

## ANALISA PERBAIKAN TATA LETAK GUDANG COIL DENGAN METODE CLASS BASED STORAGE

Rosihin\*, Ma'arij, Dadi Cahyadi, Supriyadi

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya

Email: rosihin1080@gmail.com; arijmaarij@gmail.com; dadicahyadi2012@gmail.com;  
supriyadi@unsera.ac.id

Artikel masuk : 20-11-2021

Artikel direvisi : 23-12-2021

Artikel diterima : 26-12-2021

\*Penulis Korespondensi

**Abstrak** -- Pengaturan tata letak mempunyai peranan penting dalam mempercepat proses operasi suatu sistem. Sistem pengaturan tata letak coil yang menggunakan random storage masih berdampak pada perusahaan seperti tingkat waktu dan kelelahan pekerja. Penempatan produk yang belum sesuai dengan spesifikasi tempat membuat proses kerja yang lama seperti pada saat loading shipment, handling coil dari line packing dan pada proses transfer ke intermediate. Penelitian ini bertujuan untuk mengefektifkan sistem tata letak coil sehingga dapat mengoptimalkan sistem kerja. Penelitian menggunakan metode class based storage yang membagi produk ke dalam tiga klasifikasi yaitu fast moving, medium moving, dan slow moving. Klasifikasi diawali dengan mengurutkan material berdasarkan frekuensi perpindahan. Perubahan pengaturan tata letak coil mampu memberikan tingkat efisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan random storage. Perbandingan waktu shipment lebih cepat dari area fast moving ke area shipment yaitu memakan waktu tempuh 1 menit. Tingkat efisiensi jarak mencapai 66% jika fast moving ditempatkan ke area C4 dan 29% jika fast moving ditempatkan di C2. Pengaturan dengan pendekatan class based storage mampu memberikan hasil yang optimal terkait dengan efisiensi jarak.

**Kata kunci:** Class Based Storage; Efisiensi Jarak; Fast Moving; Medium Moving; Slow Moving

**Abstract** Layout settings have an important role in accelerating the operational process of a system. The coil layout arrangement system that uses random storage still impacts the company, such as the level of time and worker fatigue. Product placement that is not in accordance with the specifications of the place makes a long work process such as during loading shipments, handling coils from the packing line and in the transfer process to intermediate. This study aims to streamline the coil layout system to optimize the work system. The research uses a class-based storage method that divides products into three categories: fast moving, medium moving, and slow moving. Classification begins with sorting the material based on the frequency of displacement. Changes in coil layout settings can provide a better efficiency level than random storage. The comparison of the shipping time is faster from the fast moving area to the shipment area, which takes 1 minute. The distance efficiency level reaches 66% if fast moving is placed in the C4 area and 29% if fast moving is placed in C2. Settings with a class based storage approach are able to provide optimal results related to distance efficiency.

**Keywords:** Class Based Storage; Distance Efficiency; Fast Moving; Medium Moving; Slow Moving

### PENDAHULUAN

Gudang memainkan peran penting dalam dalam manajemen rantai pasokan karena terikat dengan pengiriman produk dari pabrik ke pelanggan sambil memastikan keamanan produk (Dharmapriya & Kulatunga, 2011). Dalam sistem pergudangan, tata letak produk mempunyai

peranan yang penting dalam memperlancar proses pengiriman. Proses pengambilan produk diperkirakan menyumbang biaya distribusi 55% dari total biaya operasi warehouse (Tompkins et al., 2010) sampai 65% (Coyle et al., 2003) dari total biaya operasi gudang. Desain gudang dan prinsip manajemen dapat memainkan peran

penting dalam meningkatkan efisiensi operasi; mengurangi kelelahan karyawan dan meningkatkan tingkat layanan pelanggan (De Koster et al., 2017).

