

**PEMILIHAN STRATEGI PEMELIHARAAN TRUK  
KONTAINER DENGAN METODE AHP DAN TOPSIS PADA  
INDUSTRI KELAPA SAWIT**

**SKRIPSI**

**DANIEL JANDI C  
0606077043**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
JUNI 2010**

**PEMILIHAN STRATEGI PEMELIHARAAN TRUK  
KONTAINER DENGAN METODE AHP DAN TOPSIS PADA  
INDUSTRI KELAPA SAWIT**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana**

**DANIEL JANDI C**

**0606077043**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
JUNI 2010**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Daniel Jandi Christovayn**

**NPM : 0606077043**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 23 Juni 2010**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Daniel Jandi Christovayn  
NPM : 0606077043  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Skripsi : Pemilihan Strategi Pemeliharaan Truk Kontainer dengan menggunakan metode AHP dan TOPSIS pada Industri Kelapa Sawit

**Telah siap diujikan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Isti Surjandari, Ph.D ( )  
Penguji : ( )  
Penguji : ( )  
Penguji : ( )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal :

## KATA PENGANTAR

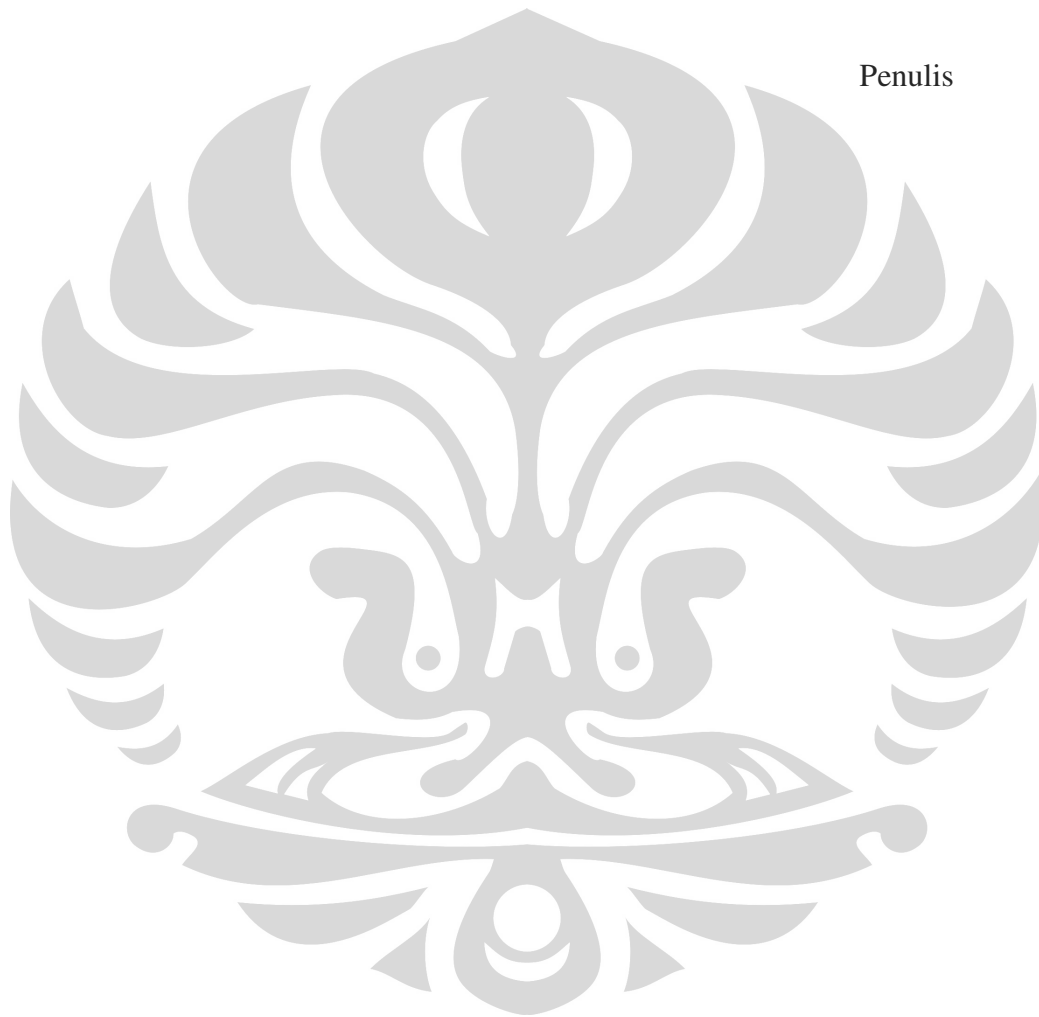
Puji Syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan pertolonganNya skripsi ini dapat diselesaikan tepat waktu. Bersama ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini, yaitu:

1. Ibu Ir. Isti Surjandari, Ph.D, selaku dosen pembimbing skripsi atas segala pengarahan, bimbingan, dan nasihat kepada penulis.
2. Bapak Yadrifil, Bapak Amar, Bapak Farizal, Bapak Akhmad, Bapak Yuri, dan Bapak Dachyar yang telah memberikan masukan mengenai materi skripsi pada seminar I dan II, dan seluruh staf pengajar Teknik Industri UI yang telah membimbing penulis selama masa studi.
3. Ibu Eni, beserta suami dan keluarga, selaku rekan kerja yang telah membantu penulis dalam pengumpulan data dan menyediakan kebutuhan data yang penulis butuhkan.
4. Papa, Mama, Andre, dan Monic yang telah mendukung penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
5. Teman-teman sepembimbingan: Ismi, Mariana, Dito, Tasya, Fiona, dan Nova yang menjadi tempat bertukar pikiran dan memberi dorongan kepada penulis; teman-teman lainnya: Arya, Herbert, Faishal, Fatur, Aziiz, Budi, Yudi, Fajri, Dinar, Christie, Nuning; teman-teman dari lab Ergocen dan SEMS yang menjadi tempat bersenda gurau; beserta teman-teman TI UI angkatan 2006 lainnya yang telah berbagi cerita selama pembuatan skripsi ini.
6. Pak Mursyid, Bu Har, Mas Latif, Mbak Ana, Mas Iwan, Mas Dody, dan Mbak Willy atas bantuannya selama ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, Oleh karena itu, kritik dan sarang yang membangun sangat penulis harapkan. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Depok, Juni 2010

Penulis



**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Daniel Jandi Christovayn

NPM : 0606077043

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Pemilihan Strategi Pemeliharaan Truk Kontainer dengan Menggunakan Metode AHP dan TOPSIS pada Industri Kelapa Sawit**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Depok

Pada tanggal: 23 Juni 2010

Yang menyatakan

(Daniel Jandi Christovayn)

## ABSTRAK

Nama : Daniel Jandi Christovayn

Program Studi : Teknik Industri

Judul : Pemilihan Strategi Pemeliharaan pada Truk Kontainer dengan Menggunakan Metode AHP dan TOPSIS pada Industri Kelapa Sawit

Pertumbuhan industri kelapa sawit yang berkembang pesat pada beberapa tahun terakhir ini didorong dengan penggunaan alat-alat produksi yang optimum. Sistem transportasi alat berat pada kelapa sawit menjadi bagian vital dalam mendukung kegiatan produksi. Untuk menjaga sistem transportasi alat berat tersebut bekerja dengan optimal, diperlukan strategi pemeliharaan yang dapat menunjang sistem produksi dan sesuai dengan kerangka berfikir perusahaan. Pemilihan strategi pemeliharaan truk kontainer kelapa sawit ini menggabungkan dua metode pengambilan keputusan multi atribut (MADM), yaitu AHP dan TOPSIS. Bobot kepentingan relatif dari kriteria pemeliharaan dan alternatif solusi diurutkan dengan menggunakan metode AHP. Metode TOPSIS kemudian digunakan untuk mengatasi ranking solusi yang kurang tepat pada AHP dalam memilih strategi pemeliharaan.

**Kata kunci:** Strategi Pemeliharaan, *Analytic Hierarchy Process (AHP)*, *Technique for Ordering Solution by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)*



## ABSTRACT

Name : Daniel Jandi Christovayn

Study Program: Industrial Engineering

Title : Maintenance Strategy Selection for Container Truck using AHP and TOPSIS method in Palm Oil Industry

The increasing growth of crude palm oil production in last few years is support by utilization of heavy production equipments. Heavy transportation system in crude palm oil industry becomes vital to support the production system. To keep the utilization of transportation system in optimum use, there is need a maintenance strategy that can support production system and fit with company's framework. The selection of maintenance strategy for palm oil-container truck uses two methods of MADM, which are AHP and TOPSIS. The relative importance weight of criteria and alternative are prioritized using AHP. The TOPSIS method is applied to compensate for imprecise ranking of AHP in selecting maintenance strategy.

**Keyword: Maintenance Strategy, Analytic Hierarchy Process (AHP), Technique for Ordering Solution by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)**

## DAFTAR ISI

<b>JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah .....	2
1.3 Perumusan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Batasan Penelitian.....	4
1.6 Metodologi Penelitian.....	4
1.7 Diagram Alir Metodologi Penelitian .....	6
1.8 Sistematika Penulisan .....	8
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>9</b>
2.1 Pemeliharaan.....	9
2.2 <i>Multi Attribute Decision Making</i> (MADM) .....	16
2.2.1 <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP).....	18
2.2.2 <i>Technique for Ordering Preferences by Similarity to Ideal         Solution</i> (TOPSIS).....	24
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>27</b>
3.1 Profil Perusahaan .....	27
3.2 Sistem Transportasi dan Alat Berat pada Industri Kelapa Sawit.....	28
3.3 Pengumpulan Data.....	30
3.3.1 Pembentukan Kriteria dan Alternatif.....	31
3.3.2 Hasil Perbandingan Berpasangan.....	34

3.4 Pengolahan Data .....	41
<b>IV. PEMBAHASAN .....</b>	<b>45</b>
4.1 Analisa Kriteria Utama dan Subkriteria .....	45
4.2 Analisa Output Model.....	49
4.3 Aplikasi TOPSIS .....	51
4.4 Analisa Hasil Keseluruhan .....	55
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>57</b>
5.1 Kesimpulan .....	57
5.2 Saran .....	58
<b>DAFTAR REFERENSI .....</b>	<b>59</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>61</b>



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Taksonomi metode MADM.....	17
<b>Tabel 2.2</b> Skala perbandingan berpasangan.....	19
<b>Tabel 2.3</b> Nilai Random Indeks .....	21
<b>Tabel 3.1</b> Responden Kuesioner .....	31
<b>Tabel 3.2</b> Kriteria Utama dan Subkriteria Pemilihan Sistem Pemeliharaan.....	32
<b>Tabel 3.3</b> Hasil Perbandingan Berpasangan untuk Tingkat Kriteria Utama .....	34
<b>Tabel 3.4</b> Hasil Perbandingan Berpasangan untuk Tingkat Subkriteria.....	36
<b>Tabel 3.5</b> Hasil Perbandingan Berpasangan untuk Alternatif dalam Kriteria Kerusakan .....	37
<b>Tabel 3.6</b> Hasil Perbandingan Berpasangan untuk Alternatif dalam Kriteria Biaya.....	38
<b>Tabel 3.7</b> Hasil Perbandingan Berpasangan untuk Alternatif dalam Kriteria Nilai Tambah.....	39
<b>Tabel 3.8</b> Hasil Perbandingan Berpasangan untuk Alternatif dalam Kriteria Keandalan Teknik Pemeliharaan.....	40
<b>Tabel 3.9</b> Matriks Perbandingan Berpasangan Kriteria Utama.....	41
<b>Tabel 3.10</b> Matriks Perbandingan Berpasangan Subkriteria Dalam Kriteria Kerusakan.....	41
<b>Tabel 3.11</b> Matriks Perbandingan Berpasangan Subkriteria Dalam Kriteria Biaya.....	42
<b>Tabel 3.12</b> Matriks Perbandingan Berpasangan Subkriteria Dalam Kriteria Nilai Tambah.....	42
<b>Tabel 3.13</b> Matriks Perbandingan Berpasangan Subkriteria Dalam Kriteria Keandalan Teknik Pemeliharaan.....	42
<b>Tabel 3.14</b> Matriks Perbandingan Berpasangan Alternatif dalam Subkriteria Citra Perusahaan.....	43
<b>Tabel 3.15</b> Matriks Perbandingan Berpasangan Alternatif dalam Subkriteria Identifikasi Kerusakan.....	43
<b>Tabel 3.16</b> Matriks Perbandingan Berpasangan Alternatif dalam Subkriteria Pelatihan Karyawan.....	44

<b>Tabel 4.1</b> Matriks Keputusan Ternormalisasi Lokal .....	53
<b>Tabel 4.2</b> Matriks Keputusan Ternormalisasi Terbobot Bernilai Global .....	53
<b>Tabel 4.3</b> Solusi Ideal Positif dan Negatif .....	53
<b>Tabel 4.4</b> Perhitungan Jarak Euclidian dan Indeks Kedekatan.....	54
<b>Tabel 4.5</b> Perbandingan Hasil AHP dan TOPSIS.....	55



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.2</b> Diagram Alir Metodologi Penelitian .....	6
<b>Gambar 1.2</b> Diagram Alir Metodologi Penelitian ( <i>lanjutan</i> ) .....	7
<b>Gambar 2.1</b> Struktur hierarki AHP .....	18
<b>Gambar 3.1</b> <i>Trailer Tipping</i> untuk traktor .....	28
<b>Gambar 3.2</b> Mini traktor dengan <i>scissor/hi-lift</i> .....	29
<b>Gambar 3.3</b> Truk Prime Over .....	29
<b>Gambar 3.4</b> Proses memindahkan TBS ke dalam bin .....	30
<b>Gambar 4.1</b> Bobot Kriteria Utama.....	46
<b>Gambar 4.2</b> Bobot Lokal Subkriteria dalam Kriteria Kerusakan .....	46
<b>Gambar 4.3</b> Bobot Lokal Subkriteria dalam Kriteria Biaya .....	47
<b>Gambar 4.4</b> Bobot Lokal Subkriteria dalam Kriteria Nilai Tambah .....	47
<b>Gambar 4.5</b> Bobot Lokal Subkriteria Pada Kriteria Keandalan Teknik Pemeliharaan .....	48
<b>Gambar 4.6</b> Hierarki pengambilan keputusan .....	49
<b>Gambar 4.7</b> Urutan Bobot Global terbesar untuk Subkriteria .....	50
<b>Gambar 4.8</b> Nilai Sintesa Akhir untuk Alternatif Sistem Pemeliharaan .....	50

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Kuesioner <i>Pairwise Comparison</i> .....	61
<b>Lampiran 2.</b> Hasil Kuesioner <i>Pairwise Comparison</i> .....	71
<b>Lampiran 3.</b> Matriks Perbandingan Berpasangan Kriteria dan Alternatif .....	74
<b>Lampiran 4.</b> Perhitungan TOPSIS .....	76



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri perkebunan kelapa sawit telah mengalami perkembangan yang cukup pesat dalam beberapa tahun terakhir. Meskipun Indonesia telah mengalami beberapa kali krisis ekonomi, namun perkembangan industri ini dapat terus bertahan hingga saat ini. Menurut BPS, puncak produksi minyak kelapa sawit (*crude palm oil*) di Indonesia terjadi pada tahun 2008 yaitu mencapai 19,2 juta ton dan menyumbang pendapatan domestik bruto sekitar 4,5%. Produksi ini mengungguli produksi Malaysia sebanyak 17,8 juta ton sehingga Indonesia menjadi penyumbang produksi CPO tertinggi di dunia. Pada tahun 2009, produksi CPO melemah sekitar 19,4 juta ton dan untuk tahun 2010 ini diprediksikan turun sekitar 15-20% mengingat badai *El Nino* yang mungkin menlanda perkebunan nasional, namun pemerintah optimis akan menembus angka 20 juta ton..

Dalam perkembangannya, peningkatan produksi CPO di Indonesia sejalan dengan peningkatan luas tanah perkebunan yang digunakan dalam produksi. Menurut BPS, pada tahun 2008 luas perkebunan kelapa sawit sekitar 7,2 hektar, sedangkan pada tahun 2009 luasnya bertambah menjadi 7,69 hektar. Pada 2010 diperkirakan luas perkebunan ditingkatkan menjadi 8,12 hektar. Pertambahan luas perkebunan kelapa sawit tentu memberikan beberapa pertimbangan bagi produsen dalam negeri. Industri perkebunan kelapa sawit ini sangat bergantung pada kemampuan operasional yang memadai untuk mengelola luas perkebunan yang semakin besar. Salah satu bagian operasional yang cukup vital dalam industri ini adalah sistem transportasi internal industri, dalam hal ini berarti truk pengangkut kelapa sawit. Perkembangan lahan kelapa sawit yang semakin luas membutuhkan kehandalan transportasi yang mampu dioperasikan secara terus menerus (kontinyu) dan tanpa cacat (*flawless*).



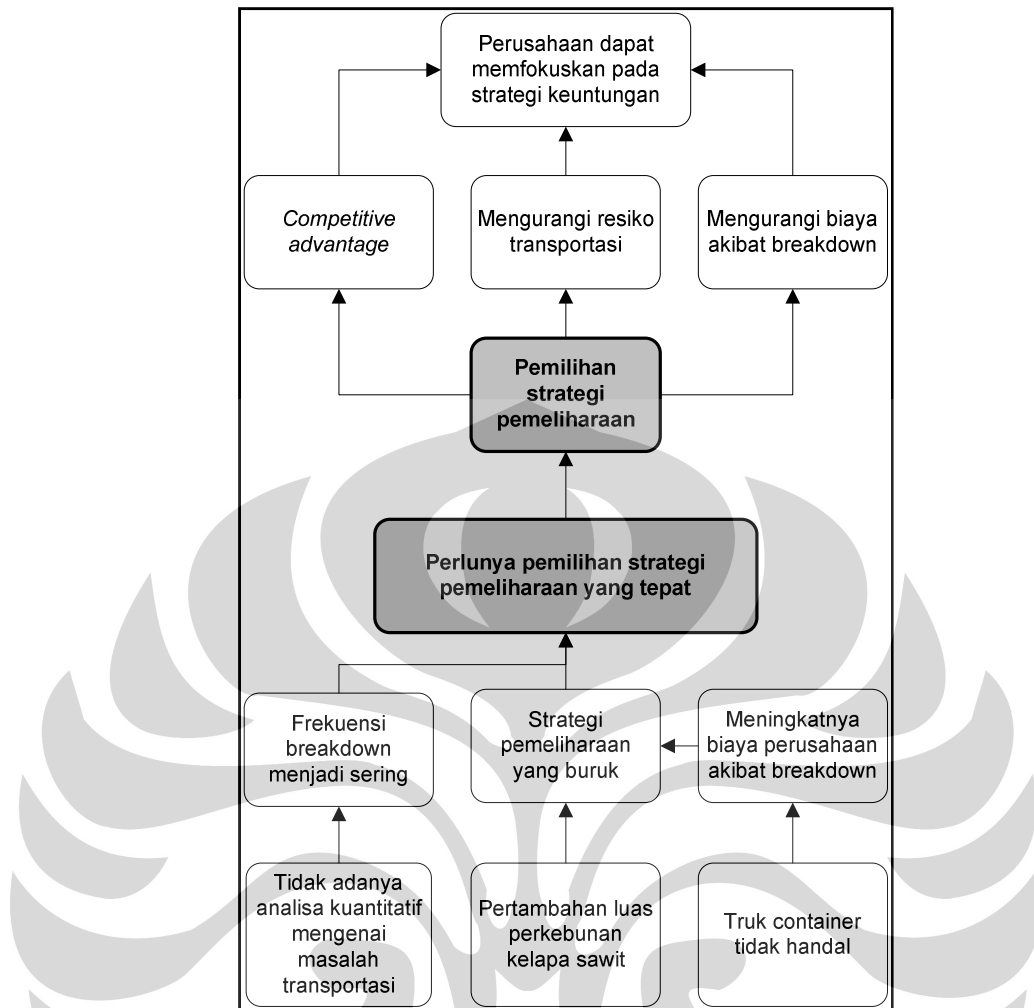
Penggunaan alat transportasi secara terus menerus dapat memicu terjadinya resiko kerusakan pada alat transportasi. Resiko kerusakan dapat mulai dari hal yang kecil hingga *breakdown* mesin/peralatan. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem pemeliharaan yang tepat untuk menghindari terjadinya resiko operasional pada alat transportasi tersebut. Lebih jauh lagi, sistem pemeliharaan yang diimplementasikan pada alat transportasi ini harus paling tidak mencakup tiga hal. Pertama, menjamin bahwa peralatan yang dipakai dapat berjalan dengan kontinyu. Kedua, sistem pemeliharaan ini harus hemat biaya dan waktu. Ketiga, sistem pemeliharaan ini harus mendatangkan keuntungan strategis bagi perusahaan, baik secara material maupun non-material. Oleh karena itu, pemilihan sistem pemeliharaan haruslah tepat dan sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan perusahaan.

