

FORMULASI STRATEGI PENGEMBANGAN AGROINDUSTRI NILAM MENGUNAKAN PENDEKATAN *FUZZY LOGIC*

Nofi Erni, Marimin
Dosen Jurusan Teknik Industri – Universitas Indonusa Esa Unggul
nofi.erni@indonusa.ac.id

Abstrak

Tanaman nilam (*pogostemon cablin*) merupakan tanaman semak, yang menghasilkan minyak nilam melalui proses ekstraksi batang, ranting dan daun. Minyak nilam merupakan minyak atsiri yang mempunyai titik didih tinggi, memiliki aroma yang wangi dan bertahan lama. Sehingga dijadikan bahan pengikat pada industri parfum dan kosmetik. Minyak nilam Indonesia pada tahun 2001 menguasai 80 % pasar minyak nilam dunia, dengan nilai ekspor 20,57 juta USD atau 40% dari total ekspor minyak atsiri 52,97 juta USD. Meskipun menguasai pasar dunia mutu minyak nilam Indonesia masih berfluktuasi dan cenderung rendah, sehingga harganya juga rendah.

Pengembangan agroindustri nilam bertujuan untuk menentukan strategi guna meningkatkan produksi dan mutu minyak nilam. Pendekatan sistem digunakan untuk analisis kebutuhan, identifikasi sistem agroindustri nilam. Aplikasi metode fuzzy digunakan untuk pengambilan keputusan secara berkelompok dengan metode *Multi Expert-Multi Criteria Decision Making* sedang untuk pemilihan strategi digunakan metode fuzzy AHP. Hasil formulasi strategi menunjukkan bahwa strategi paling penting adalah aplikasi dan pengembangan teknologi budidaya (51.62%), teknologi penyulingan (35.21%), dukungan pemodal (8,25%) dan pengelolaan kelembagaan usaha (4.9%)

Kata kunci: pendekatan sistem, metode *fuzzy*, *fuzzy AHP*, *MultiExpert-Multi Criteria Decision Making*.

Pendahuluan

Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil minyak atsiri yang cukup penting di dunia, dan untuk beberapa komoditas primadona seperti nilam, akar wangi, sereh wangi, dan pala mampu menguasai pangsa pasar dunia. Nilam merupakan salah satu tanaman utama penghasil minyak atsiri di Indonesia. Minyak nilam (*patchouli oil*) dapat dihasilkan dari penyulingan daun dan tangkai tanaman nilam. Volume ekspor minyak nilam mencapai 1,36 ton dengan nilai ekspor \$ 53, 18 juta pada tahun 2000, tahun 2001

mengalami penurunan volume ekspor menjadi 1,189 ton dengan nilai ekspor \$ 20,57 juta atau sekitar 40% dari total ekspor minyak atsiri Indonesia 52.97 juta USD (BPS, 2001).

Minyak nilam Indonesia, menguasai sekitar 80- 90 persen produksi minyak nilam dunia, dimana hampir 70 % berasal dari produksi daerah Aceh. Minyak nilam merupakan bahan industri parfum dan kosmetik, dengan keunggulan aroma harum yang bertahan lama. Meskipun Indonesia merupakan menguasai pangsa pasar minyak nilam dunia, namun produksi minyak nilam Indonesia saat ini masih memiliki mutu

yang rendah dan bervariasi sehingga harga yang diterima tidak terlalu tinggi dan berfluktuatif. Nilai tambah diperoleh negara - negara pengimpor minyak nilam yang memprosesnya kembali menjadi fraksi minyak nilam dengan mutu baik serta dalam bentuk produk manufaktur yang memakai minyak nilam atau fraksinya sebagai salah satu bahan bakunya.

Untuk meningkatkan nilai tambah dan daya saing minyak nilam dibutuhkan suatu strategi yang mampu memenuhi kepentingan pihak yang terlibat dalam agroindustri nilam. Pengembangan agroindustri nilam penting dilakukan mengingat Indonesia memiliki keunggulan komparatif dalam pengadaan bahan bakunya serta teknologi pengolahannya yang cukup sederhana sehingga mudah dikembangkan, serta besarnya kebutuhan industri kosmetik terhadap produk nilam baik dalam bentuk minyak nilam maupun produk turunan berupa fraksi komponen minyak nilam.

Tujuan

Mengingat pentingnya pengembangan secara komprehensif, dalam kajian ini dipaparkan model formulasi strategi pengembangan agroindustri nilam, dengan tujuan:

1. Menggunakan pendekatan sistem untuk identifikasi dan analisis kebutuhan pengembangan agroindustri nilam.
2. Menerapkan teknik *fuzzy logic* untuk menyusun model pengambilan keputusan kelompok dengan multi kriteria untuk pemilihan alternatif strategi pengembangan
3. Menggunakan pendekatan *fuzzy AHP* untuk formulasi dan pemilihan strategi pengembangan agroindustri nilam guna meningkatkan produksi dan mutu minyak nilam.

