

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/276269738>

Teknik dan Analisis Pengambilan Keputusan Fuzzy dalam Manajemen Rantai Pasok

Book · April 2013

CITATIONS

55

READS

6,722

7 authors, including:



Marimin Marimin

IPB University

333 PUBLICATIONS 3,495 CITATIONS

SEE PROFILE



Taufik Djatna

IPB University

235 PUBLICATIONS 1,409 CITATIONS

SEE PROFILE



Suharjito Suharjito

Bina Nusantara University, Jakarta, Indonesia

155 PUBLICATIONS 2,081 CITATIONS

SEE PROFILE



Syarif Hidayat

Universitas Al Azhar Indonesia (UAI)

25 PUBLICATIONS 205 CITATIONS

SEE PROFILE

Teknik dan Analisis Pengambilan Keputusan Fuzzy dalam Manajemen Rantai Pasok

Sistem Manajemen Rantai Pasok merupakan pendekatan untuk mengintegrasikan pemasok, pengusaha, sistem produksi, distribusi, logistik dan pemasaran kedalam sistem manajemen perusahaan secara efektif dan efisien. Rangkaian aktivitas-aktivitas rantai pasok melibatkan banyak hal yang memerlukan pengambilan keputusan sederhana sampai kompleks yang ranah substansinya sering tidak pasti dan kabur (*fuzzy*) sehingga sulit direpresentasikan dan disimpulkan.

Buku ini membahas teknik dan analisis pengambilan keputusan *fuzzy* dalam manajemen rantai pasok. Bahasan mencakup konsep, teori dan sistem keputusan, sistem manajemen rantai pasok pertanian, konsep dan struktur sistem *fuzzy*, pengembangan teknik penelitian operasional: pemrograman linier *fuzzy*, analisis risiko *fuzzy*, analisis kelayakan investasi *fuzzy*, proses hirarki analitik (AHP) *fuzzy* dan regresi *fuzzy*. Teknik-teknik tersebut dapat dijadikan model dasar pengembangan sistem dan pengambilan keputusan cerdas pada umumnya dan manajemen rantai pasok cerdas pada khususnya.

Buku ini sangat sesuai dibaca kalangan staf pengajar perguruan tinggi, mahasiswa program sarjana dan pascasarjana, peneliti, industri dan pemerhati pendekatan sistem, teknik dan sistem pengambilan keputusan, manajemen rantai pasok, dan penerapan sistem pengambilan keputusan cerdas dalam manajemen rantai pasok.

PT Penerbit IPB Press
Kampus IPB Taman Kencana
Jl. Taman Kencana No. 3, Bogor 16128
Telp. 0251 - 8355 158 E-mail: ipbpress@gmail.com
 Penerbit IPB Press  @IPBpress



Teknik dan Analisis Pengambilan Keputusan Fuzzy
dalam Manajemen Rantai Pasok

Teknik dan Analisis Pengambilan Keputusan Fuzzy dalam Manajemen Rantai Pasok



Oleh :
Prof. Dr. Ir. Marimin, M.Sc
Dr. Eng. Taufik Djatna, STP,MSI
Dr. Suharjo, S.Si, MT
Dr. Ir.Syarif Hidayat, MEngSc, MM
Dr. Ditdit N.Utama, ST, M.Kom
Dr. Retno Astuti, STP, M.Si
Sri Martini, S.Kom., M.Si

Teknik dan Analisis
Pengambilan Keputusan *Fuzzy* dalam
Manajemen Rantai Pasok

Teknik dan Analisis Pengambilan Keputusan *Fuzzy* dalam Manajemen Rantai Pasok

Oleh :

Prof. Dr. Ir. Marimin, M.Sc

Dr. Eng. Taufik Djatna, STP,MSi

Dr. Suharjito, S.Si, MT

Dr. Ir.Syarif Hidayat, MEngSc, MM

Dr. Ditdit N.Utama, ST, M.Kom

Dr. Retno Astuti, S.TP, M.Si

Sri Martini, S.Kom., M.Si



Teknik dan Analisis Pengambilan Keputusan *Fuzzy* dalam Manajemen Rantai Pasok

Prof. Dr. Ir. Marimin, M.Sc
Dr. Eng. Taufik Djatna, STP,MSi
Dr. Suharjito, S.Si, MT
Dr.Ir.Syarif Hidayat, MEngSc, MM
Dr. Ditdit N.Utama, ST, M.Kom
Dr. Retno Astuti, S.TP, M.Si
Sri Martini, S.Kom., M.Si

Copyright © 2013 Penulis

Penyunting Bahasa : Elviana
Desainer Sampul & Tata Letak : Sani Etyarsah

PT Penerbit IPB Press
Kampus IPB Taman Kencana Bogor
Cetakan Pertama: April 2013

Dicetak oleh Percetakan IPB

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang
Dilarang memperbanyak buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit

ISBN: 000-000-000-000-0

Kata Pengantar

Assalamu'alaikum wr.wb.

Sistem Manajemen Rantai Pasok merupakan pendekatan yang diterapkan untuk mengintegrasikan pemasok, pengusaha, gudang, dan tempat penyimpanan lainnya secara efisien sehingga produk dihasilkan dapat didistribusikan dengan kuantitas, tempat dan waktu yang tepat untuk memperkecil biaya dan memuaskan pelanggan. Sistem Manajemen Rantai Pasok dapat didefinisikan sebagai satu kesatuan sistem pemasaran terpadu yang mencakup keterpaduan produk dan pelaku guna memberikan kepuasan pada pelanggan.

Buku ini mendiskusikan secara ilustratif tahap demi tahap suatu cara pandang dalam pengambilan keputusan dan aplikasinya dalam berbagai bidang utamanya pada manajemen rantai pasok yang tergolong sulit dan kompleks, yang diekspresikan secara sederhana. Aspek kajian diawali dengan pembahasan tentang pendekatan kesisteman dan peran teknik pengambilan keputusan dalam penyelesaian persoalan keputusan manajemen dan keteknikan pada umumnya dan manajemen rantai pasok pada khususnya.

Buku ini membahas teknik dan aplikasi pengambilan keputusan *fuzzy* dalam manajemen rantai pasok pada berbagai bidang sebagai suatu sumber dukungan dan bimbingan praktis dari berbagai prespektif sistem manajemen. Bahasan mencakup konsep dan sistem teori keputusan, sistem manajemen rantai pasok pertanian, konsep dan struktur sistem *fuzzy*, pemrograman linier *fuzzy*, analisis risiko *fuzzy*, analisis kelayakan investasi *fuzzy*, *fuzzy* AHP dan regresi *fuzzy*.

Buku ini sesuai untuk dibaca bagi kalangan staf pengajar perguruan tinggi, mahasiswa program sarjana dan pascasarjana, peneliti, industri dan pemerhati pendekatan sistem, teknik dan sistem pengambilan keputusan dan manajemen rantai pasok.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM-IPB dan DP2M Dikti yang memfasilitasi penyusunan buku ajar ini melalui Program Hibah Kompetensi Tahun 2011. Penulis menyadari tulisan ini masih dijumpai beberapa kekurangan, untuk itu diharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca. Semoga tulisan ini bermanfaat.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Bogor, April 2013

Penulis

Daftar Isi

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR.....	x

BAB I.

SISTEM DAN TEORI KEPUTUSAN

A. Sistem	1
B. Teori Keputusan.....	15
C. Latihan-latihan.....	26

BAB II.

SISTEM MANAJEMEN RANTAI PASOK PERTANIAN

A. Konsep Rantai Pasok.....	29
B. Struktur Rantai Pasok.....	31
C. Mekanisme Rantai Pasok.....	34
D. Kelembagaan Rantai Pasok.....	35
E. Teknik Keputusan dalam Manajemen Rantai Pasok.....	40
F. Latihan-latihan.....	47

BAB III.

KONSEP DAN STRUKTUR SISTEM *FUZZY*

A. Sistem <i>Fuzzy</i>	49
B. Gugus <i>Fuzzy</i>	53
C. Representasi <i>Fuzzy</i>	55
D. Logika dan Penalaran <i>Fuzzy</i>	66
E. Inferensi <i>Fuzzy</i>	70

F. Sistem Inferensi (Kendali <i>Fuzzy</i>).....	75
G. Teknik Pengambilan Keputusan <i>Fuzzy</i>	80
H. Latihan-latihan.....	81

BAB IV.

PEMROGRAMAN LINEAR *FUZZY*

A. Pendahuluan.....	83
B. Asumsi Pemrograman Linear	88
C. Pendekatan <i>Fuzzy</i>	93
D. Penerapan Pemrograman Linear <i>Fuzzy</i>	104
E. Latihan-latihan.....	125

BAB V.

ANALISIS RISIKO *FUZZY*

A. Konsep Analisis Risiko.....	100
B. FMEA (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>).....	102
C. <i>Fuzzy</i> FMEA (<i>Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis</i>)	103
D. Contoh Kasus Penerapan Analisis Risiko <i>Fuzzy</i>	109
E. Latihan-latihan	127

BAB VI.

ANALISIS KELAYAKAN INVESTASI *FUZZY*

A. Indikator Kelayakan Investasi.....	129
B. <i>Fuzzy</i> NPV dan <i>Fuzzy</i> IRR.....	130
C. <i>Benefit Cost</i> (B/C) <i>Ratio Fuzzy</i>	133
D. Contoh Penerapan Analisis Kelayakan Investasi <i>Fuzzy</i> Pada Industri Gula	134
E. Latihan-latihan.....	147

BAB VII.

PROSES HIERARKI ANALITIK *FUZZY*

A. Model Keputusan Dengan AHP	149
B. Prinsip Kerja AHP	150
C. Representasi Penilaian AHP <i>Fuzzy</i>	153
D. Prinsip Kerja AHP <i>Fuzzy</i>	156
E. Contoh Kasus AHP <i>Fuzzy</i>	159
F. Latihan-latihan.....	174

BAB VIII.