Tujuan perencanaan gudang adalah mengurangi biaya penanganan material dan meningkatkan pemanfaatan ruang (Gu et al., 2007). Pengaturan tata letak gudang dalam mempermudah proses pencarian produk, penyimpanan maupun pengeluaran produk (Johan & Suhada, 2018). Pengelolaan yang baik juga akan berdampak pada tingkat efektivitas dan efisiensi operasi (Setyawan & Fauzi, 2020).

Salah satu perusahaan yang bergerak dalam dalam bidang manufaktur (otomotif) juga mempunyai kendala dalam mengelola sistem pergudangan produk jadi. Perusahaan ini mempunyai 3 jenis produk yaitu *Cold Rolled Steel*, *Hot-Dip Galvanized Steel* dan *Hot-Dip Galvanized Steel* yang digunakan untuk membuat body mobil dalam dunia otomotif. Permintaan produk yang terus berkembang, perusahaan dituntut menghasilkan produk yang berkualitas baik dan sampai ditangan konsumen sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan.

Sistem pergudangan mempunyai fungsi menjaga kualitas produk selama proses penyimpanan dan mengirimkan produk sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Sistem pergudangan yang ada dianggap manajemen masih kurang optimal terutama pada proses *shipment* pada produk coil. Berdasarkan hasil wawancara menunjukkan permasalahan waktu dan kelelahan pekerja menjadi faktor yang banyak dikeluhkan pada proses *shipment* sehingga mengganggu jadwal pengiriman produk.

*Class Based Storage* merupakan kebijakan penyimpanan yang banyak digunakan berdasarkan klasifikasi jenis produk dan menetapkan penyimpanan produk yang acak (Xiao & Zheng, 2010). Model ini membagi item yang disimpan ke dalam kelas yang berbeda berdasarkan kurva permintaan ABC. Dalam kasus penyimpanan berbasis kelas ABC, sejumlah kecil produk dengan permintaan tinggi dikelompokkan sebagai produk kelas A dan kemudian disimpan di wilayah gudang yang paling dekat dengan depot (posisi masuk dan keluar). Item permintaan rendah, dikelompokkan sebagai item kelas-C, disimpan di wilayah terjauh dari depot. Dalam setiap kelas, item disimpan secara acak (Yu et al., 2015). Penggunaan metode *class based storage* mampu mempercepat proses perpindahan jarak 10% (Septiani et al., 2019) hingga 25% (Sujana et al., 2014) dibandingkan metode yang diterapkan perusahaan.

Penerapan metode *class based storage* mampu mengurangi waktu pengambilan lebih

besar dibandingkan dengan metode *dedicated storage* dan *random storage* (Meghelli-Gaouar & Sari, 2010; Sooksaksun et al., 2012). Metode ini lebih mudah diimplementasikan daripada metode *volume-based storage* karena tidak memerlukan daftar lengkap unit penyimpanan stok yang diperingkat berdasarkan volume dan membutuhkan lebih sedikit waktu untuk mengelola daripada menggunakan metode *volume-based storage*. Unit penyimpanan stok hanya perlu diklasifikasikan ke dalam beberapa kelas penyimpanan berdasarkan tingkat permintaan yang diharapkan (Petersen et al., 2004). Efektivitas *class based storage* dapat dicapai dengan mengintegrasikan *traversal routing* karena tingkat kemudahan penggunaannya dan memberikan kinerja yang mendekati optimal.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan perbaikan tata letak di gudang menggunakan *class based storage* khususnya tata letak coil. Secara keseluruhan tata letak coil ini melibatkan pembagian area ada dalam *warehouse* agar mempermudah dalam proses *shipment*, meletakkan dari area packing dan mengurangi beban kerja operator. Penerapan tata letak yang baik, diharapkan akan dapat menekan waktu yang dibutuhkan dalam suatu produksi dan tenaga yang harus dikeluarkan oleh pekerja.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini berkaitan dengan tata letak coil coil pada area *departmentt Finishing* pada sebuah perusahaan manufaktur di daerah Banten. Sistem pengaturan yang diterapkan sekarang belum optimal sehingga menyebabkan terganggunya proses *loading shipment*, *handling coil* dari *line CPL (Coil Packing Line)* dan transfer coil ke *intermediate*. Pengaturan kembali berdasarkan metode *class based storage*.

