



Volume 7  
Nomor 2  
Juli 2022

E-ISSN 2541-4275

P-ISSN 0853-7720

# JURNAL

PENELITIAN DAN KARYA ILMIAH  
LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS TRISAKTI

Terakreditasi SINTA 5 oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia, Nomor 23/E/KPT/2019 tanggal 8 Agustus, berlaku mulai dari 1 Oktober 2018 hingga 30 September 2023

j. penelitian. karya ilmiah. lembaga  
penelitian. universitas. trisakti

Vol.  
7

No.  
2

pp  
164 - 351

P-ISSN  
0853-7720

Vol.7 No.2 Juli 2022

ISSN (p): 0853-7720, ISSN (e): 2541-4275

## DEWAN REDAKSI

### KETUA EDITOR

[Rini Setiati](#) ID Scopus 57200731324 FTKE – Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia

### WAKIL KETUA EDITOR

[Winnie Septiani](#) ID Scopus 55350716400 FTI- Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia

### EDITOR

- [Nurhikmah Budi Hartanti](#) ID Scopus [57211574556] - FTSP - Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia
- [Rosyida Permatasari](#) ID Scopus [36548948000] FTI- Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia
- [Rani Kurnia](#) ID Scopus [57202498292] - FTTM - Institut Teknologi Bandung, Indonesia
- [Oknovia Susanti](#) ID Scopus [57193803989] - FT - Universitas Andalas, Indonesia
- [Syifa Saputra](#) ID Scopus [57200986449] - Universitas Al Muslim, Aceh, Indonesia
- [Indah Widiyaningsih](#) ID Scopus [57218204019] - UPN Veteran Yogyakarta, Indonesia
- [Ira Herawati](#) ID Sinta [6020520] - Universitas Islam Riau, Indonesia
- [Fafurida](#) ID Scopus [57196196903] - Universitas Negeri Semarang, Indonesia
- [Yenny](#) ID Scopus [37076227300] - FK - Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia

### MITRA BEBESTARI

- [Astri Rinanti](#) ID Scopus [56034516500] - Lembaga Penelitian - Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia
- [KRT Nur Suhascaryo](#) ID Scopus [57193690188] - UPN Veteran Yogyakarta, Indonesia
- [Leila Mona Ganiem](#) Sinta ID [598750] - Universitas Mercu Buana, Jakarta, Indonesia
- [Dian Utami Sutiksno](#) ID Scopus 57195229091 – Politeknik Negeri Ambon, Indonesia

### PENERBIT

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia

### TENTANG JURNAL

Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti, adalah jurnal yang diterbitkan oleh Lembaga Penelitian Universitas Trisakti untuk memberikan wadah kepada para peneliti untuk menyebarkan pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki dalam bentuk hasil penelitian maupun karya ilmiah terpublikasi. Jurnal ini untuk mempublikasikan berbagai isu-isu terkini yang berkaitan dengan bidang ilmu pengetahuan baik sains, sosial maupun budaya.

## LINGKUP JURNAL

Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti berisi artikel penelitian, pengembangan konseptual, tinjauan kritis yang berkaitan dengan bidang ilmu multi disiplin seperti teknik, kebumih, sipil dan arsitektur, kedokteran, kedokteran gigi, ekonomi dan bisnis, hukum, lingkungan dan arsitektur lansekap, seni dan desain. Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti

## PROSES PENINJAUAN

Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti, menggunakan sistem pengiriman paper dan *review online*. Pengiriman naskah dan *peer review* dari setiap artikel harus dikelola menggunakan sistem ini dan berdasarkan Kebijakan *Peer Review Policy* sebagai berikut.

- Editorial Penelitian dan Karya Ilmiah bertanggung jawab atas pemilihan makalah dan pemilihan *reviewer*.
- Artikel biasanya harus direview oleh setidaknya dua *reviewer* independen.
- Reviewer tidak mengetahui identitas penulis, dan penulis juga tidak mengetahui identitas *reviewer* (*double blind review*)
- Proses *review* akan mempertimbangkan kebaruan, objektivitas, metode, dampak ilmiah, kesimpulan, dan referensi.
- Editor akan mengirimkan keputusan akhir tentang paper yang dikirim kepada *author* yang sesuai berdasarkan rekomendasi *reviewer*.
- Dewan Editorial Penelitian dan Karya Ilmiah akan melindungi kerahasiaan semua materi yang diserahkan ke jurnal dan semua komunikasi dengan *reviewer*.

## CEK PLAGIARISMAE

Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti, Editorial Board will ensure that every published article will not exceed 30% similarity Score. Plagiarism screening will be conducted by MEV Editorial Board using Grammarly® Plagiarism Checker and Turnitin plagiarism screening service.

## KEBIJAKAN AKSES TERBUKA

Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti mempunyai kebijakan open akses terhadap konten jurnal dengan prinsip memajukan pertukaran pengetahuan secara global

## DAFTAR ISI

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Potensi Batuan Induk Formasi Talangakar dan Lemat Penghasil Hidrokarbon Di Cekungan Sumatra Selatan<br>DOI : <a href="http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.8425">http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.8425</a><br><i>Cahyaningratri P. Riyandhani</i>                                                                                                                                             | 164 – 172 |
| Pengaruh Metode Pemanasan dan Penambahan Daun Mint Pada Uji Organoleptik dan Antioksidan Teh Daun Murbei<br>DOI : <a href="http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.10840">http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.10840</a><br><i>Anitarakhmi Handaratri, Mohammad Istnaeny Hudha</i>                                                                                                                   | 173 – 181 |
| Jasa Lingkungan Hutan Kota Srengseng<br>DOI : <a href="http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.12459">http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.12459</a><br><i>Annisa Rohmah, H. W. Wiranegara, Y. Supriatna</i>                                                                                                                                                                                         | 182 – 192 |
| Hazardous Waste Should Be Managed Properly for Development of Better Waste Management Strategies<br>DOI : <a href="http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.12815">http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.12815</a><br><i>Afina Maulida, Aliyah Oktaviani, Helen Steavy Pakpahan, Temmy Wikaningrum</i>                                                                                                 | 193 – 209 |
| Capability of Multi Soil Layering (MSL) Method in Domestic Wastewater Treatment<br>DOI : <a href="http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.12837">http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.12837</a><br><i>Cicilya Dolfiana Resda, Mariana Grace Ustang Tafaib, Shanty Isnani, Solihatun Janah, Temmy Wikaningrum</i>                                                                                     | 210 – 219 |
| Analisa Pengangkatan Cutting Menggunakan Metode CCI, CTR dan CCA Pada Sumur T Trayek 12 ¼"<br>DOI : <a href="http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.13178">http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.13178</a><br><i>Tedy Subraja, Lestari, Ridha Husla</i>                                                                                                                                              | 220 – 229 |
| Metode Pengukuran Sudut Gonial Antar Pola Vertikal Skeletal pada Sefalometri Lateral<br>DOI : <a href="http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.13195">http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.13195</a><br><i>Areta Salim Andri Putri, Yuniar Zen</i>                                                                                                                                                   | 230 – 240 |
| Implementasi Metode Customer Satisfaction Index dan Importance Performance Analysis Untuk Mengukur Tingkat Kepuasan Mahasiswa Terhadap Kualitas Pelayanan Akademik (Studi Kasus di FTSP, Universitas Trisakti)<br>DOI : <a href="http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.14152">http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.14152</a><br><i>Julia Damayanti, Popi Puspitasari, Giraldi Fardiaz Kuswanda</i> | 241 – 256 |
| Analisa Karakteristik Pompa Air untuk Kebutuhan Air Utilitas Pada Pabrik Proses Algoterasi PT. Z<br>DOI : <a href="http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.13267">http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.13267</a><br><i>Bagas Wijdan Widodo, Annisa Bhikuning</i>                                                                                                                                     | 257 – 268 |
| Pengaruh Ekstrak Kulit Jeruk Sebagai Pengaruh Konsentrasi Surfaktan Dalam Meningkatkan Recovery Faktor Dengan Metode Coreflood Test<br>DOI : <a href="http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.13276">http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.13276</a><br><i>Andhika Rama Dwiputra, M. Taufiq Fathaddin, Havidh Pramadika</i>                                                                           | 269 – 278 |

- Pengaruh Komposit Ampas Tebu, Sekam Padi, Bentonite Terhadap pH, TDS dan Adsorpsi Isotermal Freundlich 279 – 289  
DOI : <http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.13306>  
Ahmad Naufal Guthni Russaputro, Lestari, Harin Widiyatni
- Pengaruh Transformasional *Leadership & Compensation* Terhadap *Employee Performance* Dimediasi oleh *Job Satisfaction* 290 – 307  
DOI : <http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.13317>  
R.M. Eko Budiratmoko, Erny Tajib
- Penggantian AC Tipe Split-Duct dengan Sistem *Water Cooled Chiller* di Pusat Perbelanjaan X Bandung 308 – 320  
DOI : <http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.13331>  
Endi Jumairi, Chalilullah Rangkuti, Supriyadi Supriyadi
- Risk Assessment and Business Impact Analysis as a Basis for the Drafting Disaster Recovery Plan at UPT-TIK of XYZ University 321 – 334  
DOI : <http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.7082>  
Laqma Dica Fitriani
- Perancangan Perbaikan Tata Letak Gudang Bahan Baku Dengan Menggunakan Metode *Class-Based* Pada PT. Kurabo Manunggal Textile 335 – 351  
DOI : <http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.14222>  
Mush'ab Syakieb Alkatiri, Ratna Mira Yojana, Winnie Septiani
- Hubungan Lingkar Pinggang Dengan Kejadian Osteoporosis Pada Wanita Lansia 352 – 361  
DOI : <http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.14035>  
Salma Dhiya Wahid, Donna Adriani K.M
- Kajian Faktor Sosiodemografi dan Pola Aktivitas Fisik pada Mahasiswa dengan *Chronic Fatigue Syndrome* di Sekolah Tinggi Semi-Militer 362 – 370  
DOI : <http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.14044>  
Sekar Melati Putri Puspita, Patwa Amani
- Pendekatan *Lean Ergonomic* Untuk Perbaikan Metode Kerja Proses *Wool Press* 371 – 389  
DOI : <http://dx.doi.org/10.25105/pdk.v7i2.14272>  
Niscaya Filijomasi Garamba, Winnie Septiani, Sucipto Adisuwiryono



## PERANCANGAN PERBAIKAN TATA LETAK GUDANG BAHAN BAKU DENGAN MENGGUNAKAN METODE CLASS-BASED PADA PT. KURABO MANUNGAL TEXTILE

Mush'ab Syakieb Alkatiri<sup>1</sup>, Ratna Mira Yojana<sup>\*1</sup>, Winnie Septiani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik Industri, Universitas Trisakti, Jl. Kyai Tapa No.1, Grogol, Jakarta Barat, Indonesia 11440

\*Penulis koresponden: [ratna.mira@trisakti.ac.id](mailto:ratna.mira@trisakti.ac.id)

### ABSTRAK

PT. Kurabo Manunggal Textile merupakan pabrik pemintalan benang dengan bahan baku serat kapas. Pada gudang bahan baku, terdapat 12 jenis bahan baku yang terbagi menjadi 3 sub-kelompok. Pemindahan bahan baku dilakukan dengan material handling berupa forklift. Pada kondisi awal, penyimpanan bahan baku dilakukan secara acak. Hal ini menyebabkan operator kesulitan dalam pengambilan bahan baku. Rata-rata utilitas Gudang hanya 37% dan waktu material handling mencapai 86,47jam. Melihat permasalahan tersebut, penelitian ini dirancang dengan tujuan memperbaiki layout Gudang bahan baku sehingga dapat meminimasi waktu material handling bahan baku. Metode perancangan perbaikan menggunakan software Promodel dan class-based storage dengan mempertimbangkan layout gudang bahan baku serta jumlah material handling. Diusulkan 3 skenario perbaikan, yaitu: relokasi penyimpanan bahan baku sesuai hasil evaluasi dengan menggunakan class-based storage, menambah jumlah material handling, dan menggabungkan skenario kedua skenario. Hasil simulasi menunjukkan skenario ketiga yaitu penggabungan skenario 1 dan skenario 2 terpilih menjadi skenario terbaik karena memiliki persentase penurunan waktu material handling paling besar yaitu 28,85%, dengan waktu simulasi sebesar 61,52 jam.