Penelitian ini akan dilakukan pada salah satu anak perusahaan kelapa sawit terbesar di Indonesia, yang bertempat di Riau. Secara spesifik, penelitian ini mengambil data pada salah satu kebun perusahaan tersebut, dengan menggunakan kuesioner terhadap responden. Pemeliharaan truk kontainer pada perusahaan tersebut menjadi penting karena meskipun pemeliharaan telah diterapkan, namun masih saja terjadi kerusakan dan menimbulkan biaya penggantian yang cukup besar. Pemeliharaan yang dilaksanakan tidak hanya handal dalam mengidentifikasi kerusakan, harus juga hemat biaya, memiliki nilai tambah, dan mendukung keselamatan karyawan. Kriteria-kriteria ini seringkali saling bertentangan dan mempunyai bobot yang berbeda bagi tiap perusahaan.

Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian mengenai pemilihan strategi pemeliharaan dengan melihat kondisi perusahaan dan tantangan yang akan dihadapinya.

## **1.2 Diagram Keterkaitan Masalah**

Hubungan antara masalah operasional yang berhubungan dengan ketidakhandalan transportasi serta kebutuhan akan manajemen pemeliharaan yang tepat dapat digambarkan pada diagram berikut ini:



**Gambar 1.1** Diagram Keterkaitan Masalah

### 1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan diagram keterkaitan masalah di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah perlu adanya pengambilan keputusan mengenai pemilihan strategi pemeliharaan yang optimal untuk truk kontainer kelapa sawit yang sesuai dengan kerangka berfikir perusahaan.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini adalah memilih strategi pemeliharaan yang optimum untuk truk kontainer pada industri kelapa sawit.

#### 1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini mempunyai batasan-batasan sebagai berikut:

1. Obyek penelitian ini adalah truk kontainer pengangkut kelapa sawit, meliputi sistem pemeliharaan dan resiko kerusakannya.
2. Penelitian dilakukan dengan mengambil studi kasus pada perusahaan transportasi yang merupakan anak perusahaan produksi kelapa sawit terbesar di Indonesia. Pengambilan data dilakukan pada kebun terbesar milik perusahaan tersebut.
3. Responden penelitian ini adalah karyawan dari divisi operasional bagian transportasi di kebun kelapa sawit tersebut.

#### 1.6 Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu:

1. Perumusan masalah  
Pada tahap pertama, peneliti akan mengidentifikasi masalah sesuai topik yang akan dibahas, meliputi cakupan dan kemungkinan pengembangannya. Pada tahap ini juga peneliti menentukan data-data yang akan diperlukan.
2. Penyusunan tinjauan pustaka  
Menentukan dan menyusun tinjauan pustaka yang dapat digunakan dalam penelitian ini. Adapun teori yang akan dibahas meliputi manajemen pemeliharaan, MADM (*multi attribute decision making*), AHP (*analytical hierarchy process*), dan TOPSIS (*technique for order preference by similarity to ideal solution*).

### 3. Pengumpulan data

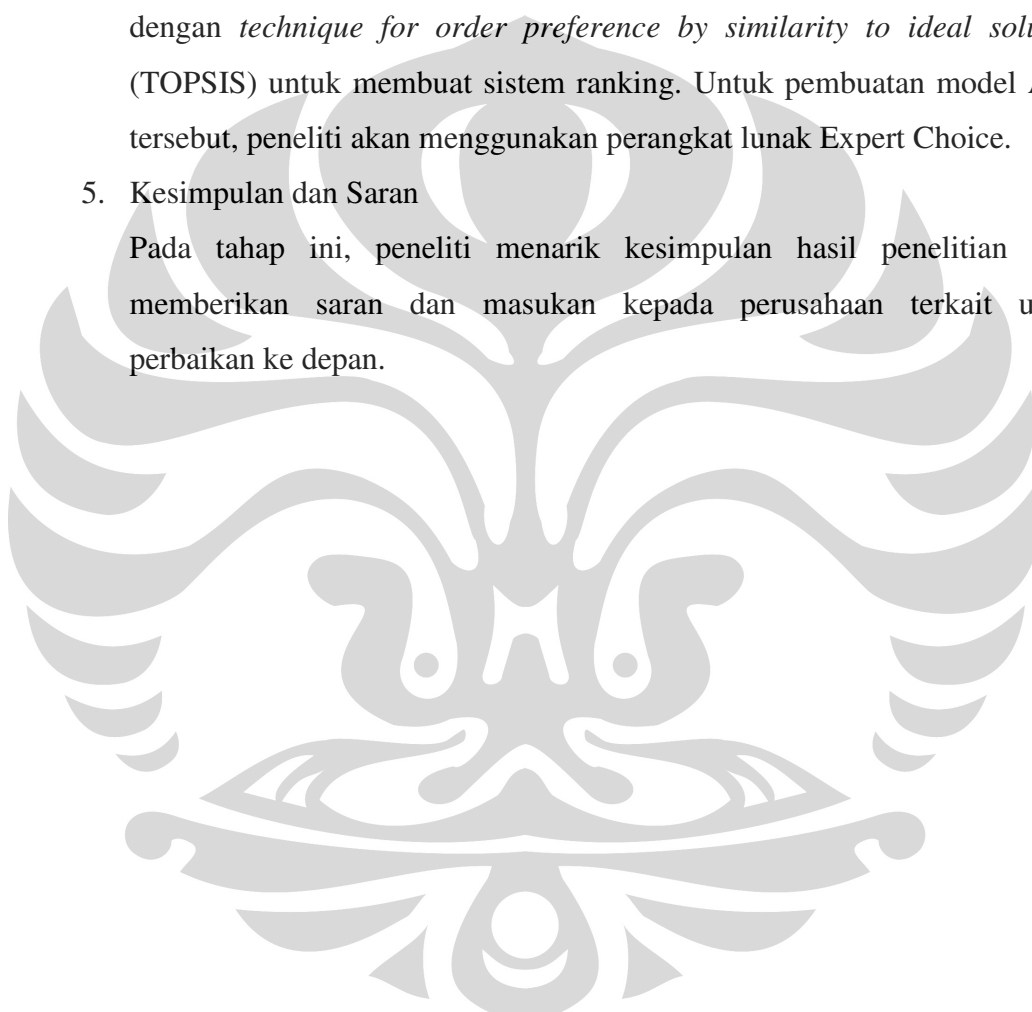
Data-data yang akan dibahas disini meliputi data primer yang diperoleh dengan menggunakan kuesioner kepada para responden. Responden adalah karyawan terkait bidang operasional pada perusahaan kelapa sawit.

### 4. Pengolahan data dan Analisis

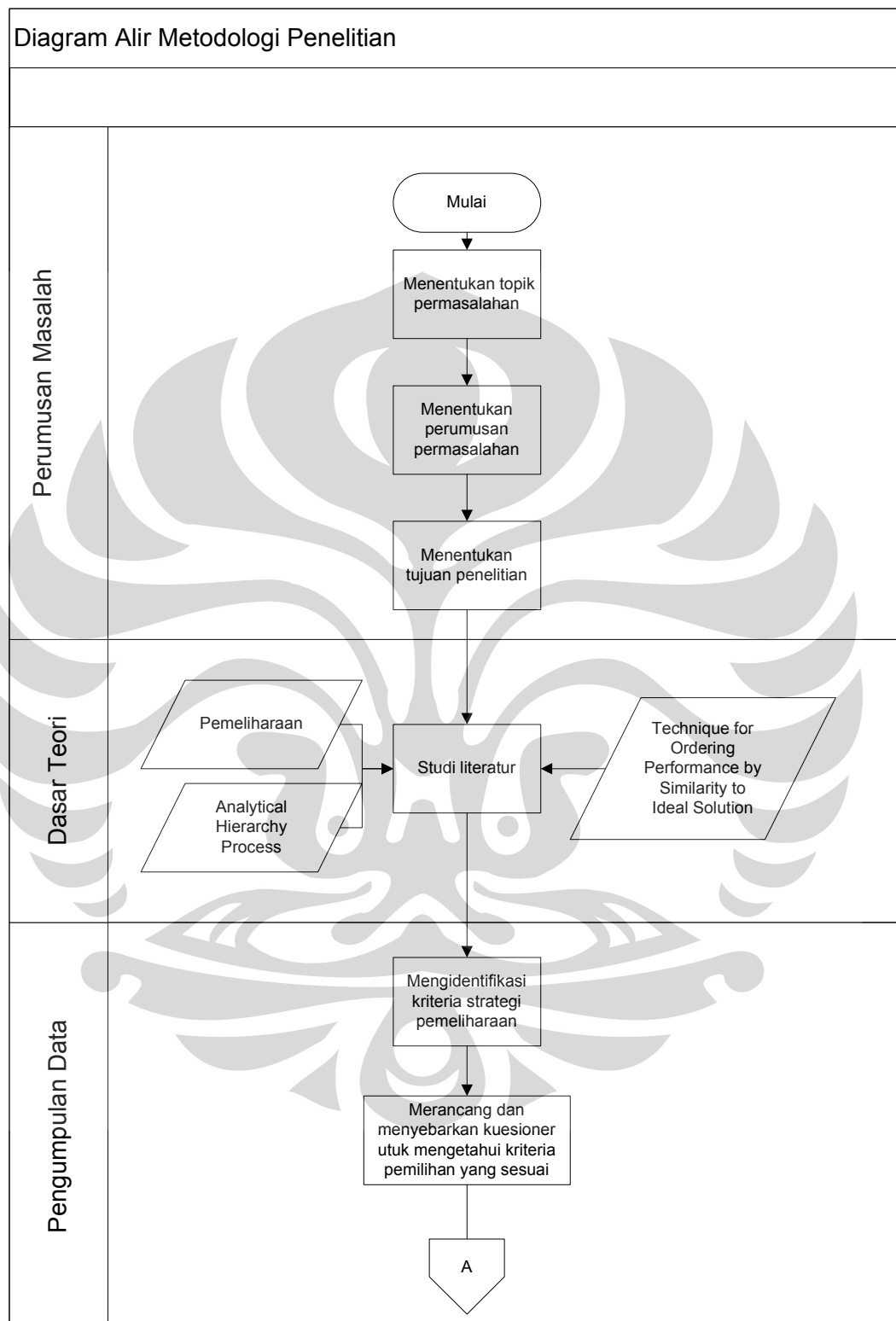
Pengolahan data digunakan dengan menggunakan metode *analytical hierarchy process* (AHP) untuk membuat model dan kemudian dilanjutkan dengan *technique for order preference by similarity to ideal solution* (TOPSIS) untuk membuat sistem ranking. Untuk pembuatan model AHP tersebut, peneliti akan menggunakan perangkat lunak Expert Choice.

### 5. Kesimpulan dan Saran

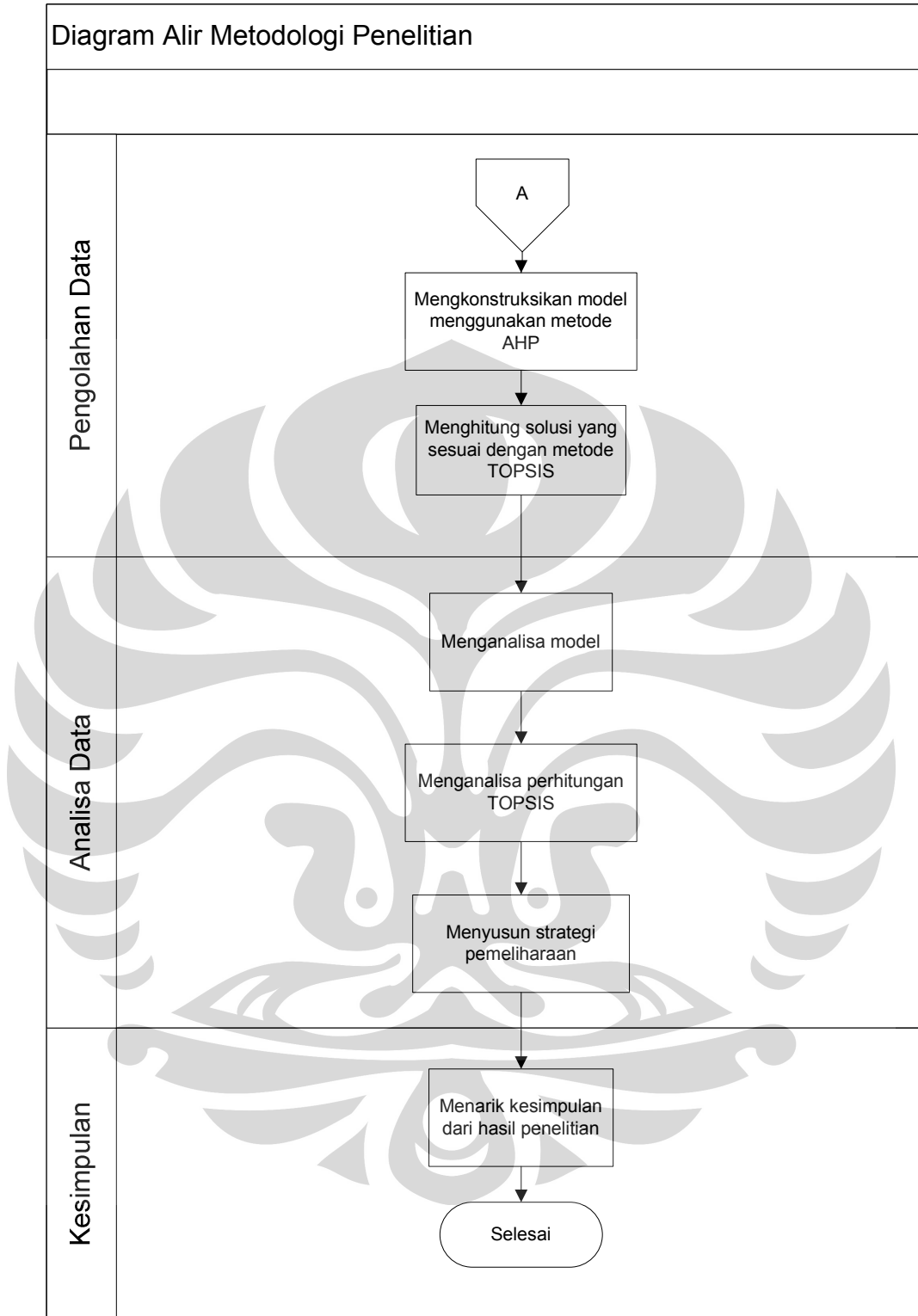
Pada tahap ini, peneliti menarik kesimpulan hasil penelitian serta memberikan saran dan masukan kepada perusahaan terkait untuk perbaikan ke depan.



## 1.7 Diagram Alir Metodologi Penelitian



**Gambar 1.2** Diagram Alir Metodologi Penelitian



**Gambar 1.2** Diagram Alir Metodologi Penelitian (*lanjutan*)

## 1.8 Sistematika Penulisan

Penelitian mengenai pemilihan sistem manajemen pemeliharaan truk kontainer industri kelapa sawit ini akan dipaparkan dalam beberapa bab.

1. Bab Pendahuluan akan membahas mengenai latar belakang pemilihan masalah, perumusan masalah, tujuan dan batasan penelitian, serta diagram keterkaitan masalah dan diagram alir metodologi.
2. Bab Tinjauan Pustaka akan membahas tinjauan pustaka mengenai metode yang akan digunakan pada penelitian ini, yaitu tentang pemeliharaan dan sistem pengambilan keputusan dengan multi-atribut, meliputi *analytical hierarchy process*, dan *technique for order preference by similarity to ideal solution*.
3. Bab Metodologi Penelitian akan dibahas mengenai data-data yang dikumpulkan, baik data primer maupun sekunder, serta pembentukan model pengambilan keputusan.
4. Bab Pembahasan akan dijelaskan secara mendalam analisa model pengambilan keputusan sistem pemeliharaan dan hasil perhitungan yang telah dibuat pada bab sebelumnya.
5. Bab Kesimpulan dan Saran akan membahas kesimpulan menyeluruh dan saran mengenai penelitian ini

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai dasar teori yang digunakan pada penelitian ini. Untuk itu, bab ini akan dibagi menjadi dua sub bab utama, yaitu sub bab pemeliharaan, dan sub bab pengambilan keputusan multi atribut (*multi attribute decision making*). Sub bab pertama menjelaskan konsep pemeliharaan serta tipe-tipe pemeliharaan yang menjadi alternatif solusi dalam penelitian ini. Sub bab kedua menjelaskan tentang teori pengambilan keputusan multi-atribut. Sub bab ini juga akan membahas dua metode MADM yang akan dipakai, yaitu *analytical hierarchy process* (AHP) dan *technique of ordering preferences by similarity to ideal solution* (TOPSIS). Secara garis besar juga akan dibahas mengenai konsep dasar dan langkah-langkah perhitungan yang akan digunakan pada penelitian ini.

#### 2.1 Pemeliharaan

Definisi pemeliharaan adalah segala aktifitas yang dilakukan untuk mempertahankan kondisi sebuah item/komponen/peralatan, atau mengembalikannya ke dalam kondisi tertentu<sup>1</sup>. Sedangkan Komite Standarisasi Eropa (*Comitee Europeen de Normalisation, European Committee for Standarization*) mendefinisikan pemeliharaan sebagai kombinasi dari teknik, administratif, dan aktifitas manajerial dalam suatu siklus hidup sesuatu untuk mempertahankan kondisi, atau mengembalikan keadaan kedalam suatu kondisi tertentu sehingga dapat menjalankan fungsinya dengan baik (SS-CEN 13306:2001)<sup>2</sup>

Manajemen pemeliharaan adalah segala aktifitas manajemen dalam menentukan tujuan dan prioritas, strategi, dan tanggung jawab, serta implementasinya dalam bentuk perencanaan pemeliharaan, pengawasan, dan

---

<sup>1</sup> Dhillon, B.S. (2006). *Maintanability, Maintenance, and Reliability for Engineering*. New York: Taylor and Francis Group. p.3.

<sup>2</sup> Bengtsson, M. (2004). *Condition Based Maintenance System – An Investigation of Technical Constituents and Organizational Aspects*. Malardalen University. p. 15.



peningkatan metode, termasuk di dalamnya aspek ekonomis dalam organisasi.<sup>3</sup> Beberapa literatur mendefinisikan manajemen pemeliharaan sebagai manajemen asset yang dimiliki perusahaan, dan dipandang dengan memaksimalkan nilai return on investment (ROI) dari asset tersebut. Sedangkan Al-Najjar (1997) dan Kelly (1997) mendefinisikan strategi pemeliharaan meliputi identifikasi, penelitian, dan pelaksanaan berbagai macam keputusan yang terkait dengan perbaikan, penggantian, maupun inspeksi kondisi peralatan atau asset.<sup>4</sup>

Beberapa keuntungan yang didapat dengan menerapkan pemeliharaan sebagai penopang strategi perusahaan<sup>5</sup>:

- Mengurangi total biaya pemeliharaan (biaya suku cadang dan biaya overtime)
- Memiliki stabilitas proses yang lebih baik
- Memperpanjang usia peralatan dan mesin
- Mengoptimalkan jumlah suku cadang
- Meningkatkan keselamatan karyawan/operator
- Mengurangi kerusakan lingkungan sekitar

Sembilan langkah penerapan manajemen pemeliharaan yang efektif, menurut Dhillon meliputi<sup>6</sup>:

- Identifikasi kekurangan/defisiensi
- Menentukan tujuan pemeliharaan
- Menentukan prioritas
- Menentukan parameter pengukuran performa
- Menentukan rencana jangka pendek dan rencana jangka panjang
- Mengimplementasikan rencana

<sup>3</sup> Marquez, A.C. (2007), *The Maintenance Management Framework*. Springer Series in Reliability Engineering, p. 3-4.

<sup>4</sup> Al-Najjar, B., Alsyuf, I., (2003), *Selecting the most efficient maintenance approach using fuzzy multiple criteria decision making*. International Journal Production Economics. ELSEVIER, p. 85-86.

<sup>5</sup> Mobley, R.K. *Maintenance Engineering Handbook 7<sup>th</sup> Edition* (2008). New York: McGraw-Hill. p. 15-17.

<sup>6</sup> Dhillon, B.S. (2002). *Engineering Maintenance – A Modern Approach*. New York: CRC Press. p. 26-27.

- Mendokumentasi hasil pelaksanaan rencana jangka panjang maupun pendek
- Reportase status
- Memeriksa progres tahunan

Dalam pelaksanaannya, pemeliharaan pada suatu mesin bisa saja berbeda untuk mesin lainnya. Pemeliharaan sebaiknya dilakukan dengan mengklasifikasi mesin dan peralatan kedalam beberapa golongan sehingga penerapan pemeliharaan dapat menjadi efektif. Klasifikasi mesin/peralatan yang menjadi sasaran sistem pemeliharaan dapat dibagi tiga<sup>7</sup>, yaitu:

#### 1. Kategori kritis

Mesin/peralatan yang dianggap kritis dalam pemeliharaan umumnya memiliki kriteria berikut:

- Kerusakannya dapat membahayakan area pabrik
- Mesin/peralatan yang jika rusak/*breakdown* dapat menghambat seluruh kegiatan produksi
- Mesin/peralatan yang mempunyai biaya inisial yang tinggi, tidak dapat diperbaiki, atau dapat diperbaiki namun dengan biaya yang mahal dan waktu yang lama.
- Mesin/peralatan yang performanya sensitive terhadap kerusakan kecil
- Mesin/peralatan yang jika dipelihara dapat meningkatkan efisiensi dan menghemat energy

#### 2. Kategori esensial

Mesin/peralatan yang dianggap esensial dalam pemeliharaan umumnya memiliki kriteria:

- Kerusakannya dapat membahayakan area pabrik
- Mesin/peralatan yang membutuhkan waktu yang tidak terlalu lama dan biaya yang tidak terlalu mahal dalam perbaikannya.

