

ISSN : 1412-3525

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI**  
**FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS SURABAYA**



**7th**  
**NATIONAL**  
**INDUSTRIAL**  
**ENGINEERING**  
**CONFERENCE**  
**2 0 1 3**



**UBAYA**  
UNIVERSITAS SURABAYA



**BSN** **mastan**  
Masyarakat Standarisasi Indonesia

**PROCEEDING**

**"Industrial Engineering in a Competitive and Borderless World:  
Enhancing Innovation & Sustainability Through Standards "**



## KATA PENGANTAR

Selamat berjumpa kembali di *The 7<sup>th</sup> National Industrial Engineering Conference 2013*. Kegiatan ilmiah rutin dua tahunan yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Industri, Universitas Surabaya, tahun ini bertemakan: *Industrial Engineering in a Competitive and Borderless World: Enhancing Innovation & Sustainability through Standards*.

Dalam menghadapi era perdagangan bebas dan globalisasi, inovasi menjadi salah satu kunci keberhasilan organisasi/perusahaan/industri di dalam meningkatkan daya saing, melalui berbagai terobosan inovasi produk, proses maupun strategi. Di samping itu, organisasi/perusahaan/industri perlu mengembangkan suatu upaya dan strategi penerapan Standar dalam meningkatkan inovasi dan keberlanjutan organisasi/perusahaan/industri. Dalam rangka menyebarkan informasi dan hasil-hasil kajian terkait peranan keberadaan Standar terhadap peningkatan inovasi dan keberlanjutan suatu organisasi, maka *The 7<sup>th</sup> National Industrial Engineering Conference 2013* membahas *Enhancing Innovation & Sustainability through Standards* sebagai tema utama.

Seminar nasional ini menyajikan 62 makalah terpilih yang berasal dari partisipasi para peneliti, akademisi dan praktisi dari institusi pendidikan, industri dan pemerintah. Topik makalah yang dibahas meliputi rumpun ilmu: desain dan ergonomi, sistem manufaktur, rekayasa dan manajemen kualitas, *performance measurement*, *logistics and supply chain management* dan *technopreneurship*.

Kiranya melalui Seminar nasional ini, para peserta memperoleh kesempatan meningkatkan wawasan, membangun kerja sama antar para akademisi, praktisi industri dan pemerintah, serta menginspirasi berkembangnya ide-ide kreatif dan inovatif bagi kemajuan dan kesejahteraan bersama.

Terima kasih atas segala usaha dan partisipasi seluruh pihak yang telah mendukung penyelenggaraan *The 7<sup>th</sup> National Industrial Engineering Conference 2013*.

Surabaya, 10 Oktober 2013

Editor



## DAFTAR ISI

<b>Kata Pengantar</b>	i
<b>Daftar Isi</b>	ii
<b>Evaluasi dan Pemetaan Safety Behavior Pekerja di Industri Manufaktur (Studi kasus : Industri Cat di Surabaya)</b>	1
Linda Herawati Gunawan	
<b>Evaluasi Desain Antar Muka (<i>Interface</i>) dengan Menggunakan Pendekatan Kemudahan Penggunaan (Studi Kasus Portal Mahasiswa Universitas X)</b>	8
Dino Caesaron, Andrian dan Cyndy Chandra	
<b>Model Simulasi Alternatif Penambahan Mesin Pengolah Serat Non-Kayu untuk Meningkatkan Produksi Kertas: Studi Kasus</b>	15
Levinia Dian Laraswati, Yuniaristanto dan Wahyudi Sutopo	
<b>Analisis Penguasaan Teknologi Pada Perusahaan Sepatu dengan Pendekatan Metoda Teknometrik</b>	22
Agus Riyanto	
<b>Model Alokasi dan Penugasan Pada Produksi Semen dengan Mempertimbangkan Biaya Distribusi dan Pemenuhan Pasar: Studi Kasus</b>	28
Rina Wiji Astuti, Muh. Hisjam dan Wahyudi Sutopo	
<b>Strategi Pemilihan Material dalam Desain Low Cost Anthropomorphic Prosthetic Hand</b>	35
Fitri Purnamasari, Ilham Priadythama dan Susy Susmartini	
<b>Integrasi <i>Kansei Engineering</i> dan <i>Customer Relationship Management</i> untuk Meningkatkan Kepuasan dan Loyalitas Konsumen Rumah Makan Kelas Menengah Atas di Surabaya</b>	42
Andrew Octavianus Winardi, Markus Hartono dan Rosita Meitha Surjani	
<b>Identifikasi Permasalahan Proses Bisnis Pengolahan Bahan Baku Obat Tradisional Klaster Biofarmaka Karanganyar dengan Metode <i>Root Cause Analysis</i> (RCA)</b>	48
Fakhrina Fahma, Retno Wulan Damayanti dan Esti Koco Susilowati	
<b>Model Perencanaan Rantai Pasok untuk <i>Consumer Goods</i> di PT. XYZ</b>	55
Cynthia Ayuningtyas, Yuniaristanto dan Wakhid Ahmad Jauhari	



