

Perancangan Tata Letak Sistem Pengolahan Sampah Dan Analisis Kebutuhan Operator Dengan Bantuan Simulasi Promodel

Erlinda Muslim dan Naila Huriati
Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering
University of Indonesia, Depok-16424, Indonesia
Email: erlinda@eng.ui.ac.id, nailahuriati@hotmail.com

Abstrak

Salah satu alternatif terobosan untuk mengatasi masalah sampah perkotaan adalah suatu model pengolahan sampah dalam suatu Konsep Zero Waste Sampah Perkotaan. Dalam mempersiapkan pengadaan peralatan dan material untuk sistem pengolahan sampah ini dibuat suatu perencanaan tata letak yang baik dengan mempertimbangkan masukan-masukan yang tepat. Tujuan penelitian ini adalah terbentuknya rancangan tata letak sistem pengolahan sampah kapasitas 24m³ dengan jenis pengolahan pengkomposan sampah organik di kelurahan Tebet Barat, Jakarta Selatan. Disamping itu juga ingin diketahui kebutuhan operator dalam sistem, disebabkan oleh adanya pembatasan jumlah operator digunakan yaitu sebanyak lima orang.

Proses perancangan tataletak dilakukan secara bertahap, yaitu perancangan aliran material, perhitungan kebutuhan mesin, analisis hubungan keterkaitan antar kegiatan, perhitungan kebutuhan area, alokasi area, dan penyusunan tataletak. Perancangan tataletak dilakukan dengan pola aliran U, dan jenis tata letak product layout. Dari analisa perbandingan simulasi sistem alternatif dengan variasi jumlah resources, diketahui bahwa kebutuhan operator berdasarkan utilitas operator yang baik adalah lima resources, dimana sistem tidak overload dan dapat berjalan dengan baik.

Kata Kunci : Tata Letak, Zero Waste

Abstract

A breakthrough alternative to overcome garbage problem in town is a model of garbage processing system with a Zero Waste concept. In preparing the equipment and material for this system, a good plant layout is made with a suitable consideration. The goal of this paper is having a plant layout for 24 cubic capacity garbage processing in West Tebet district area, South Jakarta. The other goal is to obtain the exact number of operator for the system, where the system allow to use five operators only.

Plant layout process design was done in phases: material flow planning; number of machine required; interrelation between activities analysis; area calculation; area allocation; and making of layout. Plant layout is made with an U pattern of flow and a product layout type. By analyzing simulation of different alternative systems which varies in number of resources, the optimum number of operator needed in the system based on a good operator utilization is a system with five operators, where the system is not overload and can run well.

Key Words : Lay-out, Zero Waste

1. Pendahuluan

Masalah sanitasi dan kebersihan lingkungan perkotaan tidak dapat dipisahkan dari usaha pengelolaan sampah kota, dengan timbunan sampah antara 2,5-3 liter/orang/hari. Konsep penanganan sampah di Indonesia yang dilakukan sampai dengan saat ini adalah baru pada tahap Pengumpulan, Pengangkutan, dan Pembuangan akhir (3P). Bila konsep "3P"

masih dipertahankan, maka akan timbul kesulitan dalam mencari lahan pembuangan akhir dan cara-cara pembuangan sampah tanpa menyebabkan pencemaran lingkungan. Dilatarbelakangi dari masalah persampahan di atas, maka salah satu alternatif terobosan pemecahan masalah sampah perkotaan adalah dengan dihasilkannya suatu model pengolahan sampah dalam suatu Konsep Zero Waste Sampah Perkotaan.

Salah satu kegiatan yang perlu direncanakan untuk mempersiapkan sistem pengolahan sampah adalah persiapan pengadaan peralatan dan material yang diperlukan, yaitu perencanaan tata letak sistem pengolahan sampah agar dapat menghasilkan desain tata letak sistem pengolahan sampah yang baik dengan mempertimbangkan masukan-masukan yang tepat. Untuk itu, juga dibuat simulasi untuk menganalisa kebutuhan operator berdasarkan utilitas.

Tujuan penelitian ini adalah terbentuknya rancangan tata letak sistem pengolahan sampah yang meliputi:

1. Perancangan kebutuhan mesin dan peralatan.
2. Perancangan kebutuhan area sistem pengolahan sampah.
3. Perancangan keterkaitan antar kegiatan.
4. Perancangan aliran material
5. Perancangan tata letak.

Disamping itu juga ingin dilihat utilitas *resources* dalam sistem pengolahan sampah untuk menganalisa kebutuhan operator pada sistem.

2. Tata Letak Pabrik

Tataletak pabrik adalah perancangan susunan unsur fisik kegiatan yang penggambaran hasil rancangannya dikenal sebagai tataletak pabrik.

Ada tiga tipe layout [1] :

- Tataletak Menurut Proses
Yaitu susunan fasilitas dimana stasiun kerja dan departemen dikelompokkan bersama menurut tipe fungsinya.
- Tataletak Menurut Produk
Yaitu susunan fasilitas dimana stasiun kerja dan peralatan berada dalam satu garis untuk urutan tugas tertentu. Tataletak ini sesuai untuk produksi satu jenis produk yang standar dalam volume yang besar.
- Tataletak Posisi Tetap
Yaitu susunan fasilitas dimana produk berada tetap dalam satu lokasi, peralatan, perlengkapan, dan pekerjaannya yang dibawa ke lokasi jika dibutuhkan.

Untuk menataletak pabrik, proses perancangan harus menjalani langkah-langkah sebagai berikut: perancangan aliran material, perhitungan kebutuhan mesin, analisis hubungan keterkaitan antar kegiatan, perhitungan kebutuhan area, alokasi area, dan penyusunan tataletak [2].

2.1. Aliran Material

Pola aliran material yang umum antara lain garis lurus, zig-zag, bentuk U, melingkar, dan bersudut ganjil. Analisis aliran material dapat menggunakan teknik konvensional dan kuantitatif. Teknik konvensional yang umum digunakan antara lain peta rakitan, peta proses operasi, peta proses multi-produk, diagram tali, peta proses, diagram aliran, peta proses aliran, peta dari-ke, peta prosedur, dan peta jaringan lintasan kritis.

