

**MODEL PENUNJANG KEPUTUSAN PENGEMBANGAN AGROINDUSTRI GULA TEBU
(Studi Kasus di Provinsi Nusa Tenggara Timur)**

**DECISION SUPPORT MODEL FOR SUGARCANE AGROINDUSTRIAL DEVELOPMENT
(A Case Study at East Nusa Tenggara Province)**

Fahrizal^{1)*}, Marimin²⁾, Mohamad Yani²⁾, M. Yanuar Jarwadi Purwanto³⁾, Sumaryanto⁴⁾

¹⁾Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Nusa Cendana
Jl. Adisucipto, Penfui, Kupang, 85000, Nusa Tenggara Timur, Indonesia
Email : fahrizal_undana@yahoo.com

²⁾Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

³⁾Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

⁴⁾Pusat Studi Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Kementerian Pertanian Republik Indonesia

ABSTRACT

Decision making of sugarcane agroindustrial development at East Nusa Tenggara Province involves high levels of complexity, such as the number and uneven population distribution, uneven infrastructure and cost structure, as well as diversity in agroclimate factors and soil types. The purpose of this research was to create a model for decision support of sugarcane industry development at East Nusa Tenggara Province, through the stages of location selection, preparation of system structure for sugarcane partnerships, and financial feasibility analysis. Analytical Hierarchy Process (AHP) method was used to select the location. Geographic Information System (GIS) method was used to analyze spatial of selected locations, and Location Quotient (LQ) method was used to determine prioritized region. Interpretive Structural Modeling (ISM) was used to structure partnership, and financial feasibility analysis was used to analyze feasibility. Based on the evaluation of objectives, criteria and alternatives of AHP, the purpose of employment obtained the highest score of 0.659, demographic criteria had the highest priority with a score of 0.419. The results of the alternative rankings show that Belu district was the highest of 0.437. LQ analysis show that the first priority to be sugarcane industry was district Weliman. Financial analysis show that at discount rate of 12%, NPV of Rp 215,944,224,926. Net BC ratio of 1.13, IRR of 17.37%, and PBP of 9.91 years. In conclusion, sugarcane agroindustry development at East Nusa Tenggara Province was feasible.

Keywords: Sugarcane agroindustry, location selection, feasibility analysis, location quotient

ABSTRAK

Pengembangan agroindustri gula tebu di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) merupakan proses pengambilan keputusan strategis. Proses ini dihadapkan pada tingkat kompleksitas tinggi, seperti jumlah dan penyebaran tenaga kerja tidak merata, ketersediaan infrastruktur dan struktur biaya tidak seragam, serta keberagaman pada faktor agroklimat dan jenis tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun model penunjang keputusan pengembangan agroindustri gula tebu di NTT, melalui tahapan seleksi lokasi agroindustri, penyusunan struktur sistem pengembangan kemitraan tebu rakyat dan analisis kelayakan finansial. Seleksi lokasi agroindustri menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), kemudian analisis spasial lokasi prioritas menggunakan metode *Geographic Information System* (GIS) dan penentuan kawasan prioritas menggunakan metode *Location Quotient* (LQ). Strukturisasi sistem pengembangan kemitraan tebu rakyat menggunakan *Interpretive Structural Modeling* (ISM) dan analisis kelayakan finansial menggunakan analisis kelayakan usaha. Berdasarkan evaluasi tujuan, kriteria dan alternatif menggunakan teknik AHP diperoleh hasil bahwa tujuan penyerapan tenaga kerja mendapatkan skor tertinggi dengan skor 0,659. Kriteria demografi mendapatkan prioritas tertinggi dengan skor 0,419. Penilaian alternatif diperoleh hasil bahwa skor tertinggi pada Kabupaten Belu dengan skor 0,437. Berdasarkan analisis LQ diperoleh bahwa Kecamatan Weliman menjadi prioritas pertama menjadi kawasan pengembangan agroindustri gula tebu. Berdasarkan analisis kelayakan finansial diketahui bahwa pada *discount rate* 12%, nilai NPV sebesar Rp 215.944.224.926, Net BC rasio sebesar 1,13, IRR 17,37% dan PBP 9,91 tahun. Pengembangan agroindustri gula tebu di NTT layak untuk dilakukan.

Kata kunci: agroindustri gula tebu, seleksi lokasi, analisis kelayakan, *location quotient*

PENDAHULUAN

Gula merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi masyarakat dan industri yang saat ini masih terus menjadi masalah karena kekurangan produksi dalam negeri, sementara kebutuhan terus meningkat (Dirjen Industri Agro dan Kimia Departemen Perindustrian, 2009). Konsumsi gula

nasional terus meningkat seiring dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,49% pertahun (BPS, 2012a). Luas areal tanaman tebu tahun 2012 sebesar 453.321 hektar dengan produksi gula mencapai 2,7 juta ton, sedangkan total konsumsi mencapai 5,4 juta ton (BPS, 2012b).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk peningkatan produksi gula nasional. Selain upaya

peningkatan produktivitas di tingkat *on farm* (perkebunan tebu) dan *off farm* (rendahnya mutu bahan baku tebu dan pabrik gula yang makin tua dan tidak terpelihara dengan baik), serta perbaikan manajemen yang tidak memadai baik di tingkat pabrik maupun areal perkebunan tebu, upaya lain adalah membangun pabrik gula baru di luar Pulau Jawa, terutama pada lahan kering di Kawasan Timur Indonesia (KTI). Setidaknya terdapat dua alasan yang sangat mendukung, yaitu potensi luas lahan masih tersedia menurut skala ekonomi terutama lahan kering dan kesesuaian agroklimat. Potensi lahan kering untuk pengembangan perkebunan tebu sekitar 4,0 juta ha tersebar di Kalimantan, Sulawesi, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur dan Papua (Mulyadi *et al.*, 2009).

Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) merupakan bagian dari KTI memiliki potensi untuk menjadi produsen gula nasional, karena dukungan agroekosistem, luas lahan, dan tenaga kerja. Luas lahan yang masih tersedia berupa semak belukar, lahan terbuka (bero), dan sedikit merupakan areal perkebunan (Mulyadi *et al.*, 2009), sewa lahan dan biaya tenaga kerja yang murah serta intensitas radiasi matahari dan lama penyinaran yang tinggi menjadi keunggulan komparatif wilayah NTT untuk pengembangan agroindustri tebu. Intensitas radiasi matahari dan lama penyinaran yang tinggi di lahan kering menyebabkan hasil fotosintesa bersih (*net photosynthetic yield*) tanaman tebu dapat maksimal, atau rendemen tebu meningkat (Irianto, 2003). Hasil percobaan penanaman tebu dengan varietas F 154, F 156, M 442-51, Q 90, Co 1148, Ps 56, BM 261, BP 138, dan BR 1381, diperoleh rendemen tebu rata-rata 12,73% (BPPPG, 1985).

