

OPTIMALISASI PENENTUAN JADWAL TANAM JAGUNG DENGAN MENGGUNAKAN INTEGRASI MODEL EVALUASI RISIKO RANTAI PASOK

DETERMINING AN OPTIMAL CORN PLANTING SCHEDULE BY USING THE INTEGRATION OF SUPPLY CHAIN RISK EVALUATION MODEL

Suharjito^{1,2)*}, Machfud²⁾, Bambang Haryanto¹⁾, Sukardi²⁾

¹⁾Pusat Teknologi Agroindustri, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Jl. MH. Thamrin No. 8 Jakarta Pusat 10430
Email : harjito@yahoo.com

²⁾Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB
Kampus IPB Darmaga, P.O.Box 220, Bogor

ABSTRACT

Inappropriate pattern of plant scheduling will cause the production declining and supplies inconsistency, and then it can cause the product accumulation that influences the price decreasing. That risk was not only suffered by the producer but also would influence the achievement of the other organization that connected in the supply chain network. Therefore, there should be an optimal scheduling management to be able to solve the possibility of the risks. This paper described a model of supply chain risk management to get an optimum solution of choosing the pattern of plant scheduling especially in corn commodity with the qualitative and quantitative approaches. The quantitative model was approached with the MILP method (Mixed Integer Linear Programming), the qualitative model using AHP (Analytic Hierarchy Process) and the integration model was developed by using weighted sum method. The verification results of this approach was obtained parreto values that could be used by decision makers to determine optimal planting schedules based on the multi criteria of qualitative and quantitative objective function.

Keywords: supply chain risk, planted scheduling pattern, integration optimization model.

ABSTRAK

Pola penjadwalan tanam yang kurang tepat dapat menyebabkan penurunan produksi dan tidak sesuai pasokan sehingga menimbulkan penumpukan produk yang mempengaruhi penurunan harga. Risiko yang diakibatkan oleh kesalahan tersebut tidak hanya diderita oleh produsen tetapi juga akan mempengaruhi kinerja organisasi lain yang terhubung dalam jaringan rantai pasok. Oleh karena itu perlu adanya manajemen penjadwalan yang optimal untuk dapat menanggulangi kemungkinan terjadinya resiko tersebut. Dalam artikel ini akan dijelaskan suatu model manajemen risiko rantai pasok untuk mengoptimalkan pemilihan jadwal tanam pada komoditas jagung dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Model kuantitatif didekati dengan metode MILP (*Mixed Integer Linear Programming*), model kualitatif dengan AHP (*Analytic Hierarchy Process*) dan model integrasi dengan metode *weighted sum*. Hasil verifikasi dari pendekatan ini diperoleh nilai-nilai pareto yang dapat digunakan oleh pengambil keputusan untuk menentukan jadwal tanam yang optimal berdasarkan kriteria jamak dengan fungsi tujuan kualitatif dan kuantitatif.

Kata kunci: risiko rantai pasok, pola penjadwalan tanam, model integrasi optimisasi.

PENDAHULUAN

Risiko rantai pasok dapat didefinisikan sebagai kerusakan yang mempunyai kemungkinan terjadi yang disebabkan oleh suatu kejadian dalam sebuah perusahaan, dalam rantai pasok atau lingkungannya sehingga menimbulkan pengaruh negatif terhadap proses bisnis pada lebih dari satu perusahaan dalam rantai pasok (Kersten *et al.*, 2007). Peningkatan tingkat kebergantungan dan kompleksitas dari jaringan rantai pasok saat ini menjadikan rantai pasok secara keseluruhan menjadi lebih rentan terhadap gangguan. Setiap gangguan yang terjadi dalam salah satu pelaku rantai pasok dapat mempengaruhi jaringan rantai pasok secara keseluruhan seperti berhentinya arus informasi, dan

sumber daya dari hulu ke hilir dalam rantai pasok dapat menyebabkan ketidakseimbangan antara pasokan dan permintaan. Oleh karena itu risiko dalam rantai pasok juga dapat didefinisikan sebagai terganggunya arus informasi dan sumberdaya dalam jaringan rantai pasok karena adanya penghentian dan variasi yang tidak pasti (Juttner *et al.*, 2003) dan sumber/faktor dari risiko tidak dapat diramalkan secara pasti.

Menurut Chapman *et al.* (2002) risiko dalam rantai pasok dapat terjadi dari internal (relasi antara organisasi dengan jaringan pemasok) dan eksternal (antara jaringan pemasok dengan lingkungannya). Manajemen risiko rantai pasok oleh Chapman *et al.* (2002) didefinisikan sebagai identifikasi dan manajemen risiko dalam rantai pasok dan risiko eksternal-

*Penulis untuk korespondensi

nya melalui pendekatan koordinasi di antara anggota rantai pasok untuk mengurangi terganggunya rantai pasok secara keseluruhan. Manajemen risiko rantai pasok fokus pada bagaimana memahami dan menanggulangi pengaruh berantai ketika suatu kecelakaan yang besar atau kecil terjadi pada suatu titik dalam jaringan pasokan. Selanjutnya hal yang paling penting adalah memastikan bahwa ketika gangguan terjadi, perusahaan mempunyai kemampuan untuk kembali kepada keadaan normal dan melanjutkan bisnisnya.

