

Peningkatan Produktivitas Kerja Operator melalui Perbaikan Alat *Material Handling* dengan Pendekatan Ergonomi

Taufiq Rochman, Rahmanyah Dwi Astuti dan Rahardian Patriansyah

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret Surakarta

Abstract

The method is being used in anthropometry approach. Anthropometry approach is needed to determine material handling appliance dimension. This research also assess productivity from material handling appliance, use result from material handling simulation model. Simulation model meant as information from material handling condition after conducted redesigning. The result of this research indicate that redesigning material handling appliance assist by using anthropometry approach can reduce processing time become 48,873.6 second. Besides that also make improvement a productivity index value, that is for the index of material productivity occurred improvement equal to 22% and time productivity index occurred improvement equal to 38%.

Keyword: *handlifter, material handling, metallizing, productivity, processing time, anthropometry.*

1. Pendahuluan

Alat *material handling* bagian produksi PT. Tomoko Daya Perkasa lebih banyak menggunakan *handlifter*, hal ini terlihat pada frekuensi pemakaian alat *material handling* yang paling tinggi untuk *handlifter* yaitu sebanyak 224 kali dalam sehari. Penggunaan *handlifter* mulai dari material dibawa untuk digulung di mesin *rewinding* sampai disimpan di gudang barang jadi memiliki jarak tempuh sejauh 72 m. *Handlifter* ini berfungsi memindahkan barang yang berupa gulungan atau *coil* dari satu lokasi ke lokasi lainnya di bagian produksi, dengan cara meletakkan material yang dipindahkan ke atas bagian penampung sesuai dengan posisi yang pas. Letak utama dari permasalahan *material handling*, berawal dari pengambilan material yang kurang lancar di lantai dan di mesin *rewinding-slitting*. Hal ini dikarenakan *handlifter* tidak bisa melakukan pengambilan material yang berbentuk *coil* pada lokasi di lantai dan di mesin *rewinding* secara langsung. Karena kurang lancarnya pengambilan, maka untuk melakukan pengambilan material menggunakan *handlifter* dibutuhkan waktu 65 detik. Waktu *material handling* yang cukup lama ini disebabkan saat melakukan pengambilan material diperlukan pemindahan material ke alat bantu terlebih dahulu, kemudian material dipindahkan ke *handlifter*. Masalah lainnya pada saat melakukan pengambilan material yaitu di mesin *rewinding*, operator harus menggunakan alat bantu. Pada pengambilan material di lantai juga terdapat kendala tambahan, selain harus menggunakan alat bantu, operator tersebut juga harus mendorong material ke bagian *lifter* pada alat *material handling* melalui landasan. Masalah ini merupakan akibat ketidaksesuaian dari alat *material handling* untuk pengambilan material berbentuk *coil*. Diperlukannya proses-proses tersebut menambah jumlah proses operasi dan waktu *material handling* yang dibutuhkan. Sehingga waktu *material handling* saat memindahkan material menjadi lambat dan dapat mengakibatkan rendahnya produktivitas kerja.

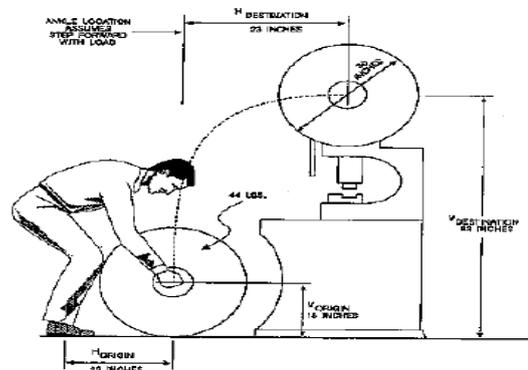
Bertitik tolak dari adanya permasalahan tersebut diharapkan alat *material handling* yang dirancang mampu mengakomodasi bentuk material yang diangkut, dengan demikian dapat mempermudah proses *material handling* dan juga mengurangi waktu pemindahan material yang dilakukan dengan alat yang *material handling* sebelumnya. Waktu untuk pemindahan material dapat lebih singkat karena berkurangnya proses operasi yang dibutuhkan, berkurangnya proses operasi menyebabkan proses *material handling* menjadi lebih efektif dan meningkatkan produktivitas.

