

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka dilakukan untuk mengetahui beberapa informasi melalui penelitian-penelitian terdahulu, cara untuk menyelesaikan permasalahan terkait identifikasi pemborosan di dalam gudang dan manajemennya. Tinjauan pustaka juga dilakukan untuk mendapatkan beberapa solusi terkait permasalahan tersebut, beserta dengan metode-metode yang digunakan sebelumnya. Tinjauan pustaka dilakukan dengan melakukan pencarian di Google Scholar. Pencarian pustaka dilakukan dengan menggunakan beberapa kata kunci yaitu "minimasi *waste*", "identifikasi *waste*", "waste di gudang", "*lean manufacturing*", "*lean production*", "keterlambatan proses gudang", dan "perancangan tata letak gudang".

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Menurut Mulcahy dalam penelitian Widiyanti, dkk (2022) gudang merupakan sebuah tempat penyimpanan berbagai jenis produk dengan jumlah tertentu dan jangka waktu penyimpanan tertentu, hingga barang tersebut keluar. Menurut penelitian Widiyati, dkk (2022) diketahui banyak kegiatan pergudangan, sehingga menurutnya perlu dilakukan identifikasi pemborosan supaya kegiatan tersebut dapat berjalan dengan efektif dan efisien. Selain itu terdapat permasalahan serupa pada penelitian yang dilakukan oleh Naziihah, dkk (2022) yaitu terdapat *dead stock* yang masih disimpan di dalam gudang. Menurut Naziihah, dkk (2022) penumpukan barang mati dapat menyebabkan keterlambatan proses pengecekan, sehingga berdampak pada waktu proses penempatan barang yang lebih lama. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kusnadi, dkk (2018) sebuah perusahaan yang memiliki masalah pada penataan *layout* gudang dapat memiliki berbagai macam pemborosan seperti waktu pencarian barang yang lebih lama dan waktu transportasi untuk perpindahan barang. Oleh sebab itu, proses di dalam gudang perlu memberlakukan pendekatan *lean warehouse* yang menciptakan proses yang efektif dan efisien.

Menurut beberapa penelitian terdahulu, terdapat masalah terkait dengan keterlambatan waktu proses, sehingga perlu dilakukan perbaikan agar proses yang dilakukan lebih efisien dan waktunya memenuhi target. Menurut penelitian Hutami, dkk (2021) dilakukan identifikasi pemborosan dengan mengkategorikan

jenis pemborosan dan dilakukan pengukuran dengan *Value Stream Mapping*, sehingga dapat diketahui waktu total proses dan kegiatan-kegiatan yang tidak menambahkan nilai dapat dipercepat. Contohnya dalam penelitian Hutami, dkk (2021) karena terdapat waktu tunggu lama dalam proses mencanting, diberikan usulan untuk menggunakan mesin batik tulis. Dengan adanya identifikasi terkait pemborosan, dan pemberian solusi sesuai dengan kegiatan yang teranalisis, dalam penelitiannya ternyata waktu pemrosesan di gudang dapat dilakukan lebih cepat. Pada penelitian yang dilakukan oleh Kusnadi, dkk (2018) terkait dengan waktu pencarian dan transportasi yang terlambat dilakukan analisis masalah menggunakan *fishbone diagram*, sehingga setiap masalah dapat diselesaikan dengan menggunakan *tools 5S+Safety* dan perbaikan tata letak. Berdasarkan hasil perbaikan tersebut utilitas gudang meningkat dan waktu tunggu menurun.

Masalah serupa terkait dengan proses yang terhambat karena gudang tidak melakukan pembaruan juga ditemukan dalam beberapa penelitian terdahulu. Salah satunya terjadi pada penelitian Muharni, dkk (2022) terkait dengan produktivitas gudang yang terkendala karena kondisi gudang sekarang tidak mengikuti perkembangan. Solusi yang diberikan ialah dengan melakukan perbaikan tata letak gudang dengan menggunakan *Activity Relationship Chart* serta *Blocplan*, supaya setiap area dapat memenuhi kebutuhan penyimpanan terbaru. Permasalahan serupa juga dialami oleh Firmansyah, dkk (2020) yaitu terdapat keterlambatan pengiriman karena kegiatan loading semakin tinggi setiap harinya dan perusahaan tidak dapat memenuhinya. Solusi yang diberikan adalah dengan memperbaiki tata letak menggunakan metode *weighted distance* supaya waktu perpindahan barang dapat dilakukan lebih cepat. Masalah lain yang terdapat pada penelitian pergerakan yang tidak efisien, yaitu kegiatan bolak-balik. Masalah serupa dapat ditemukan dalam penelitian yang dilakukan oleh Riswanda (2018), yaitu terdapat kegiatan *backtracking material handling* pada gudang obat di salah satu rumah sakit. Hal tersebut belum memenuhi peraturan Menteri Kesehatan mengenai akses keluar masuk pada gudang obat-obatan. Solusi yang diberikan ialah dengan melakukan perbaikan tata letak dengan menggunakan metode *CRAFT*, agar tidak terjadi kegiatan bolak-balik dan memenuhi standar.

