

RANCANGAN PERBAIKAN TATA LETAK GUDANG BARANG JADI PRODUK STAMPING PARTS PADA PT. CSM BERDASARKAN METODE FUZZY SUBTRACTIVE CLUSTERING ALGORITHM

Annisa Widya Putri dan Iveline Anne Marie

Program Studi Teknik Industri Universitas Trisakti

e-mail: ptr.putri@hotmail.com, ivelineannemarie@yahoo.com

ABSTRAK

PT. CSM merupakan perusahaan yang bergerak di sektor industri otomotif. Stamping parts merupakan salah satu produk unggulan yang dihasilkan oleh PT. CSM. Permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan adalah belum optimalnya pemanfaatan ruang gudang barang jadi yang tersedia. Hal tersebut ditandai dengan adanya penempatan produk secara tidak teratur, adanya area pada gudang barang jadi yang difungsikan di luar kegiatan penyimpanan, penempatan produk jadi di luar area gudang karena daya tampung gudang barang jadi kurang maksimal, serta penempatan produk jadi yang mengganggu jalur gang dan saling menghalangi satu sama lain. Tujuan penelitian adalah untuk melakukan analisis dan memberikan usulan perbaikan rancangan tata letak gudang produk jadi pada PT CSM. Pemecahan masalah diawali dengan melakukan evaluasi terhadap kondisi awal gudang barang jadi dengan menggunakan check sheet, perhitungan total biaya perpindahan, total jarak tempuh forklift, dan utilitas penggunaan ruangan. Berdasarkan hasil evaluasi diperoleh total biaya perpindahan pada kondisi awal gudang barang jadi sebesar Rp 264.662,84 per hari dan total jarak tempuh dari pintu masuk gudang menuju area penyimpanan dan dari area penyimpanan ke pintu keluar gudang sebesar 2.336,28 meter. Langkah pemecahan masalah berikutnya adalah melakukan perancangan rak untuk meningkatkan daya tampung gudang. Selanjutnya digunakan algoritma Fuzzy Subtractive Clustering untuk mengetahui hasil pengelompokan tipe stamping parts sesuai dengan kecenderungan keanggotaannya. Hasil perhitungan menunjukkan pengelompokan tipe produk jadi ke dalam 4 cluster sebagai dasar penempatan produk jadi untuk meminimalkan jarak tempuh dalam pengangkutan produk jadi. Usulan rancangan tata letak gudang barang jadi menghasilkan total biaya perpindahan sebesar Rp 252.982,69 per hari atau penurunan sebesar 4,4132% dari kondisi awal gudang, dengan total jarak tempuh dari pintu masuk gudang menuju area penyimpanan dan dari area penyimpanan ke pintu keluar gudang sebesar 983,146 meter. Tata letak gudang barang jadi usulan terbaik menghasilkan utilisasi ruangan sebesar 25,078%.

Kata Kunci: Fuzzy Subtractive Clustering, Perancangan Tata Letak Gudang, Sistem Rak

ABSTRACT

PT. CSM is manufacturer company running in the the sector of automotive industry. Stamping parts are one of their leading products, which are produced in a make to stock system. The problem occurring in the company's finished goods warehouse is that the available warehouse space area is not being functioned optimally. The problem is detected by unorganized and random finished goods placements, an area inside the warehouse that is used outside the purpose of finished goods storing, finished goods placements outside the warehouse area because of the insufficient warehouse storage capacity, and finished goods placements that interrupt the aisles and block each other. The purpose of the research is analyzing and proposing improvement idea for finished goods warehouse layout design in PT. CSM. Problem is begun to be solved first by evaluating the current condition of finished goods warehouse with check sheet, total transportation cost, total transportation distance of forklift, and warehouse utilization. Based on the evaluation, it is identified that the total finished goods transportation cost are Rp 264,662.84 per day and total travel distance from warehouse entry to storage space and from storage space to warehouse exit are 2,336.28 meter. Secondly, the problem is solved by designing a racking system. The reason behind designing a racking system is to utilize the airspace so it will increase the capacity of the warehouse. Third way to solve the problem is applying Fuzzy Subtractive Clustering Algorithm to categorize stamping parts depending on its membership tendency. The algorithm results in products grouping into four different clusters used as a rule for products placement in the warehouse to minimize products travel distances. The best proposed warehouse layout alternative results in total finished goods transportation cost Rp 252,982.69 per day, decreasing about 4.4132% from the current condition, with total travel distance from warehouse entry to storage space and from storage space to warehouse exit are 983.146 meter. The best proposed warehouse layout alternative also results in space utilization percentage about 49.6%. The number is higher than the percentage of current warehouse condition, which is only 18.773%.

Keywords: Fuzzy Subtractive Clustering, Warehouse Layout Design, Racking System

PENDAHULUAN

Gudang merupakan fasilitas pendukung *inventory*. Perencanaan gudang mempengaruhi kualitas bahan baku dan barang jadi yang diproduksi suatu perusahaan. Penempatan produk jadi yang tidak teratur akan mengakibatkan adanya peningkatan terhadap biaya *material handling* yang disebabkan oleh peningkatan jarak tempuh dan kesulitan dalam proses penempatan dan pengambilan produk jadi pada gudang. Perancangan dan pengaturan tata letak produk jadi pada gudang akan memperlancar aktivitas penyimpanan produk jadi.

PT. CSM merupakan perusahaan manufaktur yang berlokasi di Jawa Barat, Indonesia, yang bergerak di sektor industri otomotif. Produk-produk yang dihasilkan antara lain adalah *dies, jig dan checking fixture, pressed parts, sub assembly parts, fabrications, maintenance services, steel construction*, dan kegiatan permesinan (*machinery works*). *Stamping parts* merupakan salah satu produk unggulan. Hasil produksi *stamping parts* telah memiliki konsumen tetap dari perusahaan otomotif besar. Produk ini diproduksi untuk mendukung strategi *make to stock*. Penyimpanan stok dilakukan di gudang barang jadi yang dialokasikan khusus untuk produk *stamping parts*.

