



TESIS - TF142520

**ANALISIS KEBERLANJUTAN ENERGI PADA
INDUSTRI GULA MENGGUNAKAN *MULTI-
CRITERIA DECISION ANALYSIS (MCDA)***

FERIZANDI QAUZAR GANI
NRP. 2415202343

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ridho Hantoro, ST., MT.

PROGAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN REKAYASA ENERGI TERBARUKAN
DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017

LEMBAR PENGESAHAN

Telah disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T.)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

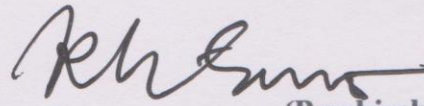
oleh:

Ferizandi Qauzar Gani
NRP: 2415 202 343

Tanggal Ujian : 26 Juli 2017
Periode Wisuda : September 2017

Disetujui oleh:

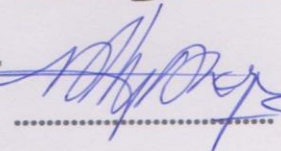
1. Dr. Ridho Hantoro, ST, MT
NIP: 19761223 200501 1 001


..... (Pembimbing)

2. Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc
NIP: 19620822 198803 1 001



..... (Penguji)

3. Dr. Ing. Doty Dewi Risanti, ST, MT
NIP: 19740903 199802 2 001


..... (Penguji)

Dekan Fakultas Teknologi Industri,




Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, ST, MT
NIP. 19690507 1995121 001

ANALISIS KEBERLANJUTAN ENERGI PADA INDUSTRI GULA MENGGUNAKAN *MULTI-CRITERIA DECISION ANALYSIS* (MCDA)

Nama Mahasiswa : Ferizandi Qauzar Gani
NRP : 2415202343
Pembimbing : Dr. Ridho Hantoro, ST., MT.

ABSTRAK

Adanya masalah keberlanjutan energi, industri gula mulai melihat rencana untuk menjual listrik untuk mengatasi masalah keberlanjutan energi. Skenario dengan potensi untuk memanfaatkan surplus energi memotivasi penelitian ini untuk menganalisis strategi pengembangan industri gula. Dalam situasi seperti ini, *multi-criteria decision analysis* (MCDA) sangat berguna untuk pemilihan alternatif yang tepat. Tiga metode MCDA yaitu *analytic hierarchy process* (AHP), *analytic network process* (ANP) dan *swing weight method* (SWM) diterapkan untuk pemilihan strategi yang tepat. Studi ini menganalisis potensi penjualan listrik pada dua strategi pengembangan pabrik alternatif dari tiga industri tebu yang dari hasil tersebut, strategi A (skema pengembangan masing-masing pabrik menjadi pabrik kogenerasi) memungkinkan untuk menjual listrik selama 223-293 hari sementara strategi B (skema pengembangan salah satu pabrik untuk menjadi pembangkit tunggal) memungkinkan untuk menjual sepanjang tahun. Studi ini menganalisa lima skenario metode pemilihan yakni satu model AHP, tiga model skenario ANP dan satu model SWM. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan menggunakan MCDA, ditemukan bahwa strategi B lebih baik daripada strategi A dengan hasil bobot prioritas antara strategi A dan B untuk metode AHP, ANP-0, ANP-1, ANP-2 dan SWM berturut-turut adalah 0,42:0,58; 0,49:0,51; 0,48:0,52; 0,52:0,48 dan 0,28:0,72. Studi ini juga membandingkan alternatif pengembangan pabrik dan menganalisis perbandingan alternatif menggunakan ketiga metode MCDM, dimana secara umum didapatkan bahwa strategi B lebih baik dibandingkan dengan strategi A.

Kata kunci : AHP, ANP, SWM, keberlanjutan energi, penjualan listrik, pabrik gula.

ENERGY SUSTAINABILITY ANALYSIS IN THE SUGAR INDUSTRY USING MULTI-CRITERIA DECISION ANALYSIS (MCDA)

Name : Ferizandi Qauzar Gani
ID Number : 2415202343
Supervisor : Dr. Ridho Hantoro, ST., MT.

ABSTRACT

Given the problem of energy sustainability, the sugar industry is beginning to figure plans to sell electricity to address the issue of energy sustainability. Scenarios with the potential to utilize energy surplus motivate this research to analyze the strategy of developing the sugar industry. In situations like this, multi-criteria decision analysis (MCDA) is very useful for selecting the right alternative. Three MCDA methods, analytic hierarchy process (AHP), analytic network process (ANP) and swing weight method (SWM), are applied for the selection of appropriate strategies. This study analyzes the potential for the sale of electricity in two alternative plant development strategies from the three sugarcane industries, which the strategy A (the development scheme of each plant to a cogeneration plant) makes it possible to sell electricity for 223-293 days while strategy B (development scheme of one factory to become a independent power plant) allows to sell throughout the year. This study analyzes five scenarios of the selection method which are one AHP model, three ANP scenario models and one SWM model. The results show that by using MCDA, it is found that strategy B is better than strategy A which the priority weighting results between strategy A and B for AHP, ANP-0, ANP-1, ANP-2 and SWM methods respectively were 0.42: 0.58; 0.49: 0.51; 0.48: 0.52; 0.52: 0.48 and 0.28: 0.72. This study also compares plant development alternatives and analyzed alternative comparisons using the three MCDM methods, where it is generally found that strategy B is better than strategy A.

Keywords: AHP, ANP, SWM, energy sustainability, electricity sales, sugar mills.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala karunia dan ridho-NYA, sehingga tesis dengan judul “Analisis Keberlanjutan Energi pada Industri Gula Menggunakan Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA)” ini dapat diselesaikan.

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) dalam bidang keahlian Rekayasa Energi Terbarukan pada program studi Pascasarjana Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Banyak kendala dan kesulitan yang bersifat teknis serta kendala akademis yang ditemukan, misalnya sulitnya pelaksanaan observasi peran serta secara mendalam pada saat proses pembelajaran berlangsung, dan penyesuaian antara idealitas hasil penelitian dengan realitas di lapangan.

Dengan kenyataan tersebut disadari bahwa penelitian ini belum sempurna dan butuh perbaikan secara akademis terutama pada pendalaman observasi yang perlu ditingkatkan. Walaupun demikian dalam penyelesaian tesis ini dibutuhkan pengorbanan dengan ditinggalkannya aktivitas lain yang tak kalah penting untuk tetap fokus pada penelitian agar tesis selesai sesuai target. Oleh karena itu, dari pengorbanan dan jerih payah dalam penyelesaian tesis ini maka besar harapan agar tesis ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang peduli kepada perkembangan ilmu pengetahuan yang dilakukan dengan jujur (tanpa plagiarisme) walaupun masih ada banyak kekurangan dan kelemahan yang ada pada tesis ini. Pada akhirnya dalam kesempatan ini disampaikan rasa terima kasih sedalam-dalamnya kepada berbagai pihak yang telah berperan dalam pemberian bantuan berupa arahan, bimbingan, dan dorongan yang diberikan selama proses penyelesaian tesis ini kepada semua pihak supaya tesis bisa diselesaikan sesuai dengan target yang ditentukan. Oleh karena itu, diucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat:

1. Bapak Dr. Ridho Hantoro, ST, MT. atas bimbingan, arahan dan waktu yang telah diluangkan kepada penulis untuk berdiskusi selama menjadi dosen wali, dosen pembimbing dan perkuliahan.
2. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc., Ibu Dr. Ing. Doty Dewi Risanti, ST, MT., Bapak Dr. Ir. Ali Musyafa', MSc. yang telah memberikan masukan dan saran pada saat seminar proposal dan seminar hasil tesis.
3. Ketua program studi Pascasarjana Teknik Fisika Bapak Dr.rer.nat.Ir. Aulia M. T. Nasution MSc.,

4. Seluruh Dosen program Pascasarja Teknik Fisika khususnya dosen Rekayasa Energi Terbarukan yang telah memberikan arahan dan bimbingan untuk mendalami ilmu Rekayasa Energi Terbarukan.
5. Ayahanda Muchtar Gani, Ibunda Mas Ulang, kakak-kakak saya Dedy, Fadly dan Sry serta keponakan-keponakan saya yang lucu dan menggemaskan Naufal, Naomi dan Azka dan paman serta tante saya atas segala dukungan dan doanya.
6. Bapak Agus yang bersedia mempersilahkan dan telah meluangkan waktu menemani penulis untuk berkeliling *plant* pabrik gula Lestari.
7. Rekan-rekan mahasiswa pascasarjana Teknik Fisika : Wildan, Anita, Tiwi, Erna, Angga, Masrufaiyah, Nike dan seluruh rekan mahasiswa pascasarjana Teknik Fisika angkatan 2015.
8. Admin TU Pascasarjana Teknik Fisika Ibu Martha Hardiyah yang senantiasa memberikan pelayanan administrasi yang spektakuler dan tepat waktu.
9. Rektor dan semua Civitas akademika Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya khususnya teman teman di Fakultas Teknik atas dukungan dan bantuannya.
10. Kepada semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Untuk yang terakhir kalinya, penulis berdoa semoga amal kebaikan dari berbagai pihak tersebut memperoleh pahala yang berlipat ganda dari Allah Azza Wa Jalla. Serta semoga karya tulis ini menjadi manfaat bagi siapa saja yang membacanya terutama untuk pengembangan ilmu pengetahuan yang ramah lingkungan. Aamiin.

Surabaya, Agustus 2017

Ferizandi Qauzar Gani

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	7
2.1 Metode Analytic Hierarchy Process atau AHP	7
2.2 Metode Analytic Network Process atau ANP	9
2.3 Swing Weight Method (SWM)	13
2.4 Kriteria Seleksi	15
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Prosedur Penelitian.....	17
3.2 Pengambilan Data.....	20
3.3 Pengolahan Data.....	21
3.4 Tahap Hasil dan Pembahasan.....	24
3.5 Tahap Kesimpulan dan saran.....	24
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Identifikasi Alternatif, Kriteria dan Indikator	25
4.2 Evaluasi Keberlanjutan Energi PG Kluster Tebuireng.....	28

4.3 Evaluasi Ketersediaan Bagasse.....	33
4.4 Pengambilan Keputusan	38
4.5 Perbandingan dari AHP, ANP dan SWM.....	59
BAB 5 KESIMPULAN	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN A	67
LAMPIRAN B.....	69
LAMPIRAN C.....	71
LAMPIRAN D	73
LAMPIRAN E.....	77
LAMPIRAN F	81
LAMPIRAN G	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur dari Metode AHP	7
Gambar 2.2	Skema langkah ANP	10
Gambar 3.1	Tahapan evaluasi pengambilan keputusan pada PG kluster Tebuireng.	18
Gambar 3.2	Diagram alir penelitian	19
Gambar 3.3	Pemodelan masalah pengambilan keputusan dalam Super Decision	22
Gambar 3.4	Perbandingan berpasangan dalam Super Decision.....	22
Gambar 3.5	Hasil perhitungan pembobotan dalam Super Decision.....	23
Gambar 3.6	Unweighted supermatix dalam Super Decision.....	23
Gambar 3.7	Weighted supermatix dalam Super Decision.....	23
Gambar 3.8	Limited supermatix dalam Super Decision.....	24
Gambar 4.1	Strategi A dengan skema pengembangan PG menggunakan CHP..	25
Gambar 4.2	Strategi B dengan skema pengembangan PG menjadi pembangkit tunggal	27
Gambar 4.3	Sankey diagram neraca tebu PG kluster Tebuireng.....	29
Gambar 4.4	Grafik konsumsi energi PG Tjoekir.....	30
Gambar 4.5	Grafik konsumsi energi PG Lestari dalam satuan kWh.....	30
Gambar 4.6	Grafik konsumsi energi PG Djombang Baru.....	31
Gambar 4.7	Gilingan tebu dan kapasitas giling PG kluster Tebuireng.	31
Gambar 4.8	Penilaian komparasi PG.....	33
Gambar 4.9	Skema pengembangan pabrik strategi A	34
Gambar 4.10	Skema pengembangan pabrik strategi B.....	35
Gambar 4.11	Komparasi hasil evaluasi kinerja berdasarkan indikator dengan model AHP	39
Gambar 4.12	Analisis sensitivitas AHP.....	40
Gambar 4.13	Struktur model hirarki metode AHP dan ANP	42
Gambar 4.14	Hubungan pengaruh antar indikator pada Model ANP	42
Gambar 4.15	Komparasi evaluasi kinerja dengan model ANP skenario 1.....	46

Gambar 4.16 Analisis sensitivitas menggunakan metode ANP-Skenario 0	48
Gambar 4.17 Analisis sensitivitas menggunakan metode ANP-skenario 1	53
Gambar 4.18 Analisis sensitivitas menggunakan metode ANP-skenario 2	56
Gambar 4.19 Nilai kualitatif model berdasarkan SWM.....	58
Gambar 4.20 Hasil bobot alternatif keseluruhan metode yang ditawarkan	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skala untuk Perbandingan Berpasangan dalam AHP	8
Tabel 4.1 Karakteristik kriteria penilaian alternatif kedua startegi pengembangan	26
Tabel 4.2 Kriteria dan indikator pengambilan keputusan strategi pengembangan pabrik	28
Tabel 4.3 <i>Specific Energy Consumption</i> (SEC) pada PG kluster Tebuireng	32
Tabel 4.4 Aspek assesmen keberlanjutan energi pada PG kluster Tebuireng.....	32
Tabel 4.5 Data proses pada pabrik untuk strategi A	34
Tabel 4.6 Parameter operasi pada skema kogenerasi.....	34
Tabel 4.7 Ketersediaan pembangkitan energi PG kluster Tebuireng strategi A ...	35
Tabel 4.8 Data proses pada pabrik untuk strategi B.....	36
Tabel 4.9 Parameter operasi pada skema operasi terpisah.....	36
Tabel 4.10 Ketersediaan pembangkitan energi PG kluster Tebuireng strategi B .	36
Tabel 4.11 Perbandingan berpasangan kriteria & indikator pada metode AHP ...	38
Tabel 4.12 Hasil bobot kriteria & indikator pada metode AHP.....	39
Tabel 4.13 <i>Unweighted Supermatrix</i> yang dihasilkan metode ANP skenario 1 ...	43
Tabel 4.14 <i>Weighted Supermatrix</i> yang dihasilkan metode ANP skenario 1	44
Tabel 4.15 <i>Limited Matrix</i> yang dihasilkan metode ANP skenario 1	45
Tabel 4.16 Nilai prioritas kriteria dan alternatif pada ketiga skenario ANP.....	46
Tabel 4.17 Matrik kinerja pengambilan keputusan menggunakan metode SWM	58

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytic Network Process
Bagasse	Ampas Tebu [ton]
BBM	Bahan Bakar Minyak [liter]
Biaya O&M	Biaya Operasional dan Maintenance [US\$]
BP-PEN	Blue Print Perencanaan Energi Nasional
BPST	Back Pressure Steam Turbine
c1-c7	Indikator 1 sampai dengan Indikator 7
CEST	Condensing Extraction Steam Turbine
CHP	Combined Heat and Power
DM	Decision Maker/Pengambil Keputusan
ELECTRE	ELimination and Choice Expressing REality
Kg/cm ²	Kilo Gram per Centi Meter Kuadrat
kWh	Kilo Watt Hour
kWh/tc	Kilo Watt Hour per Ton Cane
MCDA	Multi Criteria Decision Analysis
MWh	Mega Watt Hour
PG	Pabrik Gula
PROMETHEE	The Preference Ranking Organization METHod for Enrichment of Evaluations
PT. PLN	PT. Perusahaan Listrik Negara
PTPN X	PT. Perkebunan Nasional X
SEC	Specific Energy Consumption [kWh/ton bagasse]
SMART	Simple Multi-Attribute Rating Technique
SWM	Swing Weight Method
TOPSIS	The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
Tph	Ton per Hour
TSCF	Trillion Standard Cubic Feet

USD	United States Dollar
WSM	Weighted-Sum Model
WSP	Weighted-Sum Procedure

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan potensi energi nasional yang dilampirkan BP-PEN 2006-2025, jumlah cadangan minyak di Indonesia yang berjumlah 9,1 miliar barel dengan tingkat produksi 387 juta barel per tahun akan diproyeksikan habis dalam kurun waktu 23 tahun, cadangan gas sebesar 185,8 TSCF (*trillion standard cubic feet*) diperkirakan habis dimanfaatkan dalam waktu 62 tahun, dan cadangan batu bara yang berjumlah 19,3 miliar ton akan habis dalam waktu 146 tahun [1]. Dalam beberapa tahun terakhir, persoalan serius ini juga dirasakan oleh industri di Indonesia, dimana mereka selalu dipusingkan dengan persoalan energi khususnya bahan bakar. Untuk kasus yang lebih spesifik, industri-industri gula yang tergabung dalam PT Perkebunan Nasional (PTPN) X dihadapkan dengan masalah biaya bahan bakar minyak saat musim giling tiba. Pengurangan biaya produksi menjadi fokus utama berkenaan dengan masalah ini

Permasalahan ini mendorong semua pihak untuk mencari solusi yang sifatnya berkelanjutan untuk mendukung pembangunan berkelanjutan. Saat ini industri gula harus mulai bergeser menjadi industri berbasis tebu terintegrasi dengan melakukan diversifikasi produk. Hal ini mendorong industri gula tidak hanya menghasilkan produk gula semata. Berbagai produk turunan tebu seperti bioetanol dan listrik harus mulai dilirik. PTPN X mulai untuk mengembangkan produk hilir tebu berupa pabrik bioetanol dan pembangkit listrik serta peningkatan kapasitas pabrik di tiga pabrik gula (PG), yaitu PG Ngadiredjo (Kediri), PG Tjoekir (Jombang), dan PG Gempolkrep (Mojokerto).

Pabrik Gula (PG) Ngadiredjo telah berhasil membangun pembangkit berkapasitas 1 MW agar dapat menjual listrik kepada PT PLN (Persero) melalui program kogenerasi (*co-generation*), pabrik itu mampu mengolah ampas tebu menjadi sumber energi listrik [2]. Di samping itu, pengurangan biaya secara signifikan bisa dilakukan karena memanfaatkan ampas tebu sebagai energi penggerak mesin giling. Untuk mewujudkan efisiensi bahan bakar serta konservasi sumberdaya, PTPN X terus menekan BBM dalam proses produksinya

dengan mengoptimalkan ampas tebu sebagai bahan bakar pengolahan. Teknologi Kogenerasi berdasarkan Rankine Cycle bukan hal baru untuk industri gula, namun kogenerasi bertipe *condensing/extraction turbines* yang memiliki boiler tekanan tinggi (± 87 bar) adalah hal baru untuk industri. Sistem kogenerasi, dapat memiliki kelebihan daya yang bisa dijual ke jaringan distribusi atau kepada pihak ketiga, menempatkan permintaan pada industri gula untuk modernisasi dan untuk konservasi energi menerapkan teknologi ini menjadi hal baru bagi industri gula [3].

Di beberapa negara, kogenerasi atau CHP (*combined heat and power*) mulai diaplikasikan di pabrik industri yang menghasilkan limbah sebagai sumber energi biomassa [4]. Di Indonesia sendiri, pernah dilakukan penelitian mengenai teknologi CHP. Dimana dengan melakukan full elektrifikasi melalui program kogenerasi pada PG Gempolkrep, potensi surplus energi dari kelebihan produk samping berupa ampas tebu dapat dioptimasi sebesar 53,70 %. Optimasi dengan mengganti tekanan ketel (tekanan uap baru) mencapai titik optimum pada tekanan 30 kg/cm^2 dengan potensi surplus listrik menjadi 3,4 MW (13,04 kWh/tc). Upaya optimasi dengan meningkatkan efisiensi ketel dan optimasi kondisi sisa kelebihan bahan bakar ampas dapat dilakukan dengan meningkatkan tekanan steam menjadi 80 bar dengan potensi surplus listrik hingga 8,16 MW (31,27 kWh/tc) [4].

Sebuah skenario, dengan kemungkinan menjual kelebihan listrik ke jaringan distribusi, atau yang lain, menggunakan ampas tebu sebagai bahan baku untuk proses lainnya, memotivasi penelitian ini untuk menganalisis pilihan pengembangan industri gula yang multi produk, serta memberikan sumbangsih mengejar target kebijakan energi nasional untuk energi baru dan terbarukan. Tantangan yang harus dihadapi untuk ini adalah kemandirian kebutuhan energi, baik termal dan listrik, dengan mengembangkan sistem pabrik kearah pembangkitan energi listrik seperti sistem kogenerasi yang memadai dengan kebutuhan industri atau strategi lainnya, yang menggunakan secara eksklusif ampas tebu untuk bahan bakar. Di samping itu, energi panas yang dikonsumsi dalam proses mulai dimanfaatkan lebih baik. Tantangan lainnya yang harus dihadapi adalah regulasi listrik masyarakat, serta kemungkinan menjual listrik ke jaringan distribusi dengan harga yang kompetitif [5]. Langkah-langkah

pengembangan ini tentunya harus diikuti penilaian keberlanjutan untuk menyediakan pembuat keputusan dengan evaluasi global untuk sistem masyarakat lokal dalam perspektif jangka pendek dan panjang untuk membantu mereka untuk menentukan tindakan yang harus atau tidak harus diambil dalam upaya untuk energi berkelanjutan [6]. Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan dalam meningkatkan efisiensi energi pada pabrik gula [7-9] .

Pengambilan keputusan untuk energi yang berkelanjutan membutuhkan metode yang memungkinkan untuk kompleksitas sistem ekonomi dan biofisik serta ketidakpastian untuk melihat konsekuensi jangka panjang. Untuk tujuan ini, diperlukan kombinasi baru dari, pertama, metode yang mendukung eksplorasi kompleksitas dan ketidakpastian dan, kedua, metode yang mengatur informasi dan bantuan pengambilan keputusan [10]. Di samping itu, pengumpulan data yang menyeluruh dan pemodelan yang baik akan memungkinkan untuk memahami sistem dengan baik dan untuk menentukan kemungkinan kondisi sistem masa depan [11]. Khooaruth [12] berpendapat bahwa *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA) dapat mendukung pertimbangan energi, teknik, ekonomi, lingkungan dan dimensi etis seperti keberlanjutan, keadilan dan demokratisasi sektor energi. Namun, implikasi kebijakan yang penting untuk kelangsungan masa depan sistem energi yang kompleks seperti ini sepenuhnya dibahas dalam kaitannya regulasi yang ada.

MCDA merupakan suatu metode yang menyediakan pendekatan kuantitatif yang sistematis untuk mendukung pengambilan keputusan dalam masalah yang melibatkan beberapa kriteria dan alternatif. Tujuannya adalah untuk membantu para pembuat keputusan (*Decision Maker/DM*) membuat keputusan yang lebih konsisten dengan memperhatikan faktor-faktor obyektif dan subyektif penting, terutama kebutuhan pengguna.

Wang dkk. [13] berpendapat MCDA adalah bentuk evaluasi keberlanjutan terintegrasi yang merupakan sebuah evaluasi operasional dan pendekatan dukungan pengambilan keputusan yang sesuai untuk mengatasi masalah yang kompleks (ketidakpastian yang tinggi, tujuan yang saling bertentangan, berbagai bentuk data dan informasi, multi kepentingan dan perspektif, dan pertimbangan yang kompleks dan berkembang biofisik serta

sistem sosial-ekonomi). Ada beberapa metode dalam MCDA seperti SMART, Swing, AHP, ANP, WSP, WSM, TOPSIS, ELECTRE, PPROMETHEE, dan banyak lainnya. MCDA digunakan dalam banyak evaluasi masalah untuk multi disiplin ilmu, seperti seleksi teknologi pada eksplorasi energi [14-15], manufaktur [16], penggunaan tanah [17], sumber energi [18-19], pembangunan berkelanjutan [20], agrikultur [21], dan banyak lainnya.

Aragonés-Beltrán dkk. [15] berkesimpulan bahwa analisis pengambilan keputusan berbasis ANP dan AHP memungkinkan DM untuk menganalisis masalah pengambilan keputusan yang kompleks dengan menggunakan pendekatan sistematis yang memecah masalah utama ke submasalah sederhana dan terjangkau. Metode ANP sangat cocok digunakan jika ada saling ketergantungan di antara kelompok elemen (kriteria dan alternatif). Analisis rinci dari prioritas dan interdependensi antara unsur-unsur kluster (pengelompokan elemen dalam metode ANP) memaksa DM untuk teliti dengan pendekatan prioritas proyek serta pengambilan keputusan masalah itu sendiri, yang menghasilkan pemahaman masalah yang lebih baik dan keputusan akhir yang lebih handal.

Selain MCDA tipe *direct rating* seperti AHP dan ANP, juga dikenal MCDA tipe *value measurement* seperti metode Swing. Barfod & Leleur [22] menilai metode ini sangat cocok untuk menghasilkan cara yang berhubungan dengan angka nyata dari setiap alternatif dalam penilaian, dalam rangka untuk membangun tatanan preferensi alternatif yang konsisten dengan pertimbangan nilai pembuat keputusan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana analisis konsumsi energi pada pabrik gula dari pengambilan tebu sampai dengan hasil gula siap pakai dalam menunjang strategi pengembangan pabrik untuk mencapai sasaran keberlanjutan energi yakni mandiri energi dan surplus energi.

- b. Bagaimana analisis perbandingan dari metode MCDA yang digunakan dalam memilih alternatif strategi pengembangan pabrik untuk mencapai sasaran keberlanjutan energi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Melakukan analisis strategi pengembangan pabrik gula yang optimal untuk kemandirian energi dan surplus energi.
- b. Memahami karakteristik metode MCDA yang diaplikasikan dan menganalisis pengambilan keputusan untuk alternatif strategi pengembangan pabrik gula.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Pabrik gula yang akan dianalisis merupakan pabrik gula yang berada dalam kluster Tebuireng, yaitu PG Lestari, PG Djombang Baru dan PG Tjoekir
- b. Analisis konsumsi energi meliputi perhitungan potensi energi bagasse pada pabrik gula.
 - 1. Perhitungan potensi surplus energi.
 - 2. Perhitungan konversi surplus energi menjadi energi listrik.
- c. Analisis strategi pengembangan pabrik gula kluster Tebuireng.
- d. Perbandingan karakteristik metode MCDA yang diaplikasikan, yaitu AHP, ANP dan SWM.
- e. Ketersediaan lahan penyimpanan *bagasse* dan *treatment bagasse* selama penyimpanan diabaikan dalam proses pengambilan keputusan

1.5 Manfaat Penelitian

Untuk dapat mengembangkan ilmu dalam aplikasi *multi-criteria decision analysis* untuk mengoptimalkan pilihan strategi pengembangan pabrik gula yang tepat untuk mencapai sasaran keberlanjutan energi.

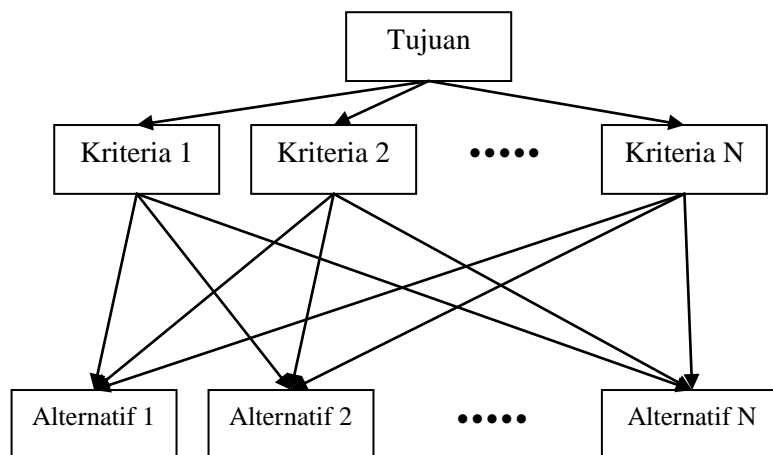
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Metode Analytic Hierarchy Process atau AHP

Analytic hierarchy process atau AHP merupakan algoritma pengambilan keputusan untuk permasalahan multikriteria (*Multi Criteria Decision Making* atau MCDM) yang dikembangkan oleh Saaty [23-26]. Permasalahan multikriteria dalam AHP dapat digambarkan dalam bentuk hierarki yang terdiri dari tiga bagian utama yakni tujuan atau goal dari pengambilan keputusan, kriteria penilaian dan alternatif pilihan. Adapun gambar dari hierarki tersebut digambarkan dalam gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur dari Metode AHP [23]

Permasalahan multikriteria kemudian dimodelkan dalam struktur hierarki seperti gambar 2.1. Setelah itu dimulai tahapan perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) untuk menentukan masing-masing bobot dari tiap kriteria dan alternatif. Perbandingan berpasangan dilakukan berdasarkan preferensi subyektif dari pengambil keputusan. Untuk penilaiannya menggunakan Skala Perbandingan 1-9 menurut Saaty [25] seperti terlihat pada tabel 2.1.

Penggunaan AHP dibandingkan dengan teknik multi-kriteria lain adalah karena alasan berikut:

- kriteria kuantitatif dan kualitatif dapat dimasukkan dalam pengambilan keputusan.
- Memiliki jumlah besar kriteria yang akan dipertimbangkan.
- Struktur hirarki yang dapat dibangun sesuai dengan masalah.