---

<sup>7</sup>Scheffer, C. & Girdhar P., (2004). *Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive maintenance* (2004). London: Elsevier. p. 5-6.

- Mesin/peralatan yang performanya sensitive terhadap kerusakan kecil, namun kerusakannya dapat dianalisa secara historis.
- Mesin/peralatan yang memerlukan perawatan berkala

### 3. Kategori Umum

Mesin/peralatan yang termasuk kategori umum dalam pemeliharaan memiliki kriteria:

- Kerusakannya tidak membahayakan area pabrik
- Mesin/peralatan yang fungsinya tidak kritis pada rantai produksi
- Mesin/peralatan yang mempunyai cadangan

Sistem pemeliharaan sebagai strategi perusahaan untuk mendukung kinerja produksi, menurut Swanson<sup>8</sup> dapat dibagi menjadi tiga garis besar:

#### 1. Pemeliharaan reaktif (*Reactive Maintenance*)

Prinsip pemeliharaan ini adalah aktifitas pemeliharaan (baik penggantian atau perbaikan) hanya dilakukan jika mesin atau peralatan tersebut rusak. Pemeliharaan reaktif memiliki kelebihan dalam meminimalkan jumlah biaya dan pekerja yang dibutuhkan untuk melakukan pemeliharaan. Namun kekurangannya adalah kerusakan yang tidak dapat di prediksi sewaktu-waktu, tingginya jumlah scrap, dan tingginya biaya yang diakibatkan kecelakaan akibat *breakdown* pada mesin/peralatan.

#### 2. Pemeliharaan proaktif (*Proactive Maintenance*)

Pemeliharaan proaktif adalah strategi pemeliharaan dimana kerusakan/*breakdown* dapat dihindari dengan melakukan aktifitas-aktifitas yang mengawasi kondisi mesin dan melakukan perbaikan-perbaikan minor untuk mempertahankan kondisi mesin dalam keadaan optimal. Pemeliharaan proaktif terdiri dari pemeliharaan preventif dan pemeliharaan prediktif.

---

<sup>8</sup> Swanson, L. (2001), *Linking maintenance strategies to performance*. International Journal of Production Economics. p. 2-3

- Pemeliharaan preventif (*Preventive maintenance*)

Pemeliharaan preventif pada prinsipnya adalah pemeliharaan berdasarkan pemakaian. Aktifitas pemeliharaan dilakukan setelah penggunaan mesin/peralatan selama periode tertentu. Tipe pemeliharaan ini mempunyai asumsi bahwa mesin akan mengalami kerusakan/*breakdown* pada satu periode tertentu. Kelebihan pemeliharaan ini adalah dapat mengurangi kemungkinan *breakdown* serta dapat memperpanjang umur mesin/peralatan. Kelemahannya adalah aktifitas pemeliharaan dapat menginterupsi jalannya sistem produksi.

- Pemeliharaan prediktif (*Predictive maintenance*)

Pemeliharaan prediktif sering dirujuk sebagai pemeliharaan berdasarkan kondisi. Artinya, aktifitas pemeliharaan baru dilakukan pada suatu kondisi mesin tertentu. Dalam pemeliharaan prediktif, digunakan berbagai peralatan untuk mendiagnosa mesin untuk mengukur kondisi fisik dari mesin, seperti getaran, suhu, kebisingan, pelumasan, dan korosi. Ketika salah satu parameter ini mencapai kondisi tertentu, aktifitas pemeliharaan dilakukan dengan mengembalikan ke kondisi semula.

Pemeliharaan prediktif mempunyai premis yang sama dengan pemeliharaan preventif, namun dengan kriteria yang berbeda untuk melakukan aktifitas pemeliharaan. Sama seperti pemeliharaan preventif, pemeliharaan prediktif mampu mengurangi kemungkinan terjadinya *breakdown*.

3. Pemeliharaan agresif (*Aggressive Maintenance*)

Pemeliharaan agresif mengupayakan segala cara untuk menghindari kerusakan mesin/peralatan. Pemeliharaan agresif, seperti *Total Productive Maintenance* (TPM). Pendekatan yang dilakukan TPM tidak hanya mencakup pada pencegahan kerusakan, namun meliputi seluruh kegiatan pada rantai produksi, dan melibatkan seluruh karyawan,

tidak hanya dari divisi pemeliharaan saja<sup>9</sup>. Parameter pada TPM adalah meningkatnya efektifitas penggunaan peralatan secara menyeluruh (*overall equipment effectiveness*).

Aktifitas pemeliharaan pada TPM meliputi eliminasi 6 *wastes*, yaitu: kegagalan mesin, waktu setup dan adjustment, gangguan kemacetan dan idle, serta kerusakan/cacat produk. Dalam TPM, dibentuk suatu grup kecil yang mengkoordinasikan divisi pemeliharaan dan divisi produksi untuk membantu pelaksanaan pemeliharaan. Para pekerja di bagian produksi juga terlibat dalam melakukan pemeliharaan dan mempunyai peran yang penting dalam mengawasi kondisi mesin/peralatan. Upaya ini dapat meningkatkan keahlian para pekerja dan mengefektifkan peran pekerja dalam mempertahankan kondisi peralatan dalam keadaan optimal.

Sedangkan Bengtsson<sup>10</sup>, mengklasifikasikan sistem pemeliharaan sebagai berikut:

#### 1. *Corrective Maintenance*

*Corrective maintenance* adalah pemeliharaan yang menggunakan pendekatan aktifitas pemeliharaan hanya dilakukan ketika mesin/alat *breakdown*. Pengertian *corrective maintenance*, menurut SS-EN 1306 (2001) adalah: Pemeliharaan yang dilakukan setelah mengenali kerusakan yang terjadi dan bertujuan untuk mengembalikan kondisi ke keadaan dimana mesin/peralatan tersebut dapat berfungsi dengan baik. Tipe pemeliharaan ini dibagi menjadi dua, yaitu pemeliharaan korektif tertunda dan pemeliharaan korektif langsung. Pemeliharaan korektif tertunda dilakukan jika kerusakan/*breakdown* tidak mempengaruhi kinerja produksi secara keseluruhan. Aktifitas pemeliharaan kemudian dapat dilakukan di lain hari untuk mencegah terjadinya gangguan pada alur produksi. Pemeliharaan korektif langsung dilakukan secepatnya ketika kerusakan terjadi. Pemeliharaan tipe ini dilakukan jika mesin/peralatan tersebut dapat mempengaruhi aktivitas produksi secara keseluruhan.

<sup>9</sup> Al-Najjar, B. & Alsyouf, I. (2003), *Selecting the most efficient maintenance approach using fuzzy multiple criteria decision making*. International Journal of Production Economics, p.86-87

<sup>10</sup> Bengtsson, M., op. cit. p.15-22

## 2. *Preventive maintenance*

*Preventive maintenance*, menurut definisi SS-EN 13306-2001, merupakan pemeliharaan yang dilakukan pada (jadwal) interval atau kriteria yang telah ditentukan untuk mengurangi kemungkinan kerusakan atau degradasi fungsi mesin/peralatan. Berdasarkan pengertian ini, *preventive maintenance* dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

- *Predetermined maintenance*. Aktifitas pemeliharaan dilakukan berdasarkan interval waktu tertentu atau banyaknya penggunaan tanpa investigasi terlebih dahulu terhadap kondisi mesin/peralatan tersebut.
- *Condition based maintenance*. Aktifitas pemeliharaan preventif yang berdasarkan performa atau parameter pengawasan (*parameter monitoring*). Pengawasan terhadap performa dan parameter kondisi pada *condition based maintenance* (CBM), menurut Bengtsson, dapat dilakukan berdasarkan jadwal yang ditentukan atau kontinyu.

Bengtsson menjelaskan bahwa *predictive maintenance* merupakan bagian dari CBM dimana *predictive maintenance* menggunakan teknik peramalan berdasarkan data hasil pengawasan untuk memperkirakan kondisi mesin/alat di masa depan. Dalam hal ini, Bengtsson mempunyai pandangan yang sedikit berbeda dengan Swanson di atas.

Pemeliharaan prediktif pada dasarnya adalah pemeliharaan dengan memperhatikan kondisi mesin/peralatan. Aktifitas pemeliharaan dilaksanakan setelah kondisi mesin/peralatan mencapai parameter tertentu. Beberapa teknik yang digunakan dalam pemeliharaan prediktif adalah<sup>11</sup>:

1. *Vibration Monitoring*. Merupakan teknik yang paling efektif untuk mendeteksi kerusakan mekanik pada mesin berputar (*rotating machine*), seperti turbin dan generator.
2. *Acoustic emission*. Teknik untuk mendeteksi kerusakan dan retakan pada struktur bangunan dan pipa.

---

<sup>11</sup> Scheffer, C. & Girdhar P., op. cit., p. 7-8

3. *Oil Analysis*. Pada teknik ini, minyak pelumas dianalisa untuk mengawasi kondisi komponen mesin dinamik, seperti *bearing* dan *gear*.
4. *Particle Analysis*. Teknik untuk menganalisa partikel/debu yang diakibatkan penggunaan mesin yang sudah usang. Teknik ini dapat menentukan tren degradasi performa mesin tersebut.
5. *Corosion Monitoring*. Mengukur tingkat karat pada struktur bangunan atau pipa dengan menggunakan sinar ultrasonik.
6. *Thermography*. Teknik ini digunakan untuk menganalisa peralatan mekanik dan elektrik dengan mengukur suhu pada komponen tersebut.
7. *Performance Monitoring*. Teknik yang paling efektif dalam mengukur permasalahan dalam suatu mesin/komponen dengan menggunakan konsep efisiensi.

## 2.2 Multi Attribute Decision-Making (MADM)<sup>12</sup>

Pengambilan keputusan dengan multi-atribut (*multi attribute decision-making*) adalah preferensi terhadap suatu alternatif solusi (dalam hal pemilihan, evaluasi, maupun pemeringkatan) dalam seperangkat alternatif yang tersedia yang mempunyai karakteristik multi-atribut dan seringkali bertentangan. MADM merupakan cabang dari MCDM (*multi criteria decision-making*). Selain MADM, cabang MCDM lainnya adalah MODM (*multi objective decision-making*). Pada MODM, tujuannya adalah merancang alternatif terbaik dengan berbagai tujuan yang saling bertentangan. Sebagai contoh, produsen mobil yang hendak memaksimalkan efisiensi bahan bakar dan kenyamanan berkendara.

Metode-metode dalam MADM umumnya mempunyai karakteristik yang sama, yaitu:

- Mempunyai sejumlah alternatif solusi yang akan dievaluasi/diprioritaskan/dipilih.

---

<sup>12</sup> Yoon, Kwangsun. & Hwang, C. L. (1995). *Multiple Attribute Decision Making: An Introduction Sage University Papers Series*. p. 1-7

- Setiap permasalahan memiliki atribut/kriteria yang menentukan bagaimana tujuan akan dicapai. Konteks dan jumlah atribut/kriteria yang dibentuk disesuaikan dengan permasalahan yang ada.
- Setiap atribut mempunyai unit ukur yang dapat berupa kualitatif maupun kuantitatif. Unit ukur kuantitatif juga belum tentu memiliki satuan ukur yang sama dalam tiap-tiap atribut.
- Hampir semua metode dalam MADM mengharuskan adanya informasi tentang kepentingan relatif (*relative importance*) antar atribut.
- Setiap proses pengerjaan MADM dapat digambarkan dengan format matriks  $m \times n$ , dimana  $m$  merupakan baris alternatif, sedangkan  $n$  merupakan set kriteria. Elemen  $x_{mn}$  dibaca sebagai nilai alternatif baris  $m$  terhadap kriteria kolom  $n$ .

Hwang dan Yoon (1981) memberikan taksonomi untuk metode-metode di dalam MADM. Pada klasifikasi ini, metode dikategorikan berdasarkan tipe informasi yang diterima oleh pengambil keputusan. Klasifikasi metode dapat dilihat pada tabel berikut ini.

**Tabel 2.1** Taksonomi metode MADM

	Type of Information from DM	Salient Feature of Information	Major Class of Method
<b>Multiple Attribute Decision Making</b>	No Information		Dominance
	Information on Environment	Pesimistic	Maximin
		Optimistic	Maximax
	Information on Attribute	Standard Level	Conjunctive Method
			Disjunctive Method
		Ordinal	Lexicographic Method
			Elimination by Aspect
		Cardinal	Simple Additive Weighting
			Weighted Product
			TOPSIS
ELECTRE			
	Median Ranking Method		
	AHP		

Sumber: Yoon, Kwangsun. & Hwang, C. L. (1995). *Multiple Attribute Decision Making: An Introduction*



Jika tidak ada informasi yang diberikan, maka metode *Dominance* dapat diterapkan. Jika informasi memberikan keterangan tentang lingkungan, baik bersifat pesimis atau optimis, maka metode *Maximin* atau *Maximax* dapat diterapkan. Jika informasi yang diberikan kepada pengambil keputusan merupakan informasi tentang atribut, informasi tersebut dapat dibagi menjadi beberapa jenis. Pertama, berupa *standard level* minimum pada atribut. Kedua, berupa bobot atribut berdasarkan skala ordinal. Ketiga, berdasarkan skala kardinal.

Dalam pemilihan strategi pemeliharaan truk kontainer, penelitian ini menggunakan metode AHP dan TOPSIS yang akan dijabarkan pada bagian selanjutnya.

### 2.2.1 Analytical Hierarchy Process (AHP)

*Analytical Hierarchy Process* merupakan suatu alat yang membantu pengambilan keputusan dengan memodelkan permasalahan yang kompleks ke dalam struktur hierarki yang menunjukkan hubungan antara tujuan, kriteria, sub kriteria, dan alternatif solusi. AHP dapat membantu untuk menyusun nilai-nilai subyektif seperti pengalaman, pandangan, dan intuisi ke dalam cara yang logis. AHP juga dapat menggabungkan pertimbangan obyektif dan subyektif ke dalam proses pengambilan keputusan.

Pengambilan keputusan menggunakan AHP memiliki 3 fase<sup>13</sup>:

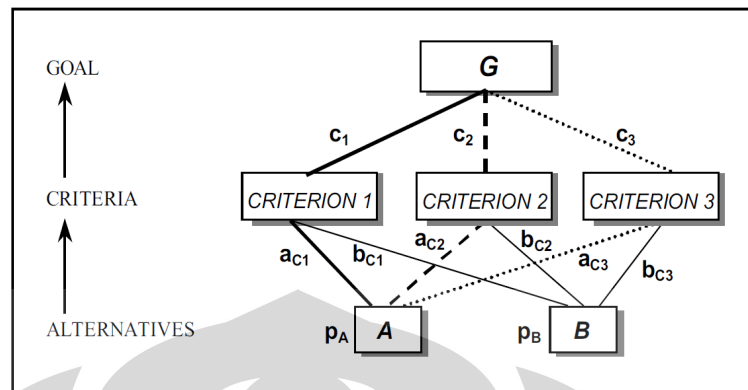
#### 1. *Dekomposisi.*

Penguraian masalah menjadi unsur-unsur yang lebih kecil, Unsur-unsur ini ditentukan derajat kedudukannya sehingga membentuk suatu struktur hierarki. Model hierarki umumnya terdiri dari 3 bagian, yaitu:

- Bagian atas: Tujuan/goal utama dalam pengambilan keputusan.
- Bagian tengah: Kriteria dan sub-kriteria dalam pengambilan keputusan
- Bagian bawah: Alternatif solusi

<sup>13</sup> Buyukyazici, M. & Sucu, M., (2002), *The Analytic Hierarchy And Analytic Network Processes*. Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics. p. 66-67

Struktur hierarki AHP merupakan struktur yang bersifat unidireksi (satu arah).



**Gambar 2.1** Struktur hierarki AHP

(sumber: Buyukyazici, M. & Sucu, M., *The Analytic Hierarchy And Analytic Network Process*)

Setiap elemen dalam hierarki hanya mempengaruhi elemen di atasnya, sedangkan antar elemen dalam level yang sama tidak saling mempengaruhi (*independence*). Hal ini memudahkan para pengambil keputusan untuk menstrukturkan modelnya sendiri dengan mudah.

## 2. Penilaian berbanding.

Membuat tingkat kepentingan/preferensi antara dua kriteria pada suatu tingkat tertentu dalam kaitannya dengan tingkat di atasnya. Hasil dari penilaian berbanding ini akan membentuk matriks penilaian berpasangan (*comparative pair wise matrix*). Dalam melakukan penilaian berbanding, AHP menggunakan skala 1-9 untuk menentukan nilai relatif satu kriteria dibanding dengan kriteria yang lain.

Dalam perbandingan berpasangan, berlaku aksioma timbal-balik (*reciprocal*), yaitu bahwa, jika satu kriteria A mempunyai nilai 3 kali lebih penting dibanding nilai B, maka nilai B adalah  $1/3$  kali kurang penting dibanding nilai A. Sehingga, perbandingan berpasangan antara dua elemen yang sama akan bernilai satu. Keluaran dari penilaian berbanding adalah matriks penilaian berbanding berukuran  $m \times n$ , dimana  $m$  merupakan baris kriteria, sedangkan  $n$  merupakan kolom alternatif.

**Tabel 2.2** Skala dalam perbandingan berpasangan

Tingkat kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua kriteria sama penting	Kedua kriteria mempunyai kontribusi yang sama penting dalam pemilihan sistem pemeliharaan
3	Kriteria yang satu lebih sedikit lebih penting daripada yang lainnya	Kriteria yang satu mempunyai kontribusi yang sedikit lebih penting daripada kriteria yang lainnya dalam pemilihan sistem pemeliharaan
5	Kriteria yang satu lebih penting daripada yang lainnya	Kriteria yang satu mempunyai kontribusi yang lebih penting daripada kriteria yang lainnya dalam pemilihan sistem pemeliharaan
7	Kriteria yang satu sangat lebih penting daripada yang lainnya	Kriteria yang satu mempunyai kontribusi yang sangat lebih penting daripada kriteria yang lainnya dalam pemilihan sistem pemeliharaan
9	Kriteria yang satu mutlak sangat lebih penting daripada yang lainnya	Kriteria yang satu mempunyai kontribusi yang mutlak sangat lebih penting daripada kriteria yang lainnya dalam pemilihan sistem pemeliharaan
2,4,6,8	Nilai tengah diantara dua pertimbangan yang berdekatan	Diberikan jika terdapat keraguan diantara kedua penilaian yang berdekatan

### 3. Sintesa hasil secara hierarki prioritas.

Setelah mendapatkan nilai perbandingan berpasangan untuk seluruh alternatif, maka dapat dibentuk *unweighted matrix*. *Unweighted matrix* merupakan matrix yang terdiri dari elemen-elemen dengan nilai vektor lokal hasil dari perbandingan berpasangan.

Untuk mensintesa hasil, *unweighted matrix* harus diagregatkan dengan bobot dari kriteria, dengan rumus:

$$p_{ij} = \sum_j w_j \cdot l_{ij} \quad (1)$$

dimana,

$p_{ij}$  : nilai vektor global untuk alternatif  $i$

$w_j$  : bobot kriteria  $j$

$l_{ij}$  : nilai vektor lokal kriteria  $j$

Ada dua tipe normalisasi yang dapat dilakukan dalam mensintesa hasil, yaitu:

- Tipe distributif, tipe ini mendistribusikan nilai prioritas kepada setiap elemen di kolom vektor. Tipe ini menjumlahkan kolom vektor lokal seluruhnya. Kemudian nilai vektor lokal tersebut dibagi dengan nilai hasil penjumlahan untuk mendapatkan hasil

ternormalisasi. Hasil tipe distributif ini, jika dijumlah kolom vektornya akan berjumlah 1.

- Tipe ideal, tipe ini menormalisasi kolom vektor dengan membagi elemen kolom vektor dengan nilai vektor terbesar.

Pada penggunaannya, tipe distributif merupakan tipe yang paling banyak dipakai dalam mensintesa hasil AHP. Tipe ini cocok dipakai pada sistem pengambilan keputusan tertutup, artinya, sistem pengambilan keputusan tidak menambahkan atau mengurangi alternatif yang sudah ada. Jika ada alternatif yang ditambahkan dikurangi pada model, maka akan terjadi pembalikan urutan (*rank reversal*). Jika sistem pengambilan keputusan bersifat terbuka, dimana pengambil keputusan memahami akan adanya alternatif yang ditambahkan atau dikurangi, dan ada pengaruh satu alternatif terhadap alternatif lainnya, maka tipe distributive kembali dapat digunakan. Namun jika pada sistem pengambilan keputusan terbuka, pengambil keputusan tidak ingin pertambahan alternatif akan mempengaruhi hasil, maka dipergunakan tipe ideal.

Dalam penilaian perbandingan berpasangan, subyektifitas merupakan kendala yang dapat mengganggu konsistensi penilaian. Pada AHP, pengukuran inkonsistensi menggunakan nilai CR (Consistency Ratio), dengan rumus:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

dimana CI (Consistency Index),

$$CI = \frac{\lambda_{maksimum} - n}{n-1} \quad (3)$$

Nilai n merupakan ordo matriks m x m kriteria, dari setiap kriteria yang dibentuk dari hasil penilaian berbanding.  $\lambda$  maksimum juga didapat dari matriks hasil penilaian berbanding. Sedangkan RI (Random Index), didapat dari nilai tabel.

