

**Sistem Pendukung Keputusan dalam Pemilihan Alternatif Pengelolaan Limbah Kelapa Sawit Metode *Analytic Network Process* (ANP) dan (BCOR) ( Studi Kasus : PT. Perkebunan Nusantara V Sei Tandun Rokan Hulu)**

**Budi Yanto**

Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer  
Universitas Pasir Pangaraian  
Jl. Tuanku Tambusai, Kumu Kec. Rambah Hilir Kabupaten Rokan Hulu  
Email: budiyantost@gmail.com

**Abstrak**

*Kelapa sawit merupakan komoditi terbesar di beberapa daerah di Indonesia. Terutama di pulau Kalimantan dan Sumatera. Hal inilah yang mengharuskan dibangunnya pabrik kelapa sawit di daerah yang berdekatan dengan perkebunan kelapa sawit. Aktivitas produksi pabrik kelapa sawit (PKS) menghasilkan limbah dalam volume sangat besar yang berupa limbah padatan maupun cair. Beberapa alternatif solusi yang akan dipertimbangkan untuk menangani masalah tersebut yaitu perancangan lokasi baru, penerapan teknologi baru dan perbaikan/ penataan lokasi yang sudah ada dan pengolahan limbah cair dan limbah padat menjadi komoditi yang tepat guna. Dalam memilih alternatif ini, banyak kriteria yang harus dipertimbangkan. Oleh karena itu dalam pemilihan alternatif pengelolaan limbah pabrik kelapa sawit ini menggunakan analisis *Analytic Network Process* (ANP) dan *Benefit Opportunities Cost Risk* (BOCR). Tujuannya adalah untuk mendapatkan peringkat prioritas dari berbagai alternatif sebagai acuan dalam pengambilan keputusan. Tahap awal yaitu melakukan wawancara dengan seorang pakar pengelolaan sampah. Adapun alternatif akan dipilih berdasarkan masalah utama yang timbul sebagai acuan untuk kriteria, subkriteria serta keterkaitannya. Untuk mendapatkan bobot dari setiap elemen ANP digunakan kuisisioner perbandingan berpasangan yang diambil dari referensi para pakar dan kemudian diolah dengan *Software Super Decision*. Analisis BOCR menyajikan 3 kondisi dalam memilih prioritas alternatif yaitu *Standard (BIC)*, *Pessimistic BI(CxR)*, *Realistic (BxO)I(CxR)*.*

**Kata kunci :** *Analytic Network Process* (ANP). *Benefit Opportunities Cost Risk* (BOCR), SPK

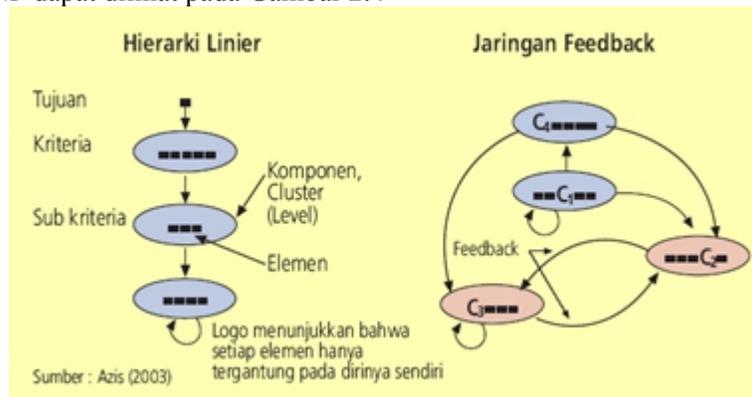
**1. Pendahuluan**

Limbah yang sudah dihasilkan Pabrik Kelapa Sawit atau PKS terdiri dari limbah cair kelapa sawit serta padat. Limbah padat pabrik kelapa sawit menyerupai cangkang serta fiber yang dipakai untuk pemanfaatan limbah padat kelapa sawit menjadi bahan bakar boiler maupun cair biogas dari limbah kelapa sawit, serta tandan kosong dipergunakan kembali untuk pupuk (mulsa) bagi tanaman. Ada begitu banyak limbah cair yang dihasilkan Pabrik Kelapa Sawit. Jika limbah kelapa sawit ini dikelola dengan baik dan benar maka investasi pengolahan limbah dari PKS ini adalah salah satu investasi yang menguntungkan. Ada satu masalah yang penting untuk diperhatikan yaitu beban pencemaran atau limbah yang dihasilkan jika pelaksanaan pengolahan limbah kelapa sawit menjadi biogas tidak tepat. Adapun setiap ton dari tandan buah kelapa sawit segar yang sudah diolah akan menghasilkan 50% kandungan limbah cair kelapa sawit daripada sejumlah total limbah lainnya. Untuk tandan yang sudah kosong sebanyak 23% limbah cair pabrik kelapa sawit. Setiap satu ton CPO bisa menghasilkan limbah cair hingga 5 ton, dengan jumlah BOD nya 20.000 sampai 60.000 mg/l

Limbah pabrik kelapa sawit mengeluarkan bau yang sangat tajam akibat pembusukan bahan organik yang dikandungnya. Beberapa alternatif solusi yang akan dipertimbangkan untuk menangani masalah tersebut yaitu perancangan lokasi baru, penerapan teknologi baru dan perbaikan/ penataan lokasi yang sudah ada. Dalam memilih alternatif ini, banyak kriteria yang harus dipertimbangkan. Oleh karena itu dalam pemilihan alternatif pengelolaan sampah ini digunakan alat analisis *Analytic Network Process (ANP)* dan *Benefit Opportunities Cost Risk (BOCR)*. Tujuannya adalah untuk mendapatkan peringkat prioritas dari alternatif sebagai acuan dalam pengambilan keputusan. Sistem pendukung Keputusan (SPK) atau dikenal dengan *Decision Support System (DSS)*, pada tahun 1907-an sebagai pengganti istilah *Management Information System (MIS)* yang dirancang sedemikian rupa sehingga bersifat interaktif dengan pemakainya..