Selanjutnya pada penelitian yang dilakukan oleh Zaenuri (2018) terdapat permasalahan terkait penempatan barang yang tidak teratur dan rapi, sehingga menyebabkan proses perpindahan produk yang tidak efektif. Menurut penelitian tersebut, dilakukan perbaikan tata letak barang yang lebih efektif untuk melakukan

perpindahan *material handling*. Sama seperti penelitian yang dilakukan oleh Johan dkk (2018) pada gudang bahan baku kain, terjadi permasalahan penataan kain kurang baik. Tata letak kain tersebut membuat pergerakan operator terganggu, karena operator meletakkan kain di area gang. Solusi yang diberikan oleh Johan dkk (2018) adalah perbaikan peletakan barang dan juga perbaikan tata letak keseluruhan gudang. Menurut Nur dkk (2018) kelancaran seluruh operasi gudang diakibatkan oleh pengaturan tata letak gudang yang optimal. Menurut penelitiannya terdapat sebuah masalah penataan barang di gudang dengan kebijakan *randomized storage*, sehingga kapasitas gudang aktual menjadi berkurang. Pemberian solusi perbaikan penyimpanan barang menurut Zaenuri (2018), adalah menggunakan metode *shared storage* untuk mengurangi kebutuhan ruang penyimpanan di dalam gudang. Sedangkan dalam penelitian Johan dkk (2018) dan Nur dkk (2018) metode yang digunakan dalam penataan barang ialah *class-based storage* dengan melakukan pengelompokan jenis barang. Selain itu dilakukan pembuatan tata letak gudang keseluruhan. Johan dkk (2018) melakukan perbaikan tata letak dengan menggunakan metode perhitungan jarak *rectilinear*, sedangkan Nur dkk (2018) menggunakan teknologi informasi dalam melakukan perbaikan tata letak gudang, yaitu menggunakan algoritma CRAFT. Selain itu terdapat masalah serupa pada penelitian yang dilakukan oleh Nugraha, dkk (2022) terkait dengan penempatan yang tidak teratur sehingga menghambat waktu pembongkaran dan pengangkutan barang. Solusi yang diberikan ialah dengan melakukan pembuatan tata letak baru dan melakukan penataan barang dengan metode *class-based storage*, serta membuat aturan peletakan *first in first out* dan klasifikasi ABC untuk setiap barangnya.

Menurut Ekonindiyo & Wedana dalam penelitian yang dilakukan oleh Fajri (2021) operasional gudang dalam klasifikasi produk, tata letak, sistem perpindahan material merupakan rantai operasional produktivitas perusahaan. Menurut penelitiannya terjadi permasalahan serupa, penempatan material yang tidak efisien menyebabkan perpindahan material menjadi jauh dan menambahkan biaya *material handling*. Dengan permasalahan serupa pada gudang *finish good*, solusi yang diberikan dalam penelitian Giyatssabri (2019) ialah dengan menganalisis perpindahan material, frekuensi perpindahan, hingga perhitungan biaya perpindahan, untuk dibuatkan perancangan tata letak usulan. Serangkaian analisis tersebut merupakan langkah dalam metode *systematic layout planning*.

Adapun keunikan penelitian yang dilakukan saat ini terkait dengan masalah penyimpanan barang di gudang yang tidak ditemukan di penelitian lain. Masalah penyimpanan tersebut telah dijelaskan oleh salah satu *stakeholder*, yaitu Manager *Business Development*, dimana fungsi gudang ini tidak hanya menyimpan barang milik perusahaan cabang Jakarta namun juga terdapat barang dari cabang lain. Berdasarkan masalah tersebut, maka tahap perancangan perlu memperhatikan kondisi barang dari cabang lain. Selain itu, keunikan masalah pada penelitian ini adalah banyaknya varian produk yang dijual oleh perusahaan, mulai dari produk *generator set* hingga traktor. Oleh karena itu variasi suku cadang yang disimpan bermacam-macam, dan disimpan dalam satu gudang yang sama.

Hasil rekapitulasi tinjauan pustaka pada penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1, di bawah ini.



Tabel 2.1. Hasil Tinjauan Pustaka

Peneliti	Masalah	Objek	Solusi	Metode
Hutami, dkk (2021)	Terdapat waste pada proses produksi batik	Produksi Batik Tulis	Identifikasi dengan <i>value stream mapping</i>	<i>Value Stream Mapping</i>
Kusnadi, dkk (2018)	Waktu pencarian barang dan transportasi lambat	Gudang <i>spare part</i>	Pendekatan <i>lean warehouse</i> agar kegiatan efektif	Fishbone, 5S
Muharni, Y. dkk (2022)	Produktivitas terkendala, karena gudang tidak mengalami pembaruan	Gudang produsen baja	Perancangan Tata Letak Fasilitas Gudang pada Hot Strip Mill Menggunakan Metode <i>Activity Relationship Chart</i> dan <i>Blocplan</i>	ARC, <i>Blocplan</i>
Nugraha, Kris, A., dkk (2022)	Proses pengangkutan dan pembongkaran bermasalah, karena penempatan produk kurang baik	Gudang beras	Melakukan penataan barang sesuai dengan klasifikasinya, dan pembuatan tata letak baru	<i>Class Based Storage</i> , FIFO, Klasifikasi ABC
Firmansyah adi (2020)	Pengiriman terlambat, karena layout tidak diperbaharui sesuai kondisi sekarang	Jasa penyewaan gudang berikat (<i>Bounded Warehouse</i>)	Desain <i>relayouting</i> gudang dengan metode <i>weighted distance</i> untuk minimasi <i>travel time</i>	<i>Weighted distance</i>
Giyatssabri (2019)	Biaya material handling tinggi karena penempatan material tidak efisien	Gudang finish good	Menganalisis perpindahan materia hingga perhitungan biaya perpindahan, untuk dibuatkan perancangan tata letak usulan dengan <i>systematic layout planning</i> .	<i>Systematic layout planning</i>
Riswanda, Jordi, I. (2018)	Backtracking material handling, tidak sesuai dengan peraturan KemenKes	Gudang Obat	Melakukan perbaikan tata letak dengan CRAFT, dengan penambahan jalan keluar, sehingga tidak terjadi kegiatan bolak-balik.	CRAFT, FTC, ARC
Zaenuri (2018)	Penempatan barang tidak teratur dan rapi, perpindahan produk tidak efektif	Gudang Furniture	Perbaikan tata letak agar gerakan <i>material handling</i> efektif dan menggunakan <i>shared storage</i>	<i>Shared storage</i> , FIFO
Johan, dkk (2018)	Penataan kain kurang baik, menghalangi pergerakan operator	Gudang barang setengah jadi	Perbaikan tata letak dengan <i>rectilinear</i> dan menggunakan <i>classed based storage</i>	<i>Class-based storage</i> , perhitungan jarak <i>rectilinear</i>
Nur, dkk (2018)	Kebijakan <i>Randomized Storage</i> , kapasitas gudang aktual berkurang	Gudang komputer dan peralatan kantor	Perbaikan tata letak dengan CRAFT dan penataan dengan <i>class based storage</i>	<i>Class-based storage</i> , CRAFT

