

PERANCANGAN ULANG TATA LETAK FASILITAS PADA PERUSAHAAN *FLEXIBLE PACKAGING*

Alvin Agustinus Gondo¹⁾, Evan²⁾, Felix³⁾, Theofilus Davin⁴⁾, Tanti Octavia⁵⁾*

^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Teknik Industri, Universitas Kristen Petra,
Siwalankerto 103-144, Kota Surabaya, 60236

*E-mail: tanti@petra.ac.id

Abstract

This research attempts to design the layout of company facilities that can minimize the total distance. The research was carried out by collecting data based on observations during a month at PT. X. There are two methods that are considered in proposing changes to the layout, namely 2-OPT and BLOCPLAN. The solution obtained from using these two methods is determined from the results of the moment values. The smaller the resulting moment value, the more effective the layout. As for related theories, researchers use a Relationship Chart to identify relationships between facilities. This study found that bottlenecking and backtracking occurred in the company's layout. The result that was concluded from the development of changes to the facility layout was to divide the company's mixed warehouse into three parts with different functions such as the finished goods warehouse, saw tender warehouse and skipper warehouse with 6.8% moment as efficiency rate of distance traveled.

Keywords: *Backtracking, BLOCPLAN, Bottleneck, Layout, Relationship Chart.*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan merancang sebuah tata letak fasilitas perusahaan yang dapat meminimalkan jarak tempuh. Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data berdasarkan observasinya selama sebulan di PT. X. Terdapat dua metode yang menjadi pertimbangan dalam mengusulkan perubahan tata letak yaitu 2-OPT dan BLOCPLAN. Solusi yang didapat dari menggunakan dua metode tersebut ditentukan dari hasil nilai momen yang dimiliki. Semakin kecil nilai momen yang dihasilkan, semakin efektif *layout* tersebut. Adapun teori yang berkaitan, peneliti menggunakan *Relationship Chart* untuk mengidentifikasi hubungan antar fasilitas. Studi ini menemukan bahwa terjadinya *bottlenecking* dan *backtracking* pada tata letak perusahaan tersebut. Hasil yang disimpulkan dari pengembangan perubahan tata letak fasilitas adalah dengan memecah gudang campur perusahaan dipisahkan menjadi tiga bagian dengan fungsi berbeda seperti gudang *finished goods*, gudang *saw tender*, dan gudang *skipper* dengan penghematan sebesar 6.8% momen jarak tempuh.

Kata kunci: *Backtracking, BLOCPLAN, Bottleneck, Layout, Relationship Chart.*

PENDAHULUAN

Dunia industri pada era Industri 4.0 memiliki persaingan yang cukup ketat baik dari jenis bidang usaha yang sama, harga, maupun kualitas. Oleh karenanya solusi untuk dapat bertahan dan memenangkan persaingan tersebut adalah dengan berlomba menjadi yang terbaik dalam berbagai aspek. Salah satu cara untuk dapat bertahan adalah dengan meningkatkan efisiensi pada setiap sektor sehingga dapat meningkatkan selisih antara pengeluaran dengan pemasukan yang diperoleh perusahaan. Perpindahan material dalam perusahaan memiliki pengaruh besar terhadap pengeluaran waktu dan biaya. Salah satu solusi yang dapat ditawarkan untuk mengurangi pengeluaran perusahaan adalah dengan menekan biaya perpindahan material dengan mengefektifkan tata letak fasilitas yang ada di perusahaan.

PT.X merupakan perusahaan yang bergerak di kemasan air mineral dan *flexible packaging*. Salah satu divisi baru adalah divisi *papercore*. Saat ini, terdapat berbagai kendala dalam proses produksinya, termasuk masalah adanya *backtracking* pada aliran produksi yang menyebabkan proses produksi tidak efisien.

backtracking atau proses pengambilan tidak efektif saat ini terdapat pada produk hasil olahan dari mesin *saw tender* dan pada mesin *skipper*. Hal tersebut terjadi karena terdapat beberapa hasil olahan yang menunggu giliran untuk diproses lebih lanjut disimpan pada sebuah gudang yang berada pada gudang campur yang dimiliki Perusahaan.

Oleh karena itu, perbaikan tata letak fasilitas di PT. X dalam divisi *Papercore* menjadi kebutuhan yang penting untuk mengurangi risiko *backtracking*. Menurut Handoko (2013), salah satu hal terpenting dari tata letak sebuah pabrik adalah jarak, waktu, dan biaya, jarak perpindahan material yang jauh akan dapat menyebabkan rentang waktu yang dibutuhkan cukup tinggi dapat menyebabkan ongkos produksi yang dikeluarkan karena lamanya proses yang dilakukan [1]. Perancangan tata letak pabrik memiliki tujuan untuk meminimalisir aliran bolak balik (*backtracking*), meminimalisir penundaan pekerjaan atas material/*delay* yang berlebihan [2]. Kelancaran aliran proses produksi merupakan factor utama yang sangat berpengaruh terhadap efisiensi dan produktifitas produksi Perusahaan. Dalam penelitian ini, kami menganalisis hubungan antar stasiun kerja dengan metode *Activity Relationship Chart (ARC)* lalu mengusulkan penggunaan algoritma 2-OPT dan BLOCPLAN untuk memperbaiki tata letak fasilitas perusahaan untuk mengurangi risikobacktracking pada proses produksinya.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini berguna untuk menghitung relasi antar mesin yang beroperasi dalam proses produksi dan kemudian memberikan usulan strategi peletakan mesin setiap proses. Metode yang digunakan adalah metode BLOCPLAN dan 2-OPT. Data relasi antar mesin melalui pengamatan dan wawancara pada pekerja di Papercore PT. X. Data pengukuran mesin serta luas ruangan diperoleh dengan melakukan pengukuran secara *real* di pabrik. Studi ini bersifat eksploratori [3] yang mengartikan bagaimana metode BLOCPLAN untuk memberikan alternatif usulan tata letak fasilitas dan metode 2-OPT untuk pemilihan alternatif terbaik.

