

PERANCANGAN PRODUK RASIONAL *MATERIAL HANDLING EQUIPMENT* PADA PROSES *MANUAL PALLETING* GALON AIR MINERAL UNTUK MENGURANGI BEBAN KERJA OPERATOR

RATIONAL PRODUCT DESIGN OF MATERIAL HANDLING EQUIPMENT IN MINERAL WATER MANUAL PALLETING PROCESS TO REDUCE OPERATOR WORK LOAD

¹Reza Muhammad Zein, ²Rino Andias Nugraha, ³Muhammad Iqbal
¹²³Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom
¹reza.m.zein@hotmail.com, ²rinoandias@telkomuniversity.ac.id,
³muhiqbal@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Karakuri merupakan salah satu jenis penanganan material dengan memanfaatkan gaya mekanik alami untuk melakukan pemindahan material. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perancangan *material handling equipment* khususnya *karakuri* untuk memperbaiki metode kerja pada proses *palleting* galon air mineral pada area penyimpanan barang jadi. Operasi pemindahan tersebut masih dilakukan secara manual. Penelitian ini dilakukan pada salah satu perusahaan AMDK di Jawa Barat. Metode yang digunakan untuk merancang *material handling equipment* ini adalah metode perancangan produk rasional Nigel Cross. Metode ini memiliki beberapa tahapan perancangan, diantaranya klarifikasi tujuan, menetapkan fungsi, menyusun kebutuhan, menentukan karakteristik, memunculkan alternatif, evaluasi alternatif, dan menambahkan detail. Tahapan perancangan ini bertujuan untuk menemukan konsep terbaik dari beberapa alternatif konsep yang dimunculkan.

Kata Kunci : *Material Handling Equipment, Karakuri, pemilihan konsep, perancangan produk rasional Nigel Cross*

Abstract

Karakuri is type of material handling by utilizing natural engineering principle to transfer material. The purpose of this study is how to design material handling equipment, especially *karakuri*, to improve working methods in the *palleting* process of mineral water gallon. The *palleting* operation is still done manually. This research was conducted at one of mineral water company at West Java. The method used to design the material handling equipment is Nigel Cross rational product design method. This method has several design steps, including clarifying objective, establishing function, setting requirements, determining characteristics, generating alternatives, evaluating alternatives, and improving detail. This design stage aims to find the best concepts of some generated alternative concepts.

Keywords : *Material Handling Equipment, Karakuri, Palleting, Mineral Water Gallon, Nigel & Cross rational product design*

1. Pendahuluan

Karakuri pertama diperkenalkan oleh *Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM)* pada tahun 1993 di Tokyo dan Nagoya. menjadi salah satu teknologi dan solusi untuk mengatasi masalah pada *Lean Management*. *karakuri kaizen* juga di implementasikan sebagai solusi dalam TPS (*Toyota Production System*). *Karakuri kaizen* merupakan metode untuk melakukan penanganan material yang mengandalkan gravitasi, utilisasi tuas, dan bungkusan serta memanfaatkan kelembaman untuk memindahkan dan mentransfer barang. Konsep ini dapat digunakan untuk memindahkan barang dari mesin ke mesin, operator ke operator, dan dari operator ke mesin atau sebaliknya dengan cara yang rapi dan teliti [10]. Teknologi *karakuri* digunakan untuk mempermudah suatu operasi dan menambah produktivitas [10]. Tujuan dari teknologi *karakuri* adalah untuk mengotomatisasikan operasi dan dapat dianggap sebagai *low-cost automation (LCA)* [1]. Teknologi *karakuri* adalah salah satu dari beberapa *lean module technology*. yang digunakan untuk mendukung implementasi *lean manufacturing* pada sistem produksi [10]. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan teknologi *karakuri* sebagai alat bantu pada proses manual *palleting* galon air mineral.

Diketahui volume penjualan air mineral mengalami peningkatan rata-rata 12,5 persen setiap tahunnya, pada tahun 2009 volume penjualan adalah 12,8 miliar liter sedangkan pada tahun 2016 sudah mencapai 26,2 miliar liter [3]. Pada salah satu perusahaan air minum dalam kemasan di Jawa Barat, diketahui terjadi penurunan produktivitas

tiap jam nya pada satu shift produksi air mineral galon. sehingga menyebabkan utilisasi mesin hanya mampu mencapai 68% dari kapasitas optimal 90%. Salah satu penyebab penurunan produktivitas tersebut adalah proses operasi *palletting* (pemindahan air mineral galon pada *pallet*), yang masih dilakukan secara manual oleh operator.

Gerakan *manual material handling* yang dilakukan dengan beban dan posisi yang tidak ergonomis akan menyebabkan kecelakaan industri yang disebut "*Over Exertion-Lifting and Carrying*", adalah kerusakan jaringan tubuh yang disebabkan oleh beban angkat yang berlebihan [9]. Berdasarkan perhitungan *NIOSH Lifting Index* pada tabel 1, beban yang di rekomendasikan untuk pekerjaan (1) adalah 4,55 kg sedangkan untuk pekerjaan (2) adalah 4,89 kg, pada kondisi eksisting, operator mengangkat material dengan beban 19 kg. Untuk nilai *Lifting Index* pekerjaan (1) mendapat skor 4,17 dan pekerjaan (2) mendapat skor 3,88. Skor *Lifting Index* tersebut dapat diidentifikasi berdasarkan tabel dibawah ini.