Ruang lingkup

Penelitian ini disusun berdasarkan hasil akuisisi pendapat pakar (peneliti) dan tinjauan pustaka. Lingkup pembahasan meliputi :

1. Analisis kebutuhan, identifikasi sistem dan formulasi masalah dalam sistem agroindustri nilam
2. Akuisisi pendapat pakar untuk pengambilan keputusan kelompok, aktivitas pengembangan dengan ME-MCDM
3. Menerapkan pemilihan strategi pengembangan dengan menggunakan metode *fuzzy AHP* dengan fungsi keanggotaan *Triangular Fuzzy Number (TFN)*

Manfaat

Hasil penelitian ini akan membantu para pengambil keputusan untuk memilih strategi pengembangan agroindustri nilam, sehingga dihasilkan keputusan yang mampu mengakomodir kepentingan pelaku dan institusi

Tinjauan Pustaka

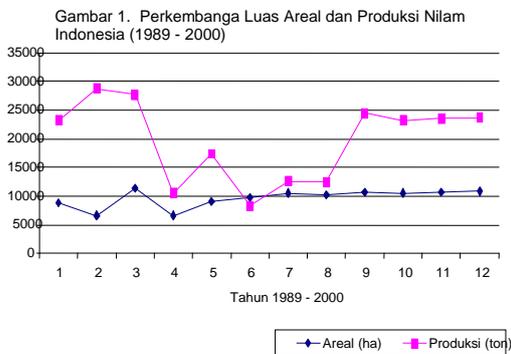
Potensi tanaman nilam

Tanaman nilam (*pogostemon cablin*) termasuk dalam famili *Labiatae*, merupakan tanaman semak yang banyak tumbuh di daerah tropis mulai daerah dataran rendah sampai daerah dengan ketinggian 2000 m di atas permukaan laut. Areal pertanaman nilam di Indonesia seluruhnya merupakan perkebunan rakyat yang tersebar di tujuh propinsi yaitu Nanggroe Aceh Darusalam, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Bengkulu, Lampung, Jawa Tengah dan Jawa Timur dengan total produksi 23 660 ton terna nilam kering, atau hanya sekitar 3 ton terna nilam kering/ha/tahun dari potensi yang bisa dicapai dengan budidaya dan bibit yang baik sekitar 6,5 ton terna nilam kering/ha/tahun (Sudaryani dan Sugiharti, 1991).

Selain itu penggunaan bibit yang kurang baik serta budidaya yang sederhana juga menyebabkan kadar minyak nilam yang dihasilkan juga relatif rendah yaitu sekitar 2 – 2,5%. Kadar minyak nilam ini juga dipengaruhi oleh varietas nilam yang ditanam. Ada tiga varietas nilam menurut morfologinya yang dikenal , yaitu :

1. *Pogostemon cablin* Benth yang dikenal dengan nilam Aceh, dengan kadar minyak 2,5 – 5%
2. *Pogostemon heyneanus* Benth yang dikenal dengan nilam Jawa, dengan kadar minyak 0,5 – 1,5%
3. *Pogostemon hortensis* Benth yang mirip dengan nilam Jawa dan banyak ditanam di daerah banten

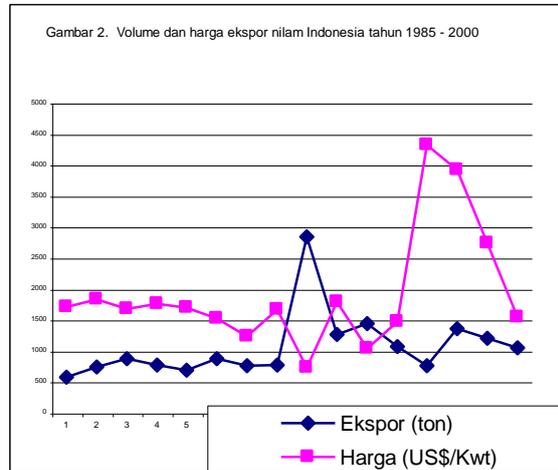
Trend luas areal dan produksi nilam Indonesia ternyata menunjukkan peningkatan masing-masing sebesar 3,11% dan 0,3% pertahun seperti terlihat pada gambar 1. Trend peningkatan ini mengindikasikan bahwa ketersediaan bahan baku nilam untuk jangka panjang masih akan tetap terjamin.



Sumber: Data Hasil Olahan

Hampir seluruh minyak nilam yang dihasilkan Indonesia diekspor ke berbagai negara. Volume ekspor minyak nilam ini setiap tahun menunjukkan trend yang meningkat sebesar 5,3% pertahun sedangkan harga ekspor juga meningkat sebesar 3,0% pertahun dengan rata-rata ekspor sejak tahun 1985 sebesar 1 057 ton pertahun

dan rata-rata harga sebesar US\$18,83/kg pertahun (gambar 2.).



Sumber: Data Hasil Olahan

Multi Expert-Multi Criteria Decision Making (ME-MCDM)

Pengolahan data untuk pengambilan keputusan yang melibatkan penilaian atau pendapat berbagai pakar dan berbagai kriteria dari beberapa alternatif yang tersedia menggunakan model pengambilan keputusan Non Numerik *Multi Expert-Multi Criteria Decision Making (ME –MCDM)* yang dikembangkan oleh Yager (1993). Setiap pakar akan memberikan suatu himpunan nilai yang terdiri atas n nilai, yaitu :

$$[V_{ik} (a_1), V_{ik} (a_2), \dots , V_{ik} (a_n)]$$

dimana :

$V_{ik} (a_n)$ adalah rating nilai dari alternatif ke-i pada kriteria ke-j oleh pakar ke-k,