<b>Aplikasi NIOSH <i>Lifting Equation</i> pada Simulasi <i>Manual Lifting Task</i> Air Minum Kemasan Galon</b>	62
Aloysius Sujarwadi	
<b>Kajian Model Kualitas Layanan, Kepuasan Pelanggan, dan Loyalitas Pelanggan dengan Aplikasi <i>Structural Equation Modeling</i> serta Upaya Peningkatan Kualitas Layanan di Fitness Centre</b>	69
Yenny Sari, Rosita Meitha Surjani, dan Rita Tang	
<b>Usulan Penjadwalan untuk Minimasi <i>Lateness</i> di Industri <i>Make-to-Order</i> (Studi Kasus pada PT X)</b>	77
Istiadi Prasetio dan Anas Ma'ruf	
<b>Analisis Potensi Utilisasi Sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Kota Metropolitan: Suatu Pendekatan Model Berbasis Sistem Dinamik (<i>Study Kasus: TPA Kota Surabaya</i>)</b>	84
Bing An, Lusi Mei Cahya W, dan Ahmad Fatih Fudhla	
<b>Integrasi <i>Grey Relational Analysis</i> dan <i>Steepest Ascent</i> untuk Eksperimen Taguchi dalam Kasus Multirespon</b>	91
Rahman Dwi Wahyudi	
<b>Evaluasi dan Perancangan Kursi Kuliah dan Tata Letak Fasilitas Ruang Kuliah yang Ergonomis</b>	98
Silviani dan Johanna Renny Octavia Hariandja	
<b>Perancangan Klasifikasi Pelanggan sebagai Dasar bagi Pengembangan <i>Customer Relationship Management</i> di PT 'X' Pasuruan</b>	106
Esti Dwi Rinawiyanti	
<b>Perbaikan Sistem Produksi Menggunakan <i>Methods-Time Measurement</i> dan Pengukuran <i>Learning Curve</i> di PT. Catur Pilar Sejahtera</b>	113
Donna Donny Natalio Santoso, Markus Hartono dan Linda Herawati Gunawan	
<b>Perancangan Tata Letak Gudang Tepung Terigu di PT. X, Sidoarjo</b>	121
Jane Thirza Kwenusland, Indri Hapsari dan Jerry Agus Arlianto	
<b>Model Penjadwalan Tenaga Kerja untuk Perawatan Pesawat Terbang <i>Line Maintenance</i></b>	130
Geby Amanda Putri dan Anas Ma'ruf	
<b>Usulan Metode Perhitungan Peramalan Nilai Eskalasi Biaya PT Dirgantara Indonesia Menggunakan Model Peramalan Struktural dan Model ARIMA</b>	137
Emil Zola Farkhan dan Rachmawati Wangsaputra	



<b>Perancangan Sistem Pemeriksaan Kondisi Klem Sambungan Transformator 150/20 KV untuk Implementasi <i>Condition Based Maintenance</i> dengan <i>Graphical User Interface</i></b>	143
Prasidhi Artono dan Rachmawati Wangsaputra	
<b>Identifikasi Variabel Cost Driver dalam Model Perhitungan Biaya Desain Assembly menggunakan Perangkat Lunak CAD</b>	152
M Qomarul Huda dan Anas Ma'ruf	
<b>Perancangan Alternatif Desain Tata Letak Hanggar 4 pada PT X dengan Pendekatan <i>Robust Layout</i></b>	159
Shafa Atrining Probosari dan Anas Ma'ruf	
<b>Peningkatan Performansi Sistem Produksi Melalui Perbaikan Tata Letak Fasilitas dengan Pendekatan Sistem <i>Hybrid Cellular Manufacturing</i></b>	166
Citra Astari dan Rachmawati Wangsaputra	
<b>Perancangan Proses Produksi Tarik pada Departemen Produksi <i>Pipe Frame Head</i> PT Sinar Terang Logamjaya</b>	174
Enggar Yuwandani dan Rachmawati Wangsaputra	
<b>Usulan Model Penjadwalan <i>Job-shop</i> dengan Fleksibilitas <i>Routing</i> untuk Meminimasi <i>Makespan</i> dan Meningkatkan Nilai <i>Leanness</i> di PT Sinar Terang Logamjaya</b>	183
Zafira Putrid dan Rachmawati Wangsaputra	
<b>Studi dan Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Minat Berwirausaha di Kalangan Mahasiswa: Kerangka Teoritis dan Model Konseptual Awal</b>	190
Esti Dwi Rinawiyanti dan Linda Herawati Gunawan	
<b>Perancangan Model Pengukuran Tingkat Kesiapan Technoware dan Humanware Laboratorium dalam Memenuhi Persyaratan SNI ISO/IEC 17025</b>	197
Saeful Islam dan Dradjad Irianto	
<b>Usulan Perbaikan Utilitas Mesin Produksi Di PT X</b>	207
I Wayan Sukania dan Marcella	
<b>Simulasi Desain Hasil Usulan Perancangan Konsep Kontainer Plastik Pada Perusahaan Ritel Menggunakan <i>Finite-Element Analysis Method</i> Dan <i>Motion Study</i> Pada <i>Software Solidworks 2012</i></b>	213
Althofulkarim Zahid	
<b>Rancangan Perbaikan <i>Stopkontak</i> Melalui Pendekatan Metode DFMA dengan Integrasi TRIZ pada PT. XYZ</b>	229
Rosnani Ginting dan Yogi Khairi Hasibuan	



<b>Identifikasi Faktor Resiko Dalam Mengantisipasi Kecelakaan Kerja</b>	236
Niluh Putu Hariastuti	
<b>Peningkatan Kualitas Pasir Cetak Hitam dengan Metode <i>Split Plot Design</i></b>	245
Debora Anne Yang Aysia	
<b>The Indonesian Anthropometry Revisited: An Empirical Study Involving University Students</b>	252
Markus Hartono	
<b>Perancangan Sistem Estimasi Biaya Menggunakan Metode <i>Activity-Based Costing</i> untuk Produk <i>Progressive Dies</i> (Studi Kasus PT X)</b>	258
Indah Irdianti Rochandhi dan Anas Ma'ruf	
<b>Pemetaan dan Penguatan Potensi Wisata Kuliner di Yogyakarta</b>	265
Dewi Hajar, Anas Hidayat dan Agus Mansur	
<b>Optimasi Biaya Distribusi Beras Dengan Menggunakan Metode Linear Programming (Studi Kasus Perum Sub Divisi Regional I Bandung)</b>	273
Yani Iriani dan Ketut Adi Sudarma	
<b>Usulan Alat Bantu untuk Meminimasi Pemborosan Pada Proses Produksi Kantong Semen Padang</b>	280
Yesmizarti Muchtiar, Aidil Ikhsan dan Ivan Fadli	
<b>Model Konseptual Implementasi Lean Manufacturing antara <i>Operational</i> dan <i>Dynamic Capability</i> Perusahaan</b>	287
Didit Damur Rochman, Hana Suryana dan Agus Rahayu	
<b>Perancangan Tata Letak Pabrik dengan Menggunakan <i>Virtual Cellular Manufacturing System</i> (Studi kasus PT X)</b>	294
Bernard Muljadi dan Anas Ma'ruf	
<b>Perbaikan Proses Perakitan Produk Di PT. Almendo</b>	303
Iis kartika	
<b>Penentuan Pola Data Pembangkit <i>Fuzzy Failure Mode Effect Analysis</i> Dalam Rangka Perbaikan Kualitas Proses Perakitan <i>Transfer Case</i> (Studi Kasus:PT X)</b>	309
Johnson Saragih, Dedy Sugiarto dan Rina Fitriana	
<b>Simulasi Pemodelan Segmented Autoregressive Untuk Peramalan Data Interrupted Time Series</b>	316
M. Arbi Hadiyat	