Block Layout Planning (BLOCPLAN)

Metode BLOCPLAN adalah metode yang bertujuan mengoptimalkan ruang dalam lingkup industri seperti pabrik, gudang, atau fasilitas produksi lain dengan melibatkan pembagian area atau ruang yang tersedia ke dalam blok-blok atau zona-zona tertentu. Dimana setiap blok mewakili area kerja, fasilitas, atau departemen yang berbeda. Metode BLOCPLAN sendiri dapat mengoptimalkan ruangan, efisiensi operasional, dan aliran kerja dalam sebuah lingkungan industri atau sebuah bisnis. BLOCPLAN sendiri dapat meminimasi jarak antar fasilitas atau memaksimalkan hubungan kedekatan antar fasilitas. (Dewi R., Choiri M., Eunike A.; 2014)

Metode tersebut merupakan suatu algoritma konstruksi yang mengubah data kualitatif menjadi data kuantitatif untuk menentukan fasilitas pertama diletakan didalam layout yang ada. Alasan penggunaan metode tersebut dalam perancangan ulang tata letak fasilitas karena metode tersebut merupakan salah satu metode konstruksi yang prinsipnya menggunakan perhitungan computerize, dan pengerjaan yang cukup sederhana dalam pemilihan layout terbaik. Algoritma BLOCPLAN adalah suatu algoritma yang di kembangkan oleh Donaghey dan Pire pada tahun 1991 dimana algoritma ini dapat menyelesaikan permasalahan *single story* maupun *multi story* layout. Algoritma ini dapat digunakan untuk perancangan tata letak fasilitas yang sifatnya *construction maupun improvement*. Algoritma BLOCPLAN merupakan algoritma heuristic yang menggunakan data kuantitatif maupun kualitatif. [4]

Metode BLOCPLAN pada teorinya memerlukan beberapa langkah umum pengerjaannya. Langkah pertama adalah melakukan pemetaan pada area-area yang berkaitan. Melakukan identifikasi area atau ruang yang tersedia untuk digunakan dalam tata letak. Hal ini bisa termasuk ukuran, bentuk, dan kondisi lingkungan. Metode berikutnya adalah melakukan identifikasi blok atau zona. Metode tersebut berguna untuk memetakan bagian-bagian terpisah dalam area yang akan ditempati oleh fungsi-fungsi atau departemen-departemen tertentu. Berikutnya adalah melakukan analisis aliran kerja yaitu melakukan identifikasi aliran kerja atau alur proses yang tepat untuk memastikan bahwa aliran kerja antar berbagai blok atau zona adalah efisien. Metode pengerjaannya menggunakan *relationship chart*. Berdasarkan

perancangan tata letak fasilitas dengan metode BLOCPAN dihasilkan beberapa alternatif *layout* sehingga perlu dilakukan pemilihan *layout* terbaik dari alternatif yang ada. Kriteria yang dapat digunakan untuk menentukan hal ini adalah *R-score*. (Dewi R., Choiri M., Eunike A.; 2014). Rumus *R-score* dinyatakan sebagai berikut.

$$R - Score = 1 - \left(\frac{rel-dist\ score - LB}{UB - LB} \right) \tag{1}$$

UB = Upper Bound

LB = Lower Bound

Rel-dist score = nilai momen pada iterasi ke-n

Menurut (Heragu;2018), ketika didapatkan nilai *R-score* nilai 1, maka solusi yang diberikan adalah nilai paling optimal yang bisa diberikan. Bisa disimpulkan bahwa usulan terbaik adalah *layout* yang memiliki nilai *R-score* tertinggi yang paling mendekati 1 [5].

RELATIONSHIP CHART

Relationship Chart adalah peta yang menggambarkan tingkat hubungan antar bagian atau kegiatan yang terdapat dalam suatu perusahaan industri. *Relationship Chart* juga mengandung keterikatan antar area yang ada dalam menunjang aktivitas selama produk dibuat sehingga dapat ditentukan tingkat kedekatan antar proses satu dengan lainnya. (Nelfiyanti; 2020). Teorinya, sandi keterkaitan menunjukkan keterkaitan satu kegiatan dengan yang lainnya dan seberapa penting setiap kedekatan hubungan yang ada dengan huruf (A, E, I, O, U, dan X) [6]. Prinsip kerjanya menggunakan hasil perhitungan *Total Closeness Rating* (TCR) dari setiap departemen. Hubungan tersebut ditunjukkan melalui huruf-huruf yang telah diberikan bobot berdasarkan kedekatannya. [7]

Tabel 1. Contoh *relationship chart*

	1	2	3	4	5
1	-	A	O	E	U
2		-	U	I	E
3			-	X	U
4				-	A
5					-

Tabel 2. Parameter penilaian hubungan antar departemen (*flow*)

Symbol	Nilai Flow	Keterangan
A	32	Mutlak Perlu
E	16	Sangat Penting
I	8	Penting
O	4	Cukup / Biasa
U	0	Tidak Penting
X	-1	Tidak Dikehendaki

Sumber : Facility Design, 2018

Pada hasil perhitungan *Total Closeness Rating*, masing masing symbol memiliki nilai yang berbeda. *Symbol* A memiliki nilai sebesar 32 dan penggunaan *symbol* ini digunakan untuk relasi antar fasilitas yang

mutlak diperlukan. Sementara untuk *symbol* E digunakan relasi antar fasilitas yang sangat penting dengan nilai *flow* sebesar 16. Untuk *symbol* I memiliki nilai *flow* sebesar 8 dengan keterangan relasi antar fasilitasnya penting. *Symbol* O memiliki nilai *flow* sebesar 4 dengan keterangan relasi antar fasilitasnya adalah cukup atau biasa. Berlanjut pada *symbol* U dan *symbol* X yang memiliki nilai *flow* sebesar 0 dan -1 dengan keterangan *symbol* U yang relasi antar fasilitasnya tidak penting dan *symbol* X yang relasi antar fasilitasnya tidak dikehendaki.

Langkah berikutnya melakukan pengaturan blok yang bertujuan mengatur blok-blok atau zona-zona dalam susunan yang paling sesuai dengan tujuan tata letak yang juga mempertimbangkan faktor-faktor seperti kemudahan akses, hubungan antar departemen, dan efisiensi operasional yang digunakan. Dengan langkah terakhir pengerjaan yaitu melakukan evaluasi dan penyesuaian. Metode evaluasi terhadap tata letak yang diusulkan dan melakukan penyesuaian jika diperlukan untuk memastikan semua aspek operasional tercakup dengan baik.

5	3	4	8
2	7	6	1
		Nomor	lokasi
		1	GCP & Trimmer
		2	Office
		3	Sliter
		4	Skipper
		5	Spiral Winder & Saw Tender
		6	Gudang Raw Material
		7	Gudang Finished Goods
		8	Gudang Campur

Gambar 1. Contoh tata letak beserta lokasinya

Setelah melakukan pemetaan tersebut, langkah pengerjaannya adalah memastikan lokasi yang tidak bisa dipindah untuk tidak dipindah. Langkah berikutnya adalah menghitung momen. Momen adalah perpindahan yang didapatkan dari hasil perkalian jarak dengan frekuensi material. Perhitungan momen perpindahan harus memperhatikan metode yang digunakan dalam perhitungan jarak dan frekuensi material. (Christina; 2020) Perhitungan momen dituliskan dengan rumus sebagai berikut.

$$M = \sum (f \times d) \tag{2}$$

M = total

momen f =

flow

d =
distance

Bila sudah mendapatkan total momen dari tata letak yang ada, bisa secara subjektif melakukan pemindahan yang memungkinkan untuk menghasilkan nilai momen lebih sedikit sehingga bisa menjadi acuan perbaikan tata letak tersebut.

