

Analisis Pemilihan *Material Handling* Pada Bagian *Warehouse* Dan *Chill Storage* Di Pt. Maju Bersama Karib Dengan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

1st Shavi Rosidan Rosadi
Teknik Logistik
Telkom University

Purwokerto, Indonesia
shavirosidan@student.telkomuniversity.ac.id

Yulinda Uswatun Kasanah
Teknik Logistik
Telkom University

Purwokerto, Indonesia
yulindakasanah@telkomuniversity.ac.id

Miftahol Arifin
Teknik Logistik
Telkom University

Purwokerto, Indonesia
miftahola@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penelitian ini menganalisis pemilihan *material handling* pada bagian *warehouse* dan *chill storage* di PT Maju Bersama Karib (MBK), perusahaan pengolahan makanan laut yang mengekspor produk rajungan kaleng. Saat ini, pemindahan material masih dilakukan secara manual (*Manual material handling*/MMH), yang berisiko tinggi menimbulkan cedera seperti nyeri punggung, cedera jari, dan luka gores. Evaluasi manajemen risiko dengan metode HIRARC menunjukkan kategori risiko tinggi dan sangat tinggi pada beberapa aktivitas, terutama akibat beban kerja yang tidak ergonomis. Penelitian ini menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk menentukan prioritas pemilihan *Material handling Equipment* (MHE) berdasarkan kriteria risiko, biaya, dan efektivitas. Hasil analisis menunjukkan bahwa untuk *chill storage*, *Hand Pallet Jack* merupakan alternatif terbaik karena fleksibel di ruang terbatas dan memiliki biaya operasional rendah. Sedangkan untuk *warehouse*, *Forklift Gasoline* menjadi pilihan unggulan berkat kapasitas angkut besar dan kemampuan manuver yang sesuai untuk volume tinggi. Implementasi kedua alat ini diharapkan dapat mengurangi risiko kecelakaan kerja, meningkatkan efisiensi pemindahan material, dan menjaga kualitas produk hingga proses ekspor.

Kata kunci — *material handling*, AHP, risiko kerja, *warehouse*, *chill storage*, MHE

I. PENDAHULUAN

PT Maju Bersama Karib merupakan perusahaan pengolahan makanan laut yang berlokasi di Kota Pasuruan, Jawa Timur, dengan produk utama berupa daging rajungan kaleng pasteurisasi yang diekspor ke berbagai negara. Proses operasional perusahaan melibatkan aktivitas pemindahan material di area *warehouse* dan *chill storage* yang saat ini masih didominasi metode *Manual material handling* (MMH). Aktivitas ini menuntut tenaga fisik yang tinggi, memiliki potensi risiko keselamatan kerja, serta berdampak pada efisiensi operasional. Seiring meningkatnya volume produksi dan tuntutan pengiriman tepat waktu, perusahaan

memerlukan solusi pemilihan *Material handling Equipment* (MHE) yang tepat untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi risiko cedera, dan mendukung kelancaran proses logistik internal.

Pemilihan MHE yang optimal memerlukan analisis yang mempertimbangkan berbagai kriteria, seperti risiko, biaya, dan efektivitas. Berbagai penelitian sebelumnya telah menerapkan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan variannya untuk menentukan alternatif terbaik dalam pemilihan peralatan *material handling* berdasarkan pembobotan kriteria yang relevan. Namun, setiap perusahaan memiliki karakteristik operasional dan risiko yang berbeda, sehingga diperlukan kajian khusus sesuai kondisi aktual. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan alternatif MHE terbaik bagi PT Maju Bersama Karib dengan menggunakan metode AHP, sehingga hasilnya dapat digunakan sebagai acuan dalam pengambilan keputusan strategis terkait investasi peralatan, peningkatan keselamatan kerja, dan optimalisasi alur pemindahan material di *warehouse* dan *chill storage*.

II. KAJIAN TEORI

A. *Manual material handling* (MMH)

Manual material handling adalah aktivitas pemindahan, pengangkutan, pendorongan, penarikan, dan penyimpanan barang yang dilakukan secara manual oleh pekerja menggunakan tenaga otot. Kegiatan ini memiliki risiko tinggi terhadap kesehatan, seperti gangguan muskuloskeletal (MSDs), nyeri punggung bawah, dan cedera otot, terutama jika dilakukan dengan beban berat, frekuensi tinggi, dan postur tubuh yang salah. Penanganan manual sering dipilih karena fleksibilitasnya dan biaya rendah dibandingkan penggunaan alat, namun berpotensi menurunkan produktivitas serta meningkatkan risiko kecelakaan kerja.

B. *Manajemen Risiko Material handling*

Manajemen risiko meliputi identifikasi, evaluasi, dan pengendalian potensi risiko yang dapat memengaruhi keselamatan dan operasional. Dalam konteks *material*

handling, evaluasi risiko bertujuan meminimalkan potensi kecelakaan melalui pemilihan metode dan peralatan yang sesuai. Pendekatan seperti HIRARC digunakan untuk menilai tingkat risiko dan menentukan prioritas mitigasi. Risiko yang tinggi pada MMH dapat dikurangi dengan penerapan MHE yang tepat, pelatihan ergonomi, dan pengaturan beban kerja.

C. Pemilihan Material handling Equipment (MHE)

Material handling Equipment adalah peralatan yang digunakan untuk memindahkan, menyimpan, melindungi, dan mengendalikan material dalam proses manufaktur dan distribusi. Pemilihan MHE mempertimbangkan faktor seperti karakteristik material (berat, ukuran, sifat fisik), jarak pemindahan, frekuensi operasi, tata letak fasilitas, biaya, efisiensi energi, keamanan, dan ergonomi. Kategori utama MHE meliputi *transport equipment* (misalnya *Forklift*, *Hand Pallet Jack*), *positioning equipment*, *unit load formation equipment*, dan *storage equipment*.

D. Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)

AHP adalah metode pengambilan keputusan multikriteria yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Metode ini menyusun permasalahan dalam bentuk hierarki, memberikan bobot pada kriteria berdasarkan tingkat kepentingannya, dan membandingkan alternatif secara berpasangan. Proses AHP meliputi penyusunan hierarki masalah, penilaian perbandingan berpasangan, perhitungan bobot prioritas, dan pengujian konsistensi. AHP banyak digunakan untuk pemilihan MHE karena kemampuannya menggabungkan penilaian kualitatif dan kuantitatif secara sistematis.

E. Alternatif Material handling Equipment

Alternatif MHE yang umum digunakan pada industri pangan meliputi *Hand Pallet Jack*, *Forklift* (listrik, diesel, atau *Gasoline*), dan *stacker*. *Hand Pallet Jack* unggul dalam fleksibilitas di ruang terbatas dan biaya operasional rendah, sedangkan *Forklift* memiliki kapasitas angkut besar dan kecepatan tinggi untuk volume material besar. Pemilihan alternatif harus mempertimbangkan aspek biaya, manfaat operasional, dan kompatibilitas dengan kondisi fasilitas.