REGRESI *FUZZY*

A. Model Regresi <i>Fuzzy</i>	179
B. Penyelesaian Regresi <i>Fuzzy</i>	182
C. Contoh Kasus Aplikasi Regresi <i>Fuzzy</i>	183
D. Latihan-latihan.....	194

DAFTAR PUSTAKA.....	195
---------------------	-----

DAFTAR ISTILAH PENTING.....	199
-----------------------------	-----

INDEX SUBJEK.....	206
-------------------	-----

BIOGRAFI SINGKAT.....	208
-----------------------	-----

Daftar Tabel

Tabel 1.1.	Permasalahan manajemen.....	16
Tabel 1.2.	Matriks keputusan pemilihan pemasok.....	23
Tabel 2.1.	Keputusan dalam manajemen rantai pasok dan teknik pengambilan keputusannya.....	45
Tabel 4.1.	Langkah penterjemahan permasalahan dunia usaha ke dalam pemodelan	87
Tabel 4.2.	Parameter-parameter kendala	85
Tabel 4.3.	Waktu pengiriman.....	86
Tabel 4.4.	Biaya produksi, pengiriman, dan pembelian bahan.....	86
Tabel 4.5.	Tingkat mutu pemasok dan tingkat penerimaan mutudi pabrik.....	86
Tabel 4.6.	Solusi Crisp	86
Tabel 4.7.	Total waktu pengiriman (solusi optimal)	86
Tabel 4.8.	Permintaan produk.....	89
Tabel 4.9.	Ketersediaan bahan dan fasilitas	89
Tabel 4.10.	Perbandingan pencampuran (<i>fuzzy</i>).....	90
Tabel 4.11.	Pemakaian fasilitas (<i>fuzzy</i>)	90
Tabel 4.12.	<i>Fuzzy band</i> untuk satuan produk Z^*	91
Tabel 4.13.	Penyetaraan nilai preferansi dan sikap.....	97
Tabel 5.1.	Penilaian dampak risiko.....	101
Tabel 5.2.	Bobot skala pengukuran risiko	101
Tabel 5.3.	Kategori variabel <i>input fuzzy</i> FMEA	106
Tabel 5.4.	Kategori variabel <i>output fuzzy</i> FMEA	107
Tabel 5.5.	Aturan <i>fuzzy</i> IF-THEN evaluasi risiko rantai pasok.....	112
Tabel 5.6.	Hasil evaluasi varibel risiko pada faktor risikodominan di tingkat petani	115
Tabel 5.7.	Hasil evaluasi varibel risiko pada faktor risiko di tingkat pengepul.....	118

Tabel 5.8.	Hasil evaluasi variabel risiko pada faktor risikodi tingkat agroindustri	121
Tabel 5.9.	Hasil evaluasi variabel risiko pada faktor risiko di tingkat distributor	124
Tabel 5.10.	Hasil evaluasi variabel risiko pada faktor risikodi tingkat konsumen	126
Tabel 6.1.	Himpunan <i>fuzzy</i> untuk suku bunga dengan TFN	136
Tabel 6.2.	Harga molases dalam 4 tahun terakhir	136
Tabel 6.3.	Himpunan <i>fuzzy</i> untuk harga bahan baku dengan TFN	137
Tabel 6.4.	Harga bioetanol dalam 4 tahun terakhir	138
Tabel 6.5.	Himpunan <i>fuzzy</i> untuk harga jual produk dengan TFN	139
Tabel 6.6.	Kriteria kelayakan model investasi <i>fuzzy</i>	140
Tabel 6.7.	Biaya investasi	141
Tabel 6.8.	Biaya operasional tahunan	142
Tabel 6.9.	Nilai asumsi yang digunakan dalam analisa kelayakan finansial industri bioetanol/ <i>biofuel</i>	143
Tabel 6.10.	<i>Cash flow</i> hasil fuzzifikasi (Rp miliar)	143
Tabel 6.11.	Suku bunga dengan rentang rendah, Sedang, dan tinggi	144
Tabel 6.12.	<i>Cash flow</i> dengan representasi TFN (Rp miliar)	145
Tabel 6.13.	<i>Present value</i> dengan rentang rendah, sedang dan tinggi (dalam miliar)	147
Tabel 6.14.	Analisis sensitivitas terhadap harga bahan bakudan harga jual	147
Tabel 7.1.	Tabel nilai kualitatif dari skala perbandingan Saaty	151
Tabel 7.2.	Matriks perbandingan kriteria	152
Tabel 7.3.	Definisi dan fungsi keanggotaan bilangan <i>fuzzy</i>	156
Tabel 7.4.	Matriks perbandingan berpasangan <i>fuzzy</i> hasil penilaian pakar pada tujuan bersama rantai	162

Tabel 7.5.	Matriks perbandingan berpasangan <i>fuzzy</i> hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan nilai tambah produk (T1)	162
Tabel 7.6.	Matriks perbandingan berpasangan <i>fuzzy</i> hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan akses pasar (T2)	162
Tabel 7.7.	Matriks perbandingan berpasangan <i>fuzzy</i> hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan efisiensi operasional (T3)	164
Tabel 7.8.	Matriks perbandingan berpasangan <i>fuzzy</i> hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan membangun kekuatan finansial (T4)	164
Tabel 7.9.	Matriks perbandingan berpasangan <i>fuzzy</i> hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan akses informasi (T5)	164
Tabel 7.10.	Matriks perbandingan berpasangan <i>fuzzy</i> hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan menurunkan risiko (T6)	165
Tabel 7.11.	Matriks perbandingan berpasangan <i>fuzzy</i> hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan kemitraan yang berkelanjutan (T7)	165
Tabel 7.12.	Matriks perbandingan berpasangan <i>fuzzy</i> hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja <i>reliability</i> (A1)	165
Tabel 7.13.	Matriks perbandingan berpasangan <i>fuzzy</i> hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja <i>responsiveness</i> (A2)	165

Tabel 7.14.	Matriks perbandingan berpasangan <i>fuzzy</i> hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja <i>agility</i> (A3)	166
Tabel 7.15.	Matriks perbandingan berpasangan <i>fuzzy</i> hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja pengelolaan biaya	166
Tabel 7.16.	Matriks perbandingan berpasangan <i>fuzzy</i> hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja pengelolaan aset (A5)	166
Tabel 7.17.	Matriks perbandingan berpasangan α -cut <i>fuzzy</i> hasil penilaian pakar pada tujuan bersama rantai pasok.....	167
Tabel 7.18.	Matriks perbandingan berpasangan α -cut <i>fuzzy</i> hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan nilai tambah produk (T1)	167
Tabel 7.19.	Matriks perbandingan berpasangan α -cut <i>fuzzy</i> hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan akses pasar (T2)	168
Tabel 7.20.	Matriks perbandingan berpasangan α -cut <i>fuzzy</i> hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan efisiensi operasional (T3)	168
Tabel 7.21.	Matriks perbandingan berpasangan α -cut <i>fuzzy</i> hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan membangun kekuatan finansial (T4)	168
Tabel 7.22.	Matriks perbandingan berpasangan α -cut <i>fuzzy</i> hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan akses informasi (T5)	169
Tabel 7.23.	Matriks perbandingan berpasangan α -cut <i>fuzzy</i> hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan menurunkan risiko (T6).....	169

Tabel 7.24.	Matriks perbandingan berpasangan α -cut fuzzy hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan kemitraan yang berkelanjutan (T7)	169
Tabel 7.25.	Matriks perbandingan berpasangan α -cut fuzzy hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja <i>reliability</i> (A1)	169
Tabel 7.26.	Matriks perbandingan berpasangan α -cut fuzzy hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja <i>responsiveness</i> (A2)	170
Tabel 7.27.	Matriks perbandingan berpasangan α -cut fuzzy hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja <i>agility</i> (A3)	170
Tabel 7.28.	Matriks perbandingan berpasangan α -cut fuzzy hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja pengelolaan biaya (A4)	170
Tabel 7.29.	Matriks perbandingan berpasangan α -cut fuzzy hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja pengelolaan aset (A5)	170
Tabel 7.30.	Nilai indeks konsistensi acak (<i>RI</i>) berdasarkan ukuran matriks	171
Tabel 7.31.	Nilai <i>crisp</i> matriks perbandingan berpasangan, X , A_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada tujuan bersama rantai pasok	171
Tabel 7.32.	Nilai <i>crisp</i> matriks perbandingan berpasangan, X , A_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan nilai tambah produk (T1)	171
Tabel 7.33.	Nilai <i>crisp</i> matriks perbandingan berpasangan, X , A_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan akses pasar (T2)	172

Tabel 7.34.	Matriks perbandingan berpasangan <i>fuzzy</i> hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan efisiensi operasional (T3)	172
Tabel 7.35.	Nilai <i>crisp</i> matriks perbandingan berpasangan, X , A_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan membangun kekuatan finansial (T4)	172
Tabel 7.36.	Nilai <i>crisp</i> matriks perbandingan berpasangan, X , A_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan akses informasi (T5)	172
Tabel 7.37.	Nilai <i>crisp</i> matriks perbandingan berpasangan, X , A_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan menurunkan risiko(T6)	173
Tabel 7.38.	Nilai <i>crisp</i> matriks perbandingan berpasangan, X , A_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan kemitraan yang berkelanjutan (T7)	173
Tabel 7.39.	Nilai <i>crisp</i> matriks perbandingan berpasangan, X , A_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja <i>reliability</i> (A1)	173
Tabel 7.40.	Nilai <i>Crisp</i> Matriks Perbandingan Berpasangan, X , A_{max} , CI , Dan CR Hasil Penilaian Pakar Pada Indikator Kinerja Untuk Atribut Kinerja <i>Responsiveness</i> (A2)	173
Tabel 7.41.	Nilai <i>crisp</i> matriks perbandingan berpasangan, X , A_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja <i>agility</i> (A3)	174

Tabel 7.42.	Nilai <i>crisp</i> matriks perbandingan berpasangan, X , A_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja pengelolaan biaya (A4)	174
Tabel 7.43.	Nilai <i>crisp</i> matriks perbandingan berpasangan, X , A_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja pengelolaan aset (A5)	174
Tabel 7.44.	Total bobot prioritas atribut kinerja rantai pasok dengan mempertimbangkan bobot tujuan rantai pasok	174

Daftar Gambar

Gambar 1.1.	Pengertian sistem.....	2
Gambar 1.2.	Proses transformasi <i>input</i> menjadi <i>output</i>	3
Gambar 1.3.	Skema proses transformasi sistem dengan mekanisme pengendalian.....	3
Gambar 1.4.	Tahapan pendekatan sistem	7
Gambar 1.5.	Diagram lingkaran sebab-akibat.....	8
Gambar 1.6.	Diagram kotak gelap	9
Gambar 1.7.	Diagram <i>input-output</i> sistem pendukung keputusan rantai pasokan	10
Gambar 1.8.	Diagram lingkaran sebab akibat sistem penunjang keputusan pra rancang bangun industri intermediate minyak pala	13
Gambar 1.9.	Diagram <i>input-output</i> sistem penunjang keputusan prarancang bangun industri <i>intermediate</i> minyak pala.....	13
Gambar 1.10.	Diagram pengambilan keputusan dengan intuisi.....	17
Gambar 1.11.	Diagram pengambilan keputusan dengan analisis keputusan	18
Gambar 1.12.	Siklus data, informasi, keputusan, dan aksi	19
Gambar 1.13.	Garis besar langkah-langkah siklus analisis keputusan	20
Gambar 1.14.	Hierarki AHP pemilihan media promosi	24
Gambar 2.1.	Pola aliran material	30
Gambar 2.2.	Struktur rantai pasok pertanian	33
Gambar 3.1.	Alur penyelesaian masalah dengan metode <i>fuzzy</i> ...	52
Gambar 3.2.	Anak gugus <i>fuzzy</i>	54
Gambar 3.3.	Bilangan <i>fuzzy</i> pada [0,1]	59
Gambar 3.4.	Bilangan A	59
Gambar 3.5.	Sebuah bilangan A pada sebuah selang kepercayaan	60