2- OPT METHOD

Metode 2-OPT adalah salah satu metode optimasi yang sering digunakan dalam tata letak fasilitas terutama dalam masalah jangka pendek. Pada dasarnya, teknik tersebut bertujuan meningkatkan solusi yang ada dengan mengoptimalkan urutan atau susunan elemen tertentu. Metode ini bisa juga bergantung pada tata letak awal yang digunakan sebagai acuan pada iterasi. Terdapat beberapa metode selain metode 2-OPT

seperti 3-OPT, Lin-Kerninghan, Simulated Annealing, dll. Pada dasarnya, metode 2-OPT berartikan memindahkan dua jalur pada rute yang berbeda dan menghubungkan kembali jalur tersebut sehingga paling tepat untuk digunakan pada perbaikan yang diusulkan untuk kasus pada penelitian ini. Metode ini dikenal juga dengan nama 2-OPT *move*. (Setiawan & Chandra; 2018).

Metode 2-OPT dapat diterapkan dengan beberapa tahapan. Metode pertama adalah penentuan jadwal, metode ini bermula dengan memiliki tata letak awal yang belum optimal namun dengan metode ini bisa kembali diurutkan departemennya, area kerjanya, maupun titik-titik lain yang perlu dihubungkan atau diurutkan. Hal ini seperti dengan *relationship chart* seperti yang digunakan pada metode BLOCPLAN. Langkah berikutnya, melakukan pencarian solusi yaitu dengan melibatkan pencarian solusi alternatif dengan menukarkan 2 pasangan elemen dalam urutan yang ada. Pada tata letak fasilitas, bisa dikatakan menukarkan 2 posisi kerja atau departemen.

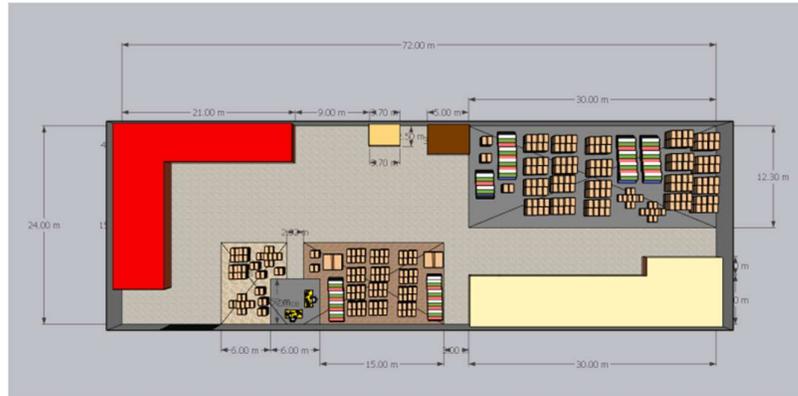
Pada langkah praktisnya, dua lokasi pada Gambar 1 yang ditukar posisinya untuk dihitung ulang nilai momennya dengan cara yang sama dengan metode BLOCPLAN. Langkah berikutnya adalah metode membandingkan, hasil momen yang dihasilkan setelah pertukaran tersebut dibandingkan dengan hasil momen sebelum perhitungan. Hal tersebut dilakukan guna melakukan *improvement* terhadap *layout* yang ada dengan mencari nilai momen yang lebih kecil. Implementasi algoritma 2-OPT sering digunakan karena dalam praktik kinerjanya yang cukup baik untuk menghasilkan solusi yang mendekati optimal dalam waktu yang relatif singkat. Algoritma tersebut juga dapat diintegrasikan dengan metode lain atau digunakan sebagai langkah dalam algoritma yang semakin kompleks untuk hasil yang lebih baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

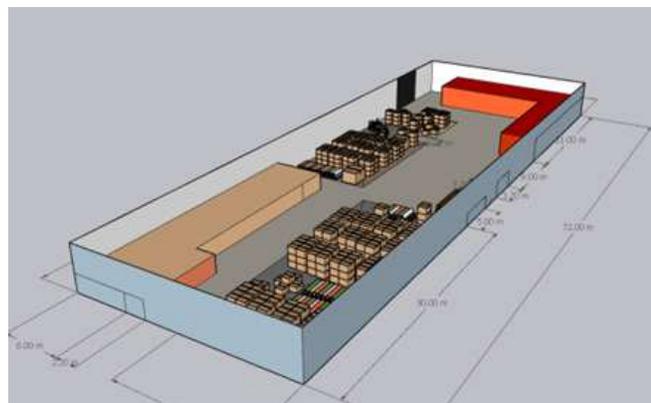
Berdasarkan pengamatan yang dilakukan di perusahaan, terdapat 2 proses produksi yang dilakukan di perusahaan. Proses produksi tersebut bertujuan memproduksi *Papercore* kasar dan *Papercore* halus. Metode pengerjaan kedua *papercore* tersebut hanya memiliki perbedaan pada penggunaan mesin *Grinding Cutting and Polishing* pada proses produksi pembuatan *Papercore* halus. Pada fakta yang terjadi, terdapat *bottleneck* dan *backtracking* pada proses produksi dari pembuatan *papercore* halus dan *papercore* kasar yang akan diformulasikan ulang untuk dihilangkan. Gambar 2 dan gambar 3 adalah *layout* perusahaan sesuai kondisi yang ada. Terdapat 8 fasilitas yang ada pada perusahaan diantaranya Mesin *Grinding, Cutting, and Polishing* dan Mesin *Trimmer, Office* perusahaan, Mesin *Slitter*, Mesin *Skipper*, Mesin *Spiral Winder and Saw Tender*, Gudang *Raw Material*, Gudang *Finished Goods*, dan Gudang Campur.

Mesin *Grinding, Cutting, and Polishing* berfungsi untuk menghaluskan dan memotong *raw material* tersebut dari *papercore* kasar menjadi *papercore* halus. Mesin *Trimmer* berfungsi untuk merapikan produk yang diproduksi yaitu dari *papercore* halus menjadi *papercore* dalam bentuk jadi yang siap untuk di *packaging*. *Office* perusahaan dihuni oleh *manager* perusahaan yang merencanakan proses produksi, mengatur keadaan gudang, dan mengatur proses pengiriman produk. *Mesin Slitter* berfungsi untuk merubah *papercore* dalam bentuk *roll* jumbo menjadi *papercore* dalam bentuk *roll* sedang. *Mesin Skipper* berfungsi untuk merubah *roll* sedang yang ada menjadi lebih rapi. *Mesin Spiral Winder and Saw Tender* berfungsi untuk membentuk produk yang ada menjadi berbentuk *spiral* dan mesin *Saw Tender* memecahkan produk menjadi beberapa *roll* yang sudah di *skipper* menjadi *papercore* yang kasar. Berlanjut pada Gudang *Raw Material* yang berisikan barang-barang mentah yang akan menjadi bahan dasar produksi seperti lem, *roll jumbo*, dan barang yang diperlukan lainnya. Gudang *Finished Goods* berfungsi menyimpan produk jadi untuk di *package* dan dikirimkan pada *customer* yang memesan produk tersebut. Sementara itu, gudang campur berisikan barang-barang *work in progress* dan barang-barang yang sudah tidak diperlukan untuk proses produksi namun masih memiliki *value* seperti meja, kursi, mesin tidak terpakai, dan sebagainya untuk disimpan.