Selanjutnya dilakukan agregasi kriteria serta agregasi pakar. Formula adegasi kriteria untuk memperoleh unit penilaian setiap alternatif aktifitas pengembangan oleh setiap ahli adalah :

$$V_{ij} = \min [Neg (W_{ak}) \ v \ V_{ij} (a_k)],$$

dimana $k = 1,2,\dots,j$

Agregasi nilai oleh pakar dimulai dengan menentukan suatu fungsi agrgasi **Q**, yang menunjukkan generalisasi ide tentang berapa banyak ahli yang dibutuhkan. Fungsi **Q** dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_k = \text{Int} [1 + (k * \frac{q-1}{r})]$$

q = jumlah skala penilaian
r = jumlah pakar

Dengan menggunakan operator ini maka agregasi keputusan pakar adalah :

$$V_i = f(V_j) = \max [Q_j \wedge b_j]$$

dimana : j = 1,2,... m

b_j = urutan terbesar nilai, dari penilaian pakar ke - j

Fuzzy Analytical Hyerarchhi Process

Data yang dianalisis untuk pemilihan aktifitas pengembangan adalah bobot tingkat kepentingan yang bersifat *fuzzy*, yang dinyatakan dalam suatu ukuran verbal Inguistik, sehingga untuk pengolahan data digunakan metode *fuzzy*. Gugus atau himpunan *fuzzy* mencakup bilangan real pada interval [0, 1], sedangkan fungsi yang memberikan derajat terhadap sebuah elemen mengenai keberadaannya dalam sebuah gugus disebut fungsi keanggotaan (μ = derajat keanggotaan). Bentuk fungsi keanggotaan yang dipilih adalah fungsi *Triangular Fuzzy Number (TFN)* yang menggambarkan derajat keanggotaan suatu bilangan *fuzzy* dalam kurva segitiga, dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut :

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

Proses Hierarki Analitik (*Analytical Hierarchy Process - AHP*) digunakan untuk memilih alternatif aktifitas pengembangan yang paling penting

dengan perbandingan berpasangan terhadap faktor dan alternatif. Prinsip kerja *Analytical Hierarchy Process* terdiri atas :

1. Penyusunan hierarki
2. Penilaian kriteria dan alternatif dimana bobot ditentukan dengan metode perbandingan berpasangan (*pairwise comparisons*)
3. Penentuan prioritas
Bobot dan prioritas hasil perbandingan dihitung dengan memanipulasi matriks dengan cara menentukan nilai *Eigen (eigenvector)*.
4. Konsistensi logis

Semua elemen diukur nilai *Consistency Ratio*, dengan membandingkan *Consistency Index* dengan nilai *Consistency Ratio*, jika nilainya tidak melebihi 0.1, maka penilain dilakukan dengan konsisten. Nilai *Consistency Ratio* dihitung dengan nilai *Consistency Index* dengan rumus :

$$CI = (p - n) / (n - 1)$$

dimana : p = jumlah pakar dan
n = jumlah alternatif

Penggabungan pendapat pakar dilakukan setelah uji konsistensi penilaiaian untuk setiap pakar. Penilaian yang konsisten digabungkan dengan menggunakan rata-rata geometrik .

Metodologi Penelitian Kerangka Pemikiran

Pengembangan agroindustri nilam, merupakan suatu sistem yang kompleks sehingga harus dianalisis sebagai suatu kesatuan yang menyeluruh (*holistic*). Untuk pengembangan agro-industri nilam diharapkan mampu memenuhi kebutuhan setiap pelaku dan institusi yang terkait.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan disusun beberapa aktivitas pengembangan yang dinilai berdasarkan kriteria untuk memenuhi kebutuhan para pelaku agroindustri nilam. Penentuan tingkat kepentingan aktivitas pengembangan agroindustri nilam dilakukan melalui penilaian secara non numerik oleh beberapa pakar multidisiplin, sehingga dihasilkan aktifitas pengembangan yang penting untuk disusun sebagai alternatif strategi.

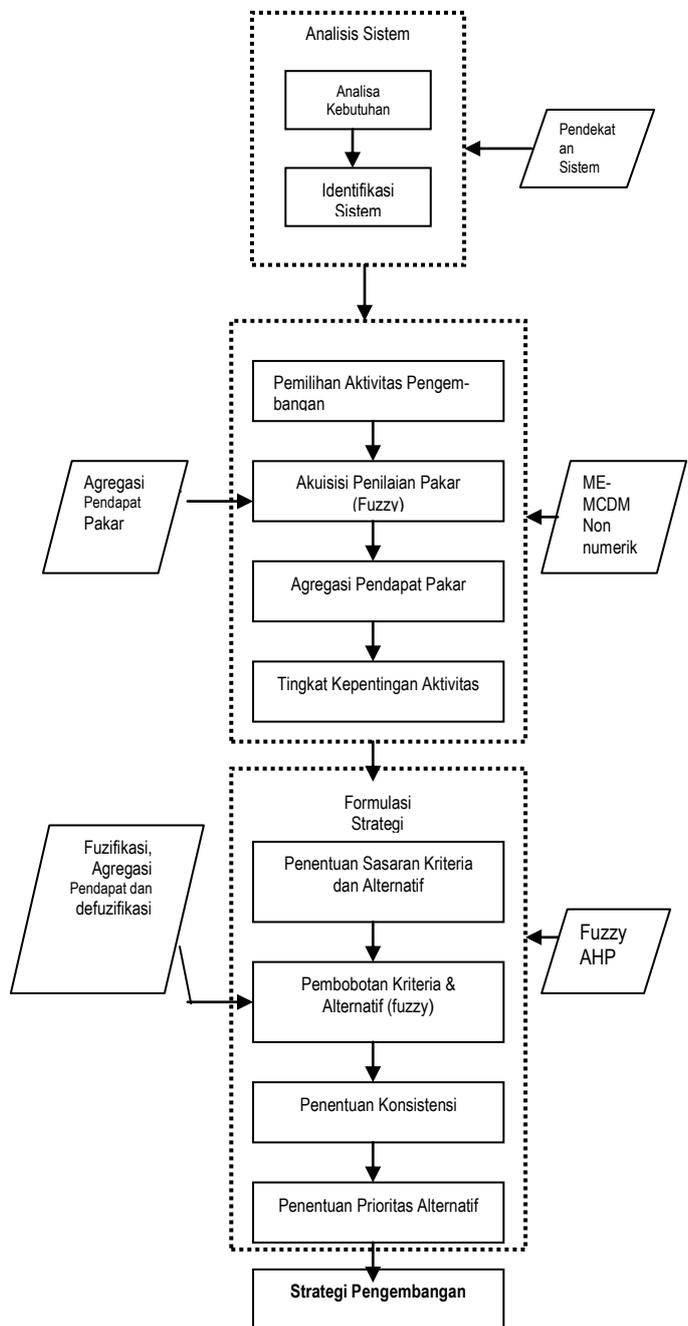
Formulasi alternatif strategi dirumuskan dengan menggunakan pendekatan AHP, berdasarkan penilaian tingkat kepentingan yang bersifat *fuzzy*. Penilaian merupakan hasil agregasi pendapat beberapa pakar yang dilakukan dengan perbandingan berpasangan terhadap kriteria.. Berdasarkan penilaian terhadap alternatif disusun strategi yang diharapkan mampu memenuhi tujuan pengembangan agroindustri nilam. Kerangka pemikiran model formulasi alternatif strategi pengembangan agroindustri nilam digambarkan seperti Gambar 3