Gambar 3.6.	Triangular fuzzy number (TFN) $A = (A_1, A_2, A_3)$..	60
Gambar 3.7.	Triangular <i>fuzzy number</i> (TFN) $A = (-4, -1, 1)$	61
Gambar 3.8.	Sistem penalaran berbasis kaidah fuzzy	69
Gambar 3.9.	Menterjemahkan kaidah <i>fuzzy</i>	69
Gambar 3.10.	Fungsi keanggotaan <i>output</i>	72
Gambar 3.11.	Penghitungan metode max-min	73
Gambar 3.12.	Penghitungan metode rata-rata	73
Gambar 3.13.	Penghitungan metode akar jumlah kuadrat	74
Gambar 3.14.	Penghitungan metode gravitasi pusat	74
Gambar 3.15.	Komponen dan struktur sistem inferensi <i>fuzzy</i>	76
Gambar 4.1.	Struktur rantai pasok yang umum	105
Gambar 4.2.	Skema hubungan pemasok, pabrik, dan pasae	108
Gambar 4.3.	Representasi keanggotaan <i>fuzzy S-Curve</i>	111
Gambar 4.4.	Grafik tingkat keputusan	112
Gambar 4.5.	Fungsi keanggotaan dengan kurva S modifikasi	120
Gambar 5.1.	Tahapan evaluasi risiko dengan <i>fuzzy FMEA</i>	104
Gambar 5.2.	Fungsi keanggotaan <i>fuzzy</i> segitiga	105
Gambar 5.3.	Fungsi keanggotaan <i>fuzzy</i> trapesium	106
Gambar 5.4.	Fungsi keanggotaan <i>input</i> posibilitas risiko	107
Gambar 5.5.	Fungsi keanggotaan <i>input</i> dampak dan paparan risiko	107
Gambar 5.6.	Fungsi keanggotaan <i>fuzzy</i> variabel <i>output</i> RPN.....	108
Gambar 5.7.	Skema aturan <i>fuzzy FMEA</i>	109
Gambar 5.8.	Fungsi keanggotaan <i>fuzzy</i> posibilitas risiko	110
Gambar 5.9.	Fungsi keanggotaan <i>fuzzy</i> dampak risiko.....	111
Gambar 5.10.	Fungsi keanggotaan <i>fuzzy</i> paparan risiko	111
Gambar 5.11.	Fungsi keanggotaan <i>fuzzy output</i> risiko (FRPN).....	112
Gambar 5.12.	Diagram alir model evaluasi risiko rantai pasok.....	113
Gambar 5.13.	Histogram perbandingan bobot faktor risiko di tingkat petani	114

Gambar 5.14.	Hasil evaluasi dan identifikasi risiko kualitas di tingkat petani	116
Gambar 5.15.	Histogram bobot faktor risiko di tingkat pedagang pengumpul	117
Gambar 5.16.	Hasil evaluasi dan identifikasi risiko harga di tingkat pengepul	119
Gambar 5.17.	Histogram perbandingan bobot faktor risiko di tingkat agroindustri	120
Gambar 5.18.	Hasil evaluasi dan identifikasi risiko mutu di tingkat agroindustri	122
Gambar 5.19.	Histogram perbandingan bobot faktor risiko di tingkat distributor	123
Gambar 5.20.	Hasil evaluasi dan identifikasi risiko harga di tingkat distributor	124
Gambar 5.21.	Histogram perbandingan bobot faktor risiko di tingkat konsumen	125
Gambar 5.22.	Hasil evaluasi dan identifikasi risiko kualitas di tingkat konsumen	126
Gambar 6.1.	TFN suku bunga	136
Gambar 6.2.	TFN harga bahan baku	137
Gambar 6.3.	Hasil olahan data	138
Gambar 6.4.	TFN harga jual produk	139
Gambar 7.1.	Contoh struktur hierarki dalam AHP	151
Gambar 7.2.	Fungsi keanggotaan bilangan <i>fuzzy</i> triangular	156
Gambar 7.3.	Operasi α -Cut dan indeks optimisme pada bilangan <i>fuzzy</i> triangular	159
Gambar 7.4.	Hierarki indikator kinerja kunci rantai pasok buah manggis	163
Gambar 8.1.	Diagram alir model penyeimbangan risiko rantai pasok	186
Gambar 8.2.	Representasi <i>fuzzy</i> nilai kemungkinan dan dampak risiko	188
Gambar 8.3.	Representasi fungsi keanggotaan <i>fuzzy</i> perubahan harga jagung.....	189
Gambar 8.4.	Tampilan <i>input</i> nilai risiko pada model penyeimbangan risiko rantai pasok.....	190

Gambar 8.5. Faktor risiko dominan setiap tingkatan
rantai pasok jagung 191

Gambar 8.6. Tampilan hasil kesepakatan harga dengan
penyeimbangan risiko 193

BAB VII

PROSES HIERARKI ANALITIK *FUZZY*

A Model Keputusan Dengan AHP

AHP memiliki banyak keunggulan dalam menjelaskan proses pengambilan keputusan, karena dapat digambarkan secara grafis, sehingga mudah dipahami oleh semua pihak yang terlibat dalam pengambilan keputusan. Dengan AHP, proses keputusan kompleks dapat diuraikan menjadi keputusan-keputusan lebih kecil yang dapat ditangani dengan mudah.

Selain itu, AHP juga menguji konsistensi penilaian. Apabila terjadi penyimpangan yang terlalu jauh dari nilai konsistensi sempurna, hal ini menunjukkan bahwa penilaian perlu diperbaiki, atau hierarki harus distruktur ulang.

Beberapa keuntungan yang diperoleh bila memecahkan persoalan dan mengambil keputusan dengan menggunakan AHP adalah:

- Kesatuan : AHP memberikan satu model tunggal yang mudah dimengerti, luwes untuk aneka ragam persoalan tidak terstruktur.
- Kompleksitas : AHP memadukan ancangan deduktif dan ancangan berdasarkan sistem dalam memecahkan persoalan kompleks.

Saling ketergantungan	:	AHP dapat menangani saling ketergantungan elemen-elemen dalam suatu sistem dan tidak memaksakan pemikiran linier.
Penyusunan hierarki	:	AHP mencerminkan kecenderungan alami pikiran untuk memilah-milah elemen-elemen suatu sistem dalam berbagai tingkat berlainan dan mengelompokkan unsur yang serupa dalam setiap tingkat.
Pengukuran	:	AHP memberi suatu skala untuk mengukur hal-hal dan terwujud suatu metode untuk menetapkan prioritas.
Konsistensi	:	AHP melacak konsistensi logis dari pertimbangan-pertimbangan yang digunakan untuk menetapkan berbagai prioritas.
Sintesis	:	AHP menuntun ke suatu taksiran menyeluruh tentang kebaikan setiap alternatif.
Tawar-menawar	:	AHP mempertimbangkan prioritas-prioritas relatif dari berbagai faktor sistem dan memungkinkan organisasi memilih alternatif terbaik berdasarkan tujuan-tujuan mereka.
Penilaian dan konsensus	:	AHP tidak memaksakan konsensus tetapi mensintesiskan suatu hasil yang representatif dari berbagai penilaian yang berbeda.
Pengulangan proses	:	AHP memungkinkan organisasi memperhalus definisi mereka pada suatu persoalan dan memperbaiki pertimbangan dan pengertian mereka melalui pengulangan.

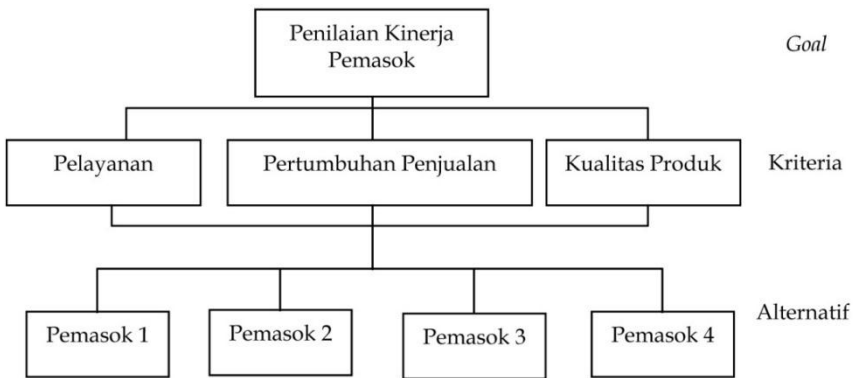
B Prinsip Kerja AHP

Terdapat tiga prinsip dalam menyelesaikan persoalan dengan analisis logis eksplisit, yaitu penyusunan hierarki, penetapan prioritas, dan konsistensi logis.

B.1 Penyusunan Hierarki

Penyusunan hierarki dilakukan dengan cara mengidentifikasi pengetahuan atau informasi yang sedang diamati, yang dimulai dari

permasalahan yang kompleks yang diuraikan menjadi elemen pokoknya, dan elemen pokok ini diuraikan lagi ke dalam bagian-bagiannya lagi, dan seterusnya secara hierarkis. Jumlah bagian ini berkisar lima sampai sembilan. Dalam kajian evaluasi pemasok di sebuah *retailer*, susunan hierarkisnya terdiri dari *goal*, *criteria*, dan alternatif. Diagram berikut mempresentasikan keputusan untuk memilih pemasok yang efisien melalui penilaian kinerjanya, dengan menggunakan AHP. Adapun kriteria untuk membuat keputusan tersebut adalah pelayanan, pertumbuhan penjualan dan kualitas produk. Alternatif yang tersedia dalam membuat keputusan terlihat pada tingkat yang paling bawah. Hierarki persoalan ini dapat pada Gambar 7.1.



Gambar 7.1. Contoh struktur hierarki dalam AHP

B.2 Penilaian Setiap Tingkat Hierarki

Penilaian setiap tingkat hierarki dinilai melalui perbandingan berpasangan. Menurut Saaty (1983), untuk berbagai persoalan, skala 1 sampai 9 adalah skala terbaik dalam mengekspresikan pendapat. Skala 1–9 ditetapkan sebagai pertimbangan dalam membandingkan pasangan elemen di setiap tingkat hierarki terhadap suatu elemen yang berada di tingkat atasnya. Skala dengan sembilan satuan dapat menggambarkan

derajat sampai mana kita mampu membedakan intensitas tata hubungan antar elemen.