Kondisi Awal



Gambar 2. Tampak 2D denah awal perusahaan

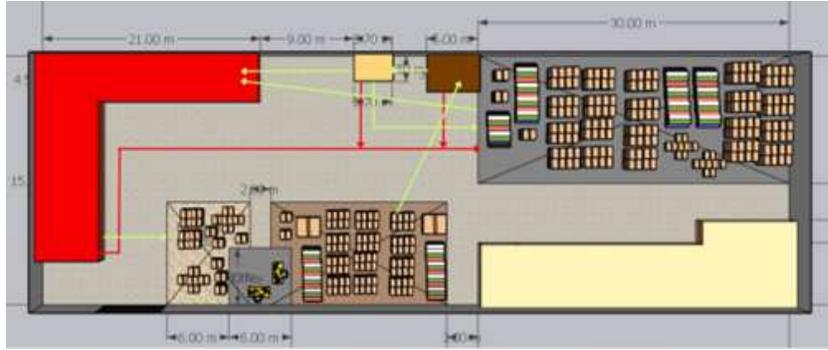


Gambar 3. Tampak 3D denah awal perusahaan

Flow Produksi Awal

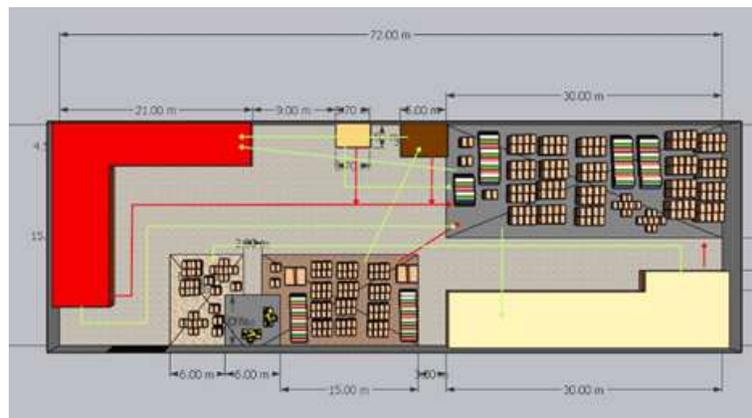
Pada flow produksi produk *papercore* kasar dimulai dari barang-barang mentah yang diambil dari gudang *raw material* dikirim menuju tempat Mesin *Slitter* (mengikuti panah berwarna kuning dari tempat berwarna coklat muda menuju coklat tua dengan panjang 6 meter). 5 Barang mentah yang hendak diolah akan dipotong-potong menjadi 8 bagian untuk diproses Mesin *Slitter*. Barang yang sudah selesai melalui proses *Slitter* akan dilanjutkan menuju proses *Skipper*. Seperti terlihat pada denah, Mesin *Skipper* berada tepat di sebelah kiri Mesin *Slitter* dan memiliki panjang 3.7 meter. Pada proses *Skipper*, barang tersebut akan dirapikan dan nantinya menghasilkan 24 buah produk. Namun, hanya 20 produk yang dapat lanjut ke proses berikutnya yaitu *Spiral Winder & Saw Tender*. 4 produk sisanya akan menunggu antrian dan diletakkan pada gudang campur. *Spiral Winder & Saw Tender* terletak tepat di sebelah kiri Mesin *Skipper* (mesin berwarna merah), berukuran panjang 21 meter dan lebar 4,5 meter sedangkan Mesin *Spiral Winder* berukuran panjang

15 meter dan lebar 6 meter. Lalu, letak dari gudang campur adalah di sebelah kanan dari mesin *Slitter*, dengan ukuran 30 meter. Setelah barang melalui proses *Spiral Winder & Saw Tender*, produk akan terlinting menjadi panjang dan sesuai permintaan customer, barang tersebut telah selesai diproses (menjadi *finished goods*), dan siap diletakkan di gudang *finished goods*, yang letaknya di sebelah kanan dari Mesin *Spiral Winder & Saw Tender* untuk dikirim ke customer dan keluar dari gudang. Dijumpai bahwa terdapat *bottlenecking* yang terjadi pada proses awal mesin *Spiral Winder* yang menghasilkan sisa karena masih ada produk yang terpakai dan pada proses antara *Saw Tender* dengan *Grinding, Cutting, and Polishing* yang memakan waktu lebih lama dalam prosesnya memakan waktu lebih lama.



Gambar 4. Flow produksi *papercore* kasar

Sementara itu, pada produksi produk *papercore* halus dimulai dari barang mentah yang diambil dari gudang *raw material* diantar menuju tempat *Slitter* (mengikuti panah berwarna kuning dari tempat berwarna coklat muda menuju coklat tua dengan panjang 6 meter). Barang mentah yang hendak diolah akan dipotong-potong menjadi 8 bagian untuk diproses mesin *Slitter*. Barang yang sudah selesai melalui proses *Slitter* akan dilanjutkan menuju proses *Skipper*. Seperti terlihat pada denah, Mesin *Skipper* berada tepat di sebelah kiri Mesin *Slitter* dan memiliki panjang 3.7 meter. Pada proses *Skipper*, barang tersebut akan dirapikan dan nantinya menghasilkan 24 buah produk. Namun, hanya 20 produk yang dapat lanjut ke proses berikutnya yaitu *Spiral Winder & Saw Tender*. 4 produk sisanya akan menunggu antrian dan diletakkan pada gudang campur. *Spiral Winder & Saw Tender* terletak tepat di sebelah kiri Mesin *Skipper* (mesin berwarna merah), berukuran panjang 21 meter dan lebar 4,5 meter sedangkan Mesin *Spiral Winder* panjang 15 meter dan lebar 6 meter. Lalu, letak dari gudang campur adalah di sebelah kanan dari Mesin *Slitter*, dengan ukuran 30 meter. Setelah barang melalui proses *Spiral Winder & Saw Tender*, produk akan terlenting menjadi panjang dan diletakkan pada gudang campur terlebih dahulu. Hasil dari saw tender sebelumnya akan dilanjutkan ke proses berikutnya, yaitu *Grinding, Cutting, and Polishing* dan *Trimmer*. Mesin *Grinding, Cutting, and Polishing* dan *Trimmer* terletak di sudut kanan bawah ruangan (persegi panjang berwarna kuning muda). Pada proses ini, produk akan menjadi lebih halus dan akan dipotong menjadi beberapa bagian. Setelah melalui proses ini, barang tersebut telah selesai diproses (menjadi *finished goods*), dan siap diletakkan di gudang *finished goods*, yang letaknya di sebelah kanan dari Mesin *Spiral Winder & Saw Tender* untuk dikirim ke customer dan keluar dari gudang. Ditemukan bahwa terdapat *bottlenecking* yang terjadi pada proses awal mesin *Spiral Winder* yang menghasilkan sisa karena masih ada produk yang terpakai dan pada proses antara *Saw Tender* dengan *Grinding, Cutting, and Polishing* yang memakan waktu lebih lama dalam prosesnya memakan waktu lebih lama.