Tabel 2.1 Skala untuk Perbandingan Berpasangan dalam AHP [25]

Skala Perbandingan	Definisi
1	Sama Penting
2	Rata-rata
3	Sedikit Lebih Penting
4	Rata-rata
5	Lebih Penting
6	Rata-rata
7	Sangat Penting
8	Rata-rata
9	Mutlak Sangat Penting

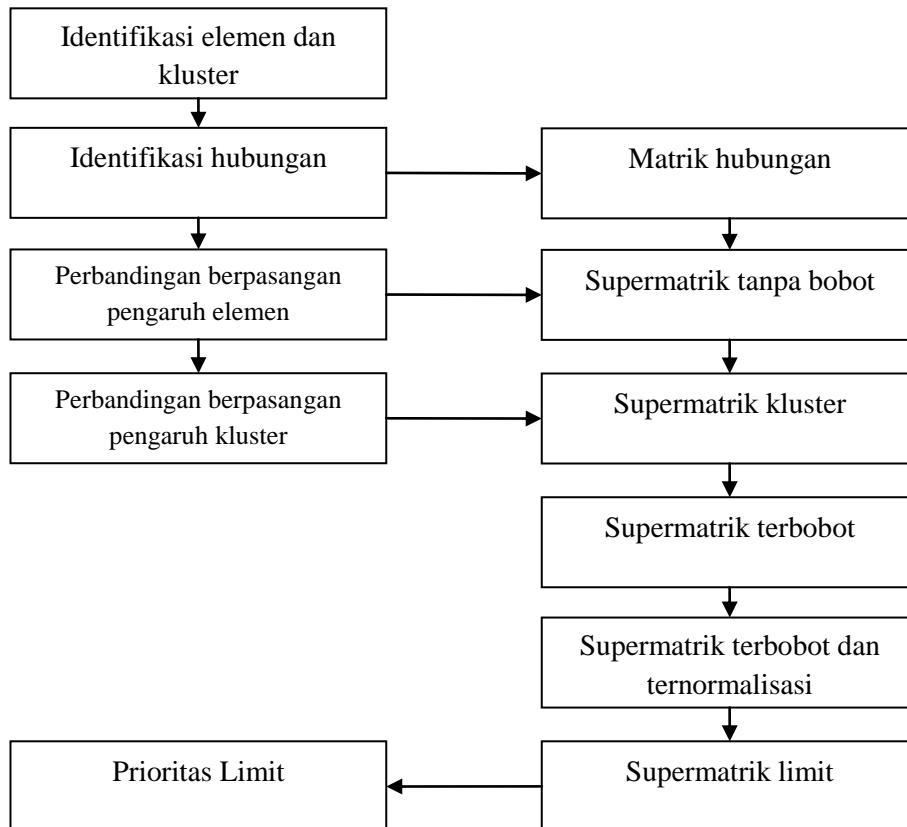
AHP didasarkan pada struktur hirarkis dari unsur-unsur yang terlibat dalam masalah penentuan keputusan. Evaluasi hirarki didasarkan pada perbandingan berpasangan. Metode ini membandingkan dua alternatif, A_i dan A_j , menggunakan kriteria dan memberikan nilai numerik untuk berat badan relatif mereka. Ketika elemen n dari tingkat dievaluasi berpasangan menggunakan sebuah elemen dari tingkat yang lebih tinggi, matrik perbandingan $n \times n$ diperoleh. Perbandingan berpasangan matrik A alternatif terhadap kriteria K adalah sebagai berikut:

K	A_1	A_2	...	A_n
A_1	1	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	$1/a_{12}$	1	...	a_{2n}

$$\begin{array}{cccccc}
 \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\
 A_n & & 1/a_{1n} & & 1/a_{2n} & & \dots & & a_{nn}
 \end{array}$$

2.2 Metode Analytic Network Process atau ANP

Pada dasarnya, penggunaan metode *analytic hierarchy process* (AHP) dalam penentuan keputusan mudah untuk digunakan. Namun, struktur hirarkis yang ketat tidak memungkinkan menangani kompleksitas dari masalah yang ada di dunia nyata [15]. Untuk itu, Saaty kemudian menawarkan model *analytic network process* (ANP), bentuk umum dari AHP. AHP menyajikan masalah pengambilan keputusan sebagai hirarki sedangkan ANP menyajikan masalah pengambilan keputusan sebagai jaringan kriteria dan alternatif (semua disebut elemen), dimana elemen tersebut dikelompokkan ke dalam kluster-kluster. Semua elemen dalam jaringan dapat berhubungan dengan cara apapun yang mungkin, yaitu jaringan dapat menggabungkan hubungan umpan balik dan saling ketergantungan di dalam dan antar kelompok. ANP memperlakukan keputusan-keputusan tanpa membuat asumsi-asumsi tentang independensi elemen-elemen pada level yang lebih tinggi dari elemen-elemen pada level yang lebih rendah dan tentang independensi elemen-elemen dalam suatu level.



Gambar 2.2 Skema langkah ANP [15]

Konsep yang diusulkan dalam ANP adalah pengaruh, sementara dalam AHP adalah preferensi. Ini berdampak pada penyediaan pemodelan yang lebih akurat dari pengaturan kompleks. Pengaruh antara elemen dalam jaringan dapat direpresentasikan dalam sebuah supermatrik. Konsep baru ini terdiri dari matrik dua dimensi *element-by-element* yang menyesuaikan bobot kepentingan relatif dalam individu matrik perbandingan berpasangan untuk membangun supermatrik keseluruhan baru dengan *eigenvector* dari bobot kepentingan relatif disesuaikan. Menurut Saaty [24], model ANP terdiri dari langkah-langkah yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.

Aragónés-Beltrán dkk. [15] memaparkan metode ANP untuk masalah pengambilan keputusan dengan elemen x_1, x_2, \dots, x_N , dengan skema tahapan sebagai berikut :

- langkah pertama terdiri dari membangun sebuah model pengelompokkan elemen ke dalam kluster c_1, c_2, \dots, c_G .
 - mengasumsikan x_i^c merupakan elemen i dari sebuah model yang menjadi bagian dari kluster c , dengan $i = 1, \dots, N, c = 1, \dots, G$.
 - mengasumsikan x^{c_a} merupakan elemen dari kluster $c_a, \{ x_i^c : c = c_a \}$. dan n_{c_a} merupakan jumlah dari elemen dari kluster c_a .
- Melakukan identifikasi hubungan antar elemen, sehingga didapatkan matrik ukuran $N \times N, = [r_{i,j}] = [r_{i,j}^{c_a, c_b}]$. $r_{i,j}^{c_a, c_b} \in \{0,1\}$ dimana $c_a, c_b = 1, \dots, G$ dan $i, j = 1, \dots, N$.
 - $r_{i,j}^{c_a, c_b} = 0$ menandakan bahwa elemen $x_i^{c_a}$ tidak berpengaruh pada elemen $x_j^{c_b}$, dan dalam model grafik tidak ada tepi antara $x_i^{c_a}$ dan $x_j^{c_b}$.
 - $r_{i,j}^{c_a, c_b} = 1$ menandakan bahwa elemen $x_i^{c_a}$ berpengaruh pada elemen $x_j^{c_b}$, dan dalam model grafik terdapat busur dari $x_i^{c_a}$ ke $x_j^{c_b}$.
- Kemudian mendapatkan matrik hubungan kluster ukuran $G \times G$, $\hat{R} = \left[\hat{r}_{c_a, c_b} \right]$. $\hat{r}_{c_a, c_b} = \{0,1\}$ dimana $c_a, c_b = 1, \dots, G$;
 - $\hat{r}_{c_a, c_b} = 0$ menandakan bahwa ada elemen dari kluster c_a berpengaruh pada elemen dari kluster c_b .
 $\hat{r}_{c_a, c_b} = 0 \rightarrow \forall i, j \quad i, j = 1, \dots, N : r_{i,j}^{c_a, c_b} = 0$
 - $\hat{r}_{c_a, c_b} = 1$ menandakan bahwa beberapa elemen dari kluster c_a berpengaruh pada beberapa (setidaknya satu) elemen dari kluster c_b .
 $\hat{r}_{c_a, c_b} = 1 \rightarrow \exists i, j \quad i, j = 1, \dots, N : r_{i,j}^{c_a, c_b} = 1$
- Menggunakan matrik perbandingan AHP untuk membandingkan pengaruh dari elemen yang menjadi bagian dari tiap kluster untuk semua elemen, dan cari vektor prioritas dan dapatkan supermatrik tanpa bobot ukuran $N \times N$

N , $U = [u_{i,j}^{c_a,c_b}]$, dengan $u_{i,j}^{c_a,c_b} \in [0,1]$, $c_a, c_b = 1, \dots, G$ dan $i, j = 1, \dots, N$, dimana $u_{i,j}^{c_a,c_b}$ adalah pengaruh dari elemen i , bagian dari kluster c_a , pada elemen j , bagian dari kluster c_b .

- $u_{i,j}^{c_a,c_b} = 0$ menandakan bahwa elemen i bagian dari kluster c_a , tidak berpengaruh pada elemen j bagian dari kluster c_b .

$$u_{i,j}^{c_a,c_b} = 0 \leftrightarrow r_{i,j}^{c_a,c_b} = 0$$

- $u_{i,j}^{c_a,c_b} = 1$ menandakan bahwa elemen i bagian dari kluster c_a merupakan elemen unik dari kluster c_a yang berpengaruh pada elemen j bagian dari kluster c_b .

$$u_{i,j}^{c_a,c_b} = 0 \Rightarrow \forall k \neq i, k = 1, \dots, N : x_k \in x^{c_a} \rightarrow r_{i,j}^{c_a,c_b} = 0$$

- Mengingat sebuah kluster c_a , dan sebuah elemen j bagian dari kluster c_b , $x_j^{c_b}$, sum dari nilai tanpa bobot dari elemen yang berasal dari kluster c_a , yang berpengaruh pada x_j adalah 1. Jika ada elemen dari c_a yang berpengaruh pada x_j maka jumlahnya adalah 0.

Mengingat $c_a, x_j^{c_b}$

$$\sum_{\substack{k=1 \\ k: x_k \in x^{c_a}}}^N (u_{i,j}^{c_a,c_b}) \in \{0,1\}$$

Sum kolom, $\sum_{i=1}^N (u_{i,j})$, menandakan berapa banyak kluster yang berpengaruh pada kolom elemen. Mengenali komponen dan elemen dari jaringan serta hubungannya.

- Melakukan perbandingan berpasangan pada kluster-kluster, dapatkan $\hat{U} = [\hat{u}_{c_a,c_b}]$ matiks bobot kluster ukuran $G \times G$, dengan $\hat{u}_{c_a,c_b} \in [0,1]$, $c_a, c_b = 1, \dots, G$, dimana \hat{u}_{c_a,c_b} adalah pengaruh pada elemen kluster c_a terhadap kluster c_b .

- $\hat{u}_{c_a,c_b} = 0$, menunjukkan bahwa elemen kluster c_a berpengaruh terhadap elemen pada kluster c_b .

- $\sum_{c_a=1}^G (\hat{u}_{c_a,c_b}) = 1$.

- Menghitung $W = [w_{i,j}^{c_a,c_b}]$ supermatrik terbobot ukuran $N \times N$ dengan $w_{i,j}^{c_a,c_b} \in [0,1]$, $c_a, c_b = 1, \dots, G$, dan $i, j = 1, \dots, N$, dimana $w_{i,j}^{c_a,c_b} = u_{i,j}^{c_a,c_b} \cdot \hat{u}_{c_a,c_b}$.
 - $w_{i,j}^{c_a,c_b}$ adalah bobot pengaruh dari elemen i bagian dari kluster c_a terhadap elemen j bagian dari kluster c_b .
$$\sum_{i=1}^N (w_{i,j}^{c_a,c_b}) \in \{0,1\}$$
- Menghitung $Q = [q_{i,j}^{c_a,c_b}]$ supermatrik terbobot dan ternormalisasi ukuran $N \times N$ dengan $q_{i,j}^{c_a,c_b} \in [0,1]$, $c_a, c_b = 1, \dots, G$, dan $i, j = 1, \dots, N$, dimana $q_{i,j}^{c_a,c_b} = w_{i,j}^{c_a,c_b} / \sum_i (w_{i,j}^{c_a,c_b})$.
 - $q_{i,j}^{c_a,c_b}$ adalah bobot pengaruh ternormalisasi dari elemen i bagian dari kluster c_a terhadap elemen j bagian dari kluster c_b .
 - $\sum_i (q_{i,j}^{c_a,c_b}) = 1$. Q adalah sebuah matrik *left-stochastic*.
- Mempangkatkan supermatrik terbobot dengan bilangan k sampai bobotnya bertemu dan menjadi stabil (supermatrik limit), $= \lim_{k \rightarrow \infty} Q^k$, dimana nilai dari matrik limit yang merupakan prioritas final pada elemen x_i disimbolkan dengan l_i . Jika x_i adalah sebuah alternatif, l_i merupakan nilai dari alternatif. Jika x_i adalah sebuah kriteria, l_i merupakan bobot dari kriteria.

2.3 Swing Weight Method (SWM)

Penentuan keputusan metode *swing weight method* (SWM) termasuk pengukuran dengan nilai asli dari masing-masing alternatif yang diperbandingkan [22]. Tujuan pengukuran nilai asli adalah menghasilkan cara yang berhubungan dengan angka nyata dari setiap alternatif dalam penilaian, dalam rangka untuk membangun tatanan preferensi alternatif yang konsisten dengan pertimbangan nilai pembuat keputusan. Dengan kata lain, penilaian dimaksudkan dengan mengasosiasikan angka atau nilai dengan alternatif, misalnya nilai a dinilai lebih

disukai dibanding b ($V(a) > V(b)$). Urutan preferensi tersirat oleh fungsi nilai tersebut harus merupakan urutan lengkap [27].

Dalam metode SWM, bobot kriteria berskala konstan, dimana nilai presisi dari kriteria sangat bergantung pada (a) pilihan dari preferensi model, (b) bagaimana bobotnya dielitisasi, dan (c) jarak dari alternatif yang akan dipertimbangkan. Metode SWM dapat dipahami dengan langkah berikut :

- Langkah 1: mendefinisikan batas atas dan bawah dari masing nilai, Dimana metode fungsi nilai menghasilkan penilaian kinerja alternatif terhadap kriteria individu, bersama-sama dengan antar-kriteria informasi yang mencerminkan kepentingan relatif dari kriteria yang berbeda, w_i , untuk memberikan evaluasi keseluruhan dari setiap alternatif indikasi dari preferensi pengambil keputusan. Bentuk paling sederhana dan paling banyak digunakan metode fungsi nilai adalah model aditif [27]:

$$V(a) = \sum_{i=1}^M w_i v_i(a) \quad (2.1)$$

- Langkah 2: mendefinisikan hipotetikal alternatif,
- Langkah 3: melakukan elitisasi pembobotan, Pembobotan adalah proses menilai sebuah nilai yang diperoleh oleh pembuat keputusan dari kinerja alternatif terhadap kriteria yang relevan. Artinya, penilaian dari fungsi nilai parsial pada persamaan (2.3) dalam model di atas. Jika kriteria yang terstruktur sebagai pohon nilai maka alternatif harus dibobot terhadap setiap kriteria penilaian. Nilai-nilai ini harus dinilai pada skala interval pengukuran yang telah ditetapkan batas atas dan bawahnya pada langkah pertama. Sebuah rasio nilai hanya akan memiliki arti jika poin nol pada skala secara mutlak dan jelas terdefiniskan. Sehingga untuk membangun skala itu perlu untuk menentukan dua titik referensi dan mengalokasikan nilai-nilai numerik untuk poin-poin ini. Poin minimum dan maksimum pada skala dapat didefinisikan dalam beberapa cara, misalnya 0 dan 100,
- Langkah 4: menormalisasi bobot,

$$\text{Normalisasi} = \frac{w_i}{\sum w_i} \quad (2.2)$$

- Langkah 5: mencari fungsi nilai partial $v_i(a)$

$$v_i(a) = \frac{c_{out,i} - c_{min,i}}{c_{max,i} - c_{min,i}}, \quad (2.3)$$

dimana $c_{out,i}$ adalah nilai kriteria ke- i , $c_{min,i}$ adalah nilai minimum kriteria ke- i , $c_{max,i}$ adalah nilai maksimum kriteria ke- i .

- Langkah 6: mencari skala nilai kualitatif $V(a)$

$$V(a) = \sum_{i=1}^M w_i v_i(a) \quad (2.4)$$

2.4 Kriteria Seleksi

Selama dekade terakhir, eksploitasi energi terbarukan telah mendapat banyak perhatian, dan banyak negara telah berkomitmen untuk memasukkan mereka ke dalam sistem pasokan energi mereka. Hal ini disebabkan oleh kenyataan bahwa energi terbarukan dianggap ramah lingkungan dan mampu menggantikan bahan bakar konvensional dengan harga bersaing. Namun, kontribusinya terhadap pasokan energi global saat ini masih kecil meski ada kemajuan teknologi di bidang ini. Kendala utama mengenai penerapan energi terbarukan secara luas dalam sistem energi menyangkut hambatan ekonomi, teknis, kelembagaan, dan sosial yang harus diatasi [28]. Selain itu, energi terbarukan menunjukkan dampak lingkungan lokal seperti perubahan lansekap, kehilangan kemudahan, persyaratan penggunaan lahan dan air yang luas, kebisingan dan lain sebagainya.

Perencanaan energi terbarukan merupakan bagian dari isu kebijakan lingkungan yang lebih luas yang berfokus pada pasokan energi. Dengan demikian, ia harus membahas gagasan umum mengenai pembangunan berkelanjutan, yang berarti bahwa ia harus mencari kompromi antara berbagai bidang ekonomi, masyarakat, lingkungan, dan ketersediaan sumber daya. Berbagai metodologi menampilkan beragam sikap terhadap masuknya keberlanjutan yang kuat atau

lemah saat memutuskan proyek energi terbarukan mana yang akan dipromosikan atau diprioritaskan.

Mengukur keberlanjutan sistem pasokan energi merupakan isu utama sekaligus menjadi pendorong diskusi tentang pembangunan berkelanjutan. Mengembangkan kriteria dan metode evaluasi yang andal mengukur kesinambungan merupakan prasyarat untuk memilih alternatif terbaik, mengidentifikasi sistem pasokan energi yang tidak berkelanjutan, menginformasikan perancang pembuat kinerja terpadu dari alternatif dan dampak pemantauan terhadap lingkungan sosial. Banyaknya kriteria dan alat ukur yang dikembangkan di bidang yang berkembang pesat ini menunjukkan pentingnya pekerjaan konseptual dan metodologis di bidang ini. Pengembangan dan pemilihan kriteria memerlukan parameter yang berkaitan dengan keandalan, kesesuaian, kepraktisan dan keterbatasan pengukuran. Kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi sistem pasokan energi dalam literatur terutama terbagi menjadi empat aspek: kriteria teknis, ekonomi, lingkungan dan sosial [13].

Dalam konteks untuk negara-negara berkembang, indikator kinerja seperti indikator teknis, ekonomi, sosial, lingkungan dan kelembagaan dapat digunakan untuk merancang sistem elektrifikasi yang efisien. Beberapa indikator ini ditunjukkan sebagai contoh skema energi dan strukturnya (terpusat, terdesentralisasi, mandiri atau terhubung grid) umumnya bervariasi dari satu demografi ke demografi lainnya [29].

Pada penelitian ini, ada dua kelompok kriteria yang akan ditetapkan yaitu kriteria dari sektor teknis dan non-teknis. Kriteria dari aspek teknis yang harus dipenuhi oleh tiap alternatif skenario adalah dari aspek yang berkenaan dengan ampas tebu sebagai sumber biomassa seperti kriteria mobilisasi sumber biomassa, sekuritas ketersediaan biomassa sampai kepada nilai energi yang dapat digunakan pada biomassa tersebut. Sedangkan kriteria dari sektor non-teknis yang harus dipertimbangkan adalah kriteria dari aspek sosial dan aspek ekonomi. Aspek sosial dapat bervariasi dari manfaat atau dampak manajerial sosial yang didapatkan dari pengembangan pabrik tersebut. Sedangkan aspek ekonomi yang menjadi pertimbangan adalah berbagai biaya yang timbul, biaya operasi dan perawatan sampai biaya terpasang.

BAB 3

METODE PENELITIAN

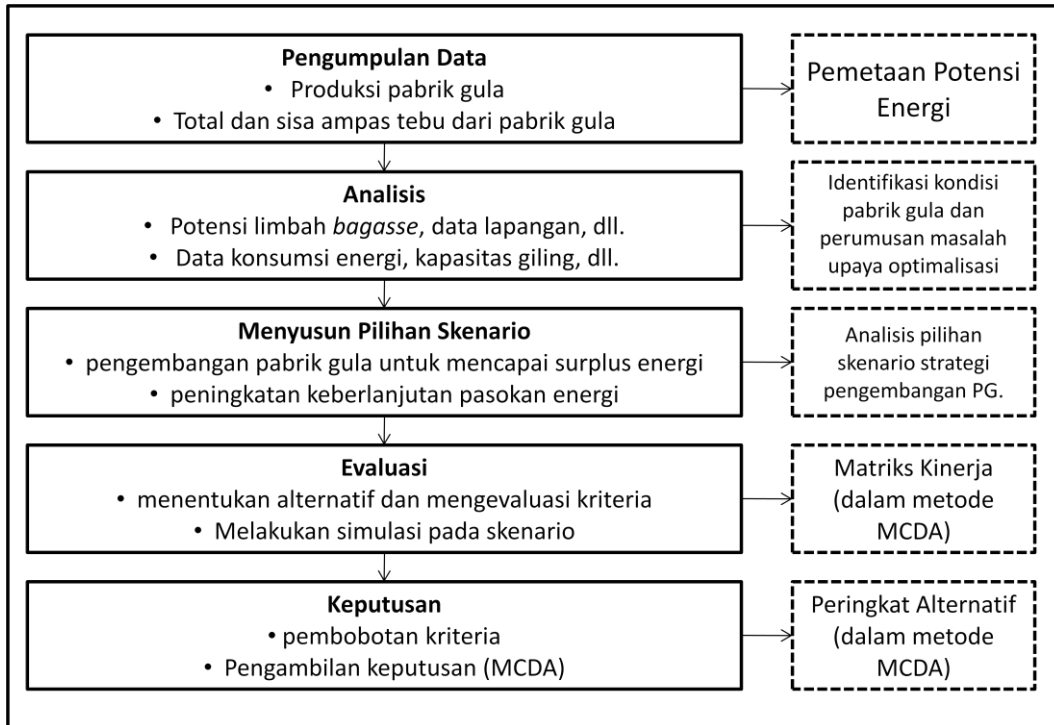
3.1 Prosedur Penelitian

Studi ini menghadirkan metode pengambilan keputusan untuk membantu melakukan evaluasi terhadap seleksi optimum dari beberapa alternatif skenario pemilihan keberlanjutan energi di salah satu kluster pabrik gula yang berada di bawah naungan PTPN X. Kluster PG yang akan dijadikan sasaran studi adalah kluster Tebuireng, di mana kluster PG ini terdiri dari tiga instalasi PG yakni PG Tjoekir, PG Djombang Baroe, dan PG Lestari. Dalam menganalisis pilihan tindakan penilaian strategi pengembangan PG yang tepat untuk mencapai sasaran keberlanjutan energi pada pabrik gula, ketiga PG ini dibatasi oleh kendala-kendala yang harus dipenuhi dalam melakukan upaya optimalisasi tindakan efisiensi.

Sasaran keberlanjutan energi pada kluster PG ini adalah produksi gula yang dihasilkan tiap tahunnya dapat dicapai dan diharap dengan adanya tindakan pengembangan pabrik, PG memiliki kelebihan listrik yang dapat dijual ke jaringan listrik negara. Namun kendala penjualan listrik ini adalah PT. PLN (perusahaan listrik negara) mempersyaratkan listrik yang dibeli oleh PT. PLN harus berkesinambungan secara terus menerus sedangkan kondisi limbah ampas tebu dibatasi oleh waktu musim giling. Oleh karena itu, kendala-kendala ini harus dipenuhi dalam melakukan tindakan pengembangan pabrik untuk mencapai sasaran keberlanjutan energi.

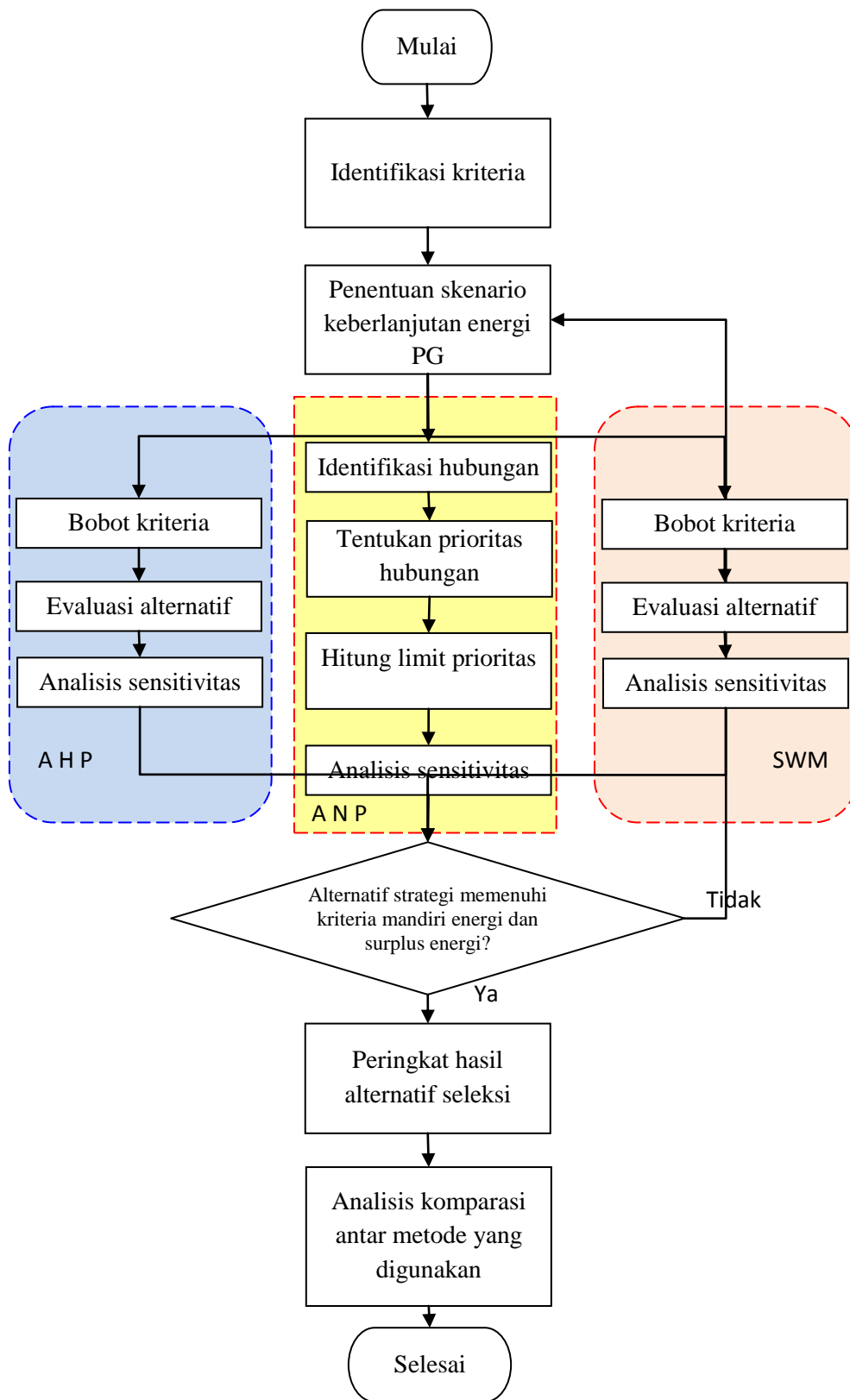
Untuk mencapai hal tersebut perlu dilakukan evaluasi terhadap keputusan keputusan yang akan diambil dalam menentukan tindakan pengembangan pabrik pada industri gula ini. Tahapan evaluasi dari analisis keberlanjutan energi pada penelitian ini digambarkan pada gambar 3.1. Tahapan evaluasi ini dimulai dari pengumpulan data lapangan terkait pabrik gula tersebut, potensi energi apa saja yang dapat dimanfaatkan. Kemudian penelitian ini akan fokus pada potensi energi pada ampas tebu atau *bagasse* yang kemudian akan dianalisis untuk mencapai sasaran keberlanjutan energi

Prosedur dari metoda yang ditawarkan studi ini berdasarkan proses pengambilan keputusan yang digunakan dalam referensi [14] yang kemudian disesuaikan dengan studi kasus ini untuk dijadikan struktur dari skema analisis seleksi. Secara umum alur penelitian disusun sesuai dengan gambar 3.2. dimana studi ini dipecah menjadi lima langkah.



Gambar 3.1 Tahapan evaluasi pengambilan keputusan pada PG kluster Tebuireng.

Langkah 1: hal yang akan dilakukan terlebih dahulu adalah melakukan identifikasi kriteria-kriteria pemilihan yang digunakan sebagai acuan penyeleksian terhadap skenario pemilihan keberlanjutan energi pabrik gula yang akan diusulkan. Identifikasi kriteria dilakukan dengan cara studi literatur, survey lapangan dan konsultasi dengan para ahli. Identifikasi kriteria keputusan adalah menemukan faktor-faktor yang penting (relevan) untuk menyelesaikan masalah, yaitu ketidaksesuaian antara keadaan yang ada dan yang diinginkan. Sehingga, menurut Kumar [29] faktor-faktor yang relevan dalam memecahkan masalah pada keberlanjutan energi umumnya adalah kriteria teknis, ekonomi dan sosial.



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

Langkah 2: mencari alternatif skenario pemilihan yang bisa untuk dilakukan oleh pemilik dari pabrik gula atau yang berkepentingan. Pengembangan alternatif skenario pemilihan didasarkan kepada masalah yang hendak dipecahkan yakni untuk mencapai sasaran keberlanjutan energi, sehingga, alternatif skenario pemilihan haruslah menyelesaikan masalah utama dari pengambilan keputusan.

Langkah 3: alternatif skenario pemilihan yang telah ditentukan kemudian dianalisis menggunakan set kriteria yang telah diidentifikasi pada langkah pertama. Pada langkah ini, model metode pengambilan keputusan yang diusulkan adalah metode AHP, ANP dan SWM. Langkah ini diakhiri dengan menilai apakah alternatif skenario memenuhi kriteria keberlanjutan energi. Bila alternatif skenario memenuhi kriteria keberlanjutan energi maka dilanjutkan ke langkah 4, namun bila tidak memenuhi maka perlu dilakukan penentuan alternatif skenario ulang (kembali ke langkah 2).

Langkah 4: setelah melakukan analisis, alternatif skenario tersebut kemudian diperingkat untuk mengetahui hasil dari tiap metode MCDA yang digunakan dalam studi ini.

Langkah 5: hasil yang diperoleh pada langkah 4 dari masing-masing metode yang digunakan kemudian akan dilakukan analisis perbandingan antar metode. Analisis perbandingan yang akan dilakukan adalah scoring pada masing-masing alternatif skenario pemilihan, serta pembobotan pada bobot kriteria pemilihan.

3.2 Pengambilan Data

Data yang diambil pada penelitian berupa:

- a. Data produksi PG kluster Tebuireng.
- b. Data potensi bagas pada PG kluster Tebuireng.
- c. Data alternatif, kriteria dan indikator serta kecenderungan pembobotannya.