2.2. Keterkaitan Kegiatan

Peta keterkaitan kegiatan adalah teknik ideal untuk merencanakan keterkaitan antara setiap kelompok kegiatan yang saling berkaitan. Diagram keterkaitan kegiatan merupakan diagram balok yang menunjukkan pendekatan keterkaitan kegiatan, yang menunjukkan setiap kegiatan sebagai satu model kegiatan tunggal. Terdapat pula teknik yang dikembangkan oleh Richard Muther yang menggunakan kombinasi garis, lambang dan warna.

2.3. Kegiatan Pelayanan Produksi

Pelayanan produksi terbagi menjadi penerimaan, penyimpanan, gudang barang jadi, pengiriman, ruang dan rak perkakas, kantor penyelia produksi, gudang peralatan pemindah, dan fasilitas parkir.

2.4. Pelayanan Administrasi dan Pegawai

Beberapa fasilitas yang umum adalah kantor, fasilitas kesehatan, kantin, dan tempat ganti pakaian.

2.5. Perpindahan Material

Perpindahan material berhubungan dengan efisiensi produksi secara menyeluruh. Terdapat empat jenis peralatan pemindah, penghantar, derek dan kerekan,

truk industri, dan perlengkapan tambahan. Terdapat pula beberapa sistem pemindah dasar yaitu, sistem yang berorientasi pada peralatan, sistem berorientasi bahan, sistem yang berorientasi pada tata cara, dan sistem yang berorientasi pada fungsi.

2.6. Mengevaluasi dan Mewujudkan Tataletak

Perlunya penilaian tataletak :

1. Evaluasi tataletak yang ada dengan tujuan mencari peluang perbaikan.
2. Evaluasi terhadap tataletak alternatif.

Jika tataletaknya relatif sederhana, maka penilaian mungkin saja hanya memerlukan sebuah lembar periksa.

3. Perancangan Tata Letak Sistem Pengolahan Sampah

Proses perancangan tata letak sistem pengolahan sampah dilakukan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

1. Perancangan aliran material
2. Perhitungan kebutuhan mesin
3. Analisis hubungan keterkaitan antar kegiatan
4. Perhitungan kebutuhan area
5. Alokasi area
6. Penyusunan tata letak sistem pengolahan sampah

3.1. Perancangan Aliran Material

Perancangan aliran material menggunakan teknik konvensional yaitu peta proses operasi dan peta proses. Peta proses operasi ditunjukkan oleh Gambar 1.

3.2. Perhitungan Kebutuhan Mesin

Untuk menghitung kebutuhan jumlah mesin pada proses pengolahan, perlu diketahui kebutuhan bahan baku yang akan diproduksi dan kapasitas mesin. Dengan diketahui rencana produksi sebesar 14.4m³ per hari, maka perlu diketahui jumlah bahan baku yang diperlukan untuk tiap proses operasi. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan Bahan} = \frac{\text{Output Produksi}}{\text{Efisiensi Bahan}}$$



Gambar 1.
Peta Proses Operasi

Jumlah mesin yang diperlukan untuk mendukung proses pengolahan dihitung dengan membagi jumlah bahan yang harus ada setiap hari dengan hasil perkalian antara produksi per hari dengan efisiensi fasilitasnya. Efisiensi fasilitas diasumsikan sebesar 100% karena tidak akan ada buangan. Perhitungan kebutuhan mesin dapat dilihat pada Tabel 1. Besarnya angka jumlah mesin yang didapat adalah hasil pembulatan.

Tabel 1.
Perhitungan Kebutuhan Mesin

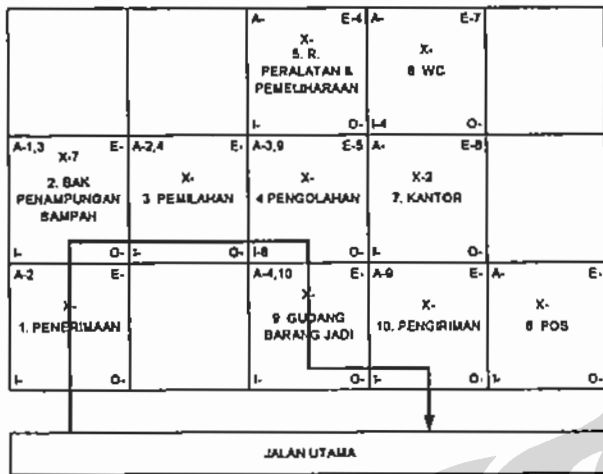
Mesin/Fungsi	Jumlah Bahan (m ³)	Efisiensi Fasilitas (100%)	Prod.Mesin /Hari (m ³)	Jumlah Mesin
Mesin pencacah	24	24	18.67	2
Wadah ember	24	24	0.01	3112
Rak	24	24	0.97	25
Mesin pengering	24	24	12	2
Saringan	14.4	14.4	24	1
Meja Pengepakan	14.4	14.4	14.4	1

3.3 Analisis Hubungan Keterkaitan Antar Kegiatan

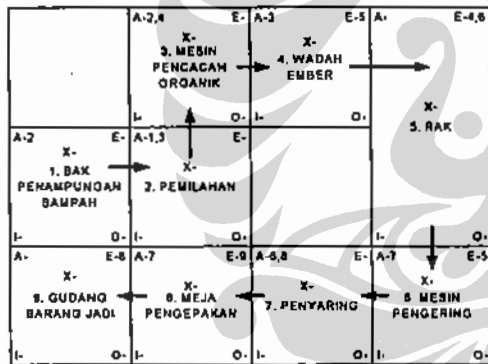
Keterkaitan antar kegiatan ini dianalisis dengan bantuan Peta Keterkaitan Kegiatan dan Diagram Keterkaitan Kegiatan. Selain itu digunakan pula teknik yang dikembangkan oleh Richard Muther.