Operasi gudang biasanya diatur oleh salah satu dari tiga kebijakan penyimpanan: *randomized storage*, *dedicated storage*, dan *class-based storage*. *Class-based storage* adalah perpaduan antara penyimpanan *randomized storage* dan *dedicated storage*. Inventaris diberi kelas berdasarkan beberapa kriteria (yaitu, permintaan, jenis produk, ukuran) dan setiap kelas diberi blok lokasi penyimpanan. Dalam setiap blok lokasi penyimpanan, bahan disimpan secara acak (Larson et al., 1997).

Tujuan model ini adalah untuk mengelompokkan material dengan karakteristik yang sama dan mengalokasikan ruang lantai berdasarkan prioritas kelompok. Prosedur klasifikasi berusaha untuk meningkatkan pemanfaatan ruang lantai dengan membatasi efek 'honeycombing' (Tompkins & Smith, 1998), dan mengurangi penanganan material dengan memberi

peringkat item berdasarkan kebutuhan ruang penyimpanan dan *throughput*. Setiap kelas ditugaskan ke wilayah penyimpanan; namun, di dalam wilayah penyimpanan, materi disimpan secara acak. Penyimpanan acak dalam wilayah memberikan fleksibilitas untuk mengakomodasi variasi tingkat inventaris untuk bahan yang ditugaskan ke kelas. Dengan demikian, kebijakan penyimpanan berbasis kelas yang diusulkan meningkatkan pemanfaatan ruang lantai, menurunkan biaya penanganan material, dan meningkatkan fleksibilitas (Tompkins et al., 2010).

Penentuan model perencanaan menggunakan konsep klasifikasi ABC. Semua item produk mempunyai variasi masing-masing sehingga tidak memerlukan tingkat pengendalian yang sama. Konsep ABC mengadopsi dari implementasi hukum Pareto. Hukum Pareto menyiratkan bahwa sekitar 10 hingga 20 persen dari item inventaris perusahaan menyumbang sekitar 60 hingga 80 persen dari biaya inventarisnya. Kelas A merupakan produk bervolume tinggi yang relatif sedikit tetapi memberikan kontribusi omzet sekitar 60%-80%. Produk dengan volume sedang, kira-kira 30 persen dari produk itu, menyumbang sekitar 25 sampai 35 persen dari biaya persediaan perusahaan diklasifikasikan sebagai item B. Produk bervolume rendah, sekitar 50 sampai 60 persen dari produk-produk tersebut, hanya mewakili 5 sampai 15 persen dari omzet persediaan perusahaan dan diklasifikasikan sebagai produk C (Reid & Sanders, 2015).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk utama perusahaan adalah *Cold Rolled Coil* (CRC) dan *Hot Rolled Pickled and oiled* (HRPO) yang telah dilapisi dengan seng (Zn) dan *Cold Rolled Coil* (CRC) yang telah diproses *annealing* untuk memenuhi pasar industri otomotif. Berdasarkan wawancara dengan pihak perusahaan, penyebab pengaturannya tata letak yang kurang baik disebabkan kurangnya material handling sedangkan produk yang diletakkan dan yang diambil sangat banyak sehingga membutuhkan waktu lama dan akses *lifter crane* terbatas; kebutuhan operator tambahan atau *subcont* untuk membantu proses *loading* dan *handling* coil dari line CPL (*Coil Packing Line*) karena pekerjaan saat ini yang dikerjakan oleh dua orang dan terkadang leader pun membantu pekerjaan operator; metode FIFO tidak berjalan dengan baik dan efisien yang diakibatkan keterbatasan *warehouse* dan pemanfaatan tempat yang tidak maksimal sehingga tidak ada ruang untuk menyimpan produk yang ditahan (Hold); dan produk diletakkan secara acak sehingga menyebabkan sulitnya pada saat pengambilan produk, tidak ada pemisah antara

tipe dan jenis produk yang berdampak kondisi *warehouse* tidak tertata dan berantakan.