**2.1 Konsep Dasar Analytic Network Process (ANP)**

*Analytic Network Process (ANP)* adalah salah satu metode yang mampu merepresentasikan tingkat kepentingan berbagai pihak dengan mempertimbangkan saling keterkaitan antar kriteria dan subkriteria yang ada. Metode *Analytic Network Process (ANP)* merupakan pengembangan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Metode ANP mampu memperbaiki kelemahan AHP berupa kemampuan mengakomodasi keterkaitan antar kriteria atau alternatif (Saaty, 1996). Keterkaitan pada metode ANP ada 2 jenis yaitu keterkaitan dalam satu set elemen (*inner dependence*) dan keterkaitan antar elemen yang berbeda (*outer dependence*). Adanya keterkaitan tersebut menyebabkan metode ANP lebih kompleks dibanding metode AHP. Untuk lebih jelasnya perbandingan antara metode AHP dengan metode ANP dapat dilihat pada Gambar 2.4



2.1.a Model AHP

2.1.b Model ANP

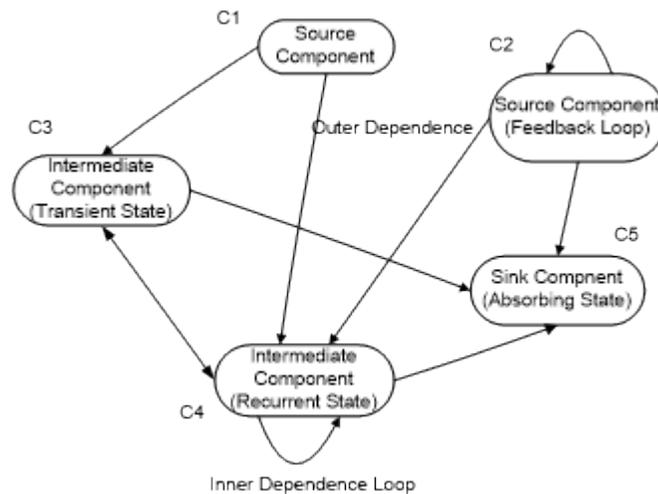
**Gambar 2. 1 Perbandingan AHP dengan ANP (Sumber : Vanany, 2008)**

Pada AHP (hirarki) terdapat level tujuan, kriteria, subkriteria, dan alternatif, dimana masing-masing level memiliki elemen. Dimana level disusun secara *descending* menurut pengaruhnya. Sementara itu, pada ANP (jaringan), *cluster* (sebutan level pada jaringan) tidak disusun pada urutan tertentu, namun dihubungkan secara berpasangan dengan garis lurus. Arah panah mencerminkan pengaruh dari sebuah *cluster* terhadap *cluster* yang lain. Perbandingan berpasangan dalam suatu *cluster* dibuat menurut dominasi pengaruh dari setiap pasangan elemen dalam sistem. Setiap *cluster* dibentuk dari elemen - elemen.

Keunggulan ANP dibandingkan dengan AHP adalah bahwa ANP membebaskan kebutuhan untuk menyusun *cluster* dalam bentuk rantai lurus seperti dalam hirarki. ANP memungkinkan struktur untuk berkembang lebih alami sehingga merupakan cara yang lebih baik untuk mendeskripsikan apa yang terjadi di dunia nyata.

Pembobotan dengan ANP membutuhkan model yang merepresentasikan saling keterkaitan antar kriteria dan subkriteria yang dimilikinya. Ada 2 kontrol yang perlu diperhatikan didalam memodelkan sistem yang hendak diketahui bobotnya. Kontrol pertama adalah kontrol hierarki yang menunjukkan keterkaitan kriteria dan sub kriterianya. Pada kontrol ini tidak membutuhkan struktur hierarki seperti pada metode AHP. Kontrol lainnya adalah kontrol keterkaitan yang menunjukkan adanya saling keterkaitan antar kriteria atau *cluster* (Saaty, 1996).

Bila dilihat dari jenis jaringan sistem *Strategy Map* pada BSC menunjukkan berjenis *hiernet* atau *Feedback Network*. Jaringan ini memiliki kompleksitas yang tinggi dibanding dengan jenis lain, karena adanya fenomena *feedback* dari *cluster* satu ke *cluster* lain atau dengan *cluster*-nya sendiri. Perspektif pada BSC dinyatakan sebagai *cluster* sedangkan elemen dan sub elemennya merupakan strategi objektif dengan KPI-nya. Pada Gambar 3, memperlihatkan salah satu contoh jaringan *hiernet* dengan system *Strategy Map* dengan BSC.



**Gambar 2. 2 Feedback Network / Hiernet (Sumber : Hansen, 2007)**

*Cluster* di dalam *node* di atas merupakan suatu kumpulan kriteria dan alternatif. *Cluster* yang tidak memiliki arah panah yang masuk ke dalam *node* disebut sebagai *Cluster Source* seperti C1 dan C2. *Cluster* yang tidak memiliki arah panah yang keluar dari *node* disebut *Cluster Sink* seperti C5. *Cluster* yang memiliki arah panah masuk dan keluar *node* disebut sebagai *Cluster Transient* seperti C3 dan C4. Sebagai tambahan C3 dan C4 membentuk suatu siklus antara dua komponen karena kedua komponen tersebut saling memberi *feedback*. C2 dan C4 memiliki *loops* yang menghubungkan *cluster* tersebut dengan dirinya sendiri. *Loops* juga dikenal sebagai *inner dependent* sedangkan koneksi yang lain antar *cluster* kemudian disebut sebagai *outer dependent*. *Cluster* pada ANP disimbolkan dengan  $C_h$ ,  $h = 1, \dots, m$ , dan diasumsikan bahwa *cluster* tersebut memiliki  $n_h$  elemen yang disimbolkan dengan  $e_{h1}, e_{h2}, \dots, e_{hm_h}$ . Pengaruh dari satu set elemen dalam suatu *cluster* pada elemen yang lain dalam suatu sistem dapat direpresentasikan melalui vektor prioritas berskala rasio yang diambil dari perbandingan berpasangan. Pengaruh tersebut dapat dilihat pada persamaan 2.1