Gambar 5. Flow produksi *papercore* halus

Tabel 3. Proses produksi 3 *paper roll jumbo*

Stasiun Kerja	Waktu Proses / Satuan	Waktu Proses Total	Hasil / Satuan	Hasil
<i>Slitter</i>	40 Menit/Roll Jumbo	120 Menit	1 Roll Sedang / 5 Menit	24 Roll Sedang
<i>Skipper</i>	3 Menit/Roll Sedang	72 Menit	1 Roll Sedang / 3 Menit	24 Roll Sedang Sudah <i>Skipper</i>
<i>Spiral Winder & Saw Tender</i>	140.87 Menit/20 Roll Sedang Sudah <i>Skipper</i>	140.87 Menit	1 Paper Core Kasar / 0.435 Menit	324 Paper Core Kasar
<i>Grinding Cutting Polishing</i>	2.53 Menit/Paper Core Kasar	819.72 Menit	1 Paper Core Kasar / 2.53 Menit	324 Paper Core Halus
<i>Trimming</i>	2.21 Menit/Paper Core Halus	716.04 Menit	3 Paper Core Jadi / 2.21 Menit	972 Paper Core Jadi

Terdapat 5 stasiun kerja yang dialami oleh *paper roll jumbo* tersebut yaitu proses *slittering*, *skipper*, *spiral winder and saw tender*, *grinding cutting and polishing*, dan *trimming*. Pada proses *slitter* terlebih dahulu, diperlukan 40 menit untuk membuat 1 *roll jumbo*. Karena terdapat 3 *roll jumbo*, diperlukan 120 menit waktu pengerjaan. Sementara itu, tujuan dari proses *slitter* adalah mendapatkan *roll sedang* yang masing-masing membutuhkan waktu 5 menit. Sehingga terbentuk 24 *roll sedang* karena tiap *roll* tersebut memakan waktu 5 menit dalam proses pengerjaannya. Sementara untuk proses *skipper*, diperlukan 3 menit untuk setiap *roll sedang*. Proses tersebut memakan waktu total sebesar 72 menit dikarenakan terdapat 24 *roll sedang* dari proses sebelumnya. Proses *skipper* memakan waktu 3 menit untuk masing masing *roll sedang*, sehingga dihasilkan 24 *roll sedang* yang sudah di *Skipper* dalam 72 menit. Berlanjut pada proses *Spiral Winder & Saw Tender*, proses memakan waktu 140.87 menit untuk tiap 20 *roll sedang* yang sudah melewati proses *skipper*. Proses tersebut menghasilkan 1 *papercore kasar* tiap 0.435 menit. Maka pada 140.87 menit proses berlangsung tersebut, dihasilkan 324 *papercore kasar* setelah proses ini berlangsung.

Masuk ke proses berikutnya adalah metode *Grinding, Cutting, and Polishing* dimana diperlukan 2.53 menit untuk tiap *papercore kasar*. Sehingga total waktu yang dibutuhkan untuk 324 *papercore kasar* yang didapatkan dari proses sebelumnya adalah 819.72 menit. Proses ini menghasilkan 1 *papercore halus* setiap

2.53 menit dan secara akhir menghasilkan 324 *papercore halus*. Pada proses terakhir untuk *trimming*, proses ini memerlukan 2.21 menit untuk setiap *papercore halus*. Secara keseluruhan, dibutuhkan 716.04 menit untuk mengerjakan 324 *papercore halus* tersebut. Hasil yang dihasilkan dari metode ini adalah *papercore jadi* sebanyak 3 buah dari 1 *papercore halus* untuk 2.21 menit setiap prosesnya. Maka, total didapatkan 972 *papercore jadi* yang dihasilkan dari proses yang ada.

Flow, Dimensi, dan Distance Lantai Produksi

Tabel 4. *Flow* antar fasilitas lantai produksi

	<i>GCP & Trimmer</i>	<i>Office</i>	<i>Slitter</i>	<i>Skipper</i>	<i>Spiral Winder & Saw Tender</i>	<i>Gudang Raw Material</i>	<i>Gudang Finished Goods</i>	<i>Gudang Campur</i>
<i>GCP & Trimmer</i>	-	U	U	U	U	U	A	A
<i>Office</i>	U	-	U	U	U	A	A	A
<i>Slitter</i>	U	U	-	A	U	A	U	A
<i>skipper</i>	U	U	A	-	A	U	U	A
<i>Spiral Winder & Saw Tender</i>	U	U	U	A	-	A	A	A
<i>Gudang Raw Material</i>	U	A	A	U	A	-	A	I
<i>Gudang Finished Goods</i>	A	A	U	U	A	A	-	I
<i>Gudang Campur</i>	A	A	A	A	A	I	I	-

Sesuai dengan hasil wawancara dan pengamatan, dihasilkan relasi antar fasilitas pada proses produksi adalah sebagai Tabel 2. Huruf A mewakili sangat pentingnya relasi antar proses fasilitas tersebut. Huruf I menandakan relasi kedua fasilitas tersebut penting pada setiap proses produksi namun masih juga diperlukan. Sementara huruf U menandakan bahwa dua fasilitas tersebut tidak penting atau tidak bergantung satu dengan yang lain.

Tabel 5. Dimensi fasilitas di lantai produksi

Fasilitas	Ukuran (m)		Keterangan
	Panjang	Lebar	
<i>Spiral Winder</i>	21	4.5	Harus menyatu dengan <i>saw tender</i> membentuk L.
<i>Saw Tender</i>	15	6	Harus menyatu dengan <i>spiral winder</i> membentuk L.
<i>Office</i>	33 m ²		Tidak bisa dipindah
<i>Slitter</i>	5	3.5	
<i>Skipper</i>	3.7	2.5	
<i>GCP</i>	30	6	<i>GCP</i> dan <i>trimmer</i> harus menyatu
<i>Trimmer</i>	9	2.2	<i>GCP</i> dan <i>trimmer</i> harus menyatu
GRM	157.256 m ²		
GFG	74.14 m ²		
<i>Gudang Campur</i>	369 m ²		

Tabel 5 menunjukkan dimensi maupun luas setiap fasilitas yang ada pada lantai produksi dalam satuan m dan m². Terdapat beberapa keterangan yang tidak bisa berubah pada setiap fasilitas yang ada. Pada fasilitas *Spiral Winder*, fasilitas ini wajib untuk disatukan dengan *Saw Tender* dan kedua fasilitas tersebut membentuk huruf L pada peletakannya. Pada informasi yang didapatkan, ruangan *office* dari lantai produksi ini juga tidak dapat dipindah peletakannya. Informasi terakhir yang didapatkan ada pada mesin *GCP* dan *Trimmer* yang harus dalam keadaan menyatu pada peletakannya.

Perhitungan Momen pada Kondisi Awal

Fasilitas yang ada pada perusahaan sendiri dikelompokkan sesuai dengan kondisi awal sebagai berikut.