III. METODE

Penelitian ini dilaksanakan di *warehouse* dan *chill storage* PT Maju Bersama Karib (PT MBK) yang berlokasi di Kota Pasuruan, Jawa Timur, dengan fokus pada pemilihan *Material handling Equipment* (MHE) menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Penelitian dilakukan pada periode Februari hingga Oktober 2024.

A. Observasi Lapangan dan Studi Pustaka

Melakukan pengamatan langsung terhadap proses pemindahan material pada *warehouse* dan *chill storage*. Data yang dikumpulkan meliputi tata letak fasilitas, alur pemindahan material, jenis barang yang dipindahkan, serta alat yang digunakan. Studi pustaka dilakukan untuk

memperoleh teori pendukung terkait MMH, MHE, HIRARC, dan AHP.

B. Identifikasi Kondisi Eksisting

Mendeskripsikan metode pemindahan material yang digunakan saat ini, yang sepenuhnya dilakukan secara manual (*Manual material handling/MMH*), serta memetakan alur kerja dari penerimaan hingga penyimpanan.

C. Identifikasi Risiko dengan Metode HIRARC

Mengidentifikasi potensi bahaya pada setiap tahapan pemindahan material, menilai tingkat risiko berdasarkan kemungkinan dan dampak, serta mengklasifikasikan risiko menjadi rendah, sedang, tinggi, atau sangat tinggi.

D. Penentuan Kriteria Pemilihan MHE

Menetapkan tiga kriteria utama untuk pemilihan MHE, yaitu risiko, biaya, dan efektivitas, yang didasarkan pada hasil identifikasi risiko dan kebutuhan operasional PT MBK.

E. Penyusunan Struktur Hirarki AHP

Membuat model hierarki dengan level 1 sebagai tujuan (pemilihan MHE terbaik), level 2 berisi kriteria (risiko, biaya, efektivitas), dan level 3 berupa alternatif MHE (*Hand Pallet Jack*, *Forklift Gasoline*, dll.).

F. Pengumpulan Data Perbandingan Berpasangan

Menyebarkan kuesioner kepada pihak manajemen dan operator yang memahami kondisi *warehouse* dan *chill storage* untuk memberikan penilaian perbandingan antar kriteria dan antar alternatif MHE.

G. Perhitungan Bobot Prioritas

Menghitung bobot tiap kriteria dan alternatif dengan langkah:

1. Menyusun matriks perbandingan berpasangan.
2. Melakukan normalisasi matriks.
3. Menghitung bobot prioritas.
4. Menguji konsistensi dengan *Consistency Ratio* (CR $\leq 0,1$).

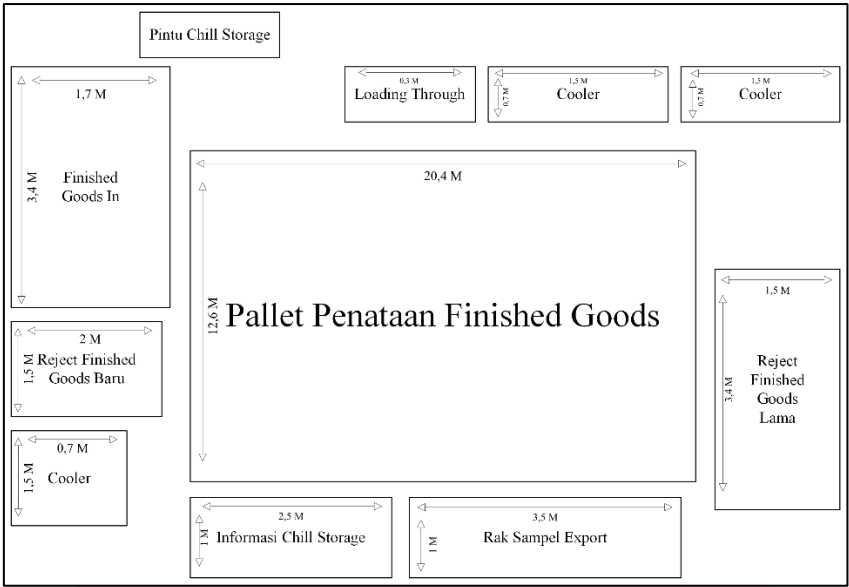
H. Penentuan Alternatif Terbaik

Menentukan MHE dengan bobot tertinggi sebagai rekomendasi implementasi di *warehouse* dan *chill storage* PT MBK, disertai pertimbangan operasional, efisiensi biaya, dan aspek ergonomi.

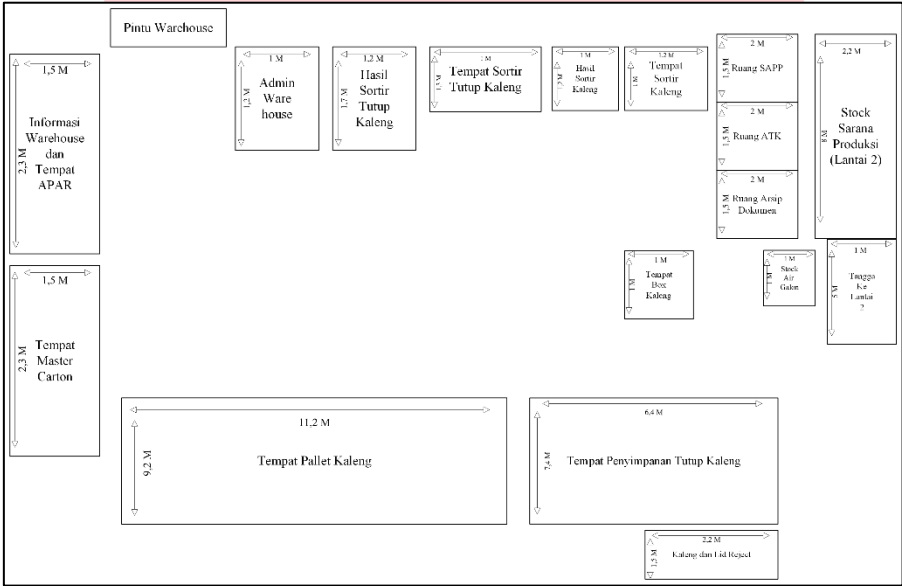
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Layout warehouse

PT Maju Bersama Karib (PT MBK) merupakan perusahaan pengolahan makanan laut dan eksportir produk perikanan yang berlokasi di Kota Pasuruan, Jawa Timur. Proses produksi dilakukan di fasilitas pabrik yang dilengkapi dengan *warehouse* dan *chill storage* untuk penyimpanan bahan baku dan produk jadi. Berikut merupakan *layout chill storage* dan *warehouse* PT Maju Bersama Karib pada gambar 1 dan 2.