Wilayah NTT beriklim kering dipengaruhi oleh angin musim. Periode musim kemarau lebih panjang, yaitu 7 bulan (Mei sampai Nopember), sedangkan musim hujan hanya 5 bulan (Desember sampai April). Suhu udara maksimum rata-rata 29 °C, dan suhu udara minimum 26,1°C. Jenis tanah umumnya mediteran, latosol, dan grumosol (Setda Provinsi NTT, 2009). Curah hujan dominan pada kisaran antara 1000-2000 mm per tahun (Djaenuidin *et al.*, 2002). Rata-rata lama penyinaran matahari tahun 2008 sampai dengan 2012 sebesar 93,76% (BMKG Provinsi NTT, 2012). Kriteria tersebut memungkinkan wilayah NTT sangat cocok untuk pengembangan agroindustri gula tebu. Berdasarkan peta Zona Agroekologi (ZAE) skala 1:250.000, diketahui luas areal lahan kering di NTT mencapai 4.691.588 ha, sedangkan luas lahan yang sesuai untuk tanaman pangan semusim (termasuk tebu) sebesar 439.203 ha yang tersebar di Pulau Sumba, Flores dan Pulau Timor (BPTP Provinsi NTT, 2007).

Pramuhadi (2005) menyatakan bahwa produktivitas tebu lahan kering merupakan fungsi dari faktor generik tanaman, faktor lingkungan, dan faktor tindakan budidaya tanaman. Produktivitas

tebu dapat mencapai maksimum apabila ketiga faktor tersebut pada kondisi optimum. Berkaitan dengan pengembangan agroindustri gula tebu di NTT, ketiga faktor tersebut menjadi penentu dalam peningkatan produktivitas tebu. Faktor generik yang biasa digunakan sebagai penentu produksi tebu adalah varietas dan genotip. Faktor lingkungan seperti jenis tanah, ketinggian tempat, letak geografis, dan iklim menjadi penentu produksi tebu karena lingkungan mempengaruhi ketersediaan sinar matahari, udara, dan air sehingga lingkungan berperan sebagai media sarana atau media bagi tebu untuk beradaptasi dan tumbuh hingga panen. Faktor tindakan budidaya tanaman merupakan faktor tindakan manusia untuk menumbuhkan tebu dengan sebaik-baiknya supaya produksi tebu tinggi melalui penerapan teknik budidaya tebu mulai dari pengolahan tanah, penanaman, dan pemeliharaan tanaman hingga panen.

Beberapa kajian telah dilakukan yang berkaitan langsung dengan agroindustri gula tebu, seperti kajian peningkatan produktivitas (Suhada, 2012), analisis kehilangan sukrosa dalam sistem terbang muat angkut di pabrik gula (Bantacut *et al.*, 2012), sistem penunjang keputusan (SPK) pengendalian proses produksi gula kristal (Marimin *et al.*, 2009), dan sinkronisasi penjaminan kinerja rantai pasok agroindustri gula tebu (Sriwana dan Djatna, 2012).

Provinsi NTT terdiri dari 21 kabupaten dan kota, merupakan wilayah kepulauan yang terdiri dari 566 pulau, terdiri dari 4 pulau besar, yaitu Flores, Sumba, Timor, dan Alor, selebihnya adalah pulau-pulau kecil (Setda Provinsi NTT, 2009). Kenyataan ini berdampak pada proses pengambilan keputusan pengembangan agroindustri gula tebu di NTT. Proses ini dihadapkan pada tingkat kompleksitas tinggi, seperti keragaman wilayah mencakup iklim, tanah, topografi, dan sifat lingkungan lainnya (Djaenuidin *et al.*, 2002). Ketersediaan infrastruktur dan struktur biaya tidak seragam, jumlah dan penyebaran tenaga kerja tidak merata, serta keberagaman kultur masyarakatnya. Berdasarkan kondisi tersebut, maka proses pengambilan keputusan pengembangan agroindustri gula tebu di NTT dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Multi Criteria Decision Making* (MCDM), analisis spasial, *Group Learning Process*, dan analisis finansial.

Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) merupakan salah satu pendekatan *multi criteria decision making* (Cinar, 2010). Metode ini digunakan untuk menemukan pemecahan masalah yang bersifat strategi dengan tahapan berupa: (1) identifikasi sistem, (2) penyusunan hirarki, (3) penyusunan matrik gabungan, (4) pengolahan vertikal, dan (5) perhitungan vektor prioritas. Konsistensi pendapat merupakan persyaratan dalam AHP yang dapat diketahui dengan menggunakan rumus *eigen value*.

Zhang dan Sutherland (2011) menggunakan metode *Geographic Information System* (GIS) untuk mengidentifikasi lokasi optimal untuk mengkonversi limbah biomassa menjadi *biofuel*. Dalam kaitannya dengan pengembangan kawasan agroindustri, Dewanti dan Santoso (2012) menggunakan pendekatan analisis *Location Quotient* (LQ) untuk menentukan lokasi yang paling potensial untuk dikembangkan sebagai kawasan industri.

Kajian relasi fungsional antara pabrik gula dengan petani tebu, dilakukan menggunakan pendekatan *Interpretive Structural Modelling* (ISM). ISM merupakan teknik permodelan yang dikembangkan untuk perencanaan kebijakan strategis melalui pengkajian kelompok (*group learning process*) di mana model-model struktural dihasilkan guna memotret perihal yang kompleks dari suatu sistem, melalui pola yang dirancang secara saksama dengan menggunakan grafis atau kalimat (Marimin, 2008).

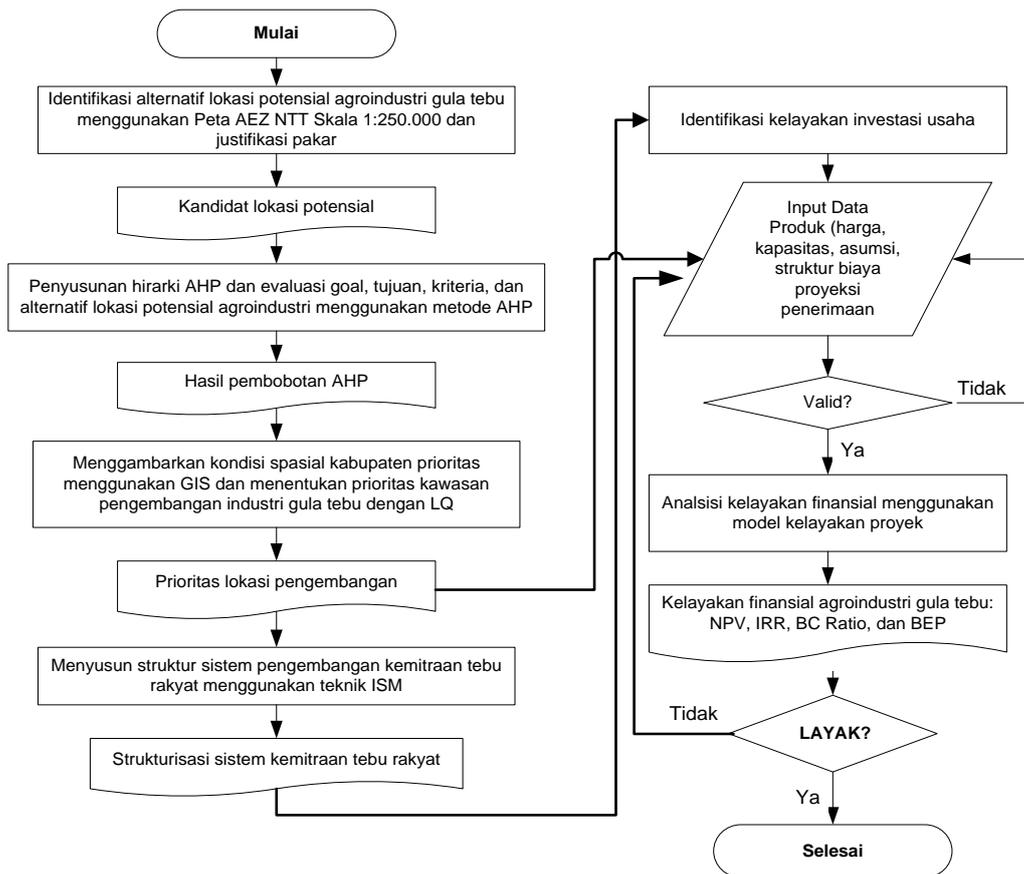
Solusi yang ditawarkan dalam model penunjang keputusan pengembangan agroindustri gula tebu di NTT menggunakan metode AHP, GIS, LQ, ISM dan analisis kelayakan finansial. AHP digunakan untuk penyusunan hirarki serta penilaian tujuan, kriteria dan alternatif. GIS digunakan untuk menggambarkan kondisi spasial alternatif lokasi terpilih, dan LQ untuk menentukan prioritas lokasi untuk menjadi kawasan pengembangan. ISM