1. Kelompok fasilitas 1 : *GCP & Trimmer*
2. Kelompok fasilitas 2 : *Office*
3. Kelompok fasilitas 3: *Slitter*
4. Kelompok fasilitas 4 : *Skipper*
5. Kelompok fasilitas 5 : *Spiral Winder & Saw Tender*
6. Kelompok fasilitas 6 : *Gudang Raw Material*
7. Kelompok fasilitas 7 : *Gudang Finished Goods*
8. Kelompok fasilitas 8 : *Gudang Campur*

Menghasilkan denah layout awal produksi yang sebagai berikut.

Tabel 6. *Layout* Awal Lantai Produksi

5	4	3	8
7	2	6	1

Dari layout ini, ditemukan bahwa momen dari layout awal adalah sebesar 1028. Layout ini memiliki momen yang cukup besar dikarenakan terjadinya *backtracking* yang menyebabkan *distance* yang ditempuh lebih besar. *Backtracking* ini disebabkan oleh tercampurnya barang *reject* dan *Work In Process* di gudang yang sama yaitu gudang campur. Dengan demikian, dicarikan solusi untuk mencegah terjadinya *backtracking* tersebut, solusi yang bisa dilakukan adalah dengan menambah fasilitas gudang pada lantai produksi sehingga barang yang *reject* dan barang *Work In Process* tidak berkumpul di satu gudang yang sama. Untuk itu, diperlukan titik *bottleneck* dan untuk menentukan jumlah *bottleneck* yang akan menjadi acuan dalam penentuan luasan gudang baru tersebut.

Bottle neck

Dengan melihat lini produksi pada Tabel 3., dapat disimpulkan bahwa terjadi penumpukan produk yang menunggu untuk diproses menuju stasiun berikutnya atau bisa disebut *bottleneck* yaitu pada:

1. Bagian awal Mesin *Spiral Winder*, karena adanya sisa pemakaian maupun adanya produk yang masih menunggu pemakaian.
2. Diantara proses *Saw Tender* dan *Grinding, Cutting, and Polishing* yang dikarenakan proses *Grinding, Cutting, and Polishing* yang memakan waktu lebih lama.

Usulan Perbaikan

Terdapat usulan perbaikan pada tata letak fasilitas yang disarankan untuk mencegah 2 proses *bottleneck* yang dialami oleh perusahaan yaitu dengan menambahkan 2 gudang baru untuk mengatasi proses *bottleneck* tersebut yaitu Gudang Hasil *Skipper* dan Gudang Hasil *Saw Tender*.

Gudang Hasil *Skipper* diusulkan berdasarkan perhitungan yaitu dalam sebuah *shift* kerja yaitu 8 jam kerja, Mesin *Skipper* menghasilkan 96 unit *roll* sedang yang sudah mengalami proses *skipper*. Namun, mesin *Spiral Winder and Saw Tender* hanya bisa memproses sebanyak $3,41 * 20$ *roll* atau adalah sebesar 80 *roll*. Ketika ditelusuri, pada *roll ke-61* hingga 80, proses masih setengah berlangsung sehingga dalam 1 *shift* kerja setidaknya akan tersisa 16 unit produk yang belum selesai. Maka diusulkan gudang baru yang bisa memenuhi kapasitas 1 hari *full* untuk mencegah barang $\frac{1}{2}$ jadi tersebut. Gudang ini bertujuan bila kapasitas 1 hari tersebut penuh, maka proses produksi *slitter* dan *skipper* dapat dihentikan secara sementara.

Dalam 1 hari kerja, terdapat 24 jam yang terdiri dari 3 *shift* kerja dengan masing-masing *shift* bekerja selama 8 jam kerja. Ditemukan dari hasil observasi bahwa Mesin *Spiral Winder and Saw Tender* bisa bekerja selama $(24*60)/140,87$ yang menghasilkan sebanyak 10,22 atau bila dibulatkan menjadi 11 kali. Namun tergambar bahwa proses ke 11 itu hanya berjalan 20% saja atau proses belum berakhir. Sementara untuk 11 kali proses kerja membutuhkan waktu $11*20$ atau 220 unit *roll* sedang yang sudah di *skipper*. Dengan hasil kerja tersebut, diperlukan gudang yang bisa menampung 220 unit *roll* sedang.

Lalu, ditemukan juga bahwa tinggi dari *roll* sedang yang sudah melalui proses *skipper* adalah sebesar 20 cm. Sehingga idealnya, jika *roll* tersebut ditumpuk dengan maksimal ketinggian setinggi 200 cm, maka setara dengan $200/20$ atau adalah 10 unit. Maka gudang baru ini harus bisa menampung $220/10$ atau adalah 22 tumpukan. Lalu, apabila ukuran diameter dari gulungan tersebut adalah 1,2 meter, diperlukan luas gudang sebesar $1,2*1,2*22$ yang adalah sebesar 31,68 m². Perkiraan luas gudang baru yang optimal tersebut adalah sekitar 45 m² sehingga akan ada sisa sekitar 13,2 m² untuk mempermudah akses pergerakan dalam penataan dan pengambilan barang. Sehingga, diperlukan gudang baru untuk Gudang Hasil *Skipper* sebesar 9 meter x 5 meter.

Flow, Dimensi, dan Distance Antar Fasilitas Denah Usulan

Tabel 7. Flow Antar Fasilitas Denah Usulan

	<i>GCP & Trimmer</i>	<i>Office</i>	<i>Slitter</i>	<i>Skipper</i>	<i>Spiral Winder & Saw Tender</i>	<i>Gudang Raw Material</i>	<i>Gudang Finished Goods</i>	<i>Gudang Reject</i>	<i>Gudang Hasil skipper</i>	<i>Gudang Hasil Saw Tender</i>
<i>GCP & Trimmer</i>	-	U	U	U	O	U	A	A	U	E
<i>Office</i>	U	-	U	U	U	A	A	A	U	U
<i>Slitter</i>	U	U	-	A	U	A	U	A	U	U
<i>Skipper</i>	U	U	A	-	O	U	U	I	A	U
<i>Spiral Winder & Saw Tender</i>	O	U	U	O	-	A	A	I	A	A
<i>Gudang Raw Material</i>	U	A	A	U	A	-	U	I	U	U
<i>Gudang Finished Goods</i>	A	A	U	U	A	U	-	U	U	U
<i>Gudang Reject</i>	A	A	A	I	I	I	U	-	U	U
<i>Gudang Hasil Skipper</i>	U	U	U	A	A	U	U	U	-	U
<i>Gudang Saw Tender</i>	E	U	U	U	A	U	U	U	U	-

Tabel diatas menunjukkan keterangan flow antar fasilitas denah usulan yang diberikan. Diketahui, ditambahkan 3 fasilitas yaitu Gudang Reject, Gudang Hasil Skipper, dan Gudang Hasil Saw Tender yang menggantikan Gudang Campur. Gudang Reject memiliki relasi mutlak perlu dengan GCP & Trimmer, Office, dan Slitter. Sementara Gudang Hasil Skipper memiliki relasi mutlak perlu dengan Mesin Skipper dan Mesin Spiral Winder & Saw Tender. Terakhir, Gudang Hasil Saw Tender memiliki relasi mutlak perlu dengan Mesin Spiral Winder & Saw Tender.