Dua metode utama untuk mengevaluasi risiko rantai pasok adalah metode evaluasi risiko berdasarkan pendapat pakar dan metode evaluasi risiko secara statistik (Klimov dan Merkurjev, 2008). Metode evaluasi risiko berdasarkan pendapat pakar biasanya disebut sebagai model evaluasi risiko kualitatif dan metode evaluasi secara deterministik dan statistik disebut sebagai model evaluasi risiko kuantitatif. Beberapa model evaluasi risiko kualitatif yang telah dilakukan adalah Wu *et al.* (2006) dan Schoenherr *et al.* (2008) yang menggunakan AHP untuk memilih lokasi *off-shore* dalam jaringan rantai pasok dengan berbasis risiko internal dan eksternal. Sedangkan beberapa model kuantitatif manajemen risiko rantai pasok telah juga dikembangkan oleh Nagurney *et al.* (2005), Li dan Hong (2007) dan Lee (2008) yang menggunakan optimasi *linear programming* untuk memaksimalkan keuntungan dengan pertimbangan risiko. Selain itu telah dikembangkan juga model gabungan antara kualitatif dan kuantitatif seperti yang dilakukan oleh Arisoy (2007) dan Wu dan Olson (2008) yang menggunakan sistem simulasi dinamik dalam model manajemen risiko rantai pasok.

Jagung merupakan salah satu komoditas utama tanaman pangan yang mempunyai peranan strategis dalam pembangunan pertanian dan perekonomian Indonesia, mengingat komoditas ini mempunyai fungsi multiguna, baik untuk konsumsi langsung maupun sebagai bahan baku utama industri pakan serta industri pangan. Jagung dapat dimanfaatkan untuk pangan, pakan, dan bahan baku industri. Di Indonesia, pada tahun 2000, pemanfaatan jagung sebesar 50% untuk bahan makanan dan industri pangan, sedangkan 50% lagi untuk industri pakan. Kecenderungan proporsi tersebut akan berubah pada tahun 2020 dimana industri pakan memerlukan jagung sekitar 76,2% (Kasryno, 2006). Beberapa permasalahan pasokan jagung nasional adalah: (1) Rendahnya produktivitas usaha tani jagung di Indonesia yang disebabkan oleh masih tradisionalnya budidaya yang dilakukan oleh masyarakat, dimana sebagian besar masih menggunakan benih komposit atau varietas lokal, serta masih minimnya penggunaan pupuk tambahan seperti Urea dan TSP, (2) Lambannya pertumbuhan luas areal penanaman jagung sehingga Indonesia

akan mengalami defisit penyediaan jagung, yang menyebabkan impor jagung akan mempunyai kecenderungan meningkat, (3) Belum tumbuhnya agroindustri jagung yang dapat meningkatkan nilai tambah komoditas jagung seperti tepung jagung, minyak jagung dan pakan ternak yang dapat diusahakan oleh petani, (4) Pola tanam yang masih mengandalkan musim dan cara tradisional sehingga terjadi penurunan harga yang sangat tajam pada musim panen raya karena tidak adanya pola penjadwalan tanam, dan (5) Petani kurang mendapatkan informasi tentang kegiatan panen dan pasca panen yang dapat mengurangi biaya dan menekan susut mutu jagung.

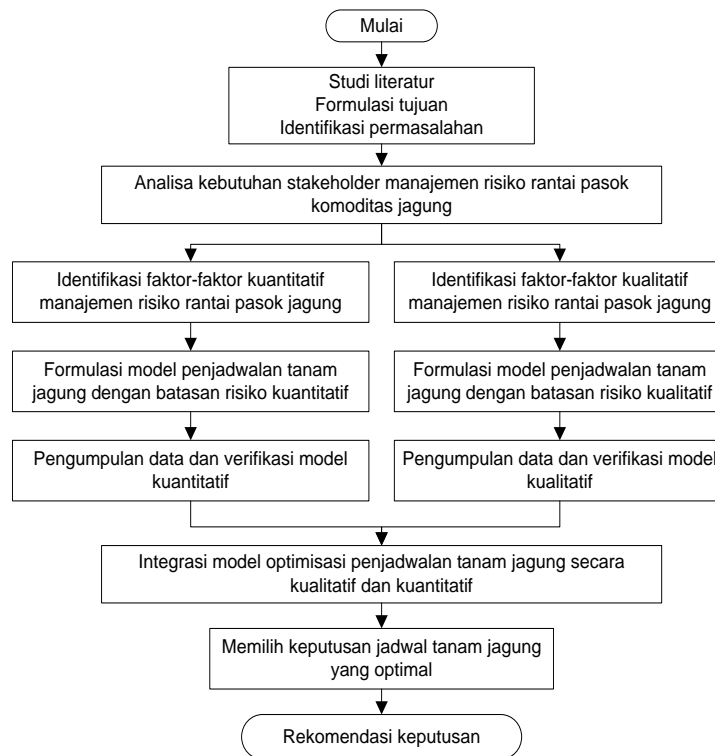
Permasalahan terjadinya fluktuasi harga jagung sangat berisiko baik bagi petani sebagai pemasok ataupun industri pakan ternak sebagai pengguna dalam melakukan perkiraan produksi. Oleh karena itu perlu adanya suatu mekanisme penjadwalan tanam jagung yang optimal sehingga dapat menjaga pasokan jagung secara merata sepanjang tahun untuk menghindari terjadinya fluktuasi harga. Kajian ini berusaha untuk menjawab permasalahan utama yang berkaitan dengan manajemen risiko rantai pasok produk pertanian untuk mendukung ketahanan pangan yaitu formulasi model integrasi manajemen risiko rantai pasok komoditas jagung secara kuantitatif dan kualitatif untuk mengoptimalkan penjadwalan dan pola tanam jagung dengan pertimbangan faktor-faktor risiko rantai pasok.