### ABSTRACT

**[Title: Design of Raw Material Warehouse Layout Improvement Using Class-Based Method at PT. Kurabo Manunggal Textile]** PT. Kurabo Manunggal Textile is a yarn spinning factory with cotton fiber as the raw material. There are 12 types of raw materials in the raw material warehouse divided into three sub-groups. The transfer of raw materials is carried out by material handling in the form of a forklift. In the initial conditions, the storage of raw materials was carried out randomly. This causes the operator difficulty in taking raw materials. The average warehouse utility is only 37% and material handling time reaches 86.47 hours. Seeing these problems, this research was designed with the aim of improving the layout of the raw material

### SEJARAH ARTIKEL

Diterima  
01 Juli 2022  
Revisi  
10 Juli 2022  
Disetujui  
28 Juli 2022  
Terbit online  
31 Juli 2022

### KATA KUNCI

- Class-based Storage,
- Gudang Bahan Baku,
- Simulasi Sistem, dan Promodel

### KEYWORDS

- Class-based Storage,
- Raw Material Warehouse,
- Simulation System, and Promodel

*warehouse so that it can minimize the material handling time of raw materials. The improvement design method uses Promodel software and class-based storage by considering the layout of the raw material warehouse and the amount of material handling. Three improvement scenarios are proposed: relocating raw material storage according to the evaluation results using class-based storage, increasing the amount of material handling, and compare the two scenarios. The simulation results show that the third scenario, which is the combination of scenario 1 and scenario 2, was chosen as the best scenario because it has the most significant percentage decrease in material handling time, which is 28.85%, with a simulation time of 61.52 hours.*

## 1. PENDAHULUAN

PT. Kurabo Manunggal Textile merupakan pabrik pemintalan benang yang melakukan proses produksi benang dari bahan baku serat-serat kapas. Saat ini perusahaan menghasilkan lebih dari 12 jenis benang yang dihasilkan dari 3 jenis bahan baku, yaitu Cotton, Polyester, dan Acrylic. Gudang bahan baku pada PT. Kurabo Manunggal Textile memiliki luas sebesar 760 m<sup>2</sup>, dengan kapasitas penyimpanan yaitu maksimal yaitu 300.000 kilogram. Dengan kapasitas penyimpanan sebesar itu, gudang bahan baku dapat menyimpan bahan baku sebanyak 1400-1500 bale. Hal ini berdasarkan perhitungan bahwa 1 bale memiliki berat yaitu  $\pm 200$  kg. Namun dengan area penyimpanan bahan baku yang luas, proses penyimpanan bahan baku tidak memperhatikan jenis-jenis bahan baku yang ada, sehingga saat melakukan proses pengiriman bahan baku ke lantai produksi akan memerlukan waktu yang relative lama. Selain itu, penumpukan bahan baku yang bertingkat cukup tinggi serta letaknya yang jauh dengan pintu masuk lantai produksi menyebabkan operator membutuhkan waktu lebih untuk mengambil bahan baku tersebut dan memindahkan ke lantai produksi. Permasalahan lain adalah jumlah material handling yang hanya 2 unit membuat operator harus menunggu operator lain dalam proses pengambilan bahan baku.

Dari permasalahan tersebut perlu dilakukan evaluasi pada tata letak gudang bahan baku serta jumlah material handling yang digunakan PT. Kurabo Manunggal Textile. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan simulasi Promodel. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode class-based storage. Metode tersebut merupakan salah satu metode yang biasa digunakan dalam perancangan tata letak Gudang. Metode ini dilakukan dengan mengklasifikasikan bahan baku berdasarkan karakteristik produk dan frekuensi pemindahan bahan baku (Heragu, 2008). Metode ini dianggap lebih baik dibandingkan metode random storage dan decided storage dalam upaya mengurangi waktu pemindahan barang (GUEZZEN, OUHOUD, & Zaki, 2016). Penerapan metode class-based storage dapat dilakukan untuk alokasi penyimpanan dan pemilihan Gudang serta penentuan kelas pada sistem pergudangan. (Manzini, Accorsi, & Gamb, Modeling class-based storage assignment over lifecycle picking patterns, 2015). Metode ini juga dapat meningkatkan utilitas gudang

penyimpanan dan mengurangi biaya pemindahan bahan baku (Septiani, Dahana, & Adisuwiryono, 2018). Tujuan dari penelitian ini adalah merancang tata letak gudang bahan baku sehingga dapat mengurangi waktu pengambilan bahan baku.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

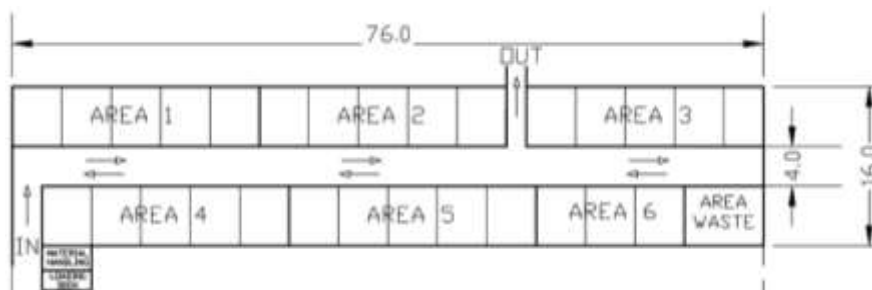
Metode yang digunakan dalam perancangan tata letak Gudang bahan baku PT Kurabo Manunggal Textile adalah *class-based storage*, sedangkan proses evaluasi sistem perbaikan menggunakan simulasi Promodel. Metode *Class-based storage* digunakan dengan mengklasifikasikan objek menjadi tiga kelas (A,B,C). Pengklasifikasian berdasarkan persentase banyaknya aktifitas. Kelompok C adalah aktifitas yang memiliki presentase 0-5%, kelompok B 5-20% dan kelompok A adalah aktifitas yang lebih dari 20% (Heragu, 2008). Bahan baku dengan kategori A, harus didekatkan dengan pintu masuk dan keluar, kemudian kategori B dapat diletakkan agak jauh dari pintu, sedangkan kategori C dapat diletakkan paling jauh dari pintu (Ekren, 2015). Metode *Class-based storage* memiliki manfaat yang besar untuk mengurangi cycle time dalam proses pemindahan bahan baku, namun dimensi dari bahan baku tersebut harus tidak berbeda jauh (Manzini, Gamberi, Persona, & Regattieri, 2007).

Pada penelitian ini diawali dengan membangun simulasi sistem Gudang bahan baku aktual pada Promodel. Variabel diinput dalam model, kemudian material handling dan alur proses pemindahan bahan baku. Selanjutnya sebelum memasukkan data, data terlebih dahulu dilakukan uji distribusi. Setelah data sesuai, maka dilakukan verifikasi dan validasi hasil perancangan sistem aktual

Sistem aktual terbangun dengan baik dalam simulasi promodel, dilanjutkan dengan perancangan perbaikan Tata letak Gudang bahan baku dengan Metode *class-based storage*. Metode ini diawali dengan menghitung jumlah kebutuhan area penyimpanan bahan baku, menghitung frekuensi pemindahan, melakukan klasifikasi tiap sub-kelompok bahan baku berdasarkan frekuensi pemindahannya, menghitung jarak setiap area penyimpanan dengan pintu keluar dan selanjutnya merancang rekomendasi tata letak Gudang bahan baku. Parameter output yang digunakan adalah waktu material handling dalam proses pemindahan bahan baku ke lantai produksi. Setelah melakukan evaluasi hasil, dilanjutkan dengan penarikan kesimpulan dan saran terhadap perusahaan.

Data yang digunakan dalam penelitian adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan pengamatan langsung dan wawancara. Pengamatan dilakukan di gudang bahan baku sedangkan wawancara dilakukan kepada kepala Gudang bahan baku. Sedangkan data sekunder yang digunakan adalah data bahan baku yang masuk dan keluar, jumlah bahan baku, dan jenis-jenis bahan baku yang memang sudah dicatat oleh operator. Setelah melakukan pengumpulan

data dan menganalisis sistem gudang bahan baku pada PT. Kurabo Manunggal Textile, model simulasi dirancang dengan menggunakan software ProModel.



Gambar 1 Tata Letak Gudang Bahan Baku Aktual

### 3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### Identifikasi Masalah

Penelitian ini berfokus pada perancangan desain Gudang bahan baku PT Kurabo Manunggal Textiles sehingga dapat mengurangi waktu pemindahan bahan baku kapas ke lantai produksi pemintalan benang. Sebelum melakukan perancangan sistem perbaikan, dilakukan terlebih dahulu identifikasi terhadap sistem aktual perusahaan.

PT. Kurabo Manunggal Textile memiliki satu gudang bahan baku dengan luas sebesar 1064 m<sup>2</sup>. Bahan baku yang digunakan terdiri dari 3 sub kelompok bahan baku dengan total 12 jenis bahan baku. Gudang bahan baku memiliki kapasitas penyimpanan yaitu maksimal yaitu 1.000 ton untuk seluruh jenis bahan baku tersebut. Gudang bahan baku yang memiliki panjang yaitu 76 meter dengan lebar 16 meter. Layout aktual untuk area penyimpanan memiliki lebar masing masing sebesar 5 meter dengan panjang yang berbeda-beda yaitu Area 1, Area 2, Area 4, dan Area 5 memiliki panjang 25 meter, untuk Area 3 memiliki panjang 24 meter, dan Area 6 memiliki panjang 15 meter seperti pada Gambar 1.

#### Model Konseptual

Model konseptual adalah hasil pemikiran yang digunakan dalam membangun sebuah sistem sehingga dapat diuraikan variable-variabel apa saja yang berhubungan dengan sistem. Gambar 2 merupakan model konseptual yang dibangun dalam penelitian ini.

Sistem pada penelitian ini terdiri dari dua input yaitu variabel tidak terkontrol dan variabel terkontrol. Variabel tidak terkontrol adalah variabel yang tidak bisa dikendalikan, variabel ini dapat berubah-ubah atau tidak tetap. untuk variabel terkontrol adalah variabel yang bisa dikendalikan, pada umumnya variabel ini sifatnya tetap atau tidak berubah-ubah (Harrell, 2000).

Variabel output merupakan luaran dari sebuah sistem. Variabel output inilah yang menjadi indikator kinerja dalam sistem yang akan disimulasikan. Variabel output penelitian ini adalah waktu pemindahan bahan baku dari Gudang bahan baku ke lantai produksi. Semakin kecil waktu yang dibutuhkan, maka sistem akan dianggap semakin baik.

### Model Simulasi

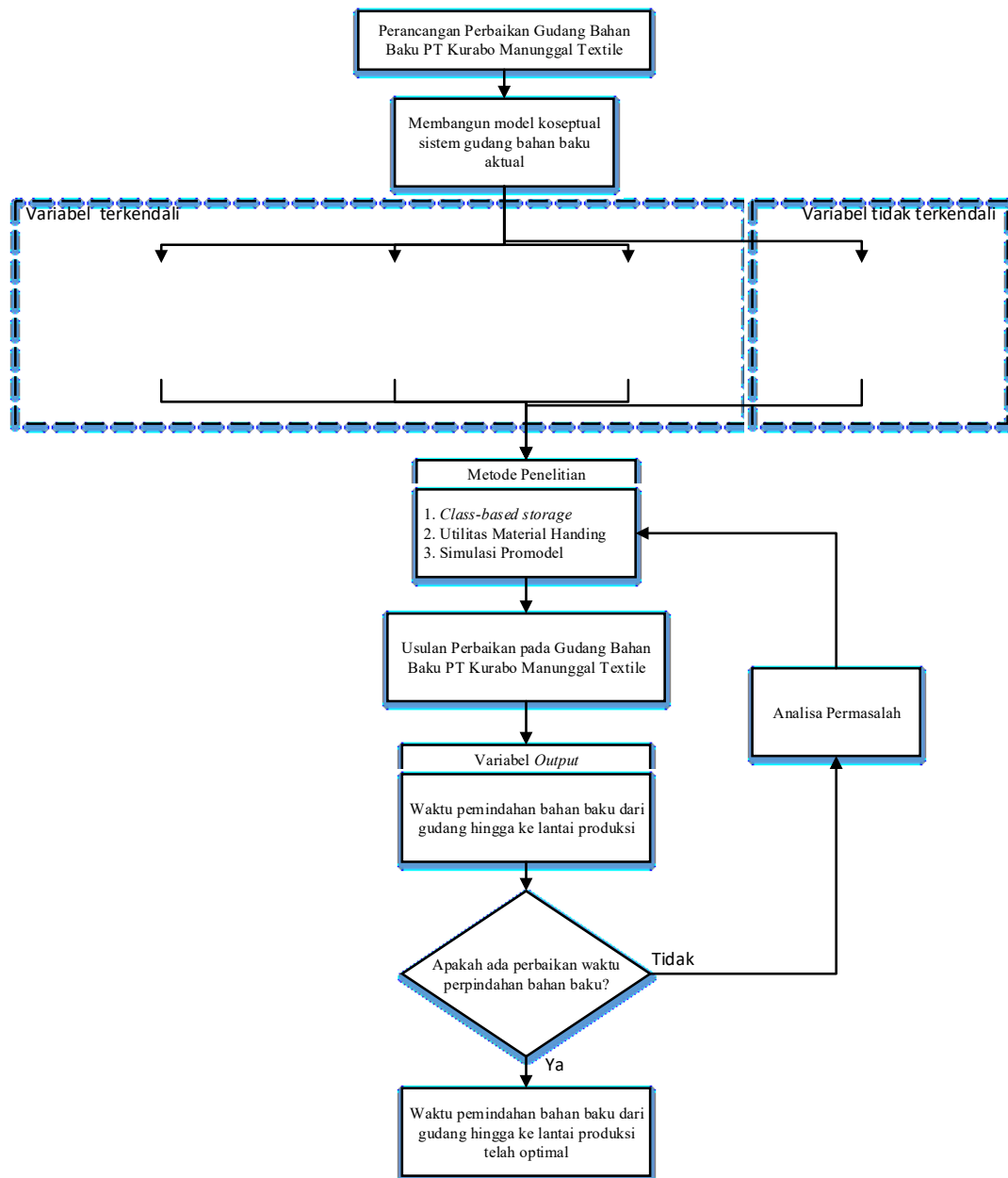
Model simulasi penyimpanan gudang bahan baku dirancang dengan menggunakan software Promodel, Dalam proses input data terdapat dua jenis elemen yaitu elemen struktural dan elemen operasional. Tabel 1 dan Tabel 2 masing-masing adalah uraian mengenai elemen struktural dan elemen operasional pada dalam sistem pergudangan bahan baku PT. Kurabo Manunggal Textile

