

## ANALISIS KEPUTUSAN PEMILIHAN ALTERNATIF PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE ANALYTIC NETWORK PROSES (ANP)

<sup>1</sup> Muhammad Robi Ramdani

<sup>1</sup> Universitas Harapan Medan, Fakultas Teknik dan Komputer, Program Studi Teknik Industri

Jl. H. M. Joni No. 70 C

Email:<sup>1</sup> [robbyramdani36@gmail.com](mailto:robbyramdani36@gmail.com)

---

### ABSTRACT

The growth of palm oil production in Indonesia is increasing from year to year. In processing palm oil, not only Crude Palm Oil (CPO) and Palm Kernel Oil (PKO), palm oil mills also produce waste consisting of solid waste, liquid waste, and gas waste. This waste can have a negative impact on the environment. Several wastewater treatment technologies have been implemented in palm oil mills in Indonesia, but there has been no assessment of the best wastewater treatment technology to be applied in palm oil mills so that there is no negative impact on the environment. Therefore, an assessment of wastewater treatment technology at PT. PP London Sumatra Indonesia Tbk, using the ANP method. Determination of criteria and sub-criteria is built based on answers with open and closed questionnaires. The selection of this liquid waste treatment technology is done by providing an assessment based on the criteria and sub-criteria that affect the liquid waste treatment technology so that from these results we get the best alternative in wastewater treatment.

### Keywords:

Assessment, wastewater treatment, Analytic Network Process (ANP)

---

### ABSTRAK

Pertumbuhan produksi kelapa sawit di Indonesia semakin meningkat dari tahun ketahun. Dalam pengolahan kelapa sawit, tidak hanya Crude Palm Oil (CPO) dan Palm Kernel Oil (PKO), pabrik kelapa sawit juga menghasilkan limbah yang terdiri dari limbah padat, limbah cair, dan limbah gas. Limbah ini dapat menyebabkan dampak buruk terhadap lingkungan. Beberapa teknologi pengolahan limbah cair sudah diterapkan di pabrik kelapa sawit di Indonesia, tetapi belum ada penilaian teknologi pengolahan limbah cair terbaik untuk diterapkan di pabrik kelapa sawit agar tidak terjadinya dampak buruk terhadap lingkungan. Oleh karena itu, dilakukannya penilaian teknologi pengolahan limbah cair di PT. PP London Sumatra indonesia Tbk, dengan menggunakan metode ANP. Penentuan kriteria dan subkriteria dibangun berdasarkan jawaban dengan kuesioner terbuka dan tertutup. Pemilihan teknologi pengolahan limbah cair ini dilakukan dengan memberikan penilaian berdasarkan kriteria dan subkriteria yang berpengaruh terhadap teknologi pengolahan limbah cair sehingga dari hasil tersebut didapat alternatif terbaik dalam pengolahan limbah cair.

### Kata Kunci :

Penilaian, pengolahan limbah cair, Analytic Network Proses (ANP)

---

## 1. PENDAHULUAN

Proses pengolahan kelapa sawit menjadi minyak kelapa sawit akan menghasilkan limbah cair dalam jumlah yang cukup besar. Untuk menghasilkan satu ton minyak kelapa sawit dihasilkan dua setengah ton limbah cair pabrik kelapa sawit. Limbah cair tersebut berasal dari proses perebusan, klarifikasi dan hidrosiklon. Pengembangan industri kelapa sawit yang diikuti dengan pembangunan pabrik dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan berupa pencemaran.

Limbah cair pabrik kelapa sawit masih memiliki potensi sebagai pencemaran lingkungan karena berbau, berwarna, mengandung nilai tertentu, serta padatan tersuspensi yang tinggi. Limbah pabrik kelapa sawit mengeluarkan bau yang sangat tajam akibat pembusukan bahan 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. Dalam memilih alternatif banyak kriteria yang harus di pertimbangkan. Oleh karena itu dalam pemilihan alternatif pengelolaan limbah pabrik kelapa sawit ini digunakan alat analisis Analytic Network Process (ANP). Tujuannya adalah untuk mendapat peringkat prioritas dan alternative sebagai acuan dalam mengambil keputusan.

Proses pengolahan kelapa sawit juga menghasilkan limbah cair. Sebagaimana limbah industri pertanian lainnya, limbah cair kelapa sawit pun mempunyai kadar bahan organik yang tinggi. Tingginya bahan organik tersebut mengakibatkan beban pencemaran yang semakin besar, karena diperlukan degradasi bahan organik yang lebih besar. Limbah cair kelapa sawit mengandung padatan melayang dan terlarut maupun emulsi minyak dalam air. Apabila limbah tersebut langsung di buang kesungai maka sebagian akan mengendap, terurai secara perlahan, mengonsumsi oksigen terlarut, menimbulkan kekeruhan, mengeluarkan bau yang sangat tajam dan dapat merusak pembiakan ikan (said, 1996).