a. Pengertian *Material Handling*

Material handling menurut *Material Handling Industry of America* didefinisikan sebagai pergerakan (*movement*), penyimpanan (*storage*), perlindungan (*protection*), pengendalian (*control*) material diseluruh proses manufaktur dan distribusi termasuk penggunaan dan pembuangannya. Menurut *material handling handbook* didefinisikan sebagai penyediaan material dalam jumlah yang tepat, kondisi yang tepat, pada posisi yang tepat, diwaktu yang tepat, pada tempat yang tepat untuk mendapatkan ongkos yang efisien. Material adalah seluruh bahan yang dibutuhkan dalam suatu proses produksi meliputi material curah, material unit, aliran informasi dan kertas kerja.

Salah satu masalah penting dalam produksi ditinjau dari segi kegiatan atau proses produksi adalah Bergeraknya material dari satu tingkat ke tingkat proses produksi berikutnya. Memungkinkan proses produksi dapat berjalan dibutuhkan adanya kegiatan pemindahan material yang disebut dengan *material handling*.

Material handling mempunyai arti penanganan material dalam jumlah yang tepat dari material yang sesuai dalam waktu yang baik pada tempat yang cocok, pada waktu yang tepat dalam posisi yang benar, dalam urutan yang sesuai dan biaya yang murah dengan menggunakan metode yang benar.



Gambar 1. Penanganan *material handling* secara manual

Sumber: www.osha.gov, 2006

Tujuan utama dari perencanaan *material handling* adalah untuk mengurangi biaya produksi. Selain itu, *material handling* sangat berpengaruh terhadap operasi dan perancangan fasilitas yang diimplementasikan. Tulang punggung sistem *material handling* adalah peralatan *material handling*. Sebagian besar peralatan yang ada mempunyai karakteristik dan harga yang berbeda. Semua peralatan *material handling* diklasifikasikan ke dalam beberapa tipe diantaranya *trucks*, *conveyors*, *cranes* dan *hoists*

Truk yang digerakkan oleh tangan atau mesin dapat memindahkan muatan material dengan berbagai macam jalur yang ada. Termasuk dalam kelompok truk antara lain *forklift trucks*, *hand trucks*, *forktruck*, *trailer trains*, dan *Automated Guided Vehicles (AGVs)*. *Conveyors* digunakan untuk memindahkan material secara kontinu dengan jalur yang tetap. *cranes* (derek) dan *hoists* (kerek) adalah peralatan *material handling* yang digunakan untuk memindahkan beban secara terputus-putus dengan area terbatas.

b. Perancangan Sistem *Material Handling*

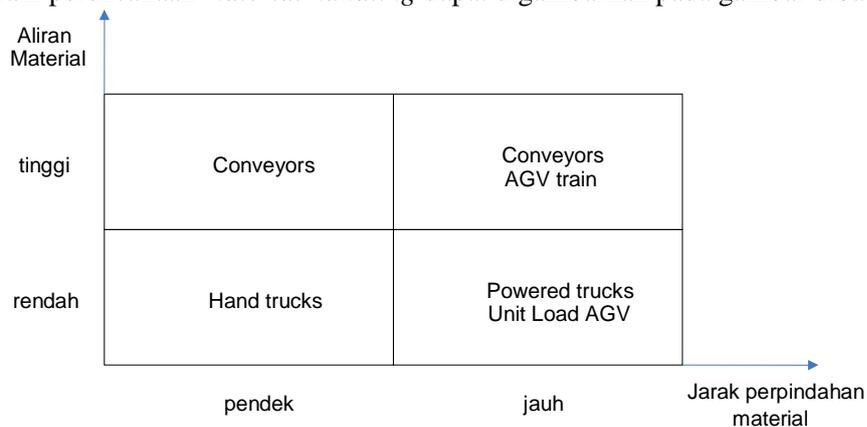
Sistem *material handling* pada dasarnya dilakukan guna meningkatkan efisiensi perpindahan material dari satu departemen ke departemen lainnya. Efisiensi dapat terwujud jika proses perpindahan material tersebut menggunakan sistem dan peralatan yang sesuai. Pertimbangan yang harus dilakukan antara lain meliputi: karakteristik material, tingkat aliran material, tipe tata letak pabrik.