**Tabel 1** Elemen Struktural Sistem Gudang Bahan Baku

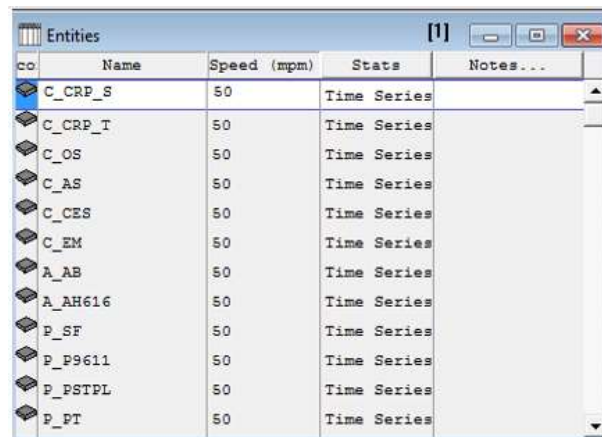
| Elemen Struktural   |                                                                                                                                                                                    |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Elemen              | Definisi                                                                                                                                                                           |
| <i>Entities</i>     | <i>Entitas</i> dalam sistem ini adalah Bahan Baku berupa serat kapas untuk proses produksi benang.                                                                                 |
| <i>Location</i>     | <i>Location</i> dalam sistem ini adalah area penyimpanan bahan baku dan area <i>material handling</i> .                                                                            |
| <i>Resources</i>    | <i>Resources</i> dalam sistem ini adalah <i>Material Handling</i> dalam sistem penyimpanan gudang bahan baku, yaitu <i>forklift</i> .                                              |
| <i>Path Network</i> | <i>Path networks</i> merupakan jalur yang dilalui bahan baku dari gudang menuju lantai produksi. Jika dilihat pada model simulasi adalah jalur yang dilalui oleh <i>entities</i> . |

**Tabel 2** Elemen Operational Sistem Gudang Bahan Baku

| Elemen Operasional |                                                                                                                                                                |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Elemen             | Definisi                                                                                                                                                       |
| <i>Arrivals</i>    | <i>Arrivals</i> merupakan kedatangan bahan baku atau entitas pada sistem. <i>Qty each</i> adalah jumlah entitas yang masuk ke dalam gudang setiap bulan.       |
| <i>Processing</i>  | <i>Processing</i> merupakan kegiatan dalam sistem penyimpanan di gudang bahan baku. Proses dimulai ketika bahan baku masuk ke gudang hingga ke lantai produksi |



Gambar 2 Model Konseptual



| co | Name    | Speed (mpm) | Stats       | Notes... |
|----|---------|-------------|-------------|----------|
|    | C_CRP_S | 50          | Time Series |          |
|    | C_CRP_T | 50          | Time Series |          |
|    | C_OS    | 50          | Time Series |          |
|    | C_AS    | 50          | Time Series |          |
|    | C_CES   | 50          | Time Series |          |
|    | C_EM    | 50          | Time Series |          |
|    | A_AB    | 50          | Time Series |          |
|    | A_AH616 | 50          | Time Series |          |
|    | P_SF    | 50          | Time Series |          |
|    | P_P9611 | 50          | Time Series |          |
|    | P_PSTPL | 50          | Time Series |          |
|    | P_PT    | 50          | Time Series |          |

Gambar 3 Entitas dalam Sistem Simulasi



| Icon | Name         | Cap. | Units | DTs... | Stats           | Rules... |
|------|--------------|------|-------|--------|-----------------|----------|
|      | Area_1       | 425  | 1     | None   | Time Se. Oldest |          |
|      | Area_2       | 425  | 1     | None   | Time Se. Oldest |          |
|      | Area_3       | 400  | 1     | None   | Time Se. Oldest |          |
|      | Area_4       | 425  | 1     | None   | Time Se. Oldest |          |
|      | Area_5       | 425  | 1     | None   | Time Se. Oldest |          |
|      | Area_6       | 375  | 1     | None   | Time Se. Oldest |          |
|      | Area_7       | INF  | 1     | None   | Time Se. Oldest |          |
|      | Pintu_Meluar | INF  | 1     | None   | Time Se. Oldest |          |
|      | Pintu_Masuk  | INF  | 1     | None   | Time Se. Oldest |          |

Gambar 4 Location dalam Sistem Simulasi

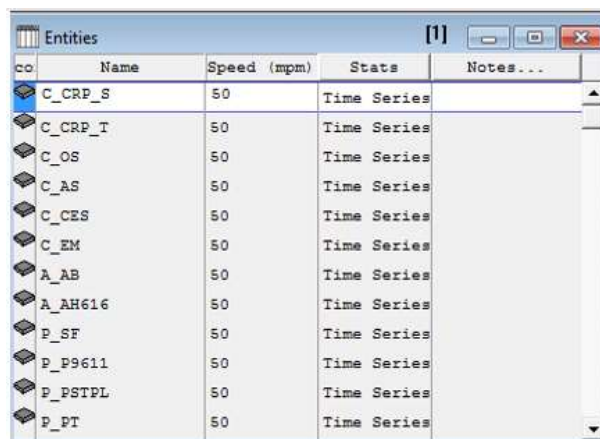
### Membangun Sistem Aktual pada Software Promodel

Membangun sistem aktual dilakukan dengan mengamati waktu siklus dalam proses pemindahan bahan baku. Proses tersebut terdapat 5 jenis kegiatan yang dikerjakan secara berurutan. Masing – masing kegiatan diukur waktunya sebanyak 30 kali. Data yang telah terkumpul kemudian diuji kecukupan data dan uji keseragaman. Setelah data lulus uji keseragaman dan uji kecukupan data, kemudian barulah data diuji distribusinya menggunakan aplikasi StatFit. Hasil dari pengujian distribusi didapatkan 3 distribusi utama, yaitu: Lognormal, Triangular dan Uniform.

### Verifikasi Model dengan Bottom-Up dan Simulasi

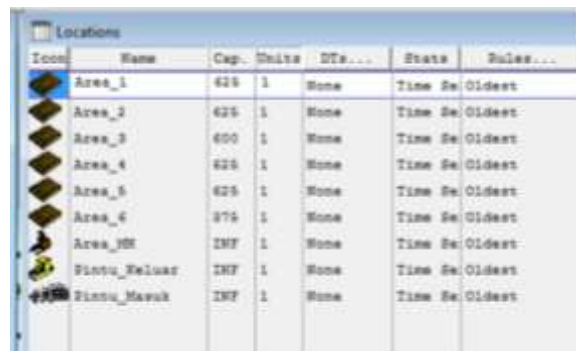
Verifikasi model simulasi Bottom-Up dilakukan dengan membandingkan model simulasi terhadap sistem aktual menggunakan logika proses.

Elemen dalam sistem merupakan objek penting untuk dibandingkan antara model simulasi dengan sistem nyata. Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat bahwa jumlah entities sudah sama dengan sistem aktual, yaitu 12 jenis bahan baku. Gambar 4 location terdapat 6 area penyimpanan dengan jumlah kapasitas yang sama dengan sistem saat aktual. Material handling yang digunakan pada gudang bahan baku juga memiliki jumlah yang sama, yaitu 2 buah forklift dapat dilihat pada bagian resources material handling (Gambar 5).



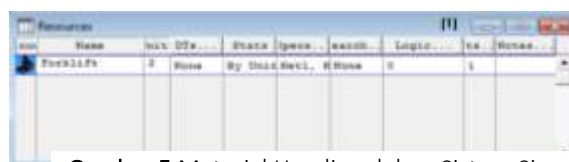
| co | Name    | Speed (mpm) | Stats       | Notes... |
|----|---------|-------------|-------------|----------|
|    | C_CRP_S | 50          | Time Series |          |
|    | C_CRP_T | 50          | Time Series |          |
|    | C_OS    | 50          | Time Series |          |
|    | C_AS    | 50          | Time Series |          |
|    | C_CES   | 50          | Time Series |          |
|    | C_EM    | 50          | Time Series |          |
|    | A_AB    | 50          | Time Series |          |
|    | A_AH616 | 50          | Time Series |          |
|    | P_SF    | 50          | Time Series |          |
|    | P_P9611 | 50          | Time Series |          |
|    | P_PSTPL | 50          | Time Series |          |
|    | P_PT    | 50          | Time Series |          |

Gambar 3 Entitas dalam Sistem Simulasi



| Icon | Name         | Cap. | Units | Dts... | Stats          | Rules... |
|------|--------------|------|-------|--------|----------------|----------|
|      | Area_1       | 425  | 1     | None   | Time Se Oldest |          |
|      | Area_2       | 425  | 1     | None   | Time Se Oldest |          |
|      | Area_3       | 400  | 1     | None   | Time Se Oldest |          |
|      | Area_4       | 425  | 1     | None   | Time Se Oldest |          |
|      | Area_5       | 425  | 1     | None   | Time Se Oldest |          |
|      | Area_6       | 375  | 1     | None   | Time Se Oldest |          |
|      | Area_WH      | INF  | 1     | None   | Time Se Oldest |          |
|      | Pintu_Keluar | INF  | 1     | None   | Time Se Oldest |          |
|      | Pintu_Masuk  | INF  | 1     | None   | Time Se Oldest |          |

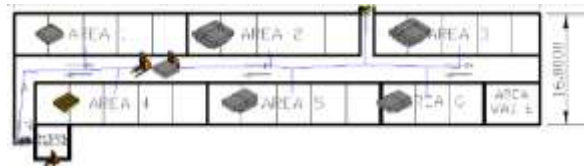
Gambar 4 Location dalam Sistem Simulasi



| Icon | Name     | Max Dts... | Stats | Oper...        | Equip. | Logic... | Notes... |
|------|----------|------------|-------|----------------|--------|----------|----------|
|      | Forklift | 2          | None  | By Unit Avail. | None   | 0        | 1        |

Gambar 5 Material Handling dalam Sistem Simulasi

Verifikasi model simulasi dapat dilakukan dengan cara melihat animasi pada saat proses simulasi dijalankan atau *run-model* simulasi. Model sudah terverifikasi jika animasi menunjukkan pergerakan atau pola yang sama dengan sistem saat aktual. Gambar 6 merupakan animasi pergerakan entitas dalam simulasi.



Gambar 6 Animasi dalam Simulasi

### Menentukan Jumlah Replikasi dalam Sistem Simulasi

Replikasi model dalam proses simulasi diperlukan untuk mendapatkan model sistem yang valid, sesuai dengan kondisi aktual. Replikasi atau pengulangan dilakukan dengan menjalankan simulasi dari awal hingga akhir sebanyak  $n$  kali. Proses perhitungan jumlah replikasi yang dibutuhkan dalam proses simulasi dimulai dengan menentukan standar deviasi ( $s$ ):

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n - 1)}} = 0,191 \quad (1)$$

Setelah itu dilanjutkan dengan penentuan nilai  $e$  dan tingkat kepercayaan. Nilai  $e$  ditentukan dengan tujuan yaitu mengurangi tingkat kesalahan pada penelitian. Pada replikasi ini nilai  $e$  adalah 0,1 dengan tingkat kepercayaan 90% atau  $\alpha = 0,1$ .

$$n' = \left| \frac{[Z_{\alpha/2}]S}{e} \right|^2 = \left| \frac{(1,64)(0,19)}{0,1} \right|^2 = 9,23 \approx 10 \quad (2)$$

### Validasi Simulasi Promodel Kondisi Aktual

Validasi merupakan proses yang dilakukan untuk mengetahui apakah suatu model konseptual benar – benar merupakan representasi dari sistem nyata atau tidak. Pada penelitian ini, waktu sistem nyata yang didapatkan adalah 92,88 detik, sedangkan waktu simulasi yang didapatkan adalah 86,47 detik. Waktu sistem nyata dan waktu simulasi akan dibandingkan dan dinyatakan dalam APE (Absolute Percentage Error):

$$\begin{aligned} APE &= \left| \frac{\text{Waktu sistem nyata} - \text{waktu hasil simulasi}}{\text{waktu sistem nyata}} \right| \\ &= \left| \frac{92,88 - 86,47}{92,88} \right| \times 100 = 6,9\% \end{aligned} \quad (3)$$

Nilai tersebut tidak melebihi 10% maka tingkat keakuratannya masuk dalam kategori sangat akurat (Lewis, 1982)

#### 4. Rancangan Perbaikan *Layout* Gudang Bahan Baku dengan Metode *Class-Based Storage*

##### Perhitungan Jumlah Kebutuhan Area Penyimpanan Bahan Baku

Perhitungan jumlah kebutuhan area penyimpanan bahan baku dilakukan sebelum mengelompokkan bahan baku ke dalam kelas – kelas. Hal ini bertujuan untuk melihat kemungkinan adanya area penyimpanan bahan baku yang melebihi kapasitas saat ini.

Berdasarkan Tabel 3, diketahui bahwa tidak terdapat Gudang yang melebihi kapasitas. Utilitas Gudang rata-rata baru mencapai 37%.