Metode pengambilan data :

- a. Data produksi diperoleh dari masing-masing PG, yakni PG Tjoekir, PG Lestari dan PG Djombang baru. Data produksi meliputi data kebutuhan

steam, waktu operasional, data konsumsi energi, data pemakaian bahan bakar dan lain-lain

- b. Data potensi bagasse diperoleh dari masing-masing PG, yakni PG Tjoekir, PG Lestari dan PG Djombang baru. Data ini juga dapat diperoleh dari PTPN X. Data potensi bagasse meliputi data tebu yang masuk, data bagasse yang dihasilkan dari tebu yang masuk dan lain-lain
- c. Sedangkan data alternatif, kriteria dan indikator serta kecenderungan pembobotannya dapat diperoleh melalui studi literatur dari penelitian yang sudah ada terkait keberlanjutan energi. Data pembobotan untuk masing-masing alternatif, kriteria dan indikator juga dapat diperoleh menggunakan kecenderungan tingkat preferensi berdasarkan kondisi lapangan dan aturan yang berlaku.

3.3 Pengolahan Data

a. Pengolahan Data Sekunder

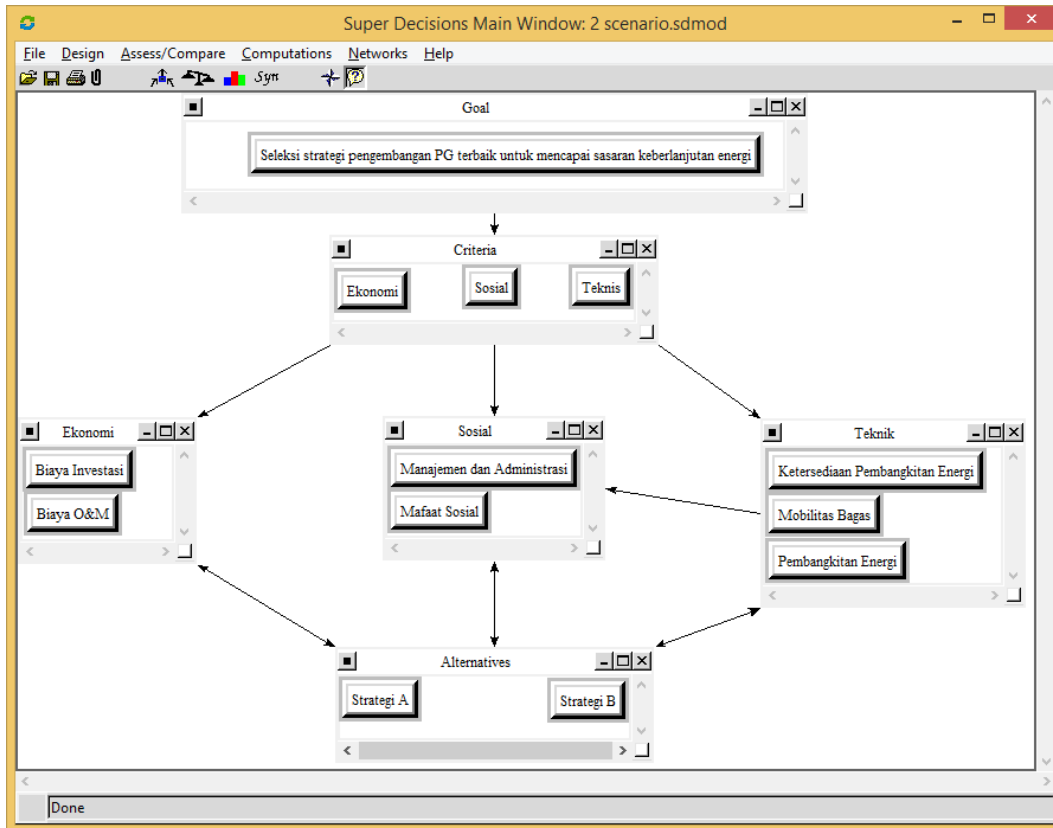
Dalam menganalisis pilihan tindakan penilaian strategi pengembangan PG yang tepat untuk mencapai sasaran keberlanjutan energi pada pabrik gula, data produksi dan data potensi bagas dari PG diolah menjadi data yang siap untuk dikomparasi untuk dijadikan sebagai dasar evaluasi untuk *decision making* yang akan dilakukan.

b. Analisis Keberlanjutan Energi Menggunakan Pendekatan MCDM

AHP, ANP dan SWM digunakan sebagai pendekatan dalam menganalisis penilaian strategi pengembangan PG untuk mencapai sasaran keberlanjutan energi pada PG kluster Tebuireng. Hasil penilaian kemudian dibandingkan antar masing-masing metode dan menganalisis apabila ada perbedaan hasil.

Pada penelitian ini, metode AHP dan ANP menggunakan bantuan piranti lunak *Super Decision v.2.6.0-RC1*. Untuk mendapatkan bobot prioritas dari alternatif pilihan, model dari masalah pengambilan keputusan harus telah dibuat. Setelah model telah dibuat (gambar 3.3), perbandingan berpasangan dilakukan untuk semua kriteria dan alternatif (gambar 3.4). tahap melakukan perbandingan berpasangan merupakan tahap *input data* yang terakhir. Piranti lunak *Super*

decision kemudian akan melakukan perhitungan dan menghasilkan bobot prioritas. Piranti lunak *Super decision* juga menyajikan supermatrik tanpa bobot (*unweighted supermatrix*), supermatrik terbobot (*weighted supermatrix*) dan supermatrik limit (*limited supermatrix*) yang ditunjukkan pada gambar 3.5-3.8.



Gambar 3.3 Pemodelan masalah pengambilan keputusan dalam *Super Decision*

1. Choose

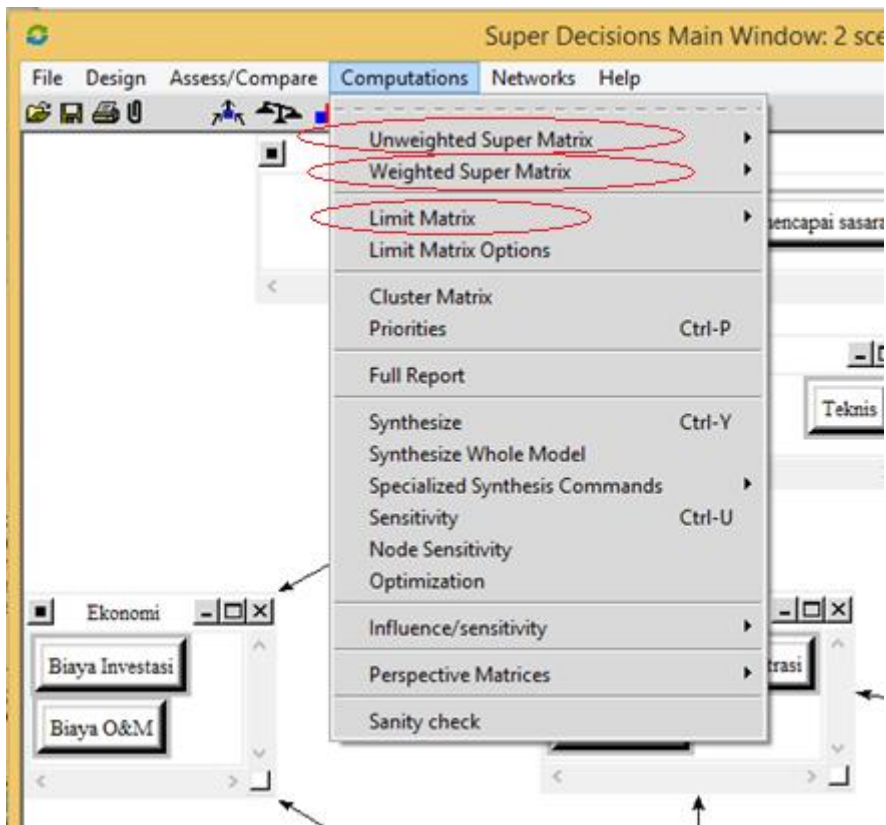
2. Node comparisons with respect to Seleksi strategi pen~

3. Results

Inconsistency: 0.03703

Ekonomi	0.25828
Sosial	0.10473
Teknis	0.63699

Gambar 3.4 Perbandingan berpasangan dalam *Super Decision*



Gambar 3.5 Hasil perhitungan pembobotan dalam *Super Decision*

Super Decisions Main Window: 2 scenario.sdmod: Unweighted Super Matrix

	Strategi~	Strategi~	Strategi~	Ekonomi	Sosial	Teknis	Biaya I~	Biaya O~	Seleksi~	Mafaat ~	Manajem~	Keterse~	Mobiliit~	Pembang~
Strategi~	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.25000	0.50000	0.00000	0.33333	0.75000	0.16667	0.75000	0.50000
Strategi~	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.75000	0.50000	0.00000	0.66667	0.25000	0.83333	0.25000	0.50000
Ekonomi	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.25828	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Sosial	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.10473	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Teknis	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.63699	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Biaya I~	0.16667	0.83333	0.66667	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Biaya O~	0.83333	0.16667	0.33333	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Seleksi~	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Mafaat ~	0.83333	0.12500	0.00000	0.66667	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Manajem~	0.16667	0.87500	0.00000	0.33333	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
Keterse~	0.13356	0.22965	0.00000	0.00000	0.00000	0.25828	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Mobiliit~	0.11939	0.64833	0.00000	0.00000	0.10473	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Pembang~	0.74705	0.12202	0.00000	0.00000	0.63699	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Gambar 3.6 *Unweighted supermatrix* dalam *Super Decision*

Super Decisions Main Window: 2 scenario.sdmod: Weighted Super Matrix

	Strategi~	Strategi~	Strategi~	Ekonomi	Sosial	Teknis	Biaya I~	Biaya O~	Seleksi~	Mafaat ~	Manajem~	Keterse~	Mobiliit~	Pembang~
Strategi~	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.25000	0.50000	0.00000	0.33333	0.75000	0.00333	0.37500	0.25000
Strategi~	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.75000	0.50000	0.00000	0.66667	0.25000	0.41667	0.12500	0.25000
Ekonomi	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.25828	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Sosial	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.10473	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Teknis	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.63699	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Biaya I~	0.05556	0.27778	0.66667	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Biaya O~	0.27778	0.05556	0.33333	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Seleksi~	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Mafaat ~	0.27778	0.04167	0.00000	0.66667	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Manajem~	0.05556	0.29167	0.00000	0.33333	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.50000	0.50000	0.50000	0.50000
Keterse~	0.04452	0.07655	0.00000	0.00000	0.00000	0.25828	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Mobiliit~	0.03980	0.21611	0.00000	0.00000	0.10473	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Pembang~	0.24902	0.04067	0.00000	0.00000	0.63699	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Gambar 3.7 *Weighted supermatrix* dalam *Super Decision*

	Strateg	Strateg	Ekonomi	Sosial	Teknis	Biaya I	Biaya 0	Seleksi	Mafaat	Manajem	Keterse	Mobilit	Pembang
Strateg	0.24065	0.24065	0.24065	0.24065	0.24065	0.24065	0.24065	0.24065	0.24065	0.24065	0.24065	0.24065	0.24065
Strateg	0.22089	0.22089	0.22089	0.22089	0.22089	0.22089	0.22089	0.22089	0.22089	0.22089	0.22089	0.22089	0.22089
Ekonomi	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Sosial	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Teknis	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Biaya I	0.07473	0.07473	0.07473	0.07473	0.07473	0.07473	0.07473	0.07473	0.07473	0.07473	0.07473	0.07473	0.07473
Biaya 0	0.07912	0.07912	0.07912	0.07912	0.07912	0.07912	0.07912	0.07912	0.07912	0.07912	0.07912	0.07912	0.07912
Seleksi	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Mafaat	0.07605	0.07605	0.07605	0.07605	0.07605	0.07605	0.07605	0.07605	0.07605	0.07605	0.07605	0.07605	0.07605
Manajem	0.15472	0.15472	0.15472	0.15472	0.15472	0.15472	0.15472	0.15472	0.15472	0.15472	0.15472	0.15472	0.15472
Keterse	0.02762	0.02762	0.02762	0.02762	0.02762	0.02762	0.02762	0.02762	0.02762	0.02762	0.02762	0.02762	0.02762
Mobilit	0.05731	0.05731	0.05731	0.05731	0.05731	0.05731	0.05731	0.05731	0.05731	0.05731	0.05731	0.05731	0.05731
Pembang	0.06891	0.06891	0.06891	0.06891	0.06891	0.06891	0.06891	0.06891	0.06891	0.06891	0.06891	0.06891	0.06891

Gambar 3.8 *Limited supermatrix* dalam *Super Decision*

Piranti lunak *Super decision* ini divalidasi dengan membandingkan hasil perhitungan model yang dikembangkan oleh Kabak [30] dengan hasil perhitungan piranti lunak ini. Hasil uji validasi ini dijelaskan lebih lanjut pada lampiran A.

3.4 Tahap Hasil dan Pembahasan

Pada tahap ini akan diuraikan :

- Kondisi PG kluster Tebuireng termasuk evaluasi keberlanjutan energinya.
- Hasil kalkulasi MCDM yang digunakan
- Analisis perbandingan antar MCDM yang digunakan.
- Pilihan tindakan strategi pengembangan PG yang tepat dalam mencapai sasaran keberlanjutan energi.

3.5 Tahap Kesimpulan dan saran

Pada tahap ini kesimpulan yang di buat berdasarkan permasalahan dan tujuan penelitian, kemudian akan menjadi saran dan masukan buat DM, pihak-pihak terkait dalam pengambilan kebijakan atau strategi pengembangan pengembangan PG yang tepat dalam mencapai sasaran keberlanjutan energi ke depan di PG yang berada dalam kluster tebuireng.

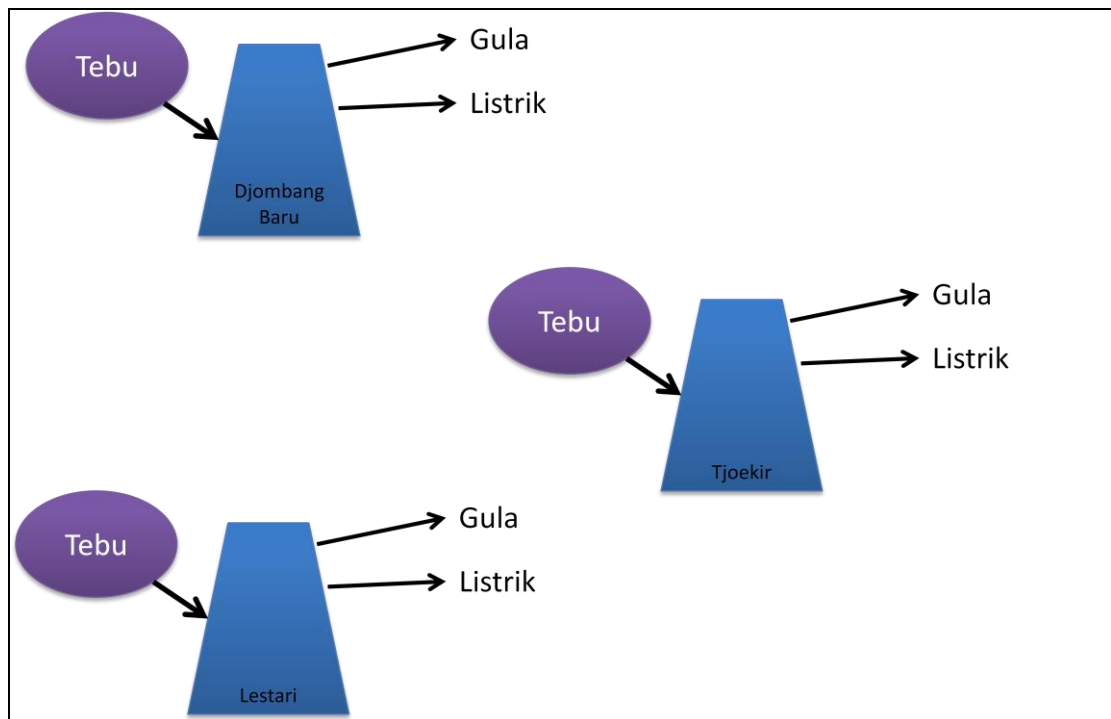
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Alternatif, Kriteria dan Indikator

Alternatif strategi yang diusulkan untuk mengembangkan PG dalam tujuan mencapai sasaran keberlanjutan energi pada PG kluster Tebuireng adalah:

1. Strategi A. Mengembangkan masing-masing PG menjadi pabrik kogenerasi yang lebih efisien agar pabrik dapat mandiri energi dan surplus energi yang dikonversi menjadi listrik (lihat gambar 4.1)
2. Strategi B. Mengembangkan salah satu PG untuk menjadi pembangkit tunggal yang ada berada dalam kluster Tebuireng, dimana pabrik yang lainnya tetap dapat mandiri energi dan surplus energi yang dikonversi menjadi listrik saat musim giling (lihat gambar 4.2).



Gambar 4.1 Strategi A dengan skema pengembangan PG menggunakan CHP

Dalam mengembangkan pabrik gula, biaya total terpasang biomassa teknologi pembangkit listrik bervariasi secara signifikan berdasarkan teknologi dan negara. Untuk strategi B digunakan teknologi boiler stoker dimana biaya total terpasang boiler stoker adalah antara USD 1 880 dan USD 4 260 / kW pada 2010,

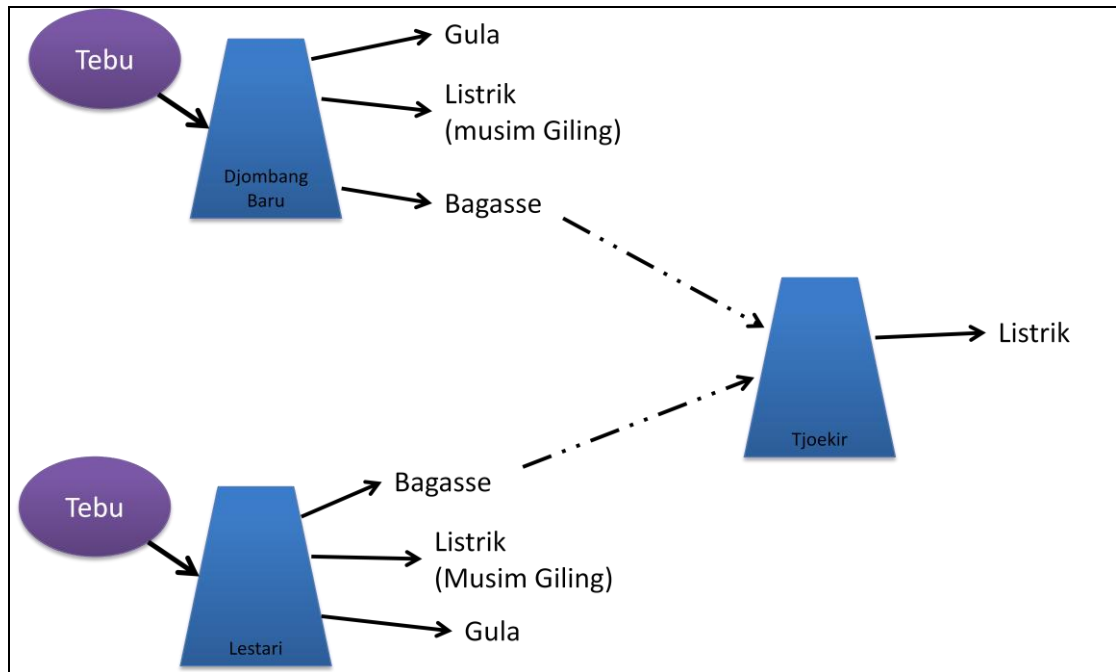
sedangkan yang untuk strategi A digunakan teknologi kogenerasi dengan biaya total terpasang USD 3.550 dan USD 6.820 / kW atau teknologi ini secara signifikan lebih tinggi daripada konfigurasi listrik saja.

Tabel 4.1 Karakteristik kriteria penilaian alternatif kedua startegi pengembangan

Kriteria	Strategi A	Strategi B
Potensi Energi	0,6-1 MWh/ton bagasse	0,6-1 MWh/ton bagasse
Ketersediaan	Terbatas pada musim giling.	Sepanjang tahun.
Pembangkitan energi		
Tipe Pengumpulan Bagasse	Dikumpul pada masing-masing <i>plant</i> .	Dikumpul pada masing-masing <i>plant</i> kemudian dialihkan ke pembangkit tunggal.
Biaya Investasi	US\$ 4000 /kWh	US\$ 2000 /kWh
Biaya O&M	US\$ 0.005/kWh	US\$ 0.005/kWh
Manfaat Sosial	Menjadi salah satu langkah untuk membantu negara mengejar sasaran KEN untuk EBT.	Menjadi salah satu langkah untuk membantu negara mengejar sasaran KEN untuk EBT serta dapat menyerap tenaga kerja baru dengan konsep PLT mandiri.
Tipe Sistem Manajemen	Otonom, sistem manajerial mandiri untuk masing-masing <i>plant</i> .	Terpusat, sistem manajerial terpusat dengan sistem yang membawahi keseluruhan <i>plant</i> .

Biaya operasi dan pemeliharaan (O&M) dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap biaya listrik yang ditentukan. Biaya O&M tetap berkisar dari 2% biaya terpasang per tahun sampai 7% untuk sebagian besar teknologi biomassa, dengan biaya O&M *variable* sekitar USD 0,005 / kWh. Namun, untuk indikator c5 digunakan biaya O&M *variable*, dimana untuk kedua strategi ini biayanya sama sekitar USD 0,005 /kWh.

Dalam mengejar sasaran keberlanjutan energi pada PG yakni mandiri energi dan menjual listrik, penentuan indikator dan kriteria pun menjadi sangat penting untuk menilai langkah-langkah strategi yang akan diterapkan untuk pengembangan PG ke depannya.



Gambar 4.2 Strategi B dengan skema pengembangan PG menjadi pembangkit tunggal

Tujuh indikator, dengan mengacu pada kriteria teknis, ekonomi, dan sosial yang menjadi dasar dalam mengevaluasi pilihan strategi pengembangan PG, dipilih untuk menilai alternatif yang diberikan. Indikator-indikator ini dirincikan dalam Tabel 4.2, tanda panah pada indikator menunjukkan arah tingkat prioritas dari masing-masing indikator dimana tanda panah ke atas menunjukkan semakin tinggi nilai pada indikator itu maka semakin baik pula alternatif itu. Indikator ini dijelaskan secara singkat sebagai berikut:

- *Pembangkitan energi*: untuk mengukur pentingnya strategi pengembangan PG kedepannya sesuai dengan sasaran keberlanjutan energi yaitu menjual listrik, indikator ini harus dipertimbangkan
- *Ketersediaan Pembangkitan Energi*: indikator ini merupakan jumlah waktu kemampuan menghasilkan listrik selama jangka waktu tertentu, dimana salah

satu regulasi penjualan listrik ke grid melihat ketersediaan waktu pembangkitan listrik

- *Mobilitas Bagas*: indikator ini menjadi perlu untuk dipertimbangkan karena akan mempengaruhi biaya produksi listrik karena sifatnya yang membutuhkan biaya angkut.
- *Biaya investasi*: Indikator ekonomi yang penting ini mencakup semua pembelian dan pemasangan biaya energi teknologi seperti peralatan mekanik, jasa engineering dan biaya konstruksi.
- *Biaya O&M*: dalam rangka untuk mengukur biaya operasi dan pemeliharaan baik biaya variabel dan biaya tetap produk dan jasa selama setiap periode waktu, harus dipertimbangkan.
- *Manfaat Sosial*: ini menunjukkan manfaat pengembangan teknologi kepada masyarakat, sehingga indikator ini menandakan pengaruh yang besar terhadap arah pengembangan.
- *Manajemen dan Administrasi*: ini tercakup dalam pengelolaan administratif perusahaan dalam menilai alternatif strategi yang diusulkan.

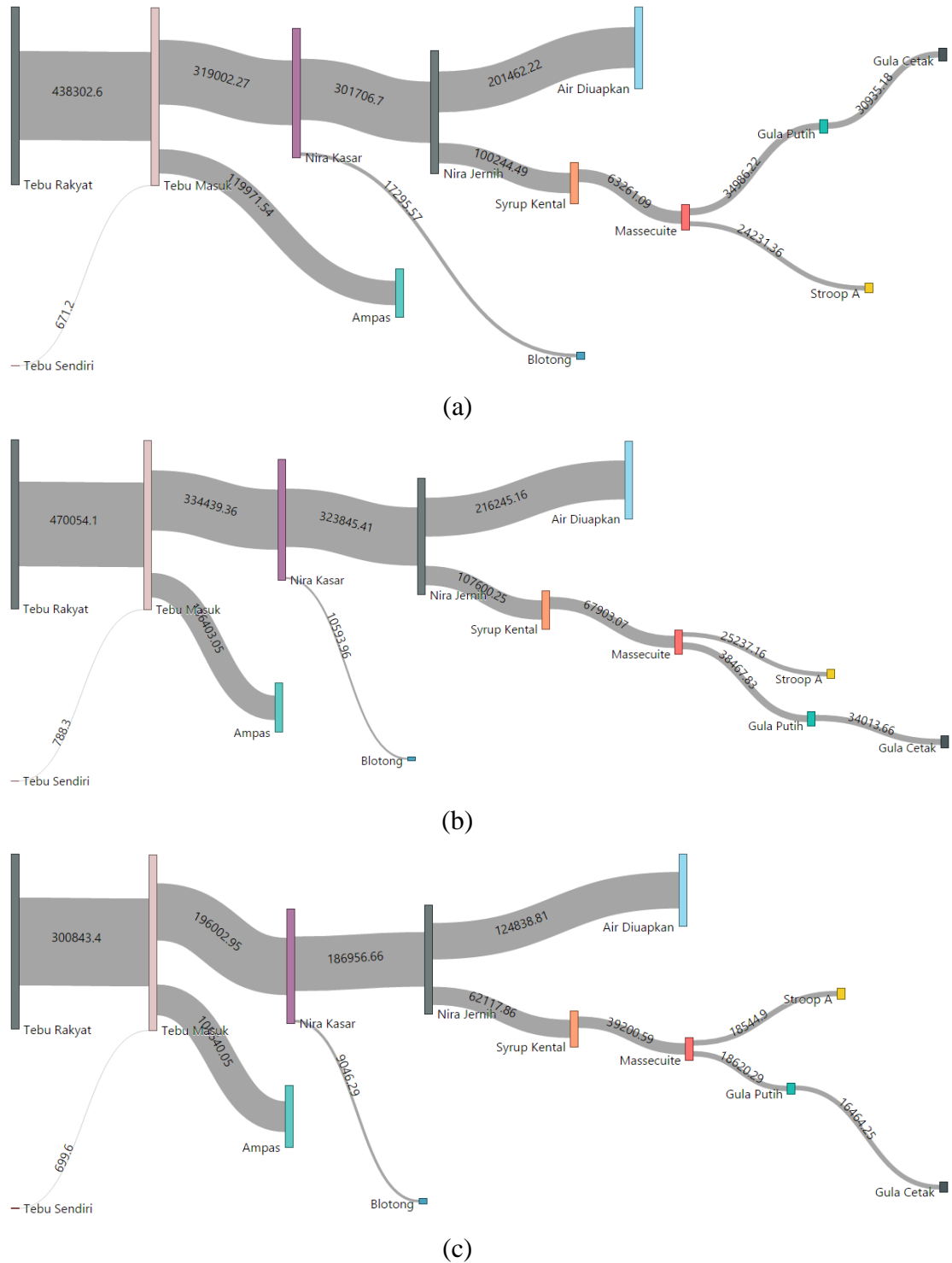
Tabel 4.2 Kriteria dan indikator pengambilan keputusan strategi pengembangan pabrik

Kriteria	Indikator
Teknis	↑Pembangkitan Energi (c_1)
	↑Ketersediaan Pembangkitan Energi (c_2)
	↓Mobilitas Bagas (c_3)
Ekonomi	↓Biaya Investasi (c_4)
	↓Biaya O&M (c_5)
Sosial	↑Manfaat Sosial (c_6)
	↑Managemen dan Administrasi (c_7)

4.2 Evaluasi Keberlanjutan Energi PG Kluster Tebuireng

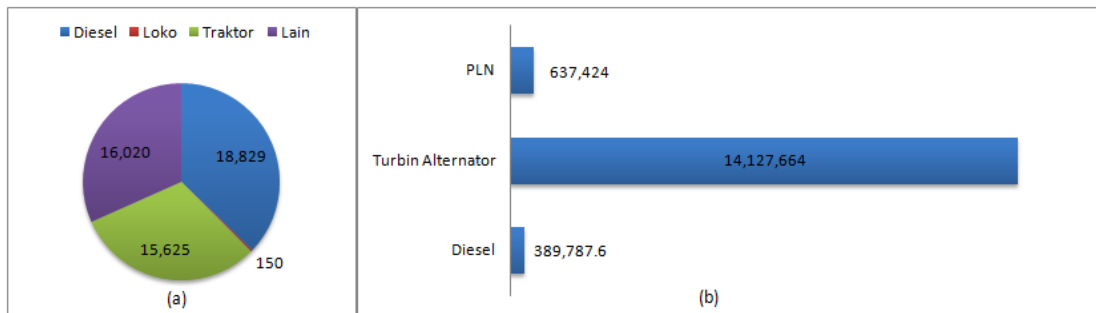
Berdasarkan data laporan produksi harian dari ketiga PG yang ada di kluster Tebuireng di 2015, rata-rata potensi bagas yang dihasilkan adalah sekitar 30% (gambar 4.3) dari total berat tebu yang digiling. Untuk PG Tjoekir sendiri, di

tahun 2015 ia mampu menghasilkan 119,971.54 ton, sedangkan PG Lestari dan PG Djombang Baru berturut-turut menghasilkan 136,403.05 dan 105,540.05 ton.



