

ISSN 1412-7350

JURNAL ILMIAH
**WIDYA
TEKNIK**

Vol. 19 No. 1

May 2020

WIDYA TEKNIK VOL. 19 NO. 1 - May 2020

MEDIA PENGEMBANGAN ILMU PENGETAHUAN DAN TEKNOLOGI

Table of Contents

Artikel

| | |
|--|---------------------|
| Perancangan Beban Komplemen pada PLTMH 1000 Watt | PDF |
| Syahir Mahmud, Limbran Sampebatu | 1-9 |
| Motorcycle Monitoring System Melalui Smartphone Android | PDF |
| Hartanto Wibisono, Melisa Mulyadi | 10-15 |
| Usulan Perbaikan Tata Letak Fasilitas Produksi Kursi Roda dengan CRAFT | PDF |
| Theresia Sunarni, Kristoforus Jawa Bendi, Dominikus Budiarto | 16-22 |
| Rancang Bangun Pengaksesan Dan Pengendalian Jaringan Listrik Kelas Dengan RFID | PDF |
| Antonius Romario Wahyu A.P.W, Peter Rhatodirdjo Angka, Lanny Agustine | 23-29 |
| Efek Distorsi Pada Gitar Listrik Secara Wireless | PDF |
| Arlinton Imanuel Coresta, Widya Andyardja, Yuliati Yuliati | 30-34 |
| Saponin Modified Clay For Crude Palm Oil Bleaching | PDF |
| Fahrizal Ayub Kalidikalam, Patricia Grace Dei Evita Tanzil Halili, Shella P Santoso, Suryadi Ismadji | 35-38 |
| Pemodelan Pengelolaan Food Waste Di Jaringan Grocery Store Dengan Sistem Dinamis | PDF |
| Venisia Tamara, Ig. Jaka Mulyana, Ivan Gunawan | 49-58 |

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.

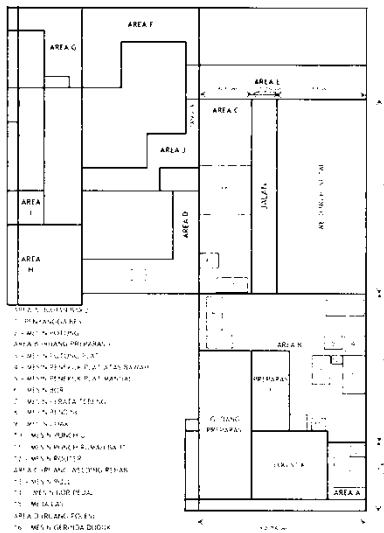
Produk kursi roda yang diproduksi PT SPU sebanyak 33 varian dengan 29 komponen pembentuknya. Urutan proses pengerjaan komponen kursi roda ditunjukkan pada Tabel 2. Gambar 1 merupakan layout awal lantai produksi PT SPU.

| 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:

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

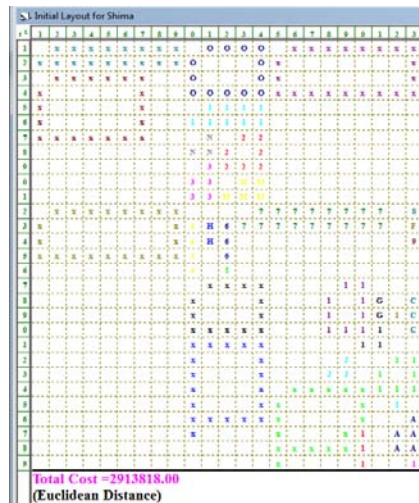
$$\begin{aligned} \text{Biaya perpindahan material per meter} &= \frac{\text{Rp } 2.840.000}{616.200 \text{ detik}} \times 5 \text{ detik/meter} \\ &= \text{Rp } 23,00/\text{meter} \end{aligned}$$

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

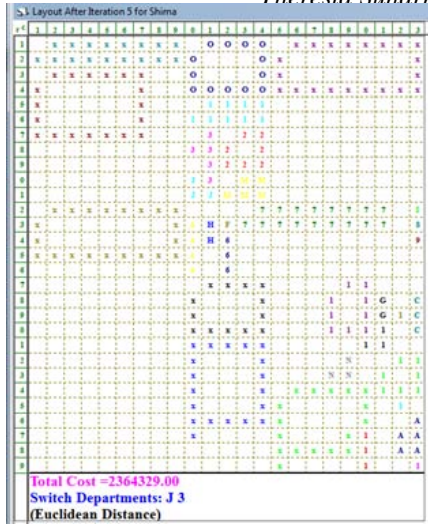
Tata letak awal, data aliran atau frekuensi perpindahan antar mesin menjadi input-an dalam program WinQsb. Berikutnya program akan menghitung jarak dan biaya perpindahan material pada data tata letak awal yang diinputkan. Gambar 2 merupakan tata letak awal yang ditunjukkan pada luaran program.

Gambar 2. Tata letak awal dengan program

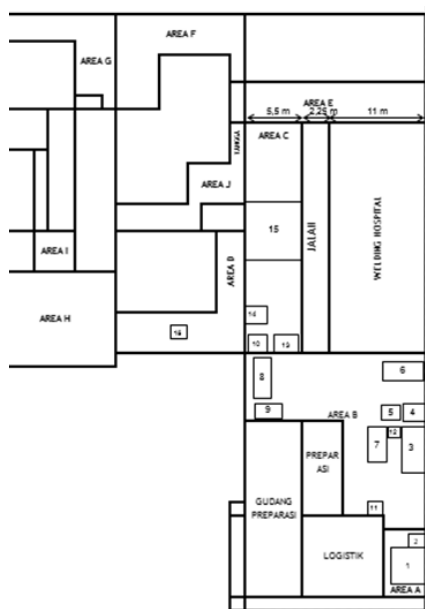


Hasil perhitungan biaya perpindahan material pada *layout* awal hasil menggunakan program WinQsb dengan metode perhitungan jarak *euclidean* adalah sebesar Rp 2.913.818,00. Selanjutnya program melakukan pertukaran antar mesin dan melakukan perhitungan jarak serta biaya perpindahan setiap iterasi sampai 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:

- Penyelesaian usulan tata letak fasilitas dengan algoritma CRAFT masih harus memperhatikan departemen tetap dan departemen *dummy* sehingga antar departemen dapat bertukar dengan maksimal.
- 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

- 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.
- Ernawati, 2009, "Usulan Perbaikan Tata Letak Fasilitas *Welding Furniture* Dengan Pendekatan *Genetic Algorithm*", Prodi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknik Musi, Palembang.
- 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.
- 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.
- Heragu, S., 2008, "Facilities Design", Boston: PWS Publishing Company.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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).
- 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 | | 7,315 | 16,18 | 23,255 |
| 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 |