**Tabel 2.3.** Nilai Random Index

<i>n</i>	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Nilai ambang batas (*threshold value*) dari CI adalah 0,1. Dapat diartikan bahwa tingkat kepercayaan pada pengambilan keputusan adalah 90% (dengan 10% kesalahan/inkonsistensi). Pada penggunaannya, nilai CI harus dibawah 0,1 untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

Berdasarkan konsistensinya, ada dua model AHP dapat dibagi menjadi dua<sup>14</sup>, yaitu:

1. Model Konsisten. Dalam model ini, prinsip-prinsip dibawah berlaku:
  - Properti transitif. Jika A lebih besar daripada B, dan B lebih besar daripada C, maka A merupakan mutlak lebih besar dibanding dengan C.
  - Nilai konsistensi numerik. Sebagai contoh, jika  $A = 3B$ , dan  $A = 2C$ , maka nilai  $B = 2/3 C$ .
  - Kedua prinsip diatas membuat nilai CR mutlak 0.
2. Model Inkonsisten. Model ini tidak memperhatikan nilai konsistensi numerik maupun properti transitif. Namun pengukuran konsistensi rasio diberlakukan dalam batas nilai 0,1.

Beberapa hal yang dapat menyebabkan inkonsistensi dalam AHP<sup>15</sup>:

1. Kurangnya informasi dalam mengevaluasi kriteria/alternatif
2. Kurangnya konsentrasi dalam penilaian berbanding
3. Struktur/model yang tidak mencakup keseluruhan permasalahan
4. Kesalahan input data ke dalam software/komputer

Aksioma dalam penggunaan AHP<sup>16</sup>:

1. Aksioma pertama, hubungan timbal-balik (*reciprocal*). Dalam satu tingkat kepentingan pada penilaian berbanding, jika A 3 kali lebih penting nilainya daripada B, maka nilai B adalah 1/3 kali kurang penting nilainya dibanding A.

<sup>14</sup> Adam, F. & Humphreys, P., (2008). *Encyclopedia of Decision Making and Decision Support Technologies*. New York: Information Science Reference. p. 32

<sup>15</sup> Foreman, E., *Decision by Objective*. George Washington University. p. 47

<sup>16</sup> Ibid. p.50

2. Aksioma kedua, homogenitas di dalam *cluster*. Kriteria-kriteria yang sedang diperbandingkan dalam satu tingkat kepentingan hendaknya tidak berbeda sangat jauh. Jika tidak, akan terjadi perbandingan yang tidak seimbang. Dalam mengkonstruksi hirarki, harus mempertimbangkan isi dan susunan *cluster*-nya agar tidak terjadi perbedaan satu *magnitude* (satu *magnitude* didefinisikan sebagai skala AHP 1-9).
3. Aksioma ketiga, penilaian elemen dalam hirarki tidak tergantung pada elemen dengan level dibawahnya. Jika ada hubungan, maka strukturnya tidak lagi menjadi hirarki, tetapi jaringan. Struktur ini diterapkan dalam *analytical network process*.
4. Aksioma keempat, ekspektasi para pengambil keputusan. Setiap hirarki disusun atas *rule of thumb* dari sebuah permasalahan, sehingga perhitungan-perhitungan yang dilakukan juga dapat memenuhi ekspektasi dari pengambil keputusan.

Kelebihan AHP dibanding dengan metode lain dalam pengambilan keputusan:

1. Model AHP mudah dimengerti dan dapat secara fleksibel diaplikasikan kedalam berbagai macam masalah
2. AHP mengintegrasikan pendekatan deduktif (umum-khusus) dalam menstrukturisasi masalah.
3. AHP dapat mengatasi ketidaktergantungan (*interdependence*) antar elemen dalam suatu sistem.
4. Model AHP mencerminkan kecenderungan alami berpikir dalam menyusun elemen-elemen dalam hierarki level dan menyusunnya dalam suatu *cluster*
5. AHP menyediakan skala untuk mengukur elemen-elemen *intangible* dan menyediakan metode dalam menyusun prioritas
6. AHP dapat menjaga konsistensi logis dari penilaian yang dilakukan dalam menentukan prioritas.
7. AHP memungkinkan responden untuk memperbaiki definisi masalah dan memperbaiki penilaian dan pemahaman masalah melalui repetisi/pengulangan.

8. AHP tidak memaksakan suatu consensus, namun mensintesa suatu hasil yang representatif dari berbagai pandangan.

Kelemahan penggunaan AHP dalam pengambilan keputusan<sup>17</sup>:

1. Proses yang lama dan berulang (*repetition*) membuat responden lelah
2. Subyektifitas memegang pengaruh pada keputusan akhir.
3. Pembalikan urutan (*rank reversal*) jika ada alternatif baru ditambahkan ke dalam struktur hierarki.
4. Struktur hierarki yang linear
5. Evaluasi keputusan yang statis
6. Berasumsi bahwa setiap elemen *independence*
7. Tidak ada mekanisme umpan balik.

#### 2.2.2 *Technique for Ordering Preferences by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS)<sup>18</sup>

TOPSIS merupakan salah satu alat bantu dalam pengambilan keputusan dengan menggunakan konsep indeks kedekatan terhadap solusi ideal positif. Konsep ini dikembangkan oleh Hwang dan Yoon (1981) dengan berasumsi bahwa, pada suatu masalah pengambilan keputusan dengan  $m$  kriteria dan  $n$  alternatif, maka sejumlah titik alternatif  $n$  dapat dipetakan pada sebuah ruang dimensi- $m$ . Hwang dan Yoon menganggap bahwa solusi yang optimal merupakan solusi yang mempunyai jarak terdekat terhadap solusi ideal positif, dan mempunyai jarak terjauh terhadap solusi ideal negatif.

Pada TOPSIS dikenal solusi ideal positif dan solusi ideal negatif. Solusi ideal positif adalah solusi yang merupakan pilihan rasional dengan nilai yang lebih baik, sedangkan solusi ideal negatif merupakan solusi dengan pilihan yang kurang disukai, dengan nilai yang lebih kecil. Umumnya solusi ideal positif sering diidentikkan dengan keuntungan, sedangkan solusi ideal negatif diidentikkan dengan biaya. Prinsip TOPSIS adalah mencari solusi alternatif yang mempunyai jarak terdekat dengan solusi ideal positif dan terjauh dari solusi ideal negatif.

<sup>17</sup> Adam, F. & Humphreys, P., op. cit. p.31

<sup>18</sup> Yoon, Kwangsun. & Hwang, C. L., op. cit., p.38-41

Pada suatu matriks keputusan  $m \times n$ , dengan  $m$  kriteria dan  $n$  alternatif, solusi ideal positif adalah:

$$A^+ = \{\max(r_{m1}), \max(r_{m2}), \max(r_{m3}), \dots, \max(r_{mn})\} \quad (4)$$

$$A^+ = \{r_1^+, r_2^+, r_3^+, \dots, r_n^+, \}$$

Sedangkan solusi ideal negatif adalah,

$$A^- = \{\min(r_{m1}), \min(r_{m2}), \min(r_{m3}), \dots, \min(r_{mn})\} \quad (5)$$

$$A^- = \{r_1^-, r_2^-, r_3^-, \dots, r_n^-, \}$$

Perhitungan TOPSIS hanya bisa dilakukan pada matriks keputusan, dengan  $i$  kriteria dan  $j$  alternatif. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Menghitung vektor ternormalisasi matriks

Vektor ternormalisasi yang digunakan untuk menghitung,  $r_{ij}$ , dihitung sebagai berikut

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (6)$$

2. Menghitung rating ternormalisasi dengan bobot

Rating ternormalisasi yang dibobotkan, dapat dihitung dengan rumus:

$$v_{ij} = w_j r_{ij}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (7)$$

Dimana  $w_j$  adalah bobot dari atribut ke- $j$

3. Mengidentifikasi solusi ideal positif dan solusi ideal negatif.

$$A^* = \{(\max v_{ij} \mid j \in J_1), (\min v_{ij} \mid j \in J_2) \mid i = 1, \dots, m\} \quad (8)$$

$$A^- = \{(\min v_{ij} \mid j \in J_1), (\max v_{ij} \mid j \in J_2) \mid i = 1, \dots, m\} \quad (9)$$

Dimana  $J_1$  merupakan atribut positif (keuntungan), sedangkan  $J_2$  merupakan atribut negatif (biaya, resiko)

4. Menghitung jarak

Konsep perhitungan jarak antara solusi ideal positif dan solusi ideal negative, menggunakan rumus Euclidean, sebagai berikut,

$$d_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}, i = 1, \dots, m \quad (10)$$



$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, i = 1, \dots, m \quad (11)$$

5. Menghitung indeks kedekatan

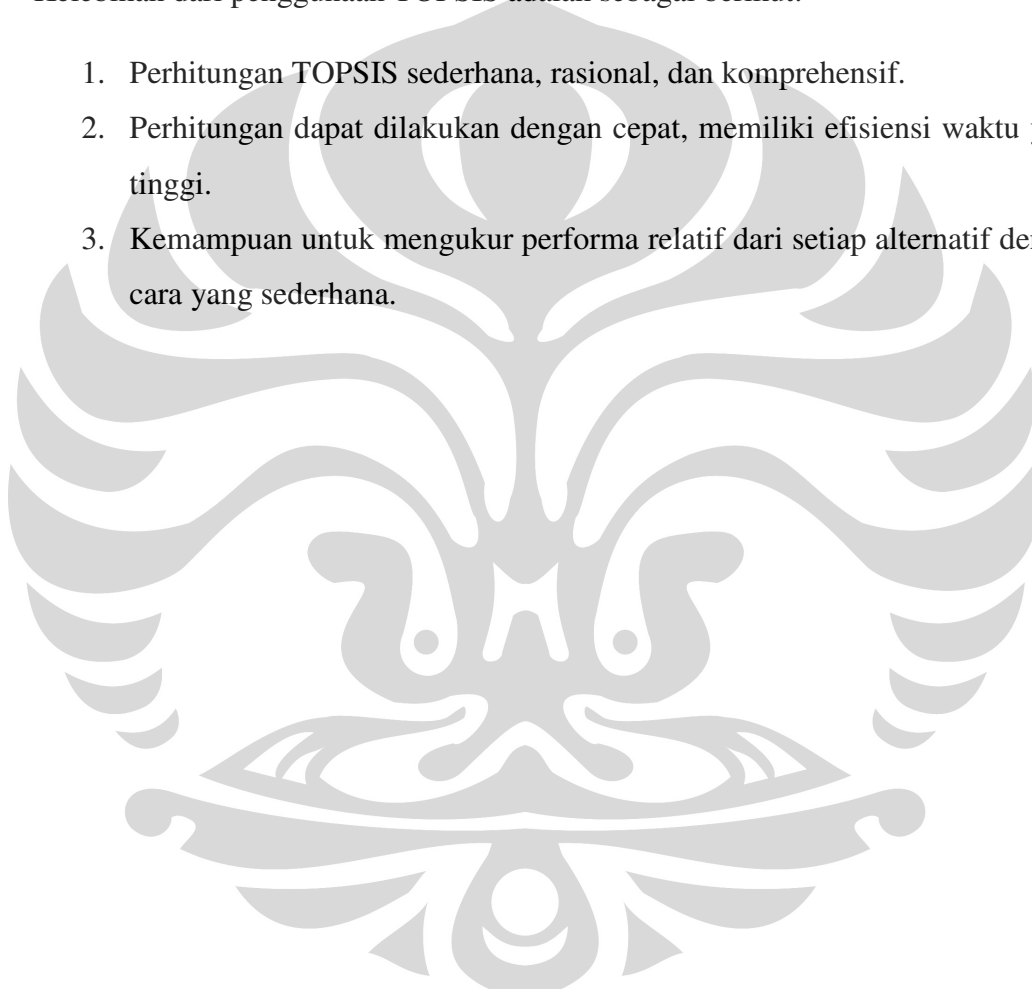
Menghitung indeks kedekatan terhadap solusi ideal positif, dengan rumus:

$$S_i^* = \frac{d_i^-}{(d_i^+ + d_i^-)}, i = 1, \dots, m \quad (12)$$

6. Mengurutkan hasil dengan urutan nilai  $S_i^*$  terbesar sebagai solusi optimum

Kelebihan dari penggunaan TOPSIS adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan TOPSIS sederhana, rasional, dan komprehensif.
2. Perhitungan dapat dilakukan dengan cepat, memiliki efisiensi waktu yang tinggi.
3. Kemampuan untuk mengukur performa relatif dari setiap alternatif dengan cara yang sederhana.



## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan menjelaskan mengenai pengumpulan data beserta pengolahannya. Bab ini dibagi menjadi beberapa subbab, yaitu subbab profil perusahaan, pengumpulan data, dan pengolahan data. Pada subbab profil perusahaan akan dijelaskan mengenai perusahaan yang menjadi tempat penelitian ini. Pada subbab pengumpulan data akan dijelaskan mengenai teknik pengumpulan data, beserta responden yang akan diambil informasinya. Dalam subbab terakhir akan dijelaskan hasil pengumpulan data mentah dari kuesioner untuk disusun kedalam model AHP.

#### **3.1 Profil Perusahaan**

PT. Libo Transport didirikan pada tahun 1991, yang dulunya bernama PT. Grahamas Indojoya sampai dengan tanggal 14 Agustus 2002 (saham 50% dimiliki oleh PT. Mitra Rajasa dan 50% PT. Sinar Mas) diganti menjadi PT. Trans Indojoya Mas mulai tanggal 15 Agustus 2002 sampai dengan tanggal 30 Nopember 2003.

Kemudian pada tanggal 1 Desember 2003 diganti lagi menjadi PT. Ivo mas Asia dan pada tanggal 1 Januari 2007 diganti menjadi **PT. Ivo Mas Tunggal** (IMT) sampai dengan saat ini dan merupakan perusahaan di bidang investasi perkebunan dan pabrik kelapa sawit, melayani jasa transportasi/pengangkutan TBS (tandan buah sawit), CPO (*crude palm oil*), PKO, Inti Sawit dan lain-lain.

Saat ini PT Ivo Mas Tunggal telah mengembangkan usahanya dengan mempunyai lahan seluas 87.000 hektar, 8 pabrik pengolahan kelapa sawit, dan mempunyai kapasitas produksi 450 ton CPO per jam.

Dalam mengembangkan produksi kelapa sawitnya, PT. IMT telah mengantongi sertifikat RSPO (*Roundtable on Sustainable Palm Oil*), sebuah asosiasi non-profit yang terdiri dari beberapa pemegang saham perusahaan kelapa

sawit besar, yang bertujuan untuk mempromosikan pertumbuhan dan konsumsi kelapa sawit yang berkelanjutan.

### 3.2 Sistem Transportasi Alat Berat Pada Industri Kelapa Sawit

Dalam memproduksi kelapa sawit, dibutuhkan sistem transportasi yang handal untuk mengumpulkan hasil kebun untuk diolah ke pabrik. Sistem transportasi pada perusahaan kelapa sawit dimodifikasi agar transportasi hasil perkebunan menjadi lebih efektif. Modifikasi tersebut diantaranya adalah:

- *Truck Crane*. Menggunakan *dump truck* dan *crane grabber* untuk transportasi buah dari kebun ke pabrik secara langsung. Dioperasikan oleh 1-2 orang.
- Traktor dengan *Trailer Tripping*. Merupakan paket unit traktor dengan trailer tipping atau non-tipping untuk mengangkut TBS dari lokasi yang sulit dicapai oleh truk angkut buah ke tempat loading transit. Kapasitas trailer antara 3-7 ton, dioperasikan oleh 1 orang supir dengan 2 orang sebagai tenaga angkut buah.



**Gambar 3.1** *Trailer Tipping* untuk traktor

- Mini traktor dengan *hi-lift trailer*. Digunakan untuk mengangkut buah dari piringan (lapangan) ke TPH (tempat pemungutan hasil) atau dari TPH ke bin. Komponen utama terdiri dari mini traktor dan *scissor/hi-lift trailer*. SDM yang dibutuhkan adalah 1 orang supir dan dua orang untuk mengangkut buah ke dalam bin.



**Gambar 3.2** Mini traktor dengan *scissor/hi-lift*



**Gambar 3.3** Truk Prime Over

- *Bin system.* *Bin system* merupakan sistem paker transportasi buah yang menggabungkan beberapa jenis kendaraan alat berat. Unit yang dibutuhkan adalah *prime over* (untuk mengangkat *bin* ke pabrik), *bin* (bak tempat menampung TBS, biasanya kapasitas 8-10 ton), dan mini traktor dengan *scissor* (untuk memindahkan buah dari TPH ke bin). Diperlukan 2 orang supir traktor, 1 orang supir *prime over*, serta 4 orang sebagai tenaga angkut buah.



**Gambar 3.4** Proses memindahkan TBS ke dalam bin

Dalam pelaksanaannya, jumlah bin harus didasarkan pada beberapa pertimbangan, diantaranya jumlah produksi harian dan jarak kebun/divisi ke pabrik. Setiap divisi mempunyai dua mini traktor dengan scissor agar pemindahan TBS ke bin berlangsung lebih cepat. Bin system sangat efektif dalam mencapai target pengiriman produksi harian maupun bulanan, mempunyai waktu muat yang hemat, serta mampu mengurangi lembur/premi transport.

### **3.3 Pengumpulan Data**

Data yang digunakan pada penelitian ini, berdasarkan pengumpulannya adalah data primer. Data primer adalah data yang diperoleh dengan melakukan penelitian langsung ke objek, dalam hal ini adalah responden. Sedangkan data sekunder adalah data yang didapat dari sumber data lain (perusahaan atau bank data). Karena metode penelitian ini adalah pengambilan keputusan secara langsung dari pihak perusahaan, maka data yang digunakan adalah data primer.

Pengumpulan data pada penelitian ini dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama adalah pembentukan kriteria dan alternatif dalam pemilihan sistem pemeliharaan. Tahap selanjutnya adalah tahap penilaian kriteria dan alternatif. Pada tahap ini, responden diminta untuk melakukan perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) untuk menilai kriteria dan alternatif yang didapatkan pada tahap pertama tadi.