Gudang barang jadi yang dimiliki oleh PT. CSM berukuran 15 m x 10 m. Stok disimpan di dalam gudang barang jadi yang dialokasikan khusus untuk produk *stamping parts*. Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara dengan pihak perusahaan, penempatan produk di dalam gudang barang jadi dilakukan tanpa perencanaan dan cenderung disesuaikan dengan ketersediaan ruangan (*space*) yang ada pada saat operator ingin meletakkan produk jadi. Kondisi ini memperlambat proses *load* dan *unload* dan mengganggu jalur gang sebagai area lalu lintas alat *material handling*. Alat *material handling* yang digunakan pada gudang adalah *forklift* berkapasitas 3 ton.

Gudang barang jadi yang belum menerapkan sistem penempatan barang dengan

baik menyebabkan pemanfaatan ketersediaan ruang pada gudang belum optimal. Banyak produk jadi yang diletakkan di lantai tanpa menggunakan *pallet* karena *space* yang ada tidak mencukupi apabila menggunakan *pallet*. Terdapat sejumlah produk jadi yang dipaksakan untuk ditempatkan di satu *pallet* dengan jumlah yang melebihi kapasitas *pallet* untuk mengurangi kebutuhan *pallet* yang harus disimpan di gudang karena keterbatasan ketersediaan area gudang. Terdapat pula produk jadi yang disimpan sementara di area lantai produksi karena area gudang yang tidak mencukupi.

Berdasarkan permasalahan tata letak gudang barang jadi pada PT. CSM, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis dan memberikan usulan perbaikan rancangan tata letak gudang produk jadi pada PT. CSM.

TINJAUAN PUSTAKA

Gudang Barang Jadi

Pada umumnya terdapat 3 jenis gudang, yaitu gudang bahan baku, gudang bahan pembantu, dan gudang barang jadi. Gudang barang jadi yang menjadi fokus pada penelitian merupakan gudang yang berfungsi untuk menyimpan produk-produk yang telah selesai diproduksi. Aktivitas yang dilakukan pada gudang antara lain adalah *receiving, pre-packing, putaway, storage, order picking, packaging and/or pricing, sortation, dan packing and shipping*. Salah satu prinsip area penyimpanan yang diterapkan di gudang adalah *popularity*, yaitu minimalisasi jarak tempuh untuk tipe produk yang memiliki tingkat popularitas tinggi [1].

Material Handling

Material handling merupakan seni dan ilmu pemindahan, penyimpanan, pengamanan, dan pengontrolan suatu material. Kegiatan *material handling* bukanlah kegiatan yang produktif, namun berperan sangat penting dan dibutuhkan dalam proses produksi. *Pallet* dan rak merupakan salah satu cara *material handling* yang umum digunakan dalam media penyimpanan [1].

Perancangan Rak

Rak merupakan salah satu alat *material handling* yang digunakan sebagai media penyimpanan. Dimensi yang harus diperhatikan dalam perancangan rak adalah *clear space* antara lantai dan langit-langit, dimensi *pallet*, kedalaman rak, tinggi rak, dan panjang rak. Jenis rak yang digunakan adalah *standard pallet rack*. *Standard pallet rack* terdiri dari dua *upright frame* dan sepasang *load beam* untuk tiap level atau tingkatan raknya. *Standard pallet rack* umumnya didesain untuk penyimpanan *pallet loads* atau produk yang dikemas dengan karton. Bukaan atau *opening* rak ini terdiri dari satu hingga tiga *pallet loads*. Rak ini didesain untuk peletakan rak *single-deep rows* atau saling membelakangi (*back to back rows*). Pada *standard pallet rack*, posisi *pallet load* di tingkat pertama berada di atas lantai (tidak diletakkan di atas *load beam*, sedangkan posisi *pallet load* tingkat kedua berada kira-kira 44 hingga 48 in di atas lantai. Jarak kelonggaran antar *pallet* atau antara *pallet* dengan *upright frames*-nya adalah 3 hingga 6 inch [2].

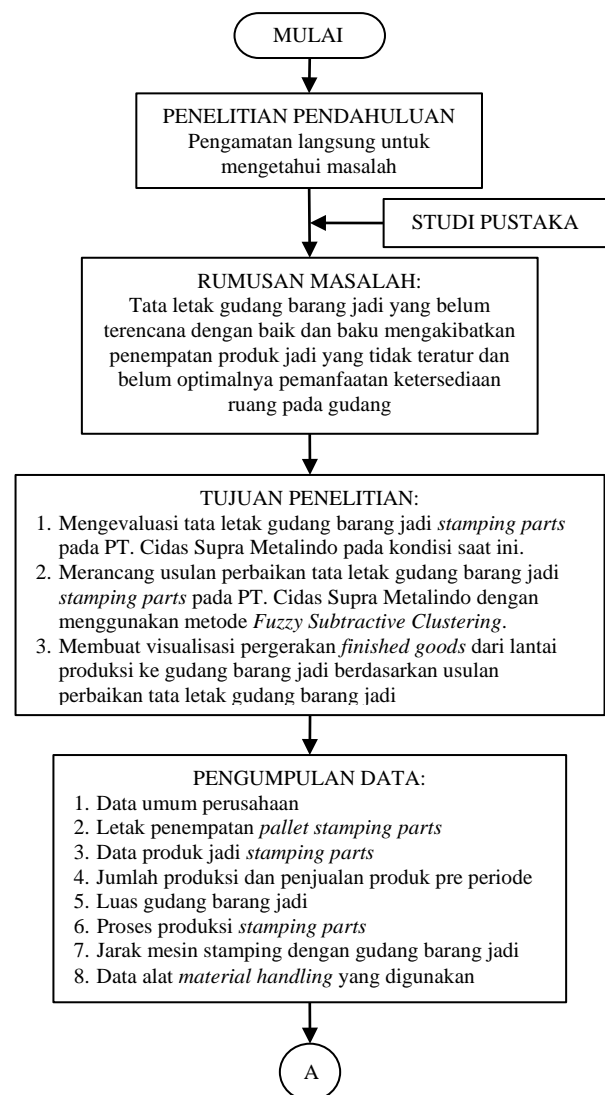
Fuzzy Subtractive Clustering Algorithm

Fuzzy Subtractive Clustering merupakan salah satu algoritma *Fuzzy Clustering* yang banyak dikenal. Pada *Fuzzy Subtractive Clustering* jumlah kelompok yang akan dibentuk belum diketahui sebelumnya. *Fuzzy Subtractive Clustering* didasarkan atas ukuran densitas (potensi) titik-titik data dalam suatu ruang atau variabel. Pada *Fuzzy Subtractive Clustering* suatu *cluster* pasti merupakan salah satu dari data yang dikelompokkan. Konsep dasarnya adalah menentukan daerah-daerah dalam suatu variabel yang memiliki densitas tertinggi terhadap titik-titik di sekitarnya [3].