Berdasarkan nilai *lifting index* yang didapatkan oleh kedua pekerjaan, Jika hasil evaluasi menunjukkan bahwa suatu pekerjaan pengangkatan mendapatkan nilai *lifting index* > 3 maka kedua pekerjaan tersebut diindikasikan beresiko. oleh karena itu untuk memperbaiki metode kerja pada operasi *palletting*, diperlukan perancangan MHE sebagai alat bantu bagi operator untuk melakukan pemindahan air mineral galon pada area penyimpanan barang jadi. Pada jurnal ini akan membahas bagaimana merancang *material handling equipment* khususnya *karakuri* dengan menggunakan metode perancangan produk rasional Nigel Cross, penelitian ini dilakukan mengingat kajian mengenai perancangan *karakuri* saat ini masih sangat terbatas. Perancangan ini bertujuan agar hasil desain akhir *material handling equipment* dapat memenuhi kebutuhan yang ingin dicapai oleh perusahaan.

2. Metodologi

2.1. Perancangan Produk Rasional Nigel Cross

Metode rasional adalah metode yang menggunakan pendekatan yang sistematis dalam setiap tahapnya [4]. Dimana hal yang ditekankan adalah memperluas pencarian untuk memperoleh hasil yang potensial sehingga perancangan produk harus dilakukan dengan rasional yang menyesuaikan dan mempertimbangkan dengan tujuan-tujuan awal perancangan produk [5]. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh konsep terbaik yang dapat memenuhi yang dapat memenuhi kebutuhan *customer* melalui beberapa tahapan proses perancangan yang telah dilakukan.

2.2. Tahapan Perancangan Produk Rasional Nigel Cross

terdapat 7 tahapan pada metode perancangan produk rasional Nigel Cross [2] yang akan digunakan dalam perancangan *material handling equipment*. Tahap pertama adalah *Clarifying objective*, kedua *Establishing Function*, dalam tahap *Setting Requirement* disesuaikan dengan tujuan dan fungsi yang akan dirancang, lalu melakukan *determining characteristic* akan akan dibatasi oleh kriteria dari tahap sebelumnya. setelah mengetahui karakteristik teknik, akan menjadi batasan dalam pemilihan alternatif dan menentukan sub fungsi apa yang akan dipakai. Pada tahap tersebut akan muncul beberapa kombinasi konsep yang selanjutnya akan di evaluasi berdasarkan tujuan perancangan dan didapatkan hasil konsep terbaik dari keseluruhan.

3. Pengumpulan dan Pengolahan data

3.1. Operasi *Palletting* Pada Kondisi Eksisting

Untuk melakukan *proses palletting terdapat 4 operator*, 2 operator bertugas mengangkat galon air mineral dari konveyor dan 2 operator lainnya menyusun galon pada *pallet*. dari konveyor masing-masing operator melakukan proses mengangkat secara manual galon dengan rata-rata 6 galon per menit dengan waktu 7 jam kerja tiap shift nya. Proses *Palletting* dilakukan dengan cara mengangkat galon dari konveyor. lalu membungkuk untuk menyimpan galon, setelah itu galon digelindingkan pada operator lain lalu diangkat dan menyusun galon pada *pallet*, posisi dari proses ini dapat berubah-ubah tergantung dengan titik perpindahan dari konveyor kapada *pallet* yang dituju. Selain itu berat masing-masing galon adalah 19 kg. Semua dilakukan secara manual tanpa alat bantu. Berikut adalah gambaran lebih detail untuk tahapan proses *palletting* yang dilakukan oleh operator:

Gambar 1 Tahapan Proses *Palletting*

Untuk melakukan operasi *palletting* terdapat beberapa tahapan yang perlu dilakukan oleh operator, pertama operator mengangkat galon dari konveyor, setelah galon diangkat, operator akan menurunkan galon pada permukaan *pallet*, apabila operator yang bertugas untuk menyusun galon berada pada jarak yang cukup jauh maka galon akan digelindingkan menuju operator yang dituju. Selanjutnya galon akan diangkat dan disusun pada galon-galon yang telah ditumpuk diatas permukaan *pallet*.