Tabel 2.
Rekapitulasi Luas Area

No.	Nama Kegiatan	Perkiraan Luas	
		Luas Mandiri (m ²)	Sub Total (m ²)
1	Pelayanan Umum Kantor	24	24
2	Pelayanan Produksi		276.5
	Penerimaan	81	
	Pengiriman	65	
	Bak Penampungan Sampah	42.5	
	Pemilahan	16	
	Gudang Bahan Jadi	48	
	R.Peralatan&Pemeliharaan	24	
3	Pelayanan Pegawai WC	8	8
4	Pengolahan	418.06	418.06
5	Lain-lain Pos Keamanan	4	4
	Total		730.56



Gambar 2.
Diagram Keterkaitan Kegiatan Untuk Seluruh Aktivitas



Gambar 3.
Diagram Keterkaitan Untuk Kegiatan Produksi dan Gudang

3.5. Alokasi Area

Dari perhitungan kebutuhan ruangan total dibuat suatu model daerah bagi tiap kegiatan menurut suatu skala yang tepat dan disusun memenuhi keterkaitan kegiatan yang dibutuhkan (dibantu dengan menggunakan Peta dan Diagram Keterkaitan Kegiatan). Hasilnya adalah suatu Diagram Alokasi Daerah. Pembuatan Diagram Alokasi Wilayah dibagi menjadi dua tahapan:

1. Alokasi area sistem pengolahan secara keseluruhan

Merupakan suatu diagram yang menunjukkan model daerah bagi tiap fasilitas di sistem pengolahan sampah yang dibuat menurut skala yang tepat dan disusun memenuhi keterkaitan kegiatan yang dibutuhkan, luas tiap fasilitas dan letak jalan raya terhadap sistem pengolahan sampah.

Pengalokasian area sistem pengolahan sampah secara keseluruhan ini mencakup hal-hal berikut:

3.4 Perhitungan Kebutuhan Area

Langkah selanjutnya adalah membuat perkiraan tentang ruangan total yang dibutuhkan bagi tiap kegiatan dan luas total fasilitas yang diusulkan.

- a. Area penerimaan dan pengiriman diletakkan pada satu sisi yang sama karena sistem pengolahan sampah ini hanya dibatasi oleh satu sisi jalan raya.
- b. Ruang kantor diletakkan di depan, dekat dengan area pengiriman dan area pengolahan. Ruang kantor ini diletakkan cukup jauh dari area penerimaan dan bak penampungan sampah karena faktor bau yang tidak sedap.
- c. Toilet diletakkan berdampingan dengan kantor dan cukup dekat jika dijangkau dari area pengolahan.
- d. Ruang peralatan diletakkan di sudut kiri dan cukup dekat dengan area pengolahan.

2. Alokasi area produksi dan gudang

Merupakan suatu diagram yang menunjukkan model daerah bagi tiap fasilitas produksi yang digunakan untuk menjalankan sistem pengolahan. Penyusunan area ini dibuat menurut skala yang tepat dan disusun memenuhi keterkaitan kegiatan yang dibutuhkan, luas tiap fasilitas dan aliran material.

Pengalokasian area produksi dan gudang mencakup hal-hal berikut:

- a. Mesin pencacah diletakkan dekat dengan meja pemilah dan bak penampungan sampah dan meja pengepakan diletakkan dekat dengan gudang barang jadi.
- b. Rak diletakkan pada sisi sebelah kanan pewadahan dan membentuk suatu ruang persegi yang besar dan memanjang ke kanan untuk membantu penyusunan rak secara memanjang nantinya.

3.6. Pemilihan Alat Pemindah Material

Setelah metode pemrosesan, yang harus dipertimbangkan selanjutnya adalah pemindahan barang. Cara khusus pemindahan barang harus ditentukan untuk tiap pemindahan barang atau bahan. Sistem pemindahan yang dipakai oleh sistem pengolahan sampah di kelurahan

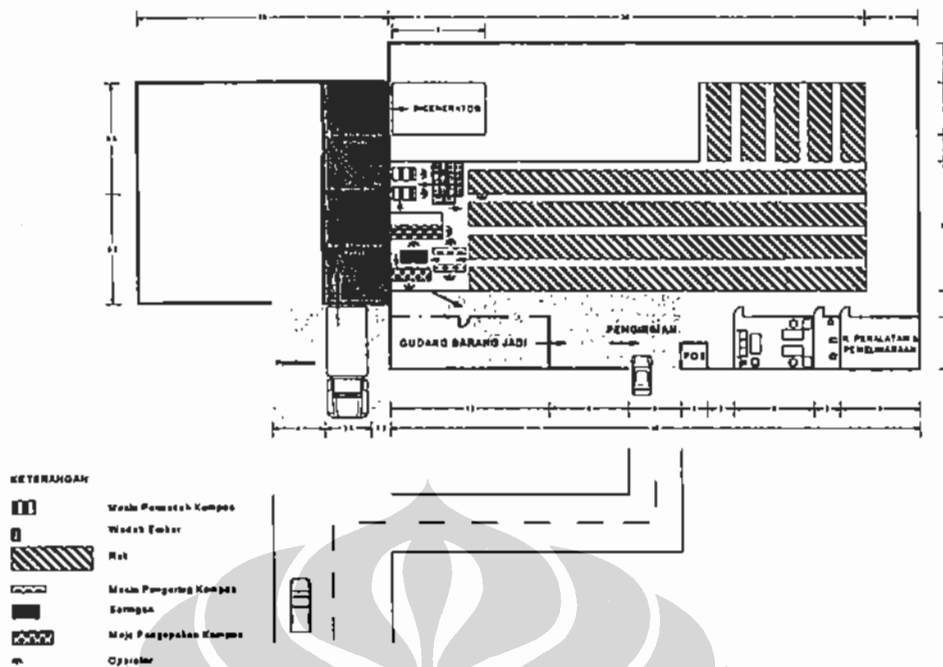
Tebet ini adalah sistem berorientasi bahan. Sistem ini dipilih karena lebih luwes dan membutuhkan modal yang lebih rendah. Terutama karena sistem pengolahan sampah ini adalah suatu usaha kecil yang cukup sederhana dan tidak memiliki modal yang cukup banyak. Sistem ini biasanya dapat digunakan untuk berbagai ukuran organisasi dengan sejumlah keberhasilan. Berdasarkan konsep sistem yang telah dipilih maka pemilihan alat perpindahan material antara satu mesin dan mesin lain adalah perpindahan material secara manual, yaitu dengan membawa sampah atau kompos menggunakan wadah dan dibawa oleh operator.