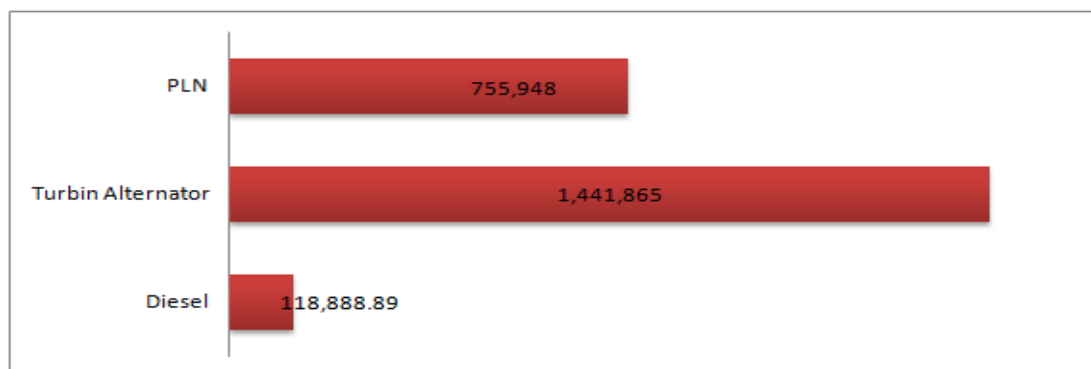
Gambar 4.3 Sankey diagram neraca tebu PG kluster Tebuireng. (a) neraca tebu PG. Tjoekir, (b) neraca tebu PG. Lestari dan (c) neraca tebu PG. Djombang Baru.

Sementara konsumsi energi dari PG Tjoekir dari penggunaan diesel terdiri dari penggunaan diesel untuk turbin alternator, lokomotif, traktor dan lain lain. Pada tahun 2015 penggunaan diesel untuk turbin alternator memiliki porsi yang paling besar yakni 18,8 kiloliter menyusul pemakaian lokomotif dan traktor berturut-turut sebesar 16 dan 15,6 kiloliter pada tahun yang sama. Sementara penggunaan diesel lainnya sebesar 150 liter. Di lain sisi, gambar 4.4 memperlihatkan konsumsi listrik PG Tjoekir yang berasal dari konversi bahan bakar diesel sebesar 390 MWh atau sekitar 35 kiloliter diesel, listrik dari turbin alternator 14 GWh dan yang dibeli dari PLN sebesar 637 MWh.



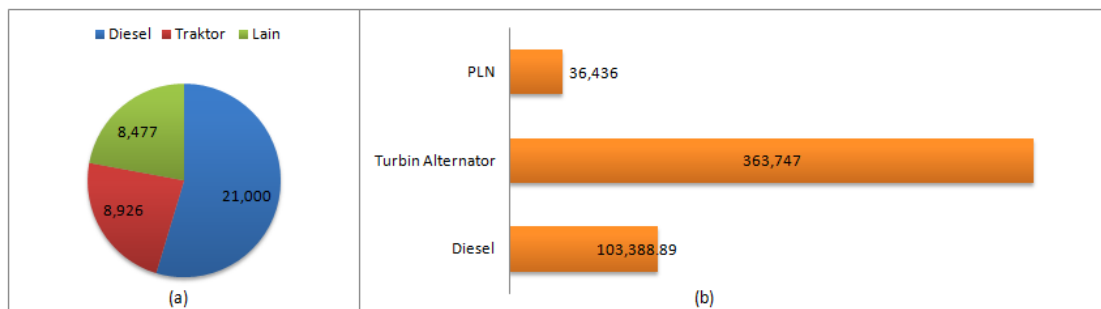
Gambar 4.4 Grafik konsumsi energi PG Tjoekir. (a) penggunaan diesel dan (b) konsumsi listrik dalam satuan kWh

Konsumsi energi tahun 2015 di PG Lestari yang bersumber dari bahan bakar diesel sebanyak 27,3 kiloliter. Sementara konsumsi listrik pabrik ini terlihat pada gambar 4.5, dimana pemakaian listrik yang dibeli dari PLN sebesar 755 MWh, sementara penggunaan listrik dari turbin alternator sebesar 1,4 GWh dan untuk pemakaian listrik yang berasal dari diesel adalah 118 MWh atau setara 10 kiloliter diesel.



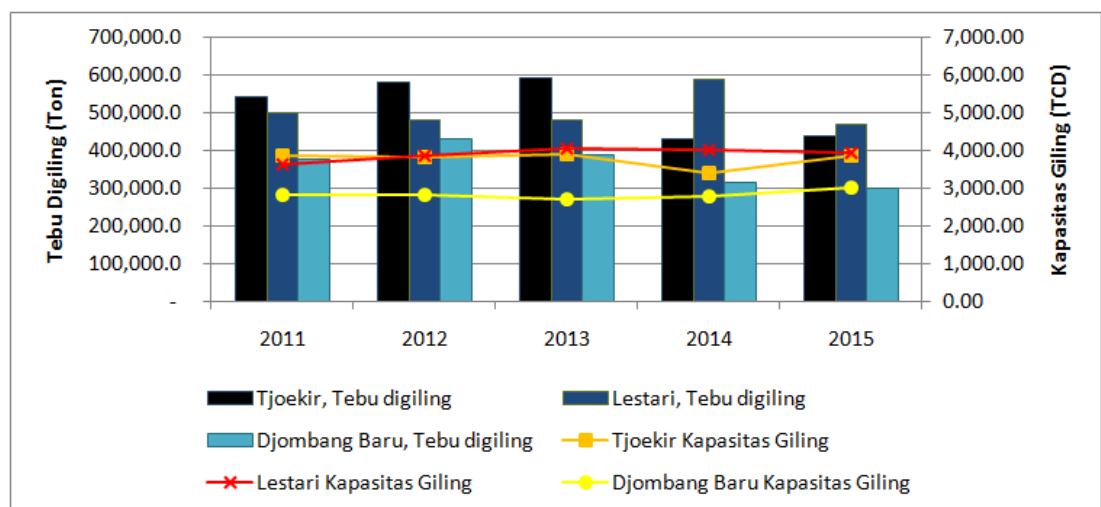
Gambar 4.5 Grafik konsumsi energi PG Lestari dalam satuan kWh

Di tahun 2015, PG Djombang Baru menghabiskan bahan bakar diesel total 50,6 kiloliter, dengan rincian digunakan dalam bentuk diesel sebesar 21 kiloliter, digunakan untuk kebutuhan traktor sebesar 8,9 kiloliter dan sisanya untuk kebutuhan lain-lain. Gambar 4.6 menunjukkan pemakaian listrik sebesar 503 MWh dengan rincian listrik yang bersumber dari PLN sebesar 36,4 MWh, dari diesel 363,7 MWh dan sisanya merupakan listrik yang dibangkitkan dari turbin alternator.



Gambar 4.6 Grafik konsumsi energi PG Djombang Baru. (a) penggunaan diesel dan (b) konsumsi listrik dalam satuan kWh

Berdasarkan data yang diperoleh dari 2011 hingga 2015, tebu yang digiling oleh ketiga PG yang berada pada kluster Tebuireng serta kapasitas giling masing-masing PG di kurun waktu tersebut terangkum dalam gambar 4.7.



Gambar 4.7 Gilingan tebu dan kapasitas giling PG kluster Tebuireng.

Dari data penggunaan energi listrik dapat diketahui konsumsi energi spesifik (SEC). ditunjukkan pada tabel 4.3 PG Tjoekir memiliki SEC sebesar 432

kWh/Ton gula sedangkan PG Lestari dan PG Djombang Baru berturut-turut memiliki SEC sebesar 60.16 dan 20.55 kWh/ton gula. Berdasarkan perhitungan SEC ini dapat disimpulkan bahwa PG Tjoekir menggunakan energi listrik yang jauh lebih besar dibanding dengan PG lainnya.

Tabel 4.3 *Specific Energy Consumption* (SEC) pada PG kluster Tebuireng

Nama	Konsumsi Energi Listrik (kWh)	Produksi Gula (Ton)	SEC (kWh/Ton)
PG Tjoekir	15,154,875.6	35,032.9	432.59
PG Lestari	2,316,701.89	38,512.2	60.16
PG Djombang Baru	503,571.89	24,510.2	20.55

Skema berkelanjutan energi pada penelitian ini dievaluasi berdasarkan beberapa aspek, yakni konsistensi gilingan tebu, penghasilan bagas, hasil tebu, usia mesin pabrik, ketersediaan pabrik, infrastruktur, kapasitas giling serta bantuan teknis pada lokasi. Pada aspek konsistensi gilingan tebu tebu, assesmen dilakukan menggunakan nilai standar deviasi tebu yang digiling di kurun waktu 2011-2015.

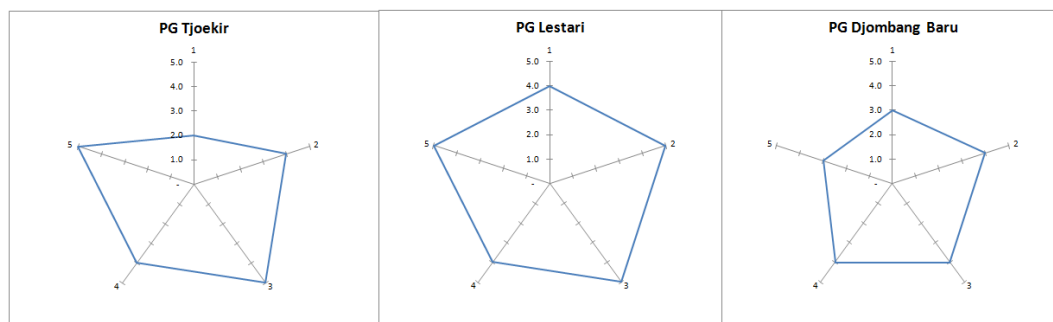
Tabel 4.4 Aspek assesmen keberlanjutan energi pada PG kluster Tebuireng

No.	Aspek Assesmen	PG Tjoekir	PG Lestari	PG Djombang Baru
1	Konsistensi Gilingan Tebu (sd)	78.116,28	47.995,84	54.785,23
2	Penghasilan Bagas (Ton)	119.971,54	136.403,05	105.540,05
3	Hasil Tebu (Ton)	438.966,20	470.842,40	301.543,00
4	Ketersedian Pabrik (hari)	126	129	113
5	Kapasitas (TCD)	4.200	4.000	2.900

Sumber : Olahan data lapangan dan berbagai sumber, 2015.

Sementara yang dijadikan dasar dalam melakukan assesmen untuk aspek ketersediaan pabrik adalah lama waktu operasi giling pabrik dalam satu tahun

dimana waktu operasi giling yang paling lama selama 2011-2015 adalah 160 hari. Data pada tabel 4.4 kemudian dinormalisasi dan menghasilkan grafik penilaian komparasi yang ditunjukkan pada gambar 4.8

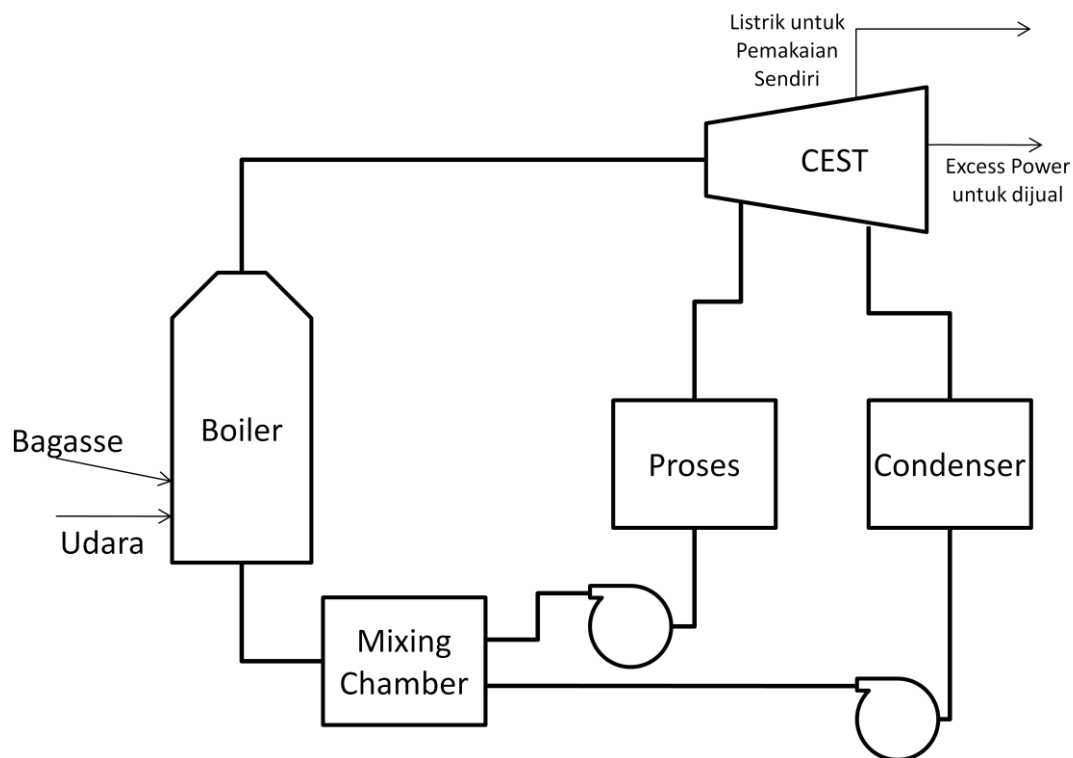


Gambar 4.8 Penilaian komparasi PG.

4.3 Evaluasi Ketersediaan Bagasse

Berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari lapangan, dimana kapasitas pengolahan tebu di tahun 2015 untuk kluster Tebuireng mencapai angka 1.211 kiloton dengan kapasitas pengolahan pada PG Tjoekir, Lestari dan Djombang Baru masing-masing sebesar 438 kiloton, 471 kiloton dan 301 kiloton. Ada dua alternatif strategi pengembangan pabrik yang potensial untuk ditawarkan yakni strategi pertama mengembangkan masing-masing pabrik mengimplementasikan teknologi berbasis kogenerasi atau yang dikenal dengan *combine heat and power* (CHP) yang ditunjukkan pada gambar 4.9 dan strategi kedua mengkhususkan satu pembangkit listrik terpisah dari pabrik gula dengan menunjuk satu pabrik gula untuk dijadikan pembangkit dimana produksi gula dari pabrik ini akan dialihkan ke dua pabrik lainnya sesuai dengan kapasitas produksi gula masing-masing yang diperlihatkan pada gambar 4.10.

Dari tabel 4.5 diketahui kebutuhan listrik masing-masing dari pabrik gula. Jumlah kebutuhan ini kemudian dibagi dengan jam giling dalam setahun untuk mendapatkan penggunaan listrik sendiri dalam satuan jam. Sementara nilai tebu yang digiling didapatkan dari membagi kapasitas pengolahan tebu dalam satu tahun dengan jam giling dalam setahun. Untuk nilai *heat demand* diperoleh dari kebutuhan energi thermal untuk setiap tebu yang digiling pada masing-masing pabrik, yaitu kebutuhan energi termalnya sebesar 320 kW/kg tebu (terangkum dalam tabel 4.5).



Gambar 4.9 Skema pengembangan pabrik strategi A

Tabel 4.5 Data proses pada pabrik untuk strategi A

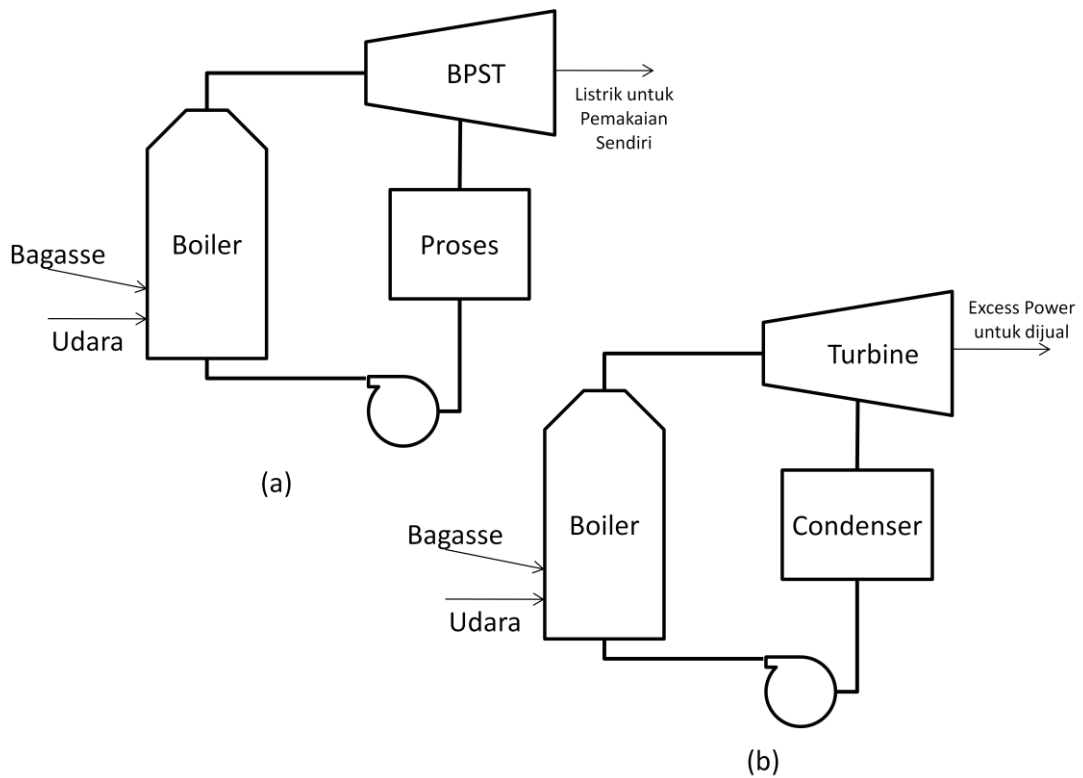
PG	Jam Giling Dalam Setahun	Listrik		Tebu digiling Tph	Bagasse yang dihasilkan Tph	Surplus Bagasse Tph	Surplus Bagasse Tpa	Heat Demand MWh
		Pemakaian Sendiri kWh	Dijual MWh					
Tjoekir	2841	5334,35	18,57	154,51	46,35	16,86	47911,47	49,44
Lestari	2397	966,50	28,91	196,43	58,93	22,07	52896,1	62,86
Djombang Baru	2711	185,75	17,74	111,23	33,37	11,25	30504,33	35,59

Tabel 4.6 Parameter operasi pada skema kogenerasi

PG	Q_{Hot}	$W_{Turbine}$	$Q_{process}$	$Q_{condenser}$	W_{Pump}	Steam Demand	Bagasse Demand	Heat Supply
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	Tph	Tph	MWh
Tjoekir	108,76	28,64	64,49	16,00	0,37	128,00	29,49	54,82
Lestari	135,95	35,79	80,62	20,00	0,47	160,00	36,86	68,52
Djombang Baru	81,57	21,48	48,37	12,00	0,28	96,00	22,12	41,11
Off Season	42,71	12,84	0,00	30,00	0,14	0,00	11,58	0,00

Tabel 4.7 Ketersediaan pembangkitan energi PG kluster Tebuireng strategi A

PG	Ketersediaan Pembangkitan Listrik (Hari)		
	<i>On Season</i>	<i>Off Season</i>	Total
Tjoekir	119	172	292
Lestari	100	191	291
Djombang Baru	113	110	223



Gambar 4.10 Skema pengembangan pabrik strategi B: (a) skema pabrik untuk produksi gula dan (b) skema pembangkit listrik

Dengan menggunakan hukum termodinamika maka parameter operasi diperoleh (lihat tabel 4.6). Setelah mendapatkan parameter operasi maka dapat dihitung kebutuhan bagasse setiap jamnya sekaligus surplus bagasse untuk tiap tahunnya (ton per annum) yang diperlihatkan pada tabel 4.5. Hasil perhitungan potensi bagasse kemudian dijadikan dasar untuk menghitung masa ketersediaan pembangkitan (lihat tabel 4.7).

Tabel 4.8 Data proses pada pabrik untuk strategi B

PG	Jam Giling Dalam Setahun	Listrik Pemakaian Sendiri	Dijual	Tebu digiling	<i>Bagasse</i> yang dihasilkan	Surplus <i>Bagasse</i>	Surplus <i>Bagasse</i>	<i>Heat Demand</i>
	Jam	kWh	MWh	Tph	Tph	Tph	Tpa	MWh
Tjoekir	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Lestari	3940	966,50	21,75	196,00	58,80	29,66	116847,65	62,72
Djombang Baru	3940	185,75	13,44	111,00	33,30	15,81	62307,39	35,52

Tabel 4.9 Parameter operasi pada skema operasi terpisah

PG	Q_{Hot}	$W_{Turbine}$	$Q_{process}$	$Q_{condenser}$	W_{Pump}	<i>Steam Demand</i>	<i>Bagasse Demand</i>	<i>Heat Supply</i>
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	Tph	Tph	MWh
Tjoekir	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lestari	107,48	27,23	80,62	0,00	0,37	160,00	29,14	68,52
Djombang Baru	64,49	16,34	48,37	0,00	0,22	96,00	17,49	41,11

Tabel 4.10 Ketersediaan pembangkitan energi PG kluster Tebuireng strategi B

Parameter	Nilai
Q_{Hot} (MWh)	75,45
$W_{Turbine}$ (MWh)	22,69
$Q_{process}$ (MWh)	0
$Q_{condenser}$ (MWh)	53,01
W_{Pump} (kWh)	242,65
Produksi listrik (MWh)	18,99
Kebutuhan <i>Bagasse</i> (Tph)	20,46
Total Surplus <i>Bagasse</i> kluster Tebuireng (Ton)	179155
Ketersediaan Pembangkitan (Jam)	8758
Ketersediaan Pembangkitan (Hari)	365

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan potensi bagasse untuk strategi B (tabel 4.8-4.9) yang kemudian dilakukan perhitungan masa ketersediaan pembangkitan untuk strategi B (lihat tabel 4.10). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa strategi B dapat menghasilkan surplus *bagasse* dalam satu jam produksi sebesar 29,66 tph untuk PG Lestari dan 15,81 tph untuk PG Djombang Baru.

Hal penting yang harus diperhatikan mengenai hasil surplus *bagasse* dari kedua PG ini adalah besarnya kuantitas *bagasse* yang akan disimpan mengingat jumlah kebutuhan *bagasse* pada pembangkit tunggal hanya sebesar 20,46 tph. Berdasarkan kebutuhan pembangkit tunggal dapat dihitung kuantitas *bagasse* yang akan disimpan dan kebutuhan luas area sebagai area penyimpanan *bagasse*.

- Surplus *bagasse* PG Lestari dalam satu hari = 29,66 tph × 24 h = 711,76 ton
- Surplus *bagasse* PG Djombang Baru dalam satu hari = 29,66 tph × 24 h = 379,54 ton
- Kebutuhan *bagasse* pembangkit tunggal Tjoekir dalam satu hari = 29,66 tph × 24 h = 490,98 ton

Sehingga sisa *bagasse* dalam satu hari adalah:

$$\begin{aligned} Sisa_{bagasse} &= surplus_{lestari} + surplus_{Djombang} - kebutuhan_{tjoekir} \\ Sisa_{bagasse} &= 711,76ton + 379,54ton - 490,98ton \\ Sisa_{bagasse} &= 600,32ton \end{aligned}$$

Areal penyimpanan *bagasse* dalam satu hari adalah:

$$\begin{aligned} Areal_{storage} &= \frac{Sisa_{bagasse}}{density_{bagasse} \times h_{tumpukan}} \\ Areal_{storage} &= \frac{600,32ton}{0,12 \frac{ton}{m^3} \times 5m} \\ Areal_{storage} &= 1000,54m^2 \end{aligned}$$

Dimana $h_{tumpukan}$ merupakan tinggi tumpukan *bagasse*. Hasil perhitungan areal penyimpanan yang dibutuhkan menunjukkan luas area yang sangat besar. Dalam satu hari areal penyimpanan yang dibutuhkan seluas 1000,54 m² atau seluas 0,1 ha. Bila dalam dalam satu tahun pabrik gula menggiling tebu selama 3940 jam atau sekitar 164 hari maka selama musim giling akan terjadi penumpukan surplus *bagasse* yang membutuhkan luas lahan penyimpanan kurang lebih 16,4 ha. Sehingga agar pembangkit tunggal dapat membangkitkan energi listrik selama 365 hari diperlukan areal penyimpanan seluas 16,4 ha untuk menyimpan surplus *bagasse* yang dihasilkan selama musim giling.

4.4 Pengambilan Keputusan

4.4.1 Pengambilan Keputusan Menggunakan Metode AHP

Setelah kriteria ditentukan serta indikator, bobot dan alternatif telah ditetapkan, algoritma AHP dilakukan. Pendekatan AHP pada penelitian dilakukan dengan perbandingan berpasangan yang nilai bobotnya ditunjukkan pada tabel 4.11 sampai 4.12.

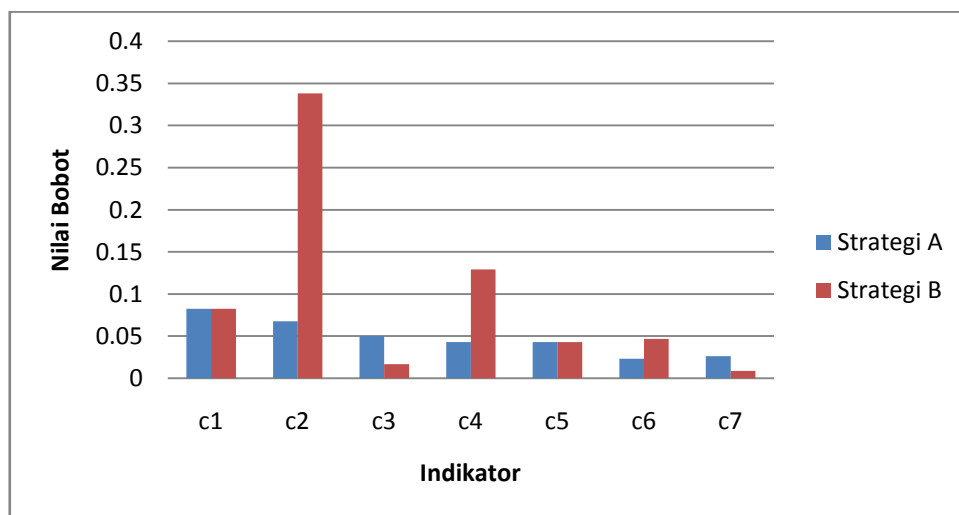
Tabel 4.11 Perbandingan berpasangan kriteria & indikator pada metode AHP

	Teknis	Ekonomi	Sosial	Bobot	Bobot Normalisasi
Teknis	1	3	5	1,91	0,64
Ekonomi	0,33	1	3	0,77	0,26
Sosial	0,2	0,33	1	0,32	0,11
Total	1,53	4,33	9	3	1
	c1	c2	c3	Bobot	Bobot Normalisasi
c1	1	3	5	1,91	0,64
c2	0,33	1	3	0,77	0,26
c3	0,2	0,33	1	0,32	0,11
Total	1,53	4,33	9	3	1
	c4	c5		Bobot	Bobot Normalisasi
c4	1	2		1,33	0,67
c5	0,5	1		0,67	0,33
Total	1,5	3		2	1
	c6	c7		Bobot	Bobot Normalisasi
c6	1	2		1,33	0,67
c7	0,5	1		0,67	0,33
Total	1,5	3		2	1

Proses assesmen alternatif dengan perbandingan berpasangan yang ditunjukkan tabel 4.12 kemudian diolah untuk mendapatkan hasil kinerja perbandingan antara kedua strategi dengan menormalisasi nilai perbandingan sesuai dengan bobot dari masing-masing indikator. Hasil komparasi antara kedua strategi diperlihatkan pada gambar 4.11.

Tabel 4.12 Hasil bobot kriteria & indikator pada metode AHP

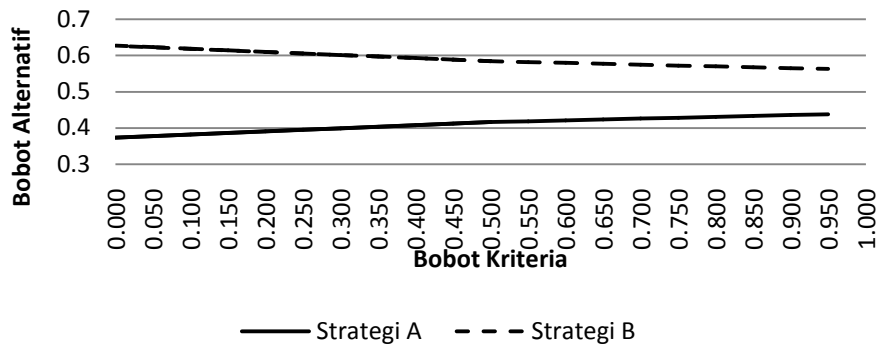
Kriteria	Bobot
Teknis	0,64
Ekonomi	0,26
Sosial	0,10
Indikator	Bobot
Pembangkitan Energi (c1)	0,16
Ketersediaan Pembangkitan Energi (c2)	0,41
Mobilitas Bagas (c3)	0,07
Biaya Investasi (c4)	0,17
Biaya O&M (c5)	0,09
Manfaat Sosial (c6)	0,07
Manajemen dan Administrasi (c7)	0,03



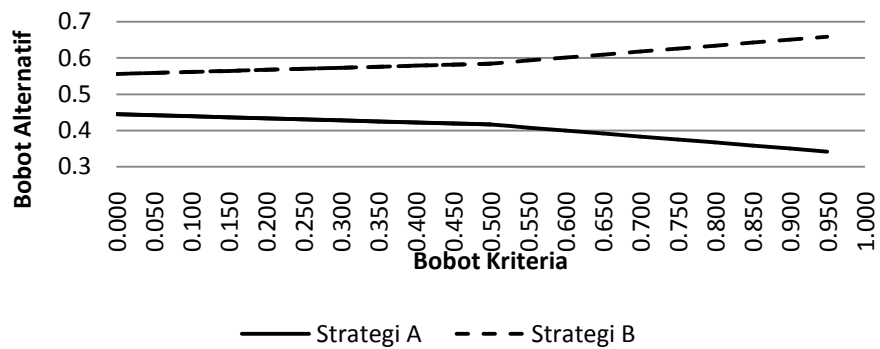
Gambar 4.11 Komparasi hasil evaluasi kinerja berdasarkan indikator dengan model AHP

Gambar 4.12 menunjukkan analisa sensitivitas yang dipakai untuk memprediksi keadaan apabila terjadi perubahan yang cukup besar, misalnya terjadi perubahan bobot prioritas atau urutan prioritas dan kriteria karena adanya

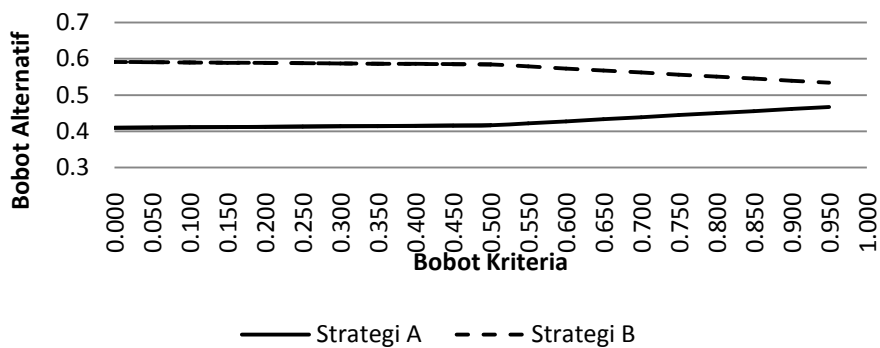
perubahan kebijaksanaan sehingga muncul usulan pertanyaan bagaimana urutan prioritas alternatif yang baru dan tindakan apa yang perlu dilakukan.



a)



b)



c)

Gambar 4.12 Analisis sensitivitas AHP, (a) sensitivitas teknis, (b) sensitivitas ekonomi dan (c) sensitivitas sosial.