Analisis ABC membantu mengelompokkan produk sesuai dengan tingkat kepentingan penyimpanan produk coil. Coil dikelompokkan dan disimpan sesuai klasifikasinya. Hal ini akan memudahkan jangkauan bagi pekerja, memaksimalkan tempat penyimpanan, dan mengurangi waktu penyiapan. Data yang digunakan merupakan data transaksi produk selama 2 bulan (Februari 2021-Maret 2021) (Tabel 1 dan Tabel 2).

**Tabel 1.** Total Frekuensi Coil Keluar

No.	Jenis Coil	Tipe coil	Total
1	CR	Inner	1.639
		Outer	215
		Secondary	61
2	GA	Inner	614
		Outer	170
		Secondary	38
3	GI	Inner	513
		Outer	0
		Secondary	26
<b>Jumlah</b>			<b>3.276</b>

**Tabel 2.** Tipe Saddle per Tipe jenis Coil

Jenis Coil	Tipe coil	Tipe Saddle			
CR	Inner	700 mm	900 mm	1000 mm	1400 mm
	Outer		900 mm	1000 mm	1400 mm
	Secondary	700 mm	900 mm	1000 mm	1400 mm
GA	Inner	700 mm	900 mm	1000 mm	1400 mm
	Outer		900 mm	1000 mm	1400 mm
	Secondary	700 mm	900 mm	1000 mm	1400 mm
GI	Inner		900 mm	1000 mm	
	Outer			1000 mm	
	Secondary		900 mm	1000 mm	

Seluruh tipe coil yang sama disatukan dan dijumlahkan untuk mencegah pengulangan. Sisa coil yang tidak keluar 180 untuk pengiriman beberapa bulan kedepan, inspeksi ulang, relabel dan *unpacking*. Klasifikasi produk berdasarkan konsep ABC diperoleh dengan cara klasifikasi A (coil yang dikategorikan dalam kelompok A adalah coil yang total kumulasi transaksinya mencapai 61% dari total seluruh transaksi selama 2 periode sehingga rumus klasifikasi A = 61%\*transaksi keluar seluruh coil); klasifikasi B (coil yang dikategorikan dalam kelompok B adalah coil yang total akumulasi transaksi mencapai 30% dari total seluruh transaksi selama 2 periode sehingga rumus klasifikasi B = 30%\*transaksi seluruh total coil) dan klasifikasi C (coil yang dikategorikan dalam kelompok C adalah coil yang total akumulasi transaksi hanya sebesar 9% dari total seluruh transaksi selama 2 periode sehingga

rumus klasifikasi  $C=9\% \times \text{transaksi seluruh total coil}$  (Tabel 3, dan Tabel 4). Berdasarkan total coil yang masuk sejumlah 3.276, jumlah tersebut sama dengan jumlah masing-masing tipe coil yang masuk ke area Finishing.

**Tabel 3.** Klasifikasi Coil dengan Urutan Jumlah

No	Tipe Coil	Total	Class
1	Inner (CR)	1.639	A
2	Outer (CR)	215	A
3	Inner (GA)	614	B
4	Outer (GA)	170	B
5	Inner (GI)	513	B
6	Secondary (CR)	61	C
7	Secondary (GA)	38	C
8	Secondary (GI)	26	C

