

## ANALISIS DAN MITIGASI RISIKO RANTAI PASOK KOPI GAYO BERKELANJUTAN DENGAN PENDEKATAN FUZZY

### RISKS MITIGATION AND ANALYSIS FOR SUSTAINABLE GAYO COFFEE SUPPLY CHAIN USING FUZZY APPROACH

Rachman Jaya<sup>1)\*</sup>, Machfud<sup>2)\*</sup>, Saptaraha<sup>2)</sup>, Marimin<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Aceh

Jl. P.Nyak Makam No.27 Lampineung, Banda Aceh, Indonesia

E-mail: machfud\_yassin@yahoo.com; Jaya.rachman@yahoo.co.id

<sup>2)</sup>Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

#### ABSTRACT

*Managing an agri-supply chain of Gayo coffee is contrast with finish-goods product, because of its availability depends on agricultural characteristic like seasonally, bulky, perishable and a very high potential damage before it be processed into specific products, so its business actors has high risk. The objectives of this research were to determine risk factors that influence supply chain structure of Gayo coffee and to determine its mitigation. In this study, we synthesized fuzzy logic method and analytical hierarchy process (F-AHP) as well as fuzzy inference system (FIS), with Mamdani approach, while the defuzzification process was performed by using centroid technique, collecting data by expert's panel. Backgrounds of the experts were lecturer (Ph.D qualification), researcher (Ph.D) and practitioner (having experience for 20 years in Gayo coffee business). Result shows that the risk for farmers were on quality and agriculture, hence risk for collectors were on the quality and price these component also same in agroindustry spier base on FIS analysis. In general, risks on all actors is moderate, hence the mitigation that could be done were applying revenue sharing mechanism for the agroindustry, improving farming technologies that focus on pest and disease management for the farmers as well as utilizing pallets and artificial dryer to improve post harvest technologies in collectors.*

*Keywords: risks mitigation, sustainable supply chain, Gayo coffee, fuzzy logic.*

#### ABSTRAK

Manajemen rantai pasokan produk pertanian seperti kopi Gayo berbeda dengan manajemen rantai pasokan pada produk manufaktur, karena produk pertanian memiliki sifat mudah rusak, musiman, bentuk dan ukurannya yang bervariasi, skala usaha kecil serta kamba, sehingga sangat rentan terhadap risiko kerugian bagi pelakunya. Tujuan dari penelitian ini mengetahui faktor-faktor risiko yang paling berpengaruh dan menentukan mitigasinya dalam struktur rantai pasok kopi Gayo. Metode yang digunakan adalah sintesis logika *fuzzy*, proses hirarki analitik dan *fuzzy inference system* (FIS) dengan penalaran Mamdani, sedangkan *defuzzifikasi* secara *centroid*. Pakar yang terlibat berjumlah lima orang dengan latar belakang akademisi (berkualifikasi doktor), peneliti (doktor) dan praktisi (minimal telah berkecimpung 20 tahun pada usaha kopi Gayo). Hasil F-AHP menunjukkan bahwa pada petani, risiko terbesar adalah mutu dan budidaya dengan mitigasi berupa memperbaiki teknologi budidaya, fokus kepada pengelolaan hama dan penyakit, pada pedagang pengepul adalah pemenuhan mutu dan harga, dengan mitigasi berupa memperbaiki teknik pengeringan melalui penggunaan para-para dan pengering mekanis. Pada agroindustri risiko terbesar adalah mutu dan harga dengan mitigasi risiko melalui kontrak dengan mekanisme *revenue-sharing*. Secara keseluruhan berdasarkan analisis FIS, risiko yang dihadapi pelaku rantai pasok kopi Gayo adalah pada kategori sedang dengan urutan petani, pedagang pengepul dan agroindustri.

Kata kunci: mitigasi risiko, rantai pasok berkelanjutan, kopi Gayo, logika *fuzzy*

#### PENDAHULUAN

Berdasarkan lokasinya, Dataran Tinggi Gayo merupakan suatu kawasan yang terletak di Pegunungan Bukit Barisan, sedangkan secara administratif, kawasan ini termasuk Provinsi Aceh yang mencakup tiga kabupaten yaitu Aceh Tengah, Bener Meriah dan Gayo Lues. Akan tetapi sentra produksi kopi Gayo hanya Kabupaten Bener Meriah dan Aceh Tengah, luas areal di tiga kabupaten tersebut 92.520 ha, dengan produktivitas rata-rata

0,79 ton/ha. Pada tahun 2014, proyeksi total produksi kopi Arabika Gayo adalah 80.000 ton (*green bean*) dengan nilai mencapai USD 480.000 (BPS Aceh, 2013).

Saat ini, pelaksanaan proses bisnis Kopi Gayo menghadapi masalah berupa rendahnya pemenuhan mutu, produktivitas, *gap* harga jual produk antara petani dan eksportir yang terlalu jauh dalam kerangka rantai pasok, serta disinformasi permintaan antar pelaku (Ibrahim dan Zailani, 2010; Jaya *et al.*, 2011), sehingga masalah tersebut dapat

menimbulkan risiko terhadap mutu, harga, pasokan, permintaan dan budidaya pada pelaku petani, pedagang pengepul dan agroindustri kopi, yang secara keseluruhan berpengaruh terhadap daya saing kopi Gayo. Untuk mengantisipasi risiko tersebut diperlukan suatu mitigasi, sehingga dampak risiko tersebut dapat dikurangi.

Rantai pasok adalah kegiatan mengelola arus barang, informasi dan uang dari sekumpulan perusahaan atau pelaku untuk mencapai tujuan yaitu pemenuhan keinginan konsumen (Beamon, 1998; Gunasekaran *et al.*, 2004; Chopra dan Meindl, 2007). Risiko adalah ketidakpastian dari kejadian yang akan datang, yang berarti peluang kemunculan terjadinya suatu hal yang tidak diinginkan, dengan kata lain risiko, adalah ancaman yang terjadi secara internal atau eksternal yang akan berpengaruh negatif, terhadap pencapaian sasaran organisasi (Wu dan Blackhurst, 2009; Tuncel dan Alpan, 2010). Untuk mencegah atau mengurangi efek yang ditimbulkan oleh risiko tersebut, diperlukan penyusunan skenario mitigasi yang dibangun berdasarkan spesifikasi risiko dari struktur rantai pasok, dalam hal ini adalah risiko rantai pasok kopi Gayo.