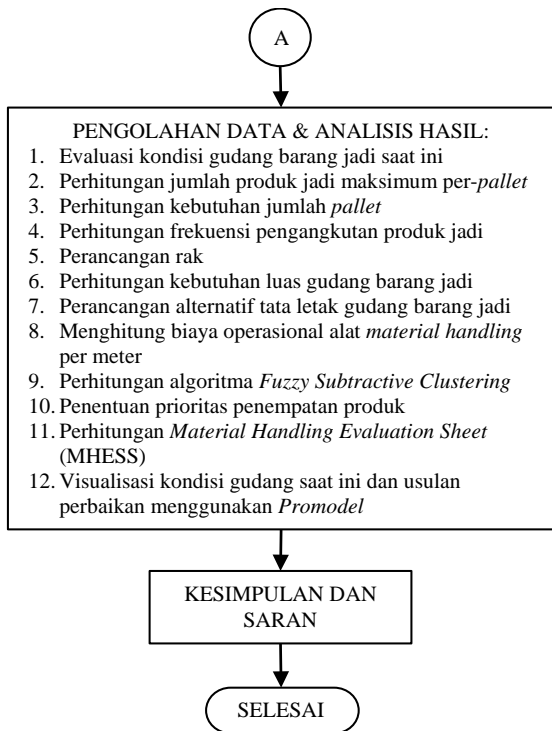
METODE PENELITIAN

Penelitian diawali dengan melakukan evaluasi terhadap kondisi awal gudang barang jadi dengan menggunakan *material handling audit check sheet*, perhitungan total jarak tempuh *forklift*, perhitungan total biaya perpindahan *forklift* per hari, dan persentase utilisasi penggunaan area gudang. Selanjutnya dilakukan perancangan rak dengan terlebih dahulu menghitung jumlah produk jadi

maksimum per *pallet*, kebutuhan *pallet*, dan frekuensi pengangkutan produk jadi. Lalu, dilakukan perhitungan kebutuhan luas gudang barang jadi dan alternatif *layout* gudang barang jadi berdasarkan rak yang telah dirancang. Selanjutnya dilakukan pengelompokkan tipe produk *stamping parts* ke dalam *cluster* tertentu untuk meminimasi biaya perpindahan *forklift*. *Layout* usulan terbaik merupakan *layout* usulan dengan total biaya perpindahan *forklift* yang paling minimal berdasarkan perhitungan *Material Handling Evaluation Sheet* (MHES). *Layout* usulan terbaik tersebut kemudian akan dibandingkan dengan *layout* kondisi awal gudang berdasarkan total jarak tempuh *forklift*, *material handling audit check sheet*, dan persentase utilisasi penggunaan ruangnya. Berikut ini merupakan *flowchart* penelitiannya:



Gambar 1. Flowchart Penelitian



Lanjutan Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

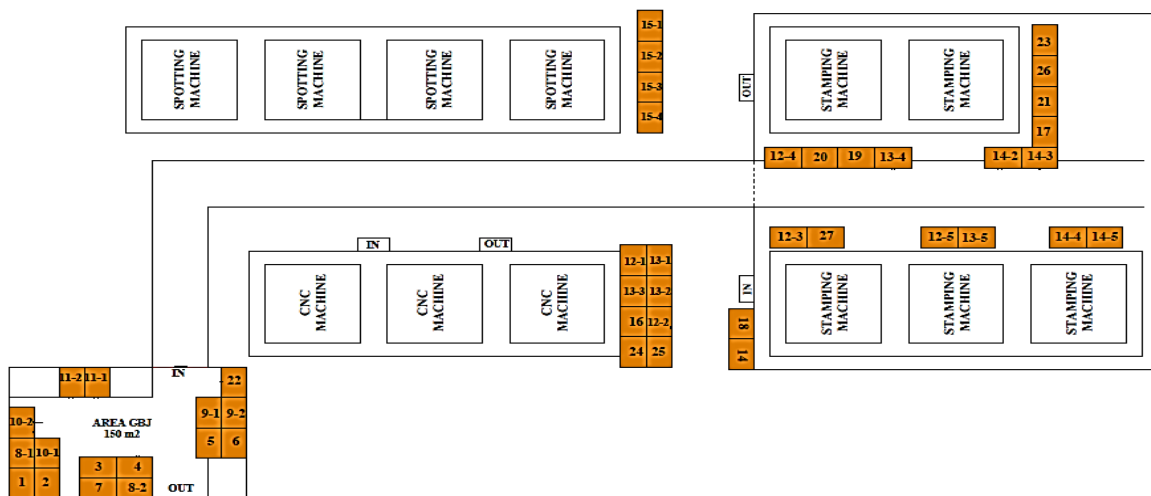
Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian antara lain adalah data umum perusahaan, letak penempatan *pallet stamping parts*, data produk jadi *stamping parts*, jumlah produksi dan penjualan produk per periode, luas gudang barang jadi, proses produksi *stamping parts*, jarak mesin *stamping* dengan gudang barang jadi, dan data alat *material handling* yang digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi Kondisi Awal Gudang Barang Jadi