<b>Pengaruh Aktivitas Kolaborasi terhadap Manajemen dan Daya Kolaborasi antar-UKM di Sentra Batik Studi Kasus di Sentra Batik Pesindon</b>	323
Amalia dan Iwan Inrawan Wiraatmadja	
<b>Penerapan <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) pada Sistem Pemeliharaan Transformator</b>	330
Iveline Anne Marie, Docki Saraswati, Sumiharni Batubara dan Amal Witonohadi	
<b>Peningkatan Performansi Perencanaan Produksi Operasional <i>Pipe Frame Head</i> Melalui Model <i>Update Kapasitas</i> Heuristik Berbasis <i>Mixed Strategy</i></b>	338
Devy Nurmalia Sari dan Rachmawati Wangsaputra	
<b>Ekstrapolasi Tren Substitusi Teknologi antara Teknologi MILC dan DSLR</b>	345
Faisal Adiprabowo Widyanto dan Iwan Inrawan Wiratmadja	
<b>Penyusunan Rencana Pengembangan Energi Terbarukan Indonesia dengan Metode <i>Logical Framework Approach</i></b>	352
Rahmadani Dian Pratiwi dan Tota Simatupang	
<b>Studi dan Analisis Kelayakan Finansial Alternatif Peluang Usaha Industri Daur Ulang Plastik</b>	360
Ferdy Kosashi, Benny Lianto dan Esti Dwi Rinawiyanti	
<b>Penerapan Sistem Pakar dengan Metode <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) pada CV. Ari</b>	367
Rina Fitriana, Johnson Saragih dan Andrew Kurnia Setiawan	
<b>Sistem Pemadam Kebakaran Kendaraan Berpenumpang</b>	374
Yuwono B Pratiknyo, Amelia Santoso, Hudiyo F, Sunardi Tjandra, Yon H dan Susila Candra	
<b>Pengembangan Model Optimasi <i>Multi objective</i> untuk VRPTW dengan Kebijakan Sistem Persediaan (s,S)</b>	381
Dina Natalia Prayogo	
<b>Pembuatan Alat Bantu Simulasi Dalam Rangka Perancangan <i>Reconfigurable Manufacturing System</i> Di Industri Manufaktur</b>	389
Inaki Maulida Hakim dan Ilham Winoto	
<b>Rantai Nilai Inovasi Terpadu: Sebuah model konseptual dan hipotesa awal</b>	396
Benny Lianto dan Esti Dwi Rinawiyanti	
<b>Pengendalian Potensi Bahaya Berdasarkan Pendekatan <i>Participatory Ergonomics</i> dalam Meningkatkan Keselamatan dan Kesehatan di Tempat Kerja (Studi Kasus di PT.Grandtex)</b>	404
Paulus Sukapto, Harjoto Djojosebroto dan Zuelfandy	



<b>Penerapan <i>Lean Manufacturing</i> Dalam Mengidentifikasi Dan Meminimasi Waste Produk Granit Di Divisi Produksi Pada PT. Impero Granito Utama</b>	414
Muhammad Kholil dan Kukuh Wilujeng	
<b>Modifikasi Waktu Standard Pelayanan Untuk Meminimumkan Jumlah Antrian (Studi Kasus : Gerbang Tol Ancol Barat)</b>	427
Hendy Tannady, Riyan dan Wahyu Eka	
<b>Rancangan Pengembangan Sistem Informasi Distribusi Obat Untuk Pasien Rawat Inap Berbasis <i>Integrated System</i> (Studi Kasus Rumah Sakit XYZ)</b>	434
Septy Waldania Lestari dan Erlangga Fausa	
<b>Penjadwalan Produksi <i>Flow Shop</i> Sax Keypost Dengan <i>Mixed Integer Programming</i></b>	442
Nina Maratus Sholikhah, Ilyas Masudin dan Dana Marsetya Utama	
<b>Evaluasi Implementasi Perangkat Lunak Sistem Pengukuran Kinerja dengan Menggunakan <i>Technology Acceptance Model</i></b>	449
Syarifa Hanoum, Chandra Budiman dan Effi Latiffianti	
<b>Perancangan Konten E-Learning Software Solidcam Sebagai Alat Bantu Ajar Proses Manufaktur Untuk Mahasiswa Teknik Industri IT Telkom Menggunakan Model Addie Tahap Analisis Dan Desain</b>	456
M Rizki Hadyan F	
<b>Membangun Aplikasi <i>E-Learning</i> Software Solidcam Untuk Mahasiswa Teknik Industri Ittelkom Dengan Menggunakan Metode <i>Addie Instructional Design Model</i></b>	472
Asep Berna Saefullah, Rino Andias Anugraha dan M. Nashir Ardiansyah.	