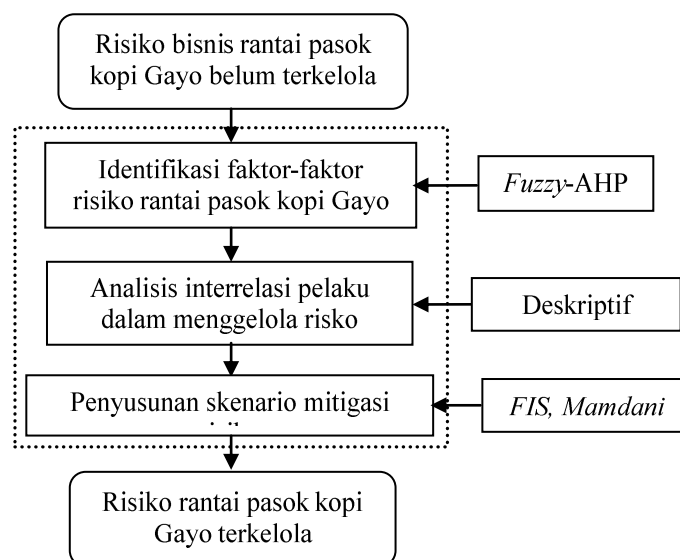
Untuk mencapai tujuan pengelolaan rantai pasok kopi Gayo yang dapat meminimalkan risiko yang ditanggung oleh masing-masing pelaku, diperlukan suatu analisis yang mendalam. Beberapa penelitian dengan topik pengelolaan risiko rantai pasok pertanian telah dilakukan, diantaranya Astuti *et al.* (2012) melakukan analisis mitigasi risiko rantai pasok Buah Manggis, dengan *Fuzzy-AHP* (F-AHP), Hidayat *et al.* (2012) mengaplikasikan teknik F-AHP dalam penyusunan model identifikasi risiko rantai pasok Kelapa Sawit, Fitrianto dan Hadi (2012), telah melakukan kajian awal terhadap risiko rantai pasok udang sebelum dan sesudah bencana gunung meletus. Secara khusus, penelitian yang

membahas rantai pasok kopi telah dilakukan oleh Adam dan Ghaly (2007) dan MacDonald (2007). Upaya yang telah dilakukan oleh beberapa pelaku seperti Starbucks, pemerintah daerah, agroindustri untuk meningkatkan mutu kopi Gayo belum berhasil, karena kegiatan umumnya bersifat *project oriented*, parsial dan tidak berkesinambungan.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat dikatakan bahwa permasalahan pengelolaan risiko rantai pasok kopi Gayo masih belum efektif, yaitu dalam hal bagaimana mengurangi dampak risiko (mitigasi) secara bersama (*collaborating*), sehingga diperlukan kajian yang mendalam berupa identifikasi, analisis faktor-faktor dan penyusunan skenario mitigasi risiko rantai pasok kopi Gayo. Masalah dalam penelitian ini mencakup faktor-faktor yang mempengaruhi risiko bisnis, skenario yang dibutuhkan dalam mitigasi yang dilaksanakan oleh pelaku secara bersama-sama, untuk mencapai tujuan rantai pasok berupa pemenuhan keinginan konsumen (*responsiveness*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor risiko dan menentukan skenario mitigasi dalam mengelola risiko pada rantai pasok kopi Gayo.

## METODE PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan, terdapat dua pokok bahasan dalam penelitian ini, yaitu mengetahui faktor-faktor risiko apa saja yang paling berpengaruh terhadap rantai pasok kopi Gayo, dan menganalisis interaksi antar pelaku untuk secara bersama-sama mengelola risiko-risiko tersebut, serta menyusun skenario mitigasi agar risiko yang teridentifikasi dapat dikurangi dampak yang ditimbulkan. Untuk mencapai tujuan tersebut dalam pelaksanaan diwujudkan ke dalam kerangka pikir kajian (*logical framework*) (Gambar 1).



Gambar 1. Kerangka pikir analisis dan mitigasi risiko rantai pasok kopi Gayo

Tahapan penelitian dimulai dengan identifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap risiko pasok kopi Gayo, kemudian membuat struktur hirarki, membuat kuesioner, survey pakar dan analisis data. Tahapan analisis data dalam *fuzzy* mencakup *fuzzyfikasi*, agregasi, menghitung konsistensi rasio dan *defuzzyfikasi* (Nepal *et al.*, 2010). Analisis interelasi dilakukan secara deskriptif, sedangkan penyusunan skenario mitigasi dengan menggunakan *fuzzy inference system* (FIS), penalaran Mamdani. *Defuzzyfikasi* secara *centroid* (Alavi, 2012) yang diimplementasi dengan perangkat lunak paket.

### Analisis Identifikasi Risiko Rantai Pasok Kopi Gayo

Identifikasi risiko rantai pasok kopi Gayo adalah proses identifikasi faktor-faktor risiko yang berpengaruh pada sistem rantai pasok kopi Gayo. Pada penelitian ini identifikasi risiko rantai pasok dilakukan dengan menggunakan F-AHP. Adapun tahapan analisis identifikasi risiko rantai pasok adalah sebagai berikut:

#### Penyusunan Hirarki

Tahapan penyusunan hirarki dalam *Analytical Hierarchy Process* (AHP) pada penelitian ini terdiri dari identifikasi faktor-faktor risiko yang berpengaruh terhadap rantai pasok kopi Gayo, menyusun struktur hirarki, pembuatan kuesioner, pengumpulan data, agregasi pendapat pakar, membuat matrik kriteria dan alternatif, menghitung bobot kriteria dengan metode *pairwise comparison*, menghitung nilai *eigen* alternatif, menghitung konsistensi rasio, menghitung skor akhir, meranking berdasarkan skor akhir dan penarikan kesimpulan (Suharjito, 2011; Hidayat *et al.*, 2012).

#### Responden Penelitian

Responden dalam penelitian ini adalah pakar yang memberikan pendapatnya sesuai dengan substansi penelitian. Pemilihan responden dalam penelitian ini dilakukan secara sengaja (*purposive sampling*). Responden terdiri dari **akademisi** (universitas), dengan kualifikasi bergelar Doktor (S3) dan telah berkecimpung pada industri kopi

minimal 10 tahun, **peneliti** dari lembaga penelitian dengan berkualifikasi Doktor dan telah terlibat pada bidang usaha perkopian minimal 10 tahun dan **praktisi** minimal telah 20 tahun terlibat dalam usaha kopi Gayo. Jumlah narasumber (pakar) yang terlibat lima orang.

#### Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Fungsi keanggotaan adalah kurva yang menunjukkan pemetaan nilai input ke dalam nilai-nilai keanggotaan, dalam hal ini dengan interval antara 0 dan 1 (Suharjito, 2011). Untuk memetakan nilai-nilai keanggotaan tersebut dapat dilakukan dengan melalui suatu fungsi. Dalam penelitian ini fungsi keanggotaan *fuzzy* yang digunakan adalah *Triangular Fuzzy Number* (TFN). TFN sejalan dengan yang disarankan oleh Kulak dan Kaharaman (2005); Hidayat *et al.* (2012). Secara lengkap fungsi keanggotaan *fuzzy* TFN dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; \text{ jika } x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x-a)/(b-a) & ; \text{ jika } a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b) & ; \text{ otherwise} \end{cases}$$

#### Fuzzyfikasi

*Fuzzyfikasi* pada metode F-AHP adalah, proses perubahan nilai selang rating (berupa batas nilai) yang diberikan oleh penilai menjadi selang dalam bentuk bilangan *fuzzy* (Marimin, 2009). Nilai input bilangan *fuzzy* untuk setiap level menggunakan TFN. TFN dipilih karena memiliki nilai keanggotaan penuh, yaitu satu tunggal berada puncak segitiga untuk nilai batas tengah (BT), sedangkan pada nilai-nilai lainnya, fungsi keanggotaannya lebih besar dari nol (>0) untuk batas bawah (BB) dan lebih kecil dari satu (< 1) untuk batas atas (BA). Dengan demikian maka “keraguan” narasumber diarahkan kepada “keyakinan” di nilai BT. Tiga nilai batas pada skala yaitu BB, BT dan BA dari tiap data masukan mengikuti Kulak dan Kahraman (2005), secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Skala TFN dalam F-AHP