digunakan untuk menyusun elemen-elemen struktur sistem pengembangan kemitraan tebu rakyat, sedangkan metode analisis kelayakan finansial untuk menentukan kelayakan finansial pengembangan industri gula tebu.

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan model penunjang keputusan pengembangan agroindustri gula tebu dengan pendekatan sistem, yang terdiri dari sub model pemilihan lokasi, strukturisasi sistem kemitraan tebu rakyat, dan kelayakan finansial. Model ini diharapkan dapat digunakan oleh pengambil keputusan dalam upaya pengembangan industri gula tebu di Provinsi Nusa Tenggara Timur.

METODE PENELITIAN

Tahapan dalam penelitian ini terdiri dari : (1) identifikasi dan penentuan alternatif lokasi agroindustri gula tebu; (2) penilaian tujuan, kriteria, dan alternatif struktur AHP; (3) menggambarkan kondisi spasial lokasi kabupaten terpilih; (4) menentukan kawasan potensial pengembangan industri gula tebu; (5) menyusun struktur sistem pengembangan kemitraan tebu rakyat; dan (6) melakukan analisis kelayakan finansial pengembangan agroindustri gula tebu. Secara umum tahapan penelitian disajikan dalam bentuk *flow chart* pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan penelitian model penunjang keputusan pengembangan agroindustri gula tebu

Identifikasi dan penentuan alternatif lokasi industri gula tebu pada salah satu kabupaten di NTT menggunakan Peta ZAE Provinsi NTT Skala 1:250.000 (BPTP Provinsi NTT, 2007). Berdasarkan peta ZAE, areal tebu berada pada jenis tanah mediteran, latosol, dan grumosol. Jika diasumsikan bahwa seluruh luasan tersebut berpotensi untuk dikembangkan sebagai areal tebu, karena memiliki karakteristik biofisik yang sama, maka luas potensi lahan untuk pengembangan tebu di Provinsi NTT mencapai 281.730 ha (BPTP Provinsi NTT, 2007).

Pada tahap identifikasi kandidat lokasi, dilakukan melalui penilaian Peta AEZ Provinsi NTT oleh beberapa pakar yang berasal dari Balai Penelitian Teknologi Pertanian (BPTP) Provinsi NTT, Dinas Pertanian dan Perkebunan Provinsi NTT, Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Provinsi NTT, dan Balai Besar Pusat Penelitian Sumberdaya Lahan Pertanian di Bogor serta Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi di Bogor. Identifikasi alternatif juga didukung oleh hasil kajian pustaka. Data pendukung kandidat lokasi disajikan pada Tabel 1.

Tahap berikutnya adalah penyusunan hirarki dan penilaian tujuan, kriteria, dan alternatif menggunakan teknik AHP (Marimin, 2008). Tahapan ini dilakukan untuk mendapatkan prioritas setiap elemen hirarki berdasarkan bobot hasil penilaian dari beberapa pakar. Alternatif dengan bobot tertinggi merupakan prioritas pertama alternatif lokasi pengembangan industri gula tebu pada tingkat kabupaten.

Berdasarkan prioritas alternatif lokasi, tahap selanjutnya adalah menentukan lokasi untuk kawasan pengembangan agroindustri gula tebu pada tingkat kecamatan di kabupaten prioritas, menggunakan metode GIS dan LQ. Metode GIS digunakan untuk menggambarkan kondisi spasial kabupaten prioritas dalam konteks pembangunan industri pertanian, sehingga tidak terjadi konflik terhadap penataan ruang pada sektor lain. Sedangkan metode LQ digunakan dalam menentukan apakah suatu lokasi tertentu dapat digunakan sebagai sektor basis di zona tersebut. Sektor basis tersebut diindikasikan memiliki potensi sumbangsih terbesar dalam penyerapan tenaga kerja. Lokasi kecamatan yang layak menjadi basis memiliki nilai $LQ > 1$. Adapun rumusan LQ

direpresentasikan pada persamaan (1) (Rustiadi *et al.*, 2011).

$$LQ = \frac{SP_j / XP_T}{VT_j / VT_T} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- SP_j = jumlah tenaga kerja pada sektor pertanian di kecamatan j
- XP_T = jumlah total tenaga kerja di sektor pertanian di kabupaten prioritas
- VT_j = jumlah total tenaga kerja di kecamatan j
- V_T = jumlah total tenaga kerja di kabupaten prioritas

Tahap berikutnya adalah menyusun struktur sistem pengembangan kemitraan tebu rakyat. Strukturisasi sistem pengembangan kemitraan tebu rakyat menggunakan pendekatan sistem dengan metode ISM. Metode ini dapat digunakan untuk membantu suatu kelompok dalam mengidentifikasi hubungan kontekstual antar sub elemen dari setiap elemen yang membentuk suatu sistem berdasarkan gagasan atau struktur penentu dalam sebuah masalah yang kompleks (Marimin, 2008).

Strukturisasi sistem pengembangan kemitraan tebu rakyat terdiri dari delapan elemen yang dikaji, seperti berikut:

1. Elemen tujuan sistem kemitraan tebu rakyat
2. Elemen kebutuhan sistem kemitraan tebu rakyat
3. Elemen kendala utama sistem kemitraan
4. Elemen tolok ukur keberhasilan sistem kemitraan
5. Lembaga pelaku utama
6. Elemen sektor masyarakat yang terpengaruh
7. Elemen perubahan yang diinginkan
8. Elemen aktivitas yang dibutuhkan.

Kedelapan elemen sistem dalam pengembangan kemitraan tebu rakyat dijabarkan menjadi sejumlah sub-sub elemen. Proses strukturisasi sistem pengembangan kemitraan tebu rakyat didasarkan pada hasil kajian pustaka dan pendapat pakar dan pihak yang terkait yang dilakukan melalui wawancara secara mendalam. Hasil yang diperoleh dari analisis ISM ini adalah informasi struktur sistem kemitraan yang berupa hirarki sub elemen diantara sub elemen yang lain.