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Gudang

Menurut Mulcahy dalam penelitian Widiyanti dkk (2022) gudang merupakan sebuah tempat penyimpanan berbagai jenis produk dengan jumlah tertentu dan jangka waktu penyimpanan tertentu, hingga barang tersebut keluar. Gudang merupakan sebuah bangunan yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan produk jadi atau bahan baku sebagai bahan persediaan. Gudang merupakan sebuah pusat pengelolaan barang atau produk yang masuk maupun keluar. Memelihara gudang sangat penting untuk bisnis apa pun yang menjual barang fisik atau menerima produk.

Menurut Lopienski (2018) gudang adalah bagian penting dalam rantai pasok. Di dalam gudang sebelum dan setelah perusahaan melaksanakan proses produksi seluruh material atau barang jadi akan disimpan di dalam gudang. Menurut Saputra (2022) terdapat tiga tujuan metode penyimpanan barang, diantaranya yaitu, memanfaatkan kapasitas bangunan secara maksimum, mempermudah pencarian barang, dan mempermudah perpindahan barang.

2.2.2. Pemborosan

Menurut Reyanta (2022) sebuah proses bisnis yang tidak memiliki nilai tambah (*value*) sepanjang prosesnya disebut sebagai pemborosan (*waste*). Dengan menggunakan sumber daya yang ada dalam melakukan sebuah proses tanpa menambahkan nilai (*value*), kegiatan tersebut termasuk dalam pemborosan.

Menurut Ohno dalam buku Wilson (2010) terdapat tujuh jenis/kategori pemborosan (*waste*). Ketujuh jenis tersebut adalah:

a. Overproduction

Produksi berlebih merupakan salah satu pemborosan yang paling mengerikan dibandingkan keenam pemborosan lainnya. Dengan adanya produksi berlebih perlu dilakukan proses distribusi, simpan, inspeksi, dan terdapat beberapa material cacat. Oleh karena itu pemborosan tersebut akan berdampak kepada jenis pemborosan lain. Membuat produk yang tidak dapat dijual dan melakukan pembuatan produk terlalu cepat juga termasuk ke dalam pemborosan *overproduction*.

b. Waiting

Waktu tunggu merupakan kondisi di mana seorang pekerja tidak melakukan pekerjaannya (menganggur). Hal ini dapat disebabkan karena terdapat

ketidakseimbangan jalur produksi, yang menyebabkan waktu tunggu singkat atau terjadi kehabisan bahan hingga kerusakan mesin, yang menyebabkan waktu tunggu yang besar.

c. Transportation

Transportasi merupakan jenis pemborosan untuk pergerakan komponen atau barang yang menambahkan waktu proses. Proses transportasi terjadi di setiap proses contohnya seperti diantara proses produksi, di antara lini produksi, hingga proses pengiriman produk ke konsumen.

d. Over Processing

Proses berlebihan merupakan salah satu pemborosan yang disebabkan oleh beberapa proses produksi yang tidak memberikan nilai tambah pada produk. Kegiatan tersebut hanya menambahkan waktu proses namun produk tersebut tidak sesuai dengan keinginan konsumen. Contohnya seperti proses desain pada sebuah produk yang tidak dibutuhkan pelanggan, sehingga terjadi pemborosan desain. Selain itu sebuah proses produksi yang dilakukan berulang dapat dikategorikan sebagai *overprocessing*.

e. Movement

Pergerakan atau *motion* merupakan sebuah pemborosan yang terjadi karena terdapat banyak gerakan tidak perlu yang dilakukan oleh operator. Contoh pemborosannya seperti kegiatan berjalan ke sana kemari operator hingga kegiatan mencari *tools* atau bahan di lokasi tertentu. Pemborosan ini dapat meningkatkan waktu proses atau menghambat proses produksi.

f. Inventory

Penyimpanan merupakan salah satu jenis pemborosan klasik. Semua jenis penyimpanan merupakan sebuah pemborosan karena dengan melakukan penyimpanan tidak akan menambahkan sebuah nilai pada suatu barang. Jenis penyimpanan tersebut juga termasuk jenis penyimpanan bahan baku atau penyimpanan barang jadi.

g. Defect Parts

Produk cacat dapat dikatakan sebagai *scrap* atau sampah. Produk dikatakan cacat karena terdapat kerusakan atau tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Tidak hanya kepada produk yang telah dibuat, jasa atau usaha dan bahan baku yang digunakan untuk membuat produk cacat juga termasuk *scrap*. Dengan terdapatnya jenis pemborosan tersebut maka akan mengakibatkan proses *rework* yang menambahkan waktu produksi.