No.	Skala linguistik <i>fuzzy</i> berpasangan	Skala TFN	Resiprokal TFN
1	Kedua faktor sama pentingnya terhadap tujuan	(1,1,3)	(1/3,1,1)
3	Salah satu faktor sedikit lebih penting dari yang lain	(1,3,5)	(1/5,1/3,1)
5	Salah satu faktor lebih penting dari yang lain	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)
7	Salah satu faktor sangat lebih penting dari yang lain	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)
9	Salah satu faktor mutlak lebih penting dari yang lain	(7,9,9)	(1/9,1/9,1,7)

Sumber: Kulak dan Kahraman, (2005)

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa pada skala TFN (1,1,3) memiliki nilai resiprokal (1/3,1,1) yang merepresentasikan suatu nilai dalam fungsi keanggotaan *fuzzy*. Resiprokal mencerminkan perbandingan terbalik dari nilai tersebut, dalam hal ini nilai keanggotaan *fuzzy* bergerak dari nilai kecil ke besar (0-10) (Kulak dan Kahraman, 2005).

**Agregasi**

Agregasi adalah proses penyatuan skor dari beberapa input untuk mencapai suatu nilai tunggal, dalam hal ini input dari beberapa pakar. Agregasi pendapat pakar dilakukan dengan rata-rata geometric untuk batas bawah, batas tengah dan batas atas dari ketiga kelompok masukan (Bozbura *et al.*, 2007). Luaran langkah ini masih berupa nilai *fuzzy*.

**Defuzzifikasi**

*Defuzzifikasi* adalah penentuan satu nilai tunggal (*crisp*), dari skor *fuzzy* hasil inputan tahap sebelumnya. Menurut Marimin (2009), *defuzzifikasi* merupakan suatu proses pengubahan output *fuzzy* ke output yang bernilai tunggal (*crisp*). Pada penelitian ini teknik *defuzzifikasi* yang digunakan adalah *centroid*, yaitu nilai tunggal dari variabel output yang dihitung dengan menemukan nilai variabel dari *center of gravity*, berupa suatu fungsi keanggotaan untuk nilai dari *fuzzy* (Mikhailov, 2004; Alavi, 2012).

**Analisis Mitigasi Risiko**

Mitigasi risiko adalah aktivitas yang sengaja dilakukan oleh pelaku rantai pasok kopi Gayo untuk mengurangi dampak yang diakibatkan oleh risiko yang ada pada sistem rantai pasok kopi Gayo. Dalam penelitian ini analisis mitigasi risiko dilakukan dengan metode *fuzzy inference system* (FIS), dengan tahapan sebagai berikut:

**Penentuan fungsi keanggotaan mitigasi risiko *fuzzy***

Tahap awal analisis FIS adalah menentukan representasi keanggotaan *fuzzy* yang merupakan pemetaan input ke dalam nilai keanggotaan. Marimin, 2009; Yel dan Yalpir, 2010 menyatakan fungsi keanggotaan dapat dipetakan dalam bentuk

segitiga, trapesium dan kurva lonceng (*curved bell*). Dalam penelitian ini representasi keanggotaan *fuzzy* dipetakan dalam fungsi segitiga (TFN), sesuai dengan yang telah dilakukan Alavi (2012).

**Penentuan aturan (*if-then rule*)**

Dalam proses analisis FIS, untuk mencapai nilai tunggal (*crisp*) diperlukan suatu aturan yang diwujudkan dalam aturan (*If-then rule*) yang dikembangkan berdasarkan akuisisi pengetahuan dari pakar (Marimin, 2009; Yel dan Yalpir, 2010). Dalam penelitian ini, aturan yang dikembangkan untuk masing-masing pelaku berjumlah 81. Contoh aturan (*if-then rule*) pedagang pengepul pada Tabel 2, yang didapatkan dari kombinasi variabel (input) yaitu risiko mutu, budidaya, permintaan dan pasokan, ke dalam variabel *output*, berupa besaran risiko yang dipetakan ke dalam skala rendah, sedang dan tinggi, untuk masing-masing faktor risiko (risiko harga, budidaya, permintaan, pasokan), begitu juga untuk pelaku, yaitu dengan skala (0;0,2;0,4) rendah, (0,2;0,45;0,6) sedang dan (0,6;0,8;1) untuk tinggi. Penentuan skala rendah, sedang dan tinggi mengacu kepada fungsi keanggotaan *fuzzy* segitiga. Pemilihan skala ini sesuai dengan pendapat Alavi (2012), yang menyatakan bahwa fungsi keanggotaan *fuzzy* segitiga telah banyak digunakan (*commonly used*) oleh para peneliti, karena memudahkan pakar untuk memberikan penilaian. Pada penelitian ini, penalaran *fuzzy* menggunakan metode Mamdani, yaitu *max-min operation*, sedangkan proses *defuzzifikasi* dengan metode *centroid*. Menurut Sevani *et al.* (2009), proses ini mencakup lima tahap yaitu: (1) *fuzzyfikasi* input melalui fungsi TFN, (2) mengaplikasikan operator *fuzzy* dengan operator AND dan OR, (3) mengaplikasikan metode implikasi dengan metode maksimum, (4) komposisi semua keluaran dengan metode maksimum, (5) *defuzzifikasi* dengan metode *centroid (center of gravity area)* untuk mendapatkan nilai tunggal (*crisp*).

Tabel 2. Contoh aturan (*if-then rule*) mitigasi risiko pedagang pengepul

No.	Mutu ( <i>if</i> )	Harga ( <i>and</i> )	Pasokan ( <i>and</i> )	Permintaan ( <i>and</i> )	Risiko ( <i>then</i> )
1	Risiko Mutu Rendah	Risiko Harga Rendah	Risiko pasokan Rendah	Risiko Permintaan Rendah	Risiko Rendah
2	Risiko Mutu Rendah	Risiko Harga Rendah	Risiko pasokan Rendah	Risiko Permintaan Sedang	Risiko Rendah
3	Risiko Mutu Rendah	Risiko Harga Rendah	Risiko pasokan Rendah	Risiko Permintaan Tinggi	Risiko Rendah
4	Risiko Mutu Rendah	Risiko Harga Rendah	Risiko pasokan Sedang	Risiko Permintaan Rendah	Risiko Rendah
...	...	...	...	...	...
80	Risiko Mutu Tinggi	Risiko Harga Tinggi	Risiko pasokan Tinggi	Risiko Permintaan Sedang	Risiko Tinggi
81	Risiko Mutu Tinggi	Risiko Harga Tinggi	Risiko pasokan Tinggi	Risiko Permintaan Tinggi	Risiko Tinggi

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Struktur Rantai Pasok

Jaringan rantai pasok kopi Gayo dimulai dari petani. Aktivitas petani mencakup usaha budidaya yang berupa kegiatan persiapan lahan, pembibitan, penanaman, pemeliharaan sampai panen. Pada level ini output yang dihasilkan adalah kopi gelondongan merah (*ceri*), produktivitas rata-rata di wilayah ini sebesar 0,79 ton/ha (Jaya *et al.*, 2011). Berdasarkan hasil observasi lapang permasalahan utama tingginya risiko budidaya, secara spesifik pada serangan hama dan penyakit berupa pengerek buah kopi (*Hypothenemus hampei*) dan penyakit karat daun (*Hemileia vastatrix*). Jika dibandingkan dengan produktivitas Kopi Arabika di negara lain, seperti Brazil (1,2 ton/ha) dan Vietnam (1,3 ton/ha.), produktivitas kopi Gayo masih relatif rendah (Kementrian Perindustrian RI, 2013), akan tetapi hal ini juga terjadi di Columbia dan Meksiko (Läderach *et al.*, 2011).