Tabel 1. Jumlah penduduk produktif dan curah hujan rata-rata pada kandidat lokasi pengembangan agroindustri gula tebu di Provinsi Nusa Tenggara Timur

Alternatif lokasi	Jumlah penduduk produktif (orang)*	Curah hujan rata-rata (mm/tahun)**
Belu	158.286	1.599
Sumba Timur	106.067	1.107
Sumba Barat	46.732	1.094
Sumba Tengah	123.941	1.046
Sumba Barat Daya	61.957	1.662

Sumber: *BPS Provinsi NTT (2013), **BMKG Provinsi NTT (2012)

Klasifikasi sub elemen berdasarkan karakteristik yang dinyatakan dengan tingkat *driver power*, dan tingkat *dependency* masing-masing sub elemen dalam satu elemen, serta identifikasi elemen kunci dalam sistem kemitraan tebu rakyat. Hasil penilaian hubungan kontekstual antar sub elemen dalam sistem hasilnya dirangkum dalam bentuk *Structural Self Interaction Matrix* (SSIM).

Selanjutnya disusun tabel *Reachability Matrix* (RM) dengan mengganti simbol (V, A, X, dan O) yang digunakan untuk mewakili tipe hubungan yang ada antar dua elemen. Hubungan kontekstual antar sub elemen pada setiap elemen sistem kemitraan tebu rakyat sebagai berikut:

1. Elemen tujuan sistem kemitraan, hubungan kontekstualnya adalah sub elemen tujuan yang satu memberikan kontribusi tercapainya sub elemen tujuan yang lain.
2. Elemen kebutuhan sistem kemitraan, hubungan kontekstualnya adalah sub elemen kebutuhan yang satu mendukung terpenuhinya sub elemen kebutuhan yang lain.
3. Elemen kendala utama sistem kemitraan, hubungan kontekstualnya adalah sub elemen kendala yang satu menyebabkan sub elemen kendala yang lain.
4. Elemen tolok ukur keberhasilan pencapaian tujuan sistem kemitraan, hubungan kontekstualnya adalah sub elemen tolok ukur keberhasilan pencapaian tujuan yang satu memberikan kontribusi terhadap sub elemen tolok ukur pencapaian tujuan yang lain.
5. Elemen lembaga pelaku utama, hubungan kontekstualnya adalah sub elemen lembaga pelaku yang satu mendorong lembaga pelaku yang lain.
6. Elemen sektor masyarakat yang terpengaruh, hubungan kontekstualnya adalah sub elemen sektor masyarakat yang terpengaruh mempengaruhi sub elemen sektor masyarakat yang lain.
7. Elemen perubahan yang diinginkan, hubungan kontekstualnya adalah sub elemen perubahan yang satu menyebabkan atau mendorong sub elemen perubahan yang lain.
8. Elemen aktivitas yang dibutuhkan, hubungan kontekstualnya adalah sub elemen aktivitas yang dibutuhkan yang satu mendukung sub elemen aktivitas yang dibutuhkan dalam sistem kemitraan tebu rakyat yang lain.

Tahap terakhir adalah melakukan analisis kelayakan finansial pengembangan agroindustri gula tebu menggunakan analisis kelayakan usaha. Salah satu cara untuk mengetahui kelayakan finansial adalah dengan metode *cash flow analysis*. Alasan dari penggunaan metode ini adalah adanya pengaruh waktu terhadap nilai uang selama umur kegiatan usaha. Untuk mengetahui tingkat kelayakan finansial, dapat digunakan kriteria investasi, yaitu *Payback Period* (PBP), *Benefit Cost Ratio* (BCR), *Net Present Value* (NPV), *Net Benefit Cost Ratio*

(Net BCR) dan *Internal Rate of Return* (IRR). NPV merupakan nilai sekarang dari suatu usaha atau industri dikurangi dengan biaya sekarang dari suatu industri pada tahun tertentu (Rustiadi *et al.*, 2011; Pujawan, 2009). *Net BC ratio* adalah cara evaluasi usaha atau industri dengan membandingkan nilai sekarang seluruh hasil yang diperoleh suatu usaha atau industri dengan nilai sekarang seluruh usaha atau kegiatan (Pujawan, 2009). *Internal Rate of Return* (IRR) adalah nilai diskonto yang membuat NPV dari kegiatan usaha sama dengan nol. Dengan demikian IRR merupakan tingkat bunga maksimum yang dapat dibayar oleh kegiatan usaha tersebut untuk sumberdaya yang digunakan (Pujawan, 2009).

Analisis sensitivitas dilakukan untuk melihat kelayakan investasi berdasarkan skenario pada penurunan produktivitas tebu dan rendemen tebu, serta kenaikan tingkat suku bunga.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi tujuan, kriteria, dan alternatif lokasi

Struktur hirarki AHP pemilihan lokasi agroindustri gula tebu terdiri dari goal, tujuan, kriteria dan alternatif. Hubungan hirarki goal, tujuan, kriteria dan alternatif dalam AHP disajikan pada Gambar 2.

Perhitungan AHP menggunakan perangkat lunak AHP. Berdasarkan pembobotan dengan metode AHP diperoleh bobot tujuan, kriteria dan bobot alternatif dari setiap kriteria sebagai berikut:

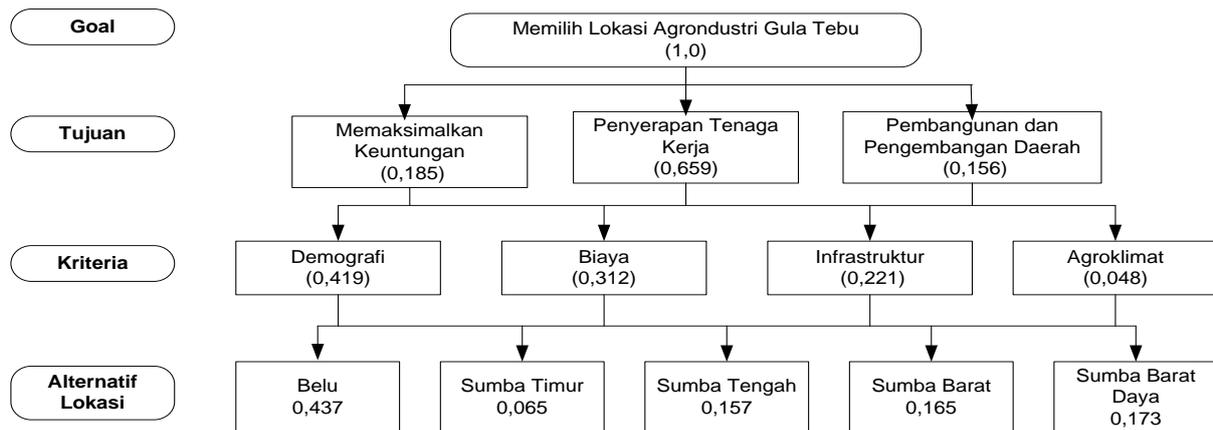
$$W_{Tujuan} = (0,185 \ 0,659 \ 0,156)^T$$

$$W_{Kriteria} = (0,419 \ 0,312 \ 0,221 \ 0,048)^T$$

$$W_{Alternatif} = (0,437 \ 0,065 \ 0,157 \ 0,165 \ 0,173)^T$$

Penyerapan tenaga kerja mendapatkan prioritas tertinggi dalam tujuan pemilihan lokasi industri gula tebu di Provinsi NTT. Hal tersebut sejalan dengan kebijakan investasi agribisnis gula, bahwa pengembangan industri gula tebu dalam negeri akan menyerap tenaga kerja dalam jumlah besar, penyerapan lahan tidur, dan mendukung pengembangan ekonomi daerah (Sekretariat Dewan Ketahanan Pangan, 2004). Agroindustri gula tebu merupakan industri padat karya, sehingga membutuhkan curahan tenaga kerja yang banyak terutama pada saat musim panen.