GAMBAR 1
LAYOUT CHILL STORAGE PT MAJU BERSAMA KARIB



GAMBAR 2
LAYOUT WAREHOUSE PT MAJU BERSAMA KARIB

Alur pemindahan material dimulai dari penerimaan bahan baku, penyimpanan sementara di *chill storage*, proses produksi, penyimpanan produk jadi di *warehouse*, hingga pengiriman ke pelanggan. Aktivitas pemindahan material ini memiliki risiko ergonomi dan keselamatan yang cukup tinggi, terutama karena beban berat, frekuensi pemindahan yang tinggi, dan keterbatasan ruang gerak di area penyimpanan.

B. Pengumpulan Kriteria, Subkriteria, dan Alternatif dari *Literature Review*

Data kriteria, subkriteria, dan alternatif untuk pemilihan *material handling equipment selection* dari *literature review* dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut.

TABEL 1 DATA KRITERIA, SUB KRITERIA, DAN ALTERNATIF PADA LITERATURE REVIEW				
No	Sumber	Kriteria	Sub Kriteria	Alternatif
1.	Kumar, dkk (2016)	Biaya		AGV
		Kapasitas		
		Otomatisasi		
2.	Denok, dkk (2022)	Fuel Capacity		Forklift Elektrik, Forklift Gasoline, dan Forklift Counter Balance, Hand Pallet
		Maintenance Cost		
		Cost		
3.	Faisal (2022)	Cost		Forklift dan Reach Truck
		Benefit		
		Kompatibilitas		
		Safety		

TABEL 2
DATA KRITERIA, SUB KRITERIA, DAN ALTERNATIF PADA
LITERATURE REVIEW (LANJUTAN)

No	Sumber	Kriteria	Sub Kriteria	Alternatif
4.	Dr. Karuna (2020)	Capacity		
		Reserved Space		
		Temper-controlled warehousing		
		Delivery Terms		
		Environmental Competence		
5.	Roy, Fauzi (2024)	Operasional	Biaya Pembelian Biaya Perawatan Asuransi Sertifikat Operator	Forklift
		Biaya		
		Safety		
		Kapasitas		
6.	Soufi, dkk (2021)	Fleksibilitas	Keterbatasan Area	AGV, Pallet Truck, Conveyor
		Kapasitas		
		Cost		
No	Sumber	Kriteria	Sub Kriteria	Alternatif
7.	Sajja, dkk (2017)	Installation Cost		Conveyor, AGV, Industrial Truck, Crane
		Operator Requirement		
		Flexibility Operation		
		Operation Cost		
		Maintenance Cost		
		Capacity		
8.	Sule, Ibrahim (2021)	Cost	Fuel Cost	Hand Pallet Truck, Forklift, Manual Trolley, Conveyor, Crane
		Capacity		
		Safety		
		Flexibility Operation		
9.	Natalia, dkk (2019)	Otomatisasi	Integrasi sistem, kemampuan kontrol otomatis	AGV, Forklift, Conveyor Belt
		Produktivitas	Kapasitas angkut, kecepatan operasi	
		Keamanan	Sertifikasi Keselamatan, fitur proteksi	
		Biaya	Harga beli, biaya energi, biaya perawatan	
		Keandalan	Umur pakai, frekuensi perawatan	
10.	Jen Shang	Flexibility	Routing Flexibility	AGV, Conveyor Systems, AS/RS, Pallet Trucks
			System Modification	
		Ease of Operation	Independent loading/unloading	
			Installation ease	
			Real-time material tracking	
		Reliability	Independent operation of units	

			Redundancy in case of maintenance	
		Quality Cost	Reduced material or product damage	
			Equipment Cost	

Tabel 3 Data kriteria, sub kriteria, dan alternatif pada literature review (lanjutan)

No	Sumber	Kriteria	Sub Kriteria	Alternatif
		Quality	Training Cost	
		Cost Ukuran Jarak	Operation Cost	
			Operation Cost	
			Operation Cost	
11.	Ega, dkk (2018)	Kecepatan		Hand Truck Manual, Hand Truck Elektrik, Floor Hand Truck
		Fleksibilitas		
		Kapasitas		

C. Pengelompokkan Kriteria, Subkriteria, dan Alternatif dari Literature Review

TABEL 4
DEFINISI KRITERIA

No	Kriteria	Definisi
1.	Safety	Menjamin perlindungan operator dan lingkungan kerja dari risiko kecelakaan melalui sertifikasi operator, stabilitas mesin pada suhu rendah, sensor otomatis, dan kesesuaian layout.
2.	Flexibility	Kemampuan alat, baik otomatis maupun semi otomatis, untuk menangani material di area terbatas warehouse dan chill storage.
3.	Capacity	Kapasitas angkat lebih dari 3 ton dalam sekali operasi tanpa memerlukan banyak tenaga manusia..
4.	Cost	Seluruh komponen biaya, termasuk pembelian, instalasi, operasi, tenaga kerja, bahan bakar, dan perawatan, sebagai dasar evaluasi sebelum pembelian MHE.
5.	Benefit	Keuntungan dari penggunaan MHE seperti manfaat pembelian dan garansi untuk meminimalkan risiko kerugian akibat kerusakan..

TABEL 5
DEFINISI SUBKRITERIA

No	Subkriteria	Definisi
1.	Stabil Pada Suhu Rendah (- 4°C)	Kemampuan alat beroperasi stabil di suhu dingin ekstrem untuk mencegah kerusakan atau gangguan fungsi.
2.	Sensor Otomatis	Fitur keselamatan yang mendeteksi objek/manusia secara real-time dan menghentikan operasi untuk mencegah kecelakaan.
3.	>3 Ton	Kapasitas angkat lebih dari 3 ton dalam sekali operasi.
4.	Purchase Cost	Biaya pembelian material handling equipment.
5.	Installation Cost	Biaya pemasangan komponen pendukung dan penyiapan alat setelah pembelian.
6.	Operation Cost	Mencakup biaya bahan bakar, biaya perawatan, dan perbaikan.
7.	Diskon	Mencakup keuntungan dengan mendapatkan diskon pada pembelian atau penyewaan alat material yang di dapatkan oleh perusahaan
8.	Guaranty	Keuntungan yang didukung oleh layanan purna jual seperti garansi servis atau perbaikan bahkan kerusakan alat yang tidak terduga.