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat model integrasi manajemen risiko rantai pasok komoditas jagung secara kualitatif dan kuantitatif untuk mengoptimalkan pola penjadwalan tanam dengan tujuan antara adalah melakukan identifikasi permasalahan dalam meminimalkan risiko manajemen rantai pasok produk pertanian komoditas jagung; melakukan analisa dan pemetaan risiko rantai pasok produk pertanian komoditas jagung; membuat model pengambilan keputusan terintegrasi manajemen risiko rantai pasok komoditas jagung dalam penentuan jadwal tanam yang optimal.

METODE PENELITIAN

Kerangka Pemikiran

Penelitian ini dilandasi dengan kerangka pikir pembuatan model integrasi manajemen risiko rantai pasok komoditas jagung. Untuk membuat model integrasi tersebut pertama-tama diformulasikan model kuantitatif dan kualitatif dengan kriteria dan faktor-faktor yang berdasarkan pada minimalisasi risiko dan maksimalisasi keuntungan proses pasokan komoditas jagung di tingkat petani, serta penilaian pendapat pakar (akademisi, praktisi, peneliti, dan pelaku usaha) terhadap kriteria dan faktor-faktor kualitatif. Kerangka pemikiran dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan penelitian pemodelan jadwal tanam jagung optimal

Tata Laksana

Penelitian ini dilakukan dengan survei dan studi literatur untuk mengetahui rantai pasok tanaman pangan khususnya komoditas jagung. Berdasarkan hasil survei kemudian dibuat diagram pemetaan rantai pasok dan kendala setiap pelaku dalam pelaksanaan pemenuhan permintaan konsumen. Kemudian dibuat rancangan rantai pasok ideal dengan perhatian pada kendala dan risiko yang mungkin terjadi dalam setiap tindakan.

Untuk menentukan faktor dan jenis risiko rantai pasok dilakukan dengan survei pakar demikian juga dengan penentuan nilai preferensi dan tingkat kemungkinan risiko yang mungkin terjadi dilakukan bersama pakar dengan bantuan perangkat lunak *Expert Choice*. Adapun pakar yang dilibatkan dalam penelitian ini adalah akademisi sebagai pakar manajemen rantai pasok, praktisi dibidang pengadaan jagung, peneliti lembaga pasca panen dan pelaku usaha rantai pasok jagung. Verifikasi dan pengolahan data model pemilihan jadwal taman secara kuantitatif dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Excel-Solver*.

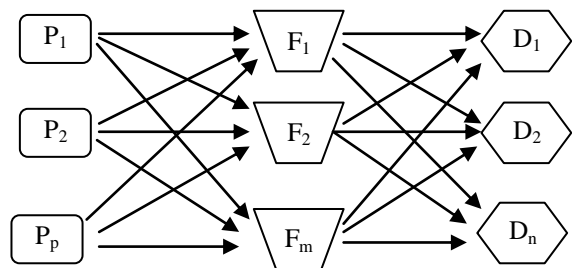
HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Kuantitatif Manajemen Risiko

Berdasarkan hasil studi literatur dan keadaan yang sering terjadi di lapangan serta berdasarkan pada kajian Sarasutha *et al.* (2007), maka rantai

pasok komoditas jagung dapat dimodelkan dengan Gambar 2.

Dalam kasus ini pemasok dapat berupa industri produsen benih unggul, industri pupuk dan tenaga kerja (buruh) yang digunakan atau penyewa lahan pertanian. Sedangkan distributor yang diperhatikan dalam kasus ini bisa distributor kecil seperti pedagang pengumpul maupun distributor besar seperti eksportir atau pedagang antar pulau dan antar propinsi.



Gambar 2. Jaringan rantai pasok Jagung

dimana:

- F_i : Petani (*Farmer*) jagung dengan jumlah m
- P_j : Pemasok (*Supplier*) dengan jumlah p
- D_k : Distributor antar pulau dan antar propinsi dengan jumlah n .

Untuk membuat model penjadwalan dengan tujuan untuk memaksimalkan keuntungan, maka beberapa parameter yang perlu diperhatikan adalah biaya tetap, biaya variabel, harga produk, kuantitas produk, estimasi bunga bank untuk menghitung nilai uang saat ini, biaya tak terduga dan jadwal terpilih. Biaya tetap yang diperhitungkan dalam kasus ini meliputi biaya sewa lahan, biaya depresiasi dan kontrak kerjasama. Sedangkan biaya variabel meliputi biaya tenaga kerja, biaya penyediaan benih unggul, biaya pemupukan dan biaya operasional peralatan termasuk biaya transportasi dan komunikasi. Biaya-biaya tersebut diperhitungkan per hektar lahan, sehingga kuantitas produk yang dihasilkan dapat diestimasi untuk satuan hektar dengan menggunakan nilai produktifitas lahan dari suatu varietas jagung. Sedangkan nilai harga ditentukan berdasarkan harga rata-rata yang diperoleh pada suatu periode tanam masa lalu dengan mengacu pada penelitian dari Zubachtirodin (2007).