3.2. Clarifying Objective

Pada tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi tujuan perancangan dari produk yang akan dibuat. Berikut adalah tujuan perancangan yang didapatkan dari hasil observasi dan konsultasi dengan para pakar dan ahli:

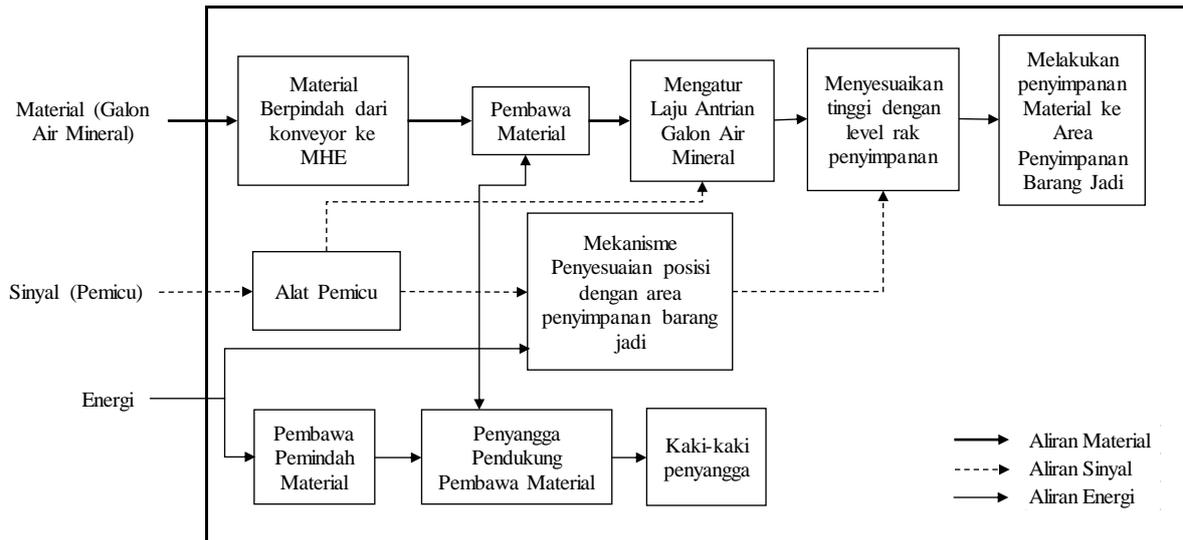
Tabel 1 Tujuan Perancangan

No	Tujuan Perancangan
1	Meningkatkan Efisiensi Pekerjaan
2	Otomatisasi Pemindahan Material
3	Dapat meningkatkan kuantitas pemindahan
4	menyesuaikan kondisi stasiun kerja
5	dapat dilakukan perbaikan berkelanjutan
6	mengurangi beban kerja operator
7	memperbaiki postur kerja operator
8	pemindahan material konstan

Selanjutnya tujuan perancangan tersebut akan dijadikan *diidentifikasi tingkat geerauntuk* untuk mengidentifikasi tujuan dan sub tujuan juga menunjukkan struktur korelasi tujuan antar kedua atribut tersebut. Objective tree dapat dilihat pada lampiran I.

3.3. Establishing Function

Pada Tahap ini adalah untuk menganalisis fungsi dari produk tersebut dan menentukan batasan fungsi agar produk tersebut berfungsi sebagaimana tujuan awal. Pada tahap ini menggunakan metode analisis fungsi dengan menggambar *Black Box* untuk ini menganalisis fungsi utama dari material handling, input dan output. Lalu terjemahkan ke dalam fungsi yang lebih spesifik pada *transparent box*



Gambar 2 *Transparent Box*

transparent box yang berisi sub-sub fungsi dari fungsi utama *material handling equipment*. Terdapat 2 fungsi penting yang perlu diperhatikan dalam perancangan *material handling equipment* ini, yaitu adalah fungsi untuk membawa material yaitu galon air mineral dan fungsi menyesuaikan ketinggian untuk melakukan penyimpanan pada area penyimpanan barang jadi.

3.4. Setting Requirement

Pada tahapan *setting requirement*, menggunakan metode *performance specification* untuk mengidentifikasi tingkat generalitas yang lebih spesifik pada tujuan perancangan. Tujuan perancangan dengan tingkat generalitas yang sesuai akan dijadikan kriteria dan parameter sebagai acuan dari proses perancangan desain [2]. *Product types* dipilih sebagai kriteria untuk menentukan parameter sebagai acuan untuk proses desain. Berikut adalah tabel *performance specification*.

Tabel 2 *Performance Specification*

Tujuan	Kriteria
1. <i>Material Handling Equipment</i> memiliki rancangan yang ergonomis untuk digunakan oleh operator (Ergonomis)	dapat digunakan operator dengan postur kerja ergonomis
	mengurangi frekuensi pengangkatan manual
2. <i>Material Handling Equipment</i> memiliki rancangan dengan fungsi utama produk dengan lebih efisien (Performansi)	Mengurangi transportasi perpindahan Galon
	Meningkatkan kuantitas pemindahan
	Pemindahan Galon isi Otomatis
3. <i>Material Handling Equipment</i> memiliki rancangan yang dapat menyesuaikan dengan kondisi pada stasiun kerja (Kesesuaian)	Kuantitas perpindahan galon isi Konstan
	Memindahkan Galon isi pada tempat penyimpanan barang jadi
4. <i>Material Handling Equipment</i> memiliki rancangan yang dapat dilakukan perbaikan dan penyesuaian secara berkelanjutan (Perbaikan Berkelanjutan)	Menyesuaikan Layout stasiun kerja <i>palletting</i>
	menggunakan komponen yang terstandarisasi

Setelah melakukan spesifikasi pada tujuan perancangan. Selanjutnya kriteria yang terpilih, dijadikan parameter terukur dan dapat menjadi batasan dalam tahapan proses perancangan yang harus dicapai.