Responden pada pengumpulan data ini adalah karyawan dari anak perusahaan kelapa sawit terbesar di Indonesia. Perusahaan tersebut bertempat di daerah Pekanbaru, Riau. Responden merupakan karyawan operasional bidang transportasi di site terbesar pada perusahaan tersebut. Respondennya adalah 1 orang kepala unit, 1 asisten *repair & maintenance*, 1 mandor bengkel, 1 krani bengkel, 1 kepala gudang, dan 3 mandor truk bin system. Identifikasi kuesioner beserta respondennya adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.1** Responden kuesioner

No kuesioner	Responden
1	Ka Unit
2	Ass R&M
3	Mandor BS
4	Mandor BS
5	Mandor BS
6	Mandor Bengkel
7	Ka Gudang
8	Krani Bengkel

### 3.3.1 Pembentukan Kriteria dan Alternatif

Dalam menentukan sistem pemeliharaan yang tepat sesuai dengan persepsi perusahaan, pertama-tama harus diidentifikasi terlebih dahulu kriteria apa saja yang dianggap penting oleh perusahaan dalam menentukan sistem pemeliharaan. Kriteria pada pemilihan sistem pemeliharaan ini mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Ling Wang (2007)<sup>19</sup>, mengenai pemilihan strategi pemeliharaan dengan metode fuzzy AHP. Kriteria pemilihan sistem pemeliharaan tersebut adalah:

<sup>19</sup>Wang, L. et. Al., (2006), *Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process*. International Journal of Production Economics. p.3-4

Tabel 3.2 Kriteria Utama dan Subkriteria Pemilihan Sistem Pemeliharaan

Kriteria	Sub Kriteria	Deskripsi
Menghindari kerusakan	Karyawan	Penerapan strategi pemeliharaan untuk mengurangi kecelakaan terhadap pekerja/operator
	Fasilitas	Penerapan pemeliharaan dapat mengurangi kecelakaan akibat breakdown truk, yang dapat berakibat pada kerusakan fasilitas di pabrik
	Lingkungan	Penerapan strategi pemeliharaan mengurangi kecelakaan akibat breakdown, yang dapat berdampak bagi lingkungan sekitar (misalnya pada kebun)
Biaya	Perangkat keras (perkakas) dan komputer	Sistem pemeliharaan mengeluarkan investasi berupa alat bantu (komputer atau peralatan lain) untuk menganalisa data kerusakan dan mencegah kerusakan terjadi
	Software (perangkat lunak) untuk komputer	Sistem pemeliharaan mengeluarkan investasi berupa software (perangkat lunak) komputer untuk mengolah data kerusakan atau menentukan jadwal pemeliharaan
	Pelatihan Karyawan	Pelatihan karyawan/operator agar mengerti pelaksanaan strategi pemeliharaan yang diterapkan perusahaan
	Ketersediaan suku cadang	Penerapan pemeliharaan dapat meminimalkan persediaan suku cadang dan biaya persediaan suku cadang tersebut
	Mengurangi gagal produksi	Pemeliharaan yang diterapkan mampu mengurangi jumlah gagal produksi
Nilai tambah	Meningkatkan citra perusahaan	Penerapan strategi pemeliharaan sebagai salah satu cara tidak langsung untuk meningkatkan citra perusahaan
	Meningkatkan pengetahuan karyawan	Strategi pemeliharaan dapat menambah pengetahuan tentang mesin/komponen bagi karyawan yang mengoperasikannya
	Dapat mengidentifikasi kerusakan	Teknik pemeliharaan sebaiknya dapat mengidentifikasi kegagalan/breakdown sebelum terjadi
Kehandalan teknik pemeliharaan	Dapat memperbaiki seperti baru	Teknik pemeliharaan sebaiknya dapat memperbaiki/mengembalikan kondisi mesin/komponen seperti baru
	Rata-rata waktu kerusakan	Teknik pemeliharaan sebaiknya dapat mengurangi rata-rata waktu interval kerusakan
	Rata-rata waktu perbaikan	Teknik pemeliharaan sebaiknya dapat mengurangi rata-rata waktu interval dalam memperbaiki komponen/mesin

Dalam pembentukan alternatif, diusahakan mungkin agar pengambil keputusan/responden pada penelitian ini memahami betul akan alternatif yang dipilihnya. Alternatif sistem pemeliharaan yang menjadi pilihan responden ada empat, yaitu *corrective maintenance*, *preventive maintenance*, *predictive maintenance*, dan *condition-based maintenance*. Pemilihan alternatif ini didasarkan pada penelitian yang dilakukan menurut Swanson<sup>20</sup>, yaitu meliputi pemeliharaan reaktif dan proaktif. Berikut ulasan singkat keempat sistem pemeliharaan tersebut kepada responden:

- *Corrective Maintenance*  
Pada strategi ini, pemeliharaan hanya dilakukan apabila terjadi *breakdown* (rusak) saja. Strategi ini tidak memerlukan jadwal, biaya, serta operator pemeliharaan yang khusus. Akan tetapi apabila terjadi kerusakan dapat menimbulkan biaya (penggantian komponen) yang besar. Selain itu, pada sistem ini tidak dianalisa dampak kerusakan yang mungkin timbul akibat *breakdown*.
- *Preventive Maintenance*  
Pada strategi ini, kegiatan pemeliharaan dilakukan secara terjadwal (periodik), meskipun ada atau tidak ada kerusakan yang terjadi. Biaya pemeliharaan ini cenderung kecil, dan dapat dilakukan oleh karyawan tak terlatih. Namun kelemahannya adalah masih mungkin terjadi *breakdown* pada mesin/truk.
- *Predictive Maintenance*  
*Predictive maintenance* memonitor berbagai macam kondisi pada komponen/mesin. Aktifitas pemeliharaan dilakukan sekali di awal untuk memprediksi kapan penggantian part atau perbaikan akan dilakukan.
- *Condition Based Maintenance*  
Sistem pemeliharaan ini hampir mirip dengan *predictive maintenance*. Perbedaannya, CBM menggunakan pengolahan data yang lebih intensif dan pengawasan yang kontinyu. Selain itu, CBM menggunakan berbagai

---

<sup>20</sup> Swanson, L. (2001), *Linking maintenance strategies to performance*. International Journal of Production Economics. p. 2-3



macam sensor yang kompleks untuk memonitor kondisi komponen atau mesin

Dalam melakukan perbandingan berpasangan, responden diminta untuk memberi nilai dengan skala yang telah ditentukan. Skala ini mewakili tingkat kepentingan/preferensi satu elemen terhadap elemen lainnya. Tabel skala perbandingan berpasangan dapat dilihat pada Tabel 2.2

### 3.3.2 Hasil perbandingan berpasangan

Setelah kriteria dan alternatif disusun, kemudian dilakukan penilaian terhadap kriteria dan alternatif oleh responden. Pada tahap ini, responden diminta untuk menilai dengan membandingkan dua kriteria/alternatif dengan *parent element* di atasnya. Penilaian menggunakan skala linear AHP 1-9, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2.1. Dari 8 kuesioner yang disebar, 2 kuesioner tidak dapat terpakai. Kuesioner nomor 5 tidak terisi dengan lengkap, sedangkan kuesioner nomor 8 ada bagian yang hilang sehingga juga tidak terisi dengan lengkap. Pengambilan keputusan tetap dapat dianggap valid karena mewakili keseluruhan suara dari responden lainnya. Di bawah ini merupakan hasil dari *pairwise comparison*. Hasil pertama merupakan *pairwise comparison* untuk kriteria pemilihan sistem pemeliharaan

**Tabel 3.3** Hasil Perbandingan Berpasangan untuk Tingkat Kriteria Utama

Kriteria A	Responden						Kriteria B
	1	3	4	6	7	9	
Kerusakan	3	1/3	1	1	1	5	Biaya
Kerusakan	1/3	1/3	1/5	1/3	1	1	Nilai Tambah
Kerusakan	1	3	5	1	1	1	Kehandalan
Biaya	1	1/3	1	1	1	1	Nilai Tambah
Biaya	1/3	1	1	3	1	1	Kehandalan
Nilai Tambah	3	1	1	1	1	1	Kehandalan

Pada tabel di atas, responden memberi nilai skala 1-9 (atau kebalikannya) untuk membandingkan kriteria yang satu terhadap kriteria yang lain. Nilai 2-9 berarti kriteria B dinilai lebih penting dibandingkan kriteria A. sedangkan nilai 1/9-1/2 berarti kriteria A dinilai lebih penting dibandingkan kriteria B. Nilai 1

menunjukkan bahwa responden melihat 2 baik kriteria A maupun kriteria B mempunyai bobot yang sama. Hasil *pairwise comparison* subkriteria terhadap kriteria, serta *pairwise comparison* di tingkat alternatif dapat ditunjukkan pada tabel berikut.



Tabel 3.4 Hasil Perbandingan Berpasangan untuk Tingkat Sub Kriteria

Responden		1	3	4	6	7	9
<b>Kriteria: Keselamatan dan kerusakan</b>							
1	Meningkatkan keselamatan karyawan	1	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5
2	Meningkatkan keselamatan karyawan	1	1	1	3	1/7	1/5
3	Mengurangi kecelakaan terhadap fasilitas pabrik	1	5	5	3	1	1/5
<b>Kriteria: Biaya</b>							
4	Investasi berupa peralatan pemeliharaan (hardware)	1	1/7	1/7	1/3	1/3	5
5	Investasi berupa peralatan pemeliharaan	1	3	3	5	1/5	5
6	Investasi berupa software komputer	1	7	7	1/3	1/3	5
<b>Kriteria: Nilai Tambah</b>							
7	Dapat mengurangi persediaan suku cadang	1	1	1	7	1	1/5
8	Dapat mengurangi persediaan suku cadang	1	7	7	7	1	1/5
9	Dapat mengurangi persediaan suku cadang	1	1/5	1/5	3	1	1/5
10	Mengurangi gagal produksi	1	7	7	7	1	5
11	Mengurangi gagal produksi	1	7	7	1/3	1/3	5
12	Meningkatkan citra perusahaan	1	1/7	1/7	1/9	1	1/5
<b>Kriteria: Keahlian Teknik Pemeliharaan</b>							
13	Dapat mengidentifikasi kerusakan sebelum terjadi	1/7	1/7	1/7	5	1	1/5
14	Dapat mengidentifikasi kerusakan sebelum terjadi	1	1/7	1/7	3	1	1/5
15	Dapat mengidentifikasi kerusakan sebelum terjadi	1	1/5	1/5	1/7	1	1/5
16	Dapat memperbaiki seperti baru	1/7	1	1	3	1	5
17	Dapat memperbaiki seperti baru	1/7	1/3	1/3	1	1/3	5
18	Mengurangi rata-rata waktu kerusakan	1	5	5	1	1	1/5

**Tabel 3.5** Hasil Perbandingan Berpasangan untuk Alternatif dalam Kriteria Kerusakan

Responden		1	3	4	6	7	9	
<b>Meningkatkan keselamatan karyawan</b>								
Corrective Maintenance	5	7	7	2 1/3	1 3/4	1	Preventive Maintenance	
Corrective Maintenance	5	1	7	5	1 2/3	1	Predictive Maintenance	
Corrective Maintenance	5	5	5	1 2/5	2 1/3	1	Condition Based Maintenance	
<b>Preventive Maintenance</b>	1	1/5	1/3	5/7	1 2/5	1	Predictive Maintenance	
Preventive Maintenance	1	1	1	1	1	1	Condition Based Maintenance	
Predictive Maintenance	1	7	1/5	1	1 2/3	1	Condition Based Maintenance	
<b>Mengurangi kecelakaan terhadap fasilitas pabrik</b>								
Corrective Maintenance	5	7	5	1 2/5	1 1/2	1	Preventive Maintenance	
Corrective Maintenance	5	1	7	3/7	3/5	1	Predictive Maintenance	
Corrective Maintenance	5	5	3	1/5	1 1/2	1	Condition Based Maintenance	
<b>Preventive Maintenance</b>	1	1/3	1/3	1 2/3	1 1/2	1/5	Predictive Maintenance	
Preventive Maintenance	1	1/5	3	7	1	1	Condition Based Maintenance	
Predictive Maintenance	1	5	5	1	1	1	Condition Based Maintenance	
<b>Mengurangi kerusakan lingkungan</b>								
Corrective Maintenance	5	5	7	5/7	3/4	5	Preventive Maintenance	
Corrective Maintenance	5	1	5	2 1/3	3/4	5	Predictive Maintenance	
Corrective Maintenance	5	7	3	5/7	1 2/5	5	Condition Based Maintenance	
<b>Preventive Maintenance</b>	1	1/7	1/5	3/5	1	1/5	Predictive Maintenance	
Preventive Maintenance	1	5	1	1	2 2/3	5	Condition Based Maintenance	
Predictive Maintenance	1	5	5	1 2/3	1	5	Condition Based Maintenance	
<b>Kerusakan</b>								

Tabel 3.6 Hasil Perbandingan Berpasangan untuk Alternatif dalam Kriteria Biaya

Responden	1	3	4	6	7	9
<b>Investasi berupa peralatan pemeliharaan (hardware)</b>						
Corrective Maintenance	5	5	3	1	3/7	5
Corrective Maintenance	5	1	5	1 2/3	3/7	5
Corrective Maintenance	5	7	7	1 2/5	1 1/6	5
Preventive Maintenance	5	7	1/5	1	1	1/5
Preventive Maintenance	7	1	1/7	3/7	1	5
Predictive Maintenance	7	5	1/5	2 1/3	1	5
<b>Investasi berupa software komputer</b>						
Corrective Maintenance	1	3	5	7	3/5	5
Corrective Maintenance	1/5	1	3	5/7	3/7	5
Corrective Maintenance	1/5	5	5	2 1/3	1 2/5	5
Preventive Maintenance	1/5	1/7	1/5	1/5	1	1/5
Preventive Maintenance	1/7	1	1/7	1 2/3	1	5
Predictive Maintenance	1/5	5	3	1	1	5
<b>Pelatihan karyawan</b>						
Corrective Maintenance	1	5	3	7	3/5	5
Corrective Maintenance	1/5	1	1	5/7	3/5	5
Corrective Maintenance	1/5	7	3	3/5	3/7	5
Preventive Maintenance	1/5	1/7	1/5	5/7	1	1/5
Preventive Maintenance	1/5	1	1	3/5	1	1/5
Predictive Maintenance	1/3	5	1/7	3/5	1	5

Biaya

**Tabel 3.7** Hasil Perbandingan Berpasangan untuk Alternatif dalam Kriteria Nilai Tambah

Responden	1	3	4	6	7	9
<b>Dapat mengurangi persediaan suku cadang</b>						
Corrective Maintenance	7	5	3	7/9	1/2	5
Corrective Maintenance	7	1	1	3/7	1/2	5
Corrective Maintenance	7	5	3	1	3/7	5
<b>Preventive Maintenance</b>	7	1/7	1/5	2 1/3	1	1/5
<b>Preventive Maintenance</b>	7	1	1/7	1 2/3	1	1/5
Predictive Maintenance	7	3	5	1	1	5
<b>Mengurangi gagal produksi</b>						
Corrective Maintenance	7	7	3	1	3/7	5
Corrective Maintenance	7	3	1/3	2 1/3	3/7	5
Corrective Maintenance	7	5	3	3/5	3/7	5
<b>Preventive Maintenance</b>	7	1/5	1/5	1/7	1	1/5
Preventive Maintenance	7	1	7	3/7	1	1/5
Predictive Maintenance	7	3	3	5/7	1	5
<b>Meningkatkan citra perusahaan</b>						
Corrective Maintenance	7	5	1	2 1/3	3/4	5
Corrective Maintenance	7	5	5	5/7	3/4	5
Corrective Maintenance	7	7	7	3/7	1/2	5
<b>Preventive Maintenance</b>	7	1/7	1/5	2 1/3	3	1/5
Preventive Maintenance	7	1	3	1	1	1/5
Predictive Maintenance	7	5	3	1/5	1	5
<b>Meningkatkan pengetahuan karyawan</b>						
Corrective Maintenance	7	5	1	1	1/7	5
Corrective Maintenance	7	1	3	1	1/7	5
Corrective Maintenance	7	3	5	1	1/6	5
<b>Preventive Maintenance</b>	7	1/5	1/5	1 2/3	1/6	1/5
<b>Preventive Maintenance</b>	7	1	1	4/5	1/7	1/5
Predictive Maintenance	9	3	7	1/7	1/7	5

Nilai Tambah

**Tabel 3.8** Hasil Perbandingan Berpasangan untuk Alternatif dalam Kriteria Keahlian Teknik Pemeliharaan

Responden		1	3	4	6	7	9
<b>Dapat mengidentifikasi kerusakan sebelum terjadi</b>							
Corrective Maintenance	7	7	3	1/3	3/5	5	<b>Preventive Maintenance</b>
Corrective Maintenance	7	5	3	1	3/5	5	<b>Predictive Maintenance</b>
Corrective Maintenance	9	7	5	1	1	5	<b>Condition Based Maintenance</b>
<b>Preventive Maintenance</b>	7	1/7	1/5	1	1	1/5	Predictive Maintenance
<b>Preventive Maintenance</b>	9	1	1/5	1 2/3	1	1/5	Condition Based Maintenance
Predictive Maintenance	9	5	1	7	1	5	<b>Condition Based Maintenance</b>
<b>Dapat memperbaiki seperti baru</b>							
Corrective Maintenance	7	7	3	1	1/5	5	<b>Preventive Maintenance</b>
Corrective Maintenance	7	5	1/5	1	1/5	5	<b>Predictive Maintenance</b>
Corrective Maintenance	9	5	3	3/5	1/7	5	<b>Condition Based Maintenance</b>
<b>Preventive Maintenance</b>	7	1/5	1/7	2 1/3	1	1/5	Predictive Maintenance
<b>Preventive Maintenance</b>	9	1/7	1	1 2/3	1	1/5	Condition Based Maintenance
Predictive Maintenance	9	3	5	3/7	1	5	<b>Condition Based Maintenance</b>
<b>Mengurangi rata-rata waktu interval kerusakan</b>							
Corrective Maintenance	7	3	1/5	1	1 2/5	5	<b>Preventive Maintenance</b>
Corrective Maintenance	7	1	1/3	3/5	1 2/5	5	<b>Predictive Maintenance</b>
Corrective Maintenance	7	1/5	3	1 2/3	2 1/3	5	<b>Condition Based Maintenance</b>
<b>Preventive Maintenance</b>	8	1/7	1/3	3/5	1 2/5	1/5	Predictive Maintenance
Preventive Maintenance	9	1	1/7	1 2/3	2 1/3	1/5	Condition Based Maintenance
Predictive Maintenance	9	5	3	5/7	2 1/3	5	<b>Condition Based Maintenance</b>
<b>Mengurangi rata-rata waktu interval perbaikan</b>							
Corrective Maintenance	7	5	3	3/7	7	5	<b>Preventive Maintenance</b>
Corrective Maintenance	7	1/5	1/3	3/5	7	5	<b>Predictive Maintenance</b>
Corrective Maintenance	8	3	3	1	7	5	<b>Condition Based Maintenance</b>
<b>Preventive Maintenance</b>	8	1/3	1/7	2 1/3	1	1/5	Predictive Maintenance
<b>Preventive Maintenance</b>	9	1	1/7	5/7	1	1/5	Condition Based Maintenance
Predictive Maintenance	9	5	3	1	1	5	<b>Condition Based Maintenance</b>

Keahlian Teknik Pemeliharaan

### 3.4 Pengolahan data

Setelah hasil *pairwise comparison* didapatkan, kemudian data diolah dengan menggunakan software *Expert Choice 2000*. *Expert Choice 2000* merupakan software khusus untuk pengaplikasian AHP dengan komputer. Pada penelitian ini digunakan tipe distributive model, agar dapat sesuai dengan alur pada perhitungan TOPSIS. AHP yang dibentuk pada sistem pemilihan ini merupakan multiplicative AHP, dimana respondennya lebih dari satu. Untuk menggabungkan perhitungan keseluruhan responden, digunakan rata-rata geometri dengan rumus sebagai berikut.

$$(\prod_{i=1}^n a_i)^{1/n} = \sqrt[n]{a_1 a_2 \dots a_n} \quad (1)$$

Tahap selanjutnya adalah memasukkan hasil rata-rata geometri kedalam matriks perbandingan berpasangan untuk tingkat kriteria dan subkriteria. Pertama adalah menyusun matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria utama, lalu selanjutnya menyusun matriks perbandingan berpasangan subkriteria dalam kriteria Kerusakan, Biaya, Nilai Tambah, dan Keandalan Teknik Pemeliharaan.

**Tabel 3.9** Matriks Perbandingan Berpasangan Kriteria Utama

	P1	P2	P3	P4
P1	1,000	1,308	2,264	1,570
P2		1,000	1,200	1,000
P3			1,000	1,200
P4				1,000

**Tabel 3.10** Matriks Perbandingan Berpasangan Subkriteria Dalam Kriteria Kerusakan

	A1	A2	A3
A1	1,000	4,277	1,506
A2		1,000	1,570
A3			1,000



**Tabel 3.11** Matriks Perbandingan Berpasangan Subkriteria Dalam Kriteria Biaya

	B1	B2	B3
B1	1,000	2,110	1,885
B2		1,000	1,734
B3			1,000

**Tabel 3.12** Matriks Perbandingan Berpasangan Subkriteria Dalam Kriteria Nilai  
Tambah

	C1	C2	C3	C4
C1	1,000	1,058	2,023	1,861
C2		1,000	3,459	1,734
C3			1,000	3,608
C4				1,000

**Tabel 3.13** Matriks Perbandingan Berpasangan Subkriteria Dalam Kriteria  
Kehandalan Teknik Pemeliharaan

	D1	D2	D3	D4
D1	1,000	2,645	2,083	3,093
D2		1,000	1,135	1,832
D3			1,000	1,308
D4				1,000

Keterangan:

P1 Kriteria Kerusakan

P2 Kriteria Biaya

P3 Kriteria Nilai Tambah

P4 Kriteria Kehandalan Teknik Pemeliharaan

A1 Subkriteria Karyawan

A2 Subkriteria Fasilitas

A3 Subkriteria Lingkungan

B1 Subkriteria Perangkat Keras/Peralatan

B2 Subkriteria *Software* Komputer

B3 Subkriteria Pelatihan Karyawan

C1 Subkriteria Ketersediaan suku cadang

C2 Subkriteria Gagal Produksi

C3 Subkriteria Citra perusahaan

C4 Subkriteria Pengetahuan Karyawan

D1 Subkriteria Identifikasi Kerusakan

D2 Subkriteria Memperbaiki Seperti Baru

D3 Subkriteria MTBF

D4 Subkriteria MTTR

Berikutnya, untuk perbandingan berpasangan pada tingkat alternatif, di sini diberikan tiga contoh hasil matriks perbandingan berpasangan. Yaitu matriks perbandingan berpasangan alternatif dalam subkriteria Citra Perusahaan, Identifikasi Kerusakan, serta subkriteria Pelatihan Karyawan. Matriks perbandingan dalam subkriteria lainnya dapat dilihat pada bagian Lampiran.

**Tabel 3.14** Matriks Perbandingan Berpasangan Alternatif dalam Subkriteria Citra Perusahaan

	CM	PM	PDM	CBM
CM	1,000	2,596	2,787	2,676
PM		1,000	1,236	1,270
PDM			1,000	2,170
CBM				1,000

**Tabel 3.15** Matriks Perbandingan Berpasangan Alternatif dalam Subkriteria Identifikasi Kerusakan

	CM	PM	PDM	CBM
CM	1,000	2,973	2,608	3,411
PM		1,000	1,710	1,089
PDM			1,000	3,411
CBM				1,000

**Tabel 3.16** Matriks Perbandingan Berpasangan Alternatif dalam Subkriteria Pelatihan Karyawan

	CM	PM	PDM	CBM
CM	1,000	2,608	1,152	1,325
PM		1,000	3,271	1,862
PDM			1,000	1,058
CBM				1,000

Keterangan:

CM *Corrective Maintenance*

PM *Preventive Maintenance*

PDM *Predictive Maintenance*

CBM *Condition-Based Maintenance*

Hasil dari matriks perbandingan berpasangan untuk tingkat alternatif, kriteria, dan subkriteria dimasukkan ke dalam software untuk diolah. Output pada tahap ini akan dibahas pada bab berikutnya, meliputi, kriteria dan subkriteria dengan bobot lokal terbesar, kriteria dan subkriteria dengan bobot global terbesar, dan alternatif solusi berdasarkan kriteria, subkriteria, dan goal utama.