2.2.3. Manufacturing Lead Time (MLT)

Menurut Groover (2015) *manufacturing lead time* merupakan total waktu yang dibutuhkan untuk memproses sebuah produk, termasuk waktu tunggu, perpindahan komponen, waktu antrian dan lainnya. Suatu proses produksi biasanya tidak hanya terdiri dari 1 operasi, namun merupakan kumpulan beberapa operasi. Di antara operasi tersebut terdapat elemen non produktif yang menghabiskan waktu, sehingga dalam sebuah aktivitas produksi dapat digolongkan menjadi dua, yaitu waktu operasi dan non operasi. Dikarenakan dalam sebuah produksi memiliki kuantitas tertentu dan dapat dilakukan dalam kelompok (*batch*), maka untuk menghitung MLT pada jenis produksi *job shop* dapat dilakukan dengan mengalikan hari kerja dengan jumlah waktu *setup* ditambah total waktu operasi dan waktu non operasi..

$$MLT = n_o(T_{su} + QT_c + T_{no}) \quad (2.1)$$

Keterangan:

MLT = *Manufacturing Lead Time* (jam)

n_o = Hari Kerja (hari/minggu)

T_{su} = Waktu *Setup* (jam)

Q = Jumlah Komponen (unit)

T_c = Waktu Operasi (jam / unit)

T_{no} = Waktu Non Operasi (jam)

2.2.4. Work in Process (WIP)

Menurut Groover (2015) *work in process* merupakan kuantitas dari sebuah komponen atau produk yang sedang di proses atau berada di antara proses operasi. WIP dapat dikatakan sebagai sebuah persediaan dalam sebuah proses mengubah bahan mentah menjadi produk jadi. Rumus untuk menghitung WIP dapat menggunakan rumus di bawah ini, yaitu laju produksi dikalikan dengan *lead time* manufaktur.

$$WIP = R_{pph} (MLT) \quad (2.2)$$

Keterangan:

WIP = *Work in Process* (unit)

Rpph = *Production Rate per Hour* (unit/jam)

MLT = *Manufacturing Lead Time* (jam)

2.2.5. Cycle Time (CT)

Menurut Groover (2015) *cycle time* (T_c) adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu operasi, baik proses atau perakitan. T_c merupakan waktu individual komponen yang dikeluarkan pada saat proses permesinan. Namun dalam realitanya, dalam satu proses permesinan terdapat proses lain yaitu waktu penanganan komponen, dan penanganan peralatan per komponen, sehingga untuk menghitung *cycle time* dilakukan dengan menambahkan waktu aktual proses, waktu penanganan, dan waktu penanganan alat.

$$T_c = T_o + T_h + T_i \quad (2.3)$$

Keterangan:

T_c = *Cycle Time* (min/unit)

T_o = Waktu Aktual Proses (min/unit)

T_h = *Handling Time* (min/unit)

T_i = *Average Tool Handling Time* (min/unit)

2.2.6. Value Stream Mapping

Menurut Wilson & Lonnie (2010) *Value Stream Mapping* digunakan untuk menemukan pemborosan (*waste*) dalam sebuah aliran produk. Setelah teridentifikasi pemborosan tersebut dieliminasi. Sehingga tujuan utama dari VSM adalah melakukan pengembangan pada level sistem. Value Stream Mapping merupakan salah satu metode penelitian untuk melakukan pemetaan aliran sebuah proses atau aktivitas. Melalui pemetaan tersebut dapat diketahui waktu tidak produktif di dalam masing-masing proses atau aktivitas tersebut. Setiap proses atau aktivitas dapat digolongkan ke dalam beberapa jenis, yaitu *value added* (VA), *necessary non-value added* (NNVA), dan *non-value added* (NVA). Value added merupakan sebuah aktivitas yang menambahkan sebuah nilai kepada konsumen atau penerimanya, contohnya seperti kegiatan perawatan (*maintenance*) di bengkel atau kegiatan memasak dalam produksi kue. Semua kegiatan tersebut penting dilakukan supaya sebuah produk dapat sampai ke tangan konsumen.

Necessary non-value added merupakan sebuah kegiatan yang tidak memberikan dampak langsung kepada konsumen, namun sebenarnya harus dilakukan. Contoh kegiatannya seperti proses pengendalian kualitas (*quality control*), kegiatan dokumentasi atau pemberkasan dan kegiatan untuk memasukkan data ke dalam sistem. Semua aktivitas tersebut merupakan aktivitas-aktivitas yang mendukung sebuah proses utama agar sebuah produk dapat sampai ke tangan konsumen.