Evaluasi menggunakan *Material Handling Audit Checklist* memudahkan penggunaannya dalam proses identifikasi permasalahan yang berkaitan pada gudang barang jadi. Pada kondisi awal gudang barang jadi, ditemukan adanya pergerakan material atau produk jadi yang terhambat sehingga menyebabkan *delay*, yang disebabkan oleh penempatan produk jadi yang saling menghalangi atau menutupi satu sama lain sehingga diperlukan beberapa kali proses pemindahan produk. Alat *material handling* yang digunakan hanya 1 *forklift* yang difungsikan untuk mengangkut produk jadi dari lantai produksi menuju gudang dan mengangkut produk jadi meninggalkan gudang. Pada gudang barang jadi, banyak ditemukan produk jadi yang diletakkan secara langsung di atas lantai, tanpa menggunakan alas atau *pallet*. Penempatan produk jadi dilakukan secara tidak teratur, sehingga menghalangi proses pemindahan produk jadi oleh *forklift*, yang mengakibatkan meningkatnya biaya operasional *forklift*. Berdasarkan hasil evaluasi diperoleh total biaya perpindahan pada kondisi awal gudang barang jadi sebesar Rp 264.662,84 per hari dan total jarak tempuh dari pintu masuk gudang menuju area penyimpanan dan dari area penyimpanan ke pintu keluar gudang sebesar 2.336,28 meter. Utilisasi penggunaan ruangan hanya diperoleh sebesar 4,881%.



Gambar 2. *Layout* Penempatan *Stamping Parts* Kondisi Awal

Jumlah Produk Maksimum pada Pallet

Perhitungan jumlah produk maksimum pada *pallet* bertujuan untuk menghitung berapa jumlah produk yang dapat ditampung oleh *pallet* hingga batas maksimal *pallet* yaitu 2000 kg. Hasil perhitungan tersebut digunakan untuk menghitung berapa jumlah *pallet* yang dibutuhkan oleh gudang untuk masing-masing tipe produk.

Kebutuhan Jumlah Pallet

Jumlah *pallet* yang dibutuhkan untuk masing-masing tipe produk dihitung dengan menggunakan stok maksimum dari masing-masing tipe produk. Jumlah stok akhir tergantung pada jumlah stok awal, jumlah produk jadi yang telah selesai diproduksi dan masuk ke dalam sistem penyimpanan (*in*), dan jumlah produk jadi yang dikirim ke *customer* sesuai pesanan (*out*). Contoh perhitungan untuk produk tipe K-1026, MEMBER, RR SIDE, RH adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah pallet} &= \frac{\text{jumlah stok maksimum}}{\text{jumlah produk jadi maks per pallet}} \quad (1) \\ &= 3206/780 = 4,11 \sim 5 \text{ pallet} \end{aligned}$$

Frekuensi Pengangkutan Produk Jadi

Masing-masing tipe *stamping parts* yang disimpan di gudang memiliki jumlah *pallet* yang berbeda-beda. Produk *stamping parts* yang telah selesai diproduksi kemudian dimasukkan ke dalam *pallet*, kemudian *forklift* akan mengangkat *pallet* tersebut dari lantai produksi menuju gudang barang jadi (*in*/masuk ke dalam gudang). *Forklift* juga mengangkat *pallet* dari gudang barang jadi ke pintu keluar gudang barang jadi menuju area *shipping* (*out* / keluar dari gudang). Sebagai contoh untuk produk tipe K-1026, MEMBER, RR SIDE, RH periode 1, cara perhitungannya adalah sebagai berikut:

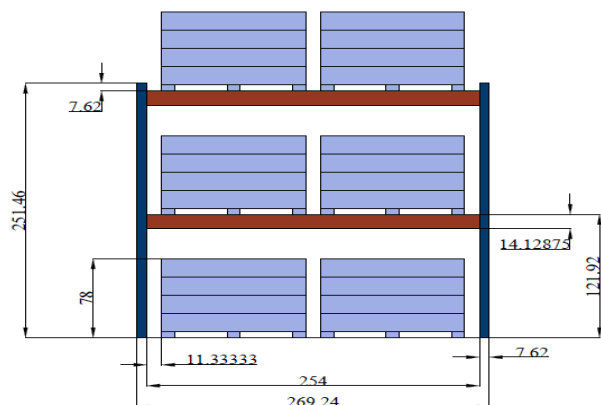
$$\begin{aligned} \text{Frekuensi } in \text{ atau } out &= \\ \frac{\text{jumlah produk yang masuk } in \text{ atau } out \times \text{berat produk}}{\text{maksimum unit load}} \quad (2) \end{aligned}$$

$$\text{Frekuensi } in = \frac{812}{780} = 1,041 \sim 2 \text{ kali}$$

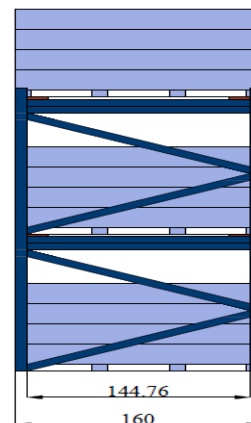
$$\text{Frekuensi } out = \frac{250}{780} = 0,3205 \sim 1 \text{ kali}$$

Perancangan Rak

Berdasarkan Mulcahy (1994), salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan *space* penyimpanan pada gudang adalah dengan memanfaatkan area 'udara' (*airspace*) di atas lantai. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memanfaatkan area 'udara' tersebut adalah dengan menggunakan rak (Mulcahy, 1994). Penggunaan rak akan meningkatkan jumlah *unit load* yang dapat disimpan karena penempatan *unit load* dilakukan secara vertikal. Hasil perancangan rak adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Tampak Depan Rak (satuan cm, skala 1:1)



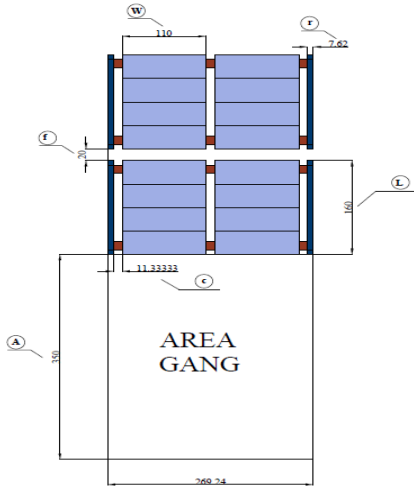
Gambar 4. Tampak Samping Rak (satuan cm, skala 1:1)