Dalam model AHP pada riset ini yang merupakan hirarki tiga level, level dua dan tiga hirarki tersebut, yakni kriteria, dapat disebut sebagai variabel eksogen sedangkan level tiganya adalah variabel endogen. Analisis sensitivitas dari hirarki tersebut adalah melihat pengaruh dan perubahan pada bobot kriteria, yang berada dalam rentang pengaruh 0 sampai 1, terhadap kondisi bobot alternatif.

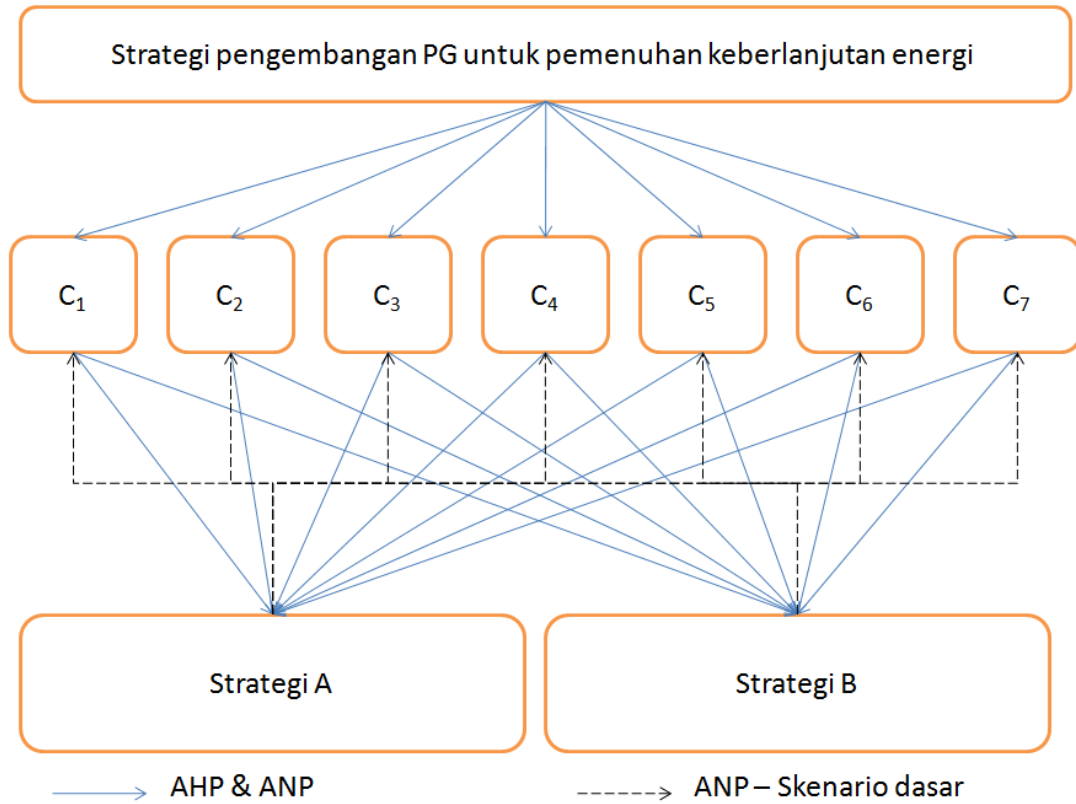
4.4.2 Pengambilan Keputusan Menggunakan Metode ANP

Pada bagian ini pendekatan metode ANP dilakukan untuk menilai strategi terbaik untuk pengembangan PG. Model ANP memiliki kemiripan struktur dengan model AHP. Perbedaannya terletak pada hubungan antara kluster yang ada di dalam hirarki model. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan tiga skenario menggunakan model ANP dengan memunculkan hubungan pengaruh alternatif kepada setiap indikator (gambar 4.13). Selain itu, untuk skenario 1 dan 2 ditambahkan pengaruh indikator yang dipilih kepada indikator lain untuk dilakukan penilaian strategi terbaik yang ditunjukkan oleh gambar 4.14.

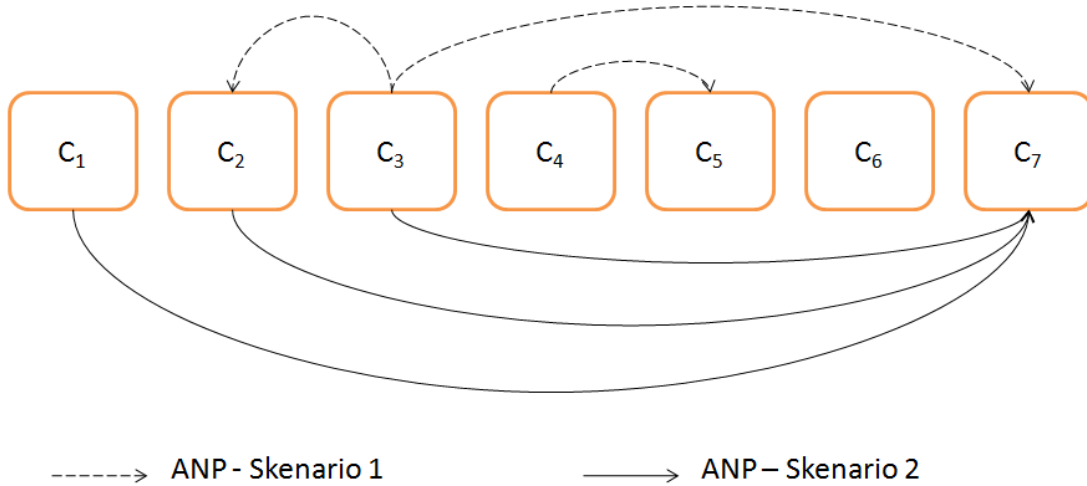
Dengan mempertimbangkan semua item indikator dalam jaringan (lihat Gambar 4.14) dan menyajikannya menggunakan format matrik. Tambahan hubungan antar kluster yang telah ditentukan dan memberi pengaruh alternatif terhadap indikator sesuai dengan skenario 1 maka didapatkan hasil supermatrik dan limit matrik yang terdaftar pada tabel 4.13 sampai 4.15. Peneliti dapat menggunakan Supermatrik sebagai daftar cek untuk memastikan bahwa segala sesuatu sudah sesuai. Ini juga dapat digunakan untuk memeriksa berikut tiga jenis kemungkinan hubungan antara dua tingkat dalam model: (1) hubungan ketidaktergantungan dari indikator dan (2) saling ketergantungan antar indikator. Hal ini diamati dari tabel 4.13 pengaruh ketergantungan antar komponen muncul. Mengacu pada baris **manajemen dan administrasi** terhadap kolom **mobilitas bagas**, misalnya, kita dapat melihat bahwa saling ketergantungan tersebut ada di antara kedua indikator tersebut.

Salah satu tantangan untuk menentukan pemilihan alternatif strategis yang akan membantu pabrik gula mencapai tujuan pemenuhan keberlanjutan energi

adalah bagaimana masing-masing indikator yang menjadi dasar penilaian memiliki pengaruh terhadap satu sama lain dan mempengaruhi alternatif. Gambar 4.15 memperlihatkan perbandingan nilai dari kedua alternatif strategi untuk masing-masing indikator berdasarkan model ANP-skenario 1.



Gambar 4.13 Struktur model hirarki metode AHP dan ANP



Gambar 4.14 Hubungan pengaruh antar indikator pada Model ANP

Tabel 4.13 *Unweighted Supermatrix* yang dihasilkan metode ANP skenario 1

	Goal	Strategi A	Strategi B	Ekonomi	Sosial	Teknis	Biaya Investasi
Goal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Strategi A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25
Strategi B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75
Ekonomi	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sosial	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Teknis	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Biaya Investasi	0,00	0,17	0,83	0,67	0,00	0,00	0,00
Biaya O&M	0,00	0,83	0,17	0,33	0,00	0,00	1,00
Mafaat Sosial	0,00	0,83	0,13	0,00	0,67	0,00	0,00
Manajemen & Administrasi	0,00	0,17	0,88	0,00	0,33	0,00	0,00
Ketersediaan Pembangkitan Listrik	0,00	0,13	0,23	0,00	0,00	0,26	0,00
Mobilitas Bagas	0,00	0,12	0,65	0,00	0,00	0,10	0,00
Pembangkitan Listrik	0,00	0,75	0,12	0,00	0,00	0,64	0,00
	Biaya O&M	Manfaat Sosial	Manajemen & Administrasi	Ketersediaan Pembangkitan Listrik	Mobilitas Bagas	Pembangkitan Listrik	
Goal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Strategi A	0,50	0,33	0,75	0,17	0,75	0,50	
Strategi B	0,50	0,67	0,25	0,83	0,25	0,50	
Ekonomi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Sosial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Teknis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Biaya Investasi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Biaya O&M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Mafaat Sosial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Manajemen & Administrasi	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	
Ketersediaan Pembangkitan Listrik	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	
Mobilitas Bagas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Pembangkitan Listrik	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

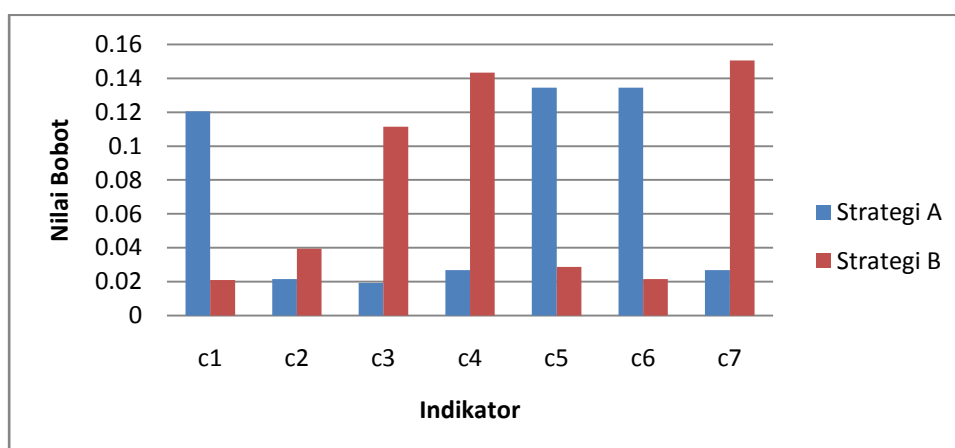
Tabel 4.14 *Weighted Supermatrix* yang dihasilkan metode ANP skenario 1

	Goal	Strategi A	Strategi B	Ekonomi	Sosial	Teknis	Biaya Investasi
Goal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Strategi A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
Strategi B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38
Ekonomi	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sosial	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Teknis	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Biaya Investasi	0,00	0,06	0,28	0,67	0,00	0,00	0,00
Biaya O&M	0,00	0,28	0,06	0,33	0,00	0,00	0,50
Mafaat Sosial	0,00	0,28	0,04	0,00	0,67	0,00	0,00
Manajemen & Administrasi	0,00	0,06	0,29	0,00	0,33	0,00	0,00
Ketersediaan Pembangkitan Listrik	0,00	0,04	0,08	0,00	0,00	0,26	0,00
Mobilitas Bagas	0,00	0,04	0,22	0,00	0,00	0,10	0,00
Pembangkitan Listrik	0,00	0,25	0,04	0,00	0,00	0,64	0,00

	Biaya O&M	Manfaat Sosial	Manajemen & Administrasi	Ketersediaan Pembangkitan Listrik	Mobilitas Bagas	Pembangkitan Listrik
Goal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Strategi A	0,50	0,33	0,75	0,17	0,25	0,50
Strategi B	0,50	0,67	0,25	0,83	0,08	0,50
Ekonomi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sosial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Teknis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Biaya Investasi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Biaya O&M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mafaat Sosial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Manajemen & Administrasi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00
Ketersediaan Pembangkitan Listrik	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00
Mobilitas Bagas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pembangkitan Listrik	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel 4.15 *Limited Matrix* yang dihasilkan metode ANP skenario 1

	Goal	Strategi A	Strategi B	Ekonomi	Sosial	Teknis	Biaya Investasi
Goal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Strategi A	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Strategi B	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Ekonomi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sosial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Teknis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Biaya Investasi	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Biaya O&M	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Mafaat Sosial	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Manajemen & Administrasi	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Ketersediaan Pembangkitan Listrik	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Mobilitas Bagas	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Pembangkitan Listrik	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
	Biaya O&M	Manfaat Sosial	Manajemen & Administrasi	Ketersediaan Pembangkitan Listrik	Mobilitas Bagas	Pembangkitan Listrik	
Goal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Strategi A	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Strategi B	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Ekonomi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sosial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Teknis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Biaya Investasi	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Biaya O&M	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Mafaat Sosial	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Manajemen & Administrasi	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Ketersediaan Pembangkitan Listrik	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Mobilitas Bagas	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Pembangkitan Listrik	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07



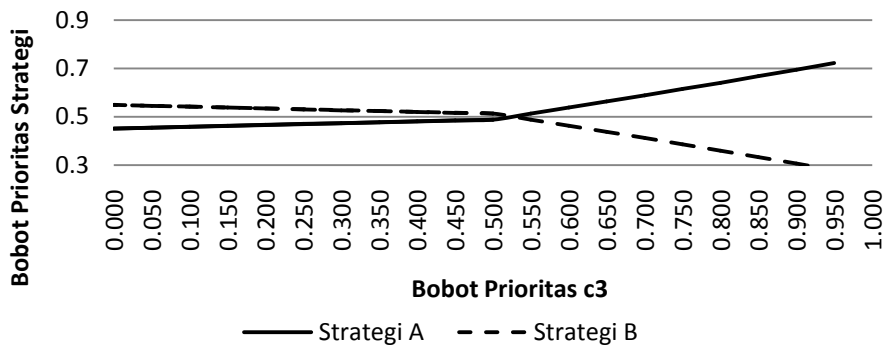
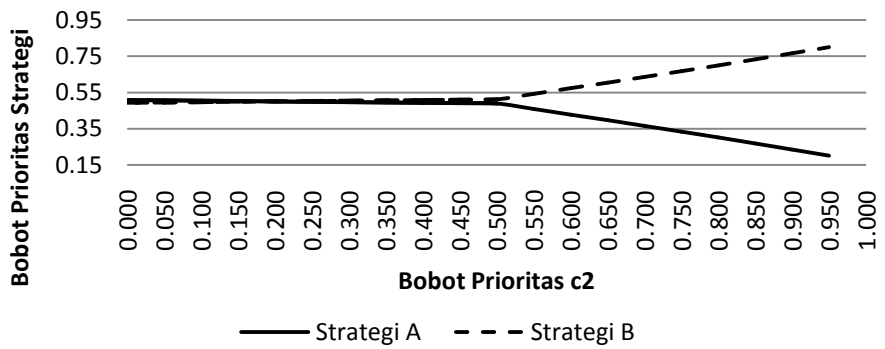
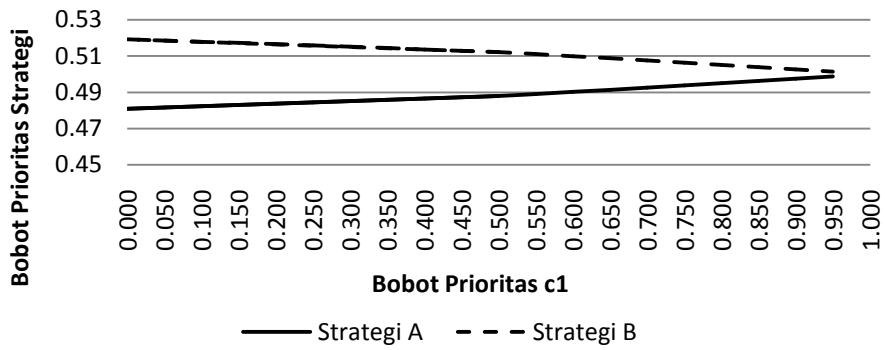
Gambar 4.15 Komparasi evaluasi kinerja dengan model ANP skenario 1

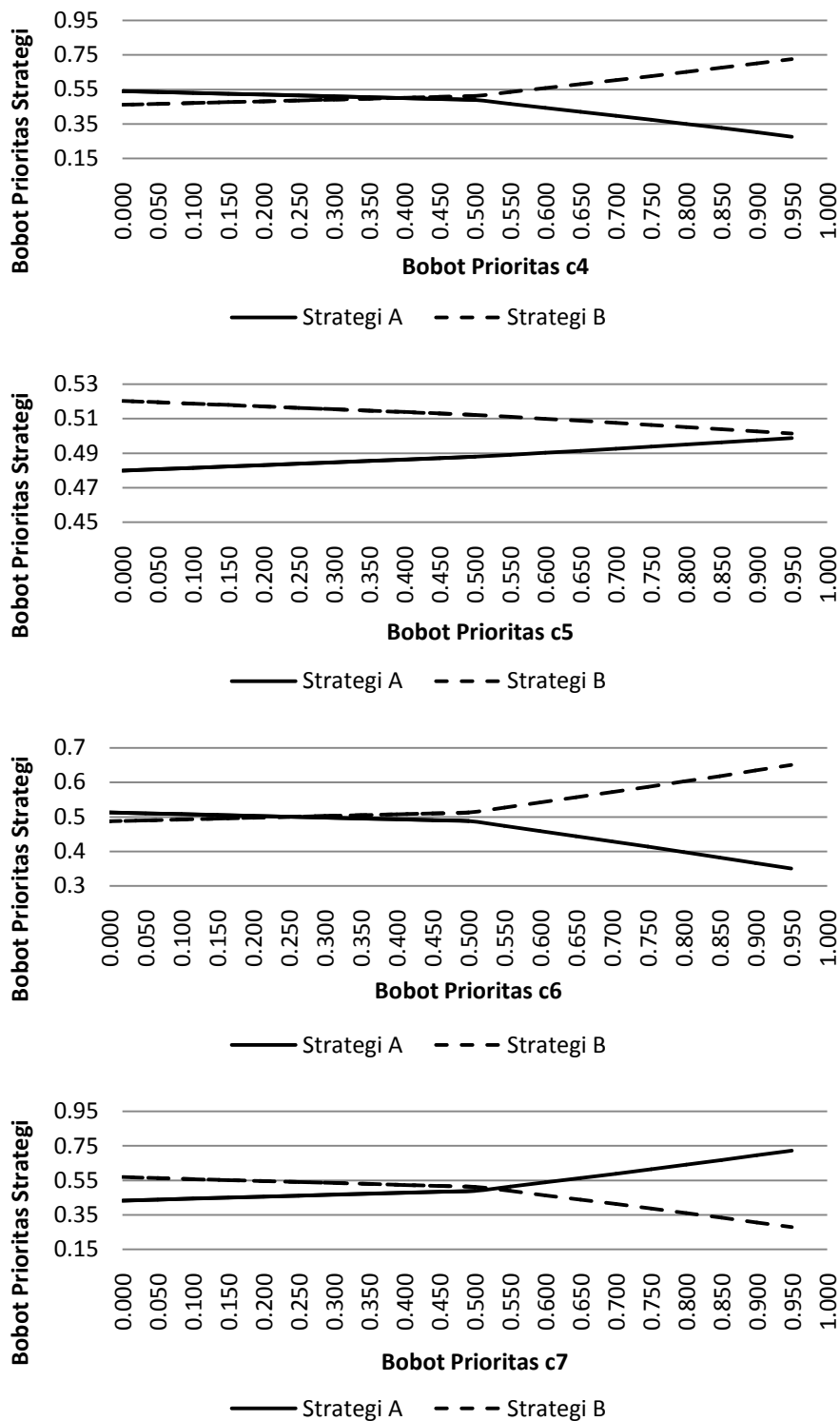
Tabel 4.16 Nilai prioritas kriteria dan alternatif pada ketiga skenario ANP

Nama	Skenario 0		Skenario 1		Skenario 2	
	<i>Normalized By cluster</i>	<i>Limiting</i>	<i>Normalized By cluster</i>	<i>Limiting</i>	<i>Normalized By Cluster</i>	<i>Limiting</i>
Strategi A	0,49	0,24	0,48	0,22	0,52	0,24
Strategi B	0,51	0,26	0,52	0,24	0,48	0,22
Biaya Investasi	0,51	0,08	0,41	0,08	0,49	0,07
Biaya O&M	0,49	0,08	0,59	0,11	0,51	0,08
Mafaat Sosial	0,47	0,08	0,41	0,07	0,33	0,08
Manajemen dan Administrasi	0,53	0,09	0,59	0,10	0,67	0,15
Ketersediaan Pembangkitan Energi	0,18	0,03	0,28	0,05	0,18	0,03
Mobilitas Bagas Pembangkitan Energi	0,39	0,07	0,35	0,06	0,37	0,06
Pembangkitan Energi	0,43	0,07	0,38	0,07	0,45	0,07

Setelah melakukan ketiga skenario pemilihan menggunakan model ANP (lihat gambar 4.13 dan 4.14) maka akan didapatkan nilai prioritas yang terangkum dalam tabel 4.16 untuk masing-masing skenario yang telah ditetapkan. Dapat diketahui bahwa prioritas indikator yang dipengaruhi cenderung menurun dan prioritas indikator yang mempengaruhi cenderung meningkat. Hal ini terlihat pada

skenario 0 biaya investasi tidak dipengaruhi oleh biaya O&M dimana nilainya berturut-turut 0,51 dan 0,49. Nilai prioritas kedua kemudian berubah setelah dipertimbangkan adanya hubungan antara kedua indikator ini, dimana indikator biaya investasi dipengaruhi oleh biaya O&M ada skenario 2. Hal yang serupa juga terlihat pada indikator manajemen dan administrasi yang nilai prioritasnya juga bertambah seiring banyaknya indikator yang dipengaruhi olehnya.





Gambar 4.16 Analisis sensitivitas menggunakan metode ANP-Skenario 0

Grafik analisis sensitivitas untuk model ANP untuk seluruh ketiga skenario digambarkan pada gambar 4.16 sampai 4.18. Grafik sensitivitas c1

menunjukkan sensitivitas dari indikator pembangkitan energi. Pada gambar 4.16, bila bobot prioritas pembangkitan energi nol atau diabaikan sepenuhnya dalam pengambilan keputusan maka bobot prioritas strategi A berada pada angka 0,48 sementara strategi B sebesar 0,52. Namun bila indikator pembangkitan energi dijadikan prioritas utama dalam pertimbangan pengambilan keputusan atau memiliki bobot prioritas tinggi atau dalam hal ini bobot prioritas indikator 0,95 maka tingkat preferensi kedua strategi sama besar. Hal serupa juga terlihat pada gambar 4.17 yaitu strategi B memiliki tingkat preferensi lebih baik dari strategi A pada bobot prioritas indikator nol walaupun perbedaan bobot prioritas antar strategi tidak sebesar yang ditunjukkan gambar 4,16. Berbeda halnya yang ditunjukkan gambar 4.18. Pada bobot prioritas indikator nol, tingkat preferensi kedua strategi sama besar dan bila bobot prioritas indikator dinaikkan ke angka 0,95, nilai preferensi atau bobot prioritas strategi A jauh lebih tinggi dibanding strategi B yaitu 0,6 berbanding 0,4.

Pada grafik sensitivitas c2 atau indikator ketersediaan pembangkitan energi yang ditunjukkan gambar 4.16, strategi A memiliki nilai preferensi yang sama besar dengan strategi B pada bobot prioritas indikator sama dengan nol. Dan bila bobot prioritas indikator dibesarkan atau DM memutuskan untuk menjadikan indikator ini sebagai aspek utama dalam penilaian pengambilan keputusan maka nilai preferensi strategi B lebih besar dari 0,75 sedangkan strategi A memiliki bobot prioritas sekitar 0,2. Demikian pula halnya seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.17 dimana strategi B memiliki nilai preferensi yang jauh lebih tinggi dibanding strategi A pada bobot prioritas indikator 0,95. Bila bobot indikator ketersediaan pembangkitan energi direndahkan ke angka 0 maka strategi A memiliki nilai preferensi sedikit lebih tinggi daripada strategi B. Nilai prioritas strategi A dan B berpotongan atau sama besar pada bobot indikator ketersediaan pembangkitan energi di angka 0,3. Pada ANP-skenario 2 terlihat mirip dengan ANP-skenario 1 namun garis bobot prioritas antar strategi bergeser lebih berjauhan. Terlihat pada bobot indikator sebesar nol, nilai preferensi strategi A lebih besar dibanding strategi B yaitu 0,53 berbanding 0,48 dan bobot prioritas kedua strategi berpotongan pada bobot indikator sekitar 0,65. Preferensi strategi B

menjadi lebih baik dibanding strategi A di rentang bobot indikator 0,7 sampai 0,95.

Grafik sensitivitas c3 menunjukkan sensitivitas indikator mobilitas bagasse dalam penilaian pengambilan keputusan pada studi ini. Pada ANP-skenario 0 (gambar 4.16), bila bobot prioritas indikator mobilitas bagasse diabaikan sepenuhnya maka strategi B memiliki nilai preferensi sebesar 0,55 berbanding strategi A sebesar 0,45. Nilai preferensi atau bobot prioritas strategi A dan B sama besar atau sama penting pada bobot indikator sekitar 0,4. Namun pada bobot indikator dinaikkan sebesar 0,95, strategi A jauh lebih baik dari strategi B di bobot prioritas 0,7 banding 0,3. Hal serupa juga terlihat pada ANP-skenario 1 dan 2 dengan perbedaan titik potong bobot prioritas kedua strategi yang masing-masing berada pada nilai bobot indikator 0,6 dan 0,2.

Grafik sensitivitas c4 memperlihatkan sensitivitas indikator biaya investasi. Gambar 4.16-4.17 memiliki kemiripan *trend* garis bobot prioritas strategi A dan B yaitu semakin meningkat bobot prioritas indikator biaya investasi maka semakin tinggi bobot prioritas strategi B dan semakin rendah bobot prioritas strategi A. Hal yang membedakan dari ketiga grafik ini adalah titik potong bobot prioritas kedua strategi. Titik potong kedua strategi atau strategi A dan B sama besar pada ANP-skenario 0 berada pada bobot indikator 0,4 sedangkan pada ANP-skenario 1 dan 2 berada pada bobot indikator 0,2 dan 0,55. Sementara di ketiga gambar pada bobot indikator sebesar nol strategi A lebih baik strategi B dan sebaliknya pada bobot indikator sebesar 0,95 strategi B lebih baik daripada strategi A.

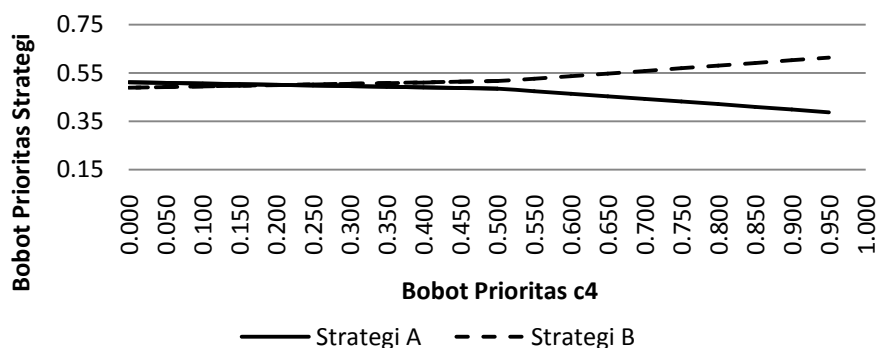
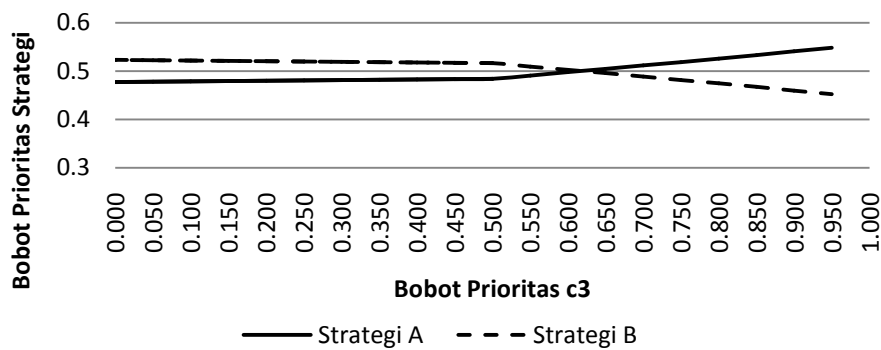
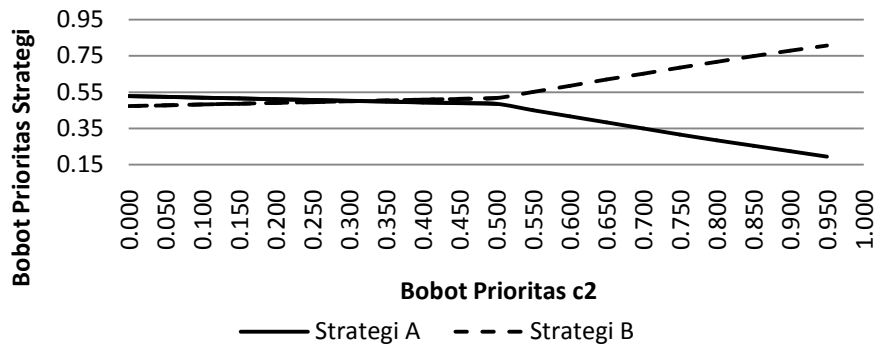
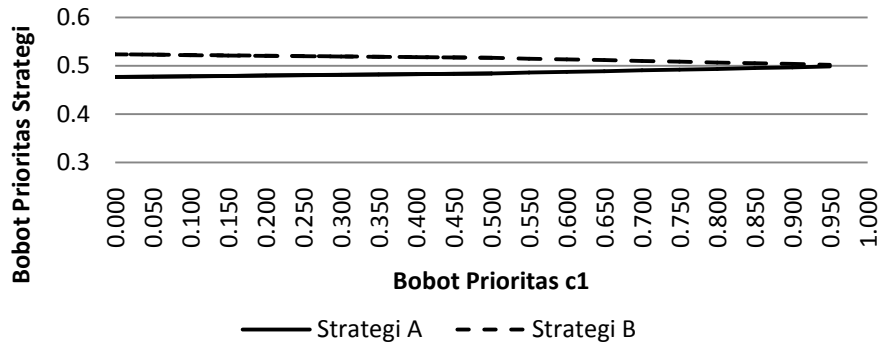
Grafik sensitivitas c5 merupakan sensitivitas dari perubahan bobot prioritas indikator biaya O&M terhadap perubahan tingkat preferensi kedua strategi. Ketiga grafik baik metode ANP-skenario 0,1 dan 2 menunjukkan titik potong antara kedua strategi pada bobot prioritas biaya O&M sebesar 0,95. Pada bobot prioritas indikator di angka nol atau DM mengabaikan sepenuhnya indikator biaya O&M dalam penilaian pengambilan keputusan, ANP-skenario 0 menunjukkan strategi B memiliki bobot prioritas 0,52 berbanding strategi A yang memiliki bobot prioritas 0,48, sedangkan pada ANP-skenario 1 dan 2 nilai perbandingan prioritas strategi A dan B masing-masing 0,45:0,55 dan 0,52:0,48.