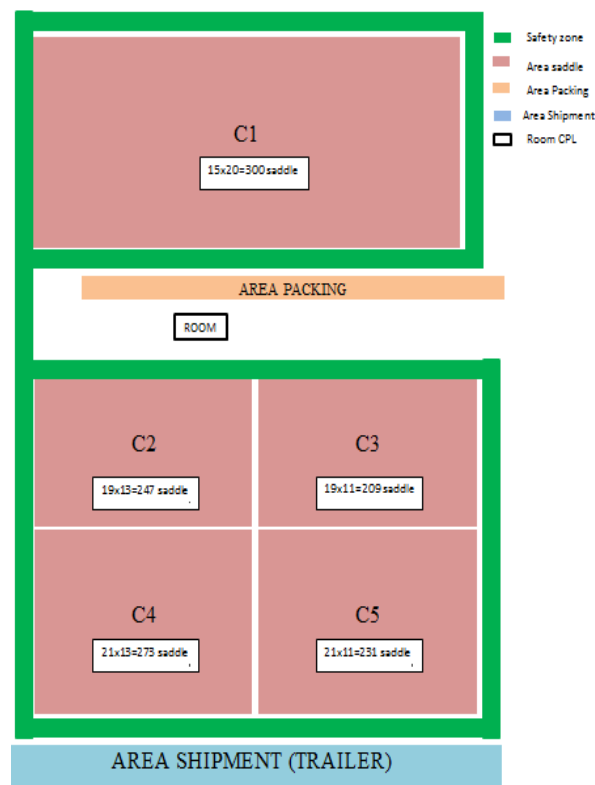
**Tabel 4.** Klasifikasi ABC Berdasarkan Jumlah

Class	Coil	Total
A	CR	1.854
B	GA	784
B	GI	513
C	Secondary	125
Total		3.276

Perancangan tata letak pada *warehouse* mengikuti metode *class based storage* dimana produk ditempatkan menurut klasifikasi produk, dimana produk class A ditempatkan dekat dengan pintu keluar agar mempercepat proses outbound, dan sebaliknya class C ditempatkan jauh dari area outbound. Area C1, C2, C3, C4, dan C5 merupakan usulan tata letak coil yang tersimpan pada *warehouse* agar sesuai dengan klasifikasi keluar coil ke customer (Gambar 1). Kekurangannya dari tata letak sebelumnya mulai dari coil secondary yang tersimpan di area dekat dengan Proses loading, adapun dengan spesifikasi coil lebar 1200 mm disimpan pada *saddle* 900 mm, lebar 1400 mm – 1600 mm masih disimpan pada *saddle* 1000 mm, dan lebar coil 900 mm disimpan pada *saddle* 700 mm sehingga sering terjadinya *downtime* pengambilan produk di area *packing* dikarenakan harus *moving* coil yang tidak sesuai dengan spesifikasi *saddle*, coil *secondary* yang ditempatkan pada area dekat *shipment*, penempatan produk pada saat ini menghambat proses *shipment* dan penempatan coil dari area *packing*.

Penggunaan tata letak ini cukup mengatasi masalah yang sebelumnya timbul dan memberikan beberapa kemudahan terhadap *flow process* pada gudang. Untuk mengatasi masalah yang ada maka dibuatlah usulan tata letak agar coil dengan klasifikasi yang tinggi dekat dengan area *outbound* sehingga mempercepat pekerjaan. Coil yang dengan spesifikasi berat diatas 4 Ton

disimpan pada Tier 1 untuk Tier 2 berat nya harus lebih kecil dari Tier 1 agar tidak merusak produk pada Tier 1. Adapun penempatan dengan class A pada area C4-C5, class B ditempatkan pada area C2-C3 dan class C ditempatkan pada area C1.



**Gambar 1.** Layout Warehouse

Klasifikasi A (*fast moving*) disimpan pada area yang jauh dari area *shipment* maka jika jarak dari C1 ke area shipment adalah 144 m, waktu yang dibutuhkan untuk bisa sampai dari C1 ke area *shipment* dengan menggunakan crane adalah selama 144 detik maka kecepatan crane adalah  $V = 144 \text{ m} / 144 \text{ detik} = 0,10 \text{ m/detik}$ . Crane mengambil coil dari area C1 menuju area *shipment*, jarak dari C1 ke area *shipment* adalah 144 m, kecepatan crane adalah 0,10 m/s maka waktu tempuh untuk sampai ke area *shipment* (T) adalah  $144 \text{ m} / 0,10 \text{ m/detik} = 144 \text{ detik}$