3.7. Penyusunan Tata Letak Sistem Pengolahan Sampah

Langkah ini merupakan puncak dari perencanaan dan pekerjaan terinci yang dilakukan langkah-langkah terdahulu. Tataletak akhir dipersiapkan dengan bantuan peta dengan menggunakan suatu skala tertentu. Rancangan tata letak ini akan memperlihatkan pergerakan material yang akan terjadi dalam ruang pengolahan dengan fasilitas lain dalam sistem pengolahan sampah di kelurahan Tebet ini. Gambar keseluruhan area sistem pengolahan sampah dapat dilihat pada Gambar 4

3.8. Evaluasi Rancangan Tata Letak Sistem Pengolahan Sampah

Pada tahap ini perancang fasilitas mengevaluasi dan memeriksa kembali rancangannya. Karena tataletaknya relatif sederhana, maka penilaian dilakukan dengan menggunakan sebuah lembar periksa. Hasil evaluasi akan menjadi bahan pertimbangan sebelum rancangan tersebut diwujudkan. Selain dengan lembar periksa, penulis juga mengevaluasi rancangan tata letak dengan membuat simulasi sistem pengolahan sampah dengan software ProModel Version 3.0 [5].



Gambar 4
Tata Letak Sistem Pengolahan Sampah Kapasitas 24 m³

4. Simulasi Sistem Pengolahan Sampah

Perancangan tata letak sistem pengolahan sampah yang telah dilakukan dibatasi oleh beberapa kendala, yaitu:

1. Adanya pembatasan sumber daya manusia yang digunakan yaitu operator sebanyak lima orang. Jumlah ini dikarenakan keterbatasan dana dan anggapan bahwa dengan lima operator sistem yang cukup sederhana ini sudah dapat berjalan
2. Kendala keterbatasan luas area pengolahan yang disediakan, sehingga ada beberapa area yang tidak diberikan *allowance* pada perhitungan luas area. Keterbatasan area ini dikarenakan keterbatasan jumlah total luas area yang dapat.

Untuk melakukan analisa terhadap sistem pengolahan sampah ini, maka penulis membuat simulasi. Perlunya analisa terhadap sistem pengolahan sampah adalah untuk mengevaluasi sistem yang ada serta mengevaluasi terhadap sistem alternatif untuk kendala yang ada.

Simulasi merupakan salah satu alat yang sesuai untuk menganalisa kebutuhan operator. Berapa jumlah operator yang dibutuhkan dalam sistem dapat dianalisa melalui simulasi dengan melihat kinerja sistem seperti:

1. utilitas operator,
2. utilitas di tiap lokasi serta pergerakan material di dalam sistem.

Untuk menjalankan model simulasi, dibutuhkan data-data yang menunjang. Data-data ini dibatasi oleh ruang lingkup dan tingkat perincian yang dibutuhkan untuk membuat model.

Pada sistem pengolahan sampah ini, data-data yang dibutuhkan adalah:

1. Urutan kegiatan.
2. Waktu yang terjadi pada setiap tahapan proses pengolahan sampah.
3. *Resources* yang melaksanakan setiap tahapan proses pengolahan.

Kebutuhan data untuk simulasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3.
Kebutuhan Data Untuk Simulasi

No	Jenis Kegiatan	Waktu (menit)	RESOURCES
1	Sampah awal di bak penampungan sampah		
2	Sampah menuju meja pemilah		
3	Pemilahan sampah pada meja pemilah, lalu diletakkan ke wadah	5	operator pemilah pencacah
4	Pilahan sampah di dalam wadah menuju mesin pencacah	1	operator pemilah pencacah
5	Pencacahan sampah di mesin pencacah	2	operator pemilah pencacah
6	Ember menuju mesin pencacah, lalu cacahan sampah diletakkan ke wadah ember	1	operator rak 1
7	Cacahan sampah di dalam ember menuju rak	5	operator rak 1
8	Cacahan sampah disimpan di rak	6720	
9	Pra kompos menuju mesin pengering	5	operator rak 1
10	Pra kompos dikeluarkan dari ember	1	operator rak 1
11	Ember kembali ke tempat ember	2	Operator rak 1
12	Pra kompos dikeringkan di mesin pengering, lalu diletakkan ke wadah	10	operator pengering, saringan
13	Sampah kering menuju saringan	1	operator pengering, saringan
14	Sampah kering disaring lalu diletakkan di wadah	2	
15	Kompos jadi menuju meja pengepakan	1	operator pengering, saringan
16	Kompos jadi dipak di meja pengepakan	10	operator pengering, saringan

Data waktu proses peralatan produksi didapat dari tim proyek bagian teknik mesin yang akan mendesain mesin dan peralatan produksi. Data waktu proses lainnya berdasarkan estimasi dengan mengacu pada sistem pengolahan sampah yang telah berjalan di daerah Rawasari.