$$W = \begin{matrix} & & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ \dots \\ C_m \end{matrix} & \begin{matrix} e_{11} \dots e_{1n_1} \\ \dots \\ e_{m1} \dots e_{mn_m} \end{matrix} & \begin{matrix} e_{21} \dots e_{2n_2} \\ \dots \\ e_{m2} \dots e_{mn_m} \end{matrix} & \dots & \begin{matrix} e_{n1} \dots e_{nn_1} \\ \dots \\ e_{nn_n} \dots e_{nn_n} \end{matrix} \\ & \begin{matrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_{N1} & W_{N2} & \dots & W_{NN} \end{matrix} \end{matrix} \quad (2.1)$$

Pada persamaan 2.1, baris pertama merupakan nilai vektor prioritas untuk *cluster*  $C_1$  yang terdiri atas elemen  $e_{11}, e_{12}, \dots, e_{1n_1}$ . Baris kedua merupakan nilai vektor prioritas untuk *cluster*  $C_2$  yang terdiri atas elemen  $e_{21}, e_{22}, \dots, e_{2n_2}$ . Baris terakhir untuk komponen  $C_m$  yang terdiri atas elemen  $e_{m1}, e_{m2}, \dots, e_{mn_m}$ .

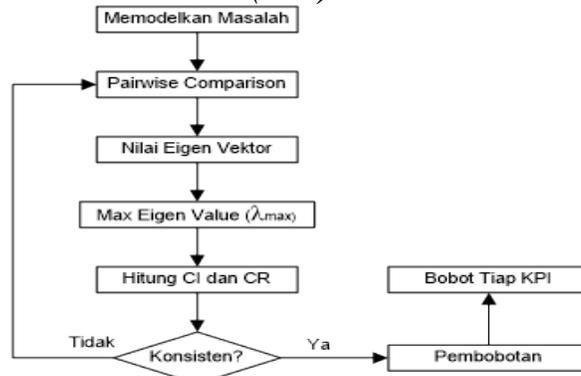
Data masukan  $W_{ij}$  dalam matrik disebut blok. Blok tersebut adalah matrik dengan susunan seperti pada persamaan 2.2.

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} W_{i1j1} & W_{i1j2} & \dots & W_{i1jn} \\ W_{i2j1} & W_{i2j2} & \dots & W_{i2jn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_{imj1} & W_{imj2} & \dots & W_{imjn} \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

Persamaan 2.2 di atas menunjukkan berapa besar pengaruh elemen yang satu dengan elemen yang lain. Beberapa nilai dapat bernilai 0. Hal ini berarti elemen tersebut tidak memiliki pengaruh apapun pada elemen tertentu. Bagi elemen yang mempengaruhi elemen itu sendiri memiliki nilai matriks identitas I.

Setelah model dibuat, maka dilakukan pentabelan dari hasil data *pairwise comparison*. Metode ANP menggunakan skala rasio. Prioritas-prioritas dalam skala rasio merupakan angka fundamental yang memungkinkan untuk dilakukannya perhitungan operasi aritmatika dasar seperti penambahan dan pengurangan dalam skala yang sama, perkalian dan pembagian dari skala yang berbeda, dan mengkombinasikan keduanya dengan pembobotan yang sesuai dan menambahkan skala yang berbeda untuk memperoleh skala satu dimensi. Perlu diingat bahwa skala rasio juga merupakan skala absolut. Kedua skala tersebut diperoleh dari *pairwise comparison* ‘pembandingan sepasang-sepasang’ dengan menggunakan judgements atau rasio dominasi pasangan dengan menggunakan pengukuran aktual.

### 2.2. Algoritma Analytic Network Process (ANP)



Gambar 2.3 Algoritma ANP (Sumber : Vanany, 2008 )

Langkah awal yang harus dilakukan adalah memodelkan masalah yang akan dihitung bobotnya. Setelah didapat model ANP nya, maka dilakukan *pairwise comparison* atau yang biasa disebut dengan perbandingan berpasangan. Dari *pairwise comparison* dicari nilai eigen vektornya, dari nilai eigen vector ini akan diperoleh nilai *Consistency Index* (CI) dan *Consistency Ratio* (CR). Dari kedua nilai ini diketahui apakah matriknya konsisten atau tidak. Jika matrik tidak konsisten, maka kembali dilakukan proses *pairwise comparison* dan seterusnya kebawah, namun jika matrik telah konsisten, maka dilanjutkan dengan melakukan pembobotan untuk mencari bobot dari model *Balanced Scorecard*. (Vanany, 2008).

### 2.3 Perbandingan Berpasangan (*Pairwise Comparison*)

Secara naluri, manusia dapat mengestimasi besaran sederhana melalui inderanya. Proses yang paling mudah adalah dengan membandingkan dua hal dengan keakuratan perbandingan yang dapat dipertanggungjawabkan. Untuk itu Saaty menetapkan skala kuantitatif 1 sampai dengan 9 untuk menilai perbandingan tingkat kepentingan suatu elemen terhadap elemen lain. Berikut ini diberikan table skala penilaian perbandingan berpasangan.