Apabila klasifikasi A (*fast moving*) disimpan dekat dengan area *shipment* dan jarak dari C4 ke area *shipment* adalah 48 m, waktu yang dibutuhkan untuk bisa sampai dari C4 ke area *shipment* dengan menggunakan crane adalah selama 40 detik maka kecepatan crane (V) adalah  $48 \text{ m} / 48 \text{ detik} = 0,10 \text{ m/detik}$ . Crane mengambil coil dari area C4 menuju area *shipment*, jarak dari C4 ke area *shipment* adalah 48 m, kecepatan crane adalah 0,10 m/s maka waktu tempuh untuk sampai ke area *shipment* (T) adalah  $48 \text{ m} / 0,10 \text{ m/detik} = 48 \text{ detik}$ .



Jika klasifikasi B (*medium moving*) disimpan dekat dengan area *shipment* dan jarak dari C2 ke area *shipment* adalah 102,4 m, waktu yang dibutuhkan untuk bisa sampai dari C2 ke area *shipment* dengan menggunakan crane adalah selama 102 detik maka kecepatan crane adalah 0,10 m/detik. Crane mengambil coil dari area C2 menuju area *shipment*, jarak dari C2 ke area *shipment* adalah 102,4 m, kecepatan crane adalah 0,10 m/s maka waktu tempuh untuk sampai ke area *shipment* adalah 102 detik.

Setelah diperoleh perhitungan efisiensi waktu dari area pengambilan ke area *shipment*, apabila coil dengan klasifikasi A (*fast moving*) disimpan pada area C1 (yang jauh dari area *shipment*) maka hasil yang didapatkan dari kecepatannya 0,10 m/s, untuk dari waktu tempuhnya 144 detik. Apabila coil disimpan pada area C4 (dekat dengan area *shipment*) kecepatan yang didapatkan 0,10 m/s dengan waktu tempuh 48 detik.

$$\text{efisiensi (\%)} = \frac{\text{layout awal} - \text{layout usulan}}{\text{layout awal}} \times 100\% \quad (1)$$

Jarak C1 ke area *shipment*: 144 m, usulan C4 ke area *shipment*: 48 m maka efisiensi (%) adalah 66%. Jarak C1 ke area *shipment*: 144 m, usulan C2 ke area *shipment*: 102 m maka efisiensi (%) = 29%. Hasil ini menunjukkan penggunaan *class based storage* lebih efisien dibandingkan dengan metode *random storage* (Meghelli-Gaouar & Sari, 2010; Sooksaksun et al., 2012) yang diterapkan perusahaan. Perbandingan waktu *shipment* yang cepat dari area *fast moving* ke area *shipment* memakan waktu tempuh 1 menit. Penggunaan metode ini juga mampu memperbaiki efisiensi jarak yaitu *fast moving* dan *medium moving* ditempatkan pada C1 ke area *shipment* dengan jarak 144 m (sebelum perbaikan) menjadi *fast moving* ditempatkan ke area C4 dengan jarak 48 m setelah dihitung mendapatkan efisiensi jarak sebesar 66 % sedangkan jika *fast moving* ditempatkan di C2 mendapatkan efisiensi jarak 29% (sesudah perbaikan). Kondisi ini berdampak pada efisiensi kerja sehingga mampu mempercepat proses operasi.

*Class based storage* merupakan kebijakan yang mengklasifikasikan unit penyimpanan stok ke dalam kelas produk, berdasarkan kriteria yang sesuai seperti volume atau tingkat penggunaan. *Class based storage* mempunyai kemampuan seperti implementasi yang sederhana, pemeliharaan yang dapat dikelola, dan kemampuan untuk mengatasi bauran produk dan variasi permintaan (Le-Duc & De Koster, 2005). Pengambilan produk berbasis *class based storage* memiliki waktu tempuh yang lebih rendah untuk mengambil dan mengambil muatan jika

dibandingkan dengan metode *random storage* (Pohl et al., 2011) dan mampu mengoptimalkan sejumlah item diskrit untuk setiap kelas untuk berbagai jenis permintaan ABC dan bentuk gudang (Hsieh & Tsai, 2006). Solusi berbasis *class based* memberikan kinerja lebih baik dibandingkan pendekatan *dedicated* pada saat sistem mengalami fluktuasi unit penyimpanan stok yang tinggi (Muppani & Adil, 2008).