Dalam pembuatan model, dibuat suatu asumsi yang digunakan untuk mempermudah simulasi yang dilakukan, tetapi tidak membuat hasil simulasi menyimpang terlalu jauh dari keadaan yang sebenarnya. Asumsi tersebut adalah:

1. Sampah 24m^3 datang, dimana jumlah sampah setiap kedatangan adalah 6m^3 dengan jarak antar kedatangan 2 jam setiap hari.
2. Kelembaban kompos pada rak adalah cukup sehingga tidak perlu dilakukan proses pembalikan kompos seminggu sekali.
3. Cacahan sampah dari mesin pencacah sebanyak 1m^3 harus dibagi menjadi beberapa bagian agar dapat dimasukkan ke dalam ember sesuai dengan kapasitas ember. Besar kapasitas ember yang digunakan dalam model adalah $0,111\text{m}^3$, bukannya $0,108\text{m}^3$. Hal ini terjadi karena sulitnya mendapat angka

$0,108\text{m}^3$ dari hasil pembagian hasil cacahan sampah di mesin pencacah. Jika hasil cacahan sampah sebesar kapasitas mesin pencacah (1m^3) dibagi menjadi sembilan bagian, angka yang didapat adalah sebesar $0,111\text{m}^3$, sedangkan jika hasil cacahan sampah dibagi menjadi sepuluh bagian, angka yang didapat untuk diletakkan di tiap ember adalah $0,1\text{m}^3$.

4. Efisiensi proses pengeringan adalah 100% bukan 60%.

Jika seluruh informasi telah sesuai terhadap operasi sistem yang ditentukan, aktivitas pembuatan model dapat dimulai. Suatu model harus dapat memberikan representasi secara statistik atau grafik yang dibutuhkan untuk digunakan sebagai analisa model dan untuk memenuhi tujuan dari studi simulasi tersebut. Sebuah model akan baik dan berguna jika model tersebut menyediakan informasi yang diperlukan untuk mencapai tujuan dari simulasi.

Untuk membuat suatu model dengan menggunakan software Promodel, terdapat beberapa elemen dasar yang harus dibuat. Elemen tersebut adalah *location*, *entities*, *processing*, dan *arrivals*.

Location merepresentasikan suatu tempat yang tetap dalam sistem dimana *entities* akan melewatinya untuk diproses atau disimpan. Untuk model ini terbagi atas:

1. Lokasi kedatangan awal *entities* seperti bak sampah, tempat ember, dan meja wadah.
2. Lokasi tempat suatu *entities* diproses seperti meja pemilah, mesin pencacah, rak, mesin pengering, saringan dan pengepakan.
3. Lokasi yang membantu pergerakan material baik dalam proses penggabungan, pemisahan *entities*, atau proses lainnya.

Satuan kapasitas untuk masing-masing lokasi dapat dilihat dari penjelasan berikut ini. Kapasitas lokasi meja wadah adalah satu buah wadah, kapasitas tempat ember adalah 3112 ember, kapasitas satu rak adalah 126 ember, kapasitas mesin pengering adalah 12 ember pra kompos yaitu sebesar 1.33m^3 , kapasitas saringan dan pengepakan adalah satu kali kapasitas mesin pengering yaitu sebesar 1.33m^3 .

Entities adalah semua yang diproses dalam model. *Entities* dalam model ini adalah:

- Sampah awal
Entity ini adalah sampah awal yang datang ke bak sampah, masih berupa campuran antara sampah organik dan sampah anorganik.
- Sampah organik
Entity ini merupakan sampah organik yang sudah dipilah dari sampah awal dan akan dimasukkan ke dalam wadah hasil pemilahan.
- Wadah
Entity ini merupakan wadah bagi sampah organik yang telah dipilah untuk dibawa ke mesin pencacah. *Entity* ini dapat diambil dari meja wadah.
- Gabungan wadah sampah organik *Entity* ini merupakan hasil penggabungan antar sampah organik dan wadah yang dilakukan di lokasi gabung dekat meja pemilah. *Entity* ini akan dibawa ke lokasi misahin dari wadah untuk kemudian dipisahkan. Hasil pemisahan adalah *entity* wadah dan *entity* sampah

organik. *Entity* sampah organik akan dimasukkan ke dalam mesin pencacah. *Entity* wadah akan kembali ke meja wadah.

- Cacahan sampah
Entity ini merupakan sampah organik yang telah dicacah di mesin pencacah dan akan dibagi-bagi agar dapat dimasukkan ke ember tempat meletakkan cacahan sampah.
- EntA
Entity ini merupakan hasil pembagian cacahan sampah yang diletakkan di ember.
- Ember
Entity ini merupakan ember tempat menyimpan hasil pembagian cacahan sampah (EntA).
- Gabungan ember cacahan sampah *Entity* ini merupakan hasil penggabungan EntA dan ember. *Entity* ini akan dibawa ke rak untuk dilakukan proses pengkomposan.
- Pra kompos
Entity ini merupakan hasil dari proses pengkomposan di rak dan akan dibawa ke mesin pengering.
- Sampah kering
Entity ini merupakan hasil dari proses pengeringan pra kompos yang dilakukan di mesin pengering. *Entity* ini akan dibawa ke saringan.
- Kompos jadi
Entity ini merupakan kompos yang telah disaring akan dipak untuk kemudian disimpan di gudang barang jadi untuk kemudian didistribusikan.

Processing mendefinisikan rute dari *entities* di dalam sistem dan operasi yang akan dilakukan pada setiap lokasi yang dilewati *entities*. *Processing* menjelaskan apa yang terjadi pada *entities* sampai mereka keluar dari sistem.