**Tabel 2. 1 Skala Penilaian Perbandingan Pasangan**

Intensitas Kepentingan	Keterangan	Penjelasan
1	<i>Equal importance</i>	Sama penting / sama unggul
3	<i>Moderate importance</i>	Sedikit lebih diunggulkan daripada yang lain.
5	<i>Essential, strong importance</i>	Lebih diunggulkan
7	<i>Demonstrated importance</i>	Jauh lebih diunggulkan
9	<i>Extremely importance</i>	Mutlak penting / keunggulan tidak dapat dipertanyakan lagi
2,4,6,8	<i>Grey area</i>	Nilai – nilai antara (pada saat diperlukan suatu kompromi)
Kebalikan	Jika untuk aktifitas i mendapatkan nilai perbandingan berpasangan , maka j memiliki nilai kebalikannya dibanding dengan i. Misalnya $i = 2$ , maka $j = \frac{1}{2}$	

Sumber : Hansen, 2007

### 2.4 Analisa Benefit, Opportunities, Cost, Risk (BOCR) Sebagai Analisa Strategis

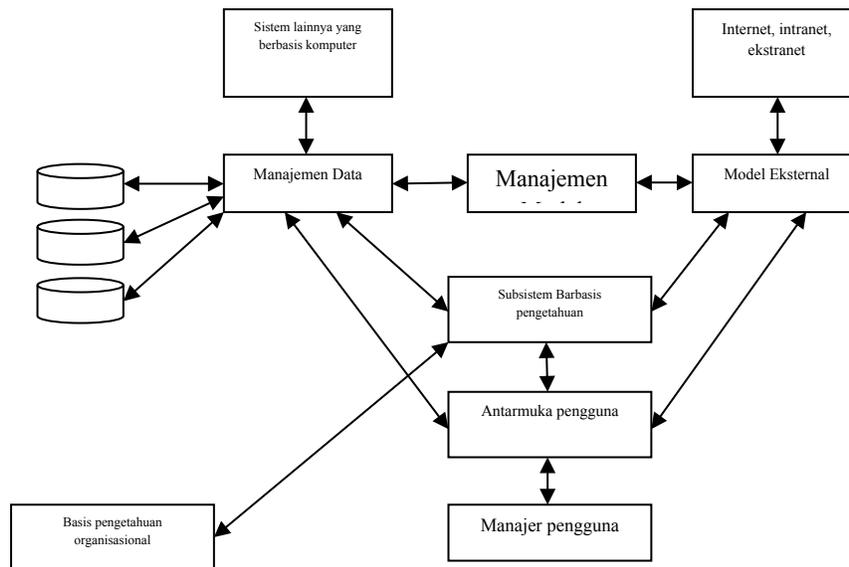
Pengumpulan data untuk menentukan kriteria control dalam analisa strategis berdasarkan : " pertimbangkanlah kriteria yang diinginkan sebagai keuntungan (*Benefits*) dan kriteria yang tidak diinginkan sebagai biaya (*Cost*) dan juga terdapat peristiwa-peristiwa yang mungkin juga akan terjadi sehingga akan dipertimbangkan sebagai hal yang negative atau positif dan dibagi menjadi kriteria kesempatan (*Opportunities*) dan resiko (*Risk*) " (Saaty, 2001 a). Didalam penelitian hubungan antara *Benefits*, *Opportunities*, *Cost* dan *Risk* dipengaruhi dengan faktor-faktor umum (Saaty & Cho, 2001 b). Untuk melakukan Analisa *Benefits*, *Opportunities*, *Cost* dan *Risk* sebagai analisa strategis, perhitungannya menggunakan metode *Pairwise Comparasion*. Secara struktural, sebuah keputusan dibagi menjadi tiga bagian, pertama sistem penilaian, kedua matriks dari keputusan *benefit cost opportunities* dan *risk* (BOCR) sebagai pertimbangan membuat keputusan, dan ketiga hirarki atau jaringan keterkaitan, fakta (objektif) yang membuat sebuah alternatif keputusan lebih di inginkan dibanding yang lainnya (Saaty, 2001b). Hasil dari beberapa alternatif yang di prioritaskan, didapatkan tiga hasil : kondisi umum (*standard Condition*) B / C, *Pessimistic* B / (CxR) dan *Realistic* (BxO) / (CxR). Alternatif yang terbaik dipilih dengan nilai *Realistic* yang tinggi dan alternatif terpilih tersebut dipertimbangkan sebagai keputusan yang di tentukan dari alternatif lainnya. Asri (2005).