TABEL 6
DEFINISI ALTERNATIF

No	Alternatif	Definisi
----	------------	----------

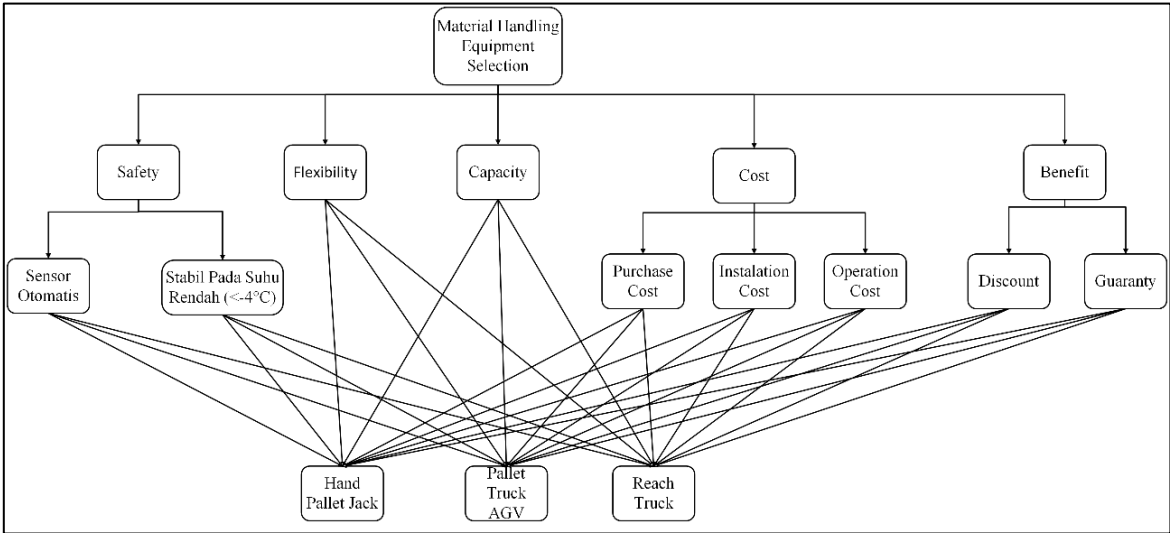
1.	<i>Hand Pallet Jack</i>	Alat manual untuk mengangkat dan memindahkan <i>Pallet</i> berkapasitas 1–5 ton, biaya murah, fleksibel di area sempit, tanpa listrik/baterai, namun jarak dan ketinggian angkat terbatas.
5.	<i>Forklift Elektrik</i>	<i>Forklift</i> kapasitas 1–15 ton, tipe 3-wheel untuk lorong sempit, dilengkapi fitur keamanan SAS, OPS, pedal rem darurat, dan kontrol hidrolik presisi.

TABEL 7
DEFINISI ALTERNATIF (LANJUTAN)

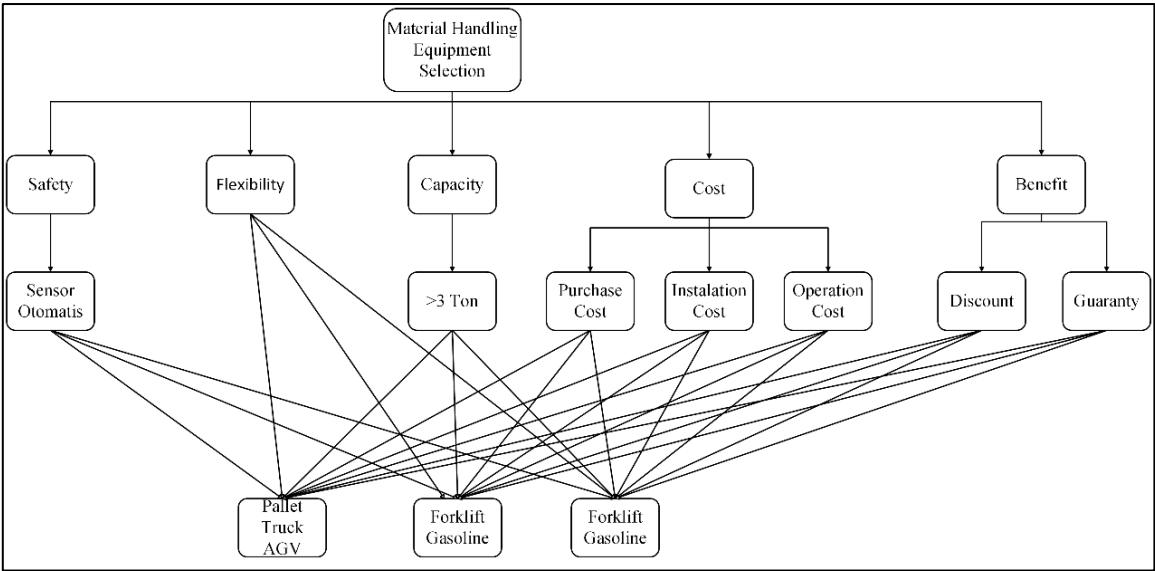
No	Alternatif	Definisi
2.	<i>Pallet Truck AGV</i>	Alat otomatis pengangkut <i>Pallet</i> kapasitas 800 kg–3 ton, aman dengan alarm visual dan rem otomatis, hemat biaya operasional jangka panjang, mengurangi tenaga kerja, tetapi biaya awal tinggi.
3.	<i>Forklift Gasoline</i>	<i>Forklift</i> bertenaga bensin dengan kapasitas 90 ton, meningkatkan produktivitas, fleksibel di <i>layout</i> padat, dan mengurangi risiko kecelakaan.
4.	<i>Reach Truck</i>	<i>Forklift</i> elektrik khusus lorong sempit dan rak tinggi, memiliki lengan perpanjang untuk menjangkau ketinggian dengan efisien dan manuver mudah di ruang terbatas.

D. Struktur Hierarki

Dalam metode AHP, seluruh kriteria dan alternatif yang digunakan disusun kedalam hierarki. Kriteria dan alternatif yang digunakan dalam penelitian ini merupakan kriteria dan alternatif yang digunakan pada perusahaan untuk masing-masing bagian dalam pemilihan *material handling equipment*.



GAMBAR 3
STRUKTUR HIERARKI CHILL STORAGE



GAMBAR 4
STRUKTUR HIERARKI WAREHOUSE

E. Spesifikasi Alternatif

terdapat 5 spesifikasi alat *material handling* yang dijadikan sebagai alternatif pada penelitian ini yang dapat dijadikan referensi sebelum melakukan pemilihan *material handling equipment* yang sesuai dengan kriteria dan subkriteria untuk masing-masing kondisi pada PT Maju Bersama Karib di bagian *warehouse* dan *chill storage*.

TABEL 8
SPESIFIKASI ALAT

Alat	Spesifikasi	Nilai Standar	Gambar Alat
Hand Pallet Jack	Kapasitas	2.000–2.500kg	 (Sumber : Google Gambar)
	Panjang Garpu	1.150–1.220mm	
	Lebar Total Garpu	550–685mm	
	Tinggi Minimum Garpu	85mm	
	Tinggi Maksimum Angkat	195–220mm	
	Material Utama	Rangka baja karbon / stainless steel	
	Jenis Roda	PU/Nylon/solid rubber	
	Diameter Roda Steer	180mm	
	Diameter Roda Belakang	80mm	
	Sistem Angkat	Manual-hidrolik	
Reach Truck	Fitur Tambahan	Skala digital, scissor lift, low-profile, model freezer, start assist	 (Sumber : Google Gambar)
	Kapasitas	1 - 2,5 Ton	
	Tinggi Angkat Maksimal	5 - 13 m	
	Kecepatan Angkut	Hingga 14 km/jam	
	Panjang ke Wajah Fork	1,373 – 1,388 mm	
	Lebar Keseluruhan	1,045 – 1,965 mm	