Non-value added adalah kegiatan yang tidak harus dilakukan, karena hanya menambahkan waktu pemrosesan. Contoh aktivitas tersebut antara lain seperti waktu tunggu (*waiting time*), gerakan-gerakan tidak perlu (*unnecessary motion*) dan melakukan perbaikan pada mesin yang rusak. Aktivitas-aktivitas tersebut tidak memberikan nilai kepada pada konsumen dan hanya menambahkan waktu pemrosesan. Oleh karena beberapa hal tersebut aktivitas NVA merupakan sebuah pemborosan (*waste*), sehingga aktivitas tersebut harus dihilangkan dalam suatu proses pekerjaan. Di dalam diagram *Value Stream Mapping* terdapat tiga bagian utama, yaitu proses, aliran informasi, dan aliran material. Simbol untuk membuat diagram *Value Stream Mapping* dapat dilihat di bawah ini.

a. Proses

Bagian proses merupakan bagian yang menggambarkan sebuah kegiatan. Berikut beberapa simbol dalam bagian proses.

i. *Customer / Supplier Icon*

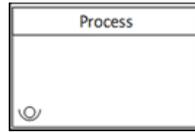
Ikon ini mengindikasikan titik akhir dari material, ikon ini merepresentasikan *seller* di kiri atas dan konsumen di kanan atas pada *Value Stream Mapping*.



Gambar 2.1. *Customer / Supplier Icon*

ii. *Process Flow Icon*

Ikon ini merepresentasikan proses, mesin, operasi, atau departemen pada aliran material.



Gambar 2.2. Process Flow Icon

iii. Data Box Icon

Ikon ini menampilkan informasi yang dibutuhkan untuk analisis pada sistem, dan terhubung dengan ikon proses.



Gambar 2.3. Data Box Icon

b. Informasi

Bagian informasi merupakan bagian yang menggambarkan aliran perpindahan informasi. Berikut ini beberapa simbol di bagian informasi.

i. Production Control Icon

Ikon ini menggambarkan orang, atau departemen yang merupakan kunci pengaturan produksi



Gambar 2.4. Production Control Icon

ii. Manual Info icon

Ikon ini menggambarkan aliran informasi manual seperti memo, laporan, atau percakapan.



Gambar 2.5. Manual Info Icon

iii. Electronic Info Icon

Ikon ini menggambarkan aliran informasi dengan perangkat elektronik baik melalui internet, intranet, LAN dan lainnya



Gambar 2.6. *Electronic Info Icon*

iv. *MRP / ERP Icon*

Ikon ini menggambarkan penggunaan MRP / ERP dalam sebuah sistem yang terintegrasi.



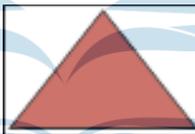
Gambar 2.7. *MRP / ERP Icon*

c. Aliran Material

Bagian aliran material menggambarkan perpindahan material atau aliran pekerjaan. Berikut ini merupakan simbol di dalam bagian aliran material.

i. *Inventory Icon*

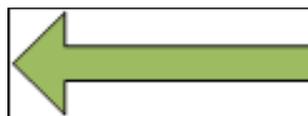
Ikon ini menggambarkan inventori di antara dua buah proses.



Gambar 2.8. *Inventory Icon*

ii. *Shipment Icon*

Ikon ini menggambarkan proses pengiriman, khususnya pergerakan raw material, atau produk jadi.



Gambar 2.9. *Inventory Icon*

iii. *Push Arrow Icon*

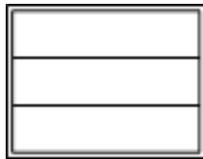
Ikon ini menggambarkan pergerakan material dari satu proses ke proses selanjutnya.



Gambar 2.10. Push Arrow Icon

iv. Supermarket Icon

Ikon ini menggambarkan titik stok Kanban atau inventori.



Gambar 2.11. Supermarket Icon

v. Material Pull Icon

Ikon ini menggambarkan pemindahan/penghilangan material.



Gambar 2.12. Material Pull Icon

d. General

Bagian ini menggambarkan ikon-ikon umum lain yang digunakan pada diagram *Value Stream Mapping*.

i. Operator Icon

Ikon ini menggambarkan jumlah operator yang dibutuhkan untuk bekerja pada suatu area kerja spesifik.



Gambar 2.13. Operator Icon

ii. Other Icon

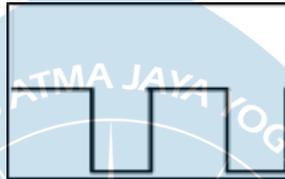
Ikon ini digunakan untuk menyoroti informasi lain yang penting dan dibutuhkan.



Gambar 2.14. Other Icon

iii. *Timeline Icon*

Ikon ini menggambarkan waktu *value added* dan *non value added*. Waktu tersebut dibutuhkan untuk menghitung *lead time* dan *cycle time*.



Gambar 2.15. Timeline Icon

2.2.7. Process Activity Mapping

Menurut Hines & Rich (1997) *Process Activity Mapping* melibatkan beberapa langkah, yang pertama ialah analisis awal pada setiap proses diikuti dengan detail item yang terdapat pada setiap proses tersebut. Detail item yang dimaksud seperti mesin yang digunakan, jarak, waktu proses, pekerja, dan jenis kegiatannya. Terdapat lima jenis pekerjaan, di antaranya seperti operasi, transportasi, Inspeksi, penyimpanan, dan *delay*. Seluruh item tersebut dirangkum dalam tabel seperti pada Gambar 2.16 di bawah ini.