Penggunaan alat pemindah material yang kurang sesuai dengan material yang ditangani dapat meningkatkan biaya, dan semua hal tersebut harus dihindari. Karakteristik dari suatu material atau barang dalam suatu pabrik mutlak untuk diketahui terlebih dahulu. Karakteristik material antara lain dapat dikategorikan berdasarkan , sifat fisik, ukuran, berat, bentuk, kondisi, resiko keamanan.

Tabel 1. Karakteristik dari metode *material handling*

<i>Characteristic</i>	<i>Type</i>		
	<i>Manual</i>	<i>Mechanized</i>	<i>Automated</i>
<i>Weight</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>
<i>Volume</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>
<i>Speed</i>	<i>Low</i>	<i>Medium</i>	<i>High</i>
<i>Frequency</i>	<i>Low</i>	<i>Medium</i>	<i>High</i>
<i>Capacity</i>	<i>Low</i>	<i>Medium</i>	<i>High</i>
<i>Flexybility</i>	<i>Low</i>	<i>Medium</i>	<i>Low</i>
<i>Acquisition Cost</i>	<i>Low</i>	<i>Medium</i>	<i>High</i>
<i>Operating Cost</i>	<i>High</i>	<i>Medium</i>	<i>Low</i>

Pertimbangan lain yang harus dilakukan dalam perencanaan sistem *material handling* adalah aliran material atau barang. Dua hal utama dalam aliran material adalah menyangkut kuantitas atau jumlah material yang dipindahkan dan jarak perpindahan material tersebut. Perencanaan sistem dan peralatan *material handling* harus memperhatikan kedua aspek ini. Jumlah aliran yang rendah dan jarak perpindahan yang relatif pendek, tidak perlu digunakan *conveyors*, cukup dengan sistem manual atau peralatan seperti *hand trucks*. Sedang jika jarak sedikit lebih jauh dengan aliran material rendah, dapat digunakan peralatan *automated guided vehicles (AGVs)*. Berbeda halnya dengan aliran material sangat tinggi maka perlu sekali dipertimbangkan penggunaan peralatan material berupa *conveyors*. Selain *conveyors* bisa juga menggunakan *AGV train* jika jarak perpindahan material sedikit jauh. Pertimbangan aliran material dalam perencanaan *material handling* dapat digambarkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Pertimbangan aliran material

Tipe tata letak merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan *material handling*. Untuk tipe *fixed position layout* dengan karakter produk berukuran sangat besar dengan tingkat produksi rendah, perpindahan material dilakukan dengan bantuan peralatan seperti *crane*, *hoists*, dan *trucks*. Tipe *process layout* dengan karakter produk bervariasi dan tingkat produksi yang relatif rendah atau sedang, maka peralatan seperti *handtruck*, *forklift*, *truck*, dan *AGV's* dapat digunakan sebagai peralatan pemindah material atau barang. Sedangkan untuk tipe *product layout* digunakan *conveyors* untuk menangani aliran produk dengan tingkat produksi tinggi. Proses perpindahan komponen dapat juga digunakan *trucks*.

c. Data Ergonomi

Pada pengolahan data antropometri ini yang digunakan adalah data antropometri hasil pengukuran dimensi tubuh manusia yang berkaitan dengan dimensi dari *handlifter*. Adapun langkah-langkah dalam penentuan data antropometri meliputi uji keseragaman data, uji kecukupan data, uji kenormalan data dan perhitungan persentil.

Mengetahui seragam tidaknya data diperlukan alat untuk mendeteksinya, yaitu batas-batas kendali yang dibentuk dari data tersebut. Batas-batas kendali tersebut adalah batas kendali atas dan batas kendali bawah. Sedangkan salah satu atau lebih data berada diluar batas kendali berarti data tidak seragam.