Mengingat tingginya potensi pencemaran yang ditimbulkan oleh limbah cair yang tidak dikelola dengan baik maka diperlukan pemahaman dan informasi mengenai pengelolaan limbah cair secara benar. Limbah cair industri kelapa sawit mengandung bahan organik yang tinggi sehingga potensial mencemari air tanah dan badan air (Rusmey, 2009).

Pengolahan limbah industri bertujuan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dilakukan dengan mengurangi jumlah dan kekuatan air limbah industri sebelum dibuang ke perairan penerima limbah, limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) yang dikenal dengan istilah PUME (*Palm oil mill effluent*). mempunyai kandungan bahan organik yang tinggi. Sehingga LCPKS harus diolah atau dimanfaatkan. Untuk pupuk, limbah cair. pabrik kelapa sawit memiliki sejumlah kandungan, hara yang dibutuhkan tanaman, yaitu N,P,K,Ca dan Mg yang berpotensi sebagai sumber hara untuk tanaman.

*Analytic Network Process* atau ANP adalah teori matematis yang memungkinkan seorang pengambil keputusan menghadapi faktor-faktor yang saling berhubungan (*dependence*) serta umpan balik (*feedback*) secara sistematis. (*Analytic Network Proses*) ANP merupakan satu dari metode pengambilan keputusan berdasarkan banyaknya kriteria atau *Multiple Criteria Decision making* (MCDM) yang dikembangkan oleh Thomas L Saaty (April 2004). Metode ini merupakan pendekatan baru metode kualitatif yang merupakan perkembangan lanjutan dari metode terdahulu yakni *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

Industri juga memiliki kontribusi terhadap terjadinya air limbah. Zat berbahaya yang digunakan dalam proses industri dapat lolos dan ini dapat membahayakan sistem air bersih. Walaupun alam memiliki kemampuan yang luar biasa untuk mengatasi jumlah tertentu dari suatu kontaminan, kita tetap dituntut untuk mencari suatu solusi yang dapat mengatasi air limbah yang dihasilkan oleh rumah tangga dan industri (Ravi dkk., 2010).

Pada umumnya penelitian dengan pendekatan kualitatif hanya mendeskripsikan hasil penemuan yang ada dilapangan tanpa melakukan sintesis lebih dalam. Terlebih lagi jika dibandingkan dengan metode AHP, ANP memiliki banyak kelebihan, seperti perbandingan yang dihasilkan lebih objektif, kemampuan prediktif yang lebih akurat, dan hasil yang lebih stabi Wilma

, N. A. (Oktober 2016). (Analytic Network Proses) ANP lebih bersifat general dari AHP yang digunakan pada multi-criteria decision analysis.

## 2. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 2.1. METODE ANALYTIC NETWORK PROSES (ANP)

Pada tahap awal ditentukan zona penyebaran kuesioner berdasarkan beberapa kriteria antara lain: tingkat kejadian diare tinggi, kepadatan penduduk, beban pencemaran dan sumber air bersih yang digunakan masyarakat. Data dari kriteria di atas diperoleh dari Perusahaan di PT. London Sumatra Indonesia Tbk tahun 2020. Kecamatan yang terpilih untuk menjadi zona studi antara lain: Batu lokong, dusun V, Kecamatan Galang, kabupaten Deli Serdang.

Kemudian pengumpulan data primer diperoleh dari penyebaran kuesioner dengan dua tahap penyebaran, kuesioner awal bertujuan untuk mengidentifikasi kriteria dan mengetahui tingkat ketergantungan antar kriteria. Sedangkan kuesioner kedua bertujuan untuk menentukan kriteria dan sub kriteria prioritas, juga mengetahui pemilihan alternatif sistem pengolahan. Responden terdiri atas beberapa stakeholder antara lain masyarakat dalam zona studi, akademisi, institusi pemerintah dan lembaga swadaya masyarakat (LSM) yang memperhatikan lingkungan.

Perhitungan Limbah cair dari pabrik kelapa sawit sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas olah PKS} &= 30 \text{ ton TBS/jam} \\ \text{Pengolahan maksimum/hari} &= 20 \text{ jam} \\ \text{Debit limbah} &= < 0,6 \text{ m}^3 / \text{Ton TBS} \\ \text{Volume air limbah/hari} &= 1 \text{ m}^3 / \text{Ton TBS} \\ &= 20 \text{ jam/hari} \times 30 \text{ ton TBS/jam} \times 0,6 \text{ m}^3 / \text{ton} \\ &= 360 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pada penelitian ini terdapat dua alternatif system pembangunan pengolahan limbah cair domestik yaitu Sistem Komunal dan Sistem Kawasan. Pemilihan sistem yang sesuai untuk diterapkan di Desa Batu Lokong ditinjau dari beberapa kriteria/aspek, antara lain Lingkungan, ekonomii, Teknologi dan Sosial. **Tabel 1** memperlihatkan kriteria dan sub kriteria yang digunakan pada penelitian berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya.