## **BAB 4**

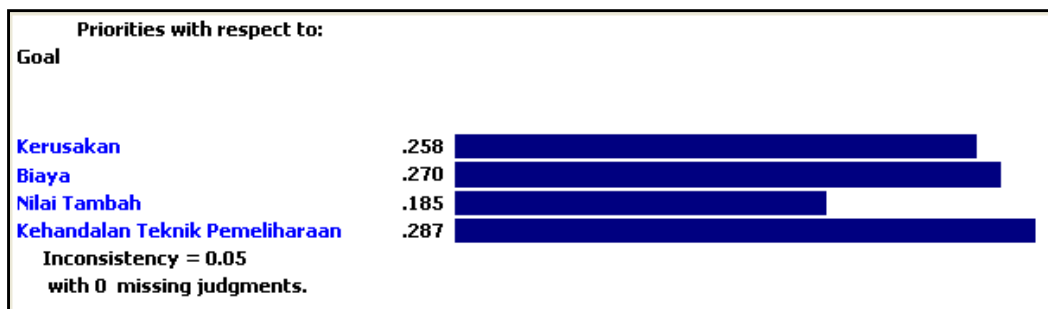
### **PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dijabarkan pengolahan data beserta analisa terhadap hasil perhitungan dalam pemilihan sistem pemeliharaan. Bab ini terbagi menjadi beberapa subbab, yaitu analisa kriteria utama dan subkriteria, output model, aplikasi TOPSIS, dan analisa hasil. Pada subbab analisa kriteria utama dan subkriteria, akan dibahas mengenai bobot masing-masing kriteria yang telah diperoleh dari *software*. Pada subbab analisa output model akan dijelaskan hasil model yang telah diolah beserta alternatif solusi terbaik berdasarkan metode AHP. Pada subbab aplikasi TOPSIS akan dijabarkan langkah-langkah perhitungan TOPSIS beserta hasil di tiap langkah tersebut. Pada subbab analisa hasil akan diberikan analisa mengenai hasil yang didapat pada langkah TOPSIS dan AHP beserta perbandingannya.

#### **4.1 Analisa Kriteria Utama dan Subkriteria**

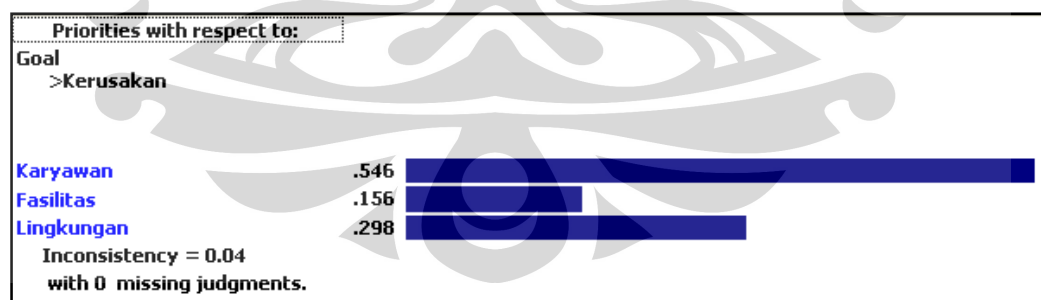
Kriteria pada pemilihan sistem pemeliharaan pada truk kontainer kelapa sawit terdiri dari 4, yaitu Kerusakan, Biaya, Nilai Tambah, dan Kehandalan Teknik Pemeliharaan. Kriteria Kerusakan mengevaluasi alternatif sistem pemeliharaan dalam mengurangi kerusakan pada karyawan, fasilitas, dan lingkungan. Kriteria Biaya mengevaluasi alternatif sistem pemeliharaan dalam biaya instalasi perangkat keras/peralatan, biaya instalasi software khusus, dan biaya pelatihan karyawan dalam sistem pemeliharaan. Kriteria Nilai Tambah mengevaluasi alternatif sistem pemeliharaan dalam ketersediaan suku cadang, mengurangi gagal produksi, peningkatan citra perusahaan, dan memberi pengetahuan tambahan pada karyawan. Kriteria-kriteria tersebut telah distruktur dan dibandingkan secara berpasangan untuk menentukan bobot kriteria.

Berikut ini adalah hasil perbandingan berpasangan untuk kriteria utama dan subkriteria:



**Gambar 4.1** Bobot Kriteria Utama

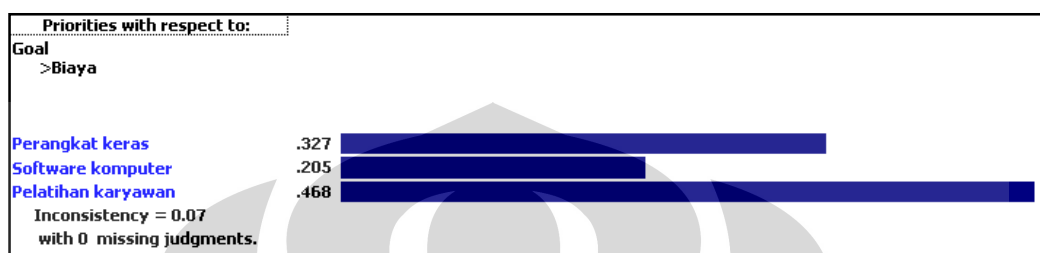
Pada diagram batang diatas, terlihat bahwa manajemen lebih memilih kriteria Kehandalan Teknik Pemeliharaan (0,287) dibandingkan dengan kriteria lainnya. Kriteria ini juga berbeda tipis dengan dua kriteria di bawahnya, yaitu Biaya (0,270) dan Kerusakan (0,258). Hal ini menunjukkan bahwa output sistem pemeliharaan yang diinginkan harus dapat menunjukkan kehandalan teknik yang baik, mempunyai biaya yang rendah, serta dapat mencegah kerusakan. Pada perhitungan ini juga diperlihatkan inkonsistensinya sebesar 0,05. Nilai inkonsistensi ini cukup bagus, mengingat ambang batasnya adalah 0,1. Nilai ini juga menunjukkan bahwa semua responden sepakat bahwa kriteria Nilai Tambah (0,185) merupakan kriteria yang kurang begitu diperhatikan dalam pemilihan sistem pemeliharaan, semenara kriteria Kerusakan, Biaya, dan Kehandalan Teknik Pemeliharaan merupakan kriteria utama yang harus dipenuhi.



**Gambar 4.2** Bobot Lokal Subkriteria dalam Kriteria Kerusakan

Di dalam kriteria Kerusakan, didapatkan bobot untuk mencegah kerusakan terhadap karyawan yang paling tinggi (0,546). Hal ini berarti manajemen perusahaan sangat ingin memiliki sistem pemeliharaan yang mampu menjamin keselamatan karyawannya, khususnya ketika *breakdown* terjadi. Subkriteria

Lingkungan (0,298) dan Fasilitas (0,156) merupakan subkriteria yang dianggap kurang sesuai dengan perspektif perusahaan dalam memilih sistem pemeliharaan. Pada perhitungan ini nilai inkonsistensinya sebesar 0,04 yang berarti hampir semua responden konsisten dalam memilih subkriteria Karyawan sebagai subkriteria terpenting dalam kriteria Kerusakan.



**Gambar 4.3** Bobot Lokal Subkriteria dalam Kriteria Biaya

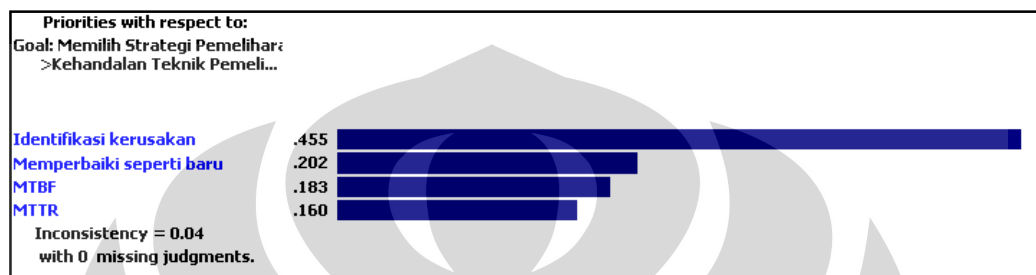
Dari gambar diatas, dapat dilihat bahwa subkriteria Pelatihan Karyawan memiliki bobot yang paling besar (0,468). Hal ini menandakan bahwa manajemen perusahaan ingin menerapkan pemeliharaan yang memiliki biaya pelatihan karyawan yang terjangkau. Biaya perangkat keras (0,327) menjadi subkriteria kedua tertinggi yang menurut responden penting dalam pemilihan pemeliharaan. Pada perhitungan ini, nilai inkonsistensinya sebesar 0,07. Meskipun nilai ini paling tinggi dibandingkan nilai subkriteria yang lain, namun nilai ini masih dibawah ambang batas 0,1 dan masih dianggap konsisten.



**Gambar 4.4** Bobot Lokal Subkriteria dalam Kriteria Nilai Tambah

Pada gambar diatas, subkriteria Citra Perusahaan (0,481) merupakan subkriteria yang paling penting bagi perusahaan dalam pemilihan sistem pemeliharaan. Subkriteria ini dapat dikatakan mutlak dibandingkan 3 kriteria lainnya, yaitu Persediaan Suku Cadang (0,214), Pengetahuan Karyawan (0,159),

dan Mengurangi Gagal Produksi (0,146). Bagi perusahaan, sistem pemeliharaan dipercaya dapat berfungsi secara strategis dalam meningkatkan citra perusahaan sehingga pemilihan sistem pemeliharaan harus dapat mendukung visi tersebut. Dengan nilai rasio inkonsistensi 0,05, dapat dikatakan bahwa penilaian responden cukup konsisten dalam memilih subkriteria Citra Perusahaan sebagai subkriteria terpenting dalam pemilihan sistem pemeliharaan.



**Gambar 4.5** Bobot Lokal Subkriteria Pada Kriteria Kehandalan Teknik Pemeliharaan

Pada gambar diatas terlihat bahwa subkriteria Identifikasi Kerusakan (0,455) menempati subkriteria terpenting dalam kriteria Kehandalan Teknik Pemeliharaan. Subkriteria Memperbaiki Seperti Baru (0,202), MTBF (0,183), dan MTTR (0,16) dianggap tidak sesuai dengan perspektif perusahaan dalam memilih sistem pemeliharaan. Dari hasil ini juga terlihat bahwa perusahaan menginginkan sistem pemeliharaan yang dapat mengidentifikasi kerusakan sebelum terjadi, sehingga diupayakan probabilitas breakdown menurun. Kehandalan teknik lainnya (tingkat reparabilitas, pengurangan MTBF dan MTTR) tidak mempunyai perspektif yang signifikan bagi perusahaan. Pada perhitungan ini, nilai inkonsistensinya sebesar 0,04 sehingga dapat dikatakan responden konsisten dalam melakukan proses perbandingan berpasangan.

## 4.2 Analisa Ouput Model

Setelah perbandingan berpasangan untuk kriteria dilakukan, maka akan terbentuk bobot untuk masing-masing kriteria dan subkriteria. Tahap selanjutnya adalah perbandingan berpasangan untuk alternatif dengan *objective* dari masing-masing subkriteria. Semua perhitungan untuk menggabungkan responden dilakukan dengan menggunakan rata-rata geometri.

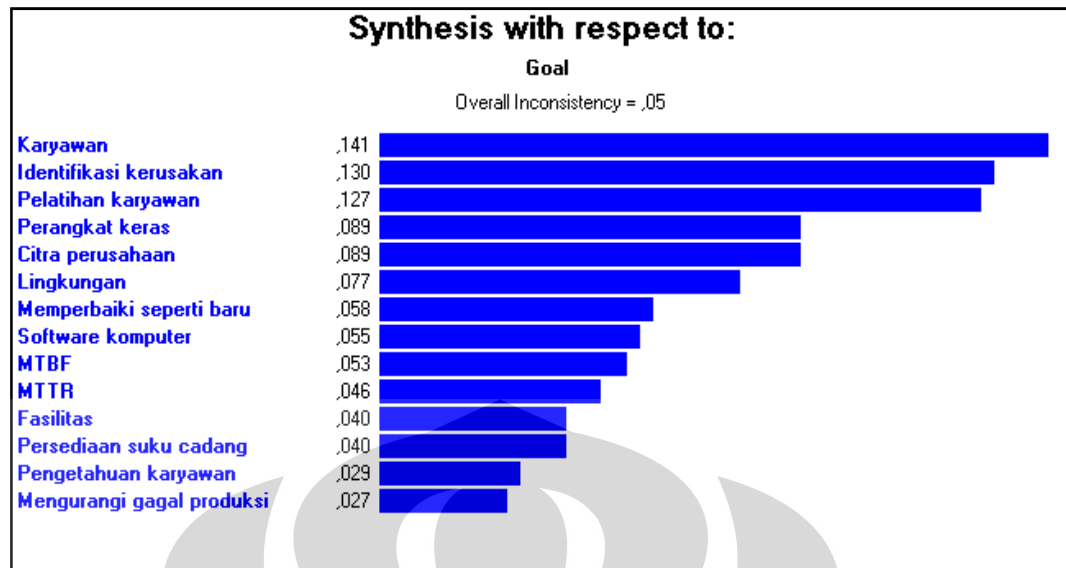
Dibawah ini merupakan model hierarki pengambilan keputusan, hasil bobot lokal dan global untuk kriteria dan sub kriteria, serta nilai sintesa akhir dari alternatif sistem pemeliharaan.



Gambar 4.6 Hierarki pengambilan keputusan

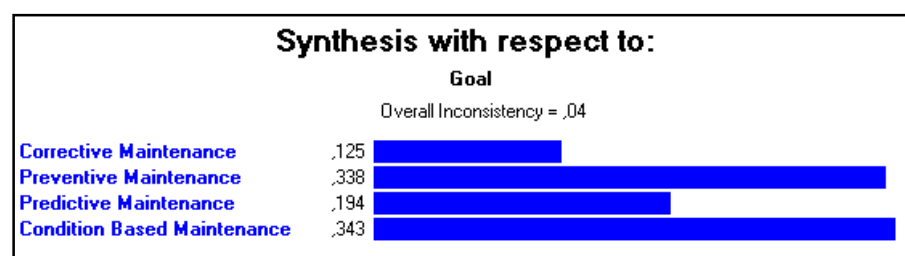
Berdasarkan hasil model, kriteria Kehandalan Teknik pemeliharaan merupakan kriteria dengan bobot terbesar (0,287), sementara kriteria Nilai Tambah merupakan kriteria dengan bobot terkecil. Subkriteria Kerusakan-Lingkungan (0,546), Biaya-Pelatihan Karyawan (0,468), Nilai Tambah-Citra Perusahaan (0,481), dan Kehandalan Teknik pemeliharaan-Identifikasi Kerusakan (0,455) memiliki bobot lokal tertinggi di masing-masing *cluster* kriterianya.





**Gambar 4.7** Urutan Bobot Global terbesar untuk Subkriteria

Perhitungan untuk nilai global untuk setiap subkriteria didapatkan dengan mengalikan bobot kriteria dengan bobot lokal subkriteria. Bobot kriteria berfungsi secara lokal dan global karena merupakan tingkat *pairwise comparison* tertinggi dalam hierarki pengambilan keputusan. 5 subkriteria yang memiliki nilai global tertinggi berturut-turut adalah Kerusakan-Karyawan (0,141), Keandalan Teknik pemeliharaan-Identifikasi Kerusakan (0,130), Biaya-Pelatihan Karyawan (0,127), Biaya-Perangkat Keras (0,089), dan Nilai Tambah-Citra Perusahaan (0,089). Secara umum, dapat dikatakan bahwa strategi pemeliharaan yang ingin diterapkan oleh perusahaan adalah strategi pemeliharaan yang mengedepankan mampu mengurangi kecelakaan karyawan, mampu mengidentifikasi kerusakan sebelum terjadi, mempunyai biaya pelatihan karyawan yang minim, mempunyai biaya instalasi perangkat keras yang minim, serta mampu mendukung citra perusahaan baik secara langsung dan tidak langsung.



**Gambar 4.8** Nilai Sintesa Akhir untuk Alternatif Sistem Pemeliharaan

Pada gambar diatas, dapat dilihat bahwa alternatif *Condition Based Maintenance* (CBM) terpilih sebagai sistem pemeliharaan yang sesuai dengan kriteria dan subkriteria perusahaan (0,343). Dapat dikatakan juga bahwa CBM merupakan alternatif yang sesuai dengan perspektif perusahaan. Namun nilai CBM hanya unggul sedikit dibandingkan nilai *Preventive Maintenance* (0,338) yang saat ini diterapkan oleh perusahaan. Nilai inkonsistensi keseluruhan dari model adalah 0,04 yang masih dibawah batas ambang 0,1. Untuk mengoptimalkan hasil dari AHP ini, dipergunakan metode TOPSIS dengan mencari indeks kedekatan relatif terhadap solusi ideal.

### 4.3 Aplikasi TOPSIS

TOPSIS, sama seperti AHP merupakan salah satu metode yang dapat digunakan dalam penyelesaian masalah dengan multi atribut. Pada dasarnya TOPSIS dapat digunakan sendiri tanpa digabung dengan AHP. Input yang diperlukan pada TOPSIS hanyalah matriks keputusan terbobot., sedangkan matriks keputusan merupakan ciri dari hampir semua metode dalam MADM.

Pada penelitian ini, output yang dikeluarkan AHP, yaitu matriks keputusan terbobot, menjadi input bagi TOPSIS dalam melakukan perhitungan. Aplikasi TOPSIS dilakukan dengan mengidentifikasi solusi ideal positif dan negatif, menghitung jarak Euclidean, lalu menghitung indeks kedekatan. Perhitungan TOPSIS secara rinci akan dijelaskan pada tahap-tahap berikut ini

#### 1. *Pembentukan Matriks Normalisasi Terbobot*

Metode TOPSIS membutuhkan matriks keputusan sebagai input perhitungan. Matriks keputusan adalah matriks berbentuk  $m \times n$  dengan  $m$  alternatif dan  $n$  kriteria. Elemen  $x_{mn}$  didefinisikan sebagai nilai alternatif  $n$  terhadap kriteria  $m$ . matriks keputusan pada penelitian ini adalah output dari hasil AHP pada tahap sebelumnya.

Pada langkah pembentukan matriks, diperlukan tahap normalisasi. Namun matriks keputusan pada AHP tidak perlu dinormalisasi lagi. Pada dasarnya normalisasi hanya dilakukan jika satuan elemen matriks tidak sama. Selain itu, matriks keputusan yang dipakai adalah matriks keputusan terbobot, dimana

nilai lokal pada subkriteria dikalikan dengan bobot kriteria sehingga didapatkan nilai global. Perhitungan nilai global ini juga telah diperoleh pada hasil perhitungan AHP dengan menggunakan software. Tabel 4.2 menampilkan matriks keputusan terbobot sebagai input untuk perhitungan TOPSIS ini.

## 2. *Identifikasi Solusi Ideal Positif dan Negatif*

Pada metode TOPSIS dikenal solusi ideal positif dan solusi ideal negatif. Solusi ideal positif adalah alternatif yang mempunyai nilai terbesar (terbaik) dalam tiap-tiap kriteria. Sedangkan solusi ideal negative dipandang sebagai alternatif yang memiliki nilai terendah (terburuk) dalam tiap-tiap kriteria. Solusi ideal positif dan negative diidentifikasi berdasarkan kriteria.