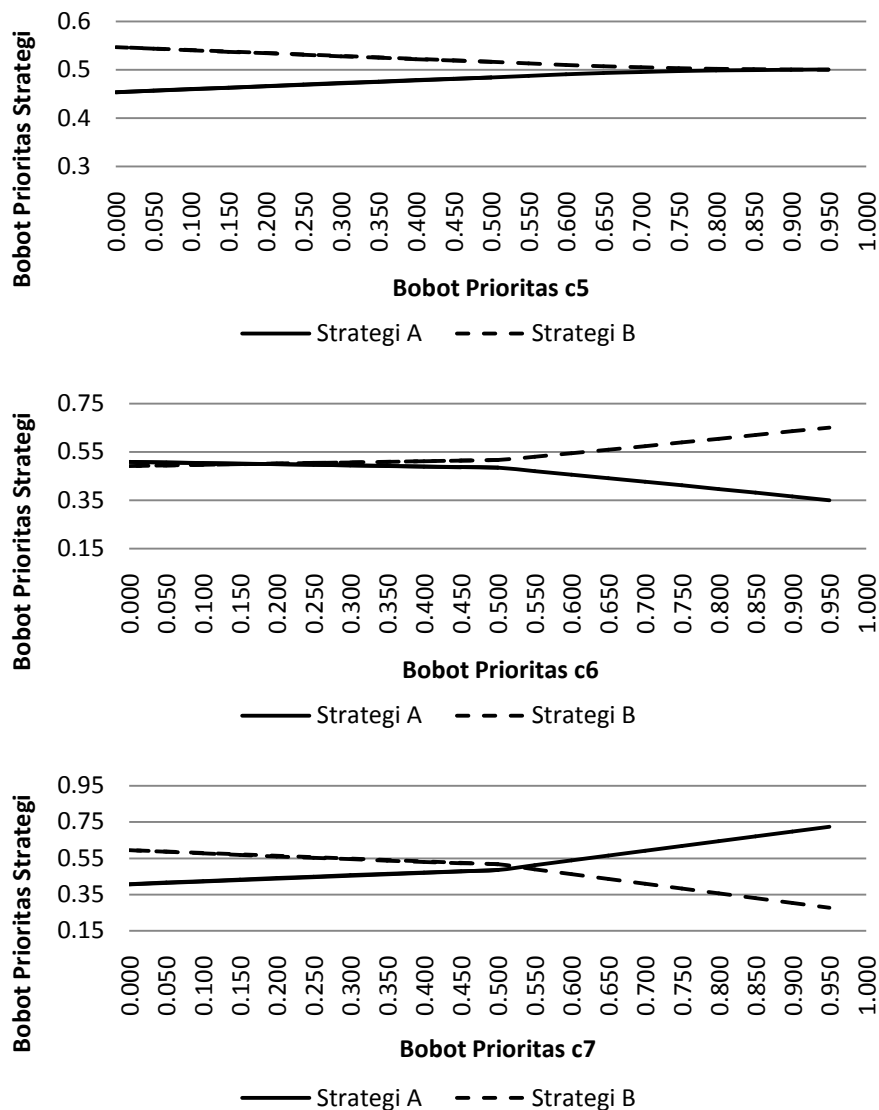
Khusus pada metode ANP-skenario 2 bobot prioritas strategi A dan B stabil dan tidak berubah pada rentang nilai perubahan bobot indikator biaya investasi 0 sampai 0,5.

Grafik sensitivitas c6 menampilkan sensitivitas perubahan bobot indikator manfaat sosial terhadap perubahan bobot prioritas kedua strategi. Bobot prioritas strategi A dan B berpotongan pada angka bobot indikator 0,3; 0,2 dan 0,55 berturut-turut untuk metode ANP skenario 0, 1 dan 2 (gambar 4.16-4.18). Dapat dilihat dari ketiga grafik bila DM tidak mengindah indikator biaya O&M dalam pemilihan strategi pengembangan pabrik gula maka akan muncul bahwa strategi A lebih tinggi dari strategi B, sedangkan bila indikator biaya O&M dianggap sangat penting dalam mengambil keputusan pemilihan strategi maka strategi B jauh lebih baik dibanding dengan strategi A.

Grafik sensitivitas c7 mengemukakan dampak perubahan bobot prioritas indikator manajemen dan administrasi pada pengambilan keputusan strategi terbaik dalam pengembangan pabrik gula. Terlihat pada gambar 4.16 samapi 4.18 kedua strategi pengembangan pabrik gula sama penting pada bobot indikator berturut-turut di bobot 0,5; 0,58 dan 0,4. Dan ketiga grafik pada gambar 4.16-4.18 menunjukkan hal yang serupa yaitu bila DM tidak mempedulikan indikator manajemen dan administrasi sebagai salah satu aspek penilaian dalam memutuskan strategi terbaik, maka strategi B menjadi lebih baik dibandingkan strategi A. Namun sebaliknya bila indikator ini dijadikan sebagai dasar penilaian pemilihan yang paling penting maka strategi B menjadi lebih baik daripada strategi A.

Tampak pada indikator c1, sensitivitasnya berubah dari kondisi tidak terpengaruh (skenario 0) yang aras preferensi strategi B lebih baik ketimbang strategi A berangsur-angsur berbalik sampai pada kondisi mendapat pengaruh oleh indikator c3 dan c7 dari kondisi skenario 1 dan 2 berturut-turut. Hal ini menjelaskan bahwa indikator c3, mobilitas bagas, memberikan dampak elektabilitas pilihan alternatif. Dimana karakteristik alternatif pada indikator ini mengkondisikan strategi A lebih baik dari strategi B berkenan dengan mobilitas bagas untuk strategi A memiliki tingkat kompleksitas distribusi yang lebih mudah ketimbang strategi B.





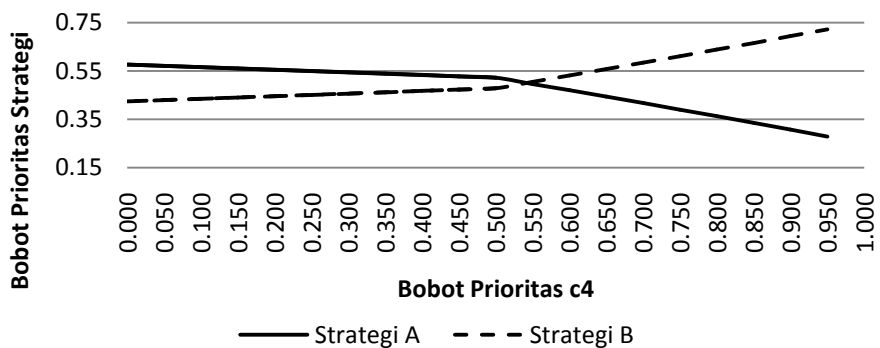
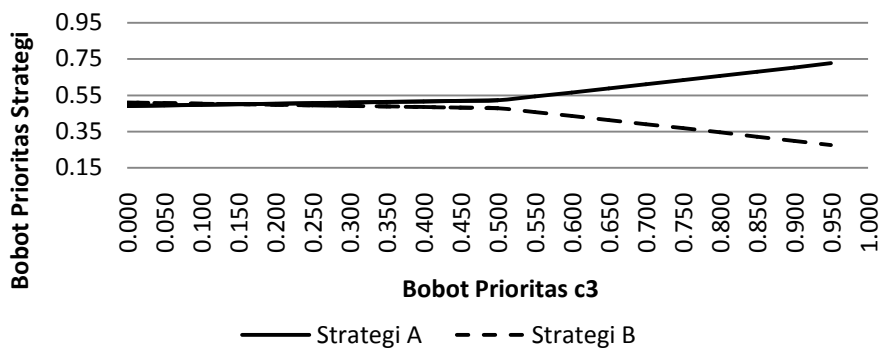
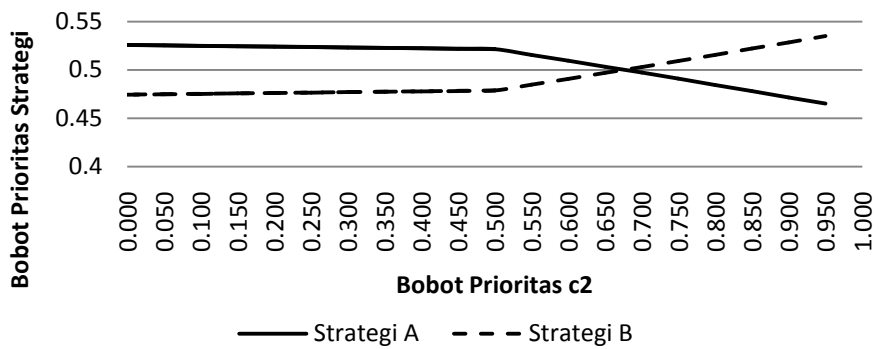
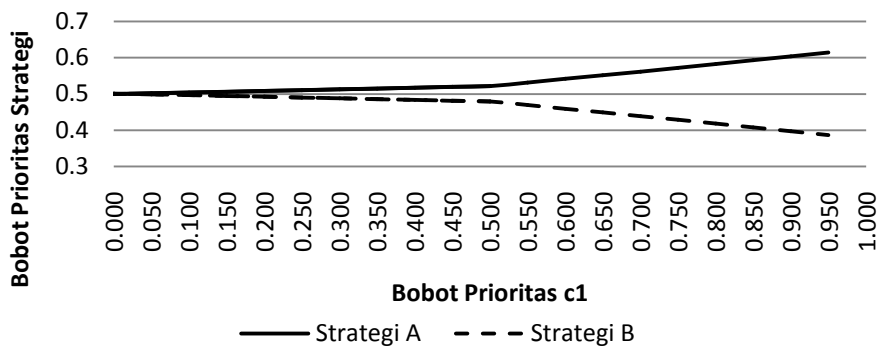
Gambar 4.17 Analisis sensitivitas menggunakan metode ANP-skenario 1

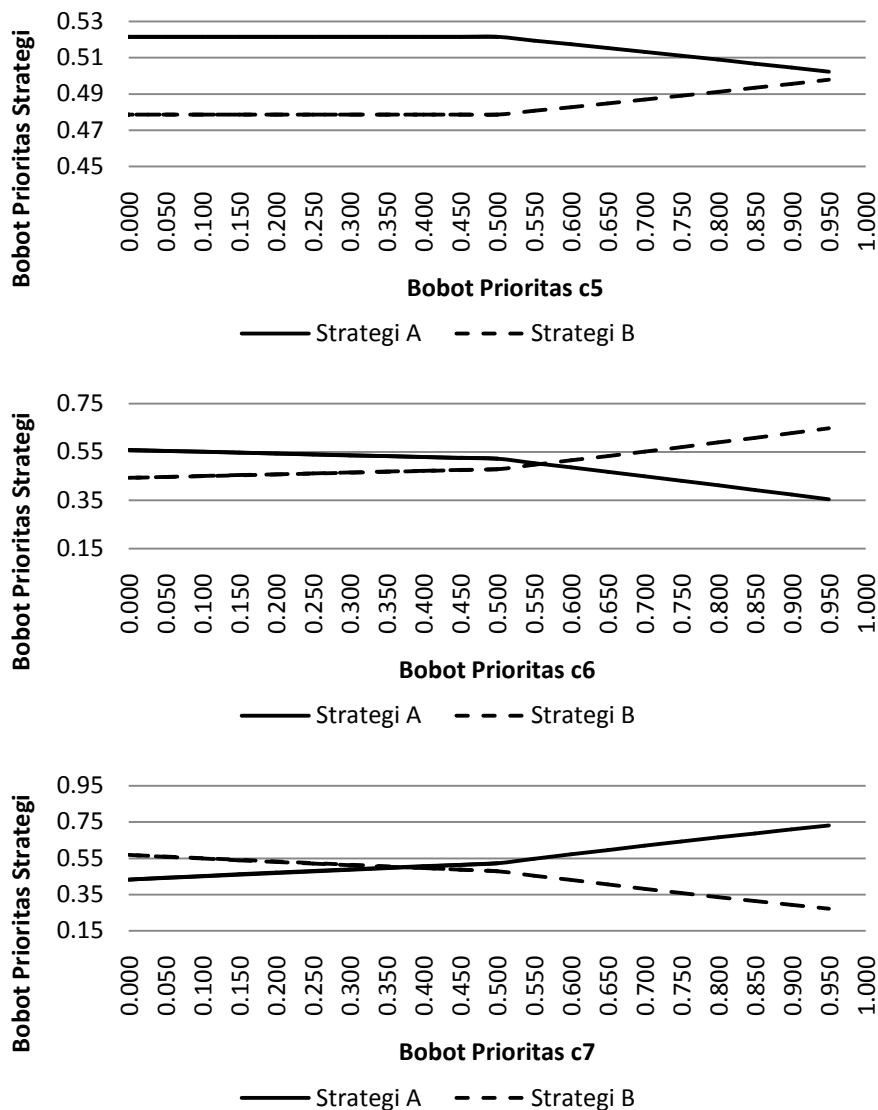
Di sisi lain, sensitivitas c1 untuk skenario 2 memperlihatkan strategi A lebih baik dari strategi B disebabkan indikator c1 dipengaruhi oleh indikator c7. Sesuai dengan karakteristik alternatif pada indikator c7, Manajemen dan Administrasi, bahwa untuk strategi B dibutuhkan sistem manajemen yang terintegrasi antar semua pabrik atau dengan kata lain membutuhkan satu manajemen baru yang khusus mengatur pembangkitan listrik dan manajemen yang khusus mengatur produksi gula.

Sementara untuk skenario 2 jelas terlihat implikasi dari indikator c7, manajemen dan administrasi, kepada indikator-indikator yang berada dalam

kriteria teknis. Strategi A menjadi lebih diinginkan atau lebih baik pada ketiga indikator ini dibanding bila indikator-indikator teknis ini tidak dipengaruhi oleh indikator manajemen dan administrasi. Sehingga bila indikator manajemen dan administrasi menjadi pertimbangan pengambil keputusan yang berpengaruh terhadap teknis, dimana diketahui pada indikator-indikator teknis ini strategi B lebih diinginkan, akan cenderung merubah penilaian pada hasil pemilihan keputusan alternatif.

Dari grafik sensitivitas ketiga metode ANP juga terlihat titik potong antara strategi A dan B. Titik potong tersebut berpotongan di rentang bobot prioritas indikator 0,4 sampai 0,7. Hal ini dapat dilihat pada grafik sensitivitas pada indikator c2, c3, c4, c6 dan c7. Pada indikator tersebut terjadi perpotongan di rentang bobot prioritas karena nilai pembobotan yang didefinisikan saat melakukan perbandingan berpasangan antar kedua strategi memiliki penilaian di skala perbandingan pada nilai tiga (sedikit lebih penting) dan nilai lima (lebih penting) (lihat tabel 2.1). Sehingga berdasarkan skala perbandingan ini, titik perpotongan akan berada dalam rentang nilai sensitivitas bobot kriteria 0,4 sampai 0,7. Grafik sensitivitas ini menjadi suatu pertimbangan untuk DM bilamana terjadi perubahan skala prioritas pada masing-masing indikator tersebut, sehingga, bila terjadi perubahan derajat kepentingan dari indikator tersebut telah tampak strategi mana yang memiliki angka preferensi yang lebih baik.





Gambar 4.18 Analisis sensitivitas menggunakan metode ANP-skenario 2

Sebaliknya, grafik sensitivitas pada simpul c1 merupakan sensitivitas dari indikator pembangkitan energi. Dapat dilihat pada gambar 4.16 sampai 4.18 bahwa bobot prioritas strategi A dan B tidak mengalami perpotongan atau tidak terjadi perubahan prioritas dari kedua strategi. Faktor utama yang menyebabkan hal ini adalah nilai perbandingan berpasangan kedua strategi ini memiliki skala perbandingan satu atau sama penting. Sehingga, bila DM mengesampingkan indikator ini sebagai salah satu aspek penilaian strategi maka preferensi pilihan strategi tidak berubah. Hal serupa dapat dilihat pada sensitivitas pada simpul c5. Sensitivitas ini merupakan sensitivitas dari indikator biaya investasi. Sebagaimana

halnya c1, tidak terlihat perpotongan pada simpul c5. Dilihat dari pembobotan nilai perbandingan berpasangannya juga sama dengan simpul c1 yaitu memiliki skala perbandingan sama penting.

Hal penting lainnya yang perlu diperhatikan adalah *trend* atau kecenderungan perubahan bobot prioritas dari masing-masing strategi. Pada grafik sensitivitas simpul c1, c3 dan c7 kecenderungan perubahan bobot prioritas strategi B cenderung menurun seiring perubahan bobot prioritas indikator yang meningkat. Faktor utama yang menyebabkan hal ini adalah pembobotan saat perbandingan berpasangan dilakukan, yaitu strategi A lebih baik dari pada strategi B. Khusus pada indikator c1, walaupun strategi A dan B memiliki skala perbandingan sama penting, strategi B mengalami kecenderungan menurun. Hal ini disebabkan dalam aspek teknis strategi A lebih baik dari strategi B pada indikator yang memiliki limit prioritas tinggi sedangkan strategi B lebih baik dari strategi A pada indikator yang memiliki limit prioritas yang rendah.

Berbeda dengan indikator c1, c3 dan c7, strategi B memiliki kecenderungan bobot prioritas meningkat pada peningkatan bobot prioritas indikator c2, c4, c5 dan c6. Hal ini disebabkan strategi B memiliki skala perbandingan yang lebih baik dibanding strategi A. Namun pada indikator c5, walaupun strategi A memiliki skala perbandingan yang sama dengan strategi B, tampak pada grafik sensitivitas pada simpul c5 strategi B memiliki kecenderungan yang meningkat. Alasan utama dari fenomena adalah indikator c5 berada dalam aspek kriteria ekonomi dan indikator yang berbeda pada aspek ini strategi B memiliki tingkat preferensi yang lebih baik dibanding strategi A.

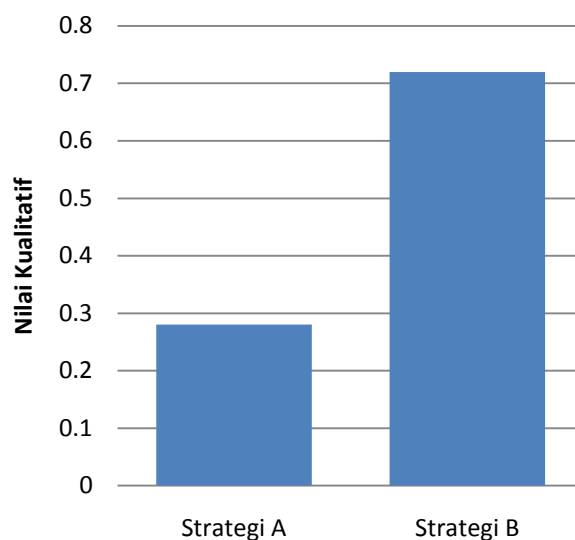
4.4.3 Pengambilan Keputusan menggunakan Metode SWM

Pada metode ini bobot indikator menggunakan bobot indikator dari model AHP. Dibandingkan dengan dua metode sebelumnya, metode ini membutuhkan penilaian yang mirip dengan langsung menetapkan kepentingan keseluruhan dari alternatif yang telah diidentifikasi. Namun, alternatif hipotetikal yang membutuhkan penilaian dalam metode ini akan dibangkitkan sehingga menjadi lebih mudah untuk menetapkan kepentingan keseluruhan untuk alternatif (dalam kondisi hipotesis) bukan dengan alternatif dengan nilai yang sebenarnya.

Tabel 4.17 Matrik kinerja pengambilan keputusan menggunakan metode SWM

Indikator	Matrik Kinerja		Batas Preferensi dan arah			SWING	Nilai Parsial	
	Strategi A	Strategi B	min	max	arah	Bobot	Strategi A	Strategi B
c1	1	1	1	1	+	0,16	1	1
c2	1	2	1	2	+	0,41	0	1
c3	1	2	2	1	-	0,07	1	0
c4	4000	2000	4000	2000	-	0,17	0	1
c5	0,005	0,005	0,005	0,005	-	0,09	1	1
c6	1	2	1	2	+	0,07	0	1
c7	2	1	1	2	+	0,03	1	0

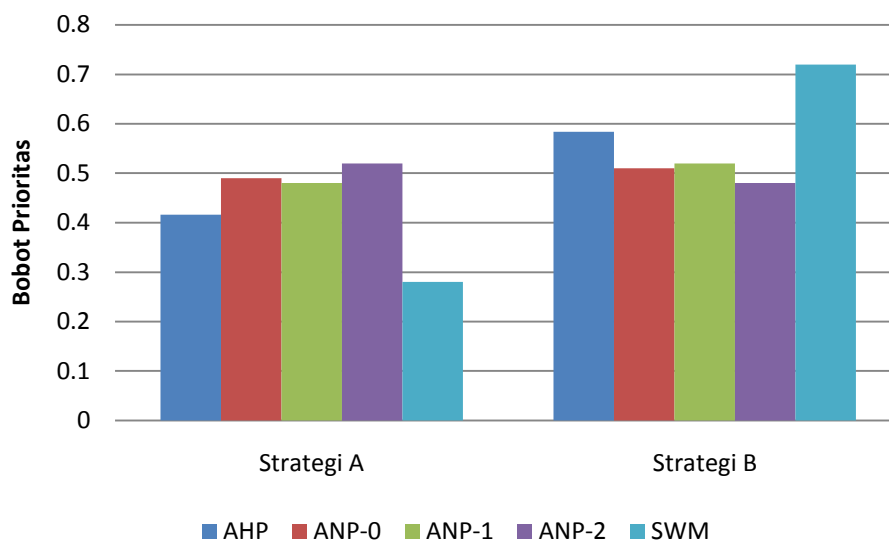
Bobot hipotesis darai alternatif dan indikator terangkum dalam tabel 4.17 pada kolom matrik kinerja. Bobot hipotesis ini dibangun berdasarkan tabel karakteristik alternatif (lihat tabel 4.1). Sedangkan acuan batas preferensi dan arah sesuai dengan tabel 4.2. Dari tabel 4.17 kemudian dihitung nilai kualitatifnya sesuai persamaan (2.3) kemudian nilai kualitatif tersebut dinormalisasi sehingga didapatkan hasilnya yang digambarkan pada gambar 4.19.



Gambar 4.19 Nilai kualitatif model berdasarkan SWM

Peringkat keseluruhan dari alternatif yang dipertimbangkan sebagai keputusan kemudian dikembangkan dengan menggabungkan skor untuk kriteria keputusan dengan struktur pembobotan yang dikembangkan. Melalui proses penggabungan skor dengan bobot ini, MCDA memungkinkan alternatif untuk

digolongkan dengan cara yang mencerminkan tujuan dan nilai para pengambil keputusan.



Gambar 4.20 Hasil bobot alternatif keseluruhan metode yang ditawarkan

Semua MCDM yang digunakan untuk menganalisis pilihan strategi langkah pengembangan PG untuk mencapai sasaran keberlanjutan energi ditunjukkan pada gambar 4.20.

4.5 Perbandingan dari AHP, ANP dan SWM

Menimbang alasan dan contoh yang diberikan dalam kesemua metode yang diaplikasikan, studi ini memperoleh beberapa faktor dan kriteria yang layak untuk diharapkan dari metode MCDM saat memilih alternatif yang berkelanjutan dalam pengembangan pabrik gula. Secara umum dapat terlihat hasil dari keseluruhan metode menginformasikan bahwa alternatif strategi B lebih baik dibandingkan strategi A, walaupun tingkat preferensi yang ditunjukkan oleh masing-masing metode terdapat perbedaan yang signifikan. Perbedaan hasil ini secara jelas menunjukkan adanya ciri ataupun karakteristik yang khas dari masing-masing metode MCDM yang digunakan, mengingat nilai pembobotan perbandingan berpasang untuk seluruh kriteria ataupun indikator adalah sama begitu juga nilai masing-masing alternatif untuk masing-masing indikator.

Berkut ini faktor yang menyebabkan munculnya perbedaan hasil dari keseluruhan MCDM yang diaplikasikan.

- a. *Pengaruh balik dari alternatif ke indikator.* Pada AHP dan SWM pengaruh ini tidak ada, sehingga bobot kriteria dan indikator tetap dan tidak berubah yang merupakan hasil perbandingan berpasangan antar indikator. Sedangkan pada ANP untuk semua skenario, pengaruh ini ada sehingga bobot dari tiap indikator berbeda hal ini mengantar pada perbedaan bobot alternatif
- b. *Pengaruh ketergantungan antar indikator.* Pada ANP memungkinkan indikator untuk memberi pengaruh kepada indikator lain. Hal ini secara signifikan akan mengubah perhitungan pembobotan alternatif karena juga berdampak pada bobot tiap indikator yang memiliki ikatan ketergantungan antar satu sama lain. Dapat dilihat pada tabel 4.16 dimana bobot indikator berbeda-beda.
- c. *Cara pembobotan alternatif.* Metode AHP dan ANP merupakan pembobotan secara tidak langsung yakni pembobotan dengan membandingkan masing-masing alternatif untuk tiap indikator. Sementara metode SWM merupakan metode pembobotan langsung yaitu metode penilaian dengan nilai masing-masing alternatif untuk tiap indikator melalui proses elisitasi dan pembangunan nilai parsial untuk pembobotan alternatif.

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Tahap awal penelitian ini telah menciptakan kerangka pengambilan keputusan yang memungkinkan memasukkan kriteria keputusan kualitatif dan kuantitatif yang berbeda untuk mengidentifikasi strategi pengembangan industri gula terbaik untuk menghasilkan listrik mengingat teknologi, ekonomi dan sosial, sehingga membuat keputusan lebih realistis dan efektif di masa depan. Dari tahap ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Strategi pengembangan pabrik gula yang optimal adalah alternatif strategi B atau skema pembangkit tunggal. Selain dapat mandiri secara energi, strategi B menghasilkan surplus energi yang lebih baik yaitu dapat menghasilkan energi dengan ketersediaan pembangkitan sepanjang tahun (365 hari) berbanding strategi A yang hanya menghasilkan 223-292 hari.
2. Karakteristik metode ANP yang dapat mempertimbangkan pengaruh antar kriteria pemilihan yang tidak dimiliki metode AHP dan SWM menjadikan pengambilan keputusan untuk alternatif strategi menjadi lebih dinamis sesuai pengaruh yang ada dengan hasil bobot prioritas antara strategi A dan B untuk metode AHP, ANP-0, ANP-1, ANP-2 dan SWM berturut-turut adalah 0,42:0,58; 0,49:0,51; 0,48:0,52; 0,52:0,48 dan 0,28:0,72.

5.2 Saran

Penelitian saat ini masih memiliki sedikit keterbatasan dan dapat ditingkatkan di masa depan. Salah satu aspek yang belum dimasukkan dalam pengambilan keputusan diantaranya yaitu ketersediaan lahan penyimpanan *bagasse*, proses *treatment bagasse*, dan biaya-biaya terkait dengan hal tersebut perlu diintegrasikan ke dalam keputusan ini untuk menambah keluasan titik pandang untuk meningkatkan kepuasan tingkat keterpilihan pilihan alternatif bagi penentu kebijakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Kementerian ESDM Republik Indonesia (2006), *Blue Print - Perencanaan Energi Nasional, 2006-2025*, ESDM, Indonesia.
- [2]. ptpn10.co.id, (2014), *Transformasi PTPN X: Siasat Ketika Tebu Tak Lagi Manis*, Entry from Maskur, F.
- [3]. Wang, H.C. et al., “Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis for Evaluation of Combined Heat and Power Units”, *Energies*, Vol.8, hal. 59-78, doi:10.3390/en8010059, 2015.
- [4]. Herrera, M.D.M. et al., “Thermoeconomic assessment of an absorption refrigeration and hydrogen-fueled diesel power generator cogeneration system”, *International Journal Hydrogen Energy*, Vol.39, hal. 4590-4599, 2014.
- [5]. Liposcak, M. et al., “Sustainability assessment of cogeneration sector development in Croatia”, *Energy*, Vol.31 hal. 2276–2284, 2006
- [6]. Fathur, R.R., *Studi Potensi Energi Terbarukan Dari Sistem Kogenerasi Di Pabrik Gula - Studi Kasus di Pabrik Gula Gempolkrep PT. Perkebunan Nusantara X (Persero)*. Tesis MT., Universitas Gajah Mada. Yogyakarta, 2015.
- [7]. Balli, O. dan Aras, H., “Energetic and exergetic performance evaluation of a combined heat and power system with the micro gas turbine (MGTCHP)”, *International Journal Energy Research*, Vol.31, hal.1425–1440, 2007.
- [8]. Ertesvag, I.S., “Exergetic comparison of efficiency indicators for combined heat and power (CHP)”, *Energy*, Vol.32, hal.2038–2050, 2007.
- [9]. Fryda, L. et al., “Integrated CHP with autothermal biomass gasification and SOFC-MGT”, *Energy Conversion Management*, Vol.49, hal.281–290, 2008.
- [10]. Biezma, M.V. dan San Cristobal, J.R., “Investment criteria for the selection of cogeneration plants—A state of the art review”, *Applied Thermal Engineering*, Vol.26, hal.583–588, 2006.
- [11]. Hinojosa, L.R., Day, A.R., Maidment, G.G., Dunham, C., Kirk, P., “A comparison of combined heat and power feasibility models”, *Applied Thermal Engineering*, Vol.27, hal.2166–2172, 2007.
- [12]. Hawkes, A.D. dan Leach, M.A., “Cost-effective operating strategy for residential micro-combined heat and power”, *Energy*, Vol.32, hal.711–723, 2007.
- [13]. Wang, J.J. et al., “Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol.13, hal.2263–2278, 2009.