Model yang diusulkan untuk mendapatkan jadwal optimal dengan fungsi obyektif maksimalisasi keuntungan adalah sebagai berikut:

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^{12} (Q_i P_i - Bt_i - Bv_i - R_i Q_i P_i) S_i D_i$$

dengan pembatas:

$$\sum_{i=1}^{12} Bt_i S_i \leq BT$$

$$\sum_{i=1}^{12} Bv_i S_i \leq BV$$

$$S_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I$$

$$Q_i \geq 0 \quad \text{dan} \quad P_i \geq 0 \quad \forall i \in I$$

$$R_i, D_i \in [0,1] \quad \forall i \in I$$

dimana:

- I : Himpunan bulan yang akan dialokasikan sebagai jadwal panen jagung yaitu 1..12
- Q_i : Kuantitas atau jumlah produksi per hektar yang dipanen pada bulan ke-i
- P_i : Harga produk per kg yang diproduksi pada bulan panen ke-i
- Bt_i : Biaya tetap yang diperlukan untuk dapat melakukan panen pada bulan ke-i
- Bv_i : Biaya variabel yang diperlukan agar dapat melakukan panen bulan ke-i
- R_i : Biaya tak terduga yang diperlukan pada bulan ke-i dalam persen yang merepresentasikan biaya untuk mengantisipasi risiko panen bulan ke-i
- D_i : Nilai diskon yang diberikan untuk melakukan panen bulan ke-i
- S_i : Variabel bernilai biner yang berkaitan dengan pemilihan bulan panen yang terpilih dengan nilai sama dengan 1 jika terpilih dan sama dengan nol jika tidak terpilih

Model di atas merupakan model MILP (*Mixed Integer Linear Programming*) karena ada

parameter model mempunyai nilai biner yaitu nol atau satu sedangkan variabel yang lain nilainya bisa diskrit atau kontinyu. Contoh variabel yang bernilai kontinyu adalah variabel R_i yaitu persentase risiko dan D_i yaitu nilai diskon dimana nilai variabel ini berada pada rentang antara nol dan satu sedangkan variabel yang bernilai diskrit yaitu total kuantitas (Q_i) yang merepresentasikan jumlah produk yang diproduksi atau dipanen pada bulan ke i.

Untuk memverifikasi model ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Excel-Solver* dengan input nilai dari hasil survei lapang seperti terlihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. *Input Solver* pemilihan jadwal panen

Bulan	Biaya Tetap (Rp.000)	Biaya Variabel (Rp.000)	Penerimaan (Rp.000)	Biaya tak terduga (%)
Januari	1.200	1.450	5.325	12
Februari	1.200	1.450	5.325	12
Maret	1.200	1.450	5.325	12
April	1.200	1.450	5.325	10
Mei	1.200	1.350	5.502,5	10
Juni	1.200	1.350	5.680	10
Juli	1.200	1.350	5.857,5	10
Agustus	1.200	1.350	6.035	10
September	1.200	1.550	6.212,5	10
Oktober	1.200	1.550	6.212,5	12
November	1.200	1.550	6.212,5	12
Desember	1.200	1.550	6.212,5	12
kendala	≤ 4.800	≤ 7.000		

Nilai biaya tak terduga didasarkan pada tingkat risiko yang mungkin terjadi bila panen dilakukan pada musim hujan. Hal ini menyebabkan kualitas produk jagung turun karena pengeringannya kurang optimal serta pada saat bulan dimana terjadi penurunan harga jagung yang cukup tajam karena panen raya yang menyebabkan pasokan jagung meningkat. Selain itu juga karena peningkatan harga jagung karena kelangkaan pasokan pada bulan tidak musim panen (Firmansyah, 2006).

Untuk memilih waktu tanam yang tepat, diperkirakan modal yang dialokasikan sebesar Rp 4,8 juta sebagai total biaya tetap dan juga biaya operasional yang disediakan adalah Rp 7 juta sebagai total biaya variabel yang digunakan sebagai pembatas model agar dapat terpilih jadwal optimal. Perintah *Excel-Solver* untuk menyelesaikan permasalahan ini dapat dijelaskan dengan Gambar 3.

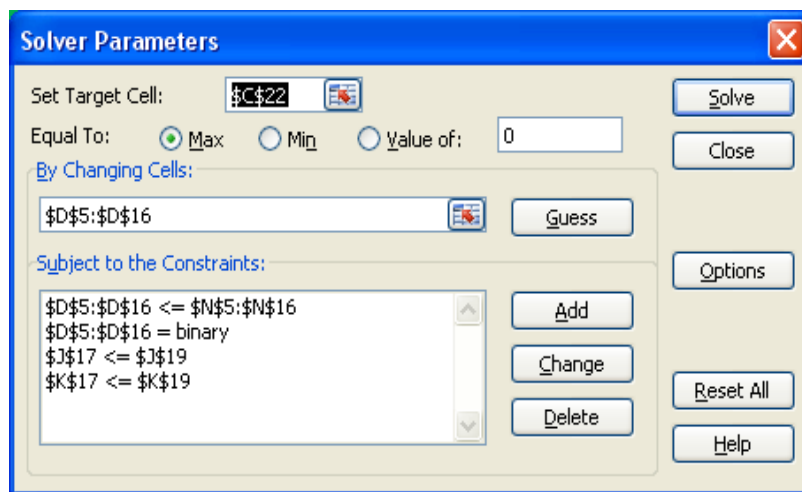
Pada Gambar 3 terlihat bahwa variabel keputusan berada pada sel D5 s/d D16 yang dibatasi dengan nilai *binary*, sehingga hasil dari nilai keputusan ini adalah pemilihan bulan yang optimum jika nilai variabel pada bulan tersebut bernilai satu.