Perhitungan Kebutuhan Luas Gudang Barang Jadi

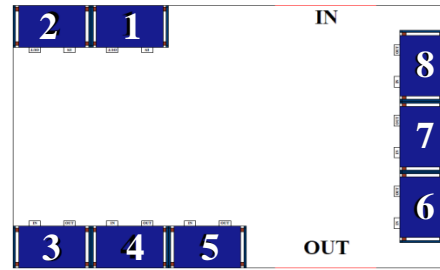
$$\begin{aligned} \text{Lebar area rak} &= 2r + 2W + 3c \quad (3) \\ &= (2 \times 7,62) + (2 \times 110) + \\ &\quad (3 \times 11,3333) \\ &= 269,24 \text{ cm} = 2,6924 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang area rak} = 0,5A + L + 0,5F$$

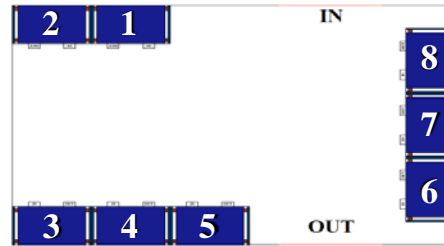
$= (0,5 \times 350) + 160 + (0,5 \times 20)$
 $= 345 \text{ cm} = 3,45 \text{ m}$
 Luas area rak = panjang area x lebar area
 $= 345 \text{ cm} \times 269,24 \text{ cm}$
 $= 92887,8 \text{ cm}^2 \sim 9,3 \text{ m}^2$
 Kebutuhan luas lantai gudang barang jadi = luas area rak barang jadi x jumlah rak yang dibutuhkan
 $= 9,3 \text{ m}^2 \times 8 = 74,4 \text{ m}^2$



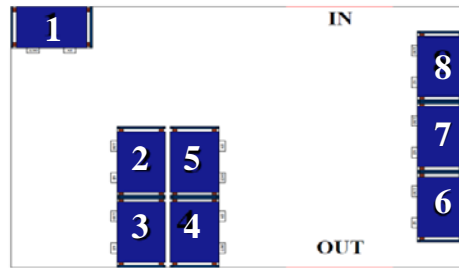
Gambar 5. Tampak Atas Penempatan Rak (satuan cm, skala 1:1)



Gambar 8. Layout Alternatif 3

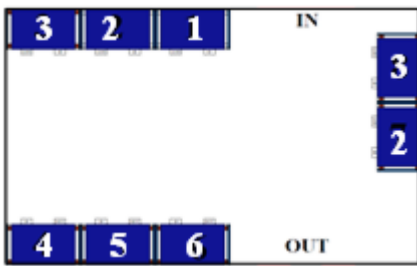


Gambar 9. Layout Alternatif 4

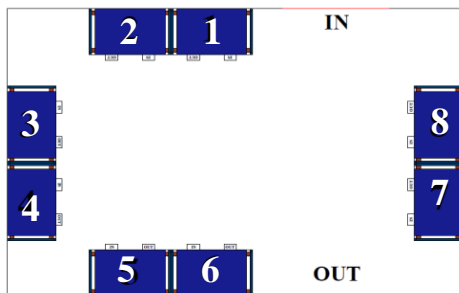


Gambar 10. Layout Alternatif 5

Perancangan Layout Alternatif



Gambar 6. Layout Alternatif 1



Gambar 7. Layout Alternatif 2

Biaya Perpindahan Forklift per Meter

Berdasarkan hasil wawancara dengan kepala departemen *Warehouse & Delivery* dan departemen *Plant Equipment & Support* PT. CSM, diperoleh data mengenai *material handling* di gudang barang jadi produk *stamping part* sebagai berikut:

1. Alat *material handling* yang digunakan adalah *forklift* merek TCM berkapasitas 3 ton.
2. Kecepatan pemakaian *forklift* adalah 20 km/jam.
3. Aktivitas penyimpanan dan pengambilan produk jadi umumnya dilakukan pada hari kerja PT. CSM yaitu hari Senin hingga Jumat, dengan jam kerja per harinya adalah 7 jam, di mana dalam satu bulan terdapat 22 hari kerja.
4. Pengoperasian *forklift* dilakukan oleh satu orang operator.
5. Upah operator per bulan adalah Rp 2.975.000,00 per bulan.

6. Harga pembelian *forklift* adalah Rp 285.650.000,00.
7. Umur ekonomis *forklift* adalah 10 tahun.
8. Nilai sisa *forklift* ketika dijual saat umur ekonomis telah habis diperkirakan Rp 95.000.000,00.
9. Biaya *maintenance forklift* adalah Rp 475.000,00 per bulan, yang digunakan untuk penggantian oli, pengecekan dan/atau penggantian ban, dan penggantian *spare parts* apabila ada kerusakan.
10. Jenis bahan bakar yang digunakan adalah solar, dengan harga per liter adalah Rp 11.650,00.

Perhitungan depresiasi alat *material handling forklift* menggunakan metode garis lurus, karena *forklift* memberikan kontribusi yang merata selama masa penggunaannya. Depresiasi dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Depresiasi} &= \frac{\text{Harga Perolehan Aset} - \text{Nilai Sisa}}{\text{Umur Ekonomis Aset}} \quad (4) \\ &= \frac{285.650.000 - 95.000.000}{10 \times 12 \times 22 \times 7} \\ &= 10316,56 \text{ per jam} \end{aligned}$$

Bahan bakar yang digunakan oleh *forklift* adalah solar berjenis solar non subsidi. Harga solar non subsidi ketika periode penelitian adalah Rp 11.650,00 per liter. Dalam satu hari, *forklift* rata-rata menghabiskan 7 liter bahan bakar solar non subsidi. Sehingga, dalam satu hari, biaya yang dikeluarkan untuk bahan bakar *forklift* adalah Rp 81.550,00. Dalam satu hari, terdapat 7 jam kerja.