## Perancangan Tata Letak Gudang Tepung Terigu di PT. X, Sidoarjo

Jane Thirza Kwenusland, Indri Hapsari dan Jerry Agus Arlianto  
Jurusan Teknik Industri, Universitas Surabaya  
Raya Kalirungkut, Surabaya 60293, Indonesia  
E-mail: indri@staff.ubaya.ac.id

### Abstrak

*PT. X adalah perusahaan manufaktur yang memproduksi 22 jenis tepung terigu. Selama ini perusahaan menggunakan sistem randomized storage. Akibat dari penggunaan metode tersebut, tata letak gudang A dan B menjadi tidak teratur, barang yang sama tidak dikelompokkan menjadi satu tempat, sehingga jarak pengambilan barang menjadi jauh dan bervariasi. Diperlukan pengaturan tata letak gudang agar terdapat layout yang pasti (dedicated) untuk penyimpanan masing-masing barang sehingga jarak perpindahan dan material handling cost dapat diminimalkan. Permintaan yang meningkat menyebabkan perlu adanya peningkatan kapasitas gudang dengan merancang rak mezzanine. Untuk menentukan posisi barang di gudang barang maka digunakan metode Class Based Storage. Hasil yang diperoleh dengan mengubah sistem randomized storage ke sistem dedicated storage adalah terjadi penghematan jarak sebesar 142.233,2 meter dan Rp 341.359,68 untuk material handling cost selama 6 bulan. Dengan perancangan rak mezzanine kapasitas gudang bertambah sebesar 66,07% untuk gudang A dan 97,7% persen untuk gudang B.*

**Kata kunci :** Dedicated Storage, Class Based Storage, layout gudang, rak mezzanine

### Abstract

*PT. X is a manufacturing company that produces 22 types of flour. So far, the company uses randomized storage to the layout of the finished goods warehouse. Due to the use of such methods, warehouse A and B layout becomes unorganized, the same items are not placed together, so that the distance of moving the goods is far and varied. Warehouse layout adjustment is necessary in order to have a certain layout for the storage of each item so that the distance and material handling costs can be minimized. Increased demand led to an increase the warehouse capacity by designing the mezzanine shelf. The method is performed by analyzing the initial layout and then after that decide dedicated storage method as a method of storage of goods, so that each item has a definite storage place. To determine the position of goods in the warehouse Class Based storage methods is used. The results obtained by changing the method of randomized storage to dedicated storage method is savings the distances of 142.233,2 meters and Rp 341.359,68 for the material handling cost in 6 months. With a mezzanine shelving design, capacity of warehouse increased by 66.07% to warehouse A and 97.7% percent to warehouse B.*

**Keywords:** Dedicated Storage, Class-Based Storage, warehouse layout, mezzanine rack

### 1. Pendahuluan

PT. X merupakan industri manufaktur yang bergerak di bidang pembuatan tepung terigu dan pakan ternak (tepung industri) yang baru berdiri selama 4 tahun. Pabrik ini memproduksi 22 macam tepung dengan 22 merk, 17 merk tepung terigu serta 5 merk tepung industri. Penjualannya dalam bentuk karung seberat 25 kg untuk tepung terigu dan 50 kg untuk tepung



industri. Dalam penyimpanannya di gudang, tepung terigu dan tepung industri di susun di atas pallet yang masing-masing pallet berisi sebanyak 1 ton. Gudang produk jadi di PT. X terbagi menjadi dua gedung yang bersebelahan tetapi terpisah oleh gang untuk tempat memuat barang ke atas truk. Gedung A digunakan untuk penyimpanan tepung industri sedangkan gedung B digunakan untuk menyimpan tepung terigu.

PT. X belum memiliki sistem yang baik di dalam gudang produk jadi. Penempatan produk di gudang tidak beraturan, tidak adanya *layout* menyebabkan operator kesulitan untuk mencari barang yang akan diambil. Tidak ada tempat pasti untuk masing-masing merk, penyimpanan dilakukan dengan metode *randomized storage* di mana ada tempat kosong maka penyimpanan akan ditaruh di tempat tersebut tanpa memperhatikan kelompok barang [1]. Sehingga kesulitan terjadi ketika pencarian barang untuk dikirim, operator harus mencari letak barang karena tidak ada *layout* pasti. Pengambilan barang dilakukan dengan mengambil barang yang disimpan terlebih dahulu karena tepung memiliki tanggal kadaluarsa. Penyimpanan barang dengan metode *randomized storage* menyebabkan terjadi variasi waktu dan jarak pengambilan barang.

Permintaan dari konsumen semakin hari semakin meningkat, menyebabkan semakin banyak produk yang harus disimpan di gudang untuk dapat memenuhi pesanan pelanggan. Akibatnya perlu dilakukan peningkatan kapasitas pada gudang. Lahan yang ada sudah tidak mungkin untuk memperluas gudang, sehingga perlu perancangan *layout* yang benar dan mempertimbangkan metode lain untuk meningkatkan kapasitas gudang salah satunya yaitu dengan pembuatan rak, sehingga bisa digunakan ketinggian vertikal untuk menyimpan barang.

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk merancang sistem dan *layout* pada gudang barang jadi yang bisa mengurangi kesulitan pekerja dalam mencari barang serta meminimalkan jarak transportasi pada gudang dan meningkatkan kapasitas gudang dengan penggunaan ketinggian vertikal.

## 2. Tinjauan pustaka

Pergudangan menurut Heragu [1] adalah aktivitas yang memakan waktu tetapi tidak memberikan nilai tambah pada produk, hal ini dikarenakan aktivitas pergudangan membutuhkan tenaga, waktu, yang secara tidak langsung membutuhkan biaya, namun tidak menambahkan sesuatu yang berarti pada suatu barang. Namun, keberadaan *gudang* sangat penting dalam suatu perusahaan. Adanya gudang sebagai tempat penyimpanan persediaan barang dapat melancarkan proses perdagangan bagi perusahaan, yaitu dapat membantu memenuhi permintaan konsumen dengan waktu yang lebih fleksibel.

Fungsi utama dari gudang selain sebagai tempat penyimpanan barang sementara, terdapat beberapa fungsi lain yang tidak kalah penting, yaitu sebagai sarana distribusi ke konsumen, karena gudang menerima berbagai macam barang dalam jumlah besar dari beberapa sumber untuk kemudian dipilah-pilah secara manual maupun otomatis sesuai dengan permintaan dari konsumen dan dikirim secara langsung. Kemudian sebagai sarana untuk memisahkan dan menyimpan material berbahaya yang penyimpanannya tidak dapat dicampur dengan barang-barang lainnya. Selain itu sebagai sarana mengantisipasi lonjakan permintaan dari konsumen.