**Tabel 3** Kapasitas Gudang Bahan Baku Aktual

| Area   | Bahan Baku | Rata-Rata Barang di Area Penyimpanan (bale) | Total Barang / Area (bale) | Kapasitas / Area (bale) | Persentase Pemakaian (%) |
|--------|------------|---------------------------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Area 1 | C-CRP-S    | 412                                         | 412                        | 1250                    | 33%                      |
| Area 2 | C-CRP-T    | 508                                         | 604                        | 1250                    | 48%                      |
|        | C-OS       | 96                                          |                            |                         |                          |
| Area 3 | C-SA       | 395                                         | 723                        | 1200                    | 60%                      |
|        | C-CES      | 328                                         |                            |                         |                          |
| Area 4 | C-EM       | 224                                         | 224                        | 1250                    | 18%                      |
| Area 5 | A-AB       | 200                                         | 379                        | 1250                    | 30%                      |
|        | A-AH616    | 178                                         |                            |                         |                          |
| Area 6 | P-SF       | 5                                           | 263                        | 750                     | 35%                      |
|        | P-P9611    | 4                                           |                            |                         |                          |
|        | P-PSTPL    | 173                                         |                            |                         |                          |
|        | P-PT       | 82                                          |                            |                         |                          |
|        |            |                                             |                            | Rata - Rata             | 37%                      |

##### Pembentukan Kelas Berdasarkan Jenis Barang dan Frekuensi Perpindahan

Pembentukan kelas – kelas untuk menempatkan bahan baku didasarkan pada jenis barang dengan sub-kelompok yang sama. Pembentukan kelas dilihat dari persentase frekuensi pemindahan bahan baku dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\%Frekuensi = \frac{Frekuensi\ tiap\ bulan}{Total\ frekuensi} \times 100 \quad (4)$$

Sehingga didapatkan urutan frekuensi pemindahan bahan baku dari yang paling tinggi sebagai berikut (Tabel 4):

Tabel 4 Urutan Frekuensi Bahan Baku

| Jenis Bahan Baku | Sub-kelompok Bahan Baku | Frekuensi Perpindahan | Persentase Frekuensi |
|------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| C-EM             | <i>Cotton</i>           | 268                   | 22,08%               |
| C-CRP-S          |                         | 172                   | 14,17%               |
| C-CRP-T          |                         | 159                   | 13,14%               |
| C-OS             |                         | 141                   | 11,63%               |
| C-CES            |                         | 117                   | 9,60%                |
| C-SA             |                         | 99                    | 8,16%                |
| A-AB             | <i>Acrylic</i>          | 105                   | 8,67%                |
| A-AH616          |                         | 37                    | 3,09%                |
| P-PSTPL          | <i>Polyester</i>        | 70                    | 5,81%                |
| P-PT             |                         | 41                    | 3,38%                |
| P-P9611          |                         | 3                     | 0,21%                |
| P-SF             |                         | 1                     | 0,08%                |

### Perhitungan Jarak Area Penyimpanan

Perhitungan jarak area penyimpanan dihitung dengan melihat jarak tempat penyimpanan hingga ke pintu keluar. Hal ini diperlukan karena akan berpengaruh terhadap waktu pemindahan bahan baku. Semakin jauh jarak penyimpanan dengan pintu keluar, maka akan semakin lama proses pemindahannya. Perhitungan jarak area penyimpanan menggunakan rumus berikut:

$$d_{ij} = \sqrt{((x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2)} \quad (5)$$

Jarak area penyimpanan diurutkan dari yang terbesar sesuai dengan hasil perhitungan sebelumnya, sehingga mendapat urutan sebagai berikut: (Tabel 5)

Tabel 5 Urutan Jarak Area dalam Gudang Bahan Baku

| Aktual      |       |
|-------------|-------|
| Nama Area   | Jarak |
| 1           | 38,62 |
| 2           | 13,83 |
| 3           | 13,83 |
| 4           | 37,81 |
| 5           | 16,71 |
| 6           | 16,10 |
| Rata - Rata | 22,82 |

Kemudian dilakukan rancangan perbaikan dengan metode class-based storage yang menghasilkan hasil perhitungan jarak baru yaitu: (Tabel 6)

**Tabel 6** Urutan Jarak Area Gudang Bahan Baku Rancangan

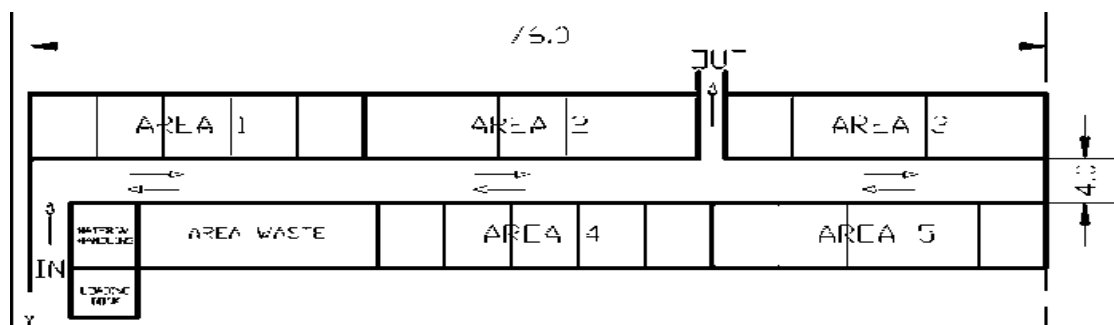
| Nama Area   | Jarak |
|-------------|-------|
| 1           | 38,62 |
| 2           | 13,83 |
| 3           | 13,83 |
| 4           | 18,03 |
| 5           | 18,03 |
| Rata - Rata | 20,47 |

Berdasarkan Tabel 3 dan 4, diketahui bahwa terjadi penurunan rata – rata jarak antara area penyimpanan dengan pintu keluar dari 22,82 meter menjadi 20,47 meter.

### Perancangan Skenario Perbaikan

Perbaikan sistem penyimpanan gudang bahan baku dirancang dengan mempertimbangkan dua faktor yaitu tata letak Gudang dengan metode class-based storage dan faktor material handling. Perancangan akan dilakukan dengan 3 skenario perbaikan yaitu:

1. Rancangan yang pertama dengan mengubah tata letak Gudang dengan menggunakan Metode Class-Based Storage sehingga didapatkan rekomendasi perubahan berikut:
  - a. Relokasi penyimpanan bahan baku, untuk mempercepat proses perpindahan bahan baku yang memiliki frekuensi perpindahan tertinggi ke dekat pintu. Usulan peletakkan setiap jenis bahan baku ada pada dengan Tabel 7.
  - b. Hilangnya area penyimpanan 6, hal ini untuk meningkatkan utilitas area penyimpanan. Sehingga didapatlah *layout* rekomendasi seperti Gambar 7.



**Gambar 7** Rekomendasi Layout Perbaikan Gudang Bahan Baku

- c. Memindahkan area waste, tujuannya adalah agar area penyimpanan letaknya lebih dekat dengan pintu keluar (Gambar 7)

**Tabel 7** Jenis Bahan Baku dalam Layout Rekomendasi

| Jenis Bahan Baku | Sub-kelompok Bahan Baku | Area Mula-Mula | Persentase Frekuensi | Area Perbaikan |
|------------------|-------------------------|----------------|----------------------|----------------|
| C-EM             | Cotton                  | Area 1         | 22,08%               | Area 2         |
| C-CRP-S          |                         | Area 2         | 14,17%               | Area 2         |
| C-CRP-T          |                         | Area 2         | 13,14%               | Area 3         |
| C-OS             |                         | Area 3         | 11,63%               | Area 3         |
| C-CES            |                         | Area 3         | 9,60%                | Area 4         |
| C-SA             |                         | Area 4         | 8,16%                | Area 4         |
| A-AB             | Acrylic                 | Area 5         | 8,67%                | Area 5         |
| A-AH616          |                         | Area 5         | 3,09%                | Area 5         |
| P-PSTPL          | Polyester               | Area 6         | 5,81%                | Area 1         |
| P-PT             |                         | Area 6         | 3,38%                | Area 1         |
| P-P9611          |                         | Area 6         | 0,21%                | Area 1         |
| P-SF             |                         | Area 6         | 0,08%                | Area 1         |

- Rancangan kedua adalah menambah 1 buah material handling yaitu *forklift* untuk meminimasi waktu sistem penyimpanan pada gudang bahan baku. Sehingga total material handling yang dimiliki oleh perusahaan adalah tiga buah *forklift*. Penambahan jumlah *forklift* mempertimbangkan waktu tunggu dalam penggunaan *forklift* saat akan dilakukannya pemindahan bahan baku.
- Rancangan yang ketiga merupakan gabungan dari rancangan pertama dan kedua. Rancangan ketiga ini menggunakan layout perbaikan metode class-based storage dan menambahkan forklift menjadi 3 unit

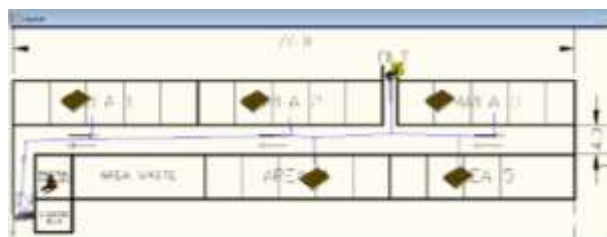
### Menjalankan Simulasi Skenario Perbaikan

Evaluasi skenario perbaikan dilakukan dengan mensimulasikan ketiga skenario dengan menggunakan software ProModel. Selanjutnya hasil dari setiap simulasi dihitung waktu prosesnya dan dibandingkan hasilnya sehingga didapatkan skenario terbaik.

#### Evaluasi Skenario 1

Layout yang sudah dibuat kemudian diinput ke dalam ProModel, Gambar 8 adalah gambar layout usulan yang sudah diinput ke dalam ProModel.

*Layout* baru yang telah terinput kemudian dijalankan dengan metode simulasi dan dihitung waktu proses pemindahan bahan bakunya. Skenario disimulasikan sebanyak 10 kali, sesuai dengan nilai  $n'$  pada perhitungan minimal jumlah replikasi. Rata – rata waktu proses pemindahan bahan baku adalah 71,39 jam. Hasil simulasi menunjukkan bahwa terjadi penurunan waktu untuk perpindahan bahan baku usulan perbaikan skenario 1 dibandingkan dengan waktu perpindahan pada simulasi awal.



**Gambar 8** Layout Skenario 1

### Skenario Perbaikan 2

Skenario perbaikan 2 dilakukan dengan menambahkan jumlah material handling berupa *forklift*. *Forklift* yang dimiliki semula 2 buah, dalam simulasi ditambahkan menjadi 3 buah. Penambahan jumlah *forklift* mempertimbangkan waktu tunggu proses penggunaan *forklift* secara bergantian. *Forklift* yang telah ditambahkan kemudian dijalankan dalam simulasi dengan *layout* aktual. Proses simulasi skenario 2 dilakukan sebanyak 10 kali, sesuai dengan jumlah minimal skenario yang telah dihitung sebelumnya. Rata-rata proses pemindahan bahan baku dengan skenario 2 adalah 72,63 jam. Hasil simulasi menunjukkan bahwa terjadi penurunan waktu untuk perpindahan bahan baku dengan skenario 2 dibandingkan dengan waktu perpindahan kondisi aktual

### Skenario Perbaikan 3

Skenario perbaikan 3 merupakan penggabungan dua skenario sebelumnya, yaitu skenario perbaikan 1 dan skenario perbaikan 2. Simulasi dijalankan dengan *layout* seperti skenario 1 dan menggunakan 3 material handling seperti skenario 2. Simulasi dijalankan sebanyak 10 kali dan dihitung setiap waktu proses perpindahannya. Rata - rata waktu proses pemindaan bahan baku skenario perbaikan 3 adalah 61,52 jam. Hasil simulasi menunjukkan bahwa terjadi penurunan waktu untuk perpindahan bahan baku usulan perbaikan skenario 3 dibandingkan dengan waktu perpindahan pada kondisi aktual.

## 5. Evaluasi Hasil Usulan Perbaikan

Setelah seluruh rancangan usulan perbaikan dimulasikan, hasil setiap skenario perbaikan dievaluasi untuk melihat tingkat kelayakan skenario terhadap sistem aktual. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan Uji ANOVA sebagai berikut:

H0: Tidak ada perbedaan antara rata-rata waktu perpindahan bahan baku pada simulasi Promodel kondisi aktual dengan rata-rata waktu perpindahan bahan baku ketiga skenario perbaikan.

H1: Setidaknya ada satu perbedaan antara rata-rata waktu perpindahan bahan baku pada simulasi Promodel kondisi aktual dengan rata-rata waktu perpindahan bahan baku ketiga skenario perbaikan.

Data yang digunakan dalam Uji ANOVA ada pada Tabel 8. Dengan tingkat kepercayaan yang digunakan adalah 90%. Maka didapatkan hasil seperti pada Tabel 9.

**Tabel 8** Data Waktu Perpindahan Bahan Baku

| Replikasi | Waktu Perpindahan Bahan Baku (jam) |        |        |        |
|-----------|------------------------------------|--------|--------|--------|
|           | Awal                               | 1      | 2      | 3      |
| 1         | 86,51                              | 71,40  | 72,62  | 61,54  |
| 2         | 86,49                              | 71,40  | 72,66  | 61,52  |
| 3         | 86,46                              | 71,37  | 72,61  | 61,54  |
| 4         | 86,43                              | 71,38  | 72,61  | 61,51  |
| 5         | 86,54                              | 71,39  | 72,70  | 61,52  |
| 6         | 86,46                              | 71,40  | 72,62  | 61,52  |
| 7         | 86,46                              | 71,39  | 72,60  | 61,55  |
| 8         | 86,45                              | 71,37  | 72,61  | 61,52  |
| 9         | 86,46                              | 71,38  | 72,64  | 61,50  |
| 10        | 86,44                              | 71,39  | 72,61  | 61,52  |
| Total     | 864,70                             | 713,87 | 726,28 | 615,24 |
| Rata-rata | 86,47                              | 71,39  | 72,63  | 61,52  |

**Tabel 9** Hasil Pengujian ANOVA

| SOV       | Sum Of Square | DoF | Mean Square | F Hitung   | F Tabel | Kesimpulan |
|-----------|---------------|-----|-------------|------------|---------|------------|
| Treatment | 3158,80       | 3   | 1052,93     | 1722196,87 | 2.243   | Tolak H0   |
| Error     | 0,02          | 36  | 0,00        |            |         |            |
| Total     | 3158,82       | 39  |             |            |         |            |

Tabel 6 menghasilkan kesimpulan yaitu Tolak H0, yang artinya setidaknya ada satu skenario yang lebih baik dari kondisi aktual. Sehingga proses dilanjutkan dengan pemilihan skenario terbaik.