#	STEP	FLOW	MACHINE	DIST (M)	TIME (MIN)	PEOPLE	O	T	I	S	D	COMMENTS
							P	R	I	S	D	
							A	A	S	P	E	
							T	P	E	C	E	
							R	R	S	S		
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							N	N	S	P	E	
							T	T	S	P	E	
							O	O	T	I	S	
							R	R	S	P	E	

penyebab masalah hingga ke akarnya, akan dapat diberikan solusi terhadap permasalahan tersebut. Melalui proses pembuatan fishbone diagram terdapat beberapa penyebab utama. Penyebab tersebut ialah 5M + 1 E, atau *man* (orang), *method* (metode), *material* (bahan), *machine* (mesin), *measurement* (pengukuran), dan *environment* (lingkungan). Langkah-langkah untuk membuat *fishbone diagram* adalah:

- a. Mengidentifikasi masalah apa yang akan dianalisis
- b. Mengidentifikasi beberapa faktor yang menjadi penyebab utama
- c. Melakukan *brainstorming* untuk menemukan penyebab-penyebab potensial
- d. Menganalisis lebih dalam, sebab mana yang paling menyebabkan permasalahan.

2.2.9. Tata Letak Fasilitas

Menurut Rosyidi (2018) tujuan utama dalam mengatur tata letak fasilitas industri adalah untuk mengatur area kerja dan fasilitas produksi supaya dapat meningkatkan moral kerja dan performa operator. Menurut Wignjosubroto dalam penelitian Rosyidi (2018) sebuah tata letak dapat dikatakan sebagai pengaturan fasilitas manufaktur dengan optimalisasi luasan area untuk menunjang proses produksi. Dengan dilakukannya pengaturan tata letak fasilitas, sebuah proses produksi lebih efektif dan efisien. Lalu menurut Suminar dkk (2020) dalam membuat tata letak perlu diketahui elemen-elemen dasar yang berada di dalam pabrik. Elemen-elemen tersebut adalah kekuatan modal, perencanaan kapasitas penjualan, desain produk, proses produksi, luasan area pabrik, harga produk, lokasi, dan tipe bangunan.

Menurut Tompkins (2010) terdapat 6 langkah dalam melakukan perencanaan fasilitas. Langkah-langkah tersebut adalah:

- a. Menentukan masalah

Menentukan masalah yang ada dalam sebuah fasilitas perlu dilakukan dua tahap, yaitu mendefinisikan tujuan fasilitas dan menentukan kegiatan utama dan kegiatan pendukung. Mendefinisikan tujuan artinya menentukan tujuan dilakukannya perencanaan fasilitas, apakah perlu dilakukan perencanaan untuk meningkatkan produksi atau layanan dan lainnya. Lalu dengan dilakukannya penentuan kegiatan utama dan pendukung dapat diketahui proses operasi, peralatan yang digunakan, dan arus pergerakan material. Aktivitas pendukung membuat aktivitas utama berproses tanpa adanya gangguan.

b. Menganalisis masalah

Tahap menganalisis masalah dilakukan dengan menentukan hubungan antar setiap kegiatan. Apakah setiap aktivitas saling terhubung dan mendukung satu sama lain dalam sebuah fasilitas. Analisis hubungan setiap aktivitas dapat dilakukan secara kuantitatif maupun kualitatif.

c. Menentukan kebutuhan luasan untuk setiap proses

Menentukan kebutuhan luas dilakukan dengan membandingkan semua peralatan, material, dan operator yang terhubung dengan aktivitas tersebut. Setelah menentukan kebutuhan luasan area proses, dilakukan pembuatan alternatif rancangan fasilitas. Melalui rancangan alternatif fasilitas terdapat alternatif tata letak, desain struktur, dan sistem *material handling*.

d. Mengevaluasi alternatif

Dengan melakukan pembuatan beberapa alternatif rancangan fasilitas, evaluasi setiap alternatif perlu dilakukan. Evaluasi alternatif dilakukan dengan menghubungkannya dengan kriteria yang telah ditentukan saat menentukan masalah. Setiap alternatif yang sesuai dengan kriteria sebelumnya akan diurutkan sesuai peringkatnya.

e. Memilih desain

Setelah melakukan evaluasi alternatif dan memberikan peringkat pada setiap alternatif yang sesuai dengan kriteria, dilakukan proses penentuan desain yang akan digunakan. Desain dapat diterima dalam memenuhi tujuan sesuai dengan beberapa pertimbangan, contohnya seperti biaya.

f. Mengimplementasikan desain

Setelah menentukan desain fasilitas yang akan digunakan, dapat dilakukan proses implementasi. Proses implementasi dimulai dari tahap persiapan, pengawasan hingga pengaplikasian. Tahap pemeliharaan fasilitas termasuk dalam proses mengaplikasikan desain terpilih.

2.2.10. Metode *Systematic Layout Planning*

Menurut Suhardini dkk (2017) *systematic layout planning* atau perencanaan tata letak sistematis adalah sebuah prosedur dalam proses pembuatan tata letak fasilitas kerja di pabrik dengan memperhatikan hubungan antara tempat kerja dengan frekuensi kerjanya.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Fajri (2021), terdapat beberapa langkah dalam proses pembuatan tata letak dengan metode SLP. Berikut ini merupakan langkah-langkah penerapan metode SLP:

a. Melakukan analisis tata letak awal

Analisis tata letak awal dilakukan untuk mengetahui aliran proses yang terdapat pada suatu fasilitas produksi. Salah satu informasi yang didapatkan ialah seluruh departemen, aliran proses, hingga aliran material.

b. Menentukan luasan area

Menentukan luasan area gudang dapat dilakukan dengan melakukan observasi langsung pada suatu fasilitas produksi. Luasan area dapat diketahui berdasarkan dimensi mesin yang digunakan, dimensi material, dan kelonggaran luasan untuk pergerakan operator atau material.

c. Menentukan frekuensi perpindahan material

Frekuensi perpindahan material dapat diketahui melalui *routing sheet*. Frekuensi diketahui melalui waktu proses material hingga jumlah material yang akan diproses.