Kabupaten Belu merupakan prioritas alternatif lokasi pengembangan industri gula tebu di NTT dengan skor 0,437. Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa Kabupaten Belu memiliki jumlah penduduk usia produktif terbesar dibandingkan dengan alternatif lokasi lainnya. Karakter sosial budaya masyarakat yang mudah menerima teknologi serta etos kerja menjadi pertimbangan dalam pembangunan agroindustri. Hal ini terlihat dengan munculnya beberapa industri rumahan berbasis agro di wilayah ini, seperti pengolahan jambu mete, kacang-kacangan, jagung olahan dan makanan ringan lainnya.



Gambar 2. Struktur hirarki goal, tujuan, kriteria dan alternatif lokasi dalam AHP

Curah hujan rata-rata di Kabupaten Belu sebesar 1.599, lebih tinggi dari Kabupaten Sumba Timur, Sumba Barat dan Sumba Tengah. Jumlah curah hujan ini memungkinkan untuk pertumbuhan tebu, walaupun dibutuhkan sarana pendukung irigasi. Ditinjau dari ketersediaan infrastruktur, Kabupaten Belu memiliki infrastruktur berupa pelabuhan laut di Atapupu, yang selama ini digunakan sebagai akses keluar dan masuk barang. Akses ke ibukota provinsi cukup lancar. Kabupaten Belu memiliki kriteria biaya lebih rendah dibanding dengan alternatif lokasi lainnya. Kriteria biaya tersebut adalah biaya transportasi, biaya tenaga kerja, dan biaya hidup (*cost of living*).

Kondisi Spasial Kabupaten Belu

Peta Kabupaten Belu diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Belu tahun 2013 yang menampilkan kecamatan yang merupakan kawasan untuk pengembangan industri pertanian. Data yang menjadi masukan adalah data yang menunjang dalam pengembangan industri pertanian seperti, batas kabupaten, batas kecamatan kecamatan, sungai, dan zona kawasan ruang. Skala yang digunakan dalam pembuatan peta adalah 1:250.000.

Berdasarkan analisis spasial menggunakan GIS terdapat tujuh kecamatan yang merupakan kawasan pengembangan industri pertanian di Kabupaten Belu, terdiri dari Kecamatan Kakuluk

Mesak, Atambua, Tasifeto Barat, Raimanuk, Malaka Tengah, Malaka Barat dan Kecamatan Weliman.

Penentuan Prioritas Zona Pengembangan Agroindustri Gula Tebu

Location quotient digunakan dalam menentukan apakah suatu lokasi tertentu dapat digunakan sebagai sektor basis di zona tersebut. Indikator yang digunakan dalam penentuan sektor basis sangat tergantung pada tujuan penelitian (Rustiadi *et al.*, 2011). Dalam penelitian ini, sektor usaha diindikasikan memiliki kegiatan atau aktivitas yang memiliki potensi sumbangsih terbesar dalam penyerapan tenaga kerja. Berdasarkan data yang diperoleh terdapat tujuh kawasan (kecamatan) untuk pengembangan usaha industri pertanian (BPS Kabupaten Belu, 2013). Lokasi kecamatan yang layak menjadi basis memiliki nilai $LQ > 1$. Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan (1) diperoleh hasil pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 dapat dijelaskan bahwa berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode LQ, terdapat empat zona yang menjadi prioritas pengembangan ($LQ > 1$) dan tiga zona yang tidak menjadi prioritas ($LQ \leq 1$). Zona atau kawasan yang mendapatkan nilai LQ tertinggi akan menjadi prioritas pertama dalam pengembangan industri gula tebu. Prioritas pertama adalah Kecamatan Weliman, kemudian Kecamatan Malaka Barat, Kecamatan Kakuluk Messak, dan terakhir Kecamatan Malaka Tengah.

Tabel 2. Hasil perhitungan nilai LQ dan prioritas lokasi pengembangan agroindustri gula tebu di Kabupaten Belu

Zona wilayah kecamatan	Nilai LQ	Keterangan
Weliman	1,113	Prioritas 1
Malaka Barat	1,071	Prioritas 2
Kakuluk Messak	1,041	Prioritas 3
Malaka Tengah	1,033	Prioritas 4
Raimanuk	0,985	Tidak menjadi prioritas
Tasifeto Barat	0,880	Tidak menjadi prioritas
Atambua	0,835	Tidak menjadi prioritas