Pada Tabel 4.2 ditunjukkan matriks normalisasi terbobot global untuk setiap alternatif dan subkriteria. Pada matriks inilah ditentukan solusi ideal positif dan solusi ideal negatif untuk masing-masing sub kriteria. Elemen yang berwarna abu-abu tua melambangkan solusi ideal positif, sedangkan elemen berwarna abu-abu muda melambangkan solusi ideal negatif. Penentuan solusi ideal positif diambil dengan mencari nilai terbesar pada kolom kriteria. Sebagai contoh, pada kolom C3, yaitu kriteria Citra Perusahaan, alternatif CBM merupakan solusi dengan nilai terbesar (0,029029), sementara corrective maintenance merupakan solusi dengan nilai terkecil (0,008393). Pada kriteria ini, CBM merupakan solusi ideal positif, sedangkan corrective maintenance merupakan solusi ideal negatif. Identifikasi solusi ideal positif dan solusi ideal negatif dilakukan untuk semua subkriteria pada matriks. Solusi ideal positif dan negatif pada matriks secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.1 Matriks Keputusan Ternormalisasi Lokal

Kriteria	P1			P2			P3			P4				
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	D4
Nilai lokal	0,258			0,27			0,185			0,287				
<b>Sub Kriteria</b>														
Nilai lokal	0,546	0,156	0,298	0,327	0,205	0,468	0,214	0,146	0,481	0,159	0,455	0,202	0,183	0,16
CM	0,105	0,149	0,104	0,11	0,146	0,172	0,134	0,126	0,109	0,154	0,095	0,147	0,152	0,101
PM	0,341	0,322	0,301	0,269	0,433	0,454	0,3	0,33	0,283	0,301	0,328	0,328	0,298	0,353
PDM	0,25	0,199	0,174	0,233	0,137	0,167	0,174	0,173	0,231	0,198	0,179	0,183	0,171	0,16
CBM	0,304	0,329	0,421	0,388	0,284	0,207	0,391	0,371	0,377	0,347	0,398	0,342	0,379	0,386

Tabel 4.2 Matriks Keputusan Ternormalisasi Terbobot Bermilai Global

Kriteria	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	D4
	CM	0,014805	0,00596	0,008008	0,00847	0,011242	0,013244	0,010318	0,009702	0,008393	0,011858	0,007315	0,011319	0,011704
PM	0,048081	0,01288	0,023177	0,020713	0,033341	0,034958	0,0231	0,02541	0,021791	0,023177	0,025256	0,025256	0,022946	0,027181
PDM	0,03525	0,00796	0,013398	0,017941	0,010549	0,012859	0,013398	0,013321	0,017787	0,015246	0,013783	0,014091	0,013167	0,01232
CBM	0,042864	0,01316	0,032417	0,029876	0,021868	0,015939	0,030107	0,028567	0,029029	0,026719	0,030646	0,026334	0,029183	0,029722

Tabel 4.3 Solusi Ideal Positif dan Negatif

Kriteria	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	D4
	PIS	0,048081	0,01316	0,032417	0,029876	0,033341	0,034958	0,030107	0,028567	0,029029	0,026719	0,030646	0,026334	0,029183
NIS	0,014805	0,00596	0,008008	0,00847	0,010549	0,012859	0,010318	0,009702	0,008393	0,011858	0,007315	0,011319	0,011704	0,007777

### 3. Jarak Euclidean dan Indeks Kedekatan

Setelah mengidentifikasi solusi ideal positif dan solusi ideal negatif, kemudian dihitung jarak Euclidean relatif terhadap masing-masing solusi ideal positif dan negatif. Penghitungan jarak ini menggunakan rumus (10) dan (11) pada bab sebelumnya, yaitu:

$$d_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}, i = 1 \dots, m$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, i = 1 \dots, m$$

Tabel 4.4 menunjukkan perhitungan jarak Euclidean antara solusi ideal positif dan negatif terhadap alternatif Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa alternatif corrective maintenance (CM) merupakan solusi dengan jarak terjauh dari solusi ideal positif (0,078257), sementara preventive maintenance memiliki jarak terdekat dengan solusi ideal positif (0,19209). Jarak yang dimiliki PM ini berbeda sedikit dibandingkan dengan jarak yang dimiliki CBM (0,22816). Karena pada solusi ideal positif tujuannya ialah mencari jarak yang terdekat, maka jarak yang dimiliki PM adalah jarak yang dipilih.

**Tabel 4.4** Perhitungan Jarak Euclidian dan Indeks Kedekatan

	d+	d-	s
<b>CM</b>	<b>0,078257</b>	0,000793	0,0100287
<b>PM</b>	0,019209	0,06542	<b>0,773021</b>
<b>PDM</b>	0,058881	0,027117	0,3153267
<b>CBM</b>	0,022816	<b>0,070582</b>	0,7557126

Sementara itu, jarak dengan solusi ideal negatif untuk masing-masing alternatif dapat dilihat pada kolom ketiga. Pada kolom ini, CM mempunyai jarak terdekat dengan solusi ideal negatif (0,000793), sedangkan jarak terjauh dimiliki oleh alternatif CBM (0,070582). Jarak yang dimiliki CBM juga tidak terlalu jauh berbeda dengan yang jarak yang dimiliki PM (0,065420). Pada

kolom ini dicari solusi dengan jarak terjauh dengan solusi ideal negatif, sehingga alternatif CBM merupakan solusi yang dipilih.

Setelah mendapatkan jarak Euclidean terhadap solusi ideal positif dan solusi ideal negatif, maka dibentuk indeks kedekatan, yang menggabungkan kedua jarak tersebut kedalam suatu parameter sehingga dapat di ambil solusi terbaiknya. Perhitungan indeks kedekatan dilakukan dengan menggunakan rumus (12) pada bab sebelumnya, yaitu:

$$S_i^* = \frac{d_i^-}{(d_i^* + d_i^-)}, i = 1, \dots, m$$

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan bahwa solusi PM (*preventive maintenance*) merupakan solusi optimum dengan indeks kedekatan terbaik (0,7730210), meskipun berbeda sedikit dengan indeks yang dimiliki CBM (0,7557126). Sementara itu, alternatif CM memiliki indeks kedekatan terburuk (0,0100287) berdasarkan hasil perhitungan.

#### 4.4 Analisa Hasil Keseluruhan

Setelah dijelaskan perhitungan pada sub bab sebelumnya, maka didapatkan hasil bahwa strategi *Preventive Maintenance* merupakan strategi optimum yang dapat diterapkan perusahaan dalam sistem pemeliharanya. Dibawah ini ditampilkan perbandingan hasil urutan solusi terbaik yang sebelumnya didapat pada perhitungan AHP dengan gabungan perhitungan menggunakan TOPSIS.

**Tabel 4.5** Perbandingan Hasil AHP dan TOPSIS

	AHP	TOPSIS
CM	0,125	0,010
PM	0,338	<b>0,773</b>
PDM	0,194	0,315
CBM	<b>0,343</b>	0,756

Pada tabel tersebut terlihat bahwa CBM adalah alternatif solusi terbaik menurut konstruksi AHP (0,343), sedangkan PM adalah alternatif solusi terbaik (0,773) setelah menggabungkan TOPSIS ke dalam perhitungan AHP. Konsistensi perhitungan yang terjadi adalah baik PM maupun CBM dapat dikatakan sebagai solusi terbaik karena memiliki nilai yang hampir berdekatan, baik dalam

penggunaan AHP maupun setelah digabungkan dengan perhitungan TOPSIS. Konsistensi lainnya terlihat juga bahwa CM memiliki nilai terburuk (0,125 dan 0,010) baik dalam perhitungan AHP maupun TOPSIS.

Dalam penerapan strategi pemeliharaan pada perusahaan, pihak manajemen dapat menggabungkan beberapa intisari dari dua alternatif tersebut. Penggabungan dilakukan dengan melihat skor alternatif tertinggi untuk setiap kriteria. Penggabungan ini dapat dilihat pada matriks keputusan pada input TOPSIS sebelumnya pada Tabel 4.2. *Preventive Maintenance*, sesuai dengan pilihan responden, mempunyai nilai terbaik dalam subkriteria A1, B2, dan B3. Artinya, *Preventive Maintenance* mempunyai nilai terbaik dalam mengurangi kecelakaan karyawan, serta memiliki biaya instalasi perangkat lunak dan biaya pelatihan karyawan yang minim. Perusahaan dapat melakukan penggabungan kebijakan strategi pemeliharaan dengan yang dimiliki *Condition Based Maintenance* pada subkriteria A2, A3, B1, C1, C2, C3, C4, D1, D2, D3, D4.

Penggabungan dua strategi pemeliharaan ini menjadi masukan bagi perusahaan dalam menentukan kebijakan-kebijakan selanjutnya dalam implementasi strategi pemeliharaan.

## BAB 5 KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Industri kelapa sawit yang berkembang pesat memerlukan dukungan sistem pemeliharaan agar sistem transportasi dapat beroperasi dengan optimal. Implementasi strategi pemeliharaan menjadi permasalahan yang rumit karena berhubungan dengan pengambilan keputusan multi-atribut.

Pada penelitian ini diberikan contoh studi kasus pemilihan strategi pemeliharaan pada truk kontainer dengan menggunakan AHP dan TOPSIS. Penggunaan AHP memudahkan para manajemen untuk menstrukturkan permasalahan, sedangkan penggunaan TOPSIS dilakukan untuk mengoptimalkan hasil dari AHP. *Preventive Maintenance* merupakan alternatif solusi yang paling optimum dalam pemilihan strategi pemeliharaan truk kontainer pada industri kelapa sawit.

### 5.2 Saran

Beberapa saran dan pengembangan yang dapat dilakukan terkait dengan penelitian ini:

1. Mengidentifikasi kriteria secara langsung dengan cara *brainstorming* dengan pihak perusahaan sehingga kriteria yang terbentuk lebih spesifik
2. Menggunakan metode *fuzzy* atau *grey theory* untuk mengakomodasi tingkat *uncertainty* yang dialami oleh pengambil keputusan
3. Menggunakan *factor analysis* pada pembentukan kriteria untuk menganalisa apakah ada hubungan antar satu kriteria dengan kriteria lainnya.
4. Mengembangkan teknik identifikasi kriteria dengan *interpretive structural modeling* (ISM) dan analisa BOCR untuk setiap strategi pemeliharaan yang akan diterapkan.



## DAFTAR REFERENSI

Adam, F. & Humphreys, P., (2008). *Encyclopedia of Decision Making and Decision Support Technologies*. New York: *Information Science Reference*.

Al-Najjar, B. & Alsyof, I. (2003), Selecting the most efficient maintenance approach using fuzzy multiple criteria decision making. *International Journal of Production Economics*.

Bengtsson, M. (2004). *Condition Based Maintenance System – An Investigation of Technical Constituents and Organizational Aspects*. *Malardalen University*.

Buyukyazici, M. & Sucu, M., (2002), The Analytic Hierarchy And Analytic Network Processes. *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*.

Dhillon, B.S. (2002). *Engineering Maintenance – A Modern Approach*. New York: CRC Press.

Dhillon, B.S. (2006). *Maintanability, Maintenance, and Reliability for Engineering*. New York: Taylor and Francis Group.

Foreman, E., *Decision by Objective*. George Washington University.

Foreman, E., & Gass, S.I, *The Analytic Hierarchy Process – An Exposition*. George Washington University

Ishizaka, A., & Labib, A., (2009), Analytic Hierarchy Process and Expert Choice: Benefits and Limitations. *ORInsight*.

Kahraman, C., et. al., (2007), Hierarchical fuzzy TOPSIS model for selection among logistics information and technologies. *Journal of Enterprise Information Management*.

Mobley, R.K. *Maintenance Engineering Handbook 7<sup>th</sup> Edition* (2008). New York: McGraw-Hill.

Saaty, T.L., (2008), Relative Measurement and Its generalization in decision making – why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement for intangible factors. *RACSAM*

Scheffer, C. & Girdhar P., (2004). *Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive maintenance*, London: Elsevier.

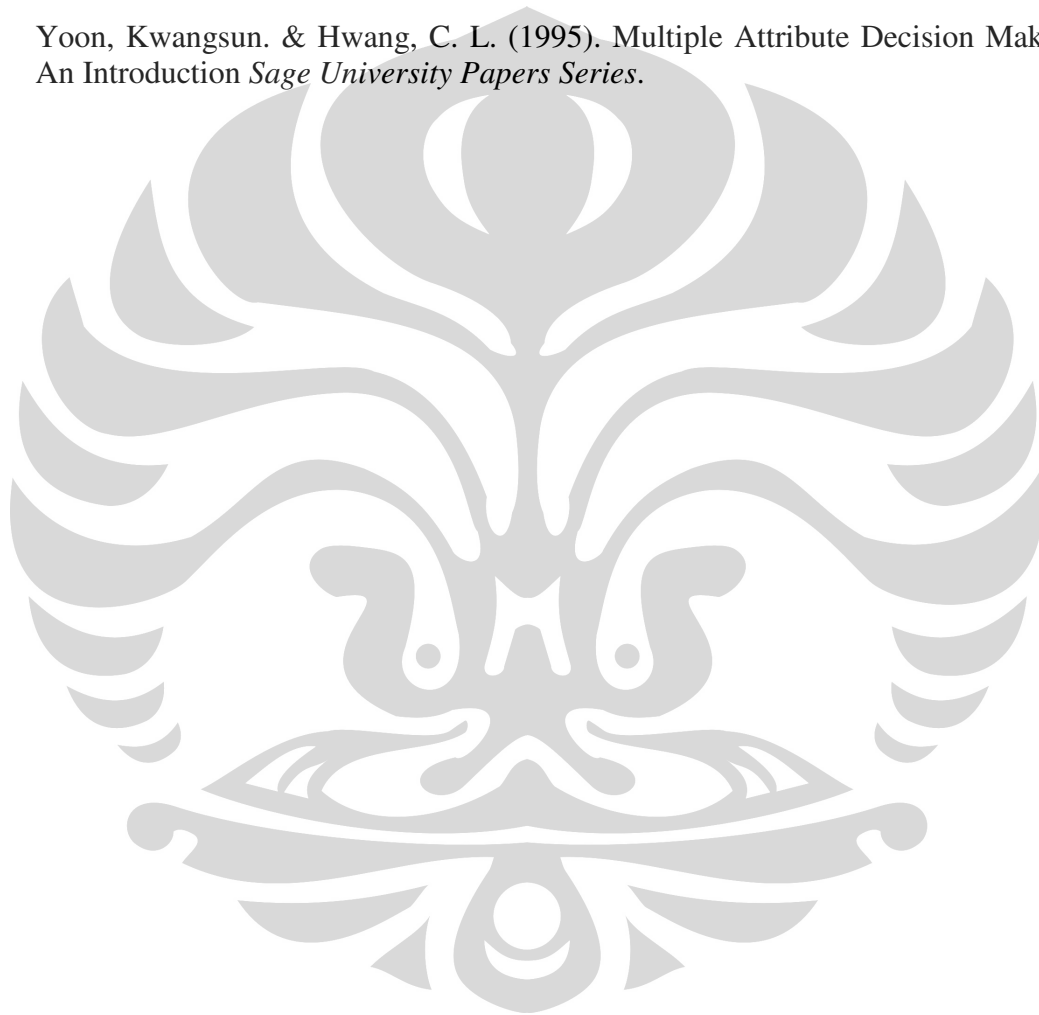
Shyjith, K., Ilangkumaran, M., & Kumanan, S., (2008) Multi-criteria decision making approach to evaluate optimum maintenance strategy in textile industry. *Journal of Quality in Maintenance*.

Solomon, V.A.P., & Montevechi, J.A.B., (2001) A Compilation of Comparisons on The Analytic Hierarchy Process and Other Multiple Criteria Decision Making Methods: Some Cases Developed in Brazil. *6<sup>th</sup> ISAHP 2001 Switzerland*.

Swanson, L. (2001), Linking maintenance strategies to performance. *International Journal of Production Economics*.

Wang, L. et. Al., (2006), Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics*.

Yoon, Kwangsun. & Hwang, C. L. (1995). Multiple Attribute Decision Making: An Introduction *Sage University Papers Series*.



### Lampiran 1. Kuesioner *Pairwise Comparison*

Selamat pagi Bapak/Ibu,

Nama saya Daniel Jandi C, mahasiswa S1 Teknik Industri Universitas Indonesia yang sedang menyusun Skripsi dengan tema ***Pemilihan Strategi Pemeliharaan Truk Kelapa Sawit***. Melalui kuesioner ini, saya ingin mengidentifikasi bobot kriteria yang Bapak/Ibu pertimbangkan dalam memilih/menerapkan sistem pemeliharaan untuk truk kelapa sawit pada perusahaan Bapak/Ibu.

Pada kuesioner ini, saya ingin mengukur bobot relatif dari setiap kriteria dengan perbandingan berpasangan. Bapak/Ibu diminta untuk menilai kriteria dan alternatif sesuai dengan kerangka berpikir perusahaan. Kuesioner ini terdiri dari dua bagian:

1. Bagian pertama tentang penilaian kriteria
2. Bagian kedua mengenai penilaian alternatif

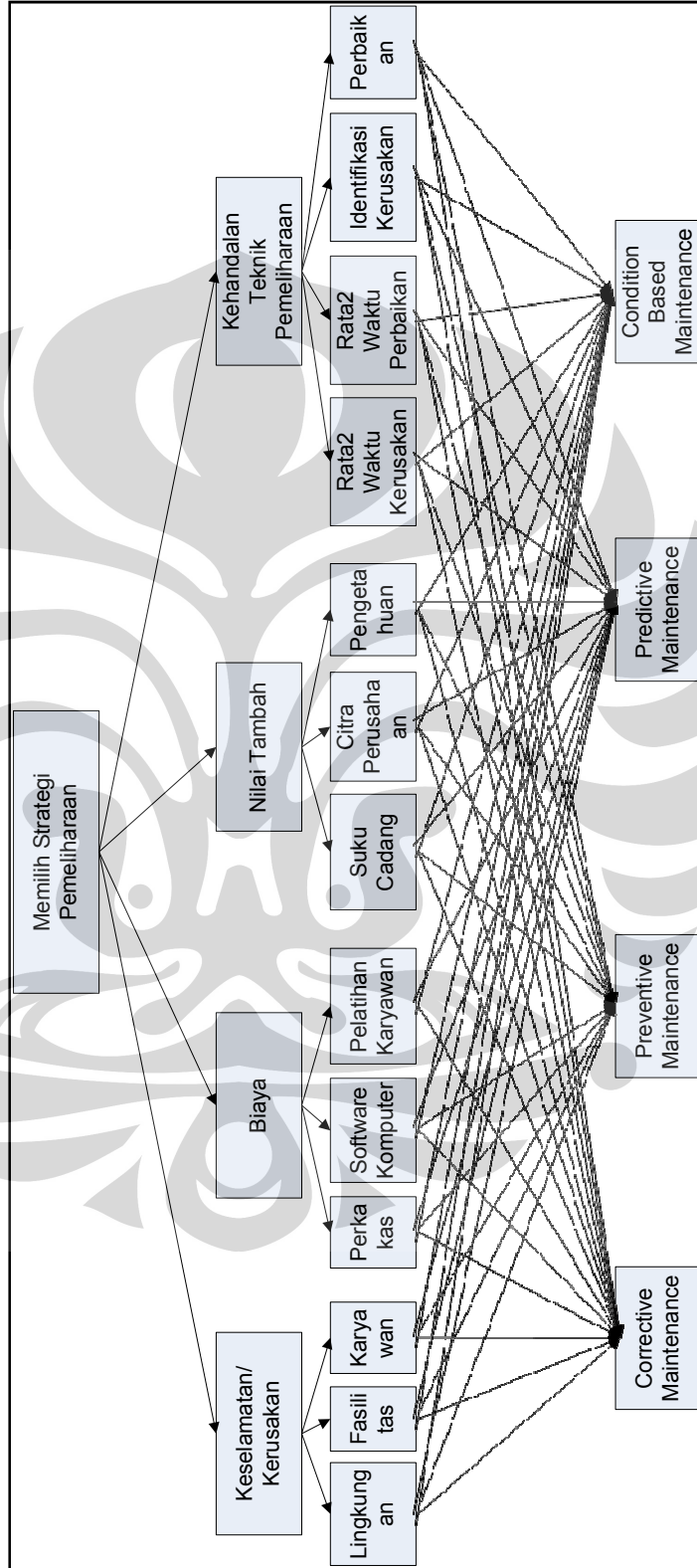
Bapak/Ibu diposisikan sebagai pemegang keputusan yang juga mengetahui kondisi perusahaan secara menyeluruh. Oleh karena itu, penilaian Bapak/Ibu sangat dipertimbangkan.

Besar harapan saya agar Bapak/Ibu dapat membantu saya dalam penelitian ini.

Terima kasih

**Struktur hierarki pengambilan keputusan**

Dibawah ini dijelaskan struktur pengambilan keputusan tentang pemilihan strategi pemeliharaan. Pada baris pertama merupakan goal (tujuan) yaitu Memilih Strategi Pemeliharaan. Pada baris kedua merupakan 4 Kriteria besar, yang mencakup 13 sub kriteria pada baris ketiga. Pada baris keempat merupakan 4 alternatif (pilihan) strategi pemeliharaan yang akan dipilih. Dilakukan dua jenis penilaian, yaitu penilaian kriteria dan penilaian alternatif untuk menentukan strategi pemeliharaan yang sesuai dengan perusahaan.



**CARA PENGISIAN KUESIONER**

Kuesioner ini diisi dengan menggunakan teknik perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*). Bapak/Ibu diperhadapkan dengan dua kriteria yang berpasangan di kiri dan dikanan. Bapak/Ibu diminta untuk menilai kriteria-kriteria tersebut dengan memberi penilaian dengan skala 1-9.

**Contoh:**

Biaya

4	Investasi berupa peralatan pemeliharaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Investasi berupa software komputer
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------------------------

Jika Bapak/Ibu lebih memilih kriteria “Investasi berupa peralatan pemeliharaan” dengan pertimbangan kriteria tersebut “*Cukup penting*” dari “Investasi berupa software komputer”, maka Bapak/Ibu melingkari skala nomor **5 di sebelah kiri**.

Biaya

4	Investasi berupa peralatan pemeliharaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Investasi berupa software komputer
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------------------------

Jika Bapak/Ibu lebih memilih kriteria “investasi berupa software komputer” dengan pertimbangan kriteria tersebut “*Agak lebih penting*” dari “Investasi berupa peralatan pemeliharaan”, maka Bapak/Ibu melingkari skala nomor **3 di sebelah kanan**.

Biaya

4	Investasi berupa peralatan pemeliharaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Investasi berupa software komputer
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------------------------

Jika Bapak/Ibu menganggap kedua kriteria “*Sama pentingnya*”, maka Bapak/Ibu melingkari skala nomor **1 di tengah**.

I. Penilaian Kriteria

Lingkari nomor skala yang sesuai dengan preferensi Bapak/Ibu.