Tipe Bahan Bakar	Listrik, DC/AC Battery (48V)	 (Sumber : Google Gambar)
Fitur Keselamatan	Emergency cut-off, auto park brake, 180°/360° steering, seatbelt interlock, side stance operator compartment, mast visibility	

TABEL 9
SPESIFIKASI ALAT (LANJUTAN)

Alat	Spesifikasi	Nilai Standar	Gambar Alat
Pallet Truck AGV	Kapasitas	1,000–3,000kg	 (Sumber : Google Gambar)
	Tinggi Angkat	100–150mm (umum), hingga 1,800mm (khusus Forklift AGV)	
	Kecepatan	0–45m/min (~0.75m/s), hingga 2m/s	
	Akurasi	5–10mm	
	Navigasi	SLAM, laser, magnetic strip	
	Baterai	24V/125-210Ah hingga 48V/40Ah	
	Sensor	Proximity & obstacle sensors	
Forklift Gasoline	Kapasitas	3 Ton	 (Sumber : Google Gambar)
	Tinggi Angkat Maksimal	2 Meter	
	Panjang Fork	2,5 meter	
	Bagian Utama	Fork, Mast, sistem hidrolik lifting dan tilting	
	Sistem Kerja Pengangkat	Menggunakan sistem mekanisme	

		hidrolik yang dioperasikan mesin	
Forklift Elektrik	Kapasitas	100 kg sampai 3 ton	
	Dimensi	180 cm x 75 cm x 176 cm	
	Sumber energi	Baterai listrik (baterai accu 12V dengan kapasitas 20A atau 24V)	

	Sistem pengendali	Mikrokontroler Arduino Mega 2560, <i>wireless joystick</i> pengendali	(Sumber : Google Gambar)
	Sistem steering	Power steering menggunakan motor DC dan sensor (potentiometer)	

F. Perincian Biaya

TABEL 10
PERINCIAN BIAYA

Jenis Alat	Biaya Sewa (Per Tahun)	Biaya Pengadaan	Biaya Instalasi	Biaya Operasi	Diskon pembelian	Garansi
<i>Hand Pallet Jack</i>	Rp. 2.400.00 - Rp. 3.600.000	Rp. 2.000.000 - Rp. 5.000.000 Per Unit	Rp. 2.900.000 - Rp 3.100.000 Per Unit	Rp. 1.000.000 - Rp 1.500.000 Per Unit	20 – 30%	Secara umum 1 – 3 tahun

TABEL 11
PERINCIAN BIAYA (LANJUTAN)

Jenis Alat	Biaya Sewa (Per Tahun)	Biaya Pengadaan	Biaya Instalasi	Biaya Operasi	Diskon pembelian	Garansi
<i>Pallet Truck AGV</i>	berkisar Rp. 15.000.000 - 30.000.000, sesuai dengan kapasitas alat	Rp. 50.000.000 - Rp. 100.000.000, sesuai dengan kapasitas	Rp. 12.000.000 - Rp 80.000.000 Per Unit	Rp. 15.000.000 - Rp 50.000.000 Per Unit	Hanya ada penawaran khusus sampai 10%	Sekitar 1 – 2 tahun
Jenis Alat	Biaya Sewa (Per Tahun)	Biaya Pengadaan	Biaya Instalasi	Biaya Operasi	Diskon pembelian	Garansi
<i>Reach Truck</i>	sekitar Rp. 80.000.000, sesuai dengan kapasitas dan jenis alat	Rp. 100.000.000 - Rp. 500.000.000, sesuai dengan kapasitas dan jenis alat	Rp. 300.000.000 Per Unit	Rp. 8.000.000 - Rp. 15.000.000 Per Unit	15% - 20%, Tergantung dari distributor alat	Secara umum sekitar 1 – 3 tahun
<i>Forklift Gasoline</i>	sekitar Rp. 120.000.000, sesuai kapasitas	Rp. 100.000.000 - Rp. 1.000.000.000, sesuai dengan kapasitas dan jenis alat	Rp. 100.000.000 - Rp. 150.000.000 Per Unit Sesuai Kapasitas	Rp. 25.000.000 - Rp. 50.000.000 Per Unit Sesuai Kapasitas	5%-10%, tergantung dengan distributor alat	Sekitar 1 – 2 tahun
<i>Forklift Elektrik</i>	sekitar Rp. 220.000.000, sesuai dengan kapasitas	Rp. 500.000.000 - Rp 1.000.000.000, sesuai dengan kapasitas	Rp. 200.000.000 - Rp 700.000.000 Per Unit	Rp. 50.000.000 - Rp. 100.000.000 Per Unit Sesuai Kapasitas	5%-15%, tergantung dengan distributor alat	Sekitar 1 -3 tahun

(Sumber : Techthink Hub, Pusat Forklift, Sahabat Crane, Padi UMKM)

G. Perhitungan Uji Konsisten Kriteria *Chill storage* (Level 1)

TABEL 12
HASIL PENJUMLAHAN BOBOT KRITERIA

Kriteria	Safety	Flexibility	Capacity	Cost	Benefit
<i>Safety</i>	1	2	1	2	1
<i>Flexibility</i>	0,50	1	1	2	2
<i>Capacity</i>	1,00	1,00	1	1	1
<i>Cost</i>	0,50	0,50	1,00	1	1
<i>Benefit</i>	1,00	0,50	1,00	1,00	1
<i>Total</i>	4,00	5,00	5,00	7,00	6,00

TABEL 13
MATRIKS NORMALISASI KRITERIA

Kriteria	Safety	Flexibility	Capacity	Cost	Benefit
<i>Safety</i>	0,25	0,40	0,20	0,29	0,17
<i>Flexibility</i>	0,13	0,20	0,20	0,29	0,33
<i>Capacity</i>	0,25	0,20	0,20	0,14	0,17
<i>Cost</i>	0,13	0,10	0,20	0,14	0,17
<i>Benefit</i>	0,25	0,10	0,20	0,14	0,17

TABEL 14
BOBOT PRIORITAS

Kriteria	Jumlah	Bobot Prioritas
<i>Safety</i>	1,302	0,260
<i>Flexibility</i>	1,144	0,229
<i>Capacity</i>	0,960	0,192
<i>Cost</i>	0,735	0,147
<i>Benefit</i>	0,860	0,172
Jumlah	5	1

Hasil Matriks	Bobot Prioritas	Konsistensi Vektor
1,823	0,260	7
1,487	0,229	6,5
0,960	0,192	5,0
0,588	0,147	4,0
0,774	0,172	4,5
Jumlah		27,00

TABEL 17
KONSISTENSI RANDOM INDEX

Kriteria a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.5 8	0. 9	1.1 2	1.2 4	1.3 2	1.4 1	1.4 5	1.5 1

(Sumber: Saaty, 2008)

$$CR = CI / RI$$

$$CR = 0,10/1,12$$

$$CR = 0,09$$

Karena nilai *consistency ratio* sebesar 0,09 yaitu kurang dari batas toleransi 0,1. Hal ini menunjukkan konsisten, maka penilaian tidak perlu dilakukan ulang.