- Biaya bahan bakar *forklift* per jam-nya adalah: $= \frac{81550}{7} = \text{Rp } 11.650,00$ per jam.
- Upah operator per bulan adalah Rp 2.975.000,00.
- Upah operator per jam = $\frac{2975000}{22 \times 7} = \text{Rp } 19.318,00$ per jam

Berdasarkan hasil perhitungan depresiasi, bahan bakar, dan operator *material handling*, serta data-data *material handling* yang diperoleh dari hasil wawancara dengan staf pabrik yang bersangkutan.

Biaya *material handling* per meter

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{depresiasi} + \text{biaya maintenance} + \text{biaya bahan bakar} + \text{upah operator}}{\text{kecepatan forklift}} \quad (5) \\ &= \frac{10316,56 + \left(\frac{475000}{22 \times 7}\right) + 11.650 + 19.318}{20 \times 1000} \\ &= \text{Rp } 2,218 \text{ per meter} \end{aligned}$$

Fuzzy Subtractive Clustering Algorithm

Langkah perhitungan *Fuzzy Subtractive Clustering Algorithm* adalah sebagai berikut[3]:

- a. Menginput data yang di-*cluster*, yaitu 27 tipe *stamping parts*, frekuensi *in* dan *out*, biaya perpindahan, dan alokasi *pallet*
- b. Menentukan nilai:

- R_j , merupakan jari-jari berupa vektor yang akan menentukan seberapa besar pengaruh pusat *cluster* pada tiap-tiap variabel. $R_j = 0,5$.
- q (*squash factor*), merupakan nilai yang digunakan sebagai pengali dengan jari-jari untuk menentukan *cluster* dengan mengurangi potensi data lainnya. $q = 0,5$.
- *Accept ratio* yaitu batas bawah di mana suatu titik data yang menjadi kandidat atau calon pusat *cluster* diperbolehkan untuk menjadi pusat *cluster* = 0,5.
- *Reject ratio* yaitu batas atas di mana suatu titik data yang menjadi kandidat atau calon pusat *cluster* tidak diperbolehkan untuk menjadi pusat *cluster* = 0,2.
- Batas bawah atau minimum data diperbolehkan (X_{min}) merupakan nilai minimal untuk data yang akan di *cluster* = [0 ; 0 ; 0 ; 0]
- Batas atas atau maksimum data diperbolehkan (X_{max}) merupakan nilai maksimal untuk data yang akan di *cluster* = [100 ; 100 ; 5 ; 10]

- c. Normalisasi data, dengan rumus:

$$X_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{minj}}{X_{maxj} - X_{minj}}; \quad (6)$$

$$i = 1, 2, \dots, 27; j = 1, 2, 3, 4$$

- d. Perhitungan Potensi Awal

$$T_j = X_{ij}; j = 1, 2, \dots, m$$

$$\text{Hitung} = \text{Dist}_{kj} = \left(\frac{T_j - X_{kj}}{r}\right); \quad (7)$$

$$j = 1, 2, \dots, 4; k = 1, 2, \dots, 27$$

Potensi awal:

Karena $m > 1$, maka

$$D_i = \sum_{k=1}^{27} e^{-4(\sum_{j=1}^4 Dist_{kj}^2)}$$

Untuk mempermudah perhitungan, dimisalkan:

$$DS_k = \sum_{j=1}^4 Dist_{kj}^2$$

e. Penentuan Pusat Cluster

Apabila $0,2 \leq \text{rasio } (= \frac{Z}{M}) \leq 0,5$ maka data diterima sebagai pusat cluster

f. Menghitung Derajat Keanggotaan

Pusat cluster pertama adalah data ke-23 ($\mu_{1-23} = 1$); pusat cluster kedua adalah data ke-18 ($\mu_{1-18} = 1$); pusat cluster ketiga adalah data ke-8 ($\mu_{1-8} = 1$)p dan pusat cluster keempat adalah data ke-10 ($\mu_{1-10} = 1$). Dengan menggunakan fungsi Gauss, dapat dihitung derajat keanggotaan setiap data pada masing-masing cluster.

g. Hasil Akhir Cluster

Cluster ke-1 terdiri dari produk jadi ke-1, 2, 3, 5, 6, 23, 24, 25, 26, dan 27. Cluster ke-2 terdiri dari produk jadi ke-16, 17, 18, 19, 20, 21, dan 22. Cluster ke-3 terdiri dari produk jadi ke-4, 7, 8, dan 9. Cluster ke-4 terdiri dari produk jadi ke-10, 11, 12, 13, 14, dan 15.

Penentuan Prioritas Penempatan Produk

Penentuan prioritas penempatan produk untuk setiap cluster dilakukan dengan menghitung persentase T/S (*throughput per storage*). *Throughput* dan *storage* dihitung dengan cara sebagai berikut:

1. *Throughput* (T) = (frekuensi *in* x probabilitas *in*) + (frekuensi *out* x probabilitas *out*) (8)

2. *Storage* (S) = jumlah *storage* (*pallet*) yang dibutuhkan (9)

Contoh perhitungan T/S untuk produk Y-1192, MBR, FR APRON TO COWL SDE adalah sebagai berikut:

1. *Throughput* (T) = (2 x 0,5) + (24 x 0,5) = 13

2. *Storage* (S) = 1

3. T/S = 13 / 1 = 13

Penentuan prioritas penempatan produk bertujuan untuk mengetahui cluster mana dan tipe produk apa yang diprioritaskan untuk diletakkan di rak dengan jarak tempuh

terpendek dari pintu *in* dan ke pintu *out*. Penentuan prioritas penempatan produk dilakukan dengan perhitungan *throughput per storage*. Perhitungan tersebut didasarkan pada prinsip area penyimpanan berdasarkan *popularity*-nya, yaitu dengan meminimalisasi jarak tempuh produk yang memiliki frekuensi *in* dan *out* yang tinggi (*popular item*). Semakin tinggi nilai *throughput per storage*-nya, berarti produk tersebut memiliki frekuensi *in* maupun *out* yang semakin tinggi pula, sehingga produk tersebut dikatakan lebih populer dibandingkan tipe produk lainnya.