Nilai dan definisi pendapat kualitatif dari skala perbandingan Saaty dapat dilihat pada Tabel 7.1.

Tabel 7.1. Nilai kualitatif dari skala perbandingan Saaty

Nilai	Keterangan
1	Faktor Vertikal sama penting dengan Faktor horizontal
3	Faktor Vertikal lebih penting dari Faktor Horizontal
5	Faktor Vertikal jelas lebih penting Faktor Horizontal
7	Faktor Vertikal sangat jelas lebih penting dari Faktor Horizontal
9	Faktor Vertikal mutlak lebih penting dari Faktor Horizontal
2,4,6,8	Apabila ragu-ragu antara dua nilai elemen yang berdekatan
$1/(2-9)$	Kebalikan dari keterangan nilai 2-9

Perbandingan berpasangan ini dilakukan dalam sebuah matriks. Matriks merupakan tabel untuk membandingkan elemen satu dengan elemen lain terhadap suatu kriteria yang ditentukan. Matriks memberi kerangka untuk menguji konsistensi, membuat segala perbandingan yang mungkin, dan menganalisis kepekaan prioritas menyeluruh terhadap perubahan dalam pertimbangan. Matriks secara unik menggambarkan prioritas mendominasi dan didominasi antara satu elemen dengan elemen lainnya.

B.3 Penentuan Prioritas

Untuk setiap tingkat hierarki, perlu dilakukan perbandingan berpasangan (*pairwise comparisons*) untuk menentukan prioritas. Sepasang elemen dibandingkan berdasarkan kriteria tertentu dan menimbang intensitas preferensi antar elemen. Hubungan antar elemen dari setiap tingkatan hierarki ditetapkan dengan membandingkan elemen itu dalam pasangan. Hubungannya

menggambarkan pengaruh relatif elemen pada tingkat hierarki terhadap setiap elemen pada tingkat yang lebih tinggi. Dalam konteks ini, elemen pada tingkat yang tinggi tersebut berfungsi sebagai suatu kriteria dan disebut sifat (*property*). Hasil dari proses pembedaan ini adalah suatu vektor prioritas, atau relatif pentingnya elemen terhadap setiap sifat. Perbandingan berpasangan diulangi lagi untuk semua elemen dalam tiap tingkat. Langkah terakhir adalah dengan memberi bobot setiap vektor dengan prioritas sifatnya. Proses perbandingan berpasangan dimulai pada puncak hierarki (*goal*) yang akan digunakan untuk melakukan perbandingan yang pertama. Lalu dari tingkat tepat di bawahnya (kriteria), ambil elemen-elemen yang akan dibandingkan (misalnya ada 3 kriteria: K1, K2, K3). Susun elemen-elemen ini pada sebuah matriks seperti dalam Tabel 7.2.

Tabel 7.2. Matriks perbandingan kriteria

Goal	K1	K2	K3
K1			
K2			
K3			

Dalam matriks ini, bandingkan elemen K1 dalam kolom vertikal dengan elemen K1, K2, K3 dan seterusnya yang terdapat di baris horizontal yang dihubungkan dengan tingkat tepat di atasnya (*goal*). Lalu ulangi dengan elemen kolom A2 dan seterusnya. Dalam membandingkan antar elemen, tanyakanlah seberapa kuat suatu elemen memengaruhi goal dibandingkan dengan elemen lain yang sedang dibandingkan. Susunan pertanyaan ini harus mencerminkan tata hubungan yang tepat antara elemen-elemen di suatu tingkat dengan sebuah elemen yang ada di tingkat atasnya.

Bila membandingkan suatu elemen dalam matriks dengan elemen itu sendiri, misalnya K1 dengan K1, perbandingan tersebut bernilai 1, maka isilah diagonal matriks tersebut dengan bilangan 1. Selalu

bandingkan elemen pertama dari suatu pasangan (elemen di kolom sebelah kiri matriks) dengan elemen yang kedua (elemen di baris puncak) dan taksir nilai numeriknya dari skala. Nilai kebalikannya lalu digunakan untuk perbandingan elemen kedua dengan elemen pertamanya tadi. Misalnya, jika kedua elemen itu adalah batu dan batu yang pertama beratnya lima kali berat batu yang kedua, batu yang kedua beratnya seperlima kali berat batu yang pertama.

Nilai-nilai perbandingan relatif kemudian diolah untuk menentukan peringkat relatif dari seluruh alternatif. Setiap tingkat hierarki baik kuantitatif dan kualitatif dapat dibandingkan sesuai dengan *judgement* yang telah ditentukan untuk menghasilkan bobot dan prioritas. Bobot atau prioritas dihitung dengan manipulasi matrik atau melalui penyelesaian persamaan matematik.

B.4 Konsistensi Logis

Semua elemen dikelompokkan secara logis dan diperingkatkan secara konsisten sesuai dengan suatu kriteria yang logis. Penilaian yang mempunyai konsisten tinggi sangat diperlukan dalam persoalan pengambilan keputusan, agar hasil keputusannya akurat. Namun, dalam kehidupan nyata, konsistensi sempurna sukar dicapai. Jika buah apel lebih disukai daripada jeruk dan jeruk lebih disukai daripada pisang, dalam hubungan yang konsisten sempurna, apel seharusnya lebih disukai daripada pisang. Tetapi, orang yang sama, dapat kadangkala lebih menyukai pisang daripada apel, tergantung waktu dan kondisi tertentu.

Konsistensi sampai batas tertentu dalam menetapkan prioritas adalah perlu untuk memperoleh hasil-hasil yang sah dalam dunia nyata. AHP mengukur konsistensi menyeluruh dari berbagai pertimbangan melalui suatu rasio konsistensi. Nilai rasio konsistensi harus 10% atau kurang. Jika lebih dari 10%, penilaiannya masih acak dan perlu diperbaiki.

C Representasi Penilaian AHP *Fuzzy*

Metode AHP merupakan metode untuk memformalkan pengambilan keputusan yang terdiri dari beberapa pilihan dan tiap pilihan terdiri dari beberapa atribut. Beberapa atribut tersebut sering sulit diformalkan sehingga preferensi pengambil keputusan berupa *frase* (misal: “sangat lebih penting daripada”) harus kita gunakan sebagai pengganti nilai pasti pada atribut tersebut. Logika dan nilai *fuzzy* memberikan cara yang lebih alamiah terkait dengan preferensi pengganti nilai pasti ini.

Metode *fuzzy* AHP digunakan untuk pemilihan suatu alternatif dan penyesuaian masalah dengan menggabungkan konsep teori *fuzzy* dan analisis struktur hierarki. Penggunaan metode *fuzzy* memungkinkan pengambil keputusan untuk memasukkan data kualitatif dan kuantitatif ke dalam model keputusan. Dengan alasan ini, pengambil keputusan biasanya lebih merasa yakin untuk memberi penilaian dalam bentuk rentang daripada penilaian dalam bentuk nilai tertentu.

Teori *fuzzy* adalah suatu teori matematika yang dirancang dengan model ketidaktepatan atau ke-*ambiguity*-an dari proses kognitif manusia yang dipelopori oleh Zadeh (Marimin 2005). Kunci gagasan teori *fuzzy* adalah suatu unsur mempunyai suatu tingkat derajat keanggotaan (*membership degree*) dalam suatu keadaan yang tidak jelas (Negoita 1985; Zimmermann 1996). Fungsi keanggotaan menunjukkan nilai keanggotaan suatu unsur dalam suatu himpunan. Nilai keanggotaan suatu unsur berkisar 0 dan 1. Unsur dapat mempunyai satu himpunan derajat keanggotaan tertentu dan dapat juga mempunyai berbagai himpunan. Teori *fuzzy* memperbolehkan keanggotaan unsur secara parsial. Transisi antara keanggotaan dan non-keanggotaan adalah secara bertahap. Fungsi keanggotaan memetakan variasi nilai variabel dari nilai linguistik ke dalam kelas linguistik yang berbeda. Adaptasi dari fungsi keanggotaan untuk variabel linguistik

ditentukan melalui pengetahuan ahli yang sebelumnya mengetahui tentang variabel linguistik, menggunakan format sederhana secara geometris (triangular, trapezoidal atau fungsi-s), serta proses *trial and error*.

Di antara fungsi keanggotaan yang umum dipakai, triangular dan trapezoidal merupakan fungsi yang paling sering dipakai karena kemudahannya dalam pemodelan dan interpretasinya yang mudah (Bazzazi *et al.* 2008).

Bilangan *fuzzy* triangular $\tilde{1} - \tilde{9}$, digunakan untuk mewakili perbandingan berpasangan secara subjektif pada proses pemilihan yang meragukan. Menurut Zadeh (1994), sebuah bilangan *fuzzy* merupakan sebuah himpunan *fuzzy* khusus $F = \{(x, \mu_F(x))\}$, $x \in R$ dengan nilai x diambil dari bilangan riil $R: -\infty < x < +\infty$ dan $\mu_F(x)$ merupakan sebuah pemetaan kontinu dari R ke interval tertutup $[0,1]$. Sebuah bilangan *fuzzy triangular* disimbolkan sebagai $\tilde{M} = (l,m,u)$ dengan $l \leq m \leq u$ mempunyai fungsi keanggotaan jenis triangular dengan Persamaan 7.1.

$$\mu_F(x) = \begin{cases} 0 & x < l \\ x - l / m - l & l \leq x \leq m \\ u - x / u - m & m \leq x \leq u \\ 0 & x > u \end{cases} \dots\dots\dots(7.1)$$

Dengan menetapkan tingkat kepercayaan α , bilangan *fuzzy* triangular dapat dikarakteristikkan dengan Persamaan 7.2.

$$\forall \alpha \in [0,1] \tilde{M}_\alpha = l^\alpha, u^\alpha = [(m-l)\alpha + l, -(u-m)\alpha + u] \dots\dots\dots(7.2)$$

Kaufman dan Gupta (1985) mendeskripsikan beberapa operasi utama untuk bilangan *fuzzy* positif menggunakan rentang kepercayaan dengan Persamaan 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, dan 7.8.

$$\forall m_L, m_R, n_L, n_R \in R^+, \tilde{M}_\alpha = [m_L^\alpha, m_R^\alpha] \dots\dots\dots(7.3)$$

$$\tilde{N}^\alpha = [n_L^\alpha, n_R^\alpha], \alpha \in [0,1] \dots\dots\dots(7.4)$$