Strukturisasi Sistem Pengembangan Kemitraan Tebu Rakyat

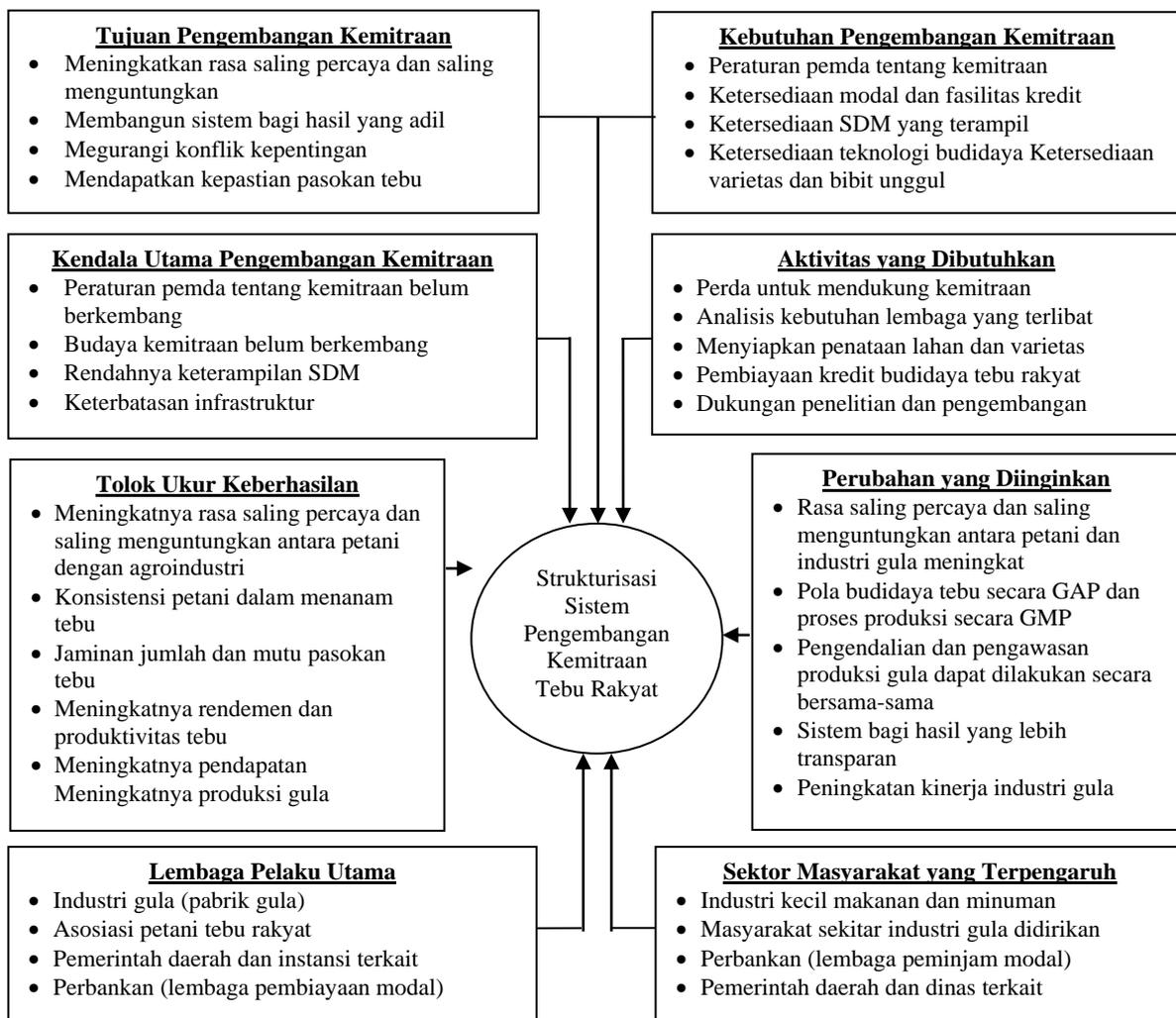
Berdasarkan analisis strukturisasi sistem pengembangan kemitraan tebu rakyat ditemukan sub elemen kunci yang dapat dijadikan pedoman dalam merancang bangun sistem pengembangan kemitraan tebu rakyat di Provinsi NTT. Strukturisasi elemen-elemen kunci sistem pengembangan kemitraan tebu rakyat disajikan pada Gambar 3.

Tujuan utama sistem pengembangan kemitraan tebu rakyat adalah meningkatkan rasa saling percaya dan saling menguntungkan antara agroindustri dengan petani tebu. Susila (2005) menyatakan bahwa keberhasilan dan kesinambungan kemitraan harus dilandasi pada azas saling menguntungkan dan membutuhkan. Azas saling percaya akan mengurangi konflik kepentingan antar setiap pelaku dalam kemitraan. Azas saling menguntungkan mendorong setiap pelaku untuk membangun sistem bagi hasil yang adil. Sub elemen ini perlu diperhatikan secara serius karena rasa saling percaya, saling menguntungkan, serta saling membutuhkan erat kaitannya dengan konsistensi petani untuk menanam tebu, semangat petani untuk

meningkatkan produktivitas dan rendemen tebu, tingkat pendapatan petani dan industri serta keberlangsungan industri gula.

Meningkatnya rasa saling percaya dan saling menguntungkan antara agroindustri dengan petani tebu merupakan tolok ukur keberhasilan kemitraan tebu rakyat. Keberhasilan ini akan mendorong peningkatan produksi gula. Kebutuhan utama pengembangan kemitraan tebu rakyat adalah peraturan pemda tentang kemitraan. Pemerintah daerah harus ikut mendorong pengembangan kemitraan dengan membuat peraturan yang wajib ditaati bersama untuk kepentingan bersama. Dengan peraturan, fungsi dan peran serta hak dan kewajiban dapat dilaksanakan oleh semua pihak yang terlibat dalam kemitraan.

Kendala utama dari sistem pengembangan kemitraan tebu rakyat adalah peraturan pemda tentang kemitraan belum berkembang dengan baik, baik pada komoditas tebu rakyat maupun pada komoditas lain. Akibatnya, budaya masyarakat petani terhadap sistem kemitraan juga belum berkembang.



Gambar 3. Strukturisasi elemen-elemen kunci sistem pengembangan kemitraan tebu rakyat

Hal tersebut juga tidak didukung oleh keterampilan sumber daya manusia yang memadai, serta minimnya hasil penelitian dan pengembangan pada bidang kemitraan, baik yang dilakukan oleh lembaga litbang maupun perguruan tinggi. Hal lain yang juga menjadi kendala pengembangan adalah keterbatasan akses dana, sarana dan prasarana produksi, serta infrastruktur.

Pelaku utama dalam pengembangan kemitraan tebu rakyat adalah kelompok tani dan industri gula tebu (pabrik gula). Pelaku utama ini didukung oleh keterlibatan koperasi petani tebu rakyat, asosiasi petani tebu rakyat, yang tidak lain merupakan wadah bagi petani dalam menyalurkan hak dan aspirasi dalam kegiatan kemitraan. Perbankan berperan dalam menyalurkan kredit ke kelompok tani dan pabrik gula sebagai avalis. Fungsi dan peran masing-masing diatur di dalam peraturan pemda. Lembaga litbang dan perguruan tinggi berperan dalam penelitian dan pengembangan kemitraan.

Agroindustri gula tebu memiliki keterkaitan ke depan (*forward linkage*) dan keterkaitan kebelakang (*backward linkage*) sangat tinggi. Banyak sektor yang terkait dengan pengembangan agroindustri tebu. Sektor masyarakat di sekitar industri didirikan akan merasakan dampak positif terutama pada penyerapan lapangan kerja. Terbukanya lapangan kerja akan mendorong tumbuhnya usaha tersier atau pendukung, seperti usaha pembibitan tebu, jasa transportasi, usaha perternakan, dan sebagainya. Sektor lain yang juga ikut terdorong adalah perbankan (lembaga peminjam modal) yang diindikasikan dengan meningkatnya jumlah kredit yang disalurkan ke kelompok tani. Perubahan yang diinginkan dari kemitraan tebu rakyat adalah rasa saling percaya dan saling menguntungkan antara petani dengan industri gula meningkat. Perubahan ini akan mendorong petani dan industri untuk melakukan pola budidaya tebu secara *Good Agricultural Product (GAP)* dan proses produksi secara *Good Manufacturing Process (GMP)*, manajemen tanam dan tebang yang lebih terkoordinasi, serta secara bersama-sama melakukan pengendalian dan pengawasan produksi gula. Hal tersebut akan mendorong peningkatan kinerja industri gula. Aktivitas utama yang dilakukan untuk mendukung pengembangan kemitraan tebu rakyat adalah perumusan peraturan daerah untuk mendukung pengembangan kemitraan tebu rakyat. Aktivitas ini akan mendorong aktivitas lainnya, sehingga merupakan sub elemen kunci aktivitas yang dibutuhkan. Aktivitas lain yang ikut terdorong adalah analisis kebutuhan lembaga yang terlibat dalam kemitraan, penataan lahan, penyiapan sarana

produksi dan infrastruktur, dan pembiayaan kredit, serta dukungan penelitian oleh lembaga litbang dan perguruan tinggi.