TABEL 15
TABEL HASIL UJI KONSISTENSI MATRIKS

Kriteria	Hasil Matriks
<i>Safety</i>	1,823
<i>Flexibility</i>	1,487
<i>Capacity</i>	0,960
<i>Cost</i>	0,588
<i>Benefit</i>	0,774
Jumlah	5,63

TABEL 16

TABEL KONSISTENSI VEKTOR KRITERIA

H. Perhitungan Uji Konsisten Subkriteria *Chill storage* (Level 2)TABEL 18
PENJUMLAHAN BOBOT SUBKRITERIA

Kriteria	Sensor Otomatis	Stabil Suhu Rendah	<i>Purchase Cost</i>	<i>Instalation Cost</i>	<i>Operation Cost</i>	<i>Discount</i>	<i>Guaranty</i>
Sensor Otomatis	1	2	1	1	1	1	1
Stabil Suhu Rendah	0,50	1	2	1	1	2	2
<i>Purchase Cost</i>	1,00	0,50	1	1	1	2	1
<i>Instalation Cost</i>	2,00	1,00	1,00	1	1	1	1
<i>Operation Cost</i>	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1	1
<i>Discount</i>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
<i>Guaranty</i>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1
Total	7,50	7,50	8,00	7,00	7,00	9,00	8,00

TABEL 19
MATRIKS SUBKRITERIA

Kriteria	Sensor Otomatis	Stabil Suhu Rendah	<i>Purchase Cost</i>	<i>Instalation Cost</i>	<i>Operation Cost</i>	<i>Discount</i>	<i>Guaranty</i>
Sensor Otomatis	0,13	0,27	0,13	0,14	0,14	0,11	0,13
Stabil Suhu Rendah	0,07	0,13	0,25	0,14	0,14	0,22	0,25
<i>Purchase Cost</i>	0,13	0,07	0,13	0,14	0,14	0,22	0,13
<i>Instalation Cost</i>	0,27	0,13	0,13	0,14	0,14	0,11	0,13
<i>Operation Cost</i>	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,11	0,13
<i>Discount</i>	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,11	0,13
<i>Guaranty</i>	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,11	0,13
Total	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

TABEL 20
BOBOT PRIORITAS

Kriteria	Jumlah Nilai	Bobot Prioritas
Sensor Otomatis	1,05	0,1
Stabil Suhu Rendah	1,21	0,2
<i>Purchase Cost</i>	0,96	0,1
<i>Instalation Cost</i>	1,05	0,1
<i>Operation Cost</i>	0,91	0,1
<i>Discount</i>	0,91	0,1
<i>Guaranty</i>	0,91	0,1
Total	7	1

TABEL 21
HASIL MATRIKS

Kriteria	Hasil Matriks
Sensor Otomatis	1,2
Stabil Suhu Rendah	1,6
<i>Purchase Cost</i>	1,0
<i>Instalation Cost</i>	1,2
<i>Operation Cost</i>	0,9
<i>Discount</i>	0,9
<i>Guaranty</i>	0,9

Total 8

TABEL 22
KONSISTENSI VEKTOR

Bobot Prioritas	Hasil Matriks	Konsistensi Vektor
0,1	1,2	8,0
Bobot Prioritas	Hasil Matriks	Konsistensi Vektor
0,2	1,6	9,5
0,1	1,0	7,5
0,1	1,2	8,0
0,1	0,9	7,0
0,1	0,9	7,0
0,1	0,9	7,0
1	8	54

TABEL 23
KONSISTENSI RANDOM INDEX

Kriteria a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.5 8	0. 9	1.1 2	1.2 4	1.3 2	1.4 1	1.4 5	1.5 1

(Sumber: Saaty, 2008)

$$CR = CI / RI$$

$$CR = 0,12 / 1,32$$

$$CR = 0,09$$

Karena nilai *Consistency ratio* sebesar 0,09 yaitu kurang dari batas toleransi 0,1, maka nilai menunjukkan konsisten dan tidak perlu melakukan penilaian ulang.

I. Perhitungan Uji Konsisten Alternatif *Chill storage*

TABEL 24
PENJUMLAHAN BOBOT ALTERNATIF

Kriteria	Hand Pallet Jack	Pallet Truck AGV	Reach Truck
Hand Pallet Jack	1	2	1
Pallet Truck AGV	0,50	1	1
Kriteria	Hand Pallet Jack	Pallet Truck AGV	Reach Truck
Reach Truck	1,00	1,00	1
Total	2,50	4,00	3,00

TABEL 25
NORMALISASI MATRIKS ALTERNATIF

Kriteria	Hand Pallet Jack	Pallet Truck AGV	Reach Truck
Hand Pallet Jack	0,40	0,50	0,33
Pallet Truck AGV	0,20	0,25	0,33
Reach Truck	0,40	0,25	0,33
Total	1,00	1,00	1,00

TABEL 26
BOBOT PRIORITAS

Kriteria	Jumlah Nilai	Bobot Prioritas
Hand Pallet Jack	1,23	0,41
Pallet Truck AGV	0,78	0,26
Reach Truck	0,98	0,33
Total	3,00	1,00

TABEL 27
HASIL MATRIKS

Kriteria	Hasil Matriks
Hand Pallet Jack	1,6
Pallet Truck AGV	0,7
Kriteria	Hasil Matriks
Reach Truck	1,0
Total	3,28

TABEL 28
KONSISTENSI VEKTOR

Bobot Prioritas	Hasil Matriks	Konsistensi Vektor
0,41	1,6	4,0
0,26	0,7	2,5
0,33	1,0	3,0
1,00	3,28	9,50

TABEL 29
KONSISTENSI RANDOM INDEX

Kriteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,3	1,4	1,45	1,5

(Sumber: Saaty, 2008)

$$CR = CI / RI$$

$$CR = 0,8 / 0,58$$

$$CR = 0,07$$

Karena nilai *Consistency ratio* sebesar 0,07 yaitu kurang dari batas toleransi 0,1, maka nilai menunjukkan konsisten dan tidak perlu melakukan penilaian ulang.