Uji kecukupan data digunakan untuk menghitung banyaknya data yang diperlukan. Tujuannya adalah mengetahui apakah data yang digunakan sebagai dasar analisis sudah mewakili, sehingga hasilnya dapat dipercaya atau *valid*. Apabila hasil perhitungan menunjukkan $N^1 < N$ maka jumlah sampel data yang diambil telah cukup dan telah mewakili populasi yang diamati. Dihitung dengan rumus:

$$N^1 = \left[\frac{k / s \sqrt{N \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2}}{\sum Xi} \right]^2 \quad (1)$$

Untuk mengetahui apakah data yang telah dikumpulkan termasuk dalam jenis distribusi normal, dilakukan perhitungan dengan menghitung nilai chi-kuadrat, Jika harga χ^2 teramati lebih kecil dari harga, maka data yang diperoleh menunjukkan kesesuaian yang baik dengan distribusi normal. Kriteria keputusan yang diuraikan di sini hendaknya tidak digunakan bila ada frekuensi harapan kurang dari 5. Persyaratan ini mengakibatkan adanya penggabungan kelas-kelas yang berdekatan, sehingga mengakibatkan berkurangnya derajat bebas. Rumus chi-kuadrat, yaitu:

$$\chi^2 = \sum \frac{(fo - ft)^2}{ft} \quad (2)$$

dengan:

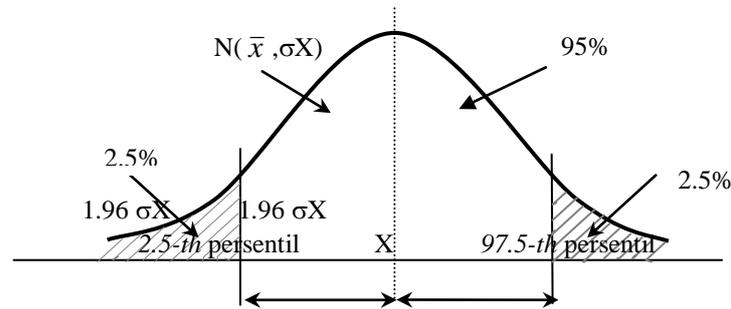
χ^2 = nilai chi-kuadrat

ft = frekuensi pengamatan

fo = frekuensi harapan

Persentil adalah suatu nilai yang menunjukkan presentase tertentu dari orang yang memiliki ukuran pada atau di bawah nilai tersebut (Wignjosoebroto, 1995). Pada data antropometri dinyatakan dalam persentil, populasi yang ada dibagi untuk kepentingan studi menjadi seratus kategori persentase yang diurutkan dari nilai yang terkecil sampai yang terbesar untuk satu ukuran tubuh tertentu. Permasalahan adanya variasi ukuran sebenarnya akan lebih mudah di atasi bilamana mampu merancang produk yang memiliki fleksibilitas dan sifat

“mampu suai” dengan suatu rentang ukuran tertentu (Wignjosoebroto, 1995). Penerapan distribusi normal dalam penetapan data antropometri untuk perancangan alat bantu ataupun stasiun kerja seperti terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar 3. Distribusi normal dengan data antropometri persentil ke-95
 Sumber: Wignjosoebroto, 1995

Persentil merupakan suatu nilai yang menunjukkan persentase tertentu dari orang yang memiliki ukuran pada atau dibawah nilai tersebut. Seperti persentil ke-95 menunjukkan 95% populasi berada pada atau dibawah ukuran tersebut. Menghitung nilai persentil digunakan formulasi seperti terlihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Persentil dan cara perhitungan dalam distribusi normal

Persentil	Perhitungan	Persentil	Perhitungan
Ke-1	$\bar{x} - 2.325\sigma_x$	Ke-90	$\bar{x} + 1.280 \sigma_x$
Ke-2.5	$\bar{x} - 1.960\sigma_x$	Ke-95	$\bar{x} + 1.645\sigma_x$
Ke-5	$\bar{x} - 1.645\sigma_x$	Ke-97.5	$\bar{x} + 1.960\sigma_x$
Ke-10	$\bar{x} - 1.280\sigma_x$	Ke-99	$\bar{x} + 2.325\sigma_x$
Ke-50	\bar{x}		