Tata laksana Pengumpulan data

Data yang dikumpulkan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil *brainstorming* mendalam dan hasil pengisian kuisisioner untuk mengeksplorasi pendapat pakar. Pendapat atau penilaian pakar meliputi identifikasi dan kebutuhan sistem pengembangan agroindustri nilam, faktor yang mempengaruhi produksi dan mutu minyak nilam, penentuan tingkat kepentingan sedtiap kriteria dan alternatif aktivitas pengembangan. Data sekunder berasal dari kajian pustaka dan hasil observasi lapang pada Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat di Bogor.

Dalam pengumpulan data guna mengeksplorasi pendapat dan penilaian pakar, dilibatkan 4 ahli (peneliti) di bidang agroindustri nilam yang

mewakili pelaku usaha agroindustri minyak nilam.



Sumber: Data Hasil Olahan Gambar 3. Kerangka pemikiran

Pemilihan aktivitas

Pemilihan aktifitas pengembangan dengan menggunakan masukan pendapat pakar yang diperoleh dari

pengisian kuisioner tingkat kepentingan, berdasarkan kriteria dan bobot yang ditetapkan. Akuisisi dan agregasi pendapat pakar diolah dengan menggunakan metode *ME-MCDM*

Formulasi strategi

Pemilihan strategi menggunakan prinsip perbandingan bebasangan yang dikembangkan Saaty (1980). Masukan data dari pakar bersifat *fuzzy*, selanjutnya diolah dengan metode *Triangular Fuzzy Number* dan diagregasi dengan rata-rata geometrik.

Hasil dan Pembahasan Pendekatan sistem

Pengembangan agroindustri nilam harus dilihat sebagai suatu kesatuan, sehingga pengembangannya mampu memenuhi kebutuhan pelaku yang terlibat dalam sistem.

Pendekatan sistem digunakan untuk menganalisis kebutuhan pelaku dan identifikasi faktor yang menentukan keberhasilan pengembangan agroindustri nilam.

Tabel 1. Kebutuhan pelaku dalam sistem pengembangan agroindustri nilam

Pelaku	Kebutuhan
Petani nilam	1. Harga jual terna tinggi
	2. Hasil produksi tinggi
	3. Biaya produksi rendah
	4. Kemudahan modal usaha
	5. Jaminan pasar dan harga
Agroindustri hulu (penyulingan)	1. Harga beli terna rendah
	2. Harga jual minyak nilam tinggi
	3. Kemudahan modal usaha
	4. Rendemen hasil tinggi
	5. Pemasaran terjamin
	6. Kecukupan dan kesinambungan pasokan bahan
Agroindustri hilir minyak nilam	1. Mutu (kandungan patchouli alcohol) tinggi
	2. Harga beli rendah
	3. Kecukupan dan kesinambungan pasokan
Pedagang pengumpul	1. Harga beli terna dan minyak nilam rendah
	2. Harga jual terna dan minyak tinggi
	3. Mutu produk baik
	4. Kecukupan dan kesinambungan pasokan minyak
Eksportir	1. Mutu minyak nilam tinggi
	2. Harga beli minyak nilam rendah
	3. Harga jual minyak nilam tinggi
	4. Kecukupan dan kesinambungan pasokan minyak nilam
Pemerintah	1. Meningkatkan nilai ekspor
	2. Bertambahnya lapangan kerja
	3. Meningkatkan pendapatan masyarakat
Lembaga Pembiayaan	1. Resiko penyaluran pembiayaan rendah
	2. Pengembalian pembiayaan terjamin

Sumber: Data Hasil Olahan

Berdasarkan hasil analisis pendekatan sistem dan *brainstorming* dan kajian pustaka, permasalahan pengembangan agroindustri nilam adalah :

1. Tingkat produksi berfluktuasi, karena pasokan terna tidak kontinu.
2. Mutu terna cenderung rendah sehingga rendemen dan kadar *patchouli alcohol* yang dihasilkan juga rendah yang mengakibatkan rendahnya harga di pasar Internasional
4. Keterbatasan penguasaan dan implementasi teknologi budidaya dan penyulingan.
5. Kelangsungan usaha perdagangan (pengumpul dan eksportir) sangat ditentukan oleh kesinambungan produksi dan mutu terna serta minyak nilam yang dihasilkan.