### 3.1 Analisa Permasalahan

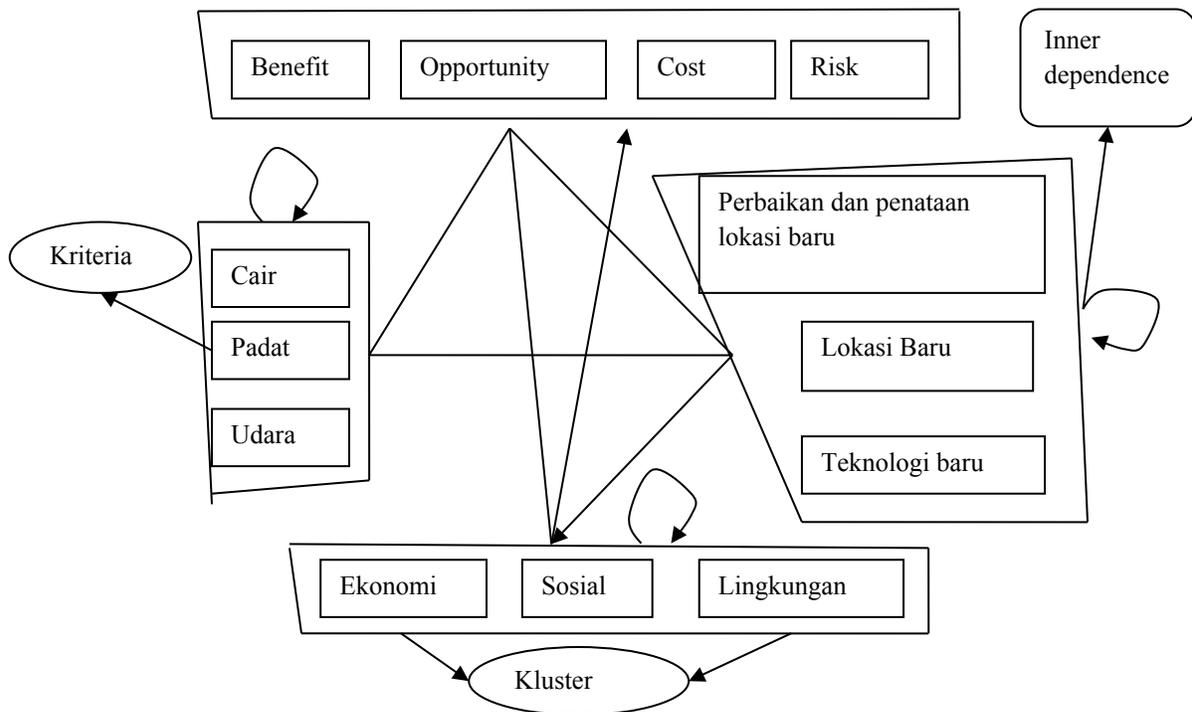
Setelah melakukan pengamatan terhadap pengelolaan limbah pabrik kelapa sawit di PTPN V Sei Tandun Rokan Hulu, masih adanya pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh aktivitas pengelolaan pabrik tersebut. Bab ini akan menjelaskan hasil analisa kebutuhan dan perancangan sistem yang akan diusulkan untuk penyelesaian permasalahan dalam menentukan pengelolaan limbah alternatif. Untuk analisa kebutuhan akan diuraikan tentang kebutuhan data-data dalam menjalankan metode ANP dan perancangan sistem berupa perancangan kuisisioner, jenis responden, dan cara melakukan rekapitulasi data hasil kuisisioner yang akan digunakan untuk sebagai masukan pada aplikasi Superdecision agar bisa melakukan perhitungan matriks sehingga dihasilkan bobot ranking alternatif sebagai pendukung keputusannya.

### 3.2. Arsitektur Sistem Pendukung Keputusan

Sistem pendukung keputusan harus mencakup tiga komponen utama, yaitu Tujuan, Kriteria dan Alternatif. Tujuan merupakan goal atau hasil yang akan dicapai, Kriteria adalah parameter yang dijadikan tolak ukur untuk membuat sebuah keputusan sedangkan Alternatif adalah objek dari sebuah sistem yang akan diproses. Di dalam sistem pendukung keputusan, perlu adanya sebuah arsitektur sistem yang berguna untuk mendeskripsikan sebuah model atau gambaran yang menggunakan *shape* atau simbol tertentu. Arsitektur sistem pendukung keputusan ditunjukkan dalam gambar 3.1.



**Gambar 3.1 Arsitektur Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Alternatif Pengelolaan Limbah Pabrik Kelapa Sawit**



**Gambar 3.2. Model Arsitektur Analytic Network Process dan *Balanced Score***

### 3.3 Analisis Kebutuhan Alternatif

Metode ANP untuk menentukan pemilihan pengelolaan limbah alternatif merupakan proses pemilihan cara pengelolaan limbah yang baik terhadap lingkungan. Ada tiga cara yang dilakukan sebagai alternatif yang digunakan untuk menentukan pengelolaan limbah alternatif yaitu :

#### A. Pemilihan Lokasi Baru

Proses pengolahan kelapa sawit menjadi minyak kelapa sawit akan menghasilkan jenis-jenis limbah kelapa sawit. Dampak limbah tersebut akan meresahkan bagi lingkungan dan penduduk sekitarnya terutama dari limbah udara yang dihasilkan dari aktivitas pabrik tersebut. Pemilihan lokasi baru adalah salah satu alternatif pengelolaan limbah yang dilakukan agar penduduk sekitar tidak tercemar dari efek limbah pabrik kelapa sawit.

#### B. Perbaikan dan Penataan Lokasi

Pabrik kelapa sawit PTPN V Sei Tandun Rokan Hulu memiliki luas areal  $\pm 7.919$  ha dengan data produksi dan excess pada tahun 2014 dimana TBS olah menghasilkan 40 ton/jam. Dengan data tersebut adakalanya dilakukan peninjauan lokasi ulang dan penataannya diperbaiki, sehingga limbah yang dihasilkan dalam kapasitas besar tidak merusak lingkungan tetapi sebaliknya bisa bermanfaat bagi lingkungan dan masyarakat sekitar.

#### C. Pemilihan Teknologi Baru

Pemilihan Teknologi baru (1.3), pemilihan alternatif teknologi yang bersifat ramah terhadap lingkungan, dan juga teknologi yang dapat diterapkan menyesuaikan keadaan lingkungan, efisien dan efektif.