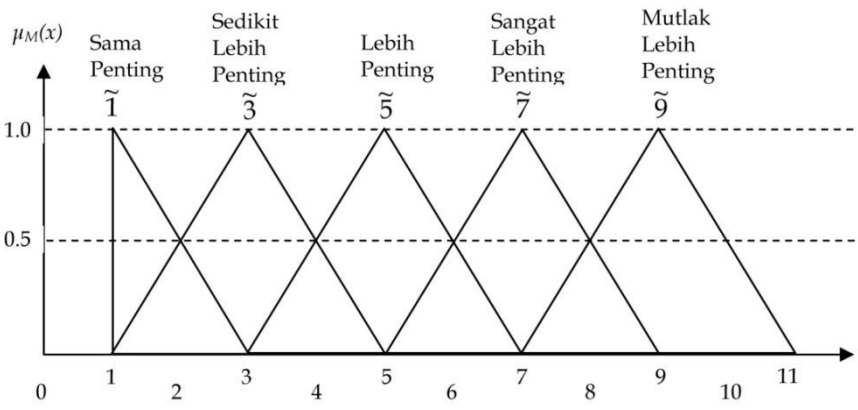
$$\tilde{M} \oplus \tilde{N} = [m_L^\alpha + n_L^\alpha, m_R^\alpha + n_R^\alpha] \dots\dots\dots(7.5)$$

$$\tilde{M} \ominus \tilde{N} = [m_L^\alpha - n_L^\alpha, m_R^\alpha - n_R^\alpha] \dots\dots\dots(7.6)$$

$$\tilde{M} \otimes \tilde{N} = [m_L^\alpha n_L^\alpha, m_R^\alpha n_R^\alpha] \dots\dots\dots(7.7)$$

$$\tilde{M} / \tilde{N} = [m_L^\alpha / n_L^\alpha, m_R^\alpha / n_R^\alpha] \dots\dots\dots(7.8)$$

Perbandingan berpasangan dibuat dengan menggunakan skala rasio. Skala yang sering digunakan adalah skala 9 (Saaty 1989). Bilangan *fuzzy* triangular $\tilde{1} - \tilde{9}$ digunakan sebagai pengembangan skala 9 pada *AHP* konvensional. Untuk mempertimbangkan penilaian kualitatif para pakar yang kurang tegas, 5 bilangan *fuzzy* triangular ditetapkan dengan fungsi keanggotaan yang terkait seperti pada Gambar 9.2. Himpunan *fuzzy* didefinisikan sebagai $F = \{(x, \mu(x)), x \in U\}$, dengan x merupakan bilangan riil, U adalah himpunan semesta, dan $\mu(x)$ adalah fungsi keanggotaan dengan nilai $[0,1]$. Menurut Ayağ (2005), definisi dan fungsi keanggotaan bilangan *fuzzy* ditunjukkan pada Gambar 7.2 dan Tabel 7.3.



Gambar 7.2. Fungsi keanggotaan bilangan *fuzzy* triangular

Tabel 7.3. Definisi dan fungsi keanggotaan bilangan *fuzzy*

Tingkat Kepentingan	Bilangan Fuzzy	Definisi	Fungsi Keanggotaan
1	$\bar{1}$	Sama penting	(1, 1, 2)
3	$\bar{3}$	Sedikit lebih penting	(2, 3, 4)
5	$\bar{5}$	Lebih penting	(4, 5, 6)
7	$\bar{7}$	Sangat lebih penting	(6, 7, 8)
9	$\bar{9}$	Mutlak lebih penting	(8, 9, 10)

D Prinsip Kerja AHPFuzzy

Hierarki permasalahan yang diidentifikasi ditetapkan sebelum melakukan perbandingan berpasangan *fuzzy AHP*. Setelah hierarki dibuat, para pakar diminta untuk membandingkan elemen pada setiap tingkat berdasarkan perbandingan berpasangan untuk memperkirakan tingkat kepentingan relatif elemen tersebut dikaitkan dengan elemen pada tingkat sebelumnya. Pakar merupakan orang yang mewakili pemangku kepentingan pada rantai pasok atau orang yang mempunyai keahlian dalam permasalahan yang diidentifikasi. Tanggapan yang dikumpulkan dari para pakar merupakan masukan pada model *fuzzy AHP*.

Prosedur Penyelesaian *fuzzy AHP* menurut Ayağ (2005) adalah sebagai berikut:

1. Perbandingan skor

Bilangan *fuzzy* triangular digunakan untuk melakukan indikasi tingkat kepentingan relatif pada tiap pasangan elemen pada hierarki yang sama.

2. Pembuatan matriks perbandingan *fuzzy*

Dengan menggunakan bilangan *fuzzy* melalui perbandingan berpasangan, matriks penilaian *fuzzy* $\tilde{A}(a_{ij})$ dibuat dengan Persamaan 7.9.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \cdots & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \cdots & \cdots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \cdots & \cdots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \cdots & \cdots & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(7.9)$$

dengan $\tilde{a}_{ij}^\alpha = 1$ jika $i=j$, dan $\tilde{a}_{ij}^\alpha = \tilde{1}, \tilde{3}, \tilde{5}, \tilde{7}, \tilde{9}$ or $\tilde{1}^{-1}, \tilde{3}^{-1}, \tilde{5}^{-1}, \tilde{7}^{-1}, \tilde{9}^{-1}$ jika $i \neq j$

3. Penyelesaian nilai *eigen fuzzy*

Menurut Nepal *et al.* (2010), tujuan langkah ini adalah untuk menghitung tingkat kepentingan relatif seluruh elemen berdasarkan elemen pada tingkat di atasnya dalam struktur hierarki.

Nilai *eigen fuzzy* merupakan sebuah bilangan *fuzzy* untuk menyelesaikan Persamaan 7.10.

$$\tilde{A} \tilde{x} = \tilde{\lambda} \tilde{x} \dots\dots\dots(7.10)$$

\tilde{A} merupakan (n x n) matriks *fuzzy* yang berisi bilangan *fuzzy* \tilde{a}_{ij} .
 \tilde{x} merupakan (n x 1) vektor *fuzzy* yang berisi bilangan *fuzzy* \tilde{x}_i .

Untuk melakukan perkalian dan penambahan dengan menggunakan aritmetik interval dan α -cut, persamaan $\tilde{A} \tilde{x} = \tilde{\lambda}$ diubah menjadi Persamaan 7.11.

$$[a_{i1l}^\alpha x_{1l}^\alpha, a_{i1u}^\alpha x_{1u}^\alpha] \oplus \dots \oplus [a_{inl}^\alpha x_{nl}^\alpha, a_{inu}^\alpha x_{nu}^\alpha] = [\lambda x_{il}^\alpha, \lambda x_{iu}^\alpha] \dots\dots\dots(7.11)$$

Dengan Persamaan 7.12 dan 7.13.

$$\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}], \tilde{x}^t = (\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n) \dots\dots\dots(7.12)$$

$$\tilde{a}_{ij}^\alpha = [a_{i1l}^\alpha, a_{i1u}^\alpha], \tilde{x}_i^\alpha = [x_{il}^\alpha, x_{iu}^\alpha], \tilde{\lambda}^\alpha = [\lambda_{il}^\alpha, \lambda_{iu}^\alpha] \dots\dots\dots(7.13)$$

untuk $0 < \alpha \leq 1$ dan seluruh i, j , dengan $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, n$

Subscript 'l dan *'u* menunjukkan nilai bawah dan nilai atas himpunan *fuzzy* yang didefinisikan dalam fungsi keanggotaan *fuzzy*.

Menurut Nepal (2010), penentuan bobot prioritas dapat disederhanakan dengan Persamaan 7.14.

$$x_i = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right)}{n} \dots\dots\dots(7.14)$$

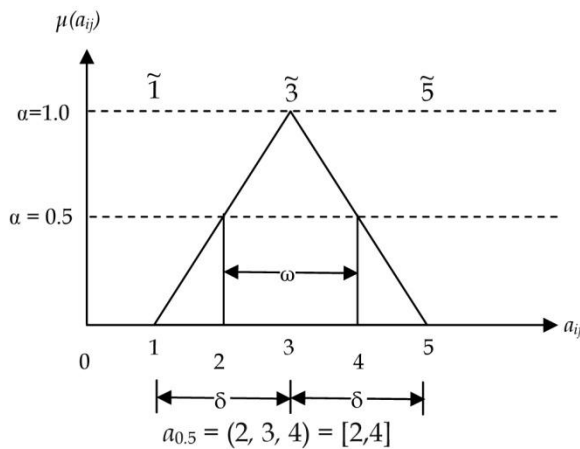
α - cut merupakan tingkat kepercayaan pakar atau pengambil keputusan pada penilaiannya. Derajat kepuasan penilaian matriks \tilde{A} diestimasi oleh indeks optimisme ω . Semakin besar nilai indeks ω menunjukkan tingkat optimisme yang lebih tinggi. Indeks optimisme merupakan kombinasi konveks linier (Promentilla 2006) yang didefinisikan dengan Persamaan 7.15.

$$\tilde{a}_{ij}^\alpha = \omega a_{iju}^\alpha + (1-\omega) a_{ijl}^\alpha, \forall \omega \in [0,1] \dots\dots\dots(7.15)$$

Jika α tetap, matriks berikut ini dapat diperoleh setelah menetapkan indeks optimisme ω untuk mengestimasi tingkat kepuasan (7.16).

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12}^\alpha & \cdots & \cdots & \tilde{a}_{1n}^\alpha \\ \tilde{a}_{21}^\alpha & 1 & \cdots & \cdots & \tilde{a}_{2n}^\alpha \\ \vdots & \vdots & \cdots & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \cdots & \cdots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1}^\alpha & \tilde{a}_{n2}^\alpha & \cdots & \cdots & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(7.16)$$

Vektor *eigen* dihitung dengan memperbaiki nilai ω dan melakukan identifikasi α -cut maksimum yang akan menghasilkan sekumpulan nilai dari bilangan *fuzzy*. Gambar 7.3 menunjukkan himpunan *fuzzy* triangular yang didefinisikan dengan tingkat kepercayaan α , indeks optimisme ω , serta derajat *fuzziness* δ . Jika $\delta=0$ dan $\alpha=1$, nilai *fuzzy* akan sama dengan nilai *crisp*.



Gambar 7.3. Operasi α -cut dan indeks optimisme pada bilangan *fuzzy* triangular

Normalisasi pada perbandingan berpasangan dan penghitungan bobot prioritas dilakukan dalam penghitungan vektor *eigen*. Untuk mengendalikan hasil dari metode ini, dilakukan penghitungan rasio konsistensi untuk setiap matriks dan seluruh hierarki.

Pengukuran indeks konsistensi dilakukan dengan menggunakan Persamaan 7.17.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \dots\dots\dots(7.17)$$

dengan

- CI : indeks konsistensi
- λ_{max} : vektor konsistensi
- n : jumlah alternatif

Rasio konsistensi digunakan untuk mengestimasi perbandingan berpasangan secara langsung. Rasio konsistensi dihitung dengan menggunakan Persamaan 7.18.