Uji *Least Significant Different* (LSD) dilakukan setelah melakukan Uji ANOVA. Uji LSD atau uji beda nyata terkecil dilakukan untuk mengetahui strategi yang layak untuk dijadikan skenario usulan. Uji LSD dilakukan dengan rumus berikut berikut:

$$LSD_{\alpha} = (t_{\alpha, d_{fe}}) \sqrt{\frac{2(MSE)}{r}} \quad (6)$$

Nilai LSD yang didapat adalah 0,031. Nilai ini kemudian dibandingkan untuk kondisi awal, skenario 1, 2 dan 3. Membandingkan nilai LSD dilakukan dengan rumus berikut:

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \leq LSD_{\alpha} = \text{Tidak Berbeda Signifikan} \quad (7)$$

Hasil dari perbandingan nilai setiap strategi disajikan pada Tabel 10. Hasil perhitungan uji LSD memperlihatkan bahwa model awal yang dibandingkan dengan skenario 1 memiliki perbedaan yang signifikan, begitupun saat skenario 1 dibandingkan dengan skenario 2, dan skenario 3 dibandingkan dengan skenario 2. Dari Uji LSD dapat disimpulkan bahwa ketiga skenario yang sudah dirancang dianggap layak untuk menjadi skenario usulan.

### Pemilihan Usulan Tata Letak Gudang Terbaik

Pengujian ANOVA dan LSD telah dilakukan dan hasilnya adalah seluruh model skenario usulan perbaikan berbeda secara signifikan dengan model sistem aktual, sehingga dapat dilanjutkan dengan proses membandingkan persentase penurunan waktu proses perpindahan bahan baku antara model aktual dengan ketiga model skenario usulan perbaikan. Hasil perbandingan diuraikan pada Tabel 10.

**Tabel 10** Perbandingan Waktu Pemindahan Bahan Baku

| Model Skenario   | Deskripsi                                          | Waktu Perpindahan (jam) | Persentase Penurunan |
|------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Model Awal       | Sesuai dengan sistem nyata                         | 86,47                   | -                    |
| Model Skenario 1 | Metode <i>Class-based Storage</i>                  | 71,387                  | 17,44%               |
| Model Skenario 2 | Penambahan <i>Material Handling</i>                | 72,687                  | 15,94%               |
| Model Skenario 3 | Penggabungan model skenario 1 dan model skenario 2 | 61,524                  | 28,85%               |

Berdasarkan Tabel 10 maka model skenario usulan perbaikan yang terbaik adalah model skenario 3. Model skenario 3 terbukti membuat penurunan waktu perpindahan sebanyak 28,85%, dengan waktu perpindahan yaitu sebanyak 61,52 jam dalam satu bulan.

## 6. KESIMPULAN

Perbaikan tata letak gudang bahan baku dilakukan dengan menggunakan metode *class-based storage*. Hasil rekomendasi dengan metode *class-based storage* adalah pengurangan salah satu area dan relokasi bahan baku pada masing-masing area penyimpanan. Waktu perpindahan bahan baku kondisi aktual dalam simulasi adalah 86,47 jam. Usulan perbaikan dibuat dengan 3 skenario, yaitu dengan metode *class-based storage*, penambahan jumlah *material handling* dan penggabungan skenario pertama dan kedua. Evaluasi dilakukan terhadap tiga skenario perbaikan dengan melihat waktu proses perpindahan bahan baku. Hasil yang didapatkan dari proses simulasi adalah waktu perpindahan bahan baku skenario 1 sebesar 71,38 jam, skenario 2 sebesar 72,68 jam, dan untuk skenario 3 sebesar 61,52 jam. Uji ANOVA dan LSD menghasilkan bahwa ketiga skenario usulan perbaikan

berbeda signifikan dan layak untuk dibandingkan dengan sistem aktual. Hasil perbandingan ketiga skenario, maka terpilih skenario 3. Hal ini dikarenakan skenario 3 memiliki persentase penurunan proses pemindahan bahan baku paling tinggi yaitu sebesar 28,85%. Perbaikan tata letak gudang bahan baku dan penambahan jumlah material handling perlu dipertimbangkan oleh perusahaan untuk meminimasi waktu perpindahan bahan baku pada Gudang.

**Ucapan Terima Kasih:** Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada pemberi dana penelitian atau donatur. Ucapan terima kasih dapat juga disampaikan kepada pihak-pihak yang membantu pelaksanaan penelitian.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- Ekren, B. Y. (2015). Warehouse Design under Class-Based Storage Policy of Shuttle-Based Storage and Retrieval System. *FAC-PapersOnLine*, 3(48), 48(3), 1152-1154.
- GUEZZEN, A., OUHOUD, A., & Zaki, S. (2016). Comparative Study between Continuous Models and discrete models for Single Cycle Time of a Multi-Aisles Automated Storage and Retrieval System with Class Based Storage. *FAC-PapersOnLine*, 49(12), 1341-1346.
- Harrell, C. R. (2000). *Simulation using promodel*. McGraw-Hill Higher Education.
- Heragu, S. S. (2008). *Facilities Design*. United States: CRC Press.
- Lewis, C. D. (1982). *Industrial and Business Forecasting Methods*. London: Butterworths Publishing.
- Manzini, R., Accorsi, R., & Gamb, M. (2015). Modeling class-based storage assignment over lifecycle picking patterns. *Int. J. Production Economics*, 790–800. doi:doi:10.1016/j.ijpe.2015.06.026
- Manzini, R., Gamberi, M., Persona, A., & Regattieri, A. (2007). Design of a Class Based Storage Picker to Product Order Picking System. *International Journal Adv Manufacture Technology*, 7-8(32), 811-821.
- Septiani, W., Dahana, A. E., & Adisuwiryo, S. (2018). Perancangan Model Tata Letak Gudang Bahan Baku dengan Metode Class Based Storage dan Simulasi Promodel. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 6(2), 106-116.

# 15+-+Winnie+S..pdf

*by* Mush'ab Syakieb Alkatiri

---

**Submission date:** 21-Mar-2025 02:21PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2620857802

**File name:** 15\_-\_Winnie\_S..pdf (1.82M)

**Word count:** 4896

**Character count:** 29008



## PERANCANGAN PERBAIKAN TATA LETAK GUDANG BAHAN BAKU DENGAN MENGGUNAKAN METODE CLASS-BASED PADA PT. KURABO MANUNGAL TEXTILE

Mush'ab Syakieb Alkatiri<sup>1</sup>, Ratna Mira Yojana<sup>\*1</sup>, Winnie Septiani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik Industri, Universitas Trisakti, Jl. Kyai Tapa No.1, Grogol, Jakarta Barat, Indonesia 11440

\*Penulis koresponden: [ratna.mira@trisakti.ac.id](mailto:ratna.mira@trisakti.ac.id)

### ABSTRAK

PT. Kurabo Manunggal Textile merupakan pabrik pemintalan benang dengan bahan baku serat kapas. Pada gudang bahan baku, terdapat 12 jenis bahan baku yang terbagi menjadi 3 sub-kelompok. Pemindahan bahan baku dilakukan dengan material handling berupa forklift. Pada kondisi awal, penyimpanan bahan baku dilakukan secara acak. Hal ini menyebabkan operator kesulitan dalam pengambilan bahan baku. Rata-rata utilitas Gudang hanya 37% dan waktu material handling mencapai 86,47jam. Melihat permasalahan tersebut, penelitian ini dirancang dengan tujuan memperbaiki layout Gudang bahan baku sehingga dapat meminimasi waktu material handling bahan baku. Metode perancangan perbaikan menggunakan software Promodel dan class-based storage dengan mempertimbangkan layout gudang bahan baku serta jumlah material handling. Diusulkan 3 skenario perbaikan, yaitu: relokasi penyimpanan bahan baku sesuai hasil evaluasi dengan menggunakan class-based storage, menambah jumlah material handling, dan menggabungkan skenario kedua skenario. Hasil simulasi menunjukan skenario ketiga yaitu penggabungan skenario 1 dan skenario 2 terpilih menjadi skenario terbaik karena memiliki persentase penurunan waktu material handling paling besar yaitu 28,85%, dengan waktu simulasi sebesar 61,52 jam.

### ABSTRACT

*[Title: Design of Raw Material Warehouse Layout Improvement Using Class-Based Method at PT. Kurabo Manunggal Textile] PT. Kurabo Manunggal Textile is a yarn spinning factory with cotton fiber as the raw material. There are 12 types of raw materials in the raw material warehouse divided into three sub-groups. The transfer of raw materials is carried out by material handling in the form of a forklift. In the initial conditions, the storage of raw materials was carried out randomly. This causes the operator difficulty in taking raw materials. The average warehouse utility is only 37% and material handling time reaches 86.47 hours. Seeing these problems, this research was designed with the aim of improving the layout of the raw material*

### SEJARAH ARTIKEL

Diterima  
01 Juli 2022  
Revisi  
10 Juli 2022  
Disetujui  
28 Juli 2022  
Terbit online  
31 Juli 2022

### KATA KUNCI

- Class-based Storage,
- Gudang Bahan Baku,
- Simulasi Sistem, dan Promodel

### KEYWORDS

- Class-based Storage,
- Raw Material Warehouse,
- Simulation System, and Promodel

*warehouse so that it can minimize the material handling time of raw materials. The improvement <sup>2</sup>design method uses Promodel software and class-based storage by considering the layout of the raw material warehouse and the amount of material handling. Three improvement scenarios are <sup>12</sup>proposed: relocating raw material storage according to the evaluation results using class-based storage, increasing the amount of material handling, and compare the two scenarios. The simulation results show that the third scenario, which is the combination of scenario 1 and scenario 2, was chosen as the best scenario because it has the most significant percentage decrease in material handling time, which is 28.85%, with a simulation time of 61.52 hours.*

## 1. PENDAHULUAN

PT. Kurabo Manunggal Textile merupakan pabrik pemintalan benang yang melakukan proses produksi benang dari bahan baku serat-serat kapas. Saat ini perusahaan menghasilkan lebih dari 12 jenis benang yang dihasilkan dari 3 jenis bahan baku, yaitu Cotton, Polyester, dan Acrylic. Gudang bahan baku pada PT. Kurabo Manunggal Textile memiliki luas sebesar 760 m<sup>2</sup>, dengan kapasitas penyimpanan yaitu maksimal yaitu 300.000 kilogram. Dengan kapasitas penyimpanan sebesar itu, gudang bahan baku dapat menyimpan bahan baku sebanyak 1400-1500 bale. Hal ini berdasarkan perhitungan bahwa 1 bale memiliki berat yaitu ± 200 kg. Namun dengan area penyimpanan bahan baku yang luas, proses penyimpanan bahan baku tidak memperhatikan jenis-jenis bahan baku yang ada, sehingga saat melakukan proses pengiriman bahan baku ke lantai produksi akan memerlukan waktu yang relative lama. Selain itu, penumpukan bahan baku yang bertingkat cukup tinggi serta letaknya yang jauh dengan pintu masuk lantai produksi menyebabkan operator membutuhkan waktu lebih untuk mengambil bahan baku tersebut dan memindahkan ke lantai produksi. Permasalahan lain adalah jumlah material handling yang hanya 2 unit membuat operator harus menunggu operator lain dalam proses pengambilan <sup>2</sup>bahan baku.

Dari permasalahan tersebut perlu dilakukan evaluasi pada tata letak gudang bahan baku serta jumlah material handling yang digunakan PT. Kurabo Manunggal Textile. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan simulasi Promodel. <sup>19</sup>Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *class-based storage*. Metode tersebut merupakan salah satu metode yang biasa digunakan dalam perancangan tata letak Gudang. Metode ini dilakukan dengan mengklasifikasikan bahan baku berdasarkan karakteristik produk dan frekuensi pemindahan bahan baku (Heragu, 2008). Metode ini dianggap lebih baik dibandingkan metode random storage dan decided storage dalam upaya mengurangi waktu pemindahan barang (GUEZZEN, OUHOUD, & Zaki, 2016). Penerapan metode *class-based storage* dapat dilakukan untuk alokasi penyimpanan dan pemilihan Gudang serta penentuan kelas pada sistem pergudangan. (Manzini, Accorsi, & Gamb, Modeling class-based storage assignment over lifecycle picking patterns, 2015). Metode ini juga dapat meningkatkan utilitas gudang

penyimpanan dan mengurangi biaya pemindahan bahan baku (Septiani, Dahana, & Adisuwiryo, 2018). Tujuan dari penelitian ini adalah merancang tata letak gudang bahan baku sehingga dapat mengurangi waktu pengambilan bahan baku.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

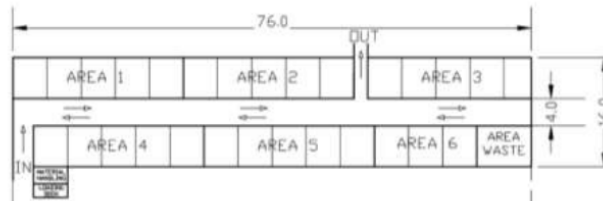
<sup>1</sup>Metode yang digunakan dalam perancangan tata letak Gudang bahan baku PT Kurabo Manunggal Textile adalah *class-based storage*, sedangkan proses evaluasi sistem perbaikan menggunakan simulasi Promodel. Metode *Class-based storage* digunakan dengan mengklasifikasikan objek menjadi tiga kelas (A,B,C). Pengklasifikasian berdasarkan persentase banyaknya aktifitas. Kelompok C adalah aktifitas yang memiliki presentase 0-5%, kelompok B 5-20% dan kelompok A adalah aktifitas yang lebih dari 20% (Heragu, 2008). Bahan baku dengan kategori A, harus didekatkan dengan pintu masuk dan keluar, kemudian kategori B dapat diletakkan agak jauh dari pintu, sedangkan kategori C dapat diletakkan paling jauh dari pintu (Ekren, 2015). Metode *Class-based storage* memiliki manfaat yang besar untuk mengurangi cycle time dalam proses pemindahan bahan baku, namun dimensi dari bahan baku tersebut harus tidak berbeda jauh (Manzini, Gamberi, Persona, & Regattieri, 2007).