Hasil identifikasi sistem dengan menggunakan diagram *black box* disajikan pada Gambar 4

Pemilihan aktifitas pengembangan

Analisis kebutuhan dan identifikasi sistem agroindustri nilam menunjukkan faktor penting kesinambungan produksi, tingkat mutu terna dan minyak nilam rendah dan harga berfluktuasi, sehingga diperlukan upaya meningkatkan produksi dan mutu minyak nilam dipilih beberapa aktifitas pengembangan yaitu:

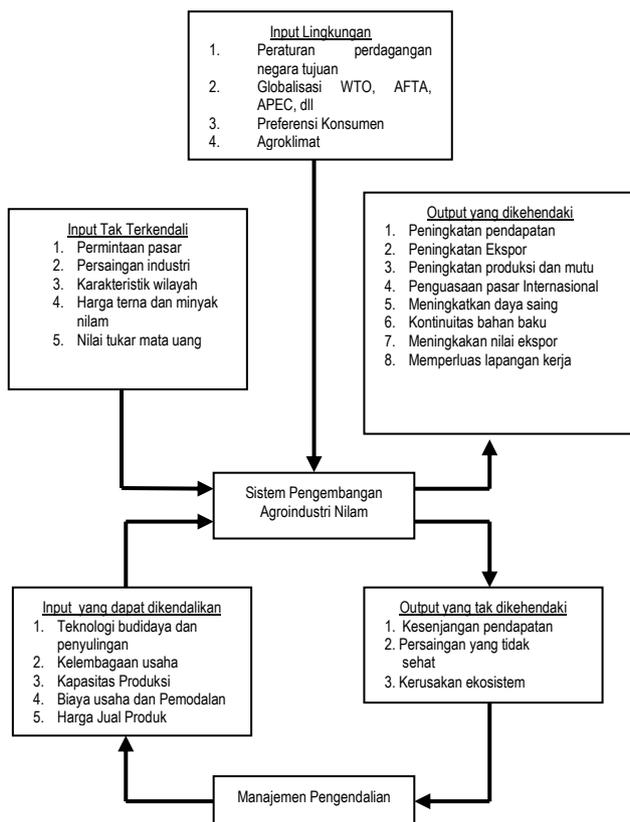
1. Pengembangan dan aplikasi teknologi ekstraksi
2. Pengembangan dan aplikasi teknologi budidaya
3. Pengembangan kelembagaan usaha
4. Pelatihan sumber daya manusia
5. Dukungan alternatif pemodaln usaha
6. Dukungan regulasi

Penilaian tingkat kepentingan masing-masing kegiatan dengan kriteria memenuhi tujuan dari pelaku dalam sistem agroindustri nilam. Tingkat kepentingan disusun dalam skala penilaian (*fuzzy*), terdiri atas 5 skala yaitu: SP = Sangat penting, P =

Penting, CP = Cukup penting, KP = Kurang penting, dan TP = Tidak penting.

Untuk menilai tingkat kepentingan akifitas penembangan, para pakar akan membandingkan terhadap kriteria dan bobot kriteria berikut :

- Kriteria 1: Meningkatkan pendapatan petani (Penting)
- Kriteria 2: Meningkatkan pendapatan industri penyulingan (Penting)
- Kriteria 3: Meningkatkan produksi dan mutu minyak nilam (Sangat Penting)
- Kriteria 4: Meningkatkan akses dan kemudahan modal (Penting)
- Kriteria 5: Meningkatkan nilai ekspor (Cukup Penting)
- Kriteria 6: Memperluas lapangan kerja (Cukup Penting)



Sumber: Data Hasil Olahan

Gambar 4. Diagram Black Box Pengembangan Agroindustri nilam

Hasil agregasi pendapat pakar disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rangkuman agregasi pendapat pakar

Alternatif 1	Agregasi Kriteria Agregasi Pakar	P, KP, P, P P = Penting
Alternatif 2	Agregasi Kriteria Agregasi Pakar	SP, KP, P, P P = Penting
Alternatif 3	Agregasi Kriteria Agregasi Pakar	P, P, P, CP P = Penting
Alternatif 4	Agregasi Kriteria Agregasi Pakar	CP, KP, KP, CP CP = Cukup Penting
Alternatif 5	Agregasi Kriteria Agregasi Pakar	P, KP, P, P P = penting
Alternatif 6	Agregasi Kriteria Agregasi Pakar	KP, KP, CP, CP CP = Cukup penting

Sumber: Data Hasil Olahan

Berdasarkan hasil akuisisi dan agregasi pendapat keempat pakar maka kegiatan pengembangan yang penting untuk dijadikan alternatif strategi pengembangan adalah :

1. pengembangan teknologi penyulingan,
2. pengembangan teknologi budi daya
3. dukungan pemodaln usaha
4. pengembangan kelembagaan usaha

Pemilihan strategi dengan fuzzy - AHP

Hasil analisis kebutuhan pelaku dan aktifitas pengembangan yang dinilai penting dalam ME-MCDM, dibandingkan secara berpasangan terhadap faktor yang mempengaruhi pencapaian tujuan. Struktur hirarki untuk pengembangan agroindustri nilam dibangun atas tiga level:

1. Tujuan : “meningkatkan produksi serta mutu terna dan minyak nilam”.
2. Faktor kritis untuk mencapai tujuan ini adalah :
 - a. Bahan baku

Faktor penting bahan baku adalah kecukupan, kesinambungan dan mutu terna yang baik sehingga dapat secara kontinu dihasilkan

minyak nilam dengan mutu yang tinggi.