Tabel 3 Kriteria *Setting Requirement*

Kriteria	Parameter	Batasan
Postur Kerja ergonomis	Tinggi Jalur <i>Corocon</i>	54,49 cm < Tinggi Jalur <i>Corocon</i> < 86,93 cm
Pengangkatan Manual Rendah	Jumlah Frekuensi Pengangkatan	≤ 2 Lifts /min
Mengurangi transportasi perpindahan galon isi	Jumlah proses pemindahan galon isi	< 5 kali proses pemindahan
Meningkatkan kuantitas perpindahan	Jumlah Galon yang dipindahkan	Meningkat 20%
Pemindahan Material Otomatis	Otomatis	<i>Binary</i> (ya/tidak)
Kuantitas Perpindahan Konstan	Kapasitas Rata-Rata	14 Galon / menit
memindahkan galon air mineral pada area penyimpanan barang jadi	memindahkan secara vertikal dan horizontal pada <i>gravity flow rack</i>	Bergerak vertikal dan 2 level tingkat penyimpanan
menyesuaikan layout stasiun kerja <i>palletting</i>	Jarak dari konveyor ke <i>Gravity Flow Rack</i>	120 cm
menggunakan Komponen yang terstandarisasi	menggunakan Komponen yang ada di pasaran	<i>Binary</i> (ya/tidak)

3.5. Determining Characteristic

Tahap *determining characteristic* mengidentifikasi kriteria perancangan untuk diterjemahkan menjadi karakteristik teknik. Metode yang akan digunakan adalah QFD (*Quality Function Deployment*) [2], pada metode tersebut mengidentifikasi hubungan antar tujuan perbaikan dan karakteristik teknik serta mengidentifikasi hubungan antar karakteristik teknik. Untuk QFD dapat dilihat pada lampiran II. Setelah menentukan hubungan antar atribut, selanjutnya menentukan target dari masing-masing karakteristik teknik. Target ini berupa nilai kuantitatif.

Tabel 4 Target Karakteristik Teknik

No	Karakteristik Teknik	Target	Satuan
1	Dimensi MHE	115 x 40 x 90	cm
2	Tinggi Jalur <i>Corocon</i>	84	cm
3	Perubahan Level Tinggi Material	52	cm
4	Panjang Jalur <i>Corocon</i>	65	cm
5	Lebar Jalur antar <i>Corocon</i>	22	cm
6	Kemiringan Jalur <i>Corocon</i>	3,2	derajat
7	Lebar <i>Corocon Wheel</i>	62	mm
8	Lebar <i>Corocon Frame</i>	80	mm
9	Jumlah Jalur <i>Corocon</i>	2	buah
10	Dimensi Tempat <i>Unloading</i>	40 x 40 x 7	cm
11	Kemiringan Tempat <i>Unloading</i>	> 3,2	derajat

3.6. Generating Alternative

Tahapan ini bertujuan untuk memunculkan alternatif-alternatif desain yang akan menjadi solusi dari permasalahan pada proses *palletting*. Alternatif desain tersebut berupa data teknis dan jenis komponen yang digunakan, oleh karena itu untuk mempermudah menentukan alternatif desain tersebut pada tahapan ini menggunakan metode *morphological chart* dan memunculkan alternatif kombinasi dari fungsi dasar yang digunakan. fungsi dasar yang didapat akan dilakukan spesifikasi lagi agar muncul alternatif-alternatif sub fungsi. konsep yang muncul adalah dengan mengalikan sub fungsi dari masing-masing fungsi dasar. Maka alternatif konsep yang dapat muncul adalah $2 \times 2 \times 2 \times 3 \times 2 \times 3 \times 2 \times 1 \times 3 \times 2 = 1728$ kombinasi konsep. Agar perancangan sesuai dengan tujuan perancangan maka dilakukan reduksi alternatif pada beberapa sub fungsi.

Tabel 5 Alternatif Setelah Reduksi

No	Fungsi Dasar	Alternatif		
		Opsi 1	Opsi 2	Opsi 3
1	Frame	Profiled Frame	Pipe Frame	-
2	Connector	Steel Connector	Aluminium Connector	-
3	Corocon	-	Wide Corocon	-
4	Foot Component Part	Free Caster	Fix Caster	-
5	Pemicu	Pedal	-	-
6	Mekanisme Penurunan Galon	Pulley Mechanism	-	-
7	Stopper	Seesaw Stopper	-	-
8	Lock / Release Stopper	Rotational Stopper	-	-
9	Counter Weight	Block	Tube	Flat
10	Adjustable Cantilever	-	Tilt Fork and Wheel	-

Tabel kombinasi pada tabel 7 yang telah mengalami reduksi, dapat memunculkan beberapa kombinasi konsep yang layak untuk dilanjutkan pada tahapan selanjutnya, untuk mengetahui jumlah konsep yang muncul maka dengan mengalikan jumlah alternatif sub fungsi pada tabel morphological chart yaitu $2 \times 1 \times 2 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 3 \times 1 = 12$ konsep. Maka hasil dari *morphological chart* tersebut menghasilkan 12 konsep.