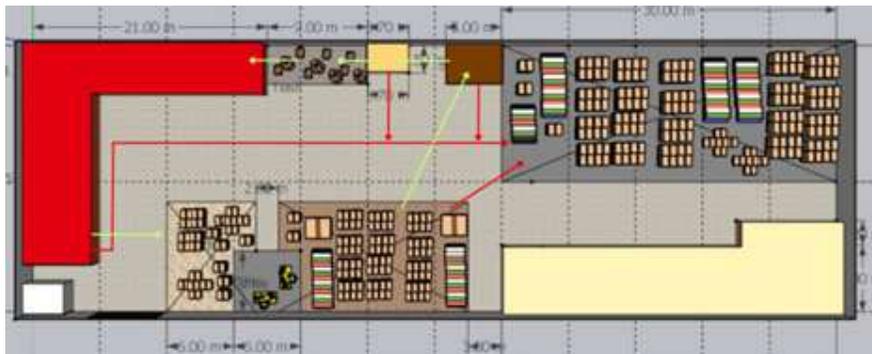
Tabel 8. Dimensi Fasilitas Denah Usulan

Fasilitas	Ukuran (m)		Keterangan
	Panjang	Lebar	
<i>Spiral Winder</i>	21	4.5	Harus nyambung sama <i>saw tender</i> membentuk L
<i>Saw Tender</i>	15	6	Harus nyambung sama <i>spiral winder</i> membentuk L
<i>Office</i>	33 m ²		Tidak bisa dipindah
<i>Slitter</i>	5	3.5	
<i>Skipper</i>	3.7	2.5	
<i>GCP</i>	30	6	GCP dan <i>trimmer</i> harus nyambung
<i>Trimmer</i>	9	2.2	GCP dan <i>trimmer</i> harus nyambung
GRM	157.256 m ²		
GFG	74.14 m ²		
<i>Gudang Reject</i>	369 m ²		
<i>Gudang Hasil Skipper</i>	45 m ²		
<i>Gudang Saw tender</i>	97.2 m ²		

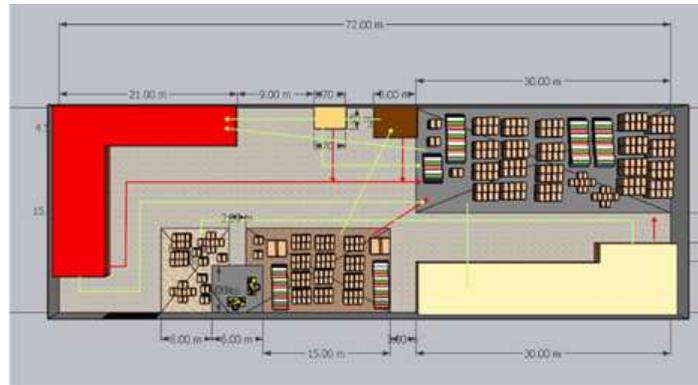
Dimensi fasilitas yang ditambahkan dari dimensi fasilitas pada denah awal adalah dengan adanya gudang *reject*, Gudang hasil skipper, dan Gudang saw *tender* yang menggantikan peran Gudang Campuran. Masing-masing gudang memiliki ukuran yang berbeda diantaranya 369 m² untuk Gudang *Reject*, 45 m² untuk Gudang Hasil *Skipper*, dan 97.2 m² untuk Gudang *Saw Tender*.

Flow Produksi Usulan

Pada flow produksi produk *papercore* kasar dimulai dari barang-barang mentah yang diambil dari gudang *raw material* diantar menuju tempat Mesin *Slitter* (mengikuti panah berwarna kuning dari tempat berwarna coklat muda menuju coklat tua dengan panjang 6 meter). Barang mentah yang hendak diolah akan dipotong-potong menjadi 8 bagian untuk diproses Mesin *Slitter*. Barang yang sudah selesai melalui proses *Slitter* akan dilanjutkan menuju proses *Skipper*. Seperti terlihat pada denah, Mesin *Skipper* berada tepat di sebelah kiri Mesin *Slitter* dan memiliki panjang 3,7 meter. Pada proses *Skipper*, barang tersebut akan dirapikan dan nantinya menghasilkan 24 buah produk. Namun, hanya 20 produk yang dapat lanjut ke proses berikutnya yaitu *Spiral Winder & Saw Tender*. 4 produk sisanya akan menunggu antrian dan diletakkan pada gudang hasil *Skipper*. *Spiral Winder & Saw Tender* terletak tepat di sebelah kiri Mesin *Skipper* (mesin berwarna merah), berukuran panjang 21 meter dan lebar 4,5 meter sedangkan Mesin *Spiral Winder* berukuran panjang 15 meter dan lebar 6 meter. Lalu, letak dari gudang campur adalah di sebelah kanan dari mesin *Slitter*, dengan ukuran 30 meter. Setelah barang melalui proses *Spiral Winder & Saw Tender*, produk akan terlenting menjadi panjang dan sesuai permintaan customer, barang tersebut telah selesai diproses (menjadi *finished goods*), dan siap diletakkan di gudang *finished goods*, yang letaknya di sebelah kanan dari Mesin *Spiral Winder & Saw Tender* untuk dikirim ke customer dan keluar dari gudang. Sementara barang yang mengalami *defect* atau cacat bisa langsung diserahkan pada Gudang *Reject* yang letaknya ada di sudut kiri bawah ruangan sesuai gambar denah usulan.



Gambar 8. Flow Produksi *Papercore* Kasar Denah Usulan Pada flow produksi produk *papercore* halus dimulai dari barang-barang mentah yang diambil dari gudang *raw material* diantar menuju tempat Mesin *Slitter* (mengikuti panah berwarna kuning dari tempat berwarna coklat muda menuju coklat tua dengan panjang 6 meter). Barang mentah yang hendak diolah akan dipotong-potong menjadi 8 bagian untuk diproses Mesin *Slitter*. Barang yang sudah selesai melalui proses *Slitter* akan dilanjutkan menuju proses *Skipper*. Seperti terlihat pada denah, Mesin *Skipper* berada tepat di sebelah kiri Mesin *Slitter* dan memiliki panjang 3,7 meter. Pada proses *Skipper*, barang tersebut akan dirapikan dan nantinya menghasilkan 24 buah produk. Namun, hanya 20 produk yang dapat lanjut ke proses berikutnya yaitu *Spiral Winder & Saw Tender*. 4 produk sisanya akan menunggu antrian dan diletakkan pada gudang hasil *Skipper*. *Spiral Winder & Saw Tender* terletak tepat di sebelah kiri Mesin *Skipper* (mesin berwarna merah), berukuran panjang 21 meter dan lebar 4,5 meter sedangkan Mesin *Spiral Winder* berukuran panjang 15 meter dan lebar 6 meter. Setelah barang melalui proses *Spiral Winder & Saw Tender*, produk akan terlenting menjadi panjang dan sesuai permintaan customer, barang tersebut telah selesai diproses (menjadi *finished goods*), dan siap diletakkan di gudang *finished goods*, yang letaknya di sebelah kanan dari Mesin *Spiral Winder & Saw Tender* untuk dikirim ke customer dan keluar dari gudang. Sementara barang yang mengalami *defect* atau cacat bisa langsung diserahkan pada Gudang *Reject* yang letaknya ada di sudut kiri bawah ruangan sesuai gambar denah usulan.