Kekuatan kebijakan *class based storage* adalah dalam mengambil keuntungan dari logika *dedicated storage*, sambil menghindari tugas-tugas yang melelahkan (Petersen et al., 2005). Untuk ini, kebijakan berbasis *class based storage* mengklasifikasikan produk berdasarkan beberapa kriteria untuk menentukan penempatan produk. Pengklasifikasikan produk untuk penugasan penyimpanan berdasarkan tingkat perputaran produk (Chiang et al., 2011), dan kriteria lain yang digunakan dalam *dedicated storage* dapat untuk tujuan ini (Bahrami et al., 2019).

## KESIMPULAN

Penyusunan tata letak coil menurut metode *class based storage* membagi produk menjadi tiga kelas A, B, dan C. Metode ini menjadikan pengaturan tempat menjadi lebih fleksibel yaitu dengan cara membagi tempat penyimpanan. Hasil perhitungan ABC membantu mengatur urutan peletakan Coil. Coil yang mempunyai klasifikasi A akan diletakan dekat dengan jangkauan pekerja saat loading untuk membantu mengurangi jarak jangkauan pekerja, sehingga waktu loading lebih cepat dan meminimalisir kelelahan pada saat proses pengambilan Coil. Klasifikasi B disimpan pada area C2 dan C3 (pertengahan area), dan klasifikasi C disimpan pada area C1 atau tempat yang jauh dari area *shipment*. Pengaturan ulang ini memberikan efisiensi jarak sebesar 66% jika *fast moving* ditempatkan ke area C4 dan 29% jika *fast moving* ditempatkan di C2. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan memperhatikan kriteria lain seperti keterbatasan sumber daya atau kombinasi penyimpanan, batching, dan perutean.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bahrami, B., Piri, H., & Aghezzaf, E.-H. (2019). Class-based storage location assignment: an overview of the literature. *16th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO 2019)*, 390–397. <https://biblio.ugent.be/publication/8642650>
- Chiang, D. M.-H., Lin, C.-P., & Chen, M.-C. (2011). The adaptive approach for storage assignment by mining data of warehouse management system for distribution centres.