Analisis Kelayakan Finansial Agroindustri Gula Tebu

Analisis kelayakan finansial dilakukan terhadap pengembangan agroindustri gula tebu pada skala industri menengah dengan kapasitas giling 3000 *tons cane per day (TCD)*, dengan masa giling 150 hari. Jumlah hari giling ini sesuai dengan standar jumlah hari giling beberapa pabrik gula di Jawa (Suhada, 2012). Asumsi yang digunakan dalam penentuan jumlah siklus tanaman mengacu pada Higgins *et al.* (1998) yaitu siklus sampai *ratoon* ke - 3. Data produktivitas dan rendemen tebu mengacu pada hasil penelitian BPPPG (1985), dan Muchow *et al.* (1998). Kapasitas giling pabrik gula sebesar 33% pada tahun ke-1, 66% pada tahun ke-2 dan 100% pada tahun ke-3 dan seterusnya. Pabrik gula menggiling tebu rakyat dan tebu dari lahan yang dikelola langsung melalui bentuk kemitraan. Asumsi luas lahan yang dikelola langsung oleh pabrik gula mengacu pada PG Sindanglaut Cirebon, sebesar 30%. Asumsi-asumsi yang digunakan dalam perhitungan analisis kelayakan finansial disajikan pada Tabel 3.

Biaya operasional lebih tinggi pada tahun pertama sampai tahun ketiga, yang diakibatkan oleh biaya transportasi bibit tebu. Sampai saat ini belum ada perkebunan tebu di NTT, sehingga bibit tebu harus didatangkan dari provinsi lain, seperti dari Jawa Timur atau Sulawesi Selatan. Hasil analisis finansial diperoleh bahwa pada tingkat *opportunity (discount rate)* 12% nilai NPV sebesar Rp 215.944.224.926. Nilai NPV bernilai positif berarti investasi industri gula di NTT layak dilakukan. Nilai *Net BC ratio* sebesar 1,13, lebih besar dari satu, artinya usaha industri gula tebu di NTT layak dilakukan. Nilai IRR sebesar 17,37% artinya layak dilakukan karena lebih besar dari tingkat suku bunga yang ditentukan yaitu 12%. Demikian juga dengan nilai *Payback Period (PBP)* yaitu 9,91 tahun, artinya bahwa investasi akan kembali dalam jangka waktu 9,91 tahun. Analisis sensitivitas menggunakan skenario dilakukan dengan menurunkan produktivitas atau rendemen tebu sampai 10%, serta menaikkan suku bunga sampai 30%. Hasil analisis sensitivitas disajikan pada Tabel 4. Hasil analisis sensitivitas ketiga komponen tersebut menunjukkan usaha tidak layak lagi dilakukan apabila produktivitas dan rendemen tebu turun di atas 10%, serta suku bunga naik di atas 30% dari suku bunga yang ditetapkan sebesar 12% per tahun.

Tabel 3. Asumsi-asumsi yang digunakan dalam perhitungan analisis kelayakan finansial

Uraian	Nilai
Investasi (Rp)	707.284.710.000
Biaya operasional (Rp)	Tahun ke-1:55.000.000.000; Tahun ke-2: 58.000.000.000; Tahun ke-3:60.000.000.000; Tahun ke-4 dan seterusnya:50.000.000.000
Biaya tetap (Rp)	25.000.000.000
Biaya variabel (Rp)	Tahun ke-1:30.000.000.000; Tahun ke-2: 33.000.000.000; Tahun ke-3:35.000.000.000; tahun ke-4 dan seterusnya:25.000.000.000
Revenue (Rp selama 10 tahun)	3.420. 307.327
Suku bunga	12% per tahun
Lama investasi	10 tahun
Rendemen tebu (%)	PC (13,06), R1 (12,7), R2 (12,55), R3 (12,33)
Produktivitas tebu (ton/ha)	PC (91,1), R1 (92), R2 (86,8), R3 (81,1)
Harga gula (Rp/kg)	10.000
Harga molasse (Rp/kg)	1.500

Keterangan :

PC = *plant cane* (tebu tanaman pertama)

R1, R2, R3 = *ratoon 1, ratoon 2, ratoon 3*

Tabel 4. Hasil analisis sensitivitas kelayakan finansial menggunakan skenario

Kriteria skenario	Nilai indikator kelayakan				Keterangan
	NPV	BC rasio	IRR (%)	PBP(tahun)	
Produktivitas tebu turun 10%	20.064.462.450	1,011	12,50	12,29	Layak
Rendemen tebu turun 10%	599.872.504	1,004	12,01	14,27	Layak
Suku bunga naik 30%	21.071.639.189	1,010	16,19	9,97	Layak

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Model penunjang keputusan pengembangan agroindustri gula tebu di NTT terdiri dari sub model pemilihan lokasi, strukturisasi sistem pengembangan kemitraan tebu rakyat dan analisis kelayakan finansial. Penyerapan tenaga kerja merupakan prioritas utama dalam tujuan pemilihan lokasi industri gula, sedangkan kriteria terpenting adalah demografi. Berdasarkan penentuan ranking alternatif lokasi industri gula didapatkan bahwa Kabupaten Belu menempati ranking pertama, disusul Sumba Barat Daya, Sumba Tengah dan terakhir Kabupaten Sumba Timur. Berdasarkan analisis spasial menggunakan GIS diperoleh gambaran bahwa terdapat tujuh kecamatan di Kabupaten Belu yang potensial untuk menjadi kawasan pengembangan industri gula. Hasil perhitungan menggunakan metode LQ disimpulkan bahwa Kecamatan Weliman menjadi prioritas pertama, disusul Malaka Barat, selanjutnya Kakuluk Messak, dan terakhir Kecamatan Malaka Tengah. Berdasarkan analisis struktur sistem pengembangan kemitraan tebu rakyat menggunakan ISM, diperoleh hasil bahwa tujuan utama sistem kemitraan tebu rakyat adalah meningkatkan rasa saling percaya dan saling menguntungkan antara industri dengan kelompok

tani, yang mendorong perwujudan agroindustri tebu secara berkelanjutan. Kebutuhan utama sistem kemitraan adalah peraturan pemerintah daerah tentang kemitraan tebu rakyat, sekaligus dibutuhkan dukungan dari lembaga penelitian dan pengembangan. Kendala utama sistem kemitraan adalah peraturan pemerintah daerah tentang kemitraan di NTT belum berkembang, budaya kemitraan juga belum berkembang di masyarakat dan keterbatasan infrastruktur. Hasil analisis ISM juga diperoleh bahwa tolok ukur keberhasilan sistem kemitraan adalah meningkatnya rasa saling percaya dan saling menguntungkan antara kelompok tani dengan industri, yang bermuara pada meningkatnya produksi gula nasional. Sub elemen perubahan utama yang diinginkan dari sistem kemitraan ini adalah peningkatan rasa saling percaya dan saling menguntungkan, yang pada akhirnya akan mendukung peningkatan kinerja agroindustri gula, serta pengurangan impor gula nasional. Sementara itu sektor masyarakat yang sangat terpengaruh dari sistem kemitraan adalah industri kecil makanan dan minuman. Untuk mendukung pencapaian tujuan sistem kemitraan, aktivitas utama yang dibutuhkan adalah perumusan peraturan daerah untuk mendukung pengembangan kemitraan tebu rakyat.