Arrival adalah saat-saat dimana *entities* baru masuk ke dalam sistem. Dalam model ini, *entities* yang didatangkan adalah sampah awal, wadah, dan ember. Data-data *arrival* didefinisikan berdasarkan informasi berikut:

- Jumlah *entities* baru setiap kedatangan
- Frekuensi kedatangan
- Lokasi kedatangan

- Waktu kedatangan yang pertama
- Total kemunculan kedatangan

Untuk sampah awal, jumlah *entities* sampah awal setiap kedatangan adalah $6m^3$, dimana waktu antar kedatangan adalah 2 jam. Sedangkan untuk memperlihatkan proses pengolahan sampah selama empat minggu agar terlihat saat di awal minggu ketiga dimana sampah kedatangan dua minggu pertama telah selesai diproses di rak dan sampah kedatangan minggu ketiga mulai memasuki sistem, maka total kemunculan sampah awal diatur sebanyak 112 kali (28 hari). Untuk *entities* wadah, jumlah setiap kedatangannya adalah 1 dan total kemunculan adalah 1. Hal ini terjadi karena wadah ini akan dipergunakan berulang-ulang dalam proses. Untuk *entities* ember, kuantitasnya adalah 3112, dilihat dari jumlah ember yang dibutuhkan dari hasil perhitungan kebutuhan mesin dan peralatan produksi. Sedangkan total kemunculannya adalah 1 karena ember ini akan dipergunakan berulang-ulang juga dalam proses pengolahan.

Resources adalah orang yang digunakan untuk menjalankan operasi bagi *entities* pada lokasi. *Resources* yang digunakan pada model ini dinamis karena menggunakan *path networks* untuk bergerak dalam model. *Resources* yang digunakan pada model ini adalah:

- Operator pemilah pencacah
- Operator rak 1
- Operator pengering saringan

Path networks adalah suatu lintasan yang menghubungkan antar lokasi yang akan dilewati oleh *resources*. *Path networks* pada model ini terdiri atas:

- Net 1, merupakan lintasan pergerakan bagi operator pemilah pencacah.
- Net 2, merupakan lintasan pergerakan bagi operator rak 1.
- Net 3, merupakan lintasan pergerakan bagi operator pengering saringan.

5. Analisis Hasil Simulasi Sistem Pengolahan Sampah

Setelah menjalankan simulasi, dapat dilihat pergerakan sampah mulai dari tahap awal kedatangan sampah awal

sampai tahap pengepakan kompos yang sudah jadi pada sistem pengolahan sampah. Berikut adalah deskripsi singkat sistem pengolahan sampah yang dibuat model simulasinya ini. Sistem pengolahan sampah kelurahan Tebet memiliki kapasitas pengolahan sampah sebesar $24m^3$ dengan waktu kerja adalah 8 jam per hari. Sistem pengolahan sampah ini memproduksi kompos melalui proses pengolahan sebagai berikut. Sampah awal datang ke tempat penampungan sampah di kelurahan Tebet dengan jumlah sampah setiap kedatangan adalah $6m^3$ dan waktu antar kedatangan dua jam setiap harinya. Pertama-tama sampah awal dipilah untuk mendapatkan sampah organik. Hasil pilahan sampah kemudian dibawa ke mesin pencacah untuk dicacah dan dimasukkan ke dalam ember. Cacahan sampah di dalam ember kemudian dibawa ke rak untuk diproses. Hasil proses pengkomposan di rak selama dua minggu dibawa ke mesin pengering untuk dikeringkan dan dibawa ke saringan untuk disaring. Setelah dikeringkan dan disaring, kompos ini kemudian dipak untuk dijual. Jumlah *resources* yang digunakan dalam sistem pengolahan sampah ini adalah lima orang, terdiri dari satu orang operator pemilah pencacah, tiga orang operator rak, dan satu orang operator pengering saringan. Simulasi dilakukan untuk 112 kali atau 28 hari kedatangan sampah awal.

Dari simulasi yang dilakukan, waktu total simulasi yang terjadi adalah sekitar 361 jam atau ± 46 hari. Berikut ini adalah analisa sistem pengolahan sampah berdasarkan hasil simulasi.

5.1. Utilitas Location

Setelah menjalankan simulasi, dapat dilihat hasil simulasi yang berkaitan dengan kinerja lokasi. Utilitas pada tiap lokasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Utilitas lokasi adalah waktu operasi dari setiap lokasi terhadap total waktu keseluruhan proses. Dari hasil simulasi, utilitas terbesar terletak pada lokasi rak yaitu sekitar 65%-67% (kecuali pada rak 24 dan rak 25). Hal ini terjadi karena waktu proses rak yang cukup besar dibandingkan waktu proses mesin yang lain, yaitu memakan waktu sebesar 2

Tabel 4.
Utilitas pada Setiap Lokasi

No	Lokasi	Utilitas (%)	Idle (%)
1	Bak sampah	0.67	
2	Meja pemilah	8.35	
3	Mesin pencacah 1	2.84	97.16
4	Mesin pencacah 2	3.38	96.62
5	Tempat ember	35.44	
6	Rak 1-25	65-67	
7	Mesin pengering 1	40.21	
8	Mesin pengering 2	40.48	
9	Saringan	5.67	94.33
10	Pengepakan	23.37	76.63

minggu untuk tiap *entity*. Utilitas terkecil terletak pada lokasi mesin pencacah, yaitu 2.84% dan 3.38%.

Suatu lokasi mengalami *idle* jika ia tidak melakukan suatu proses akibat tidak adanya *entity* yang akan diproses. *Idle* terbesar terletak pada lokasi mesin pencacah, yaitu sebesar kurang lebih 97%. Hal ini terjadi karena mesin pencacah melakukan proses pencacahan dengan cepat (waktu proses kecil) setiap *entity* masuk, sehingga mesin pencacah harus menunggu kedatangan *entity* berikutnya dalam waktu yang cukup lama.

5.2. Utilitas Resources

Dalam simulasi model sistem pengolahan sampah, dapat diamati utilitas dari *resources* yang menjalankan operasi dari setiap proses yang berlangsung dalam sistem. Utilitas *resources* merupakan persentase waktu yang digunakan oleh *resources* untuk bergerak, melakukan proses pada *entity*, atau melayani lokasi.