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots(7.18)$$

dengan

- CR : rasio konsistensi
- RI : indeks rata-rata bobot yang dibangkitkan secara acak (Saaty 1981)

4. Bobot prioritas pada setiap alternatif dapat diperoleh dengan cara mengalikan matriks penilaian dengan vektor bobot atribut dan menjumlahkan seluruh atribut dengan Persamaan 7.19.

Evaluasi terbobot untuk alternatif

$$(k = \sum_{i=1}^t (bobot\ atribut_i \times\ penilaian_{ik}) \dots\dots\dots(7.19)$$

Untuk $i = 1, 2, \dots, t$

dengan

i : atribut

t : total jumlah atribut

k : alternatif

Setelah penghitungan bobot untuk setiap alternatif, seluruh indeks konsistensi dihitung untuk meyakinkan bahwa penilaian tersebut konsisten.

E Contoh Kasus Aplikasi AHP *Fuzzy*

Permasalahan rumit yang sering dihadapi oleh para pemangku kepentingan dalam rantai pasok adalah perbedaan tujuan masing-masing pemangku kepentingan rantai pasok tersebut. Setiap pemangku kepentingan dalam rantai pasok mempunyai tujuan, indikator kinerja, dan kriteria optimasi yang berbeda. Hal ini tidak memberikan sumbangan yang positif terhadap kinerja rantai pasok secara utuh karena pengembangan kinerja dari satu pemangku kepentingan dalam rantai pasok dapat merugikan pemangku kepentingan lain (Wijnands dan Ondersteijn 2006). Kerja sama antarpemangku kepentingan dalam rantai pasok akan memberikan penyelesaian yang berimbang. Pertukaran informasi, komunikasi yang jelas, saling memberi manfaat, dan kerja sama tingkat tinggi akan meningkatkan keberhasilan hubungan rantai pasok (Bewersox dan Closs 1996). Oleh karena itu, indikator kinerja kunci rantai pasok hendaknya diidentifikasi untuk menentukan dimensi kritis rantai pasok secara utuh dengan mempertimbangkan tujuan bersama rantai pasok tersebut.

Evaluasi kinerja rantai pasok buah manggis merupakan pengambilan keputusan kriteria majemuk. Metode *Fuzzy AHP* dikembangkan oleh Saaty (1981) dan Zadeh (1994) digunakan untuk melakukan identifikasi indikator kinerja kunci pada rantai pasok tersebut. Pendekatan *fuzzy AHP* digunakan untuk memperbaiki

ketidakjelasan dan ketidakpastian yang muncul dalam memutuskan tingkat kepentingan indikator kinerja oleh pengambil keputusan atau pakar.

Hierarki indikator kinerja kunci yang diidentifikasi berdasarkan data dan informasi yang dikumpulkan melalui wawancara dan diskusi dengan para pakar serta berdasarkan tinjauan pustaka ditunjukkan pada Gambar 7.4.

Indikator kinerja kunci diidentifikasi melalui 3 tingkat sudut pandang, yaitu tujuan seluruh rantai pasok (yang diintegrasikan dengan mempertimbangkan tujuan tiap-tiap pemangku kepentingan dalam rantai pasok), atribut kinerja, dan indikator kinerja.

Menurut para pemangku kepentingan rantai pasok buah manggis, tujuan bersama rantai pasok tersebut adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan nilai tambah
2. Meningkatkan akses pasar
3. Meningkatkan efisiensi operasional
4. Membangun kekuatan finansial
5. Meningkatkan akses informasi
6. Menurunkan risiko
7. Kemitraan yang keberlanjutan.

Tujuan rantai pasok buah manggis dapat dicapai jika rantai pasok tersebut memperbaiki kinerjanya. Berdasarkan *SCOR*, indikator kinerja rantai pasok mempunyai atribut sebagai berikut:

1. Keandalan
2. *Responsiveness*
3. *Agility*
4. Pengelolaan biaya

5. Pengelolaan aset.

Tingkat paling akhir pada hierarki adalah indikator kinerja. Berdasarkan atributnya, indikator kinerja yang dipertimbangkan sebagai indikator kinerja yang kritis pada rantai pasok tersebut adalah:

1. Indikator kinerja untuk atribut keandalan:
 - a. Pemenuhan pesanan secara sempurna
 - b. Kualitas produk
 - c. Kualitas proses.
2. Indikator kinerja untuk atribut *responsiveness*:
 - a. Siklus waktu pemenuhan pesanan
 - b. Keterlambatan produk
3. Indikator kinerja untuk *agility*:
 - a. Fleksibilitas rantai pasok hulu
 - b. Kemampuan adaptasi rantai pasok hulu
 - c. Kemampuan adaptasi rantai pasok hilir.
4. Indikator kinerja untuk pengelolaan biaya
 - a. Biaya produksi
 - b. Biaya distribusi
 - c. Biaya produk yang terjual.
5. Indikator kinerja untuk pengelolaan aset
 - a. Waktu siklus *cash to cash*
 - b. Pengembalian *asset* tetap
 - c. Pengembalian modal kerja.

Hasil penilaian para pakar pada setiap elemen dalam hierarki ditunjukkan pada Tabel 7.4 hingga Tabel 7.16.

Tabel 7.4. Matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* hasil penilaian pakar pada tujuan bersama rantai pasok

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1	1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
T2	$\tilde{1}$	1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
T3	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$
T4	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
T5	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$
T6	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{3}$
T7	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	1

Tabel 7.5. Matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan nilai tambah produk (T1)

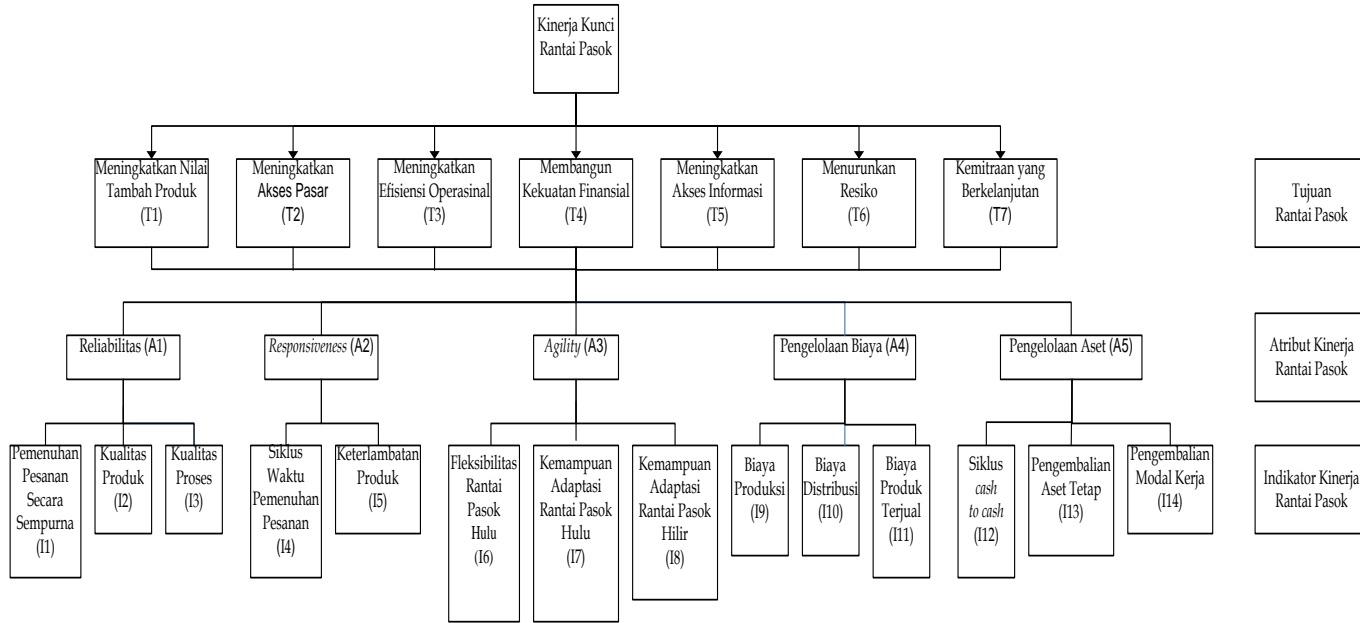
	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
A2	$\tilde{5}^{-1}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
A3	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
A4	$\tilde{1}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	1	$\tilde{1}$
A5	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	1

Tabel 7.6. Matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan akses pasar (T2)

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$
A2	$\tilde{1}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$
A3	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$
A4	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{3}^{-1}$
A5	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	1

Tabel 7.7. Matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan efisiensi operasional (T3)

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$
A2	$\tilde{1}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
A3	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
A4	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{1}$
A5	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1



Gambar 7.4. Hierarki indikator kinerja kunci rantai pasok buah manggis

Tabel 7.8. Matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan membangun kekuatan finansial (T4)

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$
A2	$\tilde{3}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
A3	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
A4	$\tilde{7}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	1	$\tilde{3}$
A5	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}^{-1}$	1

Tabel 7.9. Matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan akses informasi (T5)

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
A2	$\tilde{1}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
A3	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
A4	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{1}$
A5	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1

Tabel 7.10. Matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan menurunkan risiko (T6)

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
A2	$\tilde{1}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
A3	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
A4	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{3}$
A5	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	1

Tabel 7.11. Matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan kemitraan yang berkelanjutan (T7)

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
A2	$\tilde{3}^{-1}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$
A3	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$
A4	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	1	$\tilde{1}$
A5	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1

Tabel 7.12. Matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja *reliability* (A1)

	I1	I2	I3
I1	1	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
I2	$\tilde{1}$	1	$\tilde{1}$
I3	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1

Tabel 7.13. Matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja *responsiveness* (A2)

	I4	I5
I4	1	$\tilde{3}$
I5	$\tilde{3}^{-1}$	1

Tabel 7.14. Matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja *agility* (A3)

	I6	I7	I8
I6	1	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$
I7	$\tilde{3}^{-1}$	1	$\tilde{1}$
I8	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	1

Tabel 7.15. Matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja pengelolaan biaya (A4)

	I9	I10	I11
I9	1	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
I10	$\tilde{1}$	1	$\tilde{1}$
I11	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1

Tabel 7.16. Matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja pengelolaan aset (A5)

	I12	I13	I14
I12	1	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
I13	$\tilde{1}$	1	$\tilde{1}$
I14	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1

Batas atas dan batas bawah bilangan *fuzzy* kemudian ditetapkan berdasarkan nilai α -cut dengan menggunakan persamaan (7.2), yaitu:

$$\tilde{1}_\alpha = [1, 3-2\alpha]$$

$$\tilde{3}_\alpha = [1+2\alpha, 5-2\alpha], \tilde{3}_\alpha^{-1} = \left[\frac{1}{5-2\alpha}, \frac{1}{1+2\alpha} \right]$$

$$\tilde{5}_\alpha = [3+2\alpha, 7-2\alpha], \tilde{5}_\alpha^{-1} = \left[\frac{1}{7-2\alpha}, \frac{1}{3+2\alpha} \right]$$

$$\tilde{7}_\alpha = [5+2\alpha, 9-2\alpha], \tilde{7}_\alpha^{-1} = \left[\frac{1}{9-2\alpha}, \frac{1}{5+2\alpha} \right]$$

$$\tilde{9}_\alpha = [7+2\alpha, 11-2\alpha], \tilde{9}_\alpha^{-1} = \left[\frac{1}{11-2\alpha}, \frac{1}{7+2\alpha} \right]$$

Dengan memasukkan nilai α , nilai *fuzzy* triangular dapat dikonversikan ke dalam rentang α -cut. Rentang ini kemudian digunakan pada bilangan *fuzzy* hasil penilaian pakar untuk mengubah nilai *fuzzy* tersebut ke dalam α -cut *fuzzy*. Pada contoh ini nilai $\alpha = 0,5$, yaitu para pakar mempunyai tingkat kepercayaan rata-rata pada saat penilaian untuk membuat matriks perbandingan berpasangan. Matriks perbandingan α -cut *fuzzy* ditunjukkan pada Tabel 7.17 hingga Tabel 7.29.