Pelaku selanjutnya adalah pedagang pengepul dengan aktivitas pembelian kopi gelondongan merah dari petani, melakukan *pulper* dan pengeringan primer sampai kadar air 22% dengan metode *wet processing*. Produk akhir pedagang pengepul adalah kopi HS (*hard skin*), aktivitas level ini mencakup pengolahan sekunder kopi gelondongan secara basah (*wet processing*), sampai kopi HS (kadar air 22%). Pelaku terakhir adalah agroindustri kopi, dengan aktivitas utama adalah pembelian kopi HS dari pedagang pengepul, *hulling*, pengeringan biji kopi sampai kadar air 12%, pengemasan, penyimpanan dan penjualan ke *buyer* di negara tujuan ekspor. Dalam hal ini, agroindustri kopi umumnya juga bertindak sebagai eksportir (Gambar 2).

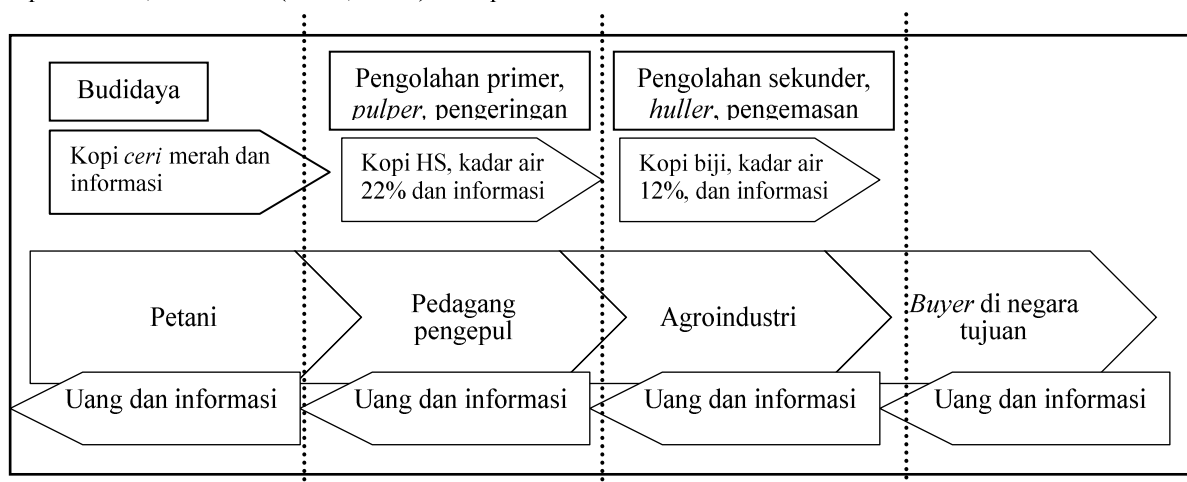
Secara spesifik, dalam rantai pasok kopi Gayo produk yang dihasilkan hanya sampai kopi biji (*green bean*), hal terjadi karena kopi Gayo memiliki cita rasa unik (*specialty*) yang merupakan ciri dari Kopi Arabika, selain itu (Ponte, 2002) melaporkan

bahwa, disamping faktor asal (*country of origin*) cita rasa unik Kopi Arabika juga disebabkan oleh keunikan dari proses pengolahan (*roasting*), dimana tiap-tiap negara pengimpor memiliki kekhasan masing-masing, dalam penciptaan cita rasa kopi. Misalnya Italia lebih menyukai yang gelap (*dark roast*), Perancis agak terang (*light roast*) dan Austria (*Viena roast*) diantara keduanya (Mulato dan Suharyanto, 2012).

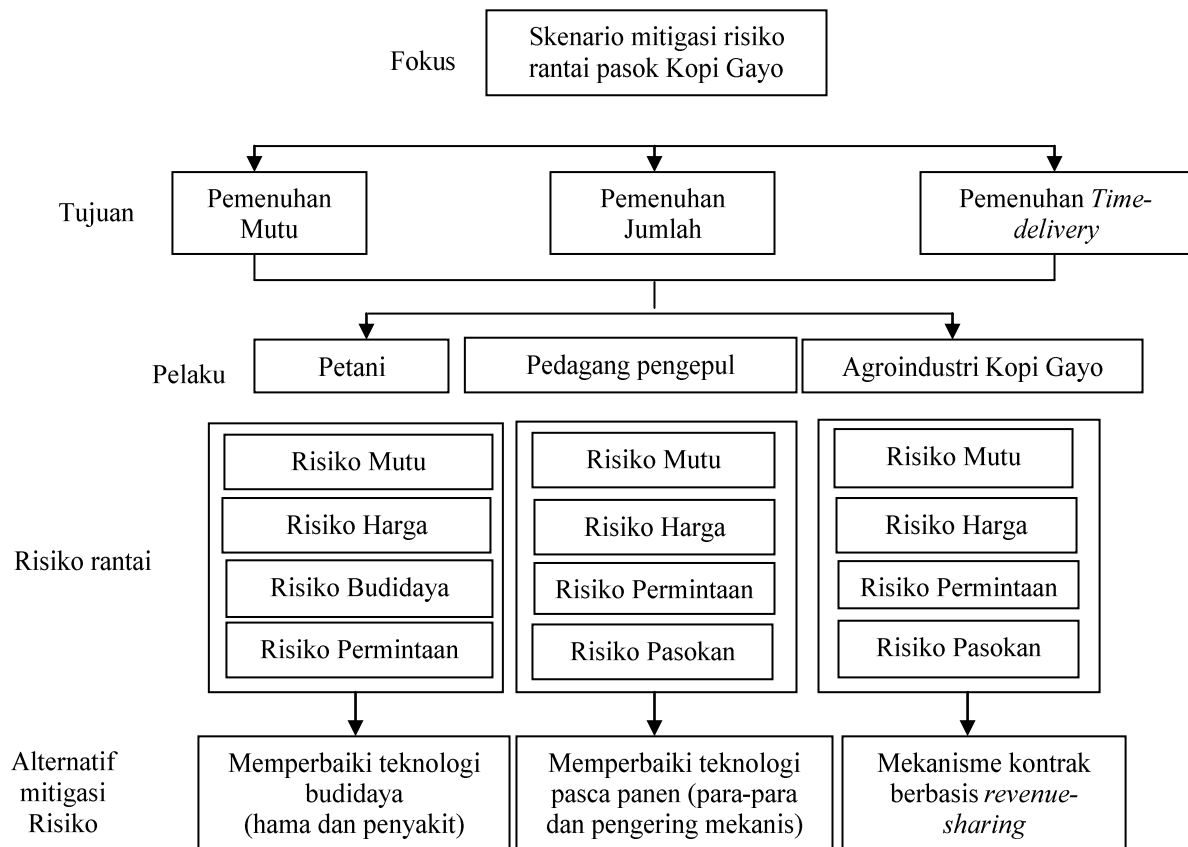
### Identifikasi Risiko Rantai Pasok Kopi Gayo