J. Perhitungan Uji Konsisten Kriteria *Warehouse* (Level 1)

TABEL 30
PENJUMLAHAN BOBOT KRITERIA

Kriteria	Safety	Flexibility	Capacity	Cost	Benefit
Safety	1	2	1	1	2
Flexibility	0,50	1	2	1	1
Capacity	1,00	0,50	1	1	1
Cost	1,00	1,00	1,00	1	1

Benefit	0,50	1,00	1,00	1,00	1
Total	4,00	5,50	6,00	5,00	6,00

TABEL 31
NORMALISASI MATRIKS KRITERIA

Kriteria	Safety	Flexibility	Capacity	Cost	Benefit
Safety	0,25	0,36	0,17	0,20	0,33
Flexibility	0,13	0,18	0,33	0,20	0,17
Capacity	0,25	0,09	0,17	0,20	0,17
Cost	0,25	0,18	0,17	0,20	0,17
Benefit	0,13	0,18	0,17	0,20	0,17
Total	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

TABEL 32
BOBOT PRIORITAS

Kriteria	Jumlah Nilai	Bobot Prioritas
Safety	1,31	0,3
Flexibility	1,01	0,2
Capacity	0,87	0,2
Cost	0,97	0,2
Benefit	0,84	0,2
Total	5	1

TABEL 33
HASIL MATRIKS

Kriteria	Hasil Matriks
Safety	1,8
Flexibility	1,1
Capacity	0,8
Cost	1,0
Benefit	0,8
Total	5

TABEL 34
KONSISTENSI VEKTOR

Bobot Prioritas	Hasil Matriks	Konsistensi Vektor
0,3	1,8	7,0
0,2	1,1	5,5
0,2	0,8	4,5
0,2	1,0	5,0
0,2	0,8	4,5
1	5	27

TABEL 35
KONSISTENSI RANDOM INDEX

Kriteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,3	1,4	1,45	1,5

(Sumber: Saaty, 2008)

$$CR = CI / RI$$

$$CR = 0,8 / 1,12$$

$$CR = 0,07$$

Karena nilai *Consistency ratio* sebesar 0,07 yaitu kurang dari batas toleransi 0,1, maka nilai menunjukkan konsisten dan tidak perlu melakukan penilaian ulang.

K. Perhitungan Uji Konsisten Subkriteria *Warehouse* (Level 2)TABEL 36
PENJUMLAHAN BOBOT SUBKRITERIA

Kriteria	Sensor Otomatis	> 3 Ton	<i>Purchase Cost</i>	<i>Installation Cost</i>	<i>Operation Cost</i>	<i>Discount</i>	<i>Guaranty</i>
Sensor Otomatis	1	2	2	1	1	1	1
> 3 Ton	0,50	1	2	2	1	1	1
<i>Purchase Cost</i>	0,50	0,50	1	2	1	1	1
<i>Installation Cost</i>	1,00	0,50	0,50	1	1	1	1
<i>Operation Cost</i>	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1	1
<i>Discount</i>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
<i>Guaranty</i>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1
<i>Total</i>	6,00	7,00	8,50	9,00	7,00	7,00	7,00

TABEL 37
MATRIKS SUBKRITERIA

Kriteria	Sensor Otomatis	> 3 Ton	<i>Purchase Cost</i>	<i>Installation Cost</i>	<i>Operation Cost</i>	<i>Discount</i>	<i>Guaranty</i>
Sensor Otomatis	0,17	0,29	0,24	0,11	0,14	0,14	0,14
> 3 Ton	0,08	0,14	0,24	0,22	0,14	0,14	0,14
<i>Purchase Cost</i>	0,08	0,07	0,12	0,22	0,14	0,14	0,14
<i>Installation Cost</i>	0,17	0,07	0,06	0,11	0,14	0,14	0,14
<i>Operation Cost</i>	0,17	0,14	0,12	0,11	0,14	0,14	0,14
<i>Discount</i>	0,17	0,14	0,12	0,11	0,14	0,14	0,14
<i>Guaranty</i>	0,17	0,14	0,12	0,11	0,14	0,14	0,14
<i>Total</i>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

TABEL 38
BOBOT PRIORITAS

Kriteria	Jumlah Nilai	Bobot Prioritas
Sensor Otomatis	1,23	0,2
> 3 Ton	1,11	0,2
<i>Purchase Cost</i>	0,92	0,1
<i>Installation Cost</i>	0,84	0,1
<i>Operation Cost</i>	0,97	0,1
<i>Discount</i>	0,97	0,1
<i>Guaranty</i>	0,97	0,1
<i>Total</i>	7	1

TABEL 39
HASIL MATRIKS

Kriteria	Hasil Matriks
Sensor Otomatis	1,6
> 3 Ton	1,4
<i>Purchase Cost</i>	0,9
<i>Installation Cost</i>	0,7
<i>Operation Cost</i>	1,0
<i>Discount</i>	1,0
<i>Guaranty</i>	1,0
<i>Total</i>	7

TABEL 40
KONSISTENSI VEKTOR

Bobot Prioritas	Hasil Matriks	Konsistensi Vektor
0,2	1,6	9,0
0,2	1,4	8,5
0,1	0,9	7,0
0,1	0,7	6,0

0,1	1,0	7,0
0,1	1,0	7,0
0,1	1,0	7,0
1	7	52

TABEL 41
KONSISTENSI RANDOM INDEX

Kriteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,51

(Sumber: Saaty, 2008)

$$CR = CI / RI$$

$$CR = 0,06 / 1,32$$

$$CR = 0,05$$

Karena nilai *Consistency ratio* sebesar 0,05 yaitu kurang dari batas toleransi 0,1, maka nilai menunjukkan konsisten dan tidak perlu melakukan penilaian ulang.

L. Perhitungan Uji Konsisten Alternatif *Warehouse*TABEL 42
PENJUMLAHAN BOBOT ALTERNATIF

Kriteria	<i>Pallet Truck</i> AGV	<i>Forklift</i> Gasoline	<i>Forklift</i> Elektrik
----------	----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

<i>Pallet Truck AGV</i>	1	2	1
<i>Forklift Gasoline</i>	0,50	1	1
<i>Forklift Elektrik</i>	1,00	1,00	1
Total	2,50	4,00	3,00

TABEL 43
NORMALISASI MATRIKS ALTERNATIF

Kriteria	<i>Pallet Truck AGV</i>	<i>Forklift Gasoline</i>	<i>Forklift Elektrik</i>
<i>Pallet Truck AGV</i>	0,40	0,50	0,33
<i>Forklift Gasoline</i>	0,20	0,25	0,33
<i>Forklift Elektrik</i>	0,40	0,25	0,33
Total	1,00	1,00	1,00

TABEL 44
BOBOT PRIORITAS

Kriteria	Jumlah Nilai	Bobot Prioritas
<i>Pallet Truck AGV</i>	1,23	0,41
<i>Forklift Gasoline</i>	0,78	0,26
<i>Forklift Elektrik</i>	0,98	0,33
Kriteria	Jumlah Nilai	Bobot Prioritas
Total	3,00	1,00

TABEL 45
HASIL MATRIKS

Kriteria	Hasil Matriks
<i>Pallet Truck AGV</i>	1,6
<i>Forklift Gasoline</i>	0,7
<i>Forklift Elektrik</i>	1,0
Total	3,28

TABEL 46
KONSISTENSI VEKTOR

Bobot Prioritas	Hasil Matriks	Konsistensi Vektor
0,41	1,6	4,0
0,26	0,7	2,5
0,33	1,0	3,0
1,00	3,28	9,50

TABEL 47
KONSISTENSI RANDOM INDEX

Kriteri a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,5 8	0,9	1,1 2	1,2 4	1,3 2	1,4 1	1,4 5	1,5 1

(Sumber: Saaty, 2008)

$$CR = CI / RI$$

$$CR = 0,8 / 0,58$$

$$CR = 0,07$$

Karena nilai *Consistency ratio* sebesar 0,07 yaitu kurang dari batas toleransi 0,1, maka nilai menunjukkan konsisten dan tidak perlu melakukan penilaian ulang.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini menggunakan metode AHP untuk memilih *Material handling Equipment* (MHE) terbaik di *warehouse* dan *chill storage* PT Maju Bersama Karib. Kriteria dengan bobot tertinggi adalah risiko (0,637), diikuti biaya (0,259) dan efektivitas (0,104), yang menunjukkan bahwa keselamatan kerja menjadi prioritas utama. *Forklift Gasoline* menjadi alternatif terbaik dengan bobot 0,539, mengungguli *Hand Pallet Jack* (0,318) dan *Forklift Electric* (0,143).