Hasil verifikasi model dengan menggunakan *Excel-Solver* diperoleh keuntungan maksimum sebesar Rp 9.487.275,- jika dialokasikan model tetap sebesar 4,8 juta dan biaya variable sebesar 5,8 juta sebagaimana terlihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa dengan input investasi tertentu diperoleh jadwal panen optimal yaitu bulan Juli, Agustus, September dan Oktober sebagai bulan panen yang akan menghasilkan nilai keuntungan optimal. Kalau dilihat dari nilai keuntungan per bulan maka bulan panen yang paling menguntungkan adalah pada bulan Agustus dengan nilai keuntungan Rp 2.449.275,- Oleh

karena itu bulan Agustus ini merupakan bulan yang terpilih sebagai bulan panen yang akan memberikan keuntungan maksimum. Untuk menentukan jadwal tanam dapat dilakukan penarikan mundur dari nilai optimal ini dengan asumsi masa tanam jagung adalah tiga setengah bulan maka jadwal tanam yang paling optimum dilakukan pada bulan April-Mei.

Untuk mengimplementasikan proses jadwal tanam ini dapat dilakukan dengan penggiliran jadwal tanam antar kelompok tani jagung sehingga ketersediaan jagung akan merata sepanjang tahun dan tidak terjadi fluktuasi harga pada saat panen raya.



Gambar 3. Tampilan *solver* untuk solusi model MIP

Tabel 2. Output *Excel-Solver* pemilihan jadwal panen

Bulan	Variabel keputusan	Biaya Tetap (Rp.000)	Biaya Variabel (Rp.000)	Profit (Rp.000)
Januari	0	0	0	0
Februari	0	0	0	0
Maret	0	0	0	0
April	0	0	0	0
Mei	0	0	0	0
Juni	0	0	0	0
Juli	1	1.200	1.350	2.313,49
Agustus	1	1.200	1.350	2.449,28
September	1	1.200	1.550	2.415,06
Oktober	1	1.200	1.550	2.309,45
November	0	0	0	0
Desember	0	0	0	0
Total		4.800	5.800	9.487,28
Kendala		<= 4.800	<= 7.000	

Model Kualitatif Manajemen Risiko

Sebagaimana dijelaskan sebelumnya risiko rantai pasok dapat dievaluasi secara kualitatif dan kuantitatif, berdasarkan formulasi model sebelumnya telah diperoleh suatu nilai optimal dengan pertimbangan secara kuantitatif yaitu keuntungan secara finansial dalam memilih jadwal tanam jagung. Cakupan risiko rantai pasok yang sangat luas, maka perlu dimodelkan dengan pertimbangan dari berbagai faktor, untuk itu dalam pemodelan ini akan digunakan AHP untuk mengevaluasi risiko pemilihan jadwal tanam dengan risiko minimum.

Pertama-tama dilakukan identifikasi risiko yang mungkin terjadi dan akan dihadapi oleh petani dalam proses produksi dan penanaman jagung. Beberapa risiko yang teridentifikasi dalam kajian ini dapat dikelompokkan menjadi empat kategori yaitu risiko alamiah, risiko produksi, risiko pasokan dan risiko permintaan atau pasar. Identifikasi risiko dalam kajian ini mengacu pada risiko yang telah dijabarkan oleh Schoenherr *et al.* (2008) dengan berbagai modifikasi sesuai dengan permasalahan pemilihan jadwal tanam.

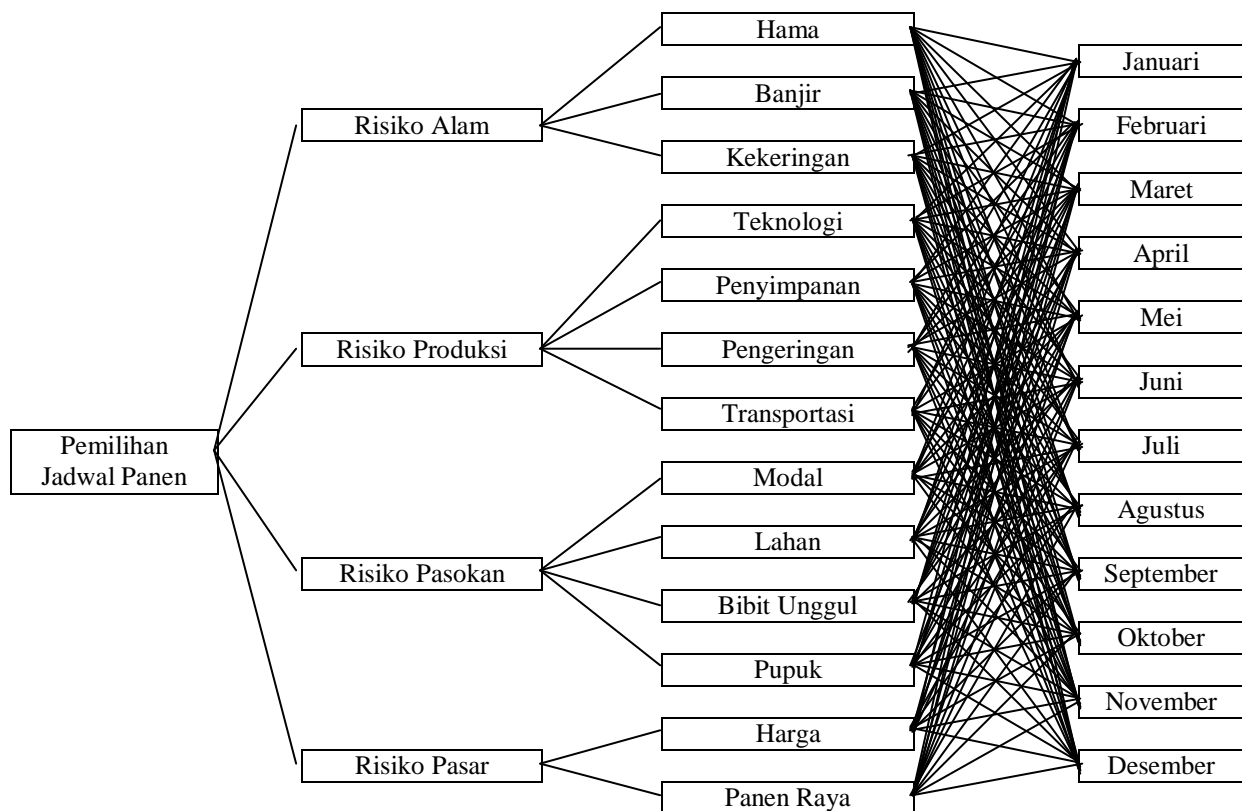
Struktur hirarki dari risiko rantai pasok yang teridentifikasi tersebut untuk mengevaluasi pemilihan jadwal tanam optimal dapat dijelaskan dengan Gambar 4.