- [14]. Khorasaninejad, E. et al., “Prime mover selection in thermal power plant integrated with organic Rankine cycle for waste heat recovery using a novel multi criteria decision making approach”, *Applied Thermal Engineering*, Vol.102, hal.1262–1279, 2016.
- [15]. Aragonés-Beltrán, P. et al., “An AHP (Analytic Hierarchy Process)/ANP (Analytic Network Process)-based multi-criteria decision approach for the selection of solar-thermal power plant investment projects”, *Energy*, Vol.66, hal.222-238, 2014.
- [16]. Domingues, A.R. et al., “Applying Multi-Criteria Decision Analysis to the Life-Cycle Assessment of vehicles”, *Journal of Cleaner Production*, Vol.107, hal.749-759, 2015.
- [17]. Lami, I.M. dan Abastante, F., “Decision making for urban solid waste treatment in the context of territorial conflict: Can the Analytic Network Process help?”, *Land Use Policy*, Vol.41, hal.11–20, 2014.
- [18]. Cobuloglu, H.I. dan Esra Buyuktahtakin, I., “A stochastic multi-criteria decision analysis for sustainable biomass crop Selection”, *Expert Systems with Applications*, Vol.42, hal.6065–6074, 2015.
- [19]. Noorollahi, Y. et al., “Multi-criteria decision support system for wind farm site selection using GIS”, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Vol.13, hal.38–50, 2016.
- [20]. C.A. Grady et al., “Integrating social network analysis with analytic network process for international development project selection”, *Expert Systems with Applications*, Vol.42, hal.5128–5138, 2015.
- [21]. Wijenayake, W.M.H.K. et al., “Application of a multiple-criteria decision making approach for selecting non-perennial reservoirs for culture-based fishery development: Case study from Sri Lanka”, *Aquaculture*, Vol.459, hal.26–35, 2016.
- [22]. Barfod, M. B. dan Leleur, S. (Eds.), *Multi-criteria decision analysis for use in transport decision making*, 2nd edition, Transport, DTU Lyngby: Technical, University of Denmark, Denmark, 2014.
- [23]. Saaty TL, *The Analytic Hierarchy Process. Planning, priority setting, resource allocation*, McGraw-Hill, New York, 1980.
- [24]. Saaty TL, *Decision making with dependence and feedback. The Analytic Network Process. The organization and prioritization of complexity*, 2nd edition, RWS Publications, Pittsburgh, 2001.
- [25]. Saaty TL, *Fundamentals of decision making and priority theory with the Analytic Hierarchy Process*, 1st edition. RWS Publications. Pittsburgh, 1994.
- [26]. Saaty TL, *Theory and applications of the Analytic Network Process. Decision making with benefits, opportunities, costs and risks*. RWS Publications, Pittsburgh, 2005.

- [27]. Belton, V. dan Stewart, J.T, *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*, Kluwer Academic Publishers, London, 2002.
- [28]. H. Polatidis, D. A. Haralambopoulos, G. Munda, and R. Vreeker, "Selecting an Appropriate Multi-Criteria Decision Analysis Technique for Renewable Energy Planning," *Energy Sources, Part B Econ. Planning, Policy*, vol. 1, no. 2, hal. 181–193, 2006.
- [29]. Kumar, A. et al., "A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol.69, hal.596-609, 2017.
- [30]. M. Kabak and M. Dağdeviren, "Prioritization of renewable energy sources for Turkey by using a hybrid MCDM methodology," *Energy Convers. Manag.*, vol. 79, pp. 25–33, 2014.

LAMPIRAN A
UJI VALIDASI PIRANTI LUNAK
SUPER DECISION V.2.6.0-RC1

Pada penelitian ini, pembobotan piranti lunak *Super decision* divalidasi menggunakan hasil penelitian yang dilakukan oleh Kabak [30] dengan judul penelitian *Prioritization of renewable energy sources for Turkey by using a hybrid MCDM methodology*. Model masalah pengambilan keputusan pada penelitian tersebut digambarkan sesuai tampilan gambar A.1 yang dicuplik dari makalah jurnal tersebut [30]. Hasil pembobotan dari penelitian tersebut tampak pada tabel yang ditampilkan tabel A.1.

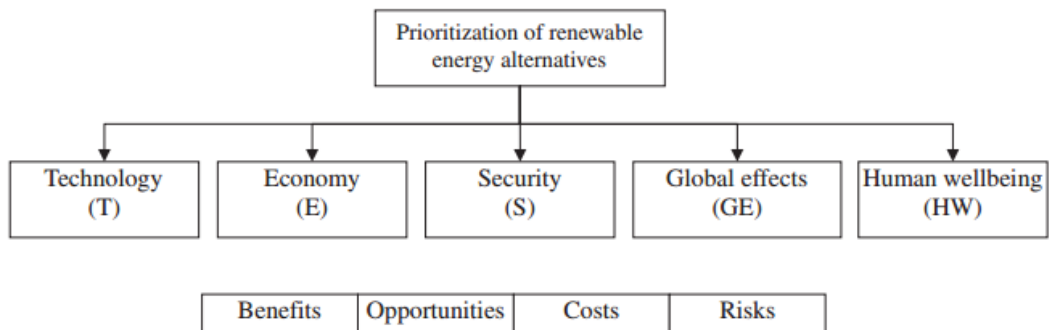


Fig. 3. The hierarchical structure.

Gambar A.1 Cuplikan fig. 3 dari penelitian oleh Kabak [30].

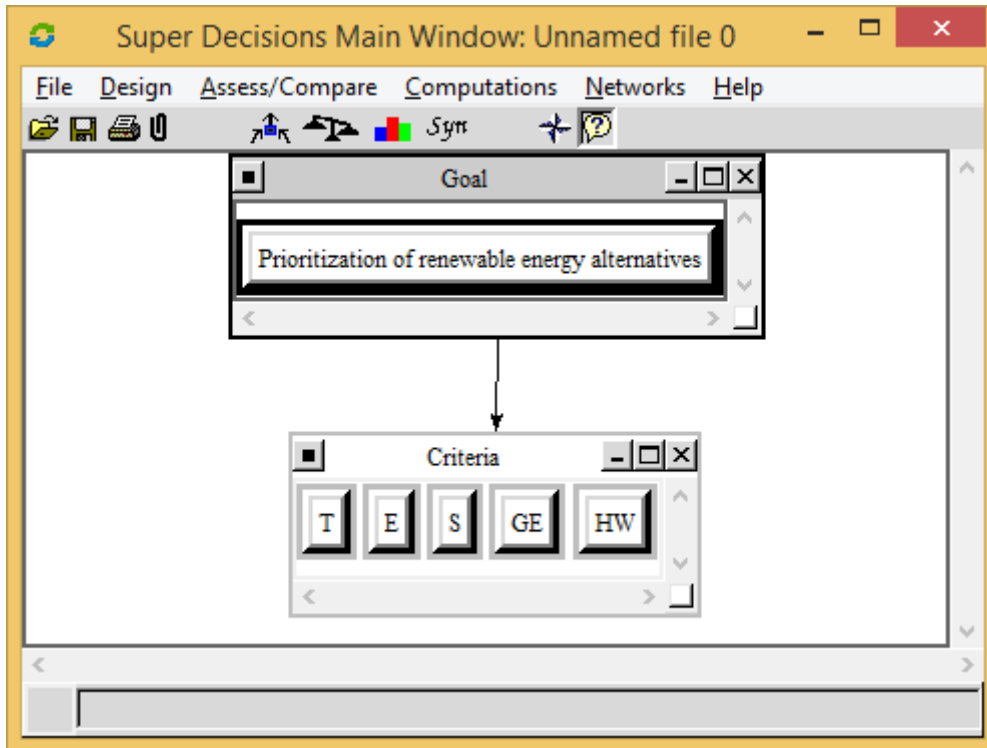
Tabel A.1 Cuplikan tabel 3 dari penelitian oleh Kabak [30].

Table 3
Pairwise comparison matrix for strategic criteria and weights.

	T	E	S	GE	HW	Weights
T	1	0.19	0.48	3.05	0.48	0.097
E	5.13	1	4.15	4.90	3.20	0.485
S	2.10	0.24	1	3.87	3.95	0.235
GE	0.33	0.20	0.26	1	0.32	0.053
HW	2.10	0.31	0.25	3.15	1	0.130

Dengan membuat model struktur yang sama dengan nilai bobot perbandingan berpasangan yang sama didapatkan hasil yang sama sesuai yang ditunjukkan pada gambar A.3. Hasil yang ditampilkan pada tabel diatas memiliki

nilai yang sama dengan hasil yang diperoleh menggunakan piranti lunak *Super decision*. Bobot prioritas masing-masing kriteria sesuai hasil perhitungan menggunakan *Super Decision* yaitu $T=0,097$; $E=0,485$; $S=0,235$; $GE=0,053$ dan $HW=0,130$.



Gambar A.2 Model yang dibangun menggunakan *Super decision* sesuai dengan model masalah pada gambar 1a

1. Choose		2. Node comparisons with respect to Prioritization of re~					3. Results	
Node	Cluster	Graphical	Verbal	Matrix	Questionnaire	Direct	Normal	Hybrid
Choose Node	Prioritization~	Comparisons wrt "Prioritization of renewable energy alternatives" node in "Criteria" cluster E is 5.13 times more important than T					Inconsistency: 0.09675	
Cluster: Goal	Criteria	Inconsistency	GE ~	HW ~	S ~	T ~	E	0.48470
Choose Cluster		E ~	← 4.9	← 3.2	← 4.15	← 5.13	GE	0.05273
		GE ~		↑ 3.125	↑ 3.8461	↑ 3.0303	HW	0.13040
		HW ~			↑ 4	← 2.1	S	0.23552
		S ~				← 2.1	T	0.09666

Gambar A.3 Hasil pembobotan nilai menggunakan *Super decision*.

LAMPIRAN B

NILAI PERBANDINGAN BERPASANGAN PADA PIRANTI LUNAK SUPER DECISION

c 1	A	B	Priority Vector
A	1	1	0,5
B	1	1	0,5

Pairwise comparison antar strategi pada simpul c1

c 5	A	B	Priority Vector
A	1	1	0,5
B	1	1	0,5

Pairwise comparison antar strategi pada simpul c5

c 2	A	B	Priority Vector
A	1	0,2	0,17
B	5	1	0,83

Pairwise comparison antar strategi pada simpul c2

c 6	A	B	Priority Vector
A	1	0,5	0,33
B	2	1	0,67

Pairwise comparison antar strategi pada simpul c6

c 3	A	B	Priority Vector
A	1	3	0,75
B	0,3	1	0,25

Pairwise comparison antar strategi pada simpul c3

c 7	A	B	Priority Vector
A	1	3	0,75
B	0,3	1	0,25

Pairwise comparison antar strategi pada simpul c7

c 4	A	B	Priority Vector
A	1	0,3	0,25
B	3	1	0,75

Pairwise comparison antar strategi pada simpul c4

A	c1	c2	c3	Priority Vector
c1	1	5	7	0,75
c2	0,2	1	1	0,13
c3	0,1	4	1	0,11

Pairwise comparison antar aspek teknis pada strategi A

B	c1	c2	c3	Priority Vector
c1	1	0,5	0,2	0,12
c2	2	1	0,33	0,22
c3	5	3,00	1	0,65

Pairwise comparison antar aspek teknis pada strategi B

A	c4	c5	Priority Vector
c4	1	0,2	0,17
c5	5	1	0,83

Pairwise comparison antar aspek ekonomi pada strategi A

B	c4	c5	Priority Vector
c4	1	5	0,83
c5	0,2	1	0,17

Pairwise comparison antar aspek ekonomi pada strategi B

A	c6	c7	Priority Vector
c6	1	5	0,83
c7	0,2	1	0,17

Pairwise comparison antar aspek sosial pada strategi A

B	c6	c7	Priority Vector
c6	1	0,14	0,13
c7	7	1	0,88

Pairwise comparison antar aspek sosial pada strategi B

LAMPIRAN C
REALISASI PEMAKAIAN LISTRIK PLN TAHUN 2015
PG TJOEKIR

<i>Bulan</i>	<i>POWER</i>			
	<i>555</i>		<i>197</i>	
	<i>Kwh</i>	<i>Rp.</i>	<i>Kwh</i>	<i>Rp.</i>
<i>Januari</i>	22,200	25,445,807	51,172	56,122,019
<i>Pebruari</i>	22,200	24,636,798	49,357	53,525,511
<i>Maret</i>	22,200	24,179,249	57,553	60,803,443
<i>April</i>	22,200	23,493,041	67,847	73,340,970
<i>Mei</i>	22,600	27,406,826	66,362	71,786,169
<i>Juni</i>	34,392	41,776,394	74,615	80,987,830
<i>Juli</i>	61,456	75,885,855	99,441	108,596,319
<i>Agustus</i>	82,632	104,638,374	91,487	99,890,231
<i>September</i>	87,458	110,371,874	86,434	94,040,454
<i>Oktober</i>	24,664	31,621,495	31,618	34,519,990
<i>Nopember</i>	54,160	65,486,871	58,557	63,687,785
<i>Desember</i>	39,280	48,070,407	58,557	63,687,785
Total	495,442	603,012,991	793,000	860,988,506

Note :

- Pemakaian solar untuk diesel alternator tahun 2015 adalah 16.793 liter

- Pemakaian Ampas :

2013	=	184,582	Ton
2014	=	135,766	Ton
2015	=	129,977	Ton

LAMPIRAN D

DATA LAPORAN HARIAN PRODUKSI PG TJOEKIR

PT. Perkeb. Nusantara X PG. Tjoekir		LAPORAN HARIAN PRODUKSI				Tanggal : 12-Oct-15	
URAIAN		Hari ini	Periode	Total	URAIAN		Hari ini
							Periode
							Total
I. BAHAN BAKU TEBU					- Diesel	-	6,123
	1Tebu masuk	2,070.6	38,221.1	438,966.2	- Turbin Alternator	107,260	1,340,683
	- Tebu Sendiri	19.6	178.6	671.2	- PLN	4,992	25,326
	- Tebu Rakyat	2,051.0	38,050.1	438,302.6	49Batu bara	-	-
	2Tebu digiling	2,962.5	39,332.5	438,966.2	- tiap 100 ton tebu	-	-
	3Sisa hari ini	-	-	(0.0)	- Persediaan	-	-
	4Kesgrn tebu < 24 jam	69.89	71.79	71.03	50Kapur	12,770.0	70,440.0
	5Kadar sabut	13.72	13.56	12.36	- tiap 100 ton tebu	431.05	179.09
	6Kualitas tebu - A	-	-	0.02	- Persediaan	-	-
	7Kualitas tebu - B	1.64	10.03	13.78	51Belerang	41,300.0	67,500.0
	8Kualitas tebu - C	32.87	38.27	43.40	- tiap 100 ton tebu	1,394.09	171.61
	9Kualitas tebu - D	64.42	51.42	41.77	- Persediaan	-	-
	10Kualitas tebu - E	1.07	0.28	1.02	52Phosphat	525.0	5,550.0
II. PRODUKSI					- tiap 100 ton tebu	17.72	14.11
	11Gula dikemas	461.8	3,737.7	35,032.9	- Persediaan	-	-
	- % tebu	15.59	9.50	7.98	Soda coustic	3,850.0	7,350.0
	12Gula dalam proses	330.3	330.3	330.3	- tiap 100 ton tebu	129.96	18.69
	13Warna / Icumsa	163	128	167	- Persediaan	-	-
	14Kadar air	0.04	0.04	0.05	53Floculant	19.0	224.0
	15Persed. GKP incl. Stock	-	-	22,118.9	- tiap 100 ton tebu	0.64	0.57
	Stock opname	-	-	-	- Persediaan	-	-
	16Tetes, incl. Stock	280.8	2,408.4	24,245.5	Surfactan	60.0	640.0
	Stock opname	-	-	1,550.4	- tiap 100 ton tebu	2.03	1.63
	17Persediaan tetes	-	-	3,125.2	- Persediaan	-	-
III. KAPASITAS & KOMPONEN % TEBU					54Biocide	50.0	310.0
	18Imbibisi % tebu	28.93	29.62	27.29	- tiap 100 ton tebu	1.69	0.79
	19Imbibisi % sabut	210.81	218.54	220.89	- Persediaan	-	-
	20Nira mentah % tebu	98.48	99.53	99.46	VIII. DATA ANALISA		
	21Ampas % tebu	29.96	29.59	27.33	55Nira gilingan I / NPP	-	-
	22Blotong % tebu	4.95	4.25	3.94	- % brix	17.90	18.14
	23Jam giling efektif	19.50	245.33	2,711.78	- % pol	13.96	14.18
	24Kec. giling ton/jam	151.9	160.3	161.9	- H K	78.0	78.2
	25Efisiensi waktu	98.32	86.44	91.26	- pH	4.9	4.8
IV. EFFISIENSI BOILLER					- Gula reduksi % brix	13.19	10.98
	26Efisiensi boiler	65.68	63.82	60.80	- Dextran	371	320
	27kcal bhn bkr/kg tebu	373.91	350.79	308.63	- P2O5	226	204
	28Uap % tebu	65.82	61.75	54.33	- icumsa	24,768	25,765
	29Tek. Uap baru	18.93	18.93	18.53	- P I	-	81.7
	30Tek. Uap bekas	0.65	0.67	0.65	56Nira mentah	-	-
V. KINERJA					- % brix	13.83	13.90
	31Pol tebu	11.10	11.26	10.65	- % pol	10.56	10.60
	32Ekstraksi pol (HPG)	93.68	93.73	93.81	- H K	76.3	76.3
	33Eff. Proses (BHR)	86.12	83.83	80.48	- pH	6.2	6.5
	34Ekstraksi direduksi	94.33	94.28	93.73	- Gula reduksi % brix	9.90	10.44
	35BHR direduksi	92.74	90.57	87.73	- Dextran	221	236
	36Overall Recovery	80.68	78.57	75.50	- P2O5	318	299
	37T C T S (gross)	15.07	11.49	12.41	- icumsa	26,506	23,956
VI. KEHILANGAN GULA % TEBU					57Nira gilingan akhir	-	-
	38Dalam ampas	0.70	0.71	0.66	- % brix	3.32	3.32
	39Dalam blotong	0.26	0.23	0.19	- % pol	2.17	2.17
	40Dalam tetes	1.18	1.46	1.70	- H K	65.4	65.4
	41Hil tak diketahui	0.01	0.02	0.06	58Nira encer	-	-
	42Hilang total	2.14	2.41	2.61	- % brix	14.12	14.66
VII. PEMAK. BB & BPP					- % pol	10.93	11.40
	43Residu	-	-	-	- H K	77.4	77.8
	- tiap 100 ton tebu	-	-	-	- pH	7.1	7.1
	- Persediaan	-	-	-	- Gula reduksi % brix	10.76	9.96
	44Solar	867.0	3,382.0	50,624.0	- Dextran	213	220
	- tiap 100 ton tebu	29.27	8.60	11.53	- Turbidity	63	56
	- untuk diesel	777	777	18,829	- Kadar kapur	955	980
	- untuk loko	-	-	150	- P2O5	22	22
	- untuk traktor	-	1,430	15,625	- icumsa	25,829	22,176
	- untuk lain-lain	90	1,175	16,020	59Nira Kental Sulfitasi	-	-
	- Persediaan	-	-	10,943.0	- % brix	63.32	61.26
	45Moulding	-	-	-	- % pol	49.00	47.39
	- tiap 100 ton tebu	-	-	-	- H K	77.4	77.4
	- Persediaan	-	-	-	- pH	5.0	5.0
	46Ampas	937.5	11,963.5	131,654.4	- Gula reduksi % brix	11.00	10.42
	- tiap 100 ton tebu	31.65	30.42	29.99	- icumsa	23,362	20,834
	- Persediaan	-	-	154.7	60Gula Kristal Putih	461.8	3,737.7
	47Kayu bakar	-	-	-	- tebu	15.59	9.50
	- tiap 100 ton tebu	-	-	-	- % brix	99.96	99.96
	- Persediaan	-	-	-	- % pol	99.59	99.80
	48Listrik	112,251.6	#####	#####	- H K	99.6	99.8
	- tiap 100 ton tebu	3,789.08	3,488.54	3,371.46	- icumsa, IU	163	128
					- BJB, mm	0.80	0.80
	61T e t e s	-	-	-	72Jam berhenti - B	0.33	21.08
	- % tebu	9.48	6.12	5.52	Jamti - B1 (Teknik)	0.33	13.75
	- % brix	88.44	88.89	90.04	- St. Gilingan	0.33	8.42

	- % pol	29.67	29.79	30.62	- St. Boiler	-	3.83	9.50
	- H K	33.5	33.5	34.0	- St. Power House	-	-	37.42
	- Gula reduksi % brix	28.0	26.1	26.2	- P M P	-	1.00	11.08
	62Ampas				- Instrumen	-	-	-
	- % tebu	29.96	29.59	27.33	- Operasional	-	0.50	25.17
	- % pol	2.34	2.39	2.41	Jamti - B2 (Proses)	-	7.33	72.17
	- Zat kering	49.39	49.46	49.02	- St. Pemurnian	-	-	2.42
	- Kadar sabut	45.81	45.81	45.21	- St. Penguapan	-	1.33	10.92
	63Blotong				- St. Kristalisasi	-	-	-
	- % tebu	4.95	4.25	3.94	- St. Puteran	-	-	0.83
	- % pol	5.15	5.34	4.80	- P M P	-	-	1.92
	- Zat kering	36.00	34.77	35.94	- Lain-lain	-	6.00	56.08
X. LIMBAH					73Total jam berhenti	0.33	38.50	259.55
	64Flowrate, m ³ /hari	-	-	43.80	73Jamti % jamgil	1.68	13.56	8.74
	65COD influent, ppm	-	-	1,040.21	75Jamti - A % jamgil	-	6.14	1.23
	66COD effluent, ppm	-	-	92.35	76Jamti - B % jamgil	1.68	7.43	7.51
	67Suhu effluent, ppm	-	-	28.03	XII. PENCAPAIAN KINERJA	Reals.s.d	R K A P	% RKAP
	68pH effluent, %	-	-	7.48	77Pol tebu	10.65	10.41	102.34
	69Gula dlm air injeksi, ppm	-	-	-	78Mill ekstration	93.81	93.03	100.85
	70Gula dlm air jatuhan, ppm	-	-	112.00	79Boiling House Recovery	80.48	84.78	94.93
XI. JAM BERHENTI					80Overall Recovery	75.50	78.87	95.74
	71Jam berhenti - A	-	17.42	36.55	81Hil dlm ampas	0.66	0.73	90.75
	- Kurang air	-	-	-	82Hil dlm blotong	0.19	0.09	210.16
	- BBT telat	-	17.42	36.55	83Hil dlm tetes	1.70	1.34	126.35
	- PLN padam	-	-	-	84Hil tak diketahui	0.06	0.04	159.18
	- Hari raya	-	-	-	85Hilang total	2.61	2.20	118.62
	- Lain-lain	-	-	-				
XIII. URAIAN JAM BERHENTI								
	1Pisau CC putus 1 biji				=	0.33 jam		
	2Tebu Habis Jam 01:50							
	3Akhir Giling tgl. 12 Oktober 2015 Jam 01:50 WIB							
	4Waktu afwerken Jam 01:50 - 22:15 WIB (20,42 Jam)							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							
	13							
	14							
	15							
	16							
	17							
	18							
	19							
	20							
	21							
	22							
	23							
	24							
	Jumlah jam berhenti				=	0.33 jam		

PG. Tjo e k i r, 12 Oktober 2015

XIII. METODE JAWA				XIV. TREND GULA REDUKSI % Brix pada :			
Nilai nira	12.38	12.60	11.86	Nira perahan pertama	13.19	10.98	12.55
Kadar nira tebu	82.10	82.25	82.42	Nira mentah	9.90	10.43	14.24
Pot. Rendemen	10.17	10.36	9.78	Nira jernih	1.64	1.59	2.27
HPB I	60.70	61.57	61.45	Nira kental sulfitasi			
HPB total	92.70	92.76	92.67	Tetes			
PSHK	96.64	96.13	96.24	XV. INFORMASI GILING			
Eff. Gilingan	89.58	89.18	89.19	Awal & waktu giling		01-Jun-15 0:00	
Kristal NM	269.8	3,633.9	38,280.0	Rencana akhir giling		12-Oct-15 0:00	
Winter Rend.	98.32	95.75	92.21	XV. PRODUKTIVITAS			
Eff. Pabrik	88.08	85.39	82.24	TSAS % NM	10.83	10.78	11.68
Fakt. Rendemen	0.72	0.70	0.68	TSAS % ampas	4.42	4.40	4.42
Fakt. Molasses	0.50	0.50	0.52	TSAS % ampas	11.99	12.04	12.82
Fakt. Gula actual	1.00	1.00	1.00	Eff. Tebang angkut	92.58	93.55	83.07
Fakt. Gula teoritis	1.86	1.09	0.99	Ha digiling TS	0.32	10.32	12.10
Kaps. Gil. Inklusif	3,584.9	3,325.8	3,545.6	Ha digiling TR	34.65	1,887.41	5,496.92
Kaps. Gil. Exklusif	3,646.2	3,847.7	3,885.0	Tebu digiling TS	27.2	184.2	671.2
Rend. Sementara	8.40	8.73	8.04	Tebu digiling TR	2,935.3	39,148.3	438,295.0
Rend. Efektif	8.40	8.73	8.04	Hablur Eff. TS	2.73	21.30	75.74
Pol tebu - Total hilang	8.96	8.85	8.04	Hablur Eff. TR	246.12	3,410.47	35,216.91
Pol tebu x OR	8.96	8.85	8.04	Rend. Eff. TS	10.03	11.56	11.28
Eff pabrik x Pot Rend	8.96	8.85	8.04	Rend. Eff. TR	8.38	8.71	8.03
Fakt Rend x NN	8.96	8.85	8.04				
100/TCTS/Fakt. Gula	6.62	8.69	8.05				
Umur tebu				Varietas tebu ditebang			
≤ 10 bulan	-	0.26	2.08	Masak awal	42.22	31.72	45.80
10 s.d 12 bulan	5.50	11.93	25.80	Masak tengah	9.52	5.82	14.35
≥ 12 bulan	94.50	87.87	72.30	Masak lambat	48.27	62.58	39.84

Prod. Gula Halus, ton	-	-	45.2
- % tebu	-	-	0.010
- % brix	-	-	99.96
- % pol	-	-	99.60
- HK	-	-	99.6
- Icumsa, iu	-	-	26
- BJB, mm	-	-	0.05
- Kadar air, %	-	-	-
Prod. Gula Krikilan, ton	-	-	-
- % tebu	-	-	-
- % brix	-	-	-
- % pol	-	-	-
- HK	-	-	-
- Icumsa, iu	-	-	-
- BJB, mm	-	-	-
- Kadar air, %	-	-	-