Berdasarkan hasil tersebut, perusahaan disarankan untuk mengimplementasikan *Forklift Gasoline* dalam proses pemindahan material di *warehouse* dan *chill storage*, disertai pelatihan operator untuk menjamin penggunaan yang aman dan efisien. Evaluasi berkala terhadap kinerja MHE perlu dilakukan dari aspek efektivitas, biaya operasional, dan keselamatan. Penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan kriteria lingkungan seperti emisi dan

kebisingan agar pemilihan MHE juga memperhatikan aspek keberlanjutan.

REFERENSI

- [1] A. B. Hartono, "Identifikasi Penyebab Reject Raw Material dan Usulan Perbaikan Proses *Material handling* dengan Metode FMEA dan AHP," *Jurnal Teknologi Industri*, vol. 01, no. 01, Universitas Islam Sultan Agung, 2022.
- [2] L. N. Fazria, S. Martini, and I. Mufidah, "Perancangan *Material handling Equipment* untuk Mengangkat Mold Menggunakan Metode Ergonomic Function Deployment," *E-Proceeding of Engineering*, vol. 9, no. 4, pp. 1941–1948, 2022.
- [3] E. Matatula, "Studi Pemilihan Jenis Alat Angkut Bahan Bakar Minyak Wilayah Kepulauan," *ALE Proceeding*, vol. 2, pp. 31–38, Apr. 2021, doi: 10.30598/ale.2.2019.31-38.
- [4] F. A. Nugroho, "Penerapan *Materials Handling Equipment* untuk Penanganan Barang," *Jurnal Bisnis, Logistik dan Supply Chain (BLOGCHAIN)*, vol. 2, no. 2, pp. 64–71, 2022, doi: 10.55122/blogchain.v2i2.535.
- [5] D. S. Ramadhan and I. Sukarno, "*Material handling Equipment* Selection Using Analytical Hierarchy Process (AHP) Method," *Jurnal Logistik Indonesia*, vol. 6, no. 2, pp. 91–100, 2022.
- [6] S. I. Satoglu and İ. Türkekel, "Selection of *Material handling Equipment* using the AHP and MOORA," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 22, no. 1, pp. 113–124, 2021, doi: 10.22219/jtiumm.vol22.no1.113-124.
- [7] K. Sen, S. Ghosh, and B. Sarkar, "Comparison of Customer Preference for Bulk *Material handling Equipment* through Fuzzy-AHP Approach," *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, vol. 98, no. 3, pp. 367–377, 2017, doi: 10.1007/s40032-016-0313-2.
- [8] K. Zulihuma, A. Samad, and B. Shibghatullah, "Blockchain Technology for Halal Supply Chain Management," unpublished.
- [9] F. R. el Ahmady, S. Martini, and A. Kusnaty, "Penerapan Metode Ergonomic Function Deployment dalam Perancangan Alat Bantu untuk Menurunkan Balok Kayu," *Jurnal Integrasi Sistem Industri*, vol. 7, no. 1, p. 21, 2020, doi: 10.24853/jisi.7.1.21-30.
- [10] M. H. Trisaputra and A. Muzakir, "Implementasi Metode Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP) untuk Penentuan Kelas Unggulan di SMPN 2 Tanjung Lago," *Jurnal Pengembangan Sistem Informasi dan Informatika*, vol. 2, no. 2, 2021.
- [11] A. Sulaiman, R. Arief, A. Rachman, E. C. Muliawati, and I. T. Adhi, "Sistem Pendukung Keputusan SMK di Surabaya Menggunakan Metode F-AHP (Fuzzy Analytical Hierarchy Process)," unpublished.
- [12] Z. Soufi, P. David, Z. Yahouni, and Z. Soufi, "A Methodology for the Selection of *Material handling*

- Equipment in Manufacturing Systems*,” 2021, doi: 10.1016/j.ifacol.2021.08.193.
- [13] M. Elveny, “Analisis Metode Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) dalam Menentukan Posisi Jabatan,” unpublished.
- [14] M. S. Zain and P. Adi, “Desain Perbaikan Proses Distribusi dengan Prinsip Sustainable Manufacturing (Studi Kasus: CV. Mugiharjo Indonesia),” unpublished.
- [15] E. Setiawan and M. Ginting, “Pemilihan Metode Metaheuristik Menggunakan Fuzzy Analytical Hierarchy Process untuk Menyelesaikan Masalah Perancangan Tata Letak Fasilitas Berorientasi Proses,” unpublished.
- [16] I. N. Anisah, N. Purnama Sari, and A. Siwabessy, “Penerapan Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (F-AHP) dalam Menentukan Prioritas Kriteria Utama Evaluasi Pemasok Biji Plastik (Studi Kasus PT X),” *Journal Printing and Packaging Technology*, vol. 1, 2020.
- [17] T. Anindita and M. T. Siregar, “Analytical Hierarchy Process (AHP) for Selecting Freight Forwarder Services to Get Minimum Shipping Cost for Export Goods,” *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, vol. 9, no. 5, pp. 270–284, 2019.
- [18] A. R. Apriliani, M. I. Mahfudhi, and Y. Efendi, “Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dalam Pemilihan Supplier Ikan Segar UKM Usaha Sahabat Kutai Kartanegara,” *Teknik Industri UMS*, 2020.
- [19] A. A. Khairun Nisa, S. Subiyanto, and S. Sukamta, “Penggunaan Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk Pemilihan Supplier Bahan Baku,” *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, vol. 9, no. 1, p. 86, 2019, doi: 10.21456/vol9iss1pp86-93.
- [20] S. Suradi, R. Syarifuddin, and I. Islamiah, “Pemilihan Supplier Bahan Pembuatan Pakan pada PT Sinar Terang Madani dengan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP),” *Journal Industrial Engineering & Management (JUST ME)*, vol. 2, no. 2, pp. 53–58, 2021, doi: 10.47398/just-me.v2i2.659.
- [21] D. Rimantho, F. Fathurohman, B. Cahyadi, and S. Sodikun, “Pemilihan Supplier Rubber Parts dengan Metode Analytical Hierarchy Process di PT XYZ,” *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, vol. 6, no. 2, p. 93, 2017, doi: 10.26593/jrsi.v6i2.2094.93-104.