Sumber: Wignjosoebroto, 2000

d. Produktivitas

Produktivitas adalah hasil bagi yang diperoleh dengan membagi output dengan salah satu faktor produksi, yaitu modal, investasi, dan bahan mentah OEEC (1950). Summanth menyatakan bahwa total produktivitas adalah perbandingan output *tangible* dengan input *tangible*. Summanth menekankan output dan input *tangible* yang menjadi faktor untuk dapat mengukur produktivitas padahal kenyataannya tidak selalu output dan input dapat berbentuk *tangible*. Berdasarkan definisi-definisi di atas, produktivitas tidak sama dengan produksi, tetapi produksi, performansi kualitas, hasil-hasil, merupakan komponen dari produktivitas. Dengan demikian, peningkatan produktivitas tidak selalu dihasilkan oleh peningkatan jumlah produksi karena walaupun jumlah produksi meningkat belum tentu akan menghasilkan produktivitas yang tinggi pula. Produktivitas merupakan suatu kombinasi dari efektivitas dan efisiensi, sehingga produktivitas dapat diukur berdasarkan pengukuran berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas} &= \frac{\text{Output yang dihasilkan}}{\text{Input yang dipergunakan}} = \frac{\text{Pencapaian tujuan}}{\text{Penggunaan sumber daya}} \\
 &= \frac{\text{Efektivitas pelaksanaan tugas}}{\text{Efisiensi penggunaan sumber daya}} \\
 &= \frac{\text{Efektivita}}{\text{Efisiensi}}
 \end{aligned}$$

Pada dasarnya angka indeks merupakan suatu besaran yang menunjukkan variasi perubahan dalam waktu atau ruang mengenai suatu hal tertentu. Penggunaan angka indeks yang telah umum dipergunakan untuk mengukur perubahan harga atau perubahan produksi sepanjang waktu tertentu, yaitu: Magdoff (1939) mendefinisikan dua pengukuran untuk industri sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Productivity index} &= \frac{1}{\text{Unit labor requirements index}} \\ &= \frac{\text{production index}}{\text{relatives of total man-hours}}, \end{aligned}$$

Marvin E Mundel (1978) memperkenalkan penggunaan angka indeks produktivitas pada tingkat perusahaan berdasarkan dua bentuk pengukuran:

$$\text{IP} = \{(\text{AOMP atau RIMP}) / (\text{AOBP atau RIBP})\} \quad (3)$$

$$\text{IP} = \{(\text{AOMP atau AOBP}) / (\text{RIMP atau RIBP})\} \quad (4)$$

Kendrick dan Creamer (1965) memperkenalkan indeks produktivitas pada tingkat perusahaan. Mereka mengindikasikan pada dasarnya terdapat tiga jenis yaitu produktivitas total, faktor total produktivitas, dan produktivitas parsial. Indeks produktivitas total untuk periode tertentu:

$$\frac{\text{measured} - \text{period output in base period}}{\text{measured} - \text{period input in base period}}$$

2. Metodologi Penelitian

Alat yang dirancang diharapkan agar sesuai dan nyaman untuk digunakan oleh operator. Oleh karena itu maka alat yang dirancang ulang ini mempertimbangkan dari antropometri operator. Agar alat yang dirancang dapat memenuhi aspek ergonomis maka dilakukan langkah, yaitu: pertama penentuan ukuran dari perancangan ditentukan berdasarkan hasil dari perhitungan terhadap data antropometri yang kemudian diterjemahkan kedalam ukuran-ukuran pada alat seperti tinggi alat yang dapat menggunakan antropometri tinggi badan tegak, lebar dari *handle* yang dapat menggunakan antropometri lebar bahu, dan lain-lain. Penentuan ukuran yang tidak begitu kritis dapat menggunakan persentil ke-95 agar dapat diaplikasikan untuk 95% dari populasi, sedangkan penentuan ukuran yang cukup kritis seperti diameter *handle* dapat dipergunakan persentil ke-5 sehingga dapat diaplikasikan untuk 5% dari populasi.