Berdasarkan analisis kelayakan finansial diketahui bahwa pada *discount rate* 12%, nilai NPV

sebesar Rp 215.944.224.926, nilai *Net BC ratio* sebesar 1,13, nilai IRR sebesar 17,37% nilai *Payback Period* (PBP) yaitu 9,91 tahun. Pengembangan agroindustri gula tebu di NTT layak untuk dilakukan. Hasil analisis sensitivitas dengan beberapa skenario menunjukkan bahwa usaha tidak layak lagi dilakukan apabila produktivitas atau rendemen tebu turun di atas 10%, dan suku bunga naik di atas 30% dari suku bunga yang telah ditetapkan sebesar 12%.

Saran

Model penunjang keputusan pengembangan agroindustri gula tebu di NTT dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mempertimbangkan dukungan tata ruang wilayah dan kondisi *existing* wilayah setempat, terutama perkembangan pemukiman penduduk, dengan menggunakan peta skala yang lebih besar, serta kelayakan ekonomi wilayah. Beberapa metode dapat ditambahkan seperti *shift share analysis* (SSA), integrasi metode spasial dengan teknik optimasi. Beberapa kriteria juga dapat dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi misalnya keamanan, sosial ekonomi, dan sektor tenaga kerja. Analisis kelayakan finansial sebaiknya menggunakan pendekatan *fuzzy*. Optimasi jumlah tebu *ratoon* sebaiknya dipertimbangkan dalam analisis kelayakan finansial.

DAFTAR PUSTAKA

- [Balai Penelitian Perusahaan Perkebunan Gula] BPPPG. 1985. Keragaan dan Masalah Tanaman Tebu Kebun Percobaan Anakalang Sumba Barat, Nusa Tenggara Timur. Pasuruan: BPPPG.
- [Badan Pengkajian Teknologi Pertanian] BPTP Provinsi NTT. 2007. Peta Zona Agroekologi Provinsi NTT. Kupang: BPTP Provinsi NTT.
- Bantacut T, Sukardi, dan Supatma IA. 2012. Kehilangan sukrosa dalam sistem tebang muat angkut di Pabrik Gula Sindang Laut dan Tersana Baru Cirebon. *J Tek Ind Pert.* 22(2):115-121.
- [Badan Pusat Statistik] BPS Republik Indonesia. 2012a. Statistik Penduduk 2012. Jakarta: BPS Republik Indonesia
- [Badan Pusat Statistik] BPS Republik Indonesia. 2012b. Statistik Tebu 2012. Jakarta: BPS Republik Indonesia.
- [Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika] BMKG Provinsi NTT. 2012. Data Curah Hujan Bulanan. Kupang: BMKG Provinsi NTT.
- [Badan Pusat Statistik] BPS Provinsi Nusa Tenggara Timur. 2013. Profil Ketenagakerjaan Provinsi Nusa Tenggara Timur. Kupang: BPS Provinsi NTT.
- [Badan Pusat Statistik] BPS Kabupaten Belu. 2013. Angka Sementara Hasil Sensus Pertanian Kabupaten Belu. Belu: BPS Kabupaten Belu.
- Cinar N. 2010. A decision support model for bank branch location selection. *Int J Human Soc Sci.* 5(13):846-853.
- Dewanti AJ dan Santoso DE. 2012. Penentuan alternatif lokasi pengembangan kawasan agroindustri berbasis komoditas pertanian unggulan di Kabupaten Lamongan. *J Teknik.* 1: 2301-9271.
- [Direktorat Jenderal] Dirjen Industri Agro dan Kimia. 2009. *Roadmap* Industri Gula. Jakarta: Departemen Perindustrian Republik Indonesia
- Djaenudin D, Sulaeman Y, dan Abdurachman A. 2002. Pendekatan Pewilayahan Komoditas Pertanian Menurut Pedo-Agroklimat di Kawasan Timur Indonesia. *J Litbang Pert.* 21(1):1-10.
- Higgins AJ, Muchow RC, Rudd AV, dan Ford AW. 1998. Optimizing harvest date in sugar production: A case study for the Mossman mill region in Australia I. Development of operation research model and solution. *Field Crop Res.* 57:153-162.
- Hong S, Ding J, dan Kamarudin S. 2012. Selection of optimal maintenance policy by using fuzzy multi criteria decision making method. Di dalam *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.* Istanbul Turkey. 3-6 Juli 2012.
- Irianto G. 2003. Tebu lahan kering dan kemandirian gula nasional. Jakarta: Badan Litbang Pertanian. Departemen Pertanian Republik Indonesia.
- Marimin 2008. *Teknik dan Aplikasi Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk.* Cetakan ke 3. Jakarta: Grasindo Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Marimin, Ismayana A, dan Lohjayanti A. 2009. Keragaan kinerja dan sistem penunjang keputusan pengendalian proses produksi gula kristal di PT Rajawali II unit Pabrik Gula Jati Tujuh-Majalengka. *J Tek Ind Pert.* 19 (3):170-181.
- Muchow RC, Higgins AJ, Rudd AV, dan Ford AW. 1998. Optimising harvest date in sugar production: a case study for the Mossman mill region in Australia II. Sensitivity to crop age and crop class distribution. *Field Crop Res.* 57:243-251.
- Mulyadi M, Toharisman A, dan Mirsawan PDN. 2009. Identifikasi potensi lahan untuk mendukung pengembangan agribisnis tebu di wilayah timur Indonesia. Pasuruan: Pusat Penelitian Perkebunan Indonesia.

- Pramuhadi G. 2005. Pengolahan Tanah Optimum pada Budidaya Tebu Lahan Kering. [Disertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Pujawan IN. 2009. *Ekonomi Teknik*. Surabaya: Guna Widya.
- Rustiadi E, Saefulhakim S, dan Panuju D. 2011. *Perencanaan dan Pengembangan Wilayah*. Jakarta : Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Sekretariat Dewan Ketahanan Pangan, 2004. *Ekonomi Gula, 11 Negara Pemain Utama Dunia, Kajian Komparasi dari Perspektif Indonesia*. Jakarta: Departemen Pertanian Republik Indonesia.
- [Sekretariat Daerah] Setda Provinsi NTT. 2009. *Gambaran Umum NTT Kecil*. Kupang: Setda Provinsi NTT.
- Srdjevic B, Medeiros YDP, dan Faria AS. 2004. An objective multi-criteria evaluation of water management scenarios. *Water Res Mgmt*. 18:35-45.
- Suhada B. 2012. Strategi Peningkatan produktivitas dalam mendukung kebijakan kluster industri gula di Indonesia. [Disertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sriwana IK dan Djatna T. 2012. Sinkronisasi penjaminan kinerja rantai pasok agroindustri tebu. *J Tek Ind Pert*. 22(1):58-65.
- Susila WR. 2005. Dengan kemitraan, pabrik gula dan petani maju bersama. <http://pustaka.litbang.deptan.go.id> [9 Oktober 2012].
- Zhang J dan Sutherland J. 2011. GIS-based methods for identifying the optimal location for a facility to convert forest biomass to biofuel. *Biomass and Bioenergy*. 35: 3951-3961.