Identifikasi risiko bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor risiko apa saja yang mempengaruhi kinerja rantai pasok kopi Gayo. Tahap awal pemodelan adalah menentukan struktur hirarki (Gambar 3), yang kemudian ditelaah oleh pakar yang terlibat, dan selanjutnya dilakukan analisis dengan pendekatan *fuzzy* terhadap input data. Keluaran dari model adalah diketahuinya nilai tunggal (*crisp*) bobot risiko masing-masing faktor risiko, aktor dan tujuan (Tabel 3). Struktur hirarki terdiri dari tujuan yang terdiri dari tiga aspek, yaitu pemenuhan aspek mutu, jumlah dan *time-delivery*. Bobot masing-masing tujuan disajikan pada Tabel 4. Dari sisi pelaku rantai pasok kopi Gayo, terdiri dari petani, pedagang pengepul dan agroindustri kopi. Bobot pelaku dalam identifikasi risiko dapat dilihat pada Tabel 4.

Jenis-jenis risiko pada rantai pasok kopi Gayo dikembangkan dari masing-masing pelaku yang terdiri dari risiko mutu, harga, budidaya, permintaan dan pasokan. Level terakhir hirarki adalah alternatif mitigasi yang terdiri dari memperbaiki teknologi budidaya, fokus kepada pencegahan dan penanganan hama dan penyakit, memperbaiki teknologi pasca panen, spesifik pada penggunaan alat pengering para-para dan mekanis (*artificial dryer*), mekanisme kontrak berbasis pada model *revenue-sharing*. Bobot alternatif mitigasi risiko pada rantai pasok kopi Gayo disajikan pada Tabel 4.



Gambar 2. Struktur rantai pasok Kopi Gayo



Gambar 3. Struktur *Fuzzy-AHP* identifikasi risiko rantai pasok kopi Gayo

Tabel 3. Hasil pembobotan faktor risiko masing-masing pelaku rantai pasok kopi Gayo

Pelaku	Risiko mutu	Risiko harga	Risiko budidaya	Risiko permintaan	Risiko pasokan
Petani	0,31	0,26	0,3	0,13	
Pedagang pengepul	0,45	0,24		0,18	0,12
Agroindustri	0,31	0,30		0,26	0,13

Tabel 4. Pembobotan tujuan, pelaku dan alternatif mitigasi risiko rantai pasok kopi Gayo

Tujuan	Bobot	Pelaku	Bobot	Alternatif mitigasi risiko	Bobot
Pemenuhan mutu	0,41	Petani	0,52	Memperbaiki teknologi budidaya	0,27
Pemenuhan jumlah	0,30	Pedagang pengepul	0,13	Memperbaiki teknologi pasca panen	0,18
<i>Time-delivery</i>	0,29	Agroindustri	0,35	Mekanisme kontrak berbasis <i>revenue-sharing</i>	0,54

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa, pada masing-masing pelaku memiliki faktor risiko yang berbeda, hal ini terjadi karena masing-masing pelaku memiliki aktivitas yang berbeda pula. Pada level petani risiko mencakup mutu, harga, budidaya dan permintaan. Hasil analisis menunjukkan bahwa risiko tertinggi terdapat pada risiko mutu, dengan

bobot (0,310) dan budidaya (0,300). Bobot ini mencerminkan faktor mutu sangat penting terutama dalam sistem perdagangan global. Pada tataran operasional, kedua faktor risiko ini saling berkait, terhadap karakter mutu kopi yang dinilai dari sisi fisik (ukuran, tingkat cacat dan tingkat kematangan: *under ripe* dan *over ripe*) dan cita rasa (uji seduh).

Wintgens (2004) menyatakan bahwa, pembentukan kedua karakter ini sangat dipengaruhi oleh aktivitas budidaya (pengolahan lahan, penanaman, pemeliharaan, pemanenan) dan proses pra-produksi (*primary handling*).

Menurut Pusat Penelitian Kopi dan Kakao (2008), pada level petani, mutu buah kopi dipengaruhi oleh intensitas pemupukan yaitu dengan mengikuti kaidah, berupa tepat dosis, waktu dan cara, pemangkasan serta tingkat kematangan buah. Tingginya risiko budidaya pada level petani menunjukkan bahwa, peluang terjadinya kegagalan produksi atau pemenuhan kualifikasi mutu sangat dominan, hal ini terjadi karena tingginya faktor ketidakpastian terhadap komponen utama budidaya, salah satunya adalah perubahan iklim global. Anhar (2013) menyatakan bahwa telah terjadi peningkatan suhu rata-rata Dataran Tinggi Gayo,  $0,05^{\circ}\text{C}$ /tahun sejak tahun 1940 yang berimplikasi kepada meningkatnya serangan hama dan penyakit, terutama hama penggerek buah, bahkan saat ini serangan telah mencapai Kecamatan Jagong Jeget, yang berada pada ketinggian 1400 di atas permukaan laut (dpl), yang secara teknis seharusnya aman terhadap serangan hama dan penyakit.

Berbeda dengan petani, pada level pedagang pengepul risiko tertinggi berada pada komponen mutu (0,450) dan harga (0,240). Bobot ini mencerminkan bahwa pelaku pedagang pengepul harus fokus pada aspek ini. Berdasarkan pengamatan di lapangan menunjukkan, penyebab hal ini karena tingginya cemaran fisik (ranting dan kerikil) serta kadar air (di atas 18%).

Hal ini terjadi karena pada umumnya pada proses penjemuran, pelaku menggunakan tikar/terpal, dan dilakukan di tempat terbuka tanpa menggunakan para-para atau alat pengering mekanis (Jaya *et al.*, 2011). Menurut Mulato *et al.* (2006) tingginya cemaran fisik seperti ranting dan tanah akan menyebabkan catat fisik berupa aroma seperti kayu (*woody*) dan tanah (*earthy*), selain itu faktor harga juga menjadi faktor risiko utama, karena tingginya ketidakpastian aspek harga pembelian dari agroindustri.

Masalah ini terjadi karena kontrak pembelian yang dilakukan *buyer*, di negara tujuan ekspor sampai dengan saat ini hanya sampai pada level agroindustri kopi/eksportir, sehingga pedagang pengepul memiliki posisi tawar (*bargaining position*) yang lemah dalam konteks penentuan harga. Hal ini telah dibahas secara mendalam oleh Ponte (2002); Coe (2006) dan Reynolds (2009), bahwa sampai dengan saat ini petani dan pedagang pengepul dalam perdagangan kopi hanya sebatas objek yang tidak pernah terlibat (*unfair trade*) dalam proses penentuan harga karena kartel perdagangan kopi yang sangat kuat, walaupun telah diberlakukan sertifikasi *fair-trade*, *rain-forest*, kecuali sindikasi *Starbuck* yang agak adil dalam perdagangan kopi di

level produsen dalam hal insentif kepada petani yang telah mengikuti aturan yang telah ditentukan oleh *Starbuck* (Macdonald, 2007), selain itu Giovannuchi dan Potts (2008) juga menyatakan diperlukan standar dalam kontrak sosial untuk mewujudkan industri kopi yang berkelanjutan.