Kedua, perhitungan data produktivitas akhir ini pada dasarnya tidak berbeda jauh dengan perhitungan data produktivitas awal, hanya bedanya variabel output yang akan digunakan berasal dari output simulasi. Produktivitas yang diukur adalah sebagai berikut. Produktivitas material pada perhitungan ini merupakan hasil bagi antara variabel output material hasil dari simulasi dengan variabel input material, dimana variabel input material ini berasal dari sebelum adanya perbaikan. Variabel inputnya tidak berubah karena dari memang tidak ada perubahan input dan juga dari hasil model simulasi hanya terdapat output. Produktivitas waktu yang dihitung pada perhitungan ini adalah hasil bagi antara variabel waktu sebelum adanya *improvement* dengan waktu yang terpakai untuk *material handling*.

3. Hasil dan Pembahasan

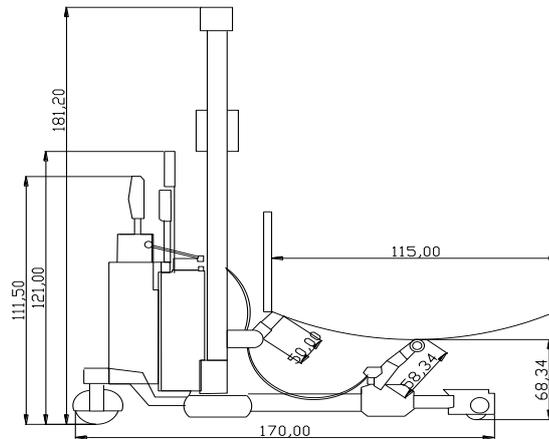
a. Perancangan Alat *Material Handling* terhadap Operator

Perancangan alat *material handling* terhadap operator didasarkan pada antropometri operator. Pada data tabel dibawah ini merupakan data antropometri tubuh operator *material handling* dari operator dan pembantu operator *material handling* yang mengoperasikan peralatan *material handling*.

Tabel 3. Data antropometri operator *material handling*

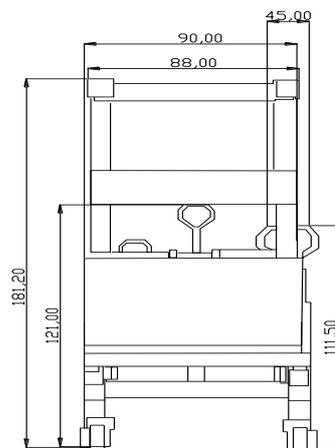
Operator Data	1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	5 (cm)	6 (cm)
Tinggi badan tegak	150	164	162	179	161	165
Tinggi siku berdiri	96	108	101	116	110	102
Tinggi pinggang berdiri	85	102	90	102	91	98
Lebar bahu	33	38	42	38	37	39
Pangkal telapak tangan ke pangkal jari	11,5	9,5	10	8	9,5	9

Data hasil pengukuran dan perhitungan antropometri dipergunakan untuk menjadi dasar ukuran perancangan ulang alat *material handling*. Pada gambar dibawah diperlihatkan model rancangan dalam bentuk 2 dimensi disertai dengan keterangan ukuran.



Gambar 4. Rancangan tampak samping

Pada gambar di atas diperlihatkan rancangan alat *material handling* tampak samping beserta dimensi yang terkait. Sedangkan mengenai dimensi lain yang tidak tertera di tampak atas dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Rancangan alat *material handling* yang dirancang memiliki beberapa komponen yang kemudian dipisah perbagian. Pemisahan ini disebut sebagai dekomposisi alat.



Gambar 5. Rancangan tampak depan

Pada gambar dibawah ini diperlihatkan ilustrasi dari penerapan alat *material handling* di perusahaan.