Tipe produk yang populer memiliki prioritas yang lebih utama atau lebih tinggi untuk ditempatkan di rak yang memiliki jarak tempuh paling minimal dari pintu *in* dan ke pintu *out*. Hasil perhitungan *throughput per storage* menunjukkan bahwa prioritas paling pertama untuk ditempatkan di rak yang memiliki jarak tempuh paling minimal dari pintu *in* dan ke pintu *out* adalah cluster 2, selanjutnya di prioritas kedua untuk cluster 4, prioritas ketiga untuk cluster 1, dan prioritas terakhir untuk cluster 3.

Penentuan Layout Alternatif Terbaik

Alternatif tata letak gudang barang jadi usulan yang terbaik yaitu alternatif ke-4 menghasilkan total biaya perpindahan sebesar Rp 252.982,69 per hari atau penurunan sebesar 4,4132% dari kondisi awal gudang, dengan total jarak tempuh dari pintu masuk gudang menuju area penyimpanan dan dari area penyimpanan ke pintu keluar gudang sebesar 983,146 meter. Hasil analisa utilisasi gudang menunjukkan adanya peningkatan pada tata letak usulan. Tata letak gudang barang jadi usulan alternatif terbaik menghasilkan utilisasi ruangan sebesar 25,078%.

Hasil perhitungan total biaya perpindahan *forklift* menggunakan *Material Handling Evaluation Sheet* terlihat pada Tabel 1.

Material Handling Evaluation Checksheet digunakan sebagai metode evaluasi untuk membandingkan kondisi awal gudang barang jadi dan kondisi pada *layout* gudang barang jadi usulan. Pada *layout* gudang barang jadi alternatif ke-4, tidak terdapat lagi *delay* pada pergerakan *material* atau produk karena tidak

ada lagi penempatan produk jadi yang saling menghalangi atau menutupi satu sama lain. Jumlah *forklift* yang digunakan masih sama seperti kondisi awal gudang barang jadi awal, yaitu 1 buah *forklift*. Pada *layout* gudang barang jadi alternatif ke-4 tidak lagi ditemukan lagi penempatan produk jadi di lantai tanpa menggunakan *pallet*, karena telah dirancang rak yang digunakan untuk menyimpan produk jadi.

gang tidak lagi terganggu. Jalur gang pada gudang barang jadi masih berupa jalur gang 2 arah, namun lebarnya disesuaikan dengan *forklift* yang digunakan, yaitu selebar 3,5 meter. Sehingga, *forklift* dapat leluasa bergerak dan melakukan *turnover*. Pada *layout* gudang barang jadi alternatif ke-4, tidak ada lagi area pada gudang barang jadi yang difungsikan di luar kegiatan penyimpanan produk jadi.

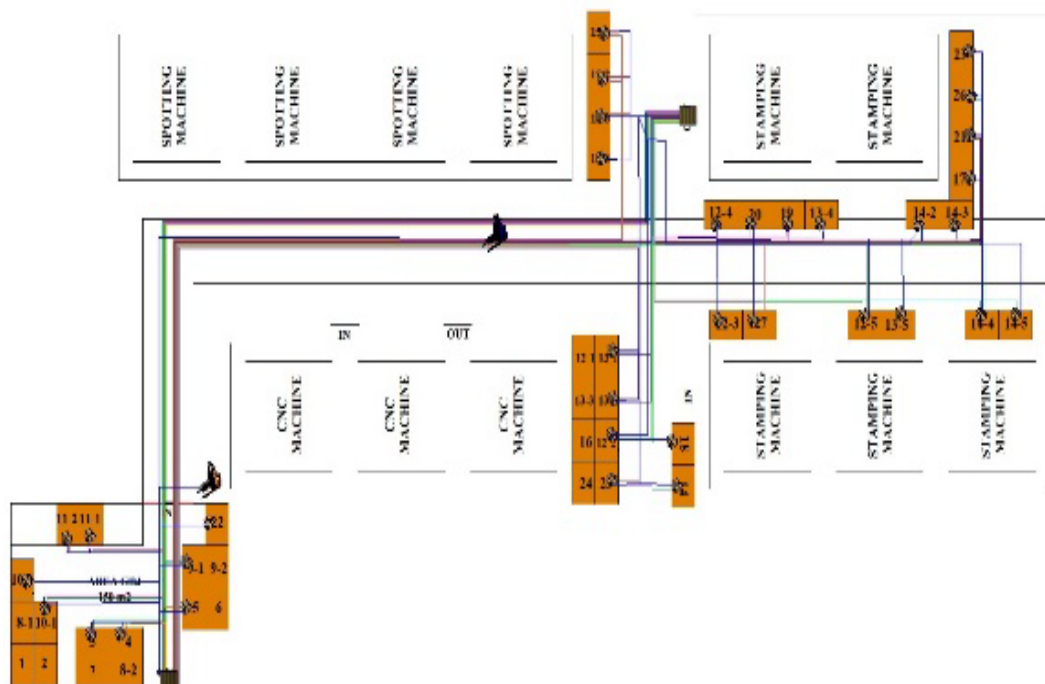
Tabel 1. Hasil Perhitungan MHES

	Total Biaya Perpindahan (Rp) per Hari	Persentase Penurunan Biaya dari Kondisi Awal	Alternatif Terbaik
Alternatif 1	253.014,59	4,4012	Alternatif 4
Alternatif 2	253.058,86	4,3844	
Alternatif 3	252.984,68	4,4125	
Alternatif 4	252.982,69	4,4132	
Alternatif 5	253.121,00	4,3610	
Kondisi Awal	264.662,84		