Karakteristik produk yang akan disimpan akan membedakan gudang menjadi tempat



penyimpanan bahan baku yang dibutuhkan tiap proses produksi, penyimpanan hasil proses yang masih setengah jadi, dan penyimpanan hasil akhir dari proses produksi. Terkait dengan proses produksi, terdapat gudang penyimpanan bagian-bagian dari suatu produk yang akan dirakit, penyimpanan hasil produksi yang akan di - *rework*, dan penyimpanan sementara hasil produksi yang rusak atau salah proses dan tidak dapat di - *rework* lagi, sebelum dibuang atau dijual ke pihak lain [2]. Selain itu terdapat gudang yang menyimpan produk yang digunakan untuk menunjang proses kelancaran produksi, misalnya: proses *packing*, *labeling*, dan lain-lain.

Setelah diketahui beberapa jenis masalah penyimpanan yang potensial dalam perusahaan, perlu dipertimbangkan prosedur perancangan fasilitas yang dibutuhkan. Tujuan umum dari metode penyimpanan barang adalah untuk menggunakan volume bangunan secara maksimum, menggunakan waktu, karyawan, dan peralatan secara efektif, mempermudah pencarian dan pengambilan produk, serta menata barang secara rapi dan tersusun.

Heragu [1] menyatakan ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menyimpan barang di gudang, yaitu *Dedicated*, *Randomized*, *Class Based* dan *Shared Storage*. Metode *Dedicated* menyimpan produk berdasarkan tipenya, sehingga memudahkan pencarian. Kekurangan dari metode ini adalah utilisasi ruang rendah karena lokasi produk tidak dapat diubah-ubah atau digunakan oleh produk yang lain walaupun lokasi tersebut kosong. Metode *Randomized* merupakan kebalikan dari metode *Dedicated*. Metode ini tidak mewajibkan lokasi yang tetap untuk suatu produk. Produk yang datang diletakkan di sembarang tempat yang terdekat dengan pintu masuk atau pintu keluar. Kekurangannya adalah jika jumlah produk yang dialokasikan banyak dan bermacam-macam jenisnya, maka waktu pencarian dan pengambilan produk menjadi lama. Metode *Class Based Storage* merupakan metode yang didasarkan pada penelitian diagram Pareto yang membagi persediaan berdasarkan kelasnya, yaitu: antara 0%-5% dari total pendapatan termasuk dalam kelas C, 5%-20% kelas B, dan 20%-80% termasuk kelas A. Kelas A diletakkan di dekat pintu masuk-keluar untuk menghemat waktu penyimpanan, kelas B diletakkan sesudah kelas A, dan seterusnya. Metode *Shared Storage Policy* mengambil keuntungan dari perbedaan waktu penyimpanan. Untuk menerapkan metode ini sebelumnya harus mengetahui waktu kapan produk akan masuk dan kapan akan keluar, sehingga lokasi produk yang keluar dapat diisi oleh produk yang akan masuk. Pengalokasian lokasi yang kosong tetap memperhatikan tingkat kelas dari produk seperti pada metode *Class Based Storage*.

Penggolongan barang berdasarkan kategori karakteristik produk dapat dibedakan menjadi *slow moving* atau *fast moving*. *Slow moving* untuk jenis barang yang permintaannya sedikit, sehingga perpindahannya lambat, sedangkan *fast moving* untuk jenis barang yang permintaannya relatif tinggi, sehingga perpindahannya cepat.

### 3. Metode penelitian

Setelah melakukan pengamatan di gudang, selanjutnya adalah pengumpulan data berupa layout peletakkan barang di gudang, cara penataan barang di gudang, proses keluar masuk barang di gudang, jarak antara tempat penyimpanan dengan pintu masuk keluar dan kecepatan *forklift*. Data tersebut kemudian diolah dan dianalisis, meliputi *layout* dan kondisi awal gudang, menentukan stok maksimum dengan menggunakan persentil 95 dari masing-masing merk, menentukan popularitas barang, mengatur *layout* usulan yang sesuai dengan luas yang dibutuhkan serta berdasarkan tingkat perputaran barang dengan menggunakan metode



*dedicated storage* dan *class based storage*, menghitung dan membandingkan jarak perpindahan awal dan usulan, menghitung *material handling cost* awal dan usulan, merancang rak mezzanine untuk meningkatkan kapasitas, merancang rak dengan mempertimbangkan beban, kekuatan dan investasi yang dibutuhkan, dan mengatur *layout* usulan dengan rak.

#### 4. Hasil dan pembahasan

Dalam metode *dedicated storage* pengaturan letak barang memiliki lokasi yang pasti sehingga peletakkan barang tidak tercampur dengan barang lain. Untuk menentukan luasan yang dibutuhkan maka harus dihitung terlebih dahulu persentil 95 dari stok harian selama enam bulan untuk masing-masing merk, dari perhitungan persentil selanjutnya dapat ditentukan *space requirement* untuk masing-masing merk. Dari data *persentil 95* bisa ditentukan *space requirement* untuk masing-masing merk dengan menentukan jumlah lot yang dibutuhkan. Menentukan *space requirement* atau kebutuhan ruang dalam satuan lot untuk penempatan produk di gudang dengan menggunakan rumus persentil 95 dibagi dengan jumlah sak dalam 1 pallet, dikalikan dengan banyak pallet dalam 1 lot dan tinggi tumpukan.

Gudang A sebagai tempat penyimpanan tepung industri yaitu merk tepung industri kuning, tepung industri merah, brand, pollard, dan pollard merah memiliki kapasitas sebanyak 56 lot. Jumlah total lot yang dibutuhkan oleh tepung industri untuk memenuhi *space requirement* dengan menggunakan metode *dedicated storage* adalah 50 lot. Kapasitas dari gudang A masih mencukupi untuk memenuhi kebutuhan *space* dari tepung industri. Untuk tepung terigu lot yang dibutuhkan untuk tempat penyimpanan keseluruhan merk adalah sebanyak 91 lot, sedangkan kapasitas lot yang tersedia untuk gudang B adalah sebanyak 95 lot. Kapasitas yang ada pada gudang B masih mencukupi untuk memenuhi kebutuhan *space* dari tepung terigu.

Untuk menentukan posisi produk menggunakan metode *Class Based Storage* yaitu metode yang membagi produk berdasarkan popularitas ke dalam tiga kelas yaitu *fast moving*, *medium moving*, dan *slow moving*. Pembagian produk ke dalam tiga kelas berdasarkan konsep Pareto. Produk yang termasuk di dalam kelas *fast moving* maka akan diletakkan dekat dengan pintu keluar masuk gudang.