Gambar 9. Flow produksi *Papercore* Halus

Pengelompokan Tata Letak Fasilitas Usulan

Fasilitas usulan dikelompokan sesuai dengan kondisi sebagai berikut.

1. Kelompok fasilitas 1 : *GCP & Trimmer*
2. Kelompok fasilitas 2 : *Office*
3. Kelompok fasilitas 3: *Slitter*
4. Kelompok fasilitas 4 : *Skipper*
5. Kelompok fasilitas 5 : *Spiral Winder & Saw Tender*
6. Kelompok fasilitas 6 : Gudang *Raw Material*
7. Kelompok fasilitas 7 : Gudang *Finished Good*
8. Kelompok fasilitas 8 : Gudang *Reject*
9. Kelompok fasilitas 9 : Gudang Hasil *Skipper*
10. Kelompok fasilitas 10 : Gudang Hasil *Saw Tender*

Perhitungan Metode BLOCPAN

Ketika dihitung dengan 20 iterasi yang berbeda dijumpai nilai momen sebagai berikut. Pada iterasi-iterasi yang dilakukan adalah mencoba menukar fasilitas yang ada untuk mendapatkan hasil momen yang paling sederhana, diambil *sample* sebanyak 20 iterasi paling *reliable* untuk mendapatkan momen terkecil mewakili semua kombinasi yang memungkinkan untuk *layout* tersebut.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Menggunakan Metode BLOCPAN

Iterasi	Total Momen	% rel-dist-score	R-Score	Iterasi	Total Momen	% rel-dist-score	R-Score
1	1230	0.55	0.45	11	1000	0.33	0.67
2	1136	0.46	0.54	12	1016	0.35	0.65
3	1322	0.64	0.36	13	1158	0.48	0.52
4	1094	0.42	0.58	14	1278	0.59	0.41
5	1088	0.42	0.58	15	1264	0.58	0.42
6	1122	0.45	0.55	16	1368	0.68	0.32
7	1328	0.64	0.36	17	1224	0.54	0.46
8	1160	0.48	0.52	18	1194	0.52	0.48
9	1032	0.36	0.64	19	1030	0.36	0.64
10	1148	0.47	0.53	20	1116	0.44	0.56
Layout Awal					1028	0.45	0.55

Tabel 10. Hasil Perhitungan UB dan LB

UB	1708
LB	648

Dapat disimpulkan dari metode BLOCPLAN, hasil terbaik dari iterasi tersebut adalah pada iterasi ke-11 dengan total momen sebesar **1000** dengan nilai R-score tertinggi yaitu 67% bila dibandingkan yang lain termasuk layout awal yang ada di 55%.

Perhitungan Metode 2-OPT

Ketika dihitung dengan 20 iterasi yang berbeda dijumpai nilai momen sebagai berikut.

Tabel 11. Hasil Perhitungan Menggunakan Metode 2-OPT

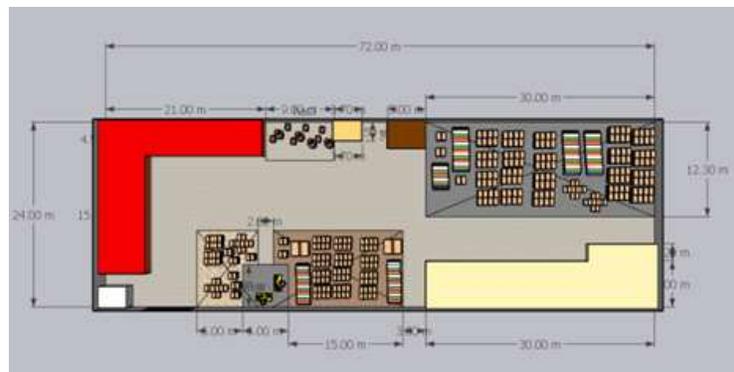
Iterasi	Total Momen (dalam meter)
1	970
2	1022
3	958
4	960
5	1006
6	1044
7	1034
8	1198
9	1008
10	1028
Layout awal	1028

Kesimpulan yang didapatkan dengan metode 2-OPT adalah nilai momen terefektif ada pada iterasi-3 dengan total momen sebesar 958. Dengan ini, usulan perbaikan *layout* untuk mengatasi *bottleneck* dan *backtracking* adalah membuat *layout* sesuai dengan *layout* yang menghasilkan nilai momen terkecil yaitu pada iterasi-3 metode 2-OPT.

Tabel 12. *Layout* Usulan dengan Nilai Momen Terkecil

Iterasi 3	6-8			
5	9	4	3	6
10	7	2	8	1
Momen				958

Maka ketika digambarkan, layout akan menjadi sebagai berikut.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Handoko, H. (2013). *Dasar-dasar Manajemen Produksi dan Operasi*. Edisi pertama, cetakan kedua belas. Yogyakarta. Penerbit BPFE.
- [2] Purnomo, H. (2004). *Pengantar Teknik Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- [3] Hussey, J. & Hussey, R. (1997). *Business Research: A Practical Guide for Undergraduate and Postgraduate Students*, Second Edition. Palgrave Macmillan. Basingtoke.
- [4] Sitompul, F.M. (2022). *Perancangan Tata Letak Pabrik Dengan Metode BLOCPLAN*. Jurnal Universitas Medan Area. 4.
- [5] Heragu, S.S., Bab III, *Facilities Design*, CRC Press. 978149872901. (2018). 50-52
- [6] Apple, James M. (1990). *Tata Letak Pabrik dan Perpindahan Bahan*, (Penerjemah: Nurhayai Mardiono). Bandung: Institusi Teknologi Bandung
- [7] Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J.M.A. (2010). *Facilities: Planning*. United States of America: Wiley.
- [8] Setiawan, B., Chandra, A. (2018). *Optimasi Jalur Distribusi dengan Metode Vehicle Routing Problem (VRP)*. Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik. 111.
- [9] Eunike, A., Choiri, M., Dewi, R.K. (2014). *Perancangan Tata Letak Fasilitas Menggunakan Metode BLOCPLAN Dan Analytic Hierarchy Process (AHP)*. Jurnal Universitas Sebelas Maret.
- [10] Nelfiyanti, N. (2020). *Analisis Tata Letak Fasilitas Produksi Dengan Metode FTC dan ARC Untuk Mengurangi Biaya Material Handling*. Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- [11] Wignjosuebrotto, S. (2003). *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu, dan Pengukuran Kerja*. Surabaya:
- [12] Christina, R. & Palit, H.C. (2020). *Perancangan Tata Letak Fasilitas Penyimpanan Material di Gudang Packaging PT. X*. Universitas Kristen Petra.
- [13] Heragu, S.S., Bab III, *Facilities Design*, CRC Press. 978149872901. (2018). 124-128.