d. Menghitung total biaya perpindahan

Total biaya perpindahan material diketahui melalui penggunaan *material handling*. Total biaya perpindahan dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan Ongkos Material handling (OMH).

e. Membuat *Activity Relationship Diagram* (ARC)

Pembuatan ARC dilakukan berdasarkan jenis kedekatan setiap area kerja. Setiap departemen dihubungkan satu sama lain untuk mengetahui hubungan kedekatan antar departemen. Hubungan kedekatan dapat diketahui melalui aliran proses, alat yang digunakan, perpindahan material, atau perpindahan operator, dan lain lain.

f. Membuat tata letak usulan

Melakukan pembuatan tata letak usulan sesuai dengan spesifikasi luasan maupun tingkat kedekatan yang terdapat dalam bagan ARC. Pembuatan tata letak usulan dapat dijalankan dengan menggunakan algoritma CRAFT.

g. Menghitung biaya operasional gudang berdasarkan tata letak usulan

2.2.11. Teknik Modeling atau Metode pada Algoritma Layout

Menurut Tompkins (2010) terdapat dua klasifikasi prosedur atau tipe dalam teknik modeling pada algoritma tata letak. Tipe pertama ialah tipe *construction* yang dasarnya ialah melibatkan pembuatan tata letak mulai dari awal, atau melalui

rancangan kosong. Tipe *construction*, dimensi bangunan dianggap tidak diberikan, dan tipe ini cocok digunakan ketika sebuah operasi akan dipindahkan ke bangunan baru yang masih kosong.

Tipe kedua ialah tipe *improvement*, yaitu dasar dari pembuatan tata letak adalah dengan mengembangkan rancangan tata letak yang sudah ada. Tipe ini biasanya sudah memiliki data awal seperti jenis operasi dan luasannya, dan tujuan dari tipe ini adalah meningkatkan fungsi objektif melalui beberapa tambahan dari tata letak yang sudah ada. Berikut ini merupakan beberapa algoritma yang bertipe *construction* dan *improvement*.

a. *Pairwise Exchange Method*

Menurut Tompkins (2010) salah satu jenis metode pembuatan tata letak dengan tipe *improvement* adalah *Pairwise Exchange Method*. Metode tersebut merupakan sebuah metode dengan tujuan berbasis kedekatan atau jarak dari sebuah lokasi. *Pairwise Exchange Method* hanya melakukan perhitungan untuk setiap pertukaran area/departemen sehingga dapat dievaluasi satu per satu dengan pengurangan biaya total terbesar. Evaluasi pertukaran yang dimaksud contohnya seperti departemen a dan b ditukar dan biaya tata letak keseluruhan dihitung. Tomkins (2010) mengatakan bahwa *Pairwise Exchange Method* tidak menjamin dapat menghasilkan tata letak paling optimal, karena hasil akhir didasarkan pada tata letak awal. Berdasarkan hasil pertukaran departemen dengan metode tersebut, hasil akhirnya hanya berupa tata letak lokal optimal. Salah satu kekurangan lain dari metode ini adalah terdapat salah satu alternatif tata letak memiliki persamaan dengan sebelumnya, contohnya seperti 1234 dan 4321.

b. *Graph-based Method*

Graph-based Method telah digunakan sejak akhir 1960, dan memiliki persamaan seperti metode SLP yang dikembangkan oleh Muther. Menurut Tompkins (2010) *Graph-based Method* merupakan salah satu tipe algoritma tata letak *construction*, yang biasanya digunakan dengan tujuan berbasis kedekatan. Tahapan penggunaannya, hal pertama yang perlu dilakukan adalah membuat grafik, dan setiap node mewakili 1 departemen yang saling terhubung dengan garis. Selain itu terdapat strategi lain yang dapat digunakan untuk mengembangkan grafik, yaitu dengan menggunakan *relationship diagram* dan secara selektif menghilangkan *arcs* sembari memastikan grafik final adalah planar.

c. *Computerized Relative Allocation of Facilities Technique (CRAFT)*

Algoritma CRAFT diperkenalkan oleh Amour, Buffa, dan Vollman pada tahun 1963. Menurut Tompkins (2010) CRAFT merupakan salah satu teknik alokasi fasilitas yang membutuhkan *from to chart* sebagai data *input* dengan perhitungan berbasis jarak. CRAFT merupakan algoritma tata letak untuk melakukan *improvement* tata letak awal. Proses algoritma CRAFT dimulai dari menentukan centroid departemen pada tata letak awal, kemudian dilakukan perhitungan jarak antara pasangan departemen hingga ditemukan nilai dalam matriks jarak. Algoritma CRAFT mempertimbangkan segala pertimbangan pertukaran posisi setiap departemen hingga ditemukan pertukaran terbaik dengan menghasilkan reduksi terbesar pada *layout cost*.