Gambar 6. (a) posisi akan mengambil material dari mesin
(b) posisi melakukan pengambilan material dari mesin

b. Pengukuran Produktivitas

Perusahaan dapat memproses barang atau material untuk diproduksi yaitu dengan kapasitas rata-rata sekitar 8.050.033 m² perbulan seperti yang ditunjukkan lebih detail dalam tabel dibawah ini. Input (*raw material*) yang dikirim oleh *supplier* ke perusahaan jumlahnya lebih besar 5% dari output yang dihasilkan, sebagai upaya mengantisipasi kekurangan material apabila dalam produksi terjadi kesalahan yang mengakibatkan pengurangan material.

Input (*raw material*) yang dikirim oleh *supplier* ke perusahaan jumlahnya lebih besar 5% dari output yang dihasilkan, sebagai upaya mengantisipasi kekurangan material apabila dalam produksi terjadi kesalahan yang mengakibatkan pengurangan material.

$$\begin{aligned} \frac{\text{Input}}{\text{bulan}} & 5\% > \text{output} = 8.050.033 + (5\% \times 8.050.033) \\ & = 8.050.033 + 4.025.016,7 \\ & = 12.075.050 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Output pertahun} & = 96.600.400 \text{ m}^2 \\ \text{Output rata-rata perbulan} & = 8.050.033 \text{ m}^2 \\ \text{Output rata-rata perhari} & = 268.334,43 \text{ m}^2 \\ \text{Output (roll)} & = \frac{268.334,43}{6000} \\ & = 44 \text{ roll} \end{aligned}$$

Perhitungan output perjam tenaga kerja yaitu berdasarkan rumus, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{\text{Output}}{\text{jam tenaga kerja}} & = \frac{\text{production index}}{\text{relatives of total man - hours}} \\ & = \frac{Q}{L} = \frac{8.050.033}{30 \times 24} \\ & = 11180,60 \text{ m}^2/\text{hari} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan didapat output produksi waktu perhari sebesar 11180,6 m², pada hasil ini diasumsikan proses produksi berjalan terus (*non-stop*) dalam 30 hari sebulan dan 24 jam sehari, dimana perhari terdapat 3 *shift* kerja. Perhitungan tersebut merupakan output dari sebelum adanya perbaikan berupa perancangan alat *material handling*.

$$\text{Indeks produktivitas} = \frac{\text{output (gross or net) in base - period}}{\text{purchased inteermediate product in base - period}}$$

$$= \frac{8.050.033}{12.075.050}$$

$$= 0,67$$

Terlihat pada tabel dibawah bahwa waktu sesungguhnya membutuhkan waktu sekitar 30037 detik. Sedangkan waktu terpakai yaitu waktu yang dipakai oleh operator *material handling* untuk proses *material handling* dengan terjadi proses perulangan kerja pada lokasi yang sama dan disertai bermacam kelonggaran yang sama dengan waktu sesungguhnya. Seperti di tabel di atas terlihat perbedaan mencolok, terutama pada lokasi gudang sementara dan mesin *rewinding-slitting* dimana dibutuhkan frekuensi jauh lebih banyak daripada frekuensi di tabel dibawah ini.

Tabel 4. Waktu terpakai proses *material handling*

Dari	Ke	Alat <i>Material Handling</i>	Frekuensi perhari	Waktu (detik)	Waktu Total (detik)
Gudang bahan baku	Mesin <i>slitting</i>	<i>Handlifter</i>	7	415	2905
Mesin <i>slitting</i>	Gudang sementara	<i>Handlifter</i>	15	407	6105
Gudang sementara	Mesin <i>metallizing</i>	<i>Handlifter</i>	16	597	9552
Mesin <i>metallizing</i>	Gudang sementara	<i>Handlifter</i>	15	604	9060
Gudang sementara	Mesin <i>rewinding/slitting</i>	<i>Handlifter</i>	31	615	19065
Mesin <i>rewinding/slitting</i>	Gudang barang jadi	<i>Handlifter</i>	7	423	2961
Total:			91	3061	49648

$$\text{Indeks produktivitas} = \frac{\text{waktu total sesungguhnya}}{\text{waktu total terpakai}}$$