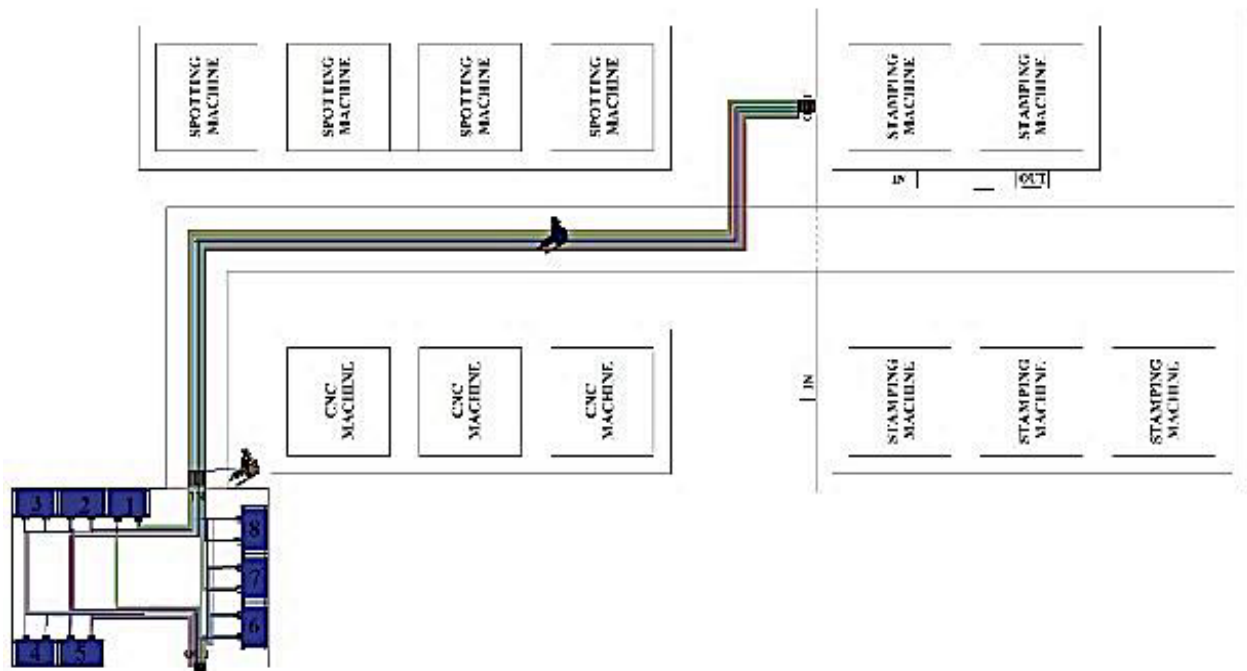
Penempatan produk jadi dilakukan berdasarkan hasil pengelompokan *Fuzzy Subtractive Clustering Algorithm* dengan penentuan prioritas berdasarkan *throughput per storage-nya*, sehingga penempatan produk jadi menjadi teratur, terpusat, dan jarak tempuh *forklift* dapat diminimalkan. Penempatan produk jadi yang teratur menyebabkan jalur

Visualisasi Gudang Barang Jadi Menggunakan ProModel

Pembuatan visualisasi bertujuan untuk menunjukkan pergerakan *forklift* dalam proses pengangkutan produk jadi *stamping parts* dari lantai produksi menuju ke area penyimpanan dan dari area penyimpanan menuju keluar gudang barang jadi dengan menggunakan *software ProModel*. Visualisasi dibuat pada *layout* kondisi awal gudang barang jadi dan *layout* gudang barang jadi usulan alternatif ke-4 (alternatif terbaik). Tipe-tipe *stamping parts* yang divisualisasikan adalah tipe-tipe *stamping parts* yang termasuk dalam klasifikasi A pada klasifikasi ABC. Tipe-tipe *stamping parts* yang tergolong dalam klasifikasi A tersebut dianggap dapat mewakili seluruh pergerakan *stamping parts* oleh *forklift*.



Gambar 10. Visualisasi Kondisi Awal Gudang Barang Jadi



Gambar 11. Visualisasi *Layout Usulan ke-4*

Berdasarkan hasil visualisasi perpindahan *stamping parts* pada kondisi awal gudang dan tata letak usulan, diperoleh hasil bahwa total waktu perpindahan *layout* gudang barang jadi alternatif ke-4 lebih pendek daripada total waktu perpindahan *layout* kondisi awal gudang barang jadi. Total waktu perpindahan gudang barang jadi berkurang dari 1,76 jam (pada *layout* kondisi awal gudang barang jadi) menjadi 0,51 jam (*layout* gudang barang jadi alternatif ke-4). Tata letak usulan mampu mengurangi waktu perpindahan *stamping parts* sebanyak 1,25 jam.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa: perancangan tata letak gudang barang jadi menggunakan metode *Fuzzy Subtractive Clustering Algorithm* menghasilkan 4 *cluster* dengan *cluster 2* sebagai *cluster* dengan prioritas pertama untuk ditempatkan di rak dengan jarak tempuh terpendek. Alternatif tata letak gudang barang jadi terbaik berdasarkan total biaya perpindahan produk jadi paling minimum adalah alternatif ke-4 dengan total biaya perpindahan produk jadi per hari sebesar Rp 252.982,69 (penurunan 4,413% dari kondisi awal) dan total jarak tempuh *forklift* berkurang menjadi 983,146 meter. Utilitas penggunaan ruang pada tata letak gudang

barang jadi usulan meningkat menjadi sebesar 25,078%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Tompkins, White, Bozer, Frazelle, Tanchoco, & Trevino. 2003. *Facilities Planning*. 3rd Edition, John Wiley & Sons, Canada.
- [2]. Mulcahy, D.E. 1994. *Warehouse And Distribution Operations Handbook*. McGraw Hil-Hill Book Co., Singapore.
- [3]. Kusumadewi, S., Purnomo, H. 2013. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. 2nd. Edition, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [4]. Bataineh, K.M., Naji, M., & Saqer, M. 2011. A Comparison Study Between Various Fuzzy Clustering Algorithms. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 5(4).
- [5]. Harrel, Charles , Biman K. Ghosh, Royce O. Bowden Jr. 2003. *Simulation Using Promodel*. Second Edition. Mc. Graw Hill International Edition. New York.
- [6]. Priyono, A., Ridwan, M., Alias, A.J., Rahmat, R.A.O.K, Hassan, A., Ali., M.A.M. 2005. Generation of Fuzzy Rules with Subtractive Clustering. *Jurnal Teknologi: 43(D)*

- [7]. Steelking Industries, Inc., 2015. *Pallet Rack SK2000 Capacity*. [Online] Available at: <http://www.steelking.com> [accessed 15 Desember 2014]