Karena pada awal tahun 1960 komputer relatif lambat, implementasi CRAFT sedikit menyimpang dari seharusnya. Saat program dijalankan untuk mempertimbangkan departemen a dan b, alih-alih menukar posisi departemen tersebut, melalui sistem komputer hanya dilakukan pertukaran centroid kedua departemen tersebut. Efek dari terjadinya kesalahan tersebut adalah pengurangan *layout cost* ditaksir terlalu tinggi. Mencari solusi terbaik pada algoritma CRAFT hanya memilih perkiraan terbaik pada setiap iterasi dengan tujuan yang telah ditentukannya, oleh sebab itu algoritma ini akan berhenti pada satu hingga tiga opsi pertama, karena tujuannya sudah tercapai.

d. BLOCPAN

BLOCPAN merupakan sebuah metode yang dikembangkan oleh Donaghey dan Pire. Menurut Tompkins (2010) algoritma ini mirip seperti MCRAFT, namun perbedaannya terdapat pada BLOCPAN yang menggunakan *relationship chart* dan *from to chart* sebagai *input*. Perhitungan biaya pada algoritma ini dapat diukur berdasarkan jarak atau kedekatan objektif. Setiap departemen pada algoritma BLOCPAN berbentuk persegi dan menempati satu posisi. BLOCPAN menggunakan campuran antara algoritma *construction* dan algoritma improvisasi. *Input* lain yang dimasukkan ke dalam algoritma adalah ukuran dari setiap departemen, oleh sebab itu BLOCPAN akan melakukan perhitungan lebar yang sesuai dan membagi luas total setiap departemen dalam suatu posisi tertentu. Setelah dilakukannya beberapa iterasi, maka setiap formasi tata letak yang dihasilkan dapat dihitung nilainya berdasarkan beberapa sebelumnya.

2.2.12. Activity Relationship Chart

Menurut Tompkins (2010) *relationship chart* merupakan sebuah bagan yang mendefinisikan sebuah nilai kedekatan antara departemen A dan B. *Relationship chart* dapat dilakukan dengan beberapa langkah berikut.

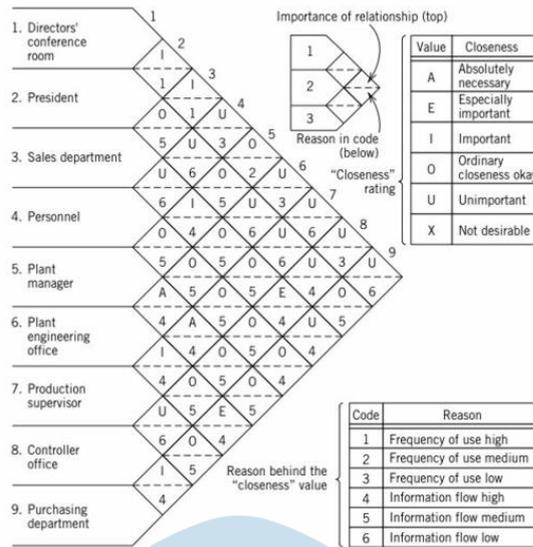
- a. Menuliskan setiap departemen dalam *relationship chart*.
- b. Melakukan survei pada setiap orang yang bertanggung jawab di setiap departemen yang telah dituliskan.
- c. Menetapkan kriteria untuk hubungan kedekatan setiap departemen serta alasan kedekatannya.
- d. Tetapkan nilai kedekatan dan alasan setiap pasangan departemen.
- e. Kembali melakukan diskusi dengan setiap orang yang bertanggung jawab untuk mengembangkan hubungan kedekatan pada setiap departemen.

Nilai kedekatan yang digunakan dalam melakukan pengisian bagan dibagi menjadi enam kode. Mulai dari kode "A" yaitu kedekatan mutlak, kode "E" yaitu kedekatan khusus, kode "I" yaitu penting, kode "O" yaitu kedekatan biasa, kode "U" tidak penting, dan kode "X" yaitu tidak diinginkan. Selain kode kedekatan, dalam bagan juga dituliskan kode alasan kedekatan, Tabel 2.1, di bawah ini menjelaskan kode alasan kedekatan.

Tabel 2.2. Kode Alasan Kedekatan ARC

Kode	Alasan
1	Frekuensi penggunaan besar
2	Frekuensi penggunaan sedang
3	Frekuensi penggunaan rendah
4	Aliran informasi besar
5	Aliran informasi sedang
6	Aliran informasi rendah

Bagan *Activity Relationship Chart* berdasarkan pada Gambar 2.17 di bawah ini.



Gambar 2.17. Activity Relationship Chart

2.2.13. Metode Penyimpanan Barang

Penyimpanan barang di dalam gudang memiliki beberapa metode penyimpanan yang dapat digunakan. Berikut ini merupakan 4 metode penyimpanan barang yang ada di gudang.

a. *Random Storage*

Menurut Dipta (2022) metode *random storage* merupakan salah satu metode penyimpanan barang di gudang tanpa mementingkan jenis barang pada lokasi tertentu. Dengan menggunakan metode ini setiap jenis barang dapat diletakkan secara acak di lokasi yang tersedia di area gudang.

b. *Dedicated Storage*

Menurut Johan dkk (2018) metode *dedicated storage* merupakan sebuah metode penyimpanan yang menggunakan lokasi tertentu hanya pada satu jenis barang. Dengan menggunakan metode ini setiap barang sudah memiliki slot atau tempatnya masing-masing tanpa adanya barang lain.

c. *Class-based Storage*

Menurut Nur dkk (2018) metode *class-based storage* merupakan salah satu metode penempatan bahan baku dan material berdasarkan spesifikasi atau jenis material tersebut kedalam satu kelompok. Barang yang ditempatkan di dalam kelompok tersebut akan memiliki sebuah lokasi khusus di area gudang.

d. *Shared Storage*

Menurut Johan dkk (2018) metode *shared storage* merupakan sebuah pengembangan dari metode *dedicated storage*, peletakan produk dilakukan lebih hari-hati dengan menggunakan satu slot penyimpanan untuk digunakan pada beberapa barang, namun dengan waktu yang berbeda-beda