4. Evaluating Alternative

Pada tahap *concept screening* ini dilakukan evaluasi terhadap 8 kombinasi konsep. *Concept screening* membandingkan kombinasi konsep lainnya dengan konsep referensi. Konsep E menjadi referensi sebagai perbandingan. Evaluasi ini menggunakan 3 skala penilaian yaitu lebih baik, sama, atau lebih buruk.

Tabel 6 Concept Screening

Tujuan Perbaikan	Konsep											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Postur kerja Ergonomis	+	+	+	0	0	0	+	+	+	0	0	0
frekuensi pengangkatan manual rendah	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mengurangi proses transportasi perpindahan galon	+	+	+	0	0	0	+	+	+	0	0	0
Meningkatkan kuantitas perpindahan galon	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
Pemindahan material otomatis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kuantitas perpindahan konstan	+	+	+	0	0	0	+	+	+	0	0	0
memindahkan galon air mineral pada area penyimpanan barang jadi	+	+	+	0	0	0	0	0	0	-	-	-
menyesuaikan layout stasiun kerja	+	0	-	0	0	-	+	0	-	0	-	-
menggunakan komponen yang terstandarisasi	-	0	+	-	0	+	-	-	-	-	-	-
Jumlah (+)	5	4	5	0	0	1	4	3	3	0	0	0
Jumlah (0)	3	5	3	8	9	7	3	4	3	6	5	5
Jumlah (-)	1	0	1	1	0	1	2	2	3	3	4	4
Nilai Akhir	4	4	4	-1	0	0	2	1	0	-3	-4	-4
Peringkat	1	1	1	9	6	6	4	5	6	10	11	11
Lanjutkan ?	YES	YES	YES	NO	NO	NO	YES	NO	NO	NO	NO	NO

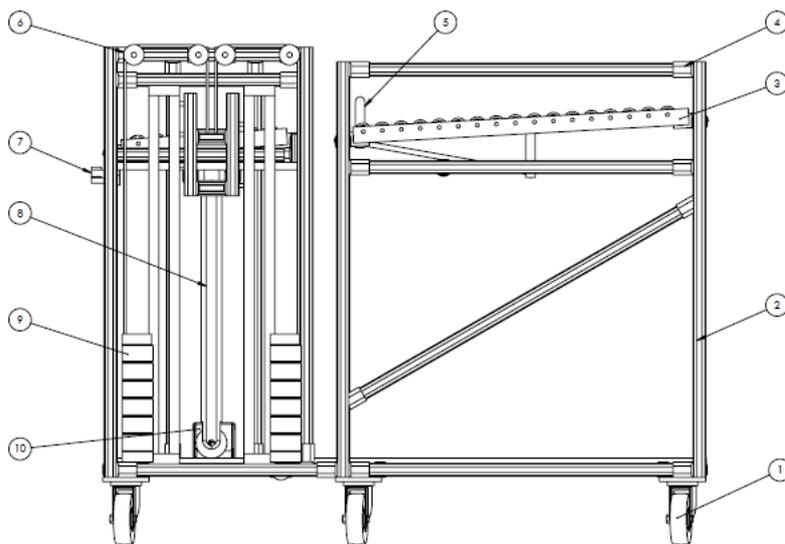
Setelah terpilih 4 konsep. Pada tahap *concept scoring* 4 konsep tersebut di seleksi hingga menghasilkan 1 konsep terpilih. Penilaian pada tahap ini adalah mengalikan *weight* dengan rating yang diberikan untuk masing-masing konsep dengan referensi konsep untuk masing-masing kriteria berbeda. Dan total *weighted score* yang menjadi pertimbangan dipilih atau tidaknya konsep tersebut. Berdasarkan evaluasi pada konsep scoring maka konsep yang terpilih adalah konsep A. Kalkulasi perhitungan dari *concept scoring* dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 7 *Concept Scoring*