Pada level agroindustri kopi, risiko tertinggi adalah mutu (0,31) dan harga (0,30), hal ini disebabkan parameter mutu erat hubungannya dengan pasokan kopi HS dari pedagang pengumpul, dimana cemaran fisik masih tinggi (ranting dan kerikil) akibat proses penjemuran yang dilakukan ditempat terbuka, sedangkan parameter harga berhubungan erat dengan fluktuasi harga kopi dunia, selain itu kontrak dengan *buyer*, berlaku hanya 1 tahun, sehingga risiko ketidakpastian harga sangat tinggi. Adam dan Ghaly (2007), Giovannucci dan Potts (2008) melaporkan bahwa, untuk mencapai agroindustri kopi yang berkelanjutan, salah satu yang harus diantisipasi oleh pelaku adalah tingginya fluktuasi harga kopi dunia, karena perdagangan kopi yang cenderung belum adil (Reynolds, 2009).

Berdasarkan Tabel 4 terlihat bahwa, pada elemen tujuan bobot tertinggi terdapat pada pemenuhan mutu (0,41), kemudian pemenuhan jumlah (0,30) dan *time-delivery* (0,29). Hal ini menunjukkan bahwa, dalam penyusunan mitigasi risiko rantai pasok tujuan utamanya adalah pemenuhan mutu. Dalam perdagangan global, parameter mutu merupakan komponen utama yang harus dipenuhi oleh pelaku. Pada konteks komoditi kopi Gayo, parameter mutu dipengaruhi pada aspek budidaya (*on-farm*), panen (*harvest*) dan pengolahan. Mulato dan Suharyanti (2012) melaporkan bahwa, dalam perdagangan global, biji kopi asal Indonesia sering terkena penalty yang nilainya mencapai 10% dari harga total, karena belum memenuhi standar mutu yang disyaratkan oleh pembeli (*buyer*), terutama dari negara-negara Eropa seperti Jerman, Italia, Perancis dan Finlandia.

Dari sisi pelaku, petani memiliki bobot tertinggi terdapat pada Petani (0,52), kemudian agroindustri (0,35) dan pedagang pengepul (0,13). Hal ini menunjukkan bahwa pelaku petani memiliki peran yang sangat besar dalam penyusunan skenario mitigasi risiko rantai pasok kopi Gayo, karena pelaku ini memegang peranan penting dalam sistem rantai pasok kopi Gayo. Kondisi ini sesuai dengan pendapat Adam dan Ghaly (2007), yang melaporkan bahwa, untuk mencapai industri kopi yang berkelanjutan, salah satu strategi yang harus dilakukan adalah memberdayakan (*empowerment*) pelaku petani untuk dapat meningkatkan kapasitas pasokan dan pemenuhan mutu.

Berdasarkan alternatif mitigasi risiko rantai pasok Kopi Gayo, aplikasi kontrak tani atau dagang dengan mekanisme *revenue-sharing* memiliki bobot tertinggi (0,54), kemudian memperbaiki teknologi budidaya, spesifik kepada pencegahan dan penanganan serangan hama dan penyakit (0,27),

alternatif terakhir adalah memperbaiki teknologi pasca panen, yaitu penggunaan para-para pada saat penjemuran dan alat pengering mekanis (0,18). Hal ini menunjukkan bahwa, dalam sistem tata niaga kopi Gayo saat ini masih belum mencerminkan keadilan diantara pelaku rantai pasok. Kondisi ini telah diulas oleh Taylor (2005) dan Reynolds (2009) yang menyatakan bahwa, walaupun beberapa sertifikasi telah diberlakukan dalam sistem perdagangan kopi dunia, seperti *fair-trade*, *rain-forest*, organik dan indikasi geografis, kenyataannya pelaku petani masih sulit mendapatkan posisi tawar (*bargaining position*) dalam penentuan harga yang lebih baik dibandingkan pihak eksportir. Padahal risiko bisnis yang ditanggung petani jauh lebih besar dibandingkan eksportir (Suharjito, 2011).

**Mitigasi Risiko Rantai Pasok Kopi Gayo**

Mitigasi risiko merupakan salah satu aspek dari manajemen risiko (Fu dan Liang, 2012), sedangkan mitigasi adalah tindakan yang diambil secara sengaja oleh pelaku-pelaku, untuk menghindari atau meminimalkan risiko rantai pasok (Borge, 2001). Pada kajian ini mitigasi risiko rantai pasok Kopi Gayo, diturunkan dari hasil identifikasi risiko dengan menggunakan *Fuzzy-AHP*. Mitigasi yang disusun merupakan alternatif skenario yang dapat diambil oleh pelaku yaitu petani, pedagang pengepul dan agroindustri. Nilai tunggal (*crisp*) dari masing-masing alternatif skenario mitigasi merupakan keluaran dari *defuzzyfikasi* berdasarkan penalaran Mamdani dengan metode *centroid*.

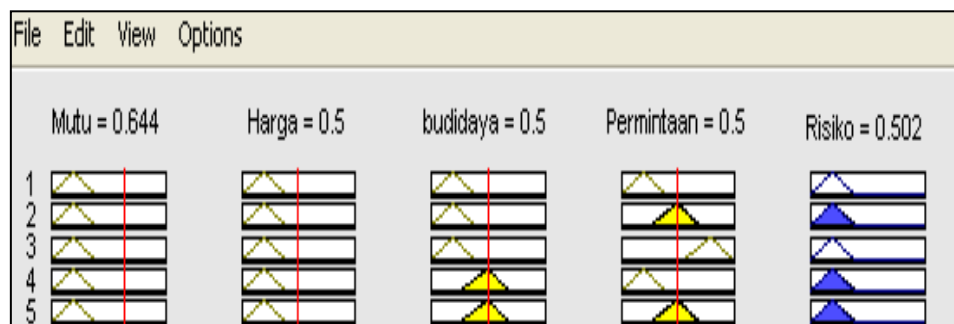
Berdasarkan hasil analisis identifikasi risiko dengan *Fuzzy-AHP* didapatkan parameter risiko pada masing-masing pelaku. Parameter inilah yang menjadi input dalam pembuatan aturan *fuzzy (if-then rule)* dalam FIS. Pada pelaku petani parameter risiko adalah budidaya, mutu, harga dan permintaan. Untuk pelaku pedagang pengepul dan agroindustri parameter risiko mencakup mutu, harga, pasokan dan permintaan. Kemudian keempat parameter tersebut diinputkan ke dalam fungsi keanggotaan *fuzzy (memberships function)* yang dalam penelitian ini dinyatakan dalam TFN, dengan tiga kategori yaitu rendah, sedang dan tinggi. Parameter ini sesuai

dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Suharjito (2011) dan Alavi (2012). Tahap selanjutnya adalah proses inferensi berdasarkan data masukan dari narasumber. Contoh proses inferensi *fuzzy* pada pelaku petani disajikan pada Gambar 4.