- b. Proses ekstraksi
Proses ekstraksi merupakan proses penyulingan terma nilam menjadi minyak nilam. Proses ekstraksi saat ini dilakukan dengan penyulingan uap-air dengan tangki terbuat dari besi.
 - c. Biaya usaha
Biaya usaha merupakan kecukupan dan kemudahan memperoleh biaya untuk investasi dan biaya operasi baik untuk kegiatan produksi terma maupun produksi minyak nilam, serta biaya usaha perdagangan oleh pengumpul dan eksportir.
3. Alternatif strategi untuk peningkatan produksi dan mutu adalah aktifitas pengembangan yang dinilai penting yaitu :
- a. pengembangan dan aplikasi teknologi budidaya
 - b. pengembangan dan aplikasi teknologi penyulingan
 - c. dukungan alternatif pemodal
 - d. pengembangan kelembagaan usaha

Skala penilaian fuzzy

Skala penilaian terhadap faktor dan alternatif merupakan suatu nilai fuzzy, yang diberikan dalam angka yang mewakili suatu variabel linguistik tingkat kepentingan. Penilaian diberikan oleh tiga orang pakar.

Hasil penilaian pakar dengan menggunakan metode fuzzy, nilainya dinyatakan sebagai fungsi keanggotaan *Triangular Fuzzy Number (TFN)*. Skala penilaian dibagi kedalam lima rentang nilai mengacu pada selang nilai yang dikembangkan oleh Saaty (1980), dan dinyatakan dalam angka (1, 3, 5, 7, 9). Mengacu pada proses fuzifikasi dengan prinsip TFN, nilai setiap pakar ditransformasi ke dalam fungsi keanggotaan yang terdiri atas : batas bawah (a), nilai

tengah (b) dan batas atas (c) seperti yang disajikan Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Skala penilaian dan nilai TFN

Nilai	Keterangan	Skala nilai TFN		
		(a)	(b)	(c)
1	<i>Equal</i> (alternatif A sama pentingnya dengan alternatif B)	1/3	1	3
3	<i>Weakly better</i> (alternatif A sedikit lebih penting dari alternatif B)	1	3	5
5	<i>Definitely better</i> (alternatif A jelas lebih penting dari B)	3	5	7
7	<i>Very strongly better</i> (alternatif A sangat jelas lebih penting dari B)	5	7	9
9	<i>Absolutely better</i> (alternatif A mutlak lebih penting dari B)	7	9	9

Sumber: Data Hasil Olahan

Penentuan nilai tingkat kepentingan dengan metode fuzzy

Hasil penilaian ketiga pakar yang bersifat fuzzy selanjutnya diolah dengan mengikuti tahapan sebagai berikut :

1. Menguji konsistensi penilaian setiap pakar.
2. Fuzifikasi nilai setiap pakar kedalam selang TFN
3. Agregasi hasil penilaian fuzzy dari semua pakar menggunakan rata-rata geometrik.
4. Defuzifikasi rata-rata penilaian dengan menghitung rata-rata geometrik sehingga diperoleh satu nilai tunggal (bobot penilaian) yang merupakan agregasi penilaian pakar.

Penilaian faktor dan alternatif oleh setiap pakar dan hasil perhitungan *Consistency Ratio (CR)* menggunakan *Criteria Decision Plu* menunjukkan bahwa hasil penilaian ketiga pakar sudah konsisten ($CR \leq 0.1$).

Tabel.4. Rekapitulasi nilai CR setiap pakar

Penilaian terhadap	Pakar 1	Pakar 2	Pakar 3
Kriteria	0.069	0.056	0.101
Alternatif – faktor bahan baku	0.910	0.101	0.100
Alternatif – faktor proses ekstraksi	0.080	0.109	0.096
Alternatif – faktor biaya usaha	0.651	0.084	0.091

Sumber: Data Hasil Olahan

Penggabungan penilaian pakar dan proses fuzifikasi dan defuzifikasi setiap penilaian tingkat kepentingan faktor dan penilaian alternatif pada Tabel 5.

Tabel 5 Rekapitulasi agregasi dan defuzifikasi penilaian faktor

Faktor (baris)	Batas bawah rata-rata	Nilai Tengah Rata-rata	Batas atas rata-rata	Nilai defuzzy	Faktor (kolom)
Bhn baku	1.4422	3.5569	5.5934	3.0615	Proses ekstraksi
Bhn baku	3.5569	5.5934	7.6117	5.3302	Biaya usaha
Proses ekstraksi	6.2573	8.2768	9.0000	7.7535	Biaya usaha

Sumber: Data Hasil Olahan

Berikut adalah contoh agregasi dan defuzifikasi penilaian alternatif terhadap faktor bahan baku

Tabel 6. Rekapitulasi agregasi dan defuzifikasi penilaian alternatif terhadap faktor bahan baku

Alternatif (baris)	Batas bawah	Nilai tengah	Batas atas	Nilai defuzzy	Alternatif (kolom)
T.Budidaya	0.6933	2.0801	4.2172	1.8254	T.Penyulingan
T. Budidaya	4.7177	6.8041	8.2768	6.4287	Pemodalan
T. Budidaya	5.5934	7.6117	9.0000	7.2633	Kelembagaan
T.Penyulingan	4.7177	6.8041	9.0000	6.6107	Pemodalan
T.Penyulingan	5.0000	7.0000	9.0000	6.8041	Kelembagaan
Kelembagaan	1.0000	3.0000	5.0000	2.4662	Kelembagaan

Sumber: Data Hasil Olahan

Pembobotan faktor dan alternatif

Matriks agregasi penilaian dan defuzifikasi faktor, diolah dengan cara memanipulasi matrik hasil agregasi dan defuzifikasi untuk mendapatkan nilai *Eigen (eigenvector)* untuk penentuan bobot kepentingan faktor. Hasil pengolahan manipulasi matrik, setelah dilakukan normalisasi sampai iterasi ke-4, menunjukkan pergeseran atau perbedaan nilai eigen yang kecil dengan iterasi ke-3, sehingga hasil normalisasi pada iterasi ke-3 merupakan nilai *Eigen* faktor.