Pada penelitian ini diawali dengan membangun simulasi sistem Gudang bahan baku aktual pada Promodel. Variabel diinput dalam model, kemudian material handling dan alur proses pemindahan bahan baku. Selanjutnya sebelum memasukkan data, data terlebih dahulu dilakukan uji distribusi. Setelah data sesuai, maka dilakukan verifikasi dan validasi hasil perancangan sistem aktual

<sup>1</sup>Sistem aktual terbangun dengan baik dalam simulasi promodel, dilanjutkan dengan perancangan perbaikan Tata letak Gudang bahan baku dengan Metode *class-based storage*. Metode ini diawali dengan menghitung jumlah kebutuhan area penyimpanan bahan baku, menghitung frekuensi pemindahan, melakukan klasifikasi tiap sub-kelompok bahan baku berdasarkan frekuensi pemindahannya, menghitung jarak setiap area penyimpanan dengan pintu keluar dan selanjutnya merancang rekomendasi tata letak Gudang bahan baku. Parameter output yang digunakan adalah waktu material handling dalam proses pemindahan bahan baku ke lantai produksi. Setelah melakukan evaluasi hasil, dilanjutkan dengan penarikan kesimpulan dan saran terhadap perusahaan.

Data yang digunakan dalam penelitian adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan pengamatan langsung dan wawancara. Pengamatan dilakukan di gudang bahan baku sedangkan wawancara dilakukan kepada kepala Gudang bahan baku. Sedangkan data sekunder yang digunakan adalah data bahan baku yang masuk dan keluar, jumlah bahan baku, dan jenis-jenis bahan baku yang memang sudah dicatat oleh operator. Setelah melakukan pengumpulan

data dan menganalisis sistem gudang bahan baku pada PT. Kurabo Manunggal Textile, model simulasi dirancang dengan menggunakan software ProModel.



Gambar 1 Tata Letak Gudang Bahan Baku Aktual

### 3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### Identifikasi Masalah

Penelitian ini berfokus pada perancangan desain Gudang bahan baku PT Kurabo Manunggal Textiles sehingga dapat mengurangi waktu pemindahan bahan baku kapas ke lantai produksi pemintalan benang. Sebelum melakukan perancangan sistem perbaikan, dilakukan terlebih dahulu identifikasi terhadap sistem aktual perusahaan.

PT. Kurabo Manunggal Textile memiliki satu gudang bahan baku dengan luas sebesar 1064 m<sup>2</sup>. Bahan baku yang digunakan terdiri dari 3 sub kelompok bahan baku dengan total 12 jenis bahan baku. Gudang bahan baku memiliki kapasitas penyimpanan yaitu maksimal yaitu 1.000 ton untuk seluruh jenis bahan baku tersebut. Gudang bahan baku yang memiliki panjang yaitu 76 meter dengan lebar 16 meter. Layout aktual untuk area penyimpanan memiliki lebar masing masing sebesar 5 meter dengan panjang yang berbeda-beda yaitu Area 1, Area 2, Area 4, dan Area 5 memiliki panjang 25 meter, untuk Area 3 memiliki panjang 24 meter, dan Area 6 memiliki panjang 15 meter seperti pada Gambar 1.

#### <sup>2</sup> Model Konseptual

Model konseptual adalah hasil pemikiran yang digunakan dalam membangun sebuah sistem sehingga dapat diuraikan variable-variable apa saja yang berhubungan dengan sistem. Gambar 2 merupakan model konseptual yang dibangun dalam penelitian ini.

Sistem pada penelitian ini terdiri dari dua input yaitu variabel tidak terkontrol dan variabel terkontrol. Variabel tidak terkontrol adalah variabel yang tidak bisa dikendalikan, variabel ini dapat berubah-ubah atau tidak tetap. untuk variabel terkontrol adalah variabel yang bisa dikendalikan, pada umumnya variabel ini sifatnya tetap atau tidak berubah-ubah (Harrell, 2000).

Variabel output merupakan luaran dari sebuah sistem. Variabel output inilah yang menjadi indicator kinerja dalam sistem yang akan disimulasikan. Variabel output penelitian <sup>16</sup>ini adalah waktu pemindahan bahan baku dari Gudang bahan baku ke lantai produksi. Semakin kecil waktu yang dibutuhkan, maka sistem akan dianggap semakin baik.

#### Model Simulasi

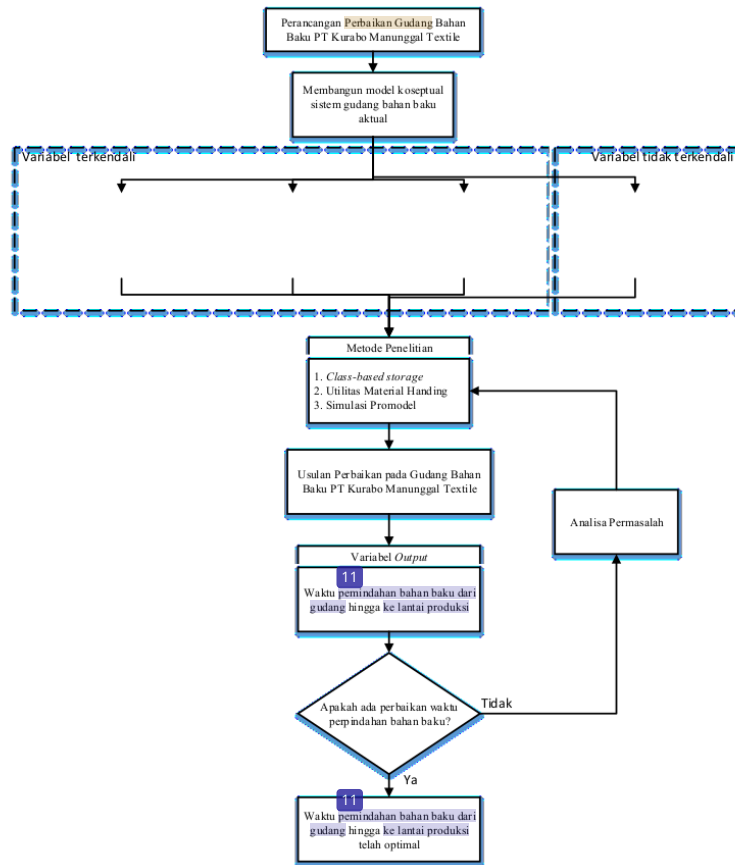
Model simulasi penyimpanan gudang bahan baku dirancang dengan menggunakan software Promodel, Dalam proses input data terdapat dua jenis elemen yaitu elemen struktural dan elemen operasional. Tabel 1 dan Tabel 2 masing-masing adalah uraian mengenai elemen struktural dan elemen operasional pada dalam sistem pergudangan bahan baku PT. Kurabo Manunggal Textile

**Tabel 1** Elemen Struktural Sistem Gudang Bahan Baku

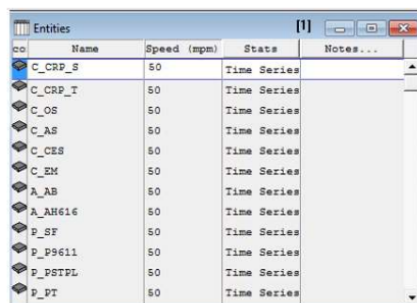
| Elemen Struktural   |                                                                                                                                                                                    |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Elemen              | Definisi                                                                                                                                                                           |
| <i>Entities</i>     | <i>Entitas</i> dalam sistem ini adalah Bahan Baku berupa serat kapas untuk proses produksi benang.                                                                                 |
| <i>Location</i>     | <i>Location</i> dalam sistem ini adalah area penyimpanan bahan baku dan area <i>material handling</i> .                                                                            |
| <i>Resources</i>    | <i>Resources</i> dalam sistem ini adalah <i>Material Handling</i> dalam sistem penyimpanan gudang bahan baku, yaitu <i>forklift</i> .                                              |
| <i>Path Network</i> | <i>Path networks</i> merupakan jalur yang dilalui bahan baku dari gudang menuju lantai produksi. Jika dilihat pada model simulasi adalah jalur yang dilalui oleh <i>entities</i> . |

**Tabel 2** Elemen Operasional Sistem Gudang Bahan Baku

| Elemen Operasional |                                                                                                                                                                |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Elemen             | Definisi                                                                                                                                                       |
| <i>Arrivals</i>    | <i>Arrivals</i> merupakan kedatangan bahan baku atau entitas pada sistem. <i>Qty each</i> adalah jumlah entitas yang masuk ke dalam gudang setiap bulan.       |
| <i>Processing</i>  | <i>Processing</i> merupakan kegiatan dalam sistem penyimpanan di gudang bahan baku. Proses dimulai ketika bahan baku masuk ke gudang hingga ke lantai produksi |



Gambar 2 Model Konseptual



| Name    | Speed (mpm) | State       | Notes... |
|---------|-------------|-------------|----------|
| C_CRP_S | 50          | Time Series |          |
| C_CRP_T | 50          | Time Series |          |
| C_OS    | 50          | Time Series |          |
| C_AS    | 50          | Time Series |          |
| C_CES   | 50          | Time Series |          |
| C_ZM    | 50          | Time Series |          |
| A_AB    | 50          | Time Series |          |
| A_AH616 | 50          | Time Series |          |
| P_SF    | 50          | Time Series |          |
| P_P9611 | 50          | Time Series |          |
| P_PSTFL | 50          | Time Series |          |
| P_PT    | 50          | Time Series |          |

Gambar 3 Entitas dalam Sistem Simulasi



| Name         | Cap | Units | STA... | State          | Rules... |
|--------------|-----|-------|--------|----------------|----------|
| Area_1       | 425 | 1     | None   | Time Se Oldest |          |
| Area_2       | 425 | 1     | None   | Time Se Oldest |          |
| Area_3       | 400 | 1     | None   | Time Se Oldest |          |
| Area_4       | 425 | 1     | None   | Time Se Oldest |          |
| Area_5       | 425 | 1     | None   | Time Se Oldest |          |
| Area_6       | 375 | 1     | None   | Time Se Oldest |          |
| Area_MH      | INF | 1     | None   | Time Se Oldest |          |
| Ponto_Feluar | INF | 1     | None   | Time Se Oldest |          |
| Ponto_Masuk  | INF | 1     | None   | Time Se Oldest |          |

Gambar 4 Location dalam Sistem Simulasi

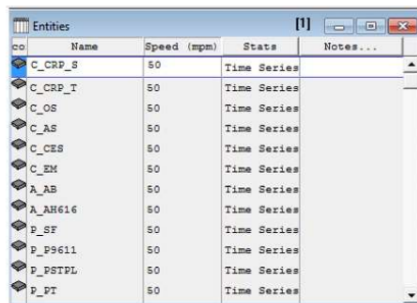
#### Membangun Sistem Aktual pada Software Promodel

Membangun sistem aktual dilakukan dengan mengamati waktu siklus dalam proses pemindahan bahan baku. Proses tersebut terdapat 5 jenis kegiatan yang dikerjakan secara berurutan. Masing – masing kegiatan diukur waktunya sebanyak 30 kali. Data yang telah terkumpul kemudian diuji kecukupan data dan uji keseragaman. Setelah data lulus uji keseragaman dan uji kecukupan data, kemudian barulah data diuji distribusinya menggunakan aplikasi StatFit. Hasil dari pengujian distribusi didapatkan 3 distribusi utama, yaitu: Lognormal, Triangular dan Uniform.

#### Verifikasi Model dengan Bottom-Up dan Simulasi

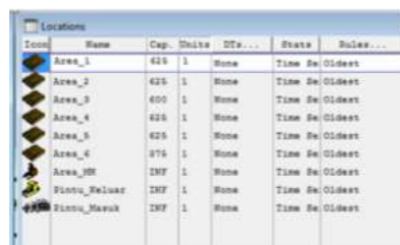
Verifikasi model simulasi Bottom-Up dilakukan dengan membandingkan model simulasi terhadap sistem aktual menggunakan logika proses.