Tabel 7.17. Matriks perbandingan berpasangan α -cut *fuzzy* hasil penilaian pakar pada tujuan bersama rantai pasok

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1	1	[1,2]	$[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}]$	[1,2]	[1,2]	[1,2]	[1,2]
T2	[1,2]	1	$[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}]$	[1,2]	$[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}]$	[1,2]	[1,2]
T3	[2,4]	[2,4]	1	[1,2]	[1,2]	[2,4]	[2,4]
T4	[1,2]	[1,2]	[1,2]	1	[1,2]	[1,2]	[1,2]
T5	[1,2]	[2,4]	[1,2]	[1,2]	1	[1,2]	[2,4]
T6	[1,2]	[1,2]	$[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}]$	[1,2]	[1,2]	1	[2,4]
T7	[1,2]	[1,2]	$[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}]$	[1,2]	$[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}]$	$[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}]$	1

Tabel 7.18. Matriks perbandingan berpasangan α -cut *fuzzy* hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau daritujuan meningkatkan nilai tambah produk (T1)

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1	[4,6]	[2,4]	[1,2]	[1,2]
A2	$[\frac{1}{6}, \frac{1}{4}]$	1	[1,2]	$[\frac{1}{6}, \frac{1}{4}]$	$[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}]$

	A1	A2	A3	A4	A5
A3	$\left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right]$	[1,2]	1	$\left[\frac{1}{6}, \frac{1}{4}\right]$	$\left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right]$
A4	[1,2]	[4,6]	[4,6]	1	[1,2]
A5	[1,2]	[2,4]	[2,4]	[1,2]	1

Tabel 7.19. Matriks perbandingan berpasangan α -cut fuzzy hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan akses pasar (T2)

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1	[1,2]	[1,2]	[1,2]	$\left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right]$
A2	[1,2]	1	[1,2]	[1,2]	$\left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right]$
A3	[1,2]	[1,2]	1	[1,2]	$\left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right]$
A4	[1,2]	[1,2]	[1,2]	1	$\left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right]$
A5	[2,4]	[2,4]	[2,4]	[2,4]	1

Tabel 7.20. Matriks perbandingan berpasangan α -cut fuzzy hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan efisiensi operasional (T3)

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1	[1,2]	[1,2]	$\left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right]$	[1,2]
A2	[1,2]	1	[1,2]	[1,2]	[1,2]
A3	[1,2]	[1,2]	1	[1,2]	[1,2]
A4	[2,4]	[1,2]	[1,2]	1	[1,2]
A5	[1,2]	[1,2]	[1,2]	[1,2]	1

Tabel 7.21. Matriks perbandingan berpasangan α -cut fuzzy hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan membangun kekuatan finansial (T4)

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1	$\left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right]$	$\left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right]$	$\left[\frac{1}{8}, \frac{1}{6}\right]$	$\left[\frac{1}{6}, \frac{1}{4}\right]$
A2	[2,4]	1	[1,2]	$\left[\frac{1}{6}, \frac{1}{4}\right]$	$\left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right]$
A3	[2,4]	[1,2]	1	$\left[\frac{1}{6}, \frac{1}{4}\right]$	$\left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right]$
A4	[6,8]	[4,6]	[4,6]	1	[2,4]
A5	[4,6]	[2,4]	[2,4]	$\left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right]$	1

Tabel 7.22. Matriks perbandingan berpasangan α -cut fuzzy hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan akses informasi (T5)

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1	[1,2]	[1,2]	[1,2]	[1,2]
A2	[1,2]	1	[1,2]	[1,2]	[1,2]
A3	[1,2]	[1,2]	1	[1,2]	[1,2]
A4	[1,2]	[1,2]	[1,2]	1	[1,2]
A5	[1,2]	[1,2]	[1,2]	[1,2]	1

Tabel 7.23. Matriks perbandingan berpasangan α -cut fuzzy hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan menurunkan risiko (T6)

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1	[1,2]	[1,2]	[1,2]	[1,2]
A2	[1,2]	1	[1,2]	[1,2]	[1,2]
A3	[1,2]	[1,2]	1	[1,2]	[1,2]
A4	[1,2]	[1,2]	[1,2]	1	[2,4]
A5	[1,2]	[1,2]	[1,2]	$\left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right]$	1

Tabel 7.24. Matriks perbandingan berpasangan α -cut fuzzy hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan kemitraan yang berkelanjutan (T7)

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1	[2,4]	[2,4]	[1,2]	[1,2]
A2	$\left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right]$	1	[1,2]	$\left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right]$	[1,2]
A3	$\left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right]$	[1,2]	1	$\left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right]$	[1,2]
A4	[1,2]	[2,4]	[2,4]	1	[1,2]
A5	[1,2]	[1,2]	[1,2]	[1,2]	1

Tabel 7.25. Matriks perbandingan berpasangan α -cut fuzzy hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja *reliability* (A1)

	I1	I2	I3
I1	1	[1,2]	[1,2]
I2	[1,2]	1	[1,2]
I3	[1,2]	[1,2]	1

Tabel 7.26. Matriks perbandingan berpasangan α -cut fuzzy hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja *responsiveness* (A2)

	I4	I5
I4	1	[2,4]
I5	$\left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right]$	1

Tabel 7.27. Matriks perbandingan berpasangan α -cut fuzzy hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja *agility* (A3)

	I6	I7	I8
I6	1	[2,4]	[2,4]
I7	$\left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right]$	1	[1,2]
I8	$\left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right]$	[1,2]	1

Tabel 7.28. Matriks perbandingan berpasangan α -cut fuzzy hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja pengelolaan biaya (A4)

	I9	I10	I11
I9	1	[1,2]	[1,2]
I10	[1,2]	1	[1,2]
I11	[1,2]	[1,2]	1

Tabel 7.29. Matriks perbandingan berpasangan α -cut fuzzy hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja pengelolaan aset (A5)

	I12	I13	I14
I12	1	[1,2]	[1,2]
I13	[1,2]	1	[1,2]
I14	[1,2]	[1,2]	1

Nilai matriks perbandingan berpasangan α -cut fuzzy kemudian diubah ke dalam nilai *crisp* dengan menggunakan persamaan (7.15). Pada contoh ini, digunakan nilai indeks optimisme $\omega = 0,5$ yang menunjukkan bahwa penilaian yang diberikan tidak terlalu optimis dan tidak terlalu pesimis.

Vektor *eigen* atau tingkat kepentingan elemen dapat dihitung dengan menyelesaikan persamaan karakteristik matriks perbandingan α -cut fuzzy kemudian memasukkan nilai *eigen* terbesar ($=\lambda_{max}$) ke dalam persamaan (7.10) hingga persamaan (7.13) atau dengan menggunakan pendekatan persamaan (14) Dengan melakukan normalisasi nilai x_i akan diperoleh tingkat kepentingan elemen i .

Untuk mengetahui konsistensi penilaian para pakar, konsistensi diperiksa dengan menggunakan persamaan (7.17) dan persamaan (7.18). Nilai indeks konsistensi acak (RI) sesuai dengan ukuran matriks ditunjukkan pada Tabel 7.30

Tabel 7.30. Nilai indeks konsistensi acak (RI) berdasarkan ukuran matriks

Ukuran	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Nilai *crisp*, nilai kepentingan untuk setiap kriteria, nilai *eigen* tertinggi, indeks konsistensi, rasio konsistensi pada setiap matriks perbandingan berpasangan ditunjukkan pada Tabel 9.31 hingga Tabel 7.43.

Tabel 7.31. Nilai *crisp* matriks perbandingan berpasangan, x , λ_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada tujuan bersama rantai pasok

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	x
T1	1,000	1,500	0,375	1,500	1,500	1,500	1,500	0,125
T2	1,500	1,000	0,375	1,500	0,375	1,500	1,500	0,105
T3	3,000	3,000	1,000	1,500	1,500	3,000	3,000	0,217
T4	1,500	1,500	1,500	1,000	1,500	1,500	1,500	0,149
T5	1,500	3,000	1,500	1,500	1,000	1,500	3,000	0,178
T6	1,500	1,500	0,375	1,500	1,500	1,000	3,000	0,138
T7	1,500	1,500	0,375	1,500	0,375	0,375	1,000	0,089

$$\lambda_{max} = 7,452$$

$$CI = 0,075 \quad CR = 0,057$$

Tabel 7.32. Nilai *Crisp* matriks perbandingan berpasangan, x , λ_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan nilai tambah produk (T1)

	A1	A2	A3	A4	A5	x
A1	1,000	5,000	3,000	1,500	1,500	0,285
A2	0,208	1,000	1,500	0,208	0,375	0,067
A3	0,375	1,500	1,000	0,208	0,375	0,075
A4	1,500	5,000	5,000	1,000	1,500	0,308
A5	1,500	3,000	3,000	1,500	1,000	0,264

$$\lambda_{max} = 5,056$$

$$CI = 0,014 \quad CR = 0,012$$

Tabel 7.33. Nilai *crisp* matriks perbandingan berpasangan, x , λ_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan akses pasar (T2)

	A1	A2	A3	A4	A5	x
A1	1,500	1,500	1,500	0,375	1,500	0,160
A2	1,000	1,500	1,500	0,375	1,000	0,160
A3	1,500	1,000	1,500	0,375	1,500	0,160
A4	1,500	1,500	1,000	0,375	1,500	0,160
A5	3,000	3,000	3,000	1,000	3,000	0,360

$$\lambda_{max} = 5,067$$

$$CI = 0,017 \quad CR = 0,015$$

Tabel 7.34. Matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan efisiensi operasional (T3)