Hasil analisis FIS menunjukkan bahwa, pada pelaku petani, nilai tunggal dari risiko adalah 0,502 yang merepresentasikan bahwa, pada pihak petani dalam struktur risiko rantai pasok kopi Gayo memiliki risiko usaha sedang, dengan kontribusi terbesar pada serangan hama dan penyakit. Hal ini sesuai dengan pendapat Anhar (2013), bahwa pada aspek budidaya memiliki risiko yang agak tinggi, karena dengan perubahan iklim global dapat meningkatkan suhu dataran tinggi Gayo sebesar 0,05°C/tahun, sehingga dapat meningkatkan serangan hama penyakit. Mitigasi risiko yang dapat dilakukan adalah dengan meningkatkan kemampuan petani dalam hal pencegahan dan penanggulangan serangan penyakit karat daun dan penggerek buah kopi, melalui pelatihan secara kontinyu, serta introduksi klon unggul kopi Arabika yang relatif tahan terhadap serangan hama dan penyakit (Novita, 2012).

Pada pelaku pedagang pengepul, nilai tunggal (*crisp*) menunjukkan sebesar 0,501 yang merepresentasikan bahwa, pada pihak pedagang pengepul dalam struktur risiko rantai pasok kopi Gayo memiliki risiko usaha sedang. Dalam hal ini risiko mengacu kepada tingginya cemaran fisik dan kadar air yang masih tinggi (18%). Hal ini terjadi karena umumnya pedagang pengepul pada proses penjemuran menggunakan tikar/terpal dan dilakukan ditempat terbuka, tanpa menggunakan para-para atau alat pengering mekanis (Jaya *et al.*, 2011). Dari sisi harga, mitigasi yang dapat diambil adalah aplikasi kontrak dagang melalui mekanisme *revenue-sharing* antara pedagang pengepul dan agroindustri.

Pada pelaku agroindustri, hasil nilai tunggal adalah 0,50 dengan kategori risiko sedang. Risiko ini mencerminkan parameter harga yang berhubungan erat dengan fluktuasi harga kopi dunia, akibat belum terlaksananya perdagangan yang adil, selain itu kontrak dengan *buyer* berlaku hanya 1 tahun, sehingga risiko ketidakpastian harga sangat tinggi.



Gambar 4. Contoh inferensi *fuzzy* pada pelaku petani



Adam dan Ghaly (2007), Giovannucci dan Potts (2008) melaporkan bahwa untuk mencapai agroindustri kopi yang berkelanjutan, salah satu yang harus diantisipasi oleh pelaku adalah tingginya fluktuasi harga kopi dunia, karena perdagangan kopi yang cenderung belum adil (Taylor, 2005; Reynolds, 2009), sehingga dalam penyusunan skenario mitigasi risiko pada level agroindustri, adalah dengan aplikasi kontrak dagang melalui mekanisme *revenue-sharing* antara importir di negara tujuan dan agroindustri.

### Implikasi Manajerial

Salah satu kontribusi dari penelitian ini adalah memberikan rekomendasi kepada pelaku rantai pasok kopi Gayo, dalam bentuk implikasi manajerial yang disajikan pada Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 5, terlihat bahwa implikasi manajerial manajemen risiko rantai pasok kopi Gayo adalah, perlu adanya mekanisme yang tepat untuk dapat memperbaiki sistem budidaya pada petani, untuk meningkatkan mutu dan produktivitas tanaman, secara nyata, tindakan tersebut berupa melakukan pelatihan secara berkala mengenai teknik pencegahan dan penanggulangan serangan hama dan penyakit, mengefektifkan penyuluhan tentang pentingnya petik merah, pemetikan tidak secara *stripping*, secepatnya melakukan *pulping*, dan introduksi klon terbaru yang relatif tahan terhadap serangan hama dan penyakit (karat daun dan penggerek buah). Pada pedagang pengepul adalah peningkatan mutu dengan tindakan nyata berupa aplikasi teknologi penjemuran dengan menggunakan para-para dan pengering mekanis (*artificial dryer*) untuk mengurangi cemaran fisik (ranting dan krikil) serta mengurangi terjadinya perpindahan kelembaban tanah ke kopi yang dapat menyebabkan cacat produk yaitu adanya aroma seperti tanah (*earthy*) dan kayu (*woody*). Untuk perbaikan dari sisi harga, pada seluruh pelaku rantai pasok Kopi Gayo adalah dengan aplikasi model *revenue-sharing* yang diwujudkan dalam kontrak tani pada pelaku internal, sedangkan antara agroindustri dan importir di negara tujuan berupa kontrak dagang, sehingga masing-masing pelaku mendapatkan proporsi

keuntungan yang layak berdasarkan ukuran bisnis. Seluruh implikasi manajerial ini harus diaplikasikan pada pelaku internal yang terlibat dalam sistem rantai pasok kopi Gayo yang mencakup petani, pedagang pengepul, agroindustri kopi dan eksportir.

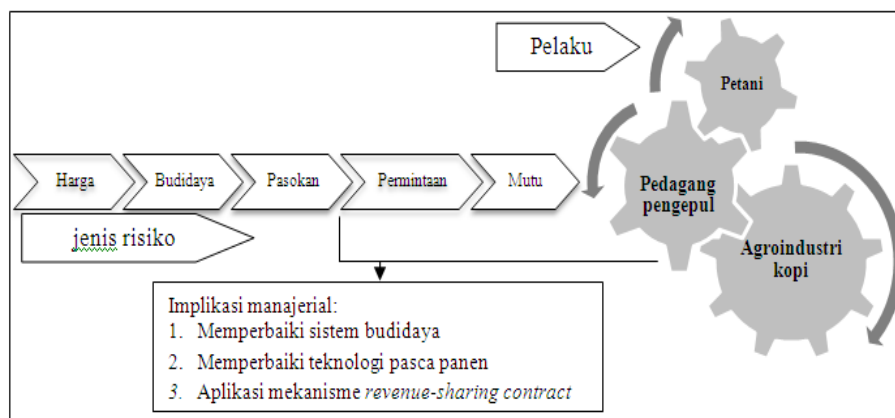
## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan analisis F-AHP dapat disimpulkan bahwa, risiko utama dalam rantai pasok Kopi Gayo adalah budidaya, harga, pasokan, permintaan dan mutu. Pada pelaku petani bobot tertinggi pada risiko mutu (0,31) dan budidaya (0,30), pedagang pengepul adalah risiko mutu (0,45) dan harga (0,24), sedangkan agroindustri kopi adalah risiko mutu (0,31) dan harga (0,30). Secara keseluruhan (*aggregate*), nilai tunggal (*crisp*) risiko rantai pasok kopi Gayo sebesar (0,51) dengan kategori sedang.

Mitigasi yang dapat dilakukan untuk seluruh pelaku rantai pasok kopi Gayo adalah pada pelaku petani berupa, perbaikan teknologi budidaya yang fokus kepada peningkatan kemampuan petani dalam pencegahan dan penanggulangan hama dan penyakit (busuk akar dan penggerek buah) melalui pelatihan secara berkala dan introduksi klon unggul yang relatif tahan terhadap serangan hama dan penyakit. Perbaikan teknologi pasca panen berupa penggunaan rak para-para dan alat pengering mekanis untuk pelaku pedagang pengepul. Pada pelaku agroindustri, mitigasi yang dapat dilakukan adalah aplikasi mekanisme *revenue-sharing*, dalam kontrak dagang antara agroindustri dengan importir (*buyer*) di negara tujuan.