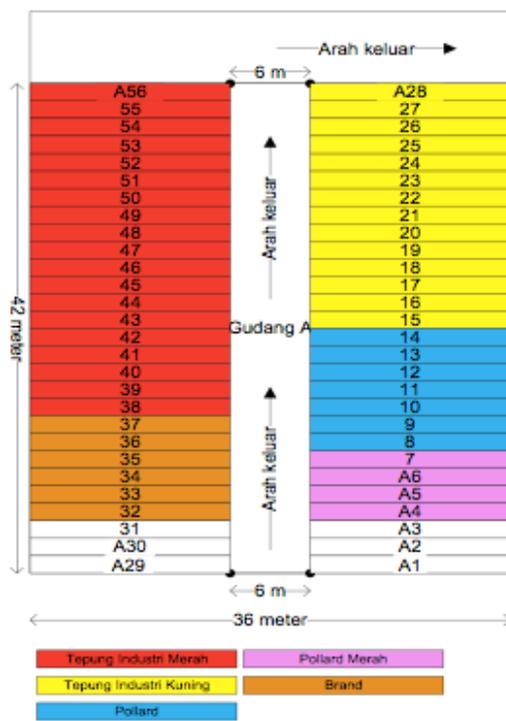
Setelah dilakukan perhitungan dan penentuan kelas barang maka selanjutnya adalah menentukan posisi barang di dalam *layout* gudang dengan melihat kelas barang dan jarak perpindahan. Barang yang masuk dalam kelas *fast moving* akan diletakkan paling dekat dengan pintu keluar masuk dan barang dalam kelas *slow moving* akan diletakkan paling jauh dengan pintu masuk dan keluar. Penataan layout dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 2.

Pengaturan layout akan menyebabkan perbedaan di jarak tempuh. Jarak perpindahan awal dihitung dengan mengambil data letak barang dan jumlah barang yang diambil *forklift* untuk dibawa ke atas truk atau kontainer selama 6 bulan. Letak barang yang diambil oleh *forklift* dianggap sebagai letak awal yang kemudian bisa dihitung jarak yang ditempuh *forklift* ke pintu keluar yang kemudian dianggap sebagai jarak awal.

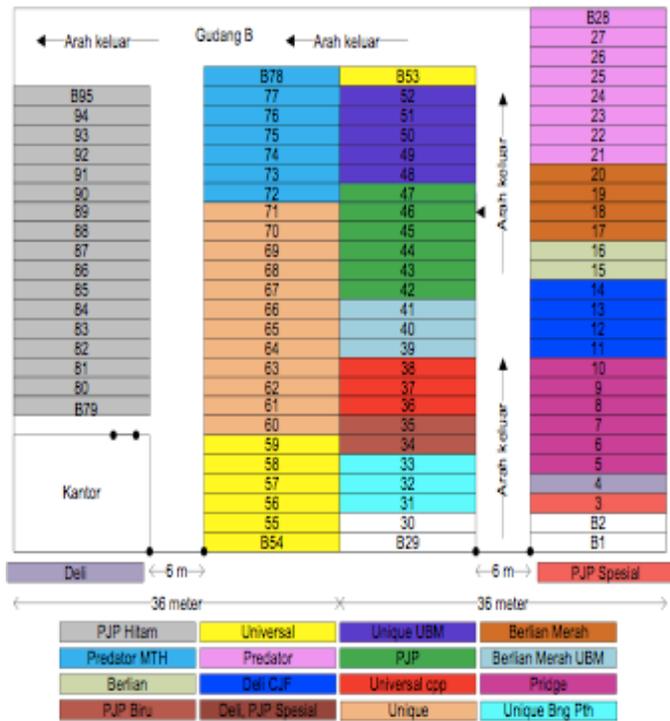
Jarak perpindahan usulan dihitung untuk dibandingkan dengan jarak perpindahan awal. Jarak perpindahan usulan dihitung berdasarkan letak barang pada *layout* usulan. Letak barang pada *layout* usulan menggunakan metode *dedicated storage* sehingga cara perhitungannya berbeda dengan cara perhitungan jarak perpindahan awal. Perhitungan jarak perpindahan awal dengan

menghitung jarak dari lot tempat barang disimpan, sedangkan untuk perhitungan jarak usulan usulan diambil titik tengah dari lokasi penyimpanan. Jika pada jarak perpindahan awal adalah 448.997 meter, maka pada jarak pemindahan usulan menurun menjadi 346.763,8 meter. Ada perbedaan sebesar 142.233,2 meter antara jarak perpindahan awal dan usulan. Terjadi penghematan jarak sebesar 29,09%.

Untuk material handling cost, biaya *forklift* yang dikeluarkan perusahaan adalah Rp 2,4/meter. Dari biaya *forklift* dapat dihitung *total material handling cost* dengan mengalikan jarak tempuh dengan biaya *forklift* yang dikeluarkan perusahaan. *Layout* usulan dengan menentukan lokasi penyimpanan barang dengan memperhatikan kelas barang didapatkan tata letak gudang yang lebih baik. hasil perhitungan *material handling cost* usulan lebih baik yaitu Rp 832.233,12 dibandingkan dengan awal yaitu Rp 1.173.592,8. Ada penghematan biaya sebesar Rp 341.359,68.



Gambar 1. Posisi Tepung Industri Pada Gudang A



Gambar 2 Posisi Tepung Terigu Pada Gudang B

Perancangan rak dilakukan untuk lebih menghemat luas gudang yang terpakai, karena terjadi peningkatan jumlah produksi, berarti semakin banyak barang yang harus disimpan di gudang. Rak yang dirancang adalah rak *mezzanine* karena tipe ini berguna untuk memanfaatkan ketinggian gudang yang tidak digunakan. Dengan adanya *mezzanine* ketinggian yang sebelumnya tidak dapat digunakan sekarang dapat dimanfaatkan untuk penyimpanan juga.