Kriteria Utama																			
1	Keselamatan dan Kerusakan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Biaya
2	Keselamatan dan Kerusakan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Nilai Tambah
3	Keselamatan dan Kerusakan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kehandalan Teknik Pemeliharaan
4	Biaya	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Nilai Tambah
5	Biaya	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kehandalan Teknik Pemeliharaan
6	Nilai Tambah	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kehandalan Teknik Pemeliharaan
Keselamatan dan kerusakan																			
7	Meningkatkan keselamatan karyawan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mengurangi kecelakaan terhadap fasilitas pabrik
8	Meningkatkan keselamatan karyawan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mengurangi kerusakan lingkungan
9	Mengurangi kecelakaan terhadap fasilitas pabrik	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mengurangi kerusakan lingkungan
Biaya																			
10	Investasi berupa peralatan pemeliharaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Investasi berupa software komputer
11	Investasi berupa peralatan pemeliharaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pelatihan karyawan
12	Investasi berupa software komputer	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pelatihan karyawan
Nilai Tambah																			
13	Persediaan suku cadang harus minimal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mengurangi gagal produksi
14	Persediaan suku cadang harus minimal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Meningkatkan citra perusahaan
15	Persediaan suku cadang harus minimal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Meningkatkan pengetahuan karyawan
16	Mengurangi gagal produksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Meningkatkan citra perusahaan
17	Mengurangi gagal produksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Meningkatkan pengetahuan karyawan
18	Meningkatkan citra perusahaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Meningkatkan pengetahuan karyawan
Kehandalan Teknik Pemeliharaan																			
19	Dapat mengidentifikasi kerusakan sebelum terjadi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Dapat memperbaiki seperti baru
20	Dapat mengidentifikasi kerusakan sebelum terjadi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mengurangi rata-rata waktu kerusakan
21	Dapat mengidentifikasi kerusakan sebelum terjadi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mengurangi rata-rata waktu perbaikan
22	Dapat memperbaiki seperti baru	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mengurangi rata-rata waktu kerusakan
23	Dapat memperbaiki seperti baru	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mengurangi rata-rata waktu perbaikan
24	Mengurangi rata-rata waktu kerusakan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mengurangi rata-rata waktu perbaikan

## Lampiran 1. Kuesioner *Pairwise Comparison* (lanjutan)

### II. Penilaian Alternatif

Berikutnya, Bapak/Ibu diminta untuk memahami sejenak mengenai strategi pemeliharaan yang dapat diterapkan pada perusahaan Bapak/Ibu:

#### 1. *Corrective Maintenance*

Pada strategi ini, pemeliharaan hanya dilakukan apabila terjadi breakdown (rusak) saja. Strategi ini tidak memerlukan jadwal dan biaya pemeliharaan secara khusus, akan tetapi apabila terjadi kerusakan dapat menimbulkan biaya (penggantian komponen) yang besar.

#### 2. *Preventive Maintenance*

Pada strategi ini, kegiatan pemeliharaan dilakukan secara terjadwal (periodik), meskipun ada atau tidak ada kerusakan terjadi. Biaya pemeliharaan ini cenderung kecil, dan dapat dilakukan oleh karyawan tak terlatih. Namun kelemahannya adalah masih mungkin terjadi breakdown pada mesin/truk.

#### 3. *Predictive Maintenance*

Predictive Maintenance memonitor berbagai macam kondisi komponen/mesin. Aktifitasnya dilakukan sekali di awal untuk memprediksi kapan penggantian komponen atau perbaikan dilakukan.

#### 4. *Condition-Based Maintenance (CBM)*

Sistem pemeliharaan ini hampir mirip dengan predictive maintenance. Perbedaannya, CBM menggunakan pengolahan data yang lebih intensif dan pengawasan yang kontinyu. Selain itu, CBM menggunakan berbagai macam sensor yang kompleks untuk memonitor kondisi komponen atau mesin.

**Kemudian, Bapak/Ibu diminta untuk menilai setiap strategi pemeliharaan yang diberikan berikut ini. Lingkari nomor skala yang sesuai dengan preferensi Bapak/Ibu.**

**Lampiran 1. Kuesioner *Pairwise Comparison* (lanjutan)**

**Kriteria 1 – Mengurangi kerusakan dan meningkatkan keselamatan secara umum.**

Lingkari nomor skala yang sesuai dengan preferensi Bapak/Ibu.

<b>Meningkatkan keselamatan karyawan:</b> Alternatif manakah, menurut Bapak/Ibu, yang lebih mampu meningkatkan keselamatan karyawan?																		
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Preventive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Predictive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance

<b>Mengurangi kecelakaan terhadap fasilitas pabrik:</b> Alternatif manakah, menurut Bapak/Ibu, yang mampu mengurangi kecelakaan/kerusakan terhadap fasilitas pabrik?																		
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Preventive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Predictive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance

<b>Mengurangi kerusakan lingkungan:</b> Alternatif manakah, menurut Bapak/Ibu, yang mampu meminimalkan kecelakaan/kerusakan terhadap lingkungan di sekitar pabrik?																		
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Preventive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Predictive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance



### Lampiran 1. Kuesioner *Pairwise Comparison* (lanjutan)

#### Kriteria 2 – Biaya/Investasi Pemeliharaan

Lingkari nomor skala yang sesuai dengan preferensi Bapak/Ibu.

<b>Investasi berupa peralatan pemeliharaan:</b> Alternatif manakah, menurut preferensi Bapak/Ibu, memiliki biaya peralatan pemeliharaan yang relatif minimum?																		
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Preventive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Predictive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance

<b>Investasi berupa software komputer:</b> Alternatif manakah, menurut preferensi Bapak/Ibu, memiliki biaya pembelian software komputer yang relatif minimum?																		
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Preventive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Predictive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance

<b>Pelatihan karyawan:</b> Alternatif manakah, menurut preferensi Bapak/Ibu, yang memerlukan biaya pelatihan karyawan yang relatif kecil?																		
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Preventive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Predictive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance

**Lampiran 1. Kuesioner *Pairwise Comparison* (lanjutan)**

**Kriteria 3 – Nilai Tambah dalam Strategi Pemeliharaan**

Lingkari nomor skala yang sesuai dengan preferensi Bapak/Ibu.

<b>Persediaan suku cadang harus minimal:</b> Alternatif manakah, menurut Bapak/Ibu, yang mampu meminimalkan jumlah persediaan suku cadang dari truk kelapa sawit ?																		
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Preventive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Predictive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance

<b>Mengurangi gagal produksi:</b> Alternatif manakah yang mampu mengurangi gagal produksi secara keseluruhan?																		
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Preventive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Predictive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance

<b>Meningkatkan citra perusahaan:</b> Alternatif manakah menurut Bapak/Ibu yang mampu meningkatkan citra perusahaan?																		
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Preventive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Predictive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance

<b>Meningkatkan pengetahuan karyawan:</b> Alternatif manakah menurut Bapak/Ibu yang mampu meningkatkan pengetahuan karyawan tentang pemeliharaan truk kelapa sawit?																		
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Preventive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Predictive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance

### Lampiran 1. Kuesioner *Pairwise Comparison* (lanjutan)

#### Kriteria 4 – Kehandalan teknik pemeliharaan

Lingkari nomor skala yang sesuai dengan preferensi Bapak/Ibu.

<b>Dapat mengidentifikasi kerusakan sebelum terjadi:</b> Alternatif manakah, menurut Bapak/Ibu yang mampu mengidentifikasi kerusakan pada truk sebelum terjadi?																		
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Preventive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Predictive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance

<b>Dapat memperbaiki seperti baru:</b> Alternatif manakah, menurut Bapak/Ibu, yang mampu memperbaiki/merawat performa truk kelapa sawit seperti baru?																		
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Preventive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Predictive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance

<b>Mengurangi rata-rata waktu kerusakan:</b> Alternatif manakah, menurut Bapak/Ibu, yang mampu mengurangi rata-rata waktu kerusakan truk kelapa sawit?																		
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Preventive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Predictive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance

<b>Mengurangi rata-rata waktu lamanya perbaikan:</b> Alternatif manakah, menurut Bapak/Ibu, yang mampu mengurangi rata-rata waktu lamanya perbaikan truk kelapa sawit?																		
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Preventive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Corrective Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Predictive Maintenance
Preventive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance
Predictive Maintenance	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Condition Based Maintenance

## Lampiran 2. Hasil Kuesioner Pairwise Comparison

Kriteria A	Responden									Kriteria B	
	1	3	4	6	7	9					
Kerusakan	3	1/3	1	1	1	5	Biaya				
Kerusakan	1/3	1/3	1/5	1/3	1	1	Nilai Tambah				
Kerusakan	1	3	5	1	1	1	Kehandalan				
Biaya	1	1/3	1	1	1	1	Nilai Tambah				
Biaya	1/3	1	1	3	1	1	Kehandalan				
Nilai Tambah	3	1	1	1	1	1	Kehandalan				
<b>Responden</b>											
<b>Kriteria: Keselamatan dan kerusakan</b>											
1	Meningkatkan keselamatan karyawan	1	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	Mengurangi kecelakaan terhadap fasilitas pabrik
2	Meningkatkan keselamatan karyawan	1	1	1	3	1/7	1/5	1/7	1/5	1/5	Mengurangi kerusakan lingkungan
3	Mengurangi kecelakaan terhadap fasilitas pabrik	1	5	5	3	1	1	1	1/5	1/5	Mengurangi kerusakan lingkungan
<b>Kriteria: Biaya</b>											
4	Investasi berupa peralatan pemeliharaan (hardware)	1	1/7	1/7	1/3	1/3	1/3	1/3	5	5	Investasi berupa software komputer
5	Investasi berupa peralatan pemeliharaan	1	3	3	5	1/5	1/5	1/5	5	5	Pelatihan karyawan
6	Investasi berupa software komputer	1	7	7	1/3	1/3	1/3	1/3	5	5	Pelatihan karyawan
<b>Kriteria: Nilai Tambah</b>											
7	Dapat mengurangi persediaan suku cadang	1	1	1	7	1	1	1	1/5	1/5	Mengurangi gagal produksi
8	Dapat mengurangi persediaan suku cadang	1	7	7	7	1	1	1	1/5	1/5	Meningkatkan citra perusahaan
9	Dapat mengurangi persediaan suku cadang	1	1/5	1/5	3	1	1	1	1/5	1/5	Meningkatkan pengetahuan karyawan
10	Mengurangi gagal produksi	1	7	7	7	1	1	1	5	5	Meningkatkan citra perusahaan
11	Mengurangi gagal produksi	1	7	7	1/3	1/3	1/3	1/3	5	5	Meningkatkan pengetahuan karyawan
12	Meningkatkan citra perusahaan	1	1/7	1/7	1/9	1	1	1	1/5	1/5	Meningkatkan pengetahuan karyawan
<b>Kriteria: Kehandalan Teknik Pemeliharaan</b>											
13	Dapat mengidentifikasi kerusakan sebelum terjadi	1/7	1/7	1/7	5	1	1	1	1/5	1/5	Dapat memperbaiki seperti baru
14	Dapat mengidentifikasi kerusakan sebelum terjadi	1	1/7	1/7	3	1	1	1	1/5	1/5	Mengurangi rata-rata waktu interval kerusakan
15	Dapat mengidentifikasi kerusakan sebelum terjadi	1	1/5	1/5	1/7	1	1	1	1/5	1/5	Mengurangi rata-rata waktu interval perbaikan
16	Dapat memperbaiki seperti baru	1/7	1	1	3	1	1	1	5	5	Mengurangi rata-rata waktu interval perbaikan
17	Dapat memperbaiki seperti baru	1/7	1/3	1/3	1	1	1/3	1	5	5	Mengurangi rata-rata waktu interval perbaikan
18	Mengurangi rata-rata waktu kerusakan	1	5	5	1	1	1	1	1/5	1/5	Mengurangi rata-rata waktu interval perbaikan

Lampiran 2. Hasil Kuesioner *Pairwise Comparison* (lanjutan)

Responden		1	3	4	6	7	9	
Kerusakan	<b>Meningkatkan keselamatan karyawan</b>							
	Corrective Maintenance	5	7	7	2 1/3	1 3/4	1	Preventive Maintenance
	Corrective Maintenance	5	1	7	5	1 2/3	1	Predictive Maintenance
	Corrective Maintenance	5	5	5	1 2/5	2 1/3	1	Condition Based Maintenance
	Preventive Maintenance	1	1/5	1/3	5/7	1 2/5	1	Predictive Maintenance
	Preventive Maintenance	1	1	1	1	1	1	Condition Based Maintenance
	Predictive Maintenance	1	7	1/5	1	1 2/3	1	Condition Based Maintenance
	<b>Mengurangi kecelakaan terhadap fasilitas pabrik</b>							
	Corrective Maintenance	5	7	5	1 2/5	1 1/2	1	Preventive Maintenance
	Corrective Maintenance	5	1	7	3/7	3/5	1	Predictive Maintenance
	Corrective Maintenance	5	5	3	1/5	1 1/2	1	Condition Based Maintenance
	Preventive Maintenance	1	1/3	1/3	1 2/3	1 1/2	1/5	Predictive Maintenance
	Preventive Maintenance	1	1/5	3	7	1	1	Condition Based Maintenance
	Predictive Maintenance	1	5	5	1	1	1	Condition Based Maintenance
	<b>Mengurangi kerusakan lingkungan</b>							
	Corrective Maintenance	5	5	7	5/7	3/4	5	Preventive Maintenance
	Corrective Maintenance	5	1	5	2 1/3	3/4	5	Predictive Maintenance
	Corrective Maintenance	5	7	3	5/7	1 2/5	5	Condition Based Maintenance
Preventive Maintenance	1	1/7	1/5	3/5	1	1/5	Predictive Maintenance	
Preventive Maintenance	1	5	1	1	2 2/3	5	Condition Based Maintenance	
Predictive Maintenance	1	5	5	1 2/3	1	5	Condition Based Maintenance	

Responden		1	3	4	6	7	9	
Biaya	<b>Investasi berupa peralatan pemeliharaan (hardware)</b>							
	Corrective Maintenance	5	5	3	1	3/7	5	Preventive Maintenance
	Corrective Maintenance	5	1	5	1 2/3	3/7	5	Predictive Maintenance
	Corrective Maintenance	5	7	7	1 2/5	1 1/6	5	Condition Based Maintenance
	Preventive Maintenance	5	7	1/5	1	1	1/5	Predictive Maintenance
	Preventive Maintenance	7	1	1/7	3/7	1	5	Condition Based Maintenance
	Predictive Maintenance	7	5	1/5	2 1/3	1	5	Condition Based Maintenance
	<b>Investasi berupa software komputer</b>							
	Corrective Maintenance	1	3	5	7	3/5	5	Preventive Maintenance
	Corrective Maintenance	1/5	1	3	5/7	3/7	5	Predictive Maintenance
	Corrective Maintenance	1/5	5	5	2 1/3	1 2/5	5	Condition Based Maintenance
	Preventive Maintenance	1/5	1/7	1/5	1/5	1	1/5	Predictive Maintenance
	Preventive Maintenance	1/7	1	1/7	1 2/3	1	5	Condition Based Maintenance
	Predictive Maintenance	1/5	5	3	1	1	5	Condition Based Maintenance
	<b>Pelatihan karyawan</b>							
	Corrective Maintenance	1	5	3	7	3/5	5	Preventive Maintenance
	Corrective Maintenance	1/5	1	1	5/7	3/5	5	Predictive Maintenance
	Corrective Maintenance	1/5	7	3	3/5	3/7	5	Condition Based Maintenance
Preventive Maintenance	1/5	1/7	1/5	5/7	1	1/5	Predictive Maintenance	
Preventive Maintenance	1/5	1	1	3/5	1	1/5	Condition Based Maintenance	
Predictive Maintenance	1/3	5	1/7	3/5	1	5	Condition Based Maintenance	

Responden		1	3	4	6	7	9	
Nilai Tambah	<b>Dapat mengurangi persediaan suku cadang</b>							
	Corrective Maintenance	7	5	3	7/9	1/2	5	Preventive Maintenance
	Corrective Maintenance	7	1	1	3/7	1/2	5	Predictive Maintenance
	Corrective Maintenance	7	5	3	1	3/7	5	Condition Based Maintenance
	Preventive Maintenance	7	1/7	1/5	2 1/3	1	1/5	Predictive Maintenance
	Preventive Maintenance	7	1	1/7	1 2/3	1	1/5	Condition Based Maintenance
	Predictive Maintenance	7	3	5	1	1	5	Condition Based Maintenance
	<b>Mengurangi gagal produksi</b>							
	Corrective Maintenance	7	7	3	1	3/7	5	Preventive Maintenance
	Corrective Maintenance	7	3	1/3	2 1/3	3/7	5	Predictive Maintenance
	Corrective Maintenance	7	5	3	3/5	3/7	5	Condition Based Maintenance
	Preventive Maintenance	7	1/5	1/5	1/7	1	1/5	Predictive Maintenance
	Preventive Maintenance	7	1	7	3/7	1	1/5	Condition Based Maintenance
	Predictive Maintenance	7	3	3	5/7	1	5	Condition Based Maintenance
	<b>Meningkatkan citra perusahaan</b>							
	Corrective Maintenance	7	5	1	2 1/3	3/4	5	Preventive Maintenance
	Corrective Maintenance	7	5	5	5/7	3/4	5	Predictive Maintenance
	Corrective Maintenance	7	7	7	3/7	1/2	5	Condition Based Maintenance
Preventive Maintenance	7	1/7	1/5	2 1/3	3	1/5	Predictive Maintenance	
Preventive Maintenance	7	1	3	1	1	1/5	Condition Based Maintenance	
Predictive Maintenance	7	5	3	1/5	1	5	Condition Based Maintenance	
<b>Meningkatkan pengetahuan karyawan</b>								
Corrective Maintenance	7	5	1	1	1/7	5	Preventive Maintenance	
Corrective Maintenance	7	1	3	1	1/7	5	Predictive Maintenance	
Corrective Maintenance	7	3	5	1	1/6	5	Condition Based Maintenance	
Preventive Maintenance	7	1/5	1/5	1 2/3	1/6	1/5	Predictive Maintenance	
Preventive Maintenance	7	1	1	4/5	1/7	1/5	Condition Based Maintenance	
Predictive Maintenance	9	3	7	1/7	1/7	5	Condition Based Maintenance	

Lampiran 2. Hasil Kuesioner *Pairwise Comparison* (lanjutan)

Responden	1	3	4	6	7	9		
Kebandalan Teknik Pemeliharaan	<b>Dapat mengidentifikasi kerusakan sebelum terjadi</b>							
	Corrective Maintenance	7	7	3	1/3	3/5	5	<b>Preventive Maintenance</b>
	Corrective Maintenance	7	5	3	1	3/5	5	<b>Predictive Maintenance</b>
	Corrective Maintenance	9	7	5	1	1	5	<b>Condition Based Maintenance</b>
	<b>Preventive Maintenance</b>	7	1/7	1/5	1	1	1/5	Predictive Maintenance
	<b>Preventive Maintenance</b>	9	1	1/5	1 2/3	1	1/5	Condition Based Maintenance
	Predictive Maintenance	9	5	1	7	1	5	<b>Condition Based Maintenance</b>
	<b>Dapat memperbaiki seperti baru</b>							
	Corrective Maintenance	7	7	3	1	1/5	5	<b>Preventive Maintenance</b>
	Corrective Maintenance	7	5	1/5	1	1/5	5	<b>Predictive Maintenance</b>
	Corrective Maintenance	9	5	3	3/5	1/7	5	<b>Condition Based Maintenance</b>
	<b>Preventive Maintenance</b>	7	1/5	1/7	2 1/3	1	1/5	Predictive Maintenance
	<b>Preventive Maintenance</b>	9	1/7	1	1 2/3	1	1/5	Condition Based Maintenance
	Predictive Maintenance	9	3	5	3/7	1	5	<b>Condition Based Maintenance</b>
	<b>Mengurangi rata-rata waktu interval kerusakan</b>							
	Corrective Maintenance	7	3	1/5	1	1 2/5	5	<b>Preventive Maintenance</b>
	Corrective Maintenance	7	1	1/3	3/5	1 2/5	5	<b>Predictive Maintenance</b>
	Corrective Maintenance	7	1/5	3	1 2/3	2 1/3	5	<b>Condition Based Maintenance</b>
	<b>Preventive Maintenance</b>	8	1/7	1/3	3/5	1 2/5	1/5	Predictive Maintenance
	<b>Preventive Maintenance</b>	9	1	1/7	1 2/3	2 1/3	1/5	Condition Based Maintenance
	Predictive Maintenance	9	5	3	5/7	2 1/3	5	<b>Condition Based Maintenance</b>
	<b>Mengurangi rata-rata waktu interval perbaikan</b>							
	Corrective Maintenance	7	5	3	3/7	7	5	<b>Preventive Maintenance</b>
	Corrective Maintenance	7	1/5	1/3	3/5	7	5	<b>Predictive Maintenance</b>
	Corrective Maintenance	8	3	3	1	7	5	<b>Condition Based Maintenance</b>
	<b>Preventive Maintenance</b>	8	1/3	1/7	2 1/3	1	1/5	Predictive Maintenance
	<b>Preventive Maintenance</b>	9	1	1/7	5/7	1	1/5	Condition Based Maintenance
	Predictive Maintenance	9	5	3	1	1	5	<b>Condition Based Maintenance</b>