$$= \frac{30.037}{49.648}$$

$$= 0,605$$

Berdasarkan perhitungan produktivitas di atas maka didapatkan hasil 0,605 untuk indeks produktivitas waktu sebelum perbaikan. Berdasarkan hasil dari simulasi model dengan menggunakan *software Promodel 6.0* maka didapatkan hasil sejumlah 60 *roll* karena dalam simulasi hanya dihitung dalam satuan, setelah dikonversikan ke dalam ukuran meter maka didapatkan hasil 360.000 m² yang kemudian untuk hasil lebih lengkapnya dari simulasikan.

$$\text{Indeks produktivitas} = \frac{\text{output (gross or net) in base - period}}{\text{purchased intermediate product in base - period}}$$

$$= \frac{10.800.000}{12.075.050}$$

$$= 0,89$$

Berdasarkan hasil dari simulasi model dengan menggunakan *software Promodel 6.0* maka didapatkan hasil waktu output *promodel* yaitu waktu rata rata dalam sistem sebesar 814,56 menit, maka didapat waktu total sebesar 48.873,6 detik.

Tabel 5. Perbandingan produktivitas antar sistem *material handling*

	Sistem Lama	Sistem Baru
Output produksi	8.050.033 m ²	10.800.000 m ²
Indeks produktivitas material	0,67	0,89
Indeks produktivitas waktu	0,60	0,98
Total indeks produktivitas	1,27	1,89

Berdasarkan tabel di atas mengenai perbandingan produktivitas sistem *material handling* lama dengan yang baru maka terdapat perubahan indeks produktivitas, yaitu: $IP_{\text{Material}} = 22\%$, $IP_{\text{waktu}} = 38\%$, dan $IP_{\text{total}} = 62\%$. Selisih produktivitas sistem lama dengan yang baru dapat disimpulkan bahwa dengan perancangan alat *material handling* yang baru terdapat peningkatan indeks produktivitas material sebesar 22%, indeks produktivitas waktu sebesar 38%, dan indeks produktivitas total sebesar 62%.

Tabel 6. Rekapitulasi indeks produktivitas sebelum dan sesudah perancangan

Jenis Indeks	Sistem Lama	Sistem Baru
Indeks produktivitas material	0,67	0,89
Indeks produktivitas waktu	0,60	0,98
Total indeks produktivitas	1,27	1,89

4. Kesimpulan

Hasil dari output material dan output waktu sebelum perancangan masing-masing 44 roll dan 49.648 detik. Setelah dilakukan simulasi model *material handling* dari rancangan alat bantu *material handling* didapatkan peningkatan jumlah output material dan output waktu, masing-masing sebesar 60 roll dan 48.873,6 detik. Pada output material terjadi peningkatan sebesar 58% dan untuk output waktu proses terjadi peningkatan 38%. Nilai indeks yang dihasilkan setelah dilakukan simulasi model *material handling* dari rancangan alat bantu *material handling* untuk produktivitas material meningkat 0,22 (22%) dari nilai semula 0,67 menjadi 0,89 dan untuk produktivitas waktu meningkat sebesar 0,38 (38%) dari nilai semula 0,60 menjadi 0,98.

Daftar Pustaka

- Mali, P. (1978), *Improving Total Productivity: MBO Strategies for Business Government and Non Profit Organization*, New York : John Wiley & Sons.
- Nurmianto, E. (1996), *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya*, Surabaya: Guna Widya.
- Promodel Corporation. (1996), *User's guide of ProModel Version 3.0, Manufacturing Simulation Software*, Promodel Corporation.
- Panero, J. dan Zelnik, M. (2003), *Dimensi Manusia dan Ruang Interior*, Jakarta: Erlangga.
- Summanth, D. J. (1984), *Productivity Engineering And Measurement*, New York: Mc Graw Hill.
- Thompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A., Edward, F.H., Tanchoco, J.M.A., Trevino, J. (1996), *Facilities Planning*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Wignjosobroto, S. (1995), *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*, Surabaya: Guna Widya.