Perancangan dimensi rak dimulai dari pemilihan ukuran profil. Profil yang digunakan adalah profil H dengan ukuran 20x20cm. Profil H yang digunakan untuk perancangan rak, karena profil H sudah umum digunakan di pasaran dan telah memiliki standar ukuran yang pasti. Jumlah yang digunakan untuk membuat rak pada gudang A adalah panjang 6 meter sebanyak 229 buah dan panjang 5 meter sebanyak 42 buah, untuk kaki rak diperlukan 56 buah profil H dengan panjang 3,5 meter. Sedangkan untuk gudang B jumlah yang digunakan untuk membuat rak adalah panjang 6 meter sebanyak 488 buah dan 5 meter sebanyak 89 buah, untuk kaki rak diperlukan 118 buah profil H dengan panjang 3,5 meter.



Untuk menghitung beban maksimum yang diterima oleh rak, bagian terkecil yang dijadikan dasar dapat dilihat dari gambar 5, bahwa rak tersebut dapat menampung 8 lot tepung, di mana 1 lot mampu menampung 30 ton tepung, *aisle* merupakan jalan untuk orang dan *material handling* untuk mengambil barang dari lot.

Beban maksimum dapat dihitung dengan menjumlahkan beban barang maksimum, berat pallet, dan berat *material handling* yang lewat, berikut perhitungan beban maksimum:

$$\begin{aligned} \text{Beban maksimum} &= \text{berat barang maksimum} + \text{berat pallet} + \text{berat MH} + \text{berat steel plate} \\ &= ((8 \times 30.000) + (8 \times 30 \times 10) + (250) + (25 \times 36 \times 6)) \\ &= 248.050 \text{ kg} \end{aligned}$$

Setelah menentukan beban maksimum yang diberikan oleh barang yang disimpan pada rak, maka dapat dihitung gaya yang diterima oleh rak. Berikut merupakan perhitungan gaya total yang diterima oleh rak:

$$F = m \times g$$

$$F = 248.050 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$F = 2.430.890 \text{ N}$$

$$F_{\text{total}} = 1,5 \times 2.430.890 \text{ N} = 3.646.335 \text{ N}$$

F total dikalikan dengan 1,5 karena bila rak digabungkan ada bagian rak yang dipakai bersama untuk rak gabungan sehingga beban yang ditanggung akan bertambah setengahnya.

Analisis kekuatan rak dilakukan untuk mengetahui apakah rak yang sudah dirancang memiliki kekuatan untuk menahan beban maksimum. Setelah menghitung beban maksimum maka dapat dihitung kekuatan rak yang ada apakah mampu menerima gaya yang diberikan oleh beban maksimum. Untuk menganalisa kekuatan rak maka dihitung tegangan normal, tegangan bending, serta defleksi yang mungkin terjadi pada bagian rak.

Tegangan normal merupakan reaksi yang diberikan oleh gaya yang ditimbulkan oleh beban maksimum yang terjadi pada kaki rak. Beban maksimum yang diterima oleh rak adalah sebesar 248.050 kg, sehingga gaya maksimum yang diberikan adalah 3.646.335 Newton. Untuk menghitung tegangan normal maka harus dihitung luas penampang dari profil H yang digunakan. Luas penampang dari kaki rak:

$$A = ((200 \times 12 \times 2) + (176 \times 8)) = 6208 \text{ mm}^2$$

Perhitungan diatas merupakan luas penampang untuk 1 kaki rak, terdapat 16 kaki rak atau 16 profil H vertikal dalam bagian rak yang terkecil sehingga harus dihitung luas penampang totalnya, yaitu:

$$A_{\text{total}} = 16 \times 6208 = 99.328 \text{ mm}^2$$

Setelah didapatkan luas penampang total serta gaya yang diterima oleh rak maka dapat dihitung tegangan normal yang terjadi pada rak adalah sebesar 36.710.041,5 N/m<sup>2</sup>. Untuk menentukan apakah bahan yang digunakan mampu menahan beban maksimum maka tegangan normal yang ada harus dibandingkan dengan tegangan ijin bahan.

Faktor keamanan yang digunakan adalah 2 karena bahan sudah diketahui dan beban dapat ditentukan. Dari data yang dikumpulkan, didapatkan bahwa profil H yang digunakan adalah baja karbon 0,2% yang memiliki tegangan luluh bahan sebesar 150 MPa. Kelayakan material dapat dilihat dengan membandingkan dengan tegangan ijin bahan:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{beban}} &\leq \sigma_{\text{ijin}} \\ 36.710.041,5 \text{ N/m}^2 &\leq \frac{150.000.000 \text{ N/m}^2}{2} \\ 36.710.041,5 \text{ N/m}^2 &\leq 75.000.000 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$



Dari perbandingan diatas dapat dilihat bahwa tegangan yang diberikan oleh beban leih kecil daripada tegangan ijin bahan, sehingga bahan yang digunakan mampu menahan beban sebesar  $36.710.041,5 \text{ N/m}^2$ .

Setelah melakukan perhitungan tegangan normal, maka selanjutnya akan dihitung tegangan bending yang dihasilkan. Tegangan bending dihitung juga untuk melihat apakah terjadi defleksi atau tidak pada kerangka rak apabila dimuati beban. Terdapat 51 buah profil H yang dipasang melintang vertikal.

Gaya maksimum yang diberikan oleh barang pada rak adalah  $F_{\text{total}} = 3.646.335 \text{ N}$ . Setelah itu dapat dihitung gaya yang diterima oleh masing-masing profil H yang dipasang melintang vertikal. Berikut adalah perhitungannya:

$F/\text{beam} = 3.646.335 \text{ N} / 51 = 71.496,76 \text{ Newton}$ , dibagi 51 karena terdapat 51 profil H yang dipasang melintang sebagai beam. Dari gambar dapat dihitung momen bendingnya, besar momen yang terjadi adalah:

$$M_b = F/\text{beam} \times l$$

$$M_b = 71.496,76 \text{ N} \times 3 \text{ m}$$

$$M_b = 214.490,28 \text{ Nm}$$

Setelah itu dapat dihitung momen tahanan bendingnya dengan melihat gambar penampang profil H, momen inersia profil H 20x20cm adalah  $0,0000498382 \text{ m}^4$ . Besar tegangan bending dapat dihitung yaitu sebesar  $129.211.233,4 \text{ N/m}^2$ .