Komponen risiko dalam kelompok risiko alamiah yang dianalisa dalam kajian ini meliputi risiko dominan yang sering dihadapi petani dan menimbulkan kerusakan yaitu risiko banjir, risiko kekeringan dan risiko hama tanaman. Sedangkan

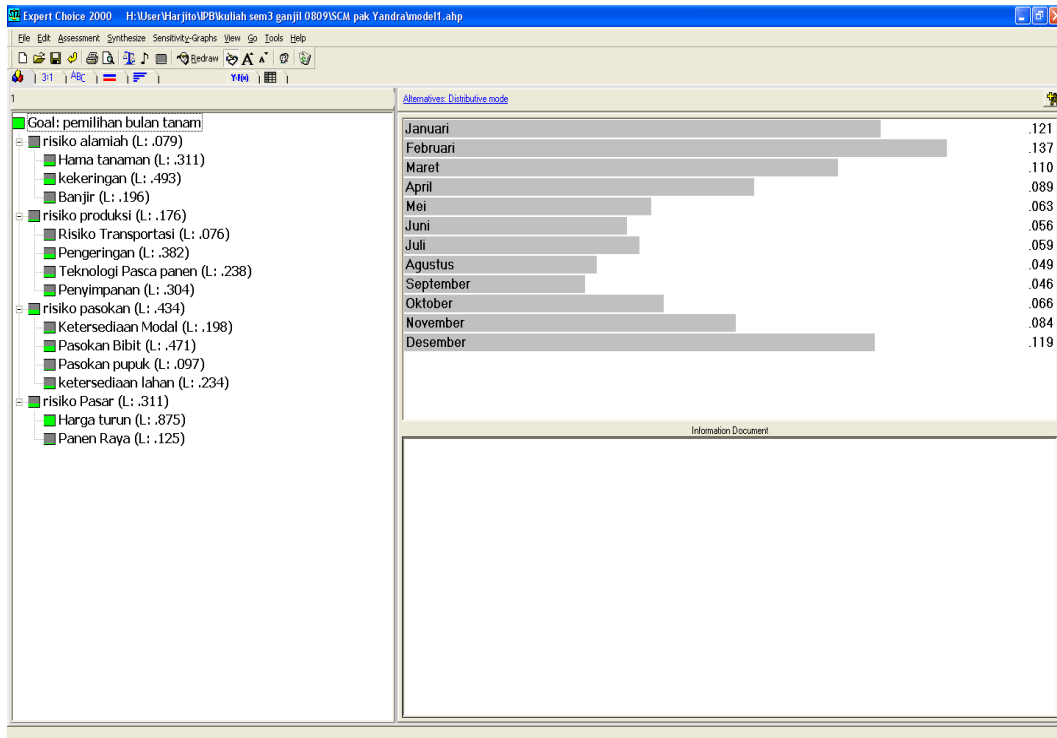
elemen risiko yang masuk dalam kategori risiko produksi yang dianalisa dalam kajian ini adalah risiko penggunaan teknologi, risiko pengeringan, risiko penyimpanan, dan risiko transportasi. Kategori risiko pasokan yang dikaji meliputi elemen risiko ketersediaan lahan, risiko ketersediaan modal risiko pasokan bibit unggul dan risiko pasokan pupuk. Selanjutnya kategori risiko permintaan atau pasar mempunyai elemen-elemen risiko fluktuasi harga dan risiko penurunan harga saat panen raya.

Dalam pemilihan jadwal tanam optimal dilakukan dengan survey pakar sebagaimana dijelaskan dalam metodologi dengan bantuan perangkat lunak *Expert Choice 2000* dengan asumsi bahwa jadwal yang dipilih merupakan jadwal penilaian risiko pada bulan panen untuk menyesuaikan dengan model sebelumnya dalam menilai risiko kuantitatif. Nilai-nilai bobot risiko rantai pasok hasil penilaian pakar pada bulan panen tertentu dapat diperlihatkan dalam Gambar 5.

Pada Gambar 5 terlihat bahwa bobot nilai alternatif risiko tertinggi adalah jadwal panen yang dilakukan pada bulan Februari dengan nilai bobot nilai risiko 0,137 dan diikuti bulan Januari dengan nilai bobot nilai risiko 0,121. Bulan tersebut mempunyai risiko tertinggi karena pada bulan-bulan ini curah hujan cukup tinggi sehingga menyulitkan proses pasca panen jagung yaitu penyimpanan dan pengeringan di samping itu pada bulan ini cenderung udara lembab yang menyebabkan kualitas pasca panen jagung yang rendah karena tingginya kandungan air.