Dari sisi implikasi manajerial, seluruh *stakeholder* yang terlibat baik pelaku internal seperti petani, pedagang pengepul, agroindustri, eksportir harus mampu mensinergikan skenario mitigasi risiko dalam bentuk kontrak tani berbasis *revenue sharing* yang mencakup spesifikasi mutu yang harus dipenuhi, jumlah dan *time-delivery* sehingga tujuan pengelolaan rantai pasok kopi Gayo (*responsiveness*) dapat tercapai.



Gambar 5. Simplifikasi implikasi manajerial penelitian

## Saran

Diperlukan penelitian lanjutan mengenai mekanisme *revenue-sharing*, yang dibangun dengan basis nilai tambah pada masing-masing pelaku serta mekanisme sistem resi gudang yang dapat diaplikasikan untuk bisnis kopi Gayo

## DAFTAR PUSTAKA

- Adam M dan Ghaly AE. 2007. Maximizing sustainability of the costa rican coffee industry. *J Clean Prod.* 15: 1716-1729.
- Alavi N. 2012. Quality determination of mozafati dates using mamdani fuzzy inference system. *J Saudi Soc Agri Sci.* Article-inpress.
- Anhar A. 2013. Adaptasi perubahan iklim untuk keberlanjutan produksi kopi gayo. workshop adaptasi perubahan iklim untuk keberlanjutan produksi kopi, Takengon, 30 Mei 2013.
- Astuti R, Marimin, Machfud, Arkeman Y, Poerwanto R, Meuwissen MPM. 2013. Risks and risks mitigation in the supply chain of Mangosteen: A case study. *OSCM* 6(1):11-25.
- Beamon BM. 1998. Supply chain design and analysis: models and methods. *Int J Prod Eco.* 55 (3): 281-294.
- Borge D. 2001. *The Book of Risk.* New York: Wiley International.
- Bozbura FT, Beskese A, dan Kahraman C. 2007. Prioritization of human capital measurement indicators using fuzzy AHP. *Expert Sys with Appli.* 32: 1100-1112.
- BPS Aceh. 2013. Berita Resmi Statistik No.29/07/Th.XVI, tanggal 1 Juli 2013.
- Chopra S dan Meindl P. 2007. *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation* [third edition]. New Jersey: Prentice Hall.
- Christopher M. 1992. *Logistics and Supply Chain Management.* London: Pitman.
- Coe C. 2006. Farmer participation in market authorities of coffee exporting countries. *World Dev.* 34 (12): 2089–2115.
- Fitrianto AR dan Hadi S. 2012. Supply chain risk management in shrimp industry before and during mud volcano disaster: an initial concept. *Procedia-Social Behavioral Sci.* 65: 427 – 435.
- Fu L dan Liang JC. 2012. The optimization model in the disaster risk mitigation investment. *Sys Eng Proc.* 5: 191-197.
- Giovannucci D dan Potts J. 2008. Seeking Sustainability: COSA Preliminary Analysis of Sustainability Initiatives in the Coffee Sector. Winnipeg, Canada: Committee on Sustainability Assessment.
- Gunasekaran A, Patel C, McGaughey RE. 2004. A framework for supply chain performance measurement. *Int J Produc Eco.* 87: 333–347.
- Hidayat S, Marimin, Suryani A, Sukardi, Yani M. 2012. Model identifikasi risiko dan strategi peningkatan nilai tambah pada rantai pasok kelapa sawit. *J Tek Ind.* 14 (2): 89-96.
- Ibrahim HW dan Zailani S. 2010. A review on the competitiveness of global supply chain in a coffee industry in Indonesia. *Int Buss Mgmt.* 4 (3): 105-115.
- Jaya R, Machfud, Ismail M. 2011. Aplikasi teknik ISM dan ME-MCDM untuk identifikasi posisi pemangku kepentingan dan alternatif kegiatan untuk perbaikan mutu Kopi Gayo. *J Tek Ind Pert.* 21 (1): 1-8.
- Kementrian Perindustrian Republik Indonesia. 2013. Harga Kopi Arabika dan Robusta Dapat Meningkatkan Lagi. <http://agro.kemenperin.go.id>. [2 Juli 2013].
- Kulak O dan Kahraman C. 2005. Fuzzy multi-attribute selection among transportation companies using axiomatic design and analytic hierarchy process. *Int J Infor Sci.* 1 (170): 191-210.
- Läderacha P, Oberthürb T, Cooka S, Izaa MS, Pohlanc JA, Fisherd M, Lechugae RR. 2011. Systematic agronomic farm management for improved coffee quality. *Field Crops Res.* 120: 321-329.
- Macdonald K. 2007. Globalising justice within coffee supply chains? Fair Trade, Starbucks and the transformation of supply chain governance. *Third World Quarterly* 28 (4): 793-812.
- Marimin 2009. *Teori dan Aplikasi Sistem Pakar dalam Teknologi Manajerial.* Bogor: IPB Press.
- Mikhailov L. 2004. Group prioritization in the AHP by fuzzy preference programming method. *Comp Opr Res.* 31: 293 – 301.
- Mulato S, Widyotomo S, dan Suharyanto E. 2006. Pengolahan produk primer dan sekunder kopi. Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Mulato S dan Suharyanti E. 2012. Kopi, Seduhan dan Kesehatan. Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Nepal B, Yadav OM, Murat A. 2010. A Fuzzy-AHP approach to prioritization of cs attributes in target planning for automotive product development. *Expert Sys with Appli.* 37: 6775–6786.
- Novita E. 2012. Desain proses pengolahan pada agroindustri kopi robusta menggunakan modifikasi teknologi olah basah berbasis produksi bersih. [Disertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

- Ponte S. 2002. The 'Latte Revolution'? Regulation, markets and consumption in the global coffee chain. *World Develop.* (7): 1099-1122.
- Raynolds LT. 2009. Mainstreaming fair trade coffee: from partnership to traceability. *World Develop.* 37 (6):1083–1093.
- Taylor PL. 2005. In the market but not of it: fair trade coffee and forest stewardship council certification as market-based social change. *World Develop.* 33(1): 129–147.
- Tuncel G dan Alpan G. 2010. Risk assessment and management for supply chain networks: a case study. *Comp in Indus.* 61: 250-257.
- Sevani N, Marimin, dan Sukoco H. 2009. Sistem pakar penentuan kesesuaian lahan berdasarkan faktor penghambat terbesar (*maximum limitation factor*) untuk tanaman pangan. *J Infor.* 10 (1): 23 - 31.
- Suharjito. 2011. Pemodelan sistem pendukung pengambilan keputusan cerdas manajemen risiko rantai pasok produk/komoditi jagung. [Disertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, BPTP Aceh. 2008. Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika Gayo. Banda Aceh.
- Wintgens JN. 2004. *Coffee: growing, processing, sustainable production. A guidebook for grower, processor, trader and researcher.* Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH and Co KGaA.
- Wu T dan Blackhurst J. 2009. *Managing Supply Chain Risk and Vulnerability: Tools and Method for Supply Chain Decision Makers.* New York: Springer.
- Yel E dan Yalpir S. 2010. Prediction of primary treatment effluent parameters by fuzzy inference system approach. *Proc Comp Sci.* 3: 659-665.