatika (hal. 751-758). Kudus: Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus.
8. Indrianti, D. H., Nursanti, E., dan Salmia, S. L., 2016, "Perancangan Ulang Tata Letak Mesin-Mesin Produksi Di PT. Surya Bumi Kartika", *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri*, 2(2), 17-22.
9. Maheswari, H., & Firdauzy, A. D., 2015, "Evaluasi Tata Letak Fasilitas Produksi Untuk Meningkatkan Efisiensi Kerja Pada PT. Nusa Multilaksana", *Jurnal Ilmiah Manajemen dan Bisnis*, 1(3).
10. Naurasari, A. P., Sumantri, Y., dan Kusuma, L. T., 2016, "Analisis Usulan Perbaikan Tata

- Letak Fasilitas Station Converting (Studi kasus: PT. Kencana Tiara Gemilang, Malang)”, *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, 4(7).
11. Ningtyas, A. N., Choiri, M., dan Azlia, W., 2015, “Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Produksi Dengan Metode Grafik dan CRAFT Untuk Minimasi Ongkos Material Handling”, *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, 3(3), 495-504.
12. Nur, H. M., dan Maarif, V., 2018, “Perencanaan Tata Letak Gudang Menggunakan Metode *Class-based Storage-CRAFT* pada *Distributor Computer dan Office Equipment*”, *Jurnal Evolusi*, 6(2), 36-42.
13. Purnomo, H., 2004, “Perencanaan dan Perancangan Fasilitas”, Yogyakarta: Graha Ilmu.
14. Samura, A., 2011, “Usulan Tata Letak Teknologi Kelompok Dengan Metode *Similarity Coeficient* Pada PT Shima Prima Utama”, Prodi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknik Musi, Palembang.
15. Siska, M., dan Risman, F., 2017, “Rancang Ulang Tata Letak CV. Sumber Vulkanisir Super Menggunakan Metode Konvensional CRAFT”, *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 14(2), 225-233.
16. Suhardini, D., & Rahmawati, S. D., 2019, “Design and improvement layout of a production floor using automated layout design program (ALDEP) and CRAFT algorithm at CV. Aji Jaya Mandiri”, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, (hal. 1-8).
17. Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M., 2003, “Facilities Planning”, John Wiley & Sons.
18. Yuliana, L., Febianti, E., dan Herlina, L., 2016, “Usulan Perbaikan tata Letak Gudang Dengan Menggunakan Metode CRAFT (Studi Kasus di Gudang K-Store, Karaktau Junction)”, *Jurnal Teknik Industri*, 4(2).

Lampiran 1 Frekuensi perpindahan antar mesin

To From	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	19	20	0	20	168	0	0	0	0	0	0	102	329
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	29	0	0	0	53	111
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	76	0	0	20	0	29	0	0	0	0	0	125
9	0	0	0	0	0	29	0	105	0	15	0	0	0	0	0	20	169
10	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	35
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	19	0	17	0	0	0	30	0	46	0	0	0	0	112
Total	0	29	0	19	19	176	0	125	188	74	49	75	0	0	0	175	929

Lampiran 2 Jarak antar mesin

To From	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1		16,845	35,3	29,21	12,86	13,925	41,475	10,025	11,825	30,6	3,375	9,2	10,69	19,555	27,3	35,81
2	16,845		18,455	12,365	4,215	2,92	24,63	7,8	9,8	13,755	13,47	7,645	7,765	6,09	10,525	18,965
3	35,3	18,455		6,09	22,44	21,375	7,725	25,275	23,475	4,7	31,925	26,1	24,61	15,745	8	0,51
4	29,21	12,365	6,09		16,35	15,285	12,685	19,185	17,385	6,91	25,835	20,01	18,52	14,325	2,29	6,6
5	12,86	4,215	22,44	16,35		5,715	28,615	12,015	14,015	17,74	9,485	4,04	11,98	6,695	14,74	22,95
6	13,925	2,92	21,375	15,285	5,715		27,55	6,3	8,3	16,675	10,55	4,725	6,265	7,59	13,375	21,885
7	41,475	24,63	7,725	12,685	28,615	27,55		31,45	29,65	10,875	38,1	32,275	30,785	21,92	14,975	7,665
8	10,025	7,8	25,275	19,185	12,015	6,3	31,45		2	20,575	6,65	7,975	0,665	13,89	17,275	25,785
9	11,825	9,8	23,475	17,385	14,015	8,3	29,65	2		18,775	8,45	9,975	2,035	15,89	15,475	23,985
10	30,6	13,755	4,7	6,91	17,74	16,675	10,875	20,575	18,775		27,225	21,4	19,91	11,045	9,2	5,21
11	3,375	13,47	31,925	25,835	9,485	10,55	38,1	6,65	8,45	27,225		5,825		7,94	10,355	32,435
12	9,2	7,645	26,1	20,01	4,04	4,725	32,275	7,975	9,975	21,4	5,825		7,94	10,355	18,1	26,61
13	10,69	7,765	24,61	18,52	11,98	6,265	30,785	0,665	2,035	19,91	7,315	7,94		13,855	16,61	25,12
14	19,555	6,09	15,745	14,325	6,695	7,59	21,92	13,89	15,89	11,045	16,18	10,355	13,855		16,615	16,255
15	27,3	10,525	8	2,29	14,74	13,375	14,975	17,275	15,475	9,2	23,925	18,1	16,61	16,615		8,51
16	35,81	18,965	0,51	6,6	22,95	21,885	7,665	25,785	23,985	5,21	32,435	26,61	25,12	16,255	8,51	

Lampiran 3 Biaya perpindahan material pada layout awal

To From	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1841,96	1343,2	0	3588	37867,2	0	0	0	0	0	0	44491,9	89132,2
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	2497,46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2497,46
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11122,2	0	3151,58	0	0	0	26677,8	40951,6
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	11012,4	0	920	0	4435,55	0	0	0	0	0	0	16368
9	0	0	0	0	0	5536,1	0	4830	0	6477,38	0	0	0	0	0	11033,1	27876,6
10	0	0	0	0	0	5752,88	0	0	0	12523,5	0	0	0	0	0	0	18276,4
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	5099,22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5099,22
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	2884,2	0	8557,04	0	0	0	3594,9	0	28153,4	0	0	0	0	43189,5
Total	0	5099,22	0	2884,2	1841,96	34699,1	0	8418	38787,2	21194,3	16959,1	31305	0	0	0	82202,8	243391