Kriteria Seleksi	Weight	A		B		C		G	
		Rate	Nilai	Rate	Nilai	Rate	Nilai	Rate	Nilai
Mengurangi proses transportasi pemindahan galon	14%	3	0,42	3	0,42	3	0,42	3	0,42
Meningkatkan kuantitas pemindahan galon	13%	5	0,65	4	0,52	5	0,65	3	0,39
Pemindahan Material Otomatis	13%	4	0,52	3	0,39	3	0,39	3	0,39
menggunakan Komponen yang terstandarisasi	13%	3	0,39	3	0,39	4	0,52	2	0,26
Postur Kerja Ergonomis	12%	3	0,36	3	0,36	3	0,36	3	0,36
Frekuensi pengangkatan manual rendah	12%	4	0,48	3	0,36	4	0,48	3	0,36
Kuantitas Perpindahan Material Konstan	11%	3	0,36	3	0,36	3	0,36	3	0,36
memindahkana galon air mineral pada tempat penyimpanan barang jadi	13%	4	0,44	3	0,33	4	0,44	2	0,22
menyesuaikan layout stasiun kerja <i>palletting</i>	13%	4	0,52	4	0,52	3	0,39	4	0,52
Total Skor			4,14		3,65		4,01		3,28
Peringkat			1		3		2		4
Lanjutkan ?			YES		NO		NO		NO

Berdasarkan evauasi pada *concept scoring* maka konsep yang terpilih adalah konsep A. Dengan total skor 4,14 maka dapat disimpulkan bahwa konsep A menjadi konsep yang terbaik dibandingkan ketiga konsep lainnya.

5. Pembahasan

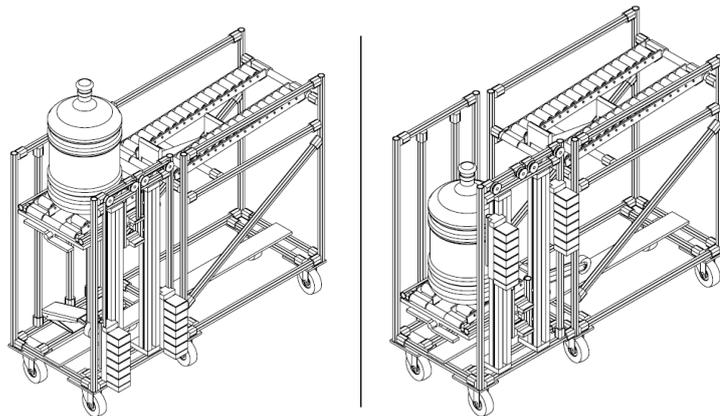


No	Sub Fungsi Terpilih
1	<i>Free Caster</i>
2	<i>Profiled Frame</i>
3	<i>Wide Corocon</i>
4	<i>Alumunium Connector</i>
5	<i>Seesaw Stopper</i>
6	<i>Pulley Mechanism</i>
7	<i>Lock/Release Stopper</i>
8	<i>Tilt Fork and Wheel</i>
9	<i>Block Weight</i>
10	<i>Foot Pedal</i>

Gambar 3 Konsep Terpilih

Berdasarkan hasil tahapan perancangan, konsep yang terpilih adalah konsep B. Dengan menggunakan rangka *profiled frame* yang dihubungkan dengan *alumunium connector*. Dengan menggunakan *wide corocon* sebagai sistem pembawa material. Dan pemicu untuk melakukan kontrol material dengan pedal. Mekanisme penurunan galon menggunakan mekanisme puli dnegan pemberat 16 kg. Menggunakan *free caster* dan *seesaw stopper*. MHE memiliki dimensi 116cm x 42cm x 93cm dengan panjang dan ketinggian *jalur corocon* adalah 65 cm dan 84 cm serta dapat menurunkan galon air mineral setinggi 52 cm. Berikut adalah gambaran MHE usulan. Konsep Terpilih memiliki fungsi untuk mengubah level ketinggian material galon isi, untuk melakukan fungsi tersebut, beberapa komponen mengalami perubahan posisi pada level ketinggian tertentu. dengan memanfaatkan mekanisme puli dan

pemberat pada bagian sisi kanan produk. Dapat dilihat pada Gambar 4, perubahan posisi material pada saat perubahan level ketinggian material.



Gambar 5 Mekanisme *Material Handling Equipment*: (Kiri) *Stage 1* ,(Kanan) *Stage 2*

Pada *stage 1* posisi material berada posisi normal dan pada *stage 2* pada saat *material handling equipment* menurunkan ketinggian level material. Perubahan level ini diperlukan agar dapat melakukan penyimpanan pada tempat penyimpanan yang memiliki 2 level ketinggian yang berbeda.