### 3.2 Analisis Kebutuhan Kriteria

Untuk pemilihan pengelolaan limbah alternatif pada pabrik kelapa sawit seperti yang diharapkan maka diperlukan berbagai kriteria. Untuk metode ANP dalam menganalisa kebutuhan kriteria dibagi dalam kluster dan node. Kluster merupakan pengelompokan kriteria yang sejenis dan node adalah sub kriteria dari masing-masing kluster. Ada tiga kriteria berupa kluster dalam menentukan pemilihan alternatif pengelolaan limbah yang tepat dan masing-masing kluster mempunyai sub-sub kriteria yang dijadikan sebagai nodenya. Adapun kriteria tersebut beserta masing-masing sub kriterianya dijelaskan sebagai berikut :

#### A. Kluster Kriteria Limbah Padat

Limbah padat Tandan Kosong (TKS) merupakan limbah padat yang jumlahnya cukup besar yaitu sekitar 6 juta ton yang tercatat pada tahun 2004, namun pemanfaatannya masih terbatas. Limbah tersebut selama ini dibakar dan sebagian ditekankan di lapangan sebagai mulsa. Persentase tankos mengandung unsur hara N, P, K, dan Mg berturut-turut setara dengan 3 Kg Urea; 0,6 Kg CIRP; 12 Kg MOP; dan 2 Kg Kieserit. Dengan demikian dari satu unit PKS kapasitas olah 30 ton TBS/jam atau 600 ton TBS/hari akan menghasilkan pupuk N, P, K, dan Mg berturut-turut setara dengan 360 Kg Urea, 72 Kg CIRP; 1.440 Kg MOP; dan 240 Kg Kieserit. Dalam kluster kriteria limbah padat maka dibagi lagi dalam sub kriteria atau node yang meliputi :

- 1) Cangkang yaitu merupakan bagian paling keras pada komponen yang terdapat pada kelapa sawit. Saat ini pemanfaatan cangkang sawit di berbagai industri pengolahan minyak CPO belum begitu maksimal. Ditinjau dari karakteristik bahan baku, jika dibandingkan dengan tempurung kelapa biasa, tempurung kelapa sawit memiliki banyak kemiripan. Perbedaan yang mencolok yaitu pada kadar abu (*ash content*) yang biasanya mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan oleh tempurung kelapa dan cangkang kelapa sawit.
- 2) Janjang Kosong yaitu merupakan limbah dengan volume yang paling banyak dari proses pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) pada pabrik Kelapa Sawit, mencapai 21% dari TBS yang diolah.
- 3) Fibre yaitu merupakan hasil pemisahan dari *fibrecyclone* mempunyai kandungan cangkang, minyak dan inti. Kandungan tersebut tergantung pada proses ekstraksi di *screwpress* dan pemisahan pada *fibrecyclone*.

#### B. Kluster Kriteria Limbah Cair

Limbah Cair Kelapa Sawit Limbah cair kelapa sawit berasal dari kondensat, stasiun klarifikasi dan hidrocyclon atau yang lebih dikenal dengan istilah Palm Oil Mill Effluent (POME) merupakan sisa buangan yang tidak bersifat toksik (tidak beracun), tetapi memiliki daya pencemaran yang tinggi karena kandungan organikanya dengan nilai BOD berkisar 18.000- 48.000 mg/L dan nilai COD berkisar 45.000-65.000 mg/L (Chin et al.,1996). Limbah cair yang dihasilkan tersebut harus dikelola dengan baik agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dibuat tindakan pengendalian limbah cair melalui sistem kolam yang kemudian dapat diaplikasikan ke lahan. Dalam kluster kriteria limbah cair mempunyai sub kriteria atau node yang meliputi :

- 1) *Sludge* yaitu limbah yang berasal dari tangki sedimentasi pada pemisahan awal dan banyak mengandung biomassa senyawa organik yang stabil dan mudah menguap.

### C. Kluster Kriteria Limbah udara

Limbah udara berasal dari pembakaran solar dari *generating set* dan pembakaran jangjang kosong dan cangkang di *incinerator*. Gas buangan ini dibuang keudara terbuka. Umumnya limbah debu dan abu pembakaran jangjang kosong dan cangkang sebelum dibuang bebas ke udara dikendalikan dengan pemasangan *dust collector*, untuk menangkap debu ikutan dalam sisa gas pembakaran, kemudian dialirkan melalui cerobong asap setinggi  $\pm 25$  meter dari permukaan tanah.

Adapun sub kriteria atau node dalam kluster kriteria ini yaitu :

- 1) Karbon monoksida (CO) adalah senyawa yang bersifat sangat beracun karena dapat mengikat hemoglobin membentuk karboksihemoglobin. Kehadiran senyawa tersebut dapat menghambat penghantaran oksigen ke sel tubuh sehingga sel tubuh tertentu mengalami kekurangan oksigen, kondisi ini dapat menyebabkan kematian.
- 2) Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) adalah lawan dari oksigen yang secara normal keduanya terdapat pada tubuh. Namun apabila jumlah CO<sub>2</sub> meningkat melebihi batas normal akan menjadi racun untuk tubuh dengan cara memblok aliran oksigen di pembuluh darah ke sel atau jaringan. Kasus yang sering ditemukan adalah kematian yang mengakibatkan kematian akibat jumlah CO<sub>2</sub> lebih banyak dari pada oksigen pada suatu ruangan tertutup seperti dalam mobil. <http://www.catatankimia.com/wp-content/uploads/gasberacun.jpg>
- 3) Amonia (NH<sub>3</sub>) adalah gas dengan bau yang khas namun dapat menyebabkan kerusakan pada saluran pernafasan.

### 3.3 Rekapitulasi Hasil Data Kuisisioner

Kuisisioner yang telah diisi oleh masing-masing responden akan dilanjutkan ke tahap rekapitulasi data hasil kuisisioner. Berikut adalah hasil rekapitulasi data yang bersumber dari pengisian kuisisioner oleh masing-masing responden berdasarkan kriteria dan alternatif :

#### 1. Rekapitulasi Data Kriteria

Berikut ini adalah hasil rekapitulasi data kuisisioner berdasarkan perbandingan antar kriteria :

**Tabel 3.1. Rekapitulasi Penilaian Kuisisioner Antar Kriteria**

No	Kriteria Limbah Udara		Responden					Jlh	Ri	
			R 1	R 2	R 3	R 4	R 5			
1	Limbah Cair	:	Limbah Padat	9	5	5	1	3	23	4.6
2	Limbah Cair	:	Limbah Udara	3	-3	1	5	7	13	2.6
3	Limbah Padat	:	Limbah Udara	-9	-2	3	-7	1	-14	-2.8

Tabel 3.1 menjelaskan hal – hal sebagai berikut :

- a. Kuisisioner diberikan kepada 5 (lima) orang responden (R1, R2, R3, R4, R5) dan mengisinya berdasarkan dengan daftar pertanyaan yang diajukan.