- Enterprise Information Systems*, 5(2), 219–234.  
<https://doi.org/10.1080/17517575.2010.537784>
- Coyle, J. J., Bardi, E. J., & Langley, C. J. (2003). *The Management of Business Logistics: A Supply Chain Perspective*. South-Western/Thomson Learning.  
<https://books.google.co.id/books?id=uoV3AQAACAAJ>
- De Koster, R. B. M., Johnson, A. L., & Roy, D. (2017). Warehouse design and management. *International Journal of Production Research*, 55(21), 6327–6330.  
<https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1371856>
- Dharmapriya, U. S. S., & Kulatunga, A. K. (2011). New strategy for warehouse optimization—lean warehousing. *Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 513–519.  
<http://www.iiom.org/ieom2011/pdfs/IEOM076.pdf>
- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 177(1), 1–21.  
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.02.025>
- Hsieh, L., & Tsai, L. (2006). The optimum design of a warehouse system on order picking efficiency. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28(5), 626–637. <https://doi.org/10.1007/s00170-004-2404-0>
- Johan, J., & Suhada, K. (2018). Usulan perancangan tata letak gudang dengan menggunakan metode class-based storage (studi kasus di pt heksatex indah, cimahi selatan). *Journal of Integrated System*, 1(1), 52–71.  
<https://journal.maranatha.edu/index.php/jis/article/view/989>
- Larson, T. N., March, H., & Kusiak, A. (1997). A heuristic approach to warehouse layout with class-based storage. *IIE Transactions*, 29(4), 337–348.  
<https://doi.org/10.1080/07408179708966339>
- Le-Duc, T., & De Koster, R. (M.) B. M. (2005). Travel distance estimation and storage zone optimization in a 2-block class-based storage strategy warehouse. *International Journal of Production Research*, 43(17), 3561–3581.  
<https://doi.org/10.1080/00207540500142894>
- Meghelli-Gaouar, N., & Sari, Z. (2010). Assessment of performance of a class-based storage in a flow-rack AS/RS. *Journal of Studies on Manufacturing*, 1(2), 100–107.  
<https://www.researchgate.net/publication/260300977>
- Muppiani, V. R., & Adil, G. K. (2008). Efficient formation of storage classes for warehouse storage location assignment: A simulated annealing approach. *Omega*, 36(4), 609–618.  
<https://doi.org/10.1016/j.omega.2007.01.006>
- Petersen, C. G., Aase, G. R., & Heiser, D. R. (2004). Improving order-picking performance through the implementation of class-based storage. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34(7), 534–544.  
<https://doi.org/10.1108/09600030410552230>
- Petersen, C. G., Siu, C., & Heiser, D. R. (2005). Improving order picking performance utilizing slotting and golden zone storage. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(10), 997–1012.  
<https://doi.org/10.1108/01443570510619491>
- Pohl, L. M., Meller, R. D., & Gue, K. R. (2011). Turnover-based storage in non-traditional unit-load warehouse designs. *IIE Transactions*, 43(10), 703–720.  
<https://doi.org/10.1080/0740817X.2010.549098>
- Reid, R. D., & Sanders, N. R. (2015). *Operations Management: An Integrated Approach*. Wiley.  
<https://books.google.co.id/books?id=9OpRCgAAQBAJ>
- Septiani, W., Dahana, A. E., & Adisuwiryo, S. (2019). Perancangan Model Tata Letak Gudang Bahan Baku Dengan Metode Class Based Storage dan Simulasi Promodel. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 6(2), 106–116.  
<https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v6i2.4118>
- Setyawan, W., & Fauzi, F. R. (2020). Efektivitas Tata Letak Gudang Baru untuk Menekan Tingkat Kerusakan Produk Menggunakan Metode Class Based Storage. *Jurnal Media Teknik Dan Sistem Industri*, 4(2), 100–106.  
<https://doi.org/10.35194/jmtesi.v4i2.1074>
- Sooksaksun, N., Kachitvichyanukul, V., & Gong, D.-C. (2012). A class-based storage warehouse design using a particle swarm optimisation algorithm. *International Journal of Operational Research*, 13(2), 219–237.  
<https://doi.org/10.1504/IJOR.2012.045188>
- Sujana, A. P., Damayanti, D. D., & Astuti, M. D. (2014). Usulan Perbaikan Alokasi

- Penyimpanan Barang Dengan Metode Class Based Storage Pada Gudang Bahan Baku 1 PT SMA. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri (JRSI)*, 1(02), 1–7.  
<https://jr.si.sie.telkomuniversity.ac.id/JRSI/article/view/11>
- Tompkins, J. A., & Smith, J. D. (1998). *The Warehouse Management Handbook*. Tompkins Press.  
<https://books.google.co.id/books?id=oHkA15BCY9MC>
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. A. (2010). *Facilities Planning*. Wiley.  
<https://books.google.com/books?id=-xBlq6Qm2SQC>
- Xiao, J., & Zheng, L. (2010). A correlated storage location assignment problem in a single-block-multi-aisles warehouse considering BOM information. *International Journal of Production Research*, 48(5), 1321–1338.  
<https://doi.org/10.1080/00207540802555736>
- Yu, Y., de Koster, R. B. M., & Guo, X. (2015). Class-Based Storage with a Finite Number of Items: Using More Classes is not Always Better. *Production and Operations Management*, 24(8), 1235–1247.  
<https://doi.org/10.1111/poms.12334>