Berdasarkan nilai Eigen maka diketahui bahwa faktor yang paling penting untuk meningkatkan produksi dan mutu minyak nilam adalah kesinambungan bahan baku (60.55%), diikuti proses ekstraksi terna menjadi minyak nilam (32.54%) dan terakhir adalah faktor kecukupan biaya usaha (6.91%).

Matriks agregasi penilaian dan defuzifikasi alternatif terhadap faktor, diolah dengan cara yang sama dengan pembobotan faktor sehingga diperoleh nilai eigen perbandingan alternatif terhadap faktor seperti berikut.

Tabel 7. Nilai Eigen perbandingan alternatif terhadap faktor

Alternatif	Bahan baku	Proses ekstraksi	Biaya usaha
T. budidaya	0.55	0.45	0.49
T. penyulingan	0.32	0.41	0.36
Pemodalan	0.08	0.09	0.09
Kelembagaan	0.05	0.04	0.06

Sumber: Data Hasil Olahan

Berdasarkan Nilai Eigen perbandingan berpasangan alternatif dengan faktor menunjukkan alternatif pengembangan dan implementasi teknologi budidaya merupakan hal yang terpenting dalam faktor kesinambungan diikuti strategi pengembangan teknologi penyulingan.

Untuk menyusun prioritas alternatif strategi yang akan dikembangkan dilakukan dengan mengalikan nilai Eigen dari alternatif dengan

matriks bobot faktor. Berdasarkan hasil perkalian matriks, maka urutan prioritas alternatif kegiatan pengembangan adalah :

1. Pengembangan dan aplikasi teknologi budidaya : 0.5162
2. Pengembangan dan aplikasi teknologi penyulingan : 0.3521
3. Pengembangan dukungan pemodal : 0.0825
4. Pengembangan kelembagaan usaha : 0.0492

Hirarki beserta nilai bobot untuk setiap faktor dan alternatif strategi disajikan pada Gambar 5.

Hasil perhitungan menunjukkan strategi penting untuk peningkatan produksi dan mutu agroindustri nilam adalah aplikasi dan pengembangan teknologi budidaya dan penyulingan.

Pengujian konsistensi

Untuk menguji apakah perbandingan berpasangan dilakukan dengan konsekuen atau tidak maka dilakukan pengujian *coonsistency ratio*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perbandingan berpasangan dilakukan dengan konsekuen dimana nilai CR untuk setiap faktor tidak melebihi 0.10). Hal ini berarti bahwa model pengambilan keputusan ini konsisten untuk digunakan sebagai model untuk menunjang pengambilan keputusan pengembangan agroindustri nilam.

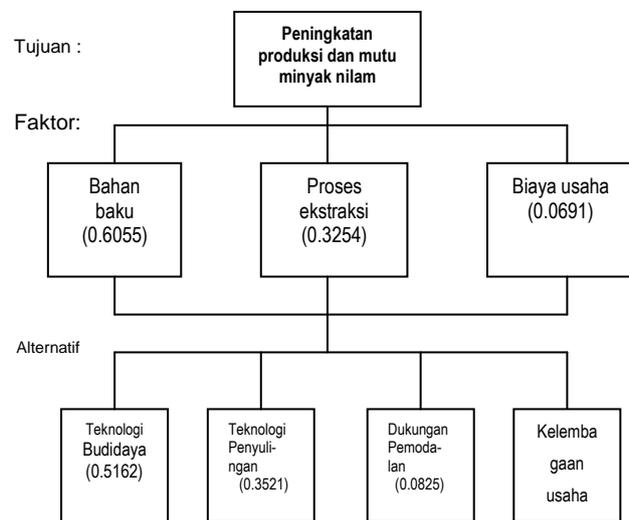
Formulasi strategi

Strategi aplikasi dan pengembangan teknologi budidaya tanaman nilam serta penyulingan minyak nilam dapat merupakan upaya terintegrasi. Meskipun terna nilam yang dihasilkan bermutu tinggi, jika tidak diikuti teknologi proses penyulingan yang baik, tidak dapat dihasilkan minyak nilam bermutu tinggi. Beberapa program yang dapat diaplikasikan adalah :

Aplikasi dan pengembangan teknologi budidaya tanaman nilam. Beberapa

upaya yang dapat dilakukan untuk peningkatan produksi dan mutu terna nilam, antara lain sebagai berikut (Rusli, 2003)

1. Pengembangan varietas nilam unggulan seperti klon Lhokseumawe, Sidikalang, Tapak tuan dan Cisaoni yang mampu menghasilkan minyak nilam dengan kadar *patchouli alcohol* lebih dari 30%
2. Pemilihan daerah budidaya unggulan yang menghasilkan rendemen yang cukup tinggi yaitu daerah dataran tinggi dengan curah hujan 2000-3000 mm dengan suhu 24 – 28°C, dengan kelembaban nisbi 75%
3. Teknik atau perlakuan budidaya seperti pengaturan pencahayaan, penyiangan, pemupukan dan pengendalian hama penyakit. Pemangkasan diperlukan untuk mengatur fotosintesis dan mengurangi kelembaban dalam pertanaman sehingga hama dan penyakit dapat dikurangi.



Sumber: Data Hasil Olahan

Gambar 5. Hirarki penilaian alternatif strategi

Aplikasi dan pengembangan teknologi penyulingan

1. Teknologi penyulingan dapat ditingkatkan dari sistem uap-air menjadi penyulingan uap sehingga bahan berupa terna nilam dalam ketel suling dapat dilalui secara merata. Penyulingan seperti ini akan menghasilkan minyak nilam dengan kadar *patchuoli oil* yang lebih tinggi, serta rendemen yang juga tinggi.
2. Penggunaan tangki suling dari aluminium sehingga tidak terjadi pencemaran logam (besi) yang dapat menyebabkan turunnya mutu minyak nilam.
3. Komposisi daun dan ranting serta batang dalam terna harus diatur dalam perbandingan 1 : 3. Jika bobot batang dan ranting dalam terna 33% maka akan meningkatkan rendemen minyak menjadi 3.03 %. Hal ini disebabkan oleh kandungan minyak dalam batang dan ranting yang kecil (0.4-0.5%) dibanding dalam daun sebesar (5-6%).