Gambar 4. Struktur hirarki dari risiko rantai pasok



Gambar 5. Nilai bobot setiap elemen hierarki dari risiko rantai pasok

Nilai alternatif jadwal panen dengan bobot risiko terendah ada pada bulan September dengan nilai 0,46, sehingga jika target dari penjadwalan panen adalah untuk memilih bulan dengan tingkat risiko terendah maka pilihan akan jatuh pada bulan September.

Berdasarkan hasil pemilihan sebelumnya alternatif jadwal panen yang terpilih berdasarkan optimalisasi keuntungan diperoleh bulan Agustus sebagai alternatif terbaik, dan hal ini berbeda dengan hasil pemilihan alternatif jadwal panen berdasarkan kriteria minimalisasi risiko secara kualitatif yang jatuh pada bulan September sebagai alternatif terbaik. Oleh karena itu perlu adanya kajian lanjutan untuk menentukan alternatif yang terbaik berdasarkan kedua kriteria tersebut. Dalam sub-bab selanjutnya akan dijelaskan metode untuk menyelesaikan permasalahan ini.

Model Integrasi Manajemen Risiko

Setelah menggunakan MILP dan AHP untuk mendapatkan solusi optimum berdasarkan pertimbangan faktor risiko *tangible* dan *intangible* dalam rantai pasok jagung, maka tantangan selanjutnya adalah mengintegrasikan solusi tersebut untuk mendapatkan solusi terbaik dalam membuat pola penjadwalan. Solusi dari model MILP biasanya akan terjadi konflik terhadap solusi dari model AHP, karena dalam banyak kasus untuk memaksimalkan keuntungan biasanya dilakukan dengan penurunan biaya atau penekanan biaya yang akan menyebabkan peningkatan nilai risiko. Oleh karena itu perlu dibuat atau dikembangkan model

optimisasi tujuan jamak untuk membuat *trade-off* dari kedua solusi ini (Kostikas dan Fragakis, 2004).

Langkah untuk mengintegrasikan kedua solusi dapat dilakukan dengan membuat kombinasi semua solusi optimal yang diperoleh dari model MILP, kemudian dicari nilai optimal berdasarkan tujuan memaksimalkan keuntungan dan nilai optimal berdasarkan tujuan meminimalkan risiko. Untuk mendapatkan total risiko minimum dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut:

Minimumkan total risiko $\pi_1(x)$, dengan:

$$\pi_1(x) = \sum R_i b_i$$

dimana:

- R_i : Nilai bobot risiko dari alternatif ke-i yang terpilih
- b_i : Nilai biner dari alternatif yang terpilih

Sedangkan rumus untuk mendapatkan total keuntungan dilakukan dengan mendapatkan nilai maksimum dari total keuntungan hasil kombinasi yang dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$\pi_2(x) = \sum P_i b_i$$

dimana:

- P_i : Nilai keuntungan dari alternatif ke-i yang terpilih

Berdasarkan hasil perhitungan verifikasi model evaluasi risiko secara kuantitatif dan kualitatif sebelumnya telah diperoleh bahwa nilai

solusi masing-masing model jika dilakukan perbandingan akan mendapatkan solusi jadwal panen optimum yang berbeda, yaitu dengan kriteria keuntungan maksimum diperoleh jadwal panen bulan Agustus, sedangkan dengan kriteria risiko minimum diperoleh jadwal panen optimum bulan September, sebagai-mana dapat dijelaskan dengan Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan *output* model MILP dan AHP

Bulan	Hasil MILP <i>profit</i>	Hasil AHP <i>risk</i>
Januari	0	0,121
Februari	0	0,137
Maret	0	0,110
April	0	0,089
Mei	0	0,063
Juni	0	0,056
Juli	2.313,49	0,059
Agustus	2.449,28	0,049
September	2.415,06	0,046
Oktober	2.309,45	0,066
November	0	0,084
Desember	0	0,119

Dari nilai *output* model di atas, kemudian dibuat kombinasi hasil untuk dapat menghitung nilai total risiko dan total keuntungan optimal, sehingga dapat ditentukan jadwal panen yang sudah menggunakan kedua kriteria tersebut. Hasil perhitungan kombinasi dari total risiko dan total keuntungan dapat dijelaskan dengan Tabel 4.

Tabel 4. Kombinasi alternatif, total profit dan total risiko

Kombinasi Alternatif	Total Profit	Total Risiko
Juli - Agustus	4.762,76	0,108
Juli - September	4.728,55	0,105
Juli - Oktober	4.622,94	0,125
Agustus - September	4.864,34	0,095
Agustus - Oktober	4.758,73	0,115
September - Oktober	4.724,51	0,112

Pada Tabel 4 di atas terlihat bahwa nilai total profit tertinggi diperoleh dari hasil kombinasi bulan panen Agustus-September dan nilai total risiko terendah juga diperoleh pada hasil kombinasi tersebut, sehingga dapat disimpulkan bahwa pilihan alternatif terbaik yang memenuhi kedua kriteria yaitu minimalisasi risiko dan maksimalisasi keuntungan diperoleh pada bulan Agustus dan bulan September sebagai bulan panen jagung yang

optimal. Oleh karena itu dengan asumsi proses penanaman jagung dilakukan rata-rata selama tiga setengah bulan maka jadwal tanam optimal yang disarankan dengan model integrasi risiko rantai pasok secara kualitatif dan kuantitatif adalah bulan April-Mei.