Adapun *resources* yang terlibat dalam model ini adalah:

- Operator pemilah pencacah
Operator pemilah pencacah adalah operator yang bertugas untuk melakukan proses pemilahan sampah organik, proses memasukkan hasil pemilahan ke dalam wadah, dan membawa hasil pilahan ke mesin pencacah.
- Operator rak 1
Operator rak 1 adalah operator yang berfungsi untuk memasukkan hasil proses pencacahan sampah (cacahan sampah) ke dalam ember lalu

membawanya ke lokasi rak agar cacahan sampah dapat melalui proses pengkomposan di rak. Selain itu operator ini juga bertugas untuk mengambil hasil proses pengkomposan (pra kompos) untuk dibawa ke mesin pengering dan kemudian mengembalikan ember tepat cacahan sampah tadi ke tempat ember.

- Operator pengering saringan

Operator ini berfungsi untuk membawa sampah kering hasil proses pengeringan ke saringan agar sampah kering tersebut dapat dikeringkan. Kemudian operator ini mengambil hasil saringan tadi (kompos jadi) dan membawanya ke meja pengepakan lalu mengemasnya agar dapat dibawa ke gudang barang jadi.

Utilitas untuk masing-masing *resources* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5.
Utilitas Resources

Nama Resource	Utilitas (%)	Travel to use (%)	Idle (%)
Operator pemilah pencacah	8.65	0.04	91.33
Operator rak 1	80.82	18.44	19.18
Operator rak 1.1	84.70	12.91	15.30
Operator rak 1.2	81.63	14.72	18.37
Operator rak 1.3	76.13	27.71	23.87
Operator pengering saringan	24.31	0.41	75.02

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa operator rak memiliki utilitas terbesar dari semua *resources*, yaitu sebesar 80.82%. Utilitas yang besar disebabkan oleh banyaknya proses yang harus dijalankan oleh operator ini seiring dengan banyaknya lokasi yang terlibat dengan *resource* ini. Sehingga waktu proses digunakan oleh *resources* sangat besar dibandingkan dengan total keseluruhan waktu proses. Oleh karena itu pula, operator rak memiliki persentase *idle* yang terkecil, yaitu sebesar 19.18%.

Utilitas *resources* terkecil ditunjukkan oleh operator pemilah pencacah, yaitu sebesar 8.65%. Hal ini terjadi karena waktu proses yang dilakukan oleh operator ini sangat kecil bila dibandingkan dengan

waktu total keseluruhan proses. Sehingga operator pemilah pencacah memiliki persentase *idle* yang terbesar dibandingkan *resources* yang lain (91.33%).

6. Sistem Pengolahan Sampah Alternatif

Setelah melihat hasil simulasi, pada dasarnya model simulasi sistem pengolahan sampah sudah memberikan hasil simulasi yang baik dan sistem telah dapat mencapai kinerja yang diinginkan. Namun untuk mencapai hasil yang lebih optimal perlu dilakukan perbandingan dengan alternatif sistem yang lain untuk mengetahui kebutuhan operator berdasarkan utilitas operator yang baik.

Pada pembuatan sistem alternatif ini, variasinya terletak pada penambahan dan pengurangan jumlah *resources*.

6.1. Sistem Alternatif: Penambahan Resources

Alternatif sistem yang pertama adalah dengan menambahkan jumlah *resources*, dimana setiap *resources* jumlahnya ditambah satu. *Resources* yang digunakan pada sistem alternatif ini terdiri dari dua orang operator pemilah pencacah, empat orang operator rak, dan dua orang operator pengering saringan.

6.2. Sistem Alternatif : Pengurangan Resources

Alternatif sistem yang kedua adalah dengan mengurangi jumlah *resources*, dimana *resources* operator rak jumlahnya dikurangi satu yaitu menjadi hanya dua operator rak. Jumlah *resources* yang digunakan pada sistem alternatif ini adalah empat orang.

6.3. Analisa Sistem Alternatif

Dari hasil simulasi sistem alternatif ini, maka dapat dianalisa perbandingan antara hasil simulasi dengan empat *resources*, lima *resources* dan delapan *resources*.

Perbandingan utilitas pada lokasi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6.
Perbandingan Utilitas Lokasi

No	Lokasi	Utilitas (%)		
		4 res	5 res	8 res
1	Bak sampah	0.63	0.67	0.7
2	Meja pemilah	7.87	8.35	8.89
3	Mesin pencacah 1	2.69	2.84	3.09
4	Mesin pencacah 2	3.17	3.38	3.34
5	Tempat ember	19.19	35.44	35.71
6	Rak 1	89.84	65.68	66.47
7	Rak 2	96.78	65.79	66.73
8	Rak 3	94.66	65.42	66.00
9	Rak 4	93.93	66.09	66.68
10	Rak 5	92.42	66.31	66.54
11	Rak 6	91.56	66.57	66.82
12	Rak 7	90.91	66.86	66.62
13	Rak 8	89.25	66.06	66.19
14	Rak 9	87.27	65.88	65.62
15	Rak 10	86.73	66.42	66.47
16	Rak 11	84.46	66.42	65.92
17	Rak 12	85.58	66.60	66.47
18	Rak 13	83.45	66.50	65.78
19	Rak 14	81.39	66.11	65.08
20	Rak 15	80.32	66.23	65.34
21	Rak 16	78.72	66.32	65.14
22	Rak 17	78.76	66.26	65.27
23	Rak 18	76.56	66.03	64.71
24	Rak 19	75.68	66.26	65.12
25	Rak 20	73.72	66.15	65.17
26	Rak 21	72.95	64.29	66.00
27	Rak 22	69.17	66.85	64.64
28	Rak 23	37.45	66.25	66.06
29	Rak 24	64.87	36.84	36.63
30	Rak 25	37.63	34.48	34.43
31	Mesin pengering 1	28.24	40.21	39.01
32	Mesin pengering 2	23.28	40.48	39.77
33	Saringan	2.63	5.67	6.55
34	Pengepakan	11.57	23.37	24.52

Dari hasil perbandingan, untuk semua peralatan produksi kecuali rak, semakin banyak jumlah *resources* yang digunakan semakin meningkat utilitas lokasi. Untuk rak, semakin bertambah jumlah *resources* semakin menurun utilitas lokasi. Besarnya kenaikan dan penurunan utilitas lokasi tidak terlalu signifikan.