- b. Ri merupakan nilai rata-rata dari setiap bobot kriteria yang akan dijadikan sebagai nilai input pada perhitungan matrik berpasangan untuk kriteria yang dilakukan secara manual dan perhitungan dengan metode ANP.

2. Rekapitulasi Data alternatif

Berikut ini akan dipaparkan rekapitulasi alternatif untuk setiap kriteria dan merupakan hasil jawaban dari semua responden yang disebut dengan nilai rata-rata (Ri). Untuk proses perhitungan secara detail terlampir yang akan dimasukkan kedalam *Software Super Decisions* di bab berikutnya.

**Tabel 4.2. Matriks Perbandingan Berpasangan (MBP) Alternatif Dalam Kriteria Cangkang**

Perspektif	Perbaikan & Penataan Lokasi	Pemilihan Lokasi Baru	Pemilihan Teknologi Baru
Perbaikan & Penataan Lokasi	1	7	2
Pemilihan Lokasi Baru	1/8	1	1/4
Pemilihan Teknologi Baru	1/2	4	1

Langkah selanjutnya akan menghitung evaluasi untuk kriteria, sehingga dilakukan kalkulasi angka-angka dalam matriks perbandingan berpasangan tersebut diubah ke dalam bentuk desimal.

$$\begin{bmatrix} 1.000 & 7.000 & 2.000 \\ 0.153 & 1.000 & 0.200 \\ 0.400 & 4.000 & 1.000 \end{bmatrix}$$

Kemudian matriks di atas dikuadratkan untuk menetapkan nilai *factor* dan evaluasinya yaitu :

$$\begin{matrix} \text{Normalisasi Pertama} \\ \begin{bmatrix} 1.000 & 7.000 & 2.000 \\ 0.143 & 1.000 & 0.200 \\ 0.500 & 5.000 & 1.000 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1.000 & 7.000 & 2.000 \\ 0.143 & 1.000 & 0.200 \\ 0.500 & 5.000 & 1.000 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Hasil dari perkalian matriks kemudian dijumlahkan berdasarkan baris sehingga mendapatkan nilai *eigen* prioritas dari masing-masing kriteria.

$$\begin{bmatrix} 3.000 & 24.000 & 5.000 & = & 32.400 \\ 0.386 & 3.000 & 0.686 & = & 4.071 \\ 1.714 & 13.500 & 3.000 & = & 18.214 \end{bmatrix}$$

Jumlah = 54.686

Untuk mendapatkan nilai hasil normalisasinya, maka hasil penjumlahan baris dibagi dengan jumlah keseluruhannya.

$$\begin{bmatrix} 32.400 & / & 54.686 & = & 0.5924765 \\ 4.071 & / & 54.686 & = & 0.0744514 \\ 18.214 & / & 54.686 & = & 0.3330721 \end{bmatrix}$$

Untuk menghasilkan nilai *eigen* yang sama atau mendekati, maka hasil perkalian matriks yang pertama harus dikuadratkan lagi agar nilainya mendekati atau sama. Jika nilainya sudah sama maka proses dihentikan.

Normalisasi Kedua

$$\begin{bmatrix} 3.000 & 24.000 & 5.400 \\ 0.386 & 3.000 & 0.686 \\ 1.714 & 13.500 & 3.000 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 3.000 & 24.000 & 5.400 \\ 0.386 & 3.000 & 0.686 \\ 1.714 & 13.500 & 3.000 \end{bmatrix}$$

Hasil dari perkalian matriks kemudian dijumlahkan berdasarkan baris sehingga mendapatkan nilai *eigen* prioritas dari masing-masing kriteria.

$$\begin{bmatrix} 27.51429 & 216.9 & 48.85714 & = & 293.27143 \\ 3.489796 & 27.51429 & 6.197143 & = & 37.201224 \\ 22.47857 & 122.1429 & 27.51429 & = & 172.13571 \end{bmatrix}$$

Jumlah = 358.083

Untuk mendapatkan nilai hasil normalisasinya, maka hasil penjumlahan baris dibagi dengan jumlah keseluruhannya.

$$\begin{bmatrix} 293.2714 & / & 502.6084 & = & 0.583 \\ 37.20122 & / & 502.6084 & = & 0.074 \\ 172.1357 & / & 502.6084 & = & 0.342 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya nilai *eigen* maksimum ( $\lambda_{maksimum}$ ) didapat dengan menjumlahkan hasil perkalian nilai *eigen* dengan jumlah kolom. Nilai *eigen* maksimum yang dapat diperoleh adalah :

$$\begin{aligned} \lambda_{maksimum} &= (0.583 * 1.643) + (0.074 * 13.000) + (0.342 * 3.200) \\ &= 3.017 \end{aligned}$$

Nilai *Consistency Index* (CI)

Karena matriks berordo 3x3 (yakni terdiri dari 3 kriteria), Nilai *Consistency Index* (CI) yang diperoleh :

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{3.017 - 3}{3 - 1} = 0.0083$$

Nilai Consistency Ratio (CR)

Untuk  $n = 3$ , RI (Random Index) = 0.580 (tabel saaty), maka dapat diperoleh nilai Consistency Ratio (CR) yaitu :