Untuk mengimplementasikan pola penjadwalan ini dapat dilakukan dengan penyediaan informasi yang tepat bagi petani dengan dilakukannya koordinasi antar kelompok tani dalam menentukan pola penjadwalan tanam secara bergiliran dalam suatu wilayah tertentu atau kombinasi pola tanam dengan komoditas lain seperti padi dan palawija untuk mendapatkan keuntungan maksimal dalam suatu siklus tanam pada suatu musim tertentu. Koordinasi penentuan pola penjadwalan harus melibatkan konsumen jagung seperti industri pakan ternak yang paling banyak menyerap pasokan jagung dari petani, sehingga pasokan dapat terkendali sepanjang tahun untuk dapat mendapatkan kestabilan harga.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perhitungan risiko kualitatif dalam manajemen rantai pasok dengan menggunakan metode AHP diperoleh bulan September sebagai bulan panen yang mempunyai risiko pasokan minimum. Kemudian berdasarkan hasil perhitungan risiko rantai pasok secara kuantitatif dengan metode MILP diperoleh bulan Agustus sebagai bulan panen yang dapat memberikan keuntungan produksi maksimum. Selanjutnya hasil integrasi dari kedua model dengan menggunakan metode *weighted sum* diperoleh bulan panen dengan nilai *pareto* adalah Agustus dan September.

Dengan masa tanam jagung kurang lebih tiga setengah bulan maka jadwal tanam optimal dengan kriteria maksimalisasi keuntungan dan minimalisasi risiko bagi petani jagung adalah pada bulan April dan Mei. Dengan hasil ini telah menjelaskan bahwa model yang diusulkan dapat mengintegrasikan pertimbangan faktor risiko *tangible* dan *intangibile* untuk mendapatkan pilihan penjadwalan tanam jagung yang optimum.

Saran

Beberapa saran tindak lanjut yang dapat dilakukan untuk menyempurnakan dan melanjutkan penelitian ini adalah bahwa model yang dikembangkan baru menyelesaikan permasalahan *multiobjective* dengan dua kriteria yaitu risiko dan keuntungan, oleh karena itu model dapat dikembangkan lebih lanjut untuk permasalahan dengan kriteria yang lebih dari dua misalnya dengan penambahan kriteria kualitas dan waktu tunggu. Selain itu model yang diusulkan hanya mengoptimalkan tindakan yang dapat dilakukan

dalam suatu tingkatan tertentu dalam jaringan rantai pasok dan belum dapat mengoptimalkan tindakan yang mencakup seluruh tingkatan rantai pasok, oleh karena itu perlu dikembangkan suatu mekanisme untuk dapat mengoptimalkan setiap tingkatan rantai pasok jagung.

DAFTAR PUSTAKA

- Arisoy O. 2007. Integrated Decision Making in Global Supply Chains and networks. [Disertation] The Graduate Faculty of the School of Engineering, University of Pittsburgh.
- Chapman P, Christopher M, Juttner U, Peck H, Wilding R. 2002. Identifying and managing supply-chain vulnerability. Logistics & transport focus. *The Journal of The Institute of Logistics and Transport* 4 (1) :59-64.
- Firmansyah IU. 2006. Permasalahan pascapanen jagung di tingkat petani dan pedagang. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung. Makassar, 29-30 September 2005. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros. pp. 369-308.
- Juttner U, Peck H, Chisthoper M. 2003. Supply chain risk management: outlining an agenda for future research. *Int. Journal of Logistics: Research & Applications* 6 (1) :197- 210.
- Kasryno F. 2006. Suatu penilaian mengenai prospek masa depan jagung di Indonesia. Makalah Disampaikan pada Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung, 29-30 September 2005. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros.
- Kersten W, Hohrath P, Böger M. 2007. An Empirical Approach To Supply Chain Risk Management: Development Of A Strategic Framework. *Proceeding POMS 2007 Conference 2007*.
- Klimov RA dan Merkuryev YA. 2008. Simulation model for supply chain reliability evaluation. *Technological and Economic Development of Economy* 14 (3) :300–311.
- Kostikas K dan Fragakis C. 2004. Genetic programming Applied to Mixed integer Programming. pp.113-124. *In Genetic Programming*. Ed. By Kijzer *et al.*, Berlin, Heidelberg: Spriger.
- Lee TYS. 2008. Supply Chain Risk Management. *Int. Journal. Information and Decision Sciences* 1 (1) :98–114.
- Li J dan Hong SJ. 2007. Towards a New Model of Supply Chain Risk Management: the Cross-Functional Process Mapping Approach. *Int. Journal Electronic Customer Relationship Management* 1 (1) :91–107.
- Nagurney A, Cruz JM, Dong J. 2005. Global Supply Chain Networks and Risk Management: A Multi-Agent Framework, publish in *Multiagent-Based Supply Chain Management*, B. Chaib-draa and J.P. Muller, Editors, Springer, Berlin, Germany, pp. 103-134.
- Sarasutha IGP, Suryawati, Margaretha SL. 2007. Tata Niaga Jagung, Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros.
- Schoenherr T, Rao TVM, Harrison TP. 2008. Assessing supply chain risks with the analytic hierarchy process: Providing decision support for the off shoring decision by a US manufacturing company. *Journal of Purchasing and Supply Management*, doi:10.1016/j.pursup.2008.01.008.
- Wu D dan Olson DL. 2008. Supply chain risk, simulation, and vendor selection. *Int. Journal of Production Economics* doi:10.1016/j.ijpe.2008.02.013.
- Wu T, Blackhurst J, Chidambaram V. 2006. A Model for Inbound Supply Risk Analysis. *Computers in Industry* 57 (4):350–365.