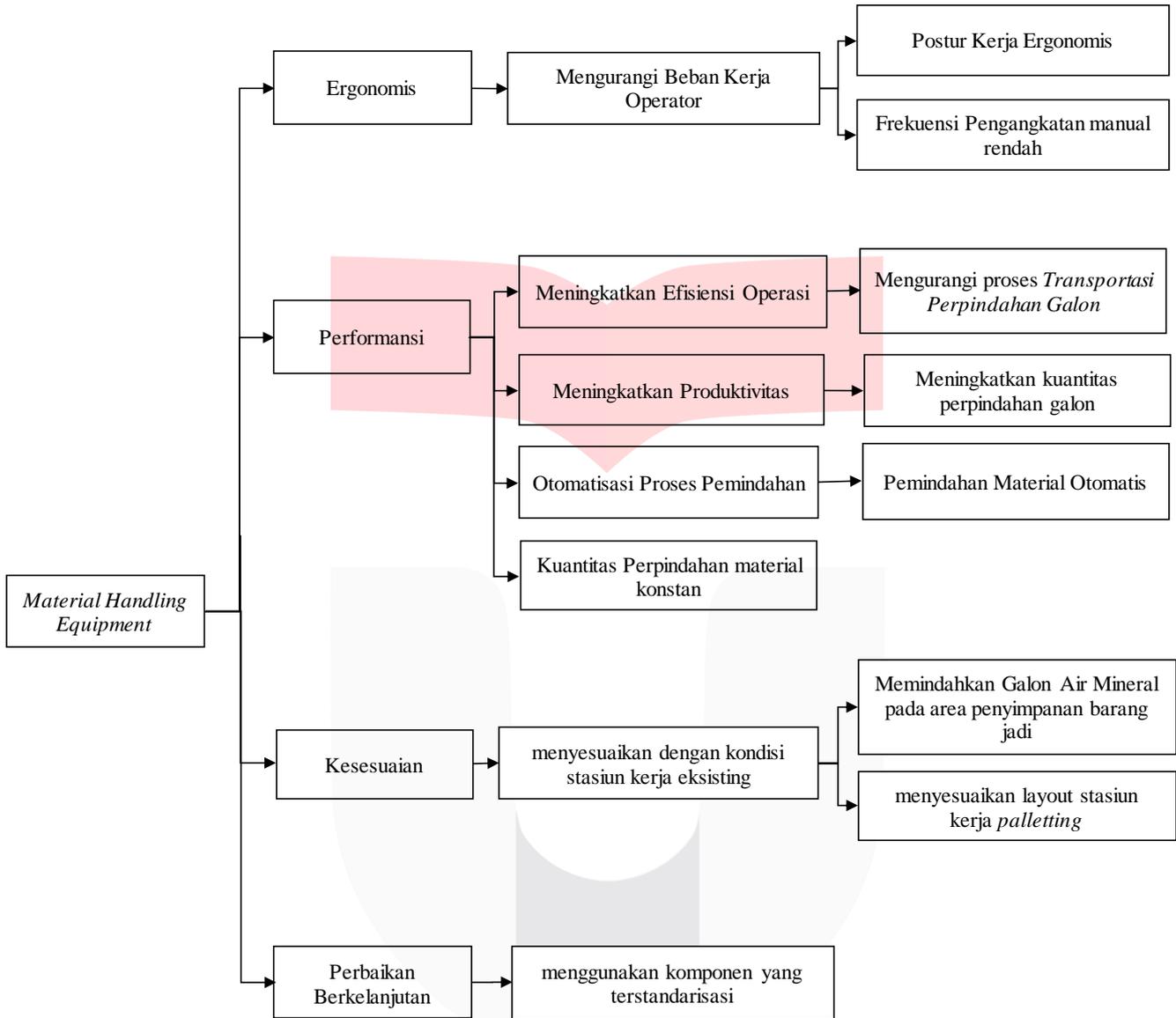
6. Kesimpulan dan Saran

Material handling yang terpilih adalah *material handling* dengan jenis *karakuri*. Untuk sistem pembawa material menggunakan *corocon wide* dengan kemiringan $3,2^\circ$. Untuk sistem rangka menggunakan *profiled frame aluminium* dengan menggunakan *aluminium connector*. Pemilihan material aluminium dipilih agar rangka memiliki kekuatan untuk memindahkan beban yang berat dan tahan terhadap karat. Pada bagian kaki menggunakan *free caster* agar *material handling* dapat bergerak secara fleksibel pada lantai produksi untuk dapat mencapai keseluruhan titik perpindahan dari konveyor ke area penyimpanan barang jadi. Untuk mekanisme penurunan galon menggunakan mekanisme puli dengan pemberat pada sisi bagian kanan produk. Jalur *corocon* memiliki ketinggian 84 cm dari lantai. untuk menyesuaikan ketinggian dengan *belt conveyor* agar meminimalisir proses pengangkatan secara manual.