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.0083}{0.580} = 0.014$$

**Tabel 4.3. Bobot Masing-Masing Alternatif Dalam Kriteria Cangkang**

Perspektif	Perbaikan & Penataan Lokasi	Pemilihan Lokasi Baru	Pemilihan Teknologi Baru	Nilai Eigen	Bobot
Perbaikan & Penataan Lokasi	1.000	7.000	2.000	0.573	58.45 %
Pemilihan Lokasi Baru	0.153	1.000	0.200	0.064	7.30 %
Pemilihan Teknologi Baru	0.500	5.000	1.000	0.332	35.25 %
<b>Total</b>	<b>1.653</b>	<b>13.000</b>	<b>3.100</b>	<b>1.000</b>	<b>100.00 %</b>

**Tabel 3.4 Relasi antara ANP dan BCOR**

Kluster	Kriteria	Elemen			
		Benefit	Cost	Opportunity	Risk
Ekonomi	Pendapatan perusahaan dan sekitarnya	Dengan adanya diterapkan pengelolaan limbah sawit memberikan penambahan pendapatan ekonomi masyarakat dan perusahaan	Biaya dari pengelolaan limbah sawit		Perubahan harga sawit yang setiap saat bisa saja berubah sesuai dengan harga pasar yang membuat biaya pengelolaan limbah sawit meningkat
Sosial	Quality of life, keterampilan yang dimiliki masyarakat dan kesehatan	Membuka peluang baru penerimaan pekerja yang dibutuhkan untuk	Ada penambahan baru untuk menemukan teknologi baru	Memberikan kontribusi dengan membuka lapangan	Effek dari limbah ini adalah dari segi kesehatan dari lingkungan

		pengelolaan limbah sawit	pengelolaan limbah sawit yang akan memberikan pemukiman baru bagi pekerjaannya	pekerjaan baru pada pengelolaan limbah sawit	limbah sawit baik organ tubuh dan lainnya
Lingkungan	Pengolahan Limbah	Menciptakan pengolahan limbah sawit yang ramah lingkungan dan go green	Biaya dari penemuan teknologi terbaru pengelolaan limbah dan dampaknya terhadap lingkungan	Adanya teknologi-teknologi baru yang ramah lingkungan untuk pengelolaan limbah sawit akan menambah peluang tenaga kerja yang baru	Kemungkinan Dampak yang ditimbulkan dari limbah sawit, seperti polusi udara, dan air

### 3.5 Bobot Kriteria BCOR

BOCR Kriteria	Benefit	Opportunities	Cost	Risk
Ekonomi	0.1938	0.1667	0.2098	0,493
Lingkungan	0.3101	0.3333	0.2175	0,311
Sosial	0.4961	0,232	0.2864	0,196

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang penulis lakukan dalam pemilihan pengelolaan limbah alternatif di pabrik kelapa sawit PT. Perkebunan Nusantara V Sei Tandun Rokan Hulu berbasis *Balanced Scorecard* (BSC) menggunakan Metode *Analytic Network Process* (ANP) ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Metode ANP dapat membantu dalam pemilihan alternatif pengelolaan limbah pabrik kelapa sawit PTPN V Sei Tandun Rokan Hulu.
2. Perancangan model ANP dengan menggunakan *software Super Decisions* dapat membantu dalam membuat rancangan matriks perbandingan yang dibutuhkan dalam melakukan penilaian alternatif dengan tingkat akurasi yang tinggi.
3. Kriteria - kriteria dalam pengambilan keputusan berupa elemen *tangible* maupun *intangibile*, analisis BCOR mendekati pada subyektivitas kearah obyektivitas dari pengambil keputusan
4. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan kuisisioner dan dibantu dengan fungsi perhitungan ANP mulai dari pembentukan matriks perbandingan berpasangan, perhitungan rasio konsistensi dan penetapan prioritas untuk menghitung

## DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. (1987). *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional. Surabaya.
- Asep Hendar Rustiawan, et al. (2012). *Sistem Pendukung Keputusan Penyeleksian Calon Siswa Baru Di SMA Negeri 3 Garut*.
- Betty. (1993). *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Haddad Ghamar, et al, (2012). "Assessment of Organization Performance using Combined Approach of Balanced Scorecard and Fuzzy Analytic Network Process (Case Study: A Branch of Iran University of Medical Sciences)". *International Journal of Management Sciences and Business Research*. Vol. 1. Issue 11.2010
- Hidayati Juliza (2012). "Penerapan Analytical Network Process (ANP) pada Sistem Pengukuran Kinerja Kebun Sidamanik Pematang Siantar". *Jurnal J@TI Undip*. Vol. 7 No. 12.
- Mahida.(1984). *Pencemaran air dan pemanfaatan limbah industri*.
- Pudji Astuti, (2011) *Pemilihan Alternatif Pengelolaan Sampah Dengan Metode ANP Dan BOCR di Dinas Kebersihan Propinsi DKI Jakarta*, *Jurnal J@TI Undip*, Vol VI, No 2, hal 87-94
- Riza Agustiansyah, et al. *Penerapan Metode Analytic Network Process (ANP) Untuk Menentukan Prioritas Perbaikan Jalan Di Dinas Pekerjaan Umum Kota Bogor*.
- Saaty, R.W, (2003). "Decision Making in Complex Environments : The Analytic Hierarchy Process (AHP) for Decision Making and The Analytic Network Process (ANP) for Decision Making with Dependence and Feedback", *Super Decisions Software*, Retrieved from <http://www.superdecision.com>.
- Thomas L.Saaty. (1999). *Fundamental Of The Analytic Network Process*.
- Triwulandari S. Dewayana, Ahmad Budi W. (2009). *Pemilihan Pemasok Cooper Rod Menggunakan Metode ANP*.