Pengembangan agroindustri nilam akan lebih kondusif jika didukung oleh suatu kelembagaan usaha yang memperkuat koordinasi dan menyeimbangkan posisi tawar antar pelaku usaha, terutama antara petani dengan agroindustri penyulingan, pedagang perantara dan eksportir. Dukungan pemodal untuk aplikasi teknologi budidaya dan penyulingan jika ditata dalam suatu tatanan kelembagaan, juga lebih mudah diperoleh.

Kesimpulan

- Minyak nilam merupakan komoditas penghasil minyak atsiri yang berkontribusi 40% dari total ekspor minyak atsiri Indonesia, dan mampu memasok 80-90% kebutuhan pasar minyak nilam dunia.
- Permasalahan agroindustri nilam adalah kesinambungan produksi

mutu terna serta minyak nilam bervariasi dan cenderung rendah sehingga harga yang diterima tidak terlalu tinggi.

- Kebutuhan pelaku (petani, penyuling, pedagang dan Pemerintah) dalam sistem agroindustri nilam adalah peningkatan pendapatan. Untuk meningkatkan pendapatan dicapai dengan peningkatan kemampuan produksi dan mutu minyak nilam.
- Agregasi pendapat pakar dalam pemilihan alternatif aktifitas pengembangan yang dinilai penting adalah (1) pengembangan teknologi penyulingan (2) pengembangan teknologi budidaya (3) penataan kelembagaan usaha (4) dukungan alternatif pemodal
- Pemilihan strategi menggunakan *fuzzy-AHP* dengan menghitung nilai Eigen maka faktor yang paling penting adalah kesinambungan dan mutu bahan baku (0.61), proses ekstraksi (0.32) dan kecukupan biaya usaha (0.07). Sedangkan urutan alternatif pengembangan adalah implementasi dan pengembangan teknologi budidaya (0.52), implementasi dan pengembangan teknologi penyulingan (0.35), dukungan alternatif pemodal (0.08) dan pengembangan kelembagaan usaha (0.05).
- Model formulasi strategi pengembangan agroindustri nilam dengan *fuzzy-AHP* menunjukkan konsistensi penilaian pakar (penilaian setiap pakar $CR \leq 0.1$) sehingga dapat dijadikan penunjang pengambilan keputusan.
- Strategi aplikasi dan pengembangan teknologi budidaya antara lain adalah pemilihan varietas unggulan terutama klon dari Aceh, dan pemilihan daerah unggulan budidaya yang sesuai terutama dataran tinggi dengan curah hujan

2000-3000mm dan suhu 24-28 °C serta teknik perlakuan budidaya.

- Strategi aplikasi dan pengembangan teknologi penyulingan antara lain penggunaan sistem penyulingan uap, penggunaan tangki suling alumunium dan pengaturan komposisi batang, ranting dan daun dalam terna nilam.

Saran

- Perlu dikembangkan paket aplikasi program untuk pengolahan *fuzzy* AHP, sehingga perhitungan nilai Eigen dan pengujian konsistensi dapat dilakukan dengan mudah.
- Dibutuhkan pengembangan sistem terintegrasi berbasis data dan basis model dengan penilaian non numerik yang *user friendly*, untuk menyusun strategi sebagai penunjang keputusan.
- Perlu dilakukan penelitian lebih mendalam untuk mengembangkan agroindustri nilam, sehingga mampu menjadi komoditi unggulan yang memberikan nilai tambah dan berdaya saing tinggi, dan perlu dikembangkan industri hilir fraksinasi sehingga memberikan pendapatan yang lebih besar.
- Untuk pengembangan agroindustri nilam diperlukan akuisisi pendapat dari pelaku yang secara langsung terlibat, serta mengintegrasikan aktifitas yang penting dalam pengembangan agroindustri nilam.

Daftar Pustaka

- Eriyatno, "Ilmu Sistem Meningkatkan Mutu dan Efektifitas Manajemen", IPB Press, Bogor, 1999.
- Marimin, "Teori Aplikasi Sistem Pakar dalam Teknologi Manajerial", IPB Press, Bogor, 2002.
- Marimin, "Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk", Grasindo, Jakarta, 2004.
- Kusumadewi S dan Hari Purnomo, "Aplikasi Logika *Fuzzy* untuk Pendukung Keputusan", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2004.

Machfud., "Rekayasa Model Penunjang Keputusan Kelompok dengan Fuzzy Logic untuk Sistem Pengembangan Agroindustri Minyak Atsiri", Desertasi pada Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2001.

Rusli S., "Nilam: Teknologi Penyulingan dan Penanganan Minyak Bermutu Tinggi" Booklet. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian-Balitro, Bogor, 2003.

Saaty, TL. "*The Analytic Hierarchy Process*", McGraw Hill Book Co, New York, 1980.

Sudaryani dan Sugiharti, "Budidaya Tanaman Nilam", Gramedia, Jakarta, 1991.

Wikardi, E.A., dkk, "Perkembangan Penelitian Tanaman Nilam", Balai Penelitian Tanaman Rempah Obat-Bogor, 1990.

Yager, R.R., "*On Ordered Weighted Aggregation Operators in Multicriteria Decision Making*", IEEE Transaction on System, Man and Cybernatics, Vol 18 (1), 1998.