Elemen dalam sistem merupakan objek penting untuk dibandingkan antara model simulasi dengan sistem nyata. Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat bahwa jumlah entitas sudah sama dengan sistem aktual, yaitu 12 jenis bahan baku. Gambar 4 location terdapat 6 area penyimpanan dengan jumlah kapasitas yang sama dengan sistem saat aktual. Material handling yang digunakan pada gudang bahan baku juga memiliki jumlah yang sama, yaitu 2 buah forklift dapat dilihat pada bagian resources material handling (Gambar 5).



| Icon    | Name    | Speed (mpm) | State       | Notes... |
|---------|---------|-------------|-------------|----------|
| C_CRP_S | C_CRP_S | 50          | Time Series |          |
| C_CRP_T | C_CRP_T | 50          | Time Series |          |
| C_OS    | C_OS    | 50          | Time Series |          |
| C_AS    | C_AS    | 50          | Time Series |          |
| C_CES   | C_CES   | 50          | Time Series |          |
| C_EM    | C_EM    | 50          | Time Series |          |
| A_AB    | A_AB    | 50          | Time Series |          |
| A_AH616 | A_AH616 | 50          | Time Series |          |
| P_SF    | P_SF    | 50          | Time Series |          |
| P_P9611 | P_P9611 | 50          | Time Series |          |
| P_PSTPL | P_PSTPL | 50          | Time Series |          |
| P_PT    | P_PT    | 50          | Time Series |          |

Gambar 3 Entitas dalam Sistem Simulasi



| Icon          | Name          | Cap. Units | DTs... | State | Rules...        |
|---------------|---------------|------------|--------|-------|-----------------|
| Area_1        | Area_1        | 625        | 1      | None  | Time Se: Oldest |
| Area_2        | Area_2        | 625        | 1      | None  | Time Se: Oldest |
| Area_3        | Area_3        | 600        | 1      | None  | Time Se: Oldest |
| Area_4        | Area_4        | 625        | 1      | None  | Time Se: Oldest |
| Area_5        | Area_5        | 625        | 1      | None  | Time Se: Oldest |
| Area_6        | Area_6        | 575        | 1      | None  | Time Se: Oldest |
| Area_HH       | Area_HH       | 2WF        | 1      | None  | Time Se: Oldest |
| Planta_Reluas | Planta_Reluas | 2WF        | 1      | None  | Time Se: Oldest |
| Planta_Marak  | Planta_Marak  | 2WF        | 1      | None  | Time Se: Oldest |

Gambar 4 Location dalam Sistem Simulasi



| Icon     | Name     | Unit | DTs... | State                | Speed... | Capacity... | Length... | Notes... |
|----------|----------|------|--------|----------------------|----------|-------------|-----------|----------|
| Forklift | Forklift | 2    | None   | By Unit Next, 4 None | 0        | 0           | 0         |          |

Gambar 5 Material Handling dalam Sistem Simulasi

Verifikasi model simulasi dapat dilakukan dengan cara melihat animasi pada saat proses simulasi dijalankan atau *run-model* simulasi. Model sudah terverifikasi jika animasi menunjukkan pergerakan atau pola yang sama dengan sistem saat aktual. Gambar 6 merupakan animasi pergerakan entitas dalam simulasi.



#### 4. Rancangan Perbaikan **4** Layout Gudang Bahan Baku dengan Metode *Class-Based Storage*

##### Perhitungan Jumlah Kebutuhan Area Penyimpanan Bahan Baku

Perhitungan jumlah kebutuhan area penyimpanan bahan baku dilakukan sebelum mengelompokkan bahan baku ke dalam kelas – kelas. Hal ini bertujuan untuk melihat kemungkinan adanya area penyimpanan bahan baku yang melebihi kapasitas saat ini.

Berdasarkan Tabel 3, diketahui bahwa tidak terdapat Gudang yang melebihi kapasitas. Utilitas Gudang rata-rata baru mencapai 37%.

**Tabel 3** Kapasitas Gudang Bahan Baku Aktual

| Area   | Bahan Baku | Rata-Rata Barang di<br>Area Penyimpanan<br>(bale) | Total Barang<br>/ Area<br>(bale) | Kapasitas /<br>Area<br>(bale) | Persentase<br>Pemakaian<br>(%) |
|--------|------------|---------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Area 1 | C-CRP-S    | 412                                               | 412                              | 1250                          | 33%                            |
| Area 2 | C-CRP-T    | 508                                               | 604                              | 1250                          | 48%                            |
|        | C-OS       | 96                                                |                                  |                               |                                |
| Area 3 | C-SA       | 395                                               | 723                              | 1200                          | 60%                            |
|        | C-CES      | 328                                               |                                  |                               |                                |
| Area 4 | C-EM       | 224                                               | 224                              | 1250                          | 18%                            |
| Area 5 | A-AB       | 200                                               | 379                              | 1250                          | 30%                            |
|        | A-AH616    | 178                                               |                                  |                               |                                |
| Area 6 | P-SF       | 5                                                 | 263                              | 750                           | 35%                            |
|        | P-P9611    | 4                                                 |                                  |                               |                                |
|        | P-PSTPL    | 173                                               |                                  |                               |                                |
|        | P-PT       | 82                                                |                                  |                               |                                |
|        |            |                                                   | Rata - Rata                      |                               | 37%                            |

##### Pembentukan Kelas Berdasarkan Jenis Barang dan Frekuensi Perpindahan

Pembentukan kelas – kelas untuk menempatkan bahan baku didasarkan pada jenis barang dengan sub-kelompok yang sama. Pembentukan kelas dilihat dari persentase frekuensi pemindahan bahan baku dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\% \text{Frekuensi} = \frac{\text{Frekuensi tiap bulan}}{\text{Total frekuensi}} \times 100 \quad (4)$$

Sehingga didapatkan urutan frekuensi pemindahan bahan baku dari yang paling tinggi sebagai berikut (Tabel 4):

Tabel 4 Urutan Frekuensi Bahan Baku

| Jenis Bahan Baku | Sub-kelompok Bahan Baku | Frekuensi Perpindahan | Persentase Frekuensi |
|------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| C-EM             | Cotton                  | 268                   | 22,08%               |
| C-CRP-S          |                         | 172                   | 14,17%               |
| C-CRP-T          |                         | 159                   | 13,14%               |
| C-OS             |                         | 141                   | 11,63%               |
| C-CES            |                         | 117                   | 9,60%                |
| C-SA             |                         | 99                    | 8,16%                |
| A-AB             | Acrylic                 | 105                   | 8,67%                |
| A-AH616          |                         | 37                    | 3,09%                |
| P-PTPL           | Polyester               | 70                    | 5,81%                |
| P-PT             |                         | 41                    | 3,38%                |
| P-P9611          |                         | 3                     | 0,21%                |
| P-SF             |                         | 1                     | 0,08%                |

#### Perhitungan Jarak Area Penyimpanan

Perhitungan jarak area penyimpanan dihitung dengan melihat jarak tempat penyimpanan hingga ke pintu keluar. Hal ini diperlukan karena akan berpengaruh terhadap waktu pemindahan bahan baku. Semakin jauh jarak penyimpanan dengan pintu keluar, maka akan semakin lama proses pemindahannya. Perhitungan jarak area penyimpanan menggunakan rumus berikut:

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (5)$$

Jarak area penyimpanan diurutkan dari yang terbesar sesuai dengan hasil perhitungan sebelumnya, sehingga mendapat urutan sebagai berikut: (Tabel 5)

Tabel 5 Urutan Jarak Area dalam Gudang Bahan Baku  
Aktual

| Nama Area   | Jarak |
|-------------|-------|
| 1           | 38,62 |
| 2           | 13,83 |
| 3           | 13,83 |
| 4           | 37,81 |
| 5           | 16,71 |
| 6           | 16,10 |
| Rata - Rata | 22,82 |

Kemudian dilakukan rancangan perbaikan dengan metode class-based storage yang menghasilkan hasil perhitungan jarak baru yaitu: (Tabel 6)

**Tabel 6** Urutan Jarak Area Gudang Bahan Baku Rancangan

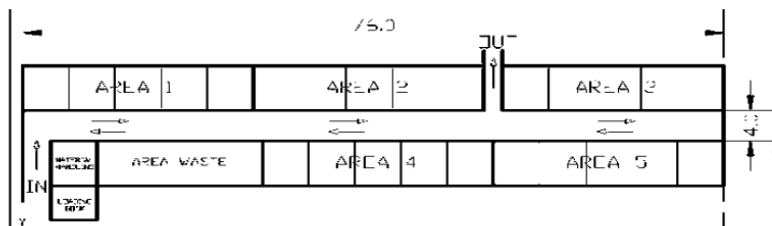
| Nama Area   | Jarak |
|-------------|-------|
| 1           | 38,62 |
| 2           | 13,83 |
| 3           | 13,83 |
| 4           | 18,03 |
| 5           | 18,03 |
| Rata - Rata | 20,47 |

Berdasarkan Tabel 3 dan 4, diketahui bahwa terjadi penurunan rata – rata jarak antara area penyimpanan dengan pintu keluar dari 22,82 meter menjadi 20,47 meter.

#### Perancangan Skenario Perbaikan

Perbaikan sistem penyimpanan gudang bahan baku dirancang dengan mempertimbangkan dua faktor yaitu **tata letak Gudang dengan metode class-based storage** dan faktor material handling. Perancangan akan dilakukan dengan 3 skenario perbaikan yaitu:

- Rancangan yang pertama dengan mengubah **tata letak Gudang dengan menggunakan Metode Class-Based Storage** sehingga didapatkan rekomendasi perubahan berikut:
  - Relokasi penyimpanan bahan baku, untuk mempercepat proses perpindahan bahan baku yang memiliki frekuensi perpindahan tertinggi ke dekat pintu. Usulan peletakkan setiap jenis bahan baku ada pada dengan Tabel 7.
  - Hilangnya area penyimpanan 6, hal ini untuk meningkatkan utilitas area penyimpanan. Sehingga didapatlah *layout* rekomendasi seperti Gambar 7.



**Gambar 7** Rekomendasi Layout Perbaikan Gudang Bahan Baku

- Memindahkan area waste, tujuannya adalah agar area penyimpanan letaknya lebih dekat dengan pintu keluar (Gambar 7)

**Tabel 7** Jenis Bahan Baku dalam Layout Rekomendasi

| Jenis Bahan Baku | Sub-kelompok Bahan Baku | Area Mula-Mula | Persentase Frekuensi | Area Perbaikan |
|------------------|-------------------------|----------------|----------------------|----------------|
| C-EM             | Cotton                  | Area 1         | 22,08%               | Area 2         |
| C-CRP-S          |                         | Area 2         | 14,17%               | Area 2         |
| C-CRP-T          |                         | Area 2         | 13,14%               | Area 3         |
| C-OS             |                         | Area 3         | 11,63%               | Area 3         |
| C-CES            |                         | Area 3         | 9,60%                | Area 4         |
| C-SA             | Acrylic                 | Area 4         | 8,16%                | Area 4         |
| A-AB             |                         | Area 5         | 8,67%                | Area 5         |
| A-AH616          |                         | Area 5         | 3,09%                | Area 5         |
| P-PSTPL          | Polyester               | Area 6         | 5,81%                | Area 1         |
| P-PT             |                         | Area 6         | 3,38%                | Area 1         |
| P-P9611          |                         | Area 6         | 0,21%                | Area 1         |
| P-SF             |                         | Area 6         | 0,08%                | Area 1         |

- Rancangan kedua adalah menambah 1 buah material handling yaitu *forklift* untuk meminimasi waktu sistem penyimpanan pada gudang bahan baku. Sehingga total material handling yang dimiliki oleh perusahaan adalah tiga buah *forklift*. Penambahan jumlah *forklift* mempertimbangkan waktu tunggu dalam penggunaan *forklift* saat akan dilakukannya pemindahan bahan baku.
- Rancangan yang ketiga merupakan gabungan dari rancangan pertama dan kedua. Rancangan ketiga ini menggunakan layout perbaikan metode *class-based storage* dan menambahkan *forklift* menjadi 3 unit

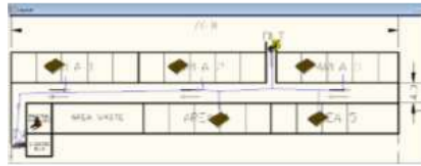
#### Menjalankan Simulasi Skenario Perbaikan

Evaluasi skenario perbaikan dilakukan dengan mensimulasikan ketiga skenario dengan menggunakan software ProModel. Selanjutnya hasil dari setiap simulasi dihitung waktu prosesnya dan dibandingkan hasilnya sehingga didapatkan skenario terbaik.

#### Evaluasi Skenario 1

Layout yang sudah dibuat kemudian diinput ke dalam ProModel, Gambar 8 adalah gambar layout usulan yang sudah diinput ke dalam ProModel.

Layout baru yang telah terinput kemudian dijalankan dengan metode simulasi dan dihitung waktu proses pemindahan bahan bakunya. Skenario disimulasikan sebanyak 10 kali, sesuai dengan nilai  $n'$  pada perhitungan minimal jumlah replikasi. Rata – rata waktu proses pemindahan bahan baku adalah 71,39 jam. Hasil simulasi menunjukkan bahwa terjadi penurunan waktu untuk perpindahan bahan baku usulan perbaikan skenario 1 dibandingkan dengan waktu perpindahan pada simulasi awal.