Jika disesuaikan dengan tegangan ijin bahan yang menggunakan tingkat faktor keamanan sebesar 2 karena bahan telah diketahui dan beban dapat ditentukan, maka dapat dibandingkan dengan tegangan ijin bahan. Dari data yang dikumpulkan, didapatkan bahwa material yang digunakan adalah baja Ni 3.5%, C 0.4% yang mana memiliki tegangan luluh bahan sebesar 620 MPa. Kelayakan material akan ditentukan dengan syarat:

$$\sigma_{\text{bending}} \leq \sigma_{\text{ijin}}$$

$$129.211.233,4 \text{ N/m}^2 \leq \frac{620.000.000 \text{ N/m}^2}{2}$$

$$129.211.233,4 \text{ N/m}^2 \leq 310.000.000 \text{ N/m}^2$$

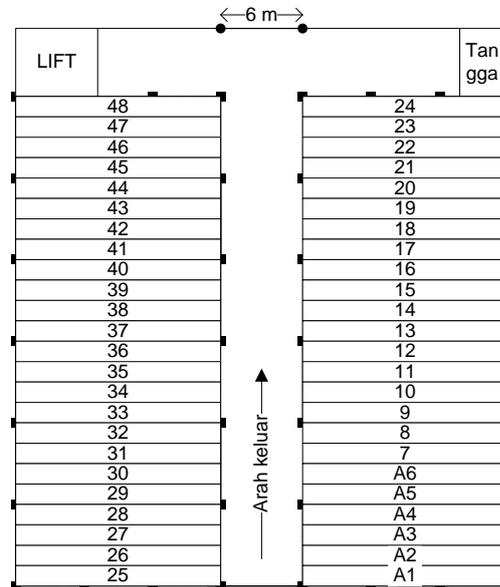
Dari perbandingan diatas, dapat dilihat bahwa bahan yang digunakan layak dan mampu untuk menerima beban yang besarnya  $3.646.335 \text{ N}$  dan tidak terjadi defleksi karena tegangan bending yang terjadi lebih kecil daripada tegangan ijin bahan.

Untuk rancangan ini, dapat dihitung biaya total investasi yang harus dikeluarkan untuk pembuatan rak yaitu dengan menjumlahkan biaya total profil H, biaya total steel plate, biaya total kerja borongan, biaya investasi lift barang, biaya tangga, dan biaya railing yaitu:

Total Biaya = Rp 236.555.000 + Rp 254.250.000 + Rp 36.000.000 + Rp 40.000.000 + Rp 3.000.000 + Rp 12.750.000 = Rp 582.555.000. Jadi total biaya investasi yang harus dikeluarkan adalah sebesar Rp 582.555.000,00

Gambar 3 menunjukkan *layout* gudang A lantai 1 setelah menggunakan rak, ada ada tambahan lift dan tangga untuk naik dan turun ke lantai 1 dan 2. Lot penyimpanan yang semula 56 lot menjadi 48 lot karena digunakan untuk tempat tangga dan lift. Layout gudang pada lantai tambahan terdapat 45 lot tambahan, sehingga total lot pada gudang A adalah 93 lot. Sebelum ada tambahan rak gudang A hanya dapat menampung 56 lot, sehingga ada

kenaikan kapasitas sebesar 37 lot atau 66,07%. Pada gudang B lantai 1 setelah menggunakan rak, ada tambahan lift dan tangga untuk naik dan turun ke lantai 1 dan 2. Lot penyimpanan yang semula 95 lot menjadi 89 lot karena digunakan untuk tempat tangga dan lift. Pada lantai tambahan, ada 96 lot tambahan, sehingga total lot pada gudang A adalah 185 lot. Sebelum ada tambahan rak gudang A hanya dapat menampung 95 lot, sehingga ada kenaikan kapasitas sebesar 90 lot atau 94,7%.



Gambar 3. Layout Gudang A dengan Rak Lantai 1

## 5. Kesimpulan

Jarak pada *layout* awal lebih besar daripada *layout* usulan. Hal ini dikarenakan pada *layout* awal produk diletakkan sembarangan tanpa melihat kelompok barang serta tidak ada pengelompokan barang *fast moving*, *medium moving*, dan *slow moving*. Sedangkan pada *layout* usulan barang telah dikelompokkan sehingga barang yang memiliki frekuensi keluar dan masuk tinggi diletakkan lebih dekat dengan pintu keluar dan masuk gudang. Jarak perpindahan untuk *layout* awal sebesar 488.997 meter sedangkan untuk *layout* usulan sebesar 346.763,8 meter, sehingga terjadi penghematan jarak sebesar 142.233,2 meter selama 6 bulan simulasi. Untuk perhitungan *material handling cost layout* awal biaya yang timbul sebesar Rp 1.173.592,8 sedangkan untuk *layout* usulan biaya yang timbul sebesar Rp 832.233,12. Jika dibandingkan dengan awalan yaitu Rp 1.173.592,8 ada penghematan biaya sebesar Rp 341.359,68.

Perancangan rak *mezzanine* berguna untuk meningkatkan kapasitas simpan gudang dengan memanfaatkan ketinggian gudang yang tidak terpakai. Perancangan rak sudah memenuhi syarat kekuatan rak. Untuk gudang A kapasitas gudang naik 66,07% dari 56 lot menjadi 93 lot. Sedangkan untuk kapasitas gudang B naik sebesar 94,7%, yang semula berkapasitas 95 lot menjadi 185 lot.

## 6. Daftar rujukan

- [1] Heragu, Sunderesh, 2008, *Facilities Design*, Pws Publishing Company, 20 Park Plaza, Boston



- [2] Apple, James M., 1990, *Tata Letak Pabrik dan Pemandahan Bahan*, Edisi Bahasa Indonesia, ITB, Bandung.
- [3] Hapsari, I., Arlianto, Jerry A., Sutanto, A., 2011, Perbaikan Tata Letak Gudang Mesin Fotokopi Rekondisi di CV. NEC, Surabaya, *Prosiding Seminar Nasional Industrial Services*, Universitas Sultan Agung Tirtayasa.