LAMPIRAN E

DATA LAPORAN HARIAN PRODUKSI PG LESTARI

PT. Perkeb. Nusantara X PG. Lestari		LAPORAN HARIAN PRODUKSI			Tanggal :	20-Oct-15		
URAIAN		Hari ini	Periode	Total	URAIAN	Hari ini	Periode	Total
I. BAHAN BAKU TEBU								
1Tebu masuk	2,680.7	12,867.5	470,842.4	- Diesel	-	-	-	10,700
- Tebu Sendiri	-	9.4	788.3	- Turbin Alternator	12,300	51,400	1,441,865	
- Tebu Rakyat	2,680.7	12,858.1	470,054.1	- PLN	5,966	26,478	755,948	
2Tebu digiling	3,954.1	13,914.4	470,842.4	49Batu bara	-	-	-	
3Sisa hari ini	-	-	-	- tiap 100 ton tebu	-	-	-	
4Kesgrn tebu < 24 jam	51.00	78.14	79.69	- Persediaan	-	-	-	
5Kadar sabut	13.17	13.50	13.28	50Kapur	3,000.0	15,000.0	381,500.0	
6Kualitas tebu - A	-	-	0.28	- tiap 100 ton tebu	75.87	107.80	81.02	
7Kualitas tebu - B	33.64	37.18	32.96	- Persediaan	-	-	2,200.0	
8Kualitas tebu - C	48.91	45.43	58.87	51Belerang	500.0	4,800.0	148,250.0	
9Kualitas tebu - D	17.16	17.24	7.06	- tiap 100 ton tebu	12.65	34.50	31.49	
10Kualitas tebu - E	0.29	0.15	0.84	- Persediaan	-	-	11,150.0	
II. PRODUKSI								
11Gula dikemas	595.2	1,487.7	38,512.2	52Phosphat	210.0	1,015.0	27,895.0	
- % tebu	15.05	10.69	8.18	- tiap 100 ton tebu	5.31	7.29	5.92	
12Gula dalam proses	270.6	270.6	270.6	- Persediaan	-	-	7,000.0	
13Warna / Icumsa	219	217	209	Soda coustic	500.0	2,350.0	47,650.0	
14Kadar air	0.03	0.04	0.04	- Persediaan	12.65	16.89	10.12	
15Persed. GKP incl. Stock	-	-	24,354.0	53Floculant	400.0	425.0	1,275.0	
Stock opname	-	-	-	- tiap 100 ton tebu	10.12	3.05	0.27	
16Tetes, incl. Stock	627.4	1,255.1	25,251.0	- Persediaan	-	-	400.0	
Stock opname	-	-	3,935.7	Surfactan	-	-	-	
17Persediaan tetes	-	-	4,098.1	- tiap 100 ton tebu	-	-	-	
III. KAPASITAS & KOMPONEN % TEBU								
18Ibibisi % tebu	106.91	48.17	29.65	- Persediaan	-	-	-	
19Ibibisi % sabut	811.59	356.86	223.22	54Biocide	-	-	100.0	
20Nira mentah % tebu	177.54	118.27	100.17	- tiap 100 ton tebu	-	-	0.02	
21Ampas % tebu	28.30	29.15	28.97	- Persediaan	-	-	590.0	
22Blotong % tebu	2.05	2.23	2.25	VIII. DATA ANALISA				
23Jam giling efektif	23.33	114.50	2,841.63	55Nira gilingan I / NPP				
24Kec. giling ton/jam	169.5	121.5	165.7	- % brix	18.39	18.53	18.00	
25Effeisiensi waktu	100.00	95.95	92.67	- % pol	14.50	14.61	13.76	
IV. EFFISIENSI BOILLER								
26Effisiensi boiler	68.16	67.47	67.63	- H K	78.8	78.9	76.5	
27Kcal bhn bkr/kg tebu	250.85	254.49	264.25	- pH	5.3	5.3	5.1	
28Uap % tebu	46.02	46.68	50.91	- Gula reduksi % brix	8.52	9.26	7.95	
29Tek. Uap baru	18.25	18.52	19.97	- Dextran	934	989	865	
30Tek. Uap bekas	0.62	0.53	0.63	- P2O5	172	179	193	
V. KINERJA								
31Pol tebu	20.70	13.30	10.69	- icumsa	21,840	22,682	21,096	
32Ekstraksi pol (HPG)	97.29	94.89	93.91	- P I	86.7	86.4	85.3	
33Eff. Proses (BHR)	78.17	78.57	81.86	56Nira mentah				
34Ekstraksi direduksi	97.45	95.32	94.32	- % brix	14.58	13.89	13.45	
35BHR direduksi	83.69	84.54	89.97	- % pol	11.34	10.73	10.03	
36Overall Recovery	76.05	74.56	76.88	- H K	77.8	77.2	74.6	
37T C T S (gross)	6.34	10.02	12.14	- pH	5.8	5.8	5.9	
VI. KEHILANGAN GULA % TEBU								
38Dalam ampas	0.56	0.61	0.64	- Gula reduksi % brix	10.45	11.96	25.64	
39Dalam blotong	0.05	0.06	0.06	- Dextran	961	1,013	868	
40Dalam tetes	3.45	2.27	1.59	- P2O5	277	282	306	
41Hil tak diketahui	0.89	0.40	0.18	- icumsa	22,778	22,751	21,569	
42Hilang total	4.96	3.33	2.46	57Nira gilingan akhir				
VII. PEMAK. BB & BPP								
43Residu	-	-	-	- % brix	2.29	2.33	2.44	
- tiap 100 ton tebu	-	-	-	- % pol	11.99	11.77	11.04	
- Persediaan	-	-	-	- H K	80.4	79.9	76.9	
44Solar	-	1,800.0	27,300.0	- pH	6.8	6.8	6.8	
- tiap 100 ton tebu	-	12.94	5.80	- Gula reduksi % brix	12.47	12.63	10.64	
- untuk diesel	-	1,800	27,300	- Dextran	989	1,028	887	
- untuk loko	-	-	-	- Turbidity	74	73	73	
- untuk traktor	-	-	-	- Kadar kapur	786	776	760	
- untuk lain-lain	-	-	-	- P2O5	-	-	-	
- Persediaan	-	-	11,413.0	- icumsa	79,616	31,638	18,342	
45Moulding	-	-	-	59Nira Kental Sulfitasi				
- tiap 100 ton tebu	-	-	-	- % brix	64.12	63.67	62.64	
- Persediaan	-	-	0.0	- % pol	50.87	50.92	48.71	
46Ampas	805.6	2,914.0	121,153.3	- H K	79.3	80.0	77.8	
- tiap 100 ton tebu	20.37	20.94	25.73	- pH	5.1	5.2	5.2	
- Persediaan	-	-	289.8	- Gula reduksi % brix	9.19	9.81	11.06	
47Kayu bakar	-	-	-	- icumsa	19,006	19,783	17,904	
- tiap 100 ton tebu	-	-	-	60Gula Kristal Putih	595.2	1,487.7	38,477.2	
- Persediaan	-	-	-	- % tebu	15.05	10.69	8.17	
48Listrik	18,266.0	77,878.0	#####	- % brix	99.97	99.96	99.96	
- tiap 100 ton tebu	461.95	559.69	469.06	- % pol	99.86	99.87	99.86	
				- H K	99.9	99.9	99.9	
				- Bjb	0.97	0.95	0.98	

61T e t e s				72Jam berhenti - B	-	4.83	189.62
- % tebu	15.87	9.02	5.36	Jamti - B1 (Teknik)	-	4.83	142.53
- % brix	88.68	95.67	88.98	- St. Gilingan	-	0.42	50.83
- % pol	29.91	32.22	29.51	- St. Boiler	-	-	62.95
- H K	33.7	33.7	33.2	- St. Power House	-	-	0.50
- Gula reduksi % brix				- P M P	-	4.42	28.25
62Ampas				- Instrumen	-	-	-
- % tebu	28.30	29.15	28.97	- Operasional	-	-	-
- % pol	1.98	2.09	2.21	Jamti - B2 (Proses)	-	-	47.08
- Zat kering	49.42	49.32	49.23	- St. Pemurnian	-	-	1.75
- Kadar sabut	46.55	46.31	45.84	- St. Penguapan	-	-	39.75
63Blotong				- St. Kristalisasi	-	-	-
- % tebu	2.05	2.23	2.25	- St. Puteran	-	-	-
- % pol	2.60	2.58	2.73	- P M P	-	-	5.58
- Zat kering	28.00	31.90	28.62	- Lain-lain	-	-	-
X. LIMBAH				73Total jam berhenti	-	4.83	224.70
64Flowrate, m ³ /hari	0.22	0.21	0.19	73Jamti % jamgil	-	4.05	7.33
65COD influent, ppm	166.00	164.50	186.15	75Jamti - A % jamgil	-	-	1.14
66COD effluent, ppm	90.00	88.00	92.33	76Jamti - B % jamgil	-	4.05	6.18
67Suhu effluent, ppm	28.42	28.45	28.61	XII. PENCAPAIAN KINERJA	Reals.s.d	R K A P	% RKAP
68pH effluent, %	7.33	7.35	7.04	77Pol tebu	10.69		-
69Gula dlm air injeksi, ppm	-	-	-	78Mill ekstration	93.91		-
70Gula dlm air jatuhan, ppm	-	-	-	79Boiling House Recovery	81.86		-
XI. JAM BERHENTI				80Overall Recovery	76.88		-
71Jam berhenti - A	-	-	35.08	81Hil dlm ampas	0.64		-
- Kurang air	-	-	-	82Hil dlm blotong	0.06		-
- BBT telat	-	-	35.08	83Hil dlm tetes	1.59		-
- PLN padam	-	-	-	84Hil tak diketahui	0.18		-
- Hari raya	-	-	-	85Hilang total	2.46		-
- Lain-lain	-	-	-				
XIII. URAIAN JAM BERHENTI							
1Akhir giling PG Lestari tgl 20 Okt 2015 pkl. 05.20 WIB							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
Jumlah jam berhenti					=	-	jam

PG. Lestari, 20 October 2015

XIII. METODE JAWA				XIV. TREND GULA REDUKSI % Brix pada :			
Nilai nira	12.94	13.04	12.07	Nira perahan pertama	8.52	9.29	8.07
Kadar nira tebu	145.21	93.36	80.29	Nira mentah	10.45	12.24	27.54
Pot. Rendemen	18.79	12.18	9.69	Nira jernih	1.10	2.00	1.70
HPB I	66.64	64.74	62.80	Nira kentul sulfitasi			
HPB total	96.96	94.93	93.21	Tetes			
PSHK	97.93	96.81	96.10	XV. INFORMASI GILING			
Eff. Gilingan	94.95	91.90	89.57	Awal & waktu giling		06-Jun-15 0:00	
Kristal NM	705.5	1,557.3	40,865.9	Rencana akhir giling		20-Oct-15 0:00	
Winter Rend.	88.25	89.07	94.77	XV. PRODUKTIVITAS			
Eff. Pabrik	83.80	81.85	84.89	TSAS % NM	11.81	12.55	11.98
Fakt. Rendemen	1.22	0.76	0.68	TSAS % ampas	5.28	5.34	5.05
Fakt. Molasses	0.51	0.51	0.50	TSAS % tebu	22.47	16.40	13.46
Fakt. Gula actual	1.00	1.00	1.00	Eff. Tebang angkut	92.14	81.07	79.39
Fakt. Gula teoritis	1.54	1.09	0.99	Ha digiling TS	-	0.38	14.37
Kaps. Gil. Inklusif	4,067.1	2,798.4	3,685.3	Ha digiling TR	52.65	120.10	6,236.36
Kaps. Gil. Eksklusif	4,067.1	2,916.6	3,976.7	Tebu digiling TS	-	9.4	788.3
Rend. Sementara	10.10	9.93	8.22	Tebu digiling TR	3,954.1	13,905.0	470,054.1
Rend. Efektif	9.77	9.83	8.22	Hablur Eff. TS	-	0.85	86.23
Pol tebu - Total hilang	15.75	9.97	8.23	Hablur Eff. TR	386.19	1,367.09	38,619.37
Pol tebu x OR	15.75	9.91	8.22				

Eff pabrik x Pot Rend	15.75	9.97	8.23	Rend. Eff. TS	-	9.02	10.94
Fakt Rend x NN	15.75	9.97	8.23	Rend. Eff. TR	9.77	9.83	8.22
100/TCTS/Fakt. Gula	15.76	9.98	8.23				
Umur tebu				Varietas tebu ditebang			
≤ 10 bulan	37.83	-	-	Masak awal	29.88	-	-
10 s.d 12 bulan	0.34	-	-	Masak tengah	0.77	-	-
≥ 12 bulan	61.83	-	-	Masak lambat	69.36	-	-

LAMPIRAN F

DATA LAPORAN HARIAN PRODUKSI DJOMBANG BARU

URAIAN PRODUKSI				Tanggal: 13-Oct-15 Hari ke: 113			
URAIAN	Hari ini	Periode	Total	URAIAN	Hari ini	Periode	Total
I. BAHAN BAKU TEBU				- Diesel	184	1,183	9,305
1 Tebu masuk	991.5	27,619.1	301,543.0	- Turbin Alternator	3,642	43,217	363,747
- Tebu Sendiri	-	334.6	699.6	- PLN	368	7,906	36,436
- Tebu Rakyat	991.5	27,284.5	300,843.4	49 Batu bara	-	-	-
2 Tebu digiling	1,931.6	28,379.2	301,543.0	- tiap 100 ton tebu	-	-	-
3 Sisa hari ini	-	-	0.0	- Persediaan	-	-	-
4 Kesgrn tebu < 24 jam	51.33	77.51	74.27	50 Kapur	2,400.0	37,610.0	381,260.0
5 Kadar sabut	13.56	13.93	13.19	- tiap 100 ton tebu	124.25	132.53	126.44
6 Kualitas tebu - A	-	(0.00)	0.00	- Persediaan	-	-	7,710.0
7 Kualitas tebu - B	5.19	13.69	22.71	51 Belerang	1,300.0	15,653.0	167,707.0
8 Kualitas tebu - C	47.49	55.32	55.23	- tiap 100 ton tebu	67.30	55.16	55.62
9 Kualitas tebu - D	47.32	30.10	20.14	- Persediaan	-	-	23,156.0
10 Kualitas tebu - E	-	0.89	1.92	52 Phosphat	245.0	3,290.0	26,355.0
II. PRODUKSI				- tiap 100 ton tebu	12.68	11.59	8.74
11 Gula dikemas	279.5	2,688.0	24,510.2	- Persediaan	-	-	1,960.0
SHS % tebu	14.47	9.47	8.13	Soda coustic	200.0	1,800.0	19,450.0
12 Gula dalam proses	88.2	88.2	88.2	- tiap 100 ton tebu	10.35	6.34	6.45
13 Warna / icumsa	201	198	203	- Persediaan	-	-	2,750.0
14 Kadar air	0.04	0.04	0.04	53 Flocculant	-	25.0	300.0
15 Persed. GKP incl. Stock	-	-	24,396.7	- tiap 100 ton tebu	-	0.09	0.10
Stock opname	-	-	-	- Persediaan	-	-	50.0
16 Tetes, incl. Stock	367.2	1,989.0	17,116.2	Surfactan	40.0	610.0	7,140.0
Stock opname	-	-	344.6	- tiap 100 ton tebu	2.07	2.15	2.37
17 Persediaan tetes	-	-	1,605.0	- Persediaan	-	-	2,140.0
III. KAPASITAS & KOMPONEN % TEBU				54 Biocide	-	260.0	1,200.0
18 Imbibisi % tebu	32.52	35.53	31.73	- tiap 100 ton tebu	-	0.92	0.40
19 Imbibisi % sabut	239.81	255.02	240.54	- Persediaan	-	-	340.0
20 Nira mentah % tebu	100.51	102.84	101.18	VIII. DATA ANALISA			
21 Ampas % tebu	31.50	32.18	30.05	55 Nira gilingan I / NPP	-	-	-
22 Biotong % tebu	3.17	2.74	2.85	- % brix	17.88	18.60	17.71
23 Jam giling efektif	17.25	241.67	2,397.47	- % pol	13.71	14.34	13.30
24 Kec. giling ton/jam	112.0	117.4	125.8	- H K	76.7	77.1	75.1
25 Effisiensi waktu	100.00	79.17	89.47	- pH	4.8	5.0	5.1
IV. EFFISIENSI BOILLER				- Gula reduksi % brix	11.19	9.04	9.14
26 Effisiensi boiler	62.89	57.14	56.63	- Dextran	1,486	1,501	1,478
27 kcal bhn bkr/kg tebu	448.25	373.36	326.08	- P2O5	226	227	228
28 Uap % tebu	78.90	65.72	57.40	- icumsa	14,627	13,066	12,649
29 Tek. Uap baru	20.71	20.97	20.87	- P i	88.1	88.8	89.7
30 Tek. Uap bekas	0.65	0.72	0.66	56 Nira mentah	-	-	-
V. KINERJA				- % brix	13.28	13.60	13.59
31 Pol tebu	10.65	11.26	10.77	- % pol	9.92	10.20	9.92
32 Ekstraksi pol (HPG)	93.63	93.13	93.21	- H K	74.7	75.0	73.0
33 Eff. Proses (BHR)	96.29	83.31	81.05	- pH	6.2	6.2	6.3
34 Ekstraksi direduksi	94.20	93.94	93.61	- Gula reduksi % brix	14.31	13.57	13.10
35 BHR direduksi	104.82	90.92	90.32	- Dextran	1,264	1,256	1,259
36 Overall Recovery	90.15	77.59	75.55	- P2O5	352	352	354
37 T C T S (gross)	10.39	11.41	12.26	- icumsa	18,942	16,709	16,111
VI. KEHILANGAN GULA % TEBU				57 Nira gilingan akhir	-	-	-
38 Dalam ampas	0.68	0.77	0.73	- % brix	3.00	3.09	3.72
39 Dalam blotong	0.10	0.09	0.09	- % pol	2.01	2.09	2.46
40 Dalam tetes	3.43	1.87	1.65	- H K	67.0	67.7	66.2
41 Hii tak diketahui	(3.16)	(0.20)	0.16	58 Nira encer	-	-	-
42 Hilang total	1.05	2.52	2.63	- % brix	14.35	14.56	14.18
VII. PEMAK. BB & BPP				- % pol	11.11	11.31	10.75
43 Residu	-	-	-	- H K	77.5	77.7	75.8
- tiap 100 ton tebu	-	-	-	- pH	7.1	7.1	7.1
- Persediaan	-	-	-	- Gula reduksi % brix	13.24	12.43	12.51
44 Solar	-	4,838.0	38,403.0	- Dextran	1,287	1,294	1,275
- tiap 100 ton tebu	-	17.05	12.74	- Turbidity	100	82	79
- untuk diesel	-	3,000	21,000	- Kadar kapur	874	1,030	1,040
- untuk lokp	-	-	-	- P2O5	-	-	31
- untuk traktor	-	1,133	8,926	- icumsa	17,026	16,435	15,341
- untuk lain-lain	-	705	8,477	59 Nira Kental Suifitasi	-	-	-
- Persediaan	-	-	20,385.0	- % brix	59.58	60.24	55.77
45 Moulding	-	-	14.3	- % pol	45.01	46.09	42.56
- tiap 100 ton tebu	-	-	0.00	- H K	75.6	76.5	76.3
- Persediaan	-	-	-	- pH	5.1	5.1	5.1
46 Ampas	721.3	9,941.2	95,717.3	- Gula reduksi % brix	-	5.28	5.99
- tiap 100 ton tebu	37.34	35.03	31.74	- icumsa	-	15,786	14,484
- Persediaan	-	-	95.0	60 Gula Kristal Putih	274.5	2,659.5	24,279.6
47 Kayu bakar	-	-	-	- % tebu	14.21	9.37	8.05
- tiap 100 ton tebu	-	-	-	- % brix	99.96	99.96	99.96
- Persediaan	-	-	-	- % pol	99.71	99.71	99.72
48 Listrik	4,194.0	52,306.0	409,751.0	- H K	99.8	99.8	99.8
- tiap 100 ton tebu	217.13	184.31	135.86	- icumsa, IU	201	198	203
				- BJB, mm	0.84	0.84	0.88

PT. Perkeb. Nusantara X PG. Djombang Baru		LAPORAN HARIAN PRODUKSI			Tanggal : 13-Oct-15 Hari ke : 113		
URAIAN	Hari ini	Periode	Total	URAIAN	Hari ini	Periode	Total
61 T e t e s				72 Jam berhenti - B		11.50	181.32
- % tebu	19.01	7.01	5.68	Jamti - B1 (Teknik)	-	10.67	125.98
- % brix	87.04	87.68	89.18	- St. Gilingan	-	7.33	51.02
- % pol	30.24	28.87	29.03	- St. Boiler	-	3.33	62.78
- H K	34.7	32.9	32.6	- St. Power House	-	-	2.43
- Gula reduksi % brix	-	-	-	- P M P	-	-	9.75
62 Ampas				- Instrumen	-	-	-
- % tebu	31.50	32.18	30.05	- Operasional	-	-	-
- % pol	2.15	2.40	2.44	Jamti - B2 (Proses)	-	0.83	55.33
- Zat kering	46.26	46.85	47.58	- St. Pemurnian	-	0.83	10.77
- Kadar sabut	43.05	43.30	43.90	- St. Penguapan	-	-	41.07
63 Biotong				- St. Kristalisasi	-	-	-
- % tebu	3.17	2.74	2.85	- St. Puteran	-	-	-
- % pol	3.14	3.13	3.05	- P M P	-	-	3.50
- Zat kering	39.50	39.67	39.46	- Lain-lain	-	-	-
X. LIMBAH				73 Total Jam berhenti	-	63.58	282.20
64 Flowrate, m ³ /hari	-	-	-	73 Jamti % jangil	-	20.83	10.53
65 COD influent, ppm	275.00	1,049.00	921.77	75 Jamti - A % jangil	-	17.06	3.76
66 COD effluent, ppm	160.00	99.67	72.84	76 Jamti - B % jangil	-	3.77	6.77
67 Suhu effluent, °C	29.00	28.40	28.44	XII. PENCAPAIAN KINERJA	Reals.s.d	R K A P	% RKAP
68 pH effluent, %	7.57	7.51	7.65	77 Pol tebu	10.77	10.64	101.20
69 Gula dlm air injeksi, ppm	-	-	-	78 Mill ekstration	93.21	92.5	100.76
70 Gula dlm air jatuhan, ppm	-	-	-	79 Boiling House Recovery	81.05	84.15	96.32
XI. JAM BERHENTI				80 Overall Recovery	75.55	77.83	97.06
71 Jam berhenti - A	-	52.08	100.88	81 Hil dlm ampas	0.73	0.8	91.49
- Kurang air	-	-	-	82 Hil dlm blotong	0.09	0.11	78.83
- BBT telat	-	51.58	99.80	83 Hil dlm tetes	1.65	1.27	130.01
- PLN padam	-	0.42	0.42	84 Hil tak diketahui	0.16	0.19	86.29
- Hari raya	-	-	-	85 Hilang total	2.63	2.36	111.60
- Lain-lain	-	0.08	0.67				
XIII. URAIAN JAM BERHENTI							
1 Akhir giling tgl. 13/10 Jam 23:15 Wib ~ Data Final							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
Jam berhenti					=	- jam	

PG. Djombang Baru, 13 October 2015

PT. Perkeb. Nusantara X PG. Djombang Baru		LAPORAN HARIAN PRODUKSI			Tanggal : 13-Oct-15 Hari ke 113		
URAIAN	Hari ini	Periode	Total	URAIAN	Hari ini	Periode	Total
XIII. METODE JAWA				XIV. TREND GULA REDUKSI % Brix pada :			
Nilai nira	12.04	12.64	11.53	Nira perahan pertama	11.19	9.08	9.16
Kadar nira tebu	80.31	81.33	83.89	Nira mentah	14.31	13.59	13.12
Pot. Rendemen	9.67	10.28	9.67	Nira jernih	13.24	12.43	12.51
HPB I	50.79	52.50	55.66	Nira kental sulfitasi	-	5.28	5.99
HPB total	92.95	92.44	92.56	Tetes	-	-	-
PSHK	95.93	95.63	95.47	XV. INFORMASI GILING			
Eff. Gilingan	89.16	88.40	88.37	Awal & waktu giling	13-Jun-15 0:00		
Kristal NM	166.5	2,579.4	25,780.8	Rencana akhir giling	13-Oct-15 0:00		
Winter Rend.	111.37	96.12	95.14	XV. PRODUKTIVITAS			
Eff. Pabrik	99.30	84.98	84.08	TSAS % NM	11.51	11.44	11.65
Fakt. Rendemen	0.80	0.69	0.71	TSAS % ampas	4.98	5.08	5.04
Fakt. Molasses	0.53	0.49	0.48	TSAS % tebu	13.14	13.40	13.31
Fakt. Gula actual	1.00	1.00	1.00	Eff. Tebang angkut	81.05	84.05	80.92
Fakt. Gula teoritis	1.75	1.08	0.99	Ha digiling TS	-	8.79	14.31
Kaps. Gil. Inklusif	2,687.4	2,231.3	2,700.7	Ha digiling TR	24.86	715.00	4,167.36
Kaps. Gil. Exklusif	2,687.4	2,818.3	3,018.6	Tebu digiling TS	-	340.6	699.6
Rend. Sementara	8.14	8.64	8.14	Tebu digiling TR	1,931.6	28,038.6	300,843.4
Rend. Efektif	8.14	8.64	8.14	Hablur Eff. TS	-	39.85	75.19
Pol tebu - Total hilang	9.60	8.74	8.13	Hablur Eff. TR	157.26	2,412.92	24,473.95
Pol tebu x OR	9.60	8.74	8.13	Rend. Eff. TS	-	11.70	10.75
Eff pabrik x Pot Rend	9.60	8.74	8.13	Rend. Eff. TR	8.14	8.61	8.14
Fakt Rend x NN	9.60	8.74	8.13				
100/TCTS/Fakt. Gula	9.62	8.75	8.15				

Umur tebu

≤ 10 bulan	1.74	4.03	10.45
10 s.d 12 bulan	8.18	9.11	27.50
≥ 12 bulan	90.08	86.86	62.05

Varietas tebu ditebang

Masak awal	34.18	25.70	35.89
Masak tengah	17.91	12.61	11.26
Masak lambat	47.91	61.69	52.86

Prod. Gula Halus, ton	3.00	26.50	228.00
- % tebu	0.16	0.09	0.08
- % brix	99.96	99.96	99.96
- % pol	99.75	99.75	99.75
- HK	99.8	99.8	99.8
- Icumsa, lu	294	280	232
- BJB, mm	-	-	-
- Kadar air, %	0.04	0.04	0.04
Prod. Gula Krikilan, ton	2.00	2.00	2.55
- % tebu	0.10	0.01	0.00
- % brix	99.96	99.96	99.96
- % pol	99.75	99.75	99.75
- HK	99.8	99.8	99.8
- Icumsa, lu	418	418	328
- BJB, mm	-	-	-
- Kadar air, %	0.04	0.04	0.03

LAMPIRAN G
REKAPITULASI PRODUKSI TAHUN 2011-2015
PG DJOMBANG BARU

No.	URAIAN	2011	2012	2013	2014	2015
1	Hari Giling	151	164	162	144	113
2	Tebu (Ton)	379,360.1	434,205.2	390,273.7	316,560.0	301,543.0
3	Gula (Ton)	30,018.4	34,298.4	26,018.9	22,046.5	24,510.15
4	SIS % tebu	7.91	7.90	6.67	6.98	8.13
5	KUMSA	166	256	271	325	203
6	Tetes (Ton)	16,762.1	22,945.4	21,078.7	19,749.0	17,116.2
7	Tetes % Tebu	4.42	5.28	5.40	6.24	5.68
8	Kaps. Inklusif	2,534.0	2,688.4	2,425.7	2,235.6	2,700.7
9	Kaps. Eksklusif	2,827.6	2,858.1	2,736.4	2,804.3	3,018.62
10	Jumlah jam berhesti	460	230	416.82	689.20	382.20
	a. Jamti A	71	0	86.25	65.90	100.88
	b. Jamti B	389	230	352.57	623.70	181.32
11	Jam berhesti % jam gl.	14.68	0.31	11.36	20.28	10.53
12	Rendemen Efektif	7.93	7.95	6.71	7.90	8.14
13	HK NPP	75.7	76.6	74.2	71.6	75.1
14	% Brix NPP	16.9	17.5	16.43	17.57	17.71
15	% Pol Ampas	3.6	3.4	3.03	2.59	2.44
16	% Bahan Kering Ampas	49.7	49.1	46.90	45.37	47.58
17	HK GÜ. akhir	66.7	67.2	66.8	63.7	66.2
18	Nira mentah % tebu	97.6	96.3	93.45	96.07	101.18
19	% Brix NM	13.1	13.6	12.91	13.84	13.59
20	HK NM	73.6	73.9	72.2	69.7	73.0
21	% Pol blotong	4.4	5.4	5.06	5.23	2.06
22	Brix tebes	88.9	86.7	80.64	88.61	89.18
23	Pol tetes	29.0	31.5	31.9	31.1	29.03
24	HK tetes	32.6	36.3	35.2	35.1	32.6
	Metode ASCT					
25	% Pol Tebu	10.43	10.74	9.56	10.02	10.77
26	NMII Extractions (ME)	90.81	91.82	91.05	92.49	93.21
27	BHR	83.27	80.36	76.96	75.53	81.05
28	DR	75.63	73.78	70.67	69.86	75.55
29	Total Kehilangan	2.53	2.82	2.86	3.02	2.63
	Dalam ampas	0.95	0.88	0.85	0.75	0.73
	Dalam blotong	0.11	0.16	0.13	0.14	0.09
	Dalam Tetes	1.27	1.68	1.73	1.96	1.65
	Tidak diketahui	0.21	0.10	0.15	0.18	0.16
	Metode Home					
30	Nilai Nira NPP	11.14	11.78	10.49	10.59	11.53
31	KWT	84.64	83.62	81.21	82.42	83.89
32	PSHC	95.67	94.40	95.63	95.40	95.47
33	HPBI	55.11	55.70	58.27	56.57	55.66
34	HPB Total	89.97	91.08	90.43	91.85	92.56
35	W/nter Pondamen	97.19	93.60	91.00	91.46	95.14
36	ST. Gilingan	86.07	85.98	86.48	87.62	88.57
37	ST. Fabrik	83.66	80.48	78.70	80.14	84.06

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS

Ferizandi Qauzar Gani



BTN Hamzy Blok A No.6, RT.002, RW.002, Kel.
Tamalanrea Indah, Kec. Tamalanrea, Kota Makassar,
Sulawesi Selatan (90245)
HP: +62 815 43127773

email: fqgani@gmail.com

TTL : Ujung Pandang, 5 pebruari 1990

Bahasa : Bahasa Indonesia

Bahasa Inggris, IELTS Score: 6,5

Pendidikan

- Agustus 2015 – Agustus 2017 **S2 Teknik Fisika**
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS),
Surabaya-Indonesia
Rekayasa Energi Terbarukan
IPK: 3,81 dari 4,00
Judul: Analisa Keberlanjutan Energi pada
Industri Gula Menggunakan *Multi-Criteria*
Decision Analysis (MCDA)
Pembimbing: **Dr.Ridho Hantoro,ST,MT**
- Agustus 2007 – Mei 2012 **S1 Teknik Elektro**
Universitas Hasanuddin (Unhas),
Makassar-Indonesia
Teknik Komputer, Kendali dan Elektronika
IPK: 3,37 dari 4,00
Judul: Implementasi *Rotary Encoder* Sebagai
Sensor Posisi pada Simulator Meriam
Pembimbing: **Dr.Ir Zahir Zainuddin, M.Sc** dan
Dr.A.Ejah Umraeni Salam,ST,MT

Konferensi

- Agustus 2017. *An ANP (Analytic Network Process)-based Multi-Criteria Decision Approach for The Selection of Sugar-Cane Industry Development*. The 3rd International Seminar on Science and Technology (ISST) 2017. Surabaya
- Agustus 2017. *Analysis of Sugar Industry Development Planning Using MCDM Algorithm*. The 10th AUN/SEED-Net Regional Conferences on Electrical and Electronic Engineering 2017 and 18th International Seminar on Intelligent Technology and Its Application 2017 (AUNRCEEE-ISITIA 2017). Surabaya

Reference

Dr. Ridho Hantoro

Energy and Environmental Engineering, Dept. of Engineering Physics – ITS

ridhohantoro96@gmail.com atau ridho_hantoro@yahoo.com