7. Daftar Pustaka

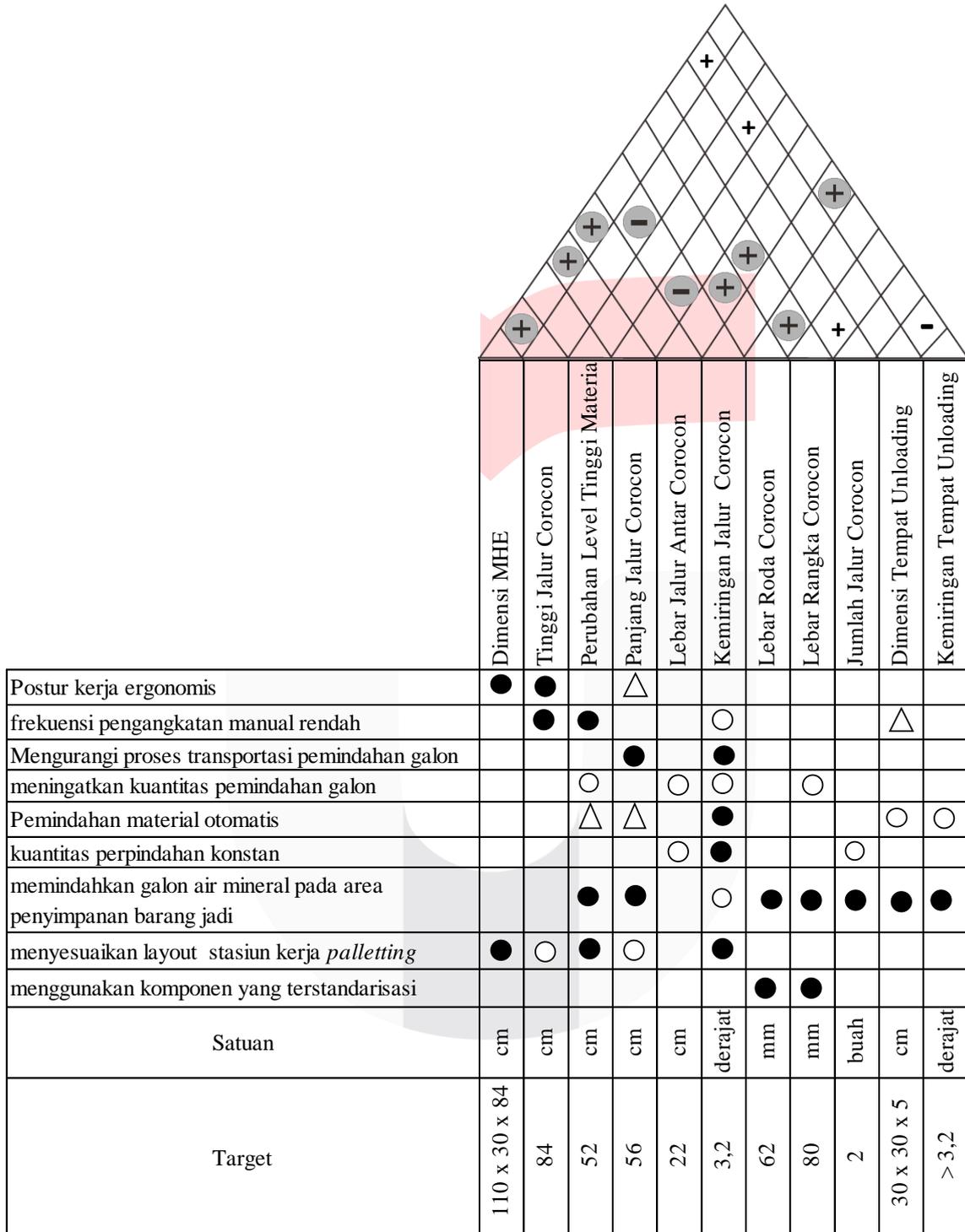
- [1] Albertos, P. (1989). *Low Cost Automation Issues. Low Cost Automation: Techniques Components and Instruments Application Selected*. Selected Papers from the IFAC Symposium.
- [2] Ashok, B. (2015). *Implementation of Karakuri Kaizen in Material Handling Unit*. SAE International
- [3] Bank Mandiri, 'Industry Update: Office of Chief Economy', Volume 11 Juni, 2015
- [4] Cross, N.,(2000). *Engineering Design Methods: Strategies for Product Design*, Fourth ed., England: John Wiley.
- [5] Ginting R. (2010). *Perancangan Produk*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- [6] Iridiastadi, Hardianto. (2014). *Ergonomi Suatu Pengantar*. PT. Remaja Sodikarya
- [7] Katayama, Hiroshi et al. (2014), 'Analysis and Classification of Karakuri Technologies for Reinforcement of Their Visibility, Improvement and Transferability : An Attempt for Enhancing Lean Management', Proceeding of PICMET'14 : Infrastructure and Service Integration
- [8] Katayama, Hiroshi. (2017). *Legend and Future Horizon of Lean Concept and Technology*. Procedia Manufacturing. Vol 11. 1093-1011
- [9] Nurmianto, Eko. (1996). *Ergonomi: Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Surabaya: Guna Widya
- [10] Murata, Koichi. et al. (2013). *Analysis on Integrals of Lean Module Technologies : Research in Electronic Frontiers (RECF)*, Volume 1, Issue
- [11] Ulrich, K.T. and Eppinger S.D.,(2012). *Product Design and Development*, 5th ed., New York: McGraw-Hill.
- [12] Wahab, Amelia N. A. et al (2013) *A Conceptual Model of Lean Manufacturing and Dimensions: Procedia Technology*, Vol 11, 1292-1298

Lampiran I



Gambar 6 Objective Tree

Lampiran II



Gambar 7 Quality Function Deployment (QFD)