Gambar 8 Layout Skenario 1

#### Skenario Perbaikan 2

Skenario perbaikan 2 dilakukan dengan menambahkan jumlah material handling berupa *forklift*. *Forklift* yang dimiliki semula 2 buah, dalam simulasi ditambahkan menjadi 3 buah. Penambahan jumlah *forklift* mempertimbangkan waktu tunggu proses penggunaan *forklift* secara bergantian. *Forklift* yang telah ditambahkan kemudian dijalankan dalam simulasi dengan *layout* aktual. Proses simulasi skenario 2 dilakukan sebanyak 10 kali, sesuai dengan jumlah minimal skenario yang telah dihitung sebelumnya. Rata-rata proses pemindahan bahan baku dengan skenario 2 adalah 72,63 jam. Hasil simulasi menunjukkan bahwa terjadi penurunan waktu untuk perpindahan bahan baku dengan skenario 2 dibandingkan dengan waktu perpindahan kondisi aktual

#### Skenario Perbaikan 3

Skenario perbaikan 3 merupakan penggabungan dua skenario sebelumnya, yaitu skenario perbaikan 1 dan skenario perbaikan 2. Simulasi dijalankan dengan layout seperti skenario 1 dan menggunakan 3 material handling seperti skenario 2. Simulasi dijalankan sebanyak 10 kali dan dihitung setiap waktu proses perpindahannya. Rata - rata waktu proses pemindaan bahan baku skenario perbaikan 3 adalah 61,52 jam. Hasil simulasi menunjukkan bahwa terjadi penurunan waktu untuk perpindahan bahan baku usulan perbaikan skenario 3 dibandingkan dengan waktu perpindahan pada kondisi aktual.

### 5. Evaluasi Hasil Usulan Perbaikan

Setelah seluruh rancangan usulan perbaikan dimulasikan, hasil setiap skenario perbaikan dievaluasi untuk melihat tingkat kelayakan skenario terhadap sistem aktual. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan Uji ANOVA sebagai berikut:

H0: Tidak ada perbedaan antara rata-rata waktu perpindahan bahan baku pada simulasi Promodel kondisi aktual dengan rata-rata waktu perpindahan bahan baku ketiga skenario perbaikan.

H1: Setidaknya ada satu perbedaan antara rata-rata waktu perpindahan bahan baku pada simulasi Promodel kondisi aktual dengan rata-rata waktu perpindahan bahan baku ketiga skenario perbaikan.

Data yang digunakan dalam Uji ANOVA ada pada Tabel 8. Dengan tingkat kepercayaan yang digunakan adalah 90%. Maka didapatkan hasil seperti pada Tabel 9.

**Tabel 8** Data Waktu Perpindahan Bahan Baku

| Replikasi | Waktu Perpindahan Bahan Baku (jam) |        |        |        |
|-----------|------------------------------------|--------|--------|--------|
|           | Awal                               | 1      | 2      | 3      |
| 1         | 86,51                              | 71,40  | 72,62  | 61,54  |
| 2         | 86,49                              | 71,40  | 72,66  | 61,52  |
| 3         | 86,46                              | 71,37  | 72,61  | 61,54  |
| 4         | 86,43                              | 71,38  | 72,61  | 61,51  |
| 5         | 86,54                              | 71,39  | 72,70  | 61,52  |
| 6         | 86,46                              | 71,40  | 72,62  | 61,52  |
| 7         | 86,46                              | 71,39  | 72,60  | 61,55  |
| 8         | 86,45                              | 71,37  | 72,61  | 61,52  |
| 9         | 86,46                              | 71,38  | 72,64  | 61,50  |
| 10        | 86,44                              | 71,39  | 72,61  | 61,52  |
| Total     | 864,70                             | 713,87 | 726,28 | 615,24 |
| Rata-rata | 86,47                              | 71,39  | 72,63  | 61,52  |

**Tabel 9** Hasil Pengujian ANOVA

| SOV       | Sum Of Square | Dof | Mean Square | F Hitung   | F Tabel | Kesimpulan |
|-----------|---------------|-----|-------------|------------|---------|------------|
| Treatment | 3158,80       | 3   | 1052,93     | 1722196,87 | 2,343   | Tolak H0   |
| Error     | 0,02          | 36  | 0,00        |            |         |            |
| Total     | 3158,82       | 39  |             |            |         |            |

Tabel 6 menghasilkan kesimpulan yaitu Tolak H0, yang artinya setidaknya ada satu skenario yang lebih baik dari kondisi aktual. Sehingga proses dilanjutkan dengan pemilihan skenario terbaik.

Uji *Least Significant Different* (LSD) dilakukan setelah melakukan Uji ANOVA. Uji LSD atau uji beda nyata terkecil dilakukan untuk mengetahui strategi yang layak untuk dijadikan skenario usulan. Uji LSD dilakukan dengan rumus berikut berikut:

$$LSD_{\alpha} = (t_{\alpha}, d_{fe}) \sqrt{\frac{2(MSE)}{r}} \quad (6)$$

Nilai LSD yang didapat adalah 0,031. Nilai ini kemudian dibandingkan untuk kondisi awal, skenario 1, 2 dan 3. Membandingkan nilai LSD dilakukan dengan rumus berikut:

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \leq LSD_{\alpha} = \text{Tidak Berbeda Signifikan} \quad (7)$$

Hasil dari perbandingan nilai setiap strategi disajikan pada Tabel 10. Hasil perhitungan uji LSD memperlihatkan bahwa model awal yang dibandingkan dengan skenario 1 memiliki perbedaan yang signifikan, begitupun saat skenario 1 dibandingkan dengan skenario 2, dan skenario 3 dibandingkan dengan skenario 2. Dari Uji LSD dapat disimpulkan bahwa ketiga skenario yang sudah dirancang dianggap layak untuk menjadi skenario usulan.

#### Pemilihan Usulan Tata Letak Gudang Terbaik

Pengujian ANOVA dan LSD telah dilakukan dan hasilnya adalah seluruh model skenario usulan perbaikan berbeda secara signifikan dengan model sistem aktual, sehingga dapat dilanjutkan dengan proses membandingkan persentase penurunan waktu proses perpindahan bahan baku antara model aktual dengan ketiga model skenario usulan perbaikan. Hasil perbandingan diuraikan pada Tabel 10.

**Tabel 10** Perbandingan Waktu Pemindahan Bahan Baku

| Model Skenario   | Deskripsi                                          | Waktu Perpindahan (jam) | Persentase Penurunan |
|------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Model Awal       | Sesuai dengan sistem nyata                         | 86,47                   | -                    |
| Model Skenario 1 | Metode <i>Class-based Storage</i>                  | 71,387                  | 17,44%               |
| Model Skenario 2 | Penambahan <i>Material Handling</i>                | 72,687                  | 15,94%               |
| Model Skenario 3 | Penggabungan model skenario 1 dan model skenario 2 | 61,524                  | 28,85%               |

Berdasarkan Tabel 10 maka model skenario usulan perbaikan yang terbaik adalah model skenario 3. Model skenario 3 terbukti membuat penurunan waktu perpindahan sebanyak 28,85%, dengan waktu perpindahan yaitu sebanyak 61,52 jam dalam satu bulan.

## 6. KESIMPULAN

**13** Perbaikan tata letak gudang bahan baku dilakukan dengan menggunakan metode *class-based storage*. Hasil rekomendasi dengan *metode class-based storage* adalah pengurangan salah satu area dan relokasi bahan baku pada masing-masing area penyimpanan. Waktu perpindahan bahan baku kondisi aktual dalam simulasi adalah 86,47 jam. Usulan perbaikan dibuat dengan 3 skenario, yaitu dengan metode *class-based storage*, penambahan jumlah material handling dan penggabungan skenario pertama dan kedua. Evaluasi dilakukan terhadap tiga skenario perbaikan dengan melihat waktu proses perpindahan bahan baku. Hasil yang didapatkan dari proses simulasi adalah waktu perpindahan bahan baku skenario 1 sebesar 71,38 jam, skenario 2 sebesar 72,68 jam, dan untuk skenario 3 sebesar 61,52 jam. Uji ANOVA dan LSD menghasilkan bahwa ketiga skenario usulan perbaikan

berbeda signifikan dan layak untuk dibandingkan dengan sistem aktual. Hasil perbandingan ketiga skenario, maka terpilih skenario 3. Hal ini dikarenakan skenario 3 memiliki persentase penurunan proses pemindahan bahan baku paling tinggi yaitu sebesar 28,85%. <sup>1</sup>Perbaikan tata letak gudang bahan baku dan penambahan jumlah material handling perlu dipertimbangkan oleh perusahaan untuk meminimasi waktu perpindahan bahan baku pada Gudang.

<sup>8</sup>**Ucapan Terima Kasih:** Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada pemberi dana penelitian atau donatur. Ucapan terima kasih dapat juga disampaikan kepada pihak-pihak yang membantu pelaksanaan penelitian.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- Ekren, B. Y. <sup>5</sup>(2015). Warehouse Design under Class-Based Storage Policy of Shuttle-Based Storage and Retrieval System. *FAC-PapersOnLine*, 3(48), 48(3), 1152-1154.
- GUEZZEN, A., OUHOUD, A., & Zaki, S. <sup>3</sup>(2016). Comparative Study between Continuous Models and discrete models for Single Cycle Time of a Multi-Aisles Automated Storage and Retrieval System with Class Based Storage. *FAC-PapersOnLine*, 49(12), 1341-1346.
- Harrell, C. R. <sup>15</sup>(2000). *Simulation using promodel*. McGraw-Hill Higher Education.
- Heragu, S. S. (2008). *Facilities Design*. United States: CRC Press.
- Lewis, C. D. (1982). *Industrial and Business Forecasting Methods*. London: Butterworths Publishing.
- <sup>17</sup>Manzini, R., Accorsi, R., & Gamb, M. (2015). Model <sup>15</sup>class-based storage assignment over lifecycle picking patterns. *Int. J. Production Economics*, 790–800. doi:doi:10.1016/j.ijpe.2015.06.026
- Manzini, R., Gamberi, M., Persona, A., & Regattieri, A. (2007). Design of a Class Based Storage Picker to Product Order Picking System. *International Journal Adv Manufacture Technology*, 7-8(32), 811-821.
- <sup>7</sup>Septiani, W., Dahana, A. E., & Adisuwiryo, S. (2018). Perancangan Model Tata Letak Gudang Bahan Baku dengan Metode Class Based Storage dan Simulasi Promodel. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 6(2), 106-116.

## ORIGINALITY REPORT

14%

SIMILARITY INDEX

14%

INTERNET SOURCES

12%

PUBLICATIONS

9%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

|    |                                                                                                                                                                                                                   |     |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1  | id.123dok.com<br>Internet Source                                                                                                                                                                                  | 5%  |
| 2  | www.trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id<br>Internet Source                                                                                                                                                            | 2%  |
| 3  | www.proceeding.unindra.ac.id<br>Internet Source                                                                                                                                                                   | 1%  |
| 4  | jurnal.wicida.ac.id<br>Internet Source                                                                                                                                                                            | 1%  |
| 5  | Giorgia Casella, Andrea Volpi, Roberto Montanari, Letizia Tebaldi, Eleonora Bottani.<br>"Trends in order picking: a 2007–2022 review of the literature", Production & Manufacturing Research, 2023<br>Publication | 1%  |
| 6  | e-jurnal.lppmunsera.org<br>Internet Source                                                                                                                                                                        | 1%  |
| 7  | e-journal.uajy.ac.id<br>Internet Source                                                                                                                                                                           | 1%  |
| 8  | bcf.or.id<br>Internet Source                                                                                                                                                                                      | 1%  |
| 9  | annali.unife.it<br>Internet Source                                                                                                                                                                                | <1% |
| 10 | giscomp.compesa.com.br<br>Internet Source                                                                                                                                                                         | <1% |

---

|    |                                                                                                                                                                                                                                               |      |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 11 | Aan Khunaifi, Rangga Primadasa, Sugoro Bhakti Sutono. "Implementasi Lean Manufacturing untuk Meminimasi Pemborosan (Waste) Menggunakan Metode Value Stream Mapping di PT. Pura Barutama", Jurnal Rekayasa Industri (JRI), 2022<br>Publication | <1 % |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|

---

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |      |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 12 | Aniesa Amalia Laila Fitri, Parwadi Moengin, Fani Puspitasari. "Simulation Model Design and Improvement of Raw Material warehouse layout with class-based storage method: A case study", International Journal of Advanced Engineering and Management Research, 2023<br>Publication | <1 % |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|

---

|    |                                                     |      |
|----|-----------------------------------------------------|------|
| 13 | Submitted to Universitas Pertamina<br>Student Paper | <1 % |
|----|-----------------------------------------------------|------|

---

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                |      |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 14 | Sofia Debi Puspa, Joko Riyono, Fani Puspitasari. "Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pemahaman Konsep Matematis Mahasiswa dalam Pembelajaran Jarak Jauh Pada Masa Pandemi Covid-19", Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika, 2021<br>Publication | <1 % |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|

---

|    |                                     |      |
|----|-------------------------------------|------|
| 15 | dergipark.org.tr<br>Internet Source | <1 % |
|----|-------------------------------------|------|

---

|    |                                                                |      |
|----|----------------------------------------------------------------|------|
| 16 | wahyuwicaksono.staff.telkomuniversity.ac.id<br>Internet Source | <1 % |
|----|----------------------------------------------------------------|------|

---

|    |                                      |      |
|----|--------------------------------------|------|
| 17 | jie.qazvin.iau.ir<br>Internet Source | <1 % |
|----|--------------------------------------|------|

---

18

[patents.google.com](https://patents.google.com)

Internet Source

&lt;1 %

19

[publikasi.mercubuana.ac.id](https://publikasi.mercubuana.ac.id)

Internet Source

&lt;1 %

20

[repositorio.uta.edu.ec](https://repositorio.uta.edu.ec)

Internet Source

&lt;1 %

Exclude quotes On

Exclude matches &lt; 10 words

Exclude bibliography Off

FINAL GRADE

GENERAL COMMENTS

/100

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17