	A1	A2	A3	A4	A5	x
A1	1,000	1,500	1,500	0,375	1,500	0,165
A2	1,500	1,000	1,500	1,500	1,500	0,200

	A1	A2	A3	A4	A5	x
A3	1,500	1,500	1,000	1,500	1,500	0,200
A4	3,000	1,500	1,500	1,000	1,500	0,234
A5	1,500	1,500	1,500	1,500	1,000	0,200

$$\lambda_{max} = 5,155 \quad CI = 0,039 \quad CR = 0,035$$

Tabel 7.35. Nilai *crisp* matriks perbandingan berpasangan, x , λ_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan membangun kekuatan finansial (T4)

	A1	A2	A3	A4	A5	x
A1	1,000	0,375	0,375	0,146	0,208	0,046
A2	3,000	1,000	1,500	0,208	0,375	0,112
A3	3,000	1,500	1,000	0,208	0,375	0,112
A4	7,000	5,000	5,000	1,000	3,000	0,487
A5	5,000	3,000	3,000	0,375	1,000	0,243

$$\lambda_{max} = 5,136 \quad CI = 0,034 \quad CR = 0,030$$

Tabel 7.36. Nilai *crisp* matriks perbandingan berpasangan, x , λ_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan meningkatkan akses informasi (T5)

	A1	A2	A3	A4	A5	x
A1	1,000	1,500	1,500	1,500	1,500	0,200
A2	1,500	1,000	1,500	1,500	1,500	0,200
A3	1,500	1,500	1,000	1,500	1,500	0,200
A4	1,500	1,500	1,500	1,000	1,500	0,200
A5	1,500	1,500	1,500	1,500	1,000	0,200

$$\lambda_{max} = 5,000 \quad CI = 0,000 \quad CR = 0,000$$

Tabel 7.37. Nilai *crisp* matriks perbandingan berpasangan, x , λ_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan menurunkan risiko (T6)

	A1	A2	A3	A4	A5	x
A1	1,000	1,500	1,500	1,500	1,500	0,200
A2	1,500	1,000	1,500	1,500	1,500	0,200
A3	1,500	1,500	1,000	1,500	1,500	0,200
A4	1,500	1,500	1,500	1,000	3,000	0,234
A5	1,500	1,500	1,500	0,375	1,000	0,165

$$\lambda_{max} = 5,155$$

$$CI = 0,039 \quad CR = 0,035$$

Tabel 7.38. Nilai *crisp* matriks perbandingan berpasangan, x , λ_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada atribut kinerja rantai pasok ditinjau dari tujuan kemitraan yang berkelanjutan (T7)

	A1	A2	A3	A4	A5	x
A1	1,000	3,000	3,000	1,500	1,500	0,266
A2	0,375	1,000	1,500	0,375	1,500	0,127
A3	0,375	1,500	1,000	0,375	1,500	0,127
A4	1,500	3,000	3,000	1,000	1,500	0,266
A5	1,500	1,500	1,500	1,500	1,000	0,212

$$\lambda_{max} = 5,233$$

$$CI = 0,058 \quad CR = 0,052$$

Tabel 7.39. Nilai *crisp* matriks perbandingan berpasangan, x , λ_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja *reliability* (A1)

	I1	I2	I3	x
I1	1,000	1,500	1,500	0,333
I2	1,500	1,000	1,500	0,333
I3	1,500	1,500	1,000	0,333

$$\lambda_{max} = 3,000 \quad CI = 0,000 \quad CR = 0,000$$

Tabel 7.40. Nilai *crisp* matriks perbandingan berpasangan, x , λ_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja *responsiveness* (A2)

	I4	I5	x
I4	1,000	3,000	0,739
I5	0,375	1,000	0,261

$$\lambda_{max} = 2,002 \quad CI = 0,002 \quad CR = 0,000$$

Tabel 7.41. Nilai *crisp* matriks perbandingan berpasangan, x , λ_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja *agility* (A3)

	I6	I7	I8	x
I6	1,000	3,000	3,000	0,553
I7	0,375	1,000	1,500	0,224
I8	0,375	1,500	1,000	0,224

$$\lambda_{max} = 3,025 \quad CI = 0,013 \quad CR = 0,022$$

Tabel 7.42. Nilai *crisp* matriks perbandingan berpasangan, x , λ_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja pengelolaan biaya (A4)

	I9	I10	I11	x
I9	1,000	1,500	1,500	0,333
I10	1,500	1,000	1,500	0,333
I11	1,500	1,500	1,000	0,333

$$\lambda_{max} = 3,000 \quad CI = 0,000 \quad CR = 0,000$$

Tabel 7.43. Nilai *crisp* matriks perbandingan berpasangan, x , λ_{max} , CI , dan CR hasil penilaian pakar pada indikator kinerja untuk atribut kinerja pengelolaan aset (A5)

	I12	I13	I14	x
I12	1,000	1,500	1,500	0,333
I13	1,500	1,000	1,500	0,333
I14	1,500	1,500	1,000	0,333

$$\lambda_{max} = 3,000 \quad CI = 0,000 \quad CR = 0,000$$

Keseluruhan total bobot prioritas untuk setiap alternatif dihitung menggunakan persamaan (7.19) dengan mempertimbangkan bobot setiap elemen pada setiap tingkat. Sebagai contoh, hasil penghitungan total bobot prioritas atribut kinerja rantai pasok dengan mempertimbangkan bobot tujuan rantai pasok ditunjukkan pada Tabel 7.44.

Tabel 7.44. Total bobot prioritas atribut kinerja rantai pasok dengan mempertimbangkan bobot tujuan rantai pasok

		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	Total Bobot Prioritas Atribut Kinerja Rantai Pasok
Bobot Tujuan Rantai Pasok		0,125	0,105	0,217	0,149	0,178	0,138	0,089	
Bobot Atribut Kinerja Rantai Pasok ditinjau dari Masing- masing Tujuan Rantai Pasok	A1	0,285	0,160	0,165	0,046	0,200	0,200	0,266	0,182
	A2	0,067	0,160	0,200	0,112	0,200	0,200	0,127	0,160
	A3	0,075	0,160	0,200	0,112	0,200	0,200	0,127	0,161
	A4	0,308	0,160	0,234	0,487	0,200	0,234	0,266	0,270
	A5	0,264	0,360	0,200	0,243	0,200	0,165	0,212	0,228

Hasil analisis *fuzzy AHP* menunjukkan bahwa tujuan rantai pasok buah manggis yang paling utama adalah meningkatkan efisiensi operasional dengan bobot sebesar 0,217. Untuk mencapai tujuan tersebut, kinerja rantai pasok yang perlu ditingkatkan. Berdasarkan penilaian para pakar, atribut kinerja yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan rantai pasok buah manggis tersebut adalah pengelolaan biaya dengan bobot kepentingan sebesar 0,270. Semua indikator kinerja dalam pengelolaan biaya (biaya produksi, biaya distribusi, dan biaya produk terjual) mendapatkan bobot yang sama sebagai indikator kinerja kunci rantai pasok buah manggis dengan bobot masing-masing sebesar 0,333.

F Latihan-latihan

Pilihan Ganda

1. Salah satu kelebihan kajian dengan *AHP* adalah kemampuan teknik tersebut untuk mendeteksi:
 - a. Konsistensi dan konsensus
 - b. Konsistensi
 - c. Konsensus.
2. Agar memungkinkan bagi para pakar untuk memberi penilaian dalam bentuk rentang daripada dalam bentuk nilai pasti, maka konsep teori yang dapat digabungkan dengan metode *AHP* adalah:
 - a. *GameTheory*
 - b. *Fuzzy*
 - c. Teori Probabilistik.
3. Di antara fungsi keanggotaan bilangan *fuzzy* yang umum dipakai karena kemudahannya dalam pemodelan dan interpretasinya yang mudah adalah:

- a. Triangular
 - b. Trapezoidal
 - c. Triangular dan Trapezoidal.
4. Penilaian dengan meto *fuzzy* AHP dianggap konsisten apabila nilai konsistensi rasio penilaian adalah:
- a. Lebih kecil dari 0,1
 - b. Lebih besar atau sama dengan 0,1
 - c. Lebih kecil dari 1.
5. Dengan memasukkan nilai α , nilai *fuzzy* triangular dapat dikonversikan ke dalam rentang α -cut. Nilai α menunjukkan:
- a. Tingkat optimisme para pakar
 - b. Tingkat kepercayaan para pakar
 - c. Tingkat optimisme dan kepercayaan para pakar.

Jawablah dengan jelas

1. Apa perbedaan penilaian alternatif berdasarkan setiap kriteria pada metode AHP dan metode *fuzzy* AHP?
2. Pengambilan keputusan dengan AHP banyak digunakan pada persoalan keputusan yang berjenjang dan bersifat?
3. Dalam pemilihan pemasok dilakukan penilaian dengan tujuan menilai kinerja pemasok. Untuk melakukan Penilaian Kinerja Pemasok digunakan kriteria Pelayanan (K1), Peretumbuhan Penjualan (K2), dan Kualitas Produk (K3). Penilaian tersebut dilakukan untuk memilih 4 alternatif pemasok, yaitu Pemasok 1 (P1), Pemasok 2 (P2), Pemasok 3 (P3), dan Pemasok 4 (P4).
 - a. Buatlah struktur hierarki untuk permasalahan tersebut jika pemilihan pemasok akan dilakukan dengan menggunakan metode *fuzzy* AHP!

b. Hasil penilaian para pakar adalah sebagai berikut:

Perbandingan berpasangan hasil penilaian pakar pada kriteria pemilihan pemasok:

	K1	K2	K3
K1	1	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$
K2	$\tilde{5}^{-1}$	1	$\tilde{1}$
K3	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	1

Perbandingan berpasangan hasil penilaian pakar pada alternatif pemasok ditinjau dari kriteria Pelayanan (K1):

	P1	P2	P3	P4
P1	1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$
P2	$\tilde{1}$	1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$
P3	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	1	$\tilde{1}$
P4	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1

Perbandingan berpasangan hasil penilaian pakar pada alternatif pemasok ditinjau dari kriteria Peretumbuhan Penjualan (K2):

	P1	P2	P3	P4
P1	1	$\tilde{1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
P2	$\tilde{1}$	1	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
P3	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	1	$\tilde{3}$
P4	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}^{-1}$	1

Perbandingan berpasangan hasil penilaian pakar pada alternatif pemasok ditinjau dari kriteria Kualitas Produk (K3):

	P1	P2	P3	P4
P1	1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$
P2	$\tilde{3}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{5}^{-1}$
P3	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{5}^{-1}$
P4	$\tilde{7}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	1

Dengan menggunakan metode *fuzzy AHP*, apakah pendapat para pakar tersebut konsisten? Pemasok yang manakah yang akan dipilih berdasarkan penilaian para pakar?