Perbandingan utilitas *resources* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7.
Perbandingan Utilitas Resources

Nama Resource	Utilitas (%)		
	4 res	5 res	8 res
Operator pemilah pencacah	8.15	8.65	4.66
Operator rak 1	92.51	80.82	60.25
Operator rak 1.1	92.59	84.70	77.77
Operator rak 1.2	92.44	81.63	49.91
Operator rak 1.3		76.13	66.28
Operator rak 1.4			47.03
Operator pengering saringan	12.02	24.31	12.72

Dari hasil perbandingan, dengan mengurangi jumlah operator rak menjadi hanya dua operator rak, utilitas operator rak yang didapat semakin besar, yaitu naik sekitar 11% menjadi 92.51%. Utilitas operator pengering saringan menjadi berkurang setengahnya yaitu menjadi sebesar 12.02%. Sedangkan utilitas operator pemilah pencacah hanya berkurang sedikit (tidak terlalu signifikan) bila dibandingkan menggunakan tiga operator rak, yaitu menjadi sebesar 8.15%.

Jika menggunakan delapan *resources*, yaitu dengan menambah jumlah operator rak menjadi empat operator, operator pemilah pencacah menjadi dua operator, dan operator pengering saringan menjadi dua operator, utilitas operator rak yang didapat jadi berkurang sekitar 20% menjadi sebesar 60.25%. Dengan bertambahnya jumlah operator rak pemilah pencacah dan operator pengering saringan, menyebabkan utilitas operator pemilah pencacah dan pengering saringan jadi berkurang setengahnya yaitu menjadi sebesar 4.66% untuk operator pemilah pencacah dan 12.72% untuk operator pengering saringan.

Dari analisa hasil yang didapat, ternyata dengan menggunakan lima *resources*, sistem dapat berjalan dengan baik dengan utilitas operator yang terbaik dan tidak *overload*. Dengan mengurangi jumlah operator rak ternyata malah memperbesar utilitas operator rak menjadi sebesar 92.51%. Sedangkan jika *resources*-nya adalah sumber daya manusia, utilitas sebesar 90% akan sulit diterapkan karena manusia memiliki sifat *fatig*. Dan jika menambah jumlah

resources untuk masing-masing operator, malah menyebabkan utilitas operator menjadi turun. Penurunan utilitas operator pemilah pencacah dan operator pengering saringan sangat tidak diperlukan, dimana pada sistem sebelumnya yang menggunakan lima *resources* pun, utilitasnya sudah sangat kecil, selain itu pada sistem sebelumnya yaitu dengan menggunakan lima *resources* operator rak pun telah dapat menjalankan sistem dengan baik dan tidak *overload*.

7. Kesimpulan

1. Perancangan tataletak perlu dilakukan dengan cermat untuk membangun suatu tata letak sistem pengolahan sampah yang efektif.
2. Pola aliran umum yang digunakan dalam perancangan tata letak adalah pola U. Jenis tata letak adalah *product layout*. Perpindahan material antar peralatan produksi adalah perpindahan material secara manual.
3. Berdasarkan perhitungan kebutuhan jumlah mesin pada proses pengolahan sampah dengan kapasitas pengolahan sebesar 24m³/hari, jumlah yang diperlukan untuk setiap peralatan produksi adalah : 2 mesin pencacah, 3112 wadah ember, 25 rak, 2 pengering, 1 saringan, 1 meja pengepakan. Berdasarkan perhitungan kebutuhan area, perancangan tata letak akhir membutuhkan area pengolahan seluas 418.06m² dan area sistem secara keseluruhan seluas 730.56m². Luas area sistem secara keseluruhan ini bukanlah luas keseluruhan sistem pengolahan ini, melainkan hanya luas keseluruhan area yang berupa bangunan.
4. Untuk mengetahui jumlah operator yang dibutuhkan untuk menjalankan mesin dan peralatan produksi, maka dibuat simulasi sistem pengolahan sampah, dimana data-data yang dibutuhkan dalam simulasi adalah urutan kegiatan, data waktu setiap proses, serta *resources* yang bertanggung jawab terhadap pelaksanaan proses.

5. Analisa hasil simulasi sistem pengolahan sampah dengan menggunakan lima *resources* ini menunjukkan utilitas operator pemilah pencacah sebesar 8.65%, utilitas operator rak sebesar 80.82%, dan utilitas operator pengering saringan sebesar 24.31%. Dari analisa perbandingan sistem alternatif dengan variasi jumlah *resources*, dapat disimpulkan bahwa kebutuhan optimal operator dalam sistem berdasarkan utilitas operator yang baik adalah lima *resources*. Pengurangan operator rak adalah suatu tindakan yang justru akan meningkatkan utilitas operator menjadi 92.51%, dimana utilitas di atas 90% sulit untuk diterapkan pada sumber daya manusia karena manusia memiliki sifat *fatig*. Sedangkan penambahan jumlah *resources* untuk tiap operator hanya akan memperkecil utilitas tiap operator (tidak optimal), padahal dengan menggunakan sistem sebelumnya yaitu sistem dengan lima *resources*, sistem dapat berjalan dengan baik dan tidak terjadi *overload*.

Daftar Acuan

1. Apple, James M., 1990, *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan*, Penerbit ITB, Bandung.
2. Turner, Wayne C, et al., 1993, *Introduction to Industrial and Systems Engineering*, 3rd ed, Prentice Hall International Edition, New Jersey.
3. Roberts, Nancy, et al., 1983, *Introduciton to Computer Simulation : A System Dynamics Modelling Approach*, Addison-Wesley Publishing Company, USA.
4. Kelton, W. David, Randall P Sadowsky, and Deborah A. Sadowsky, 1998, *Simulation With Arena*, Mc Graw-Hill International Editions, Boston.
5. ProModel Cooperation, 1995, *ProModel Version 3 User's Guide*, ProModel Corp, Utah.