**Tabel 1** Kriteria dan sub kriteria yang digunakan pada penelitian

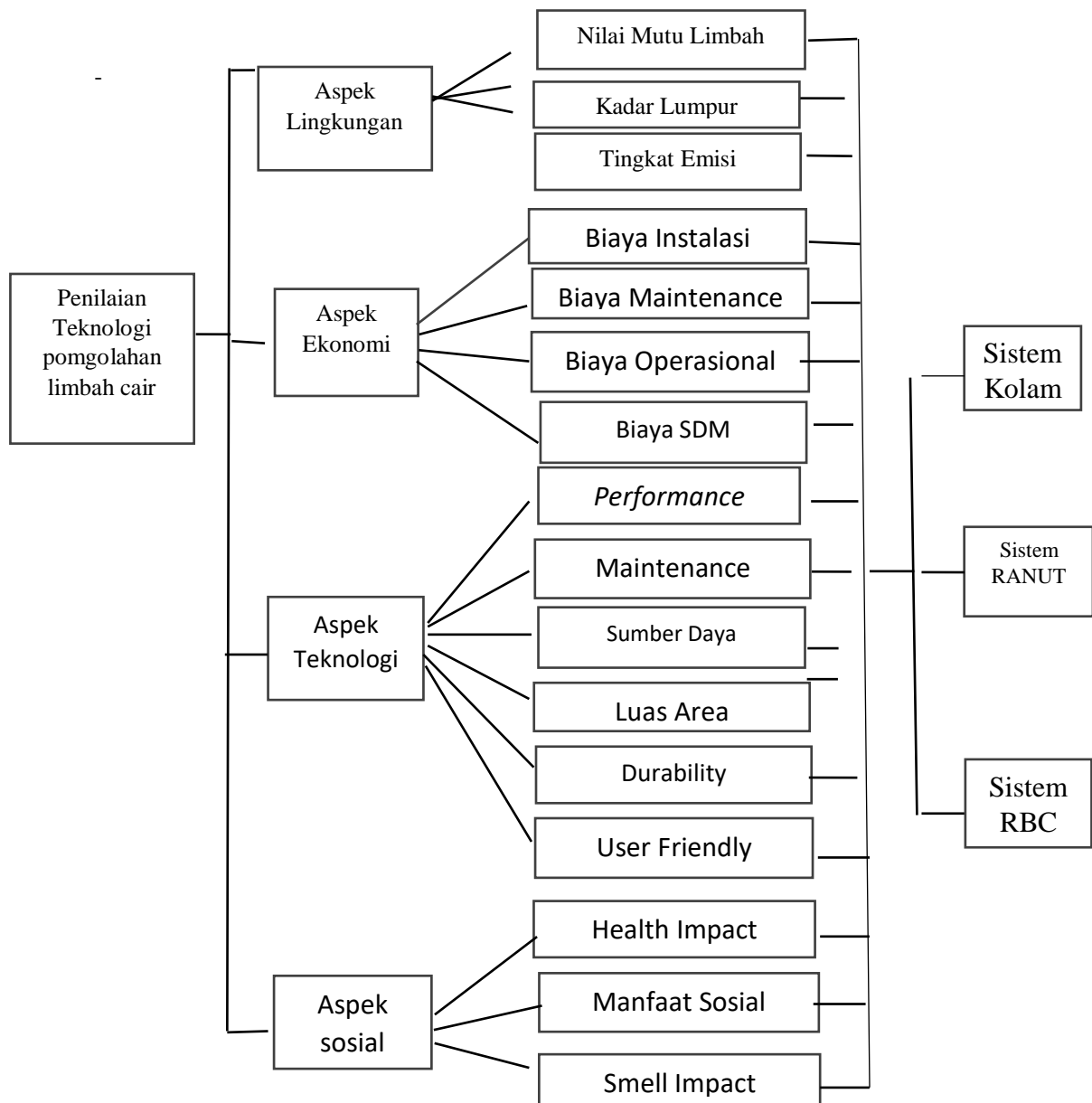
NO	Kriteria	Sub Kriteria	Peneliti
1	Aspek Lingkungan	Nilai Mutu Limbah Kadar Lumpur Tingkat Emisi	Robi, 2020
2	Aspek Ekonomi	Biaya Instalasi Biaya Maintenance Biaya Operasional Biaya Sumber Daya Manusia	Robi, 2020
3	Aspek Teknologi	Performance Maintenance Sumber DayaManusia Luas Area Durability User Friendly	Robi, 2020
4	Aspek Sosial	Health Impact Manfaat Sosial Smell Impact	Robi, 2020

Berdasarkan Hasil, Maka disimpulkan Bahwa pakar setuju terhadap Subkriteria tersebut dapat digunakan untuk menilai teknologi Limbah Cair.

## 2.2 Struktur kriteria Pemilihan Teknologi pengolahan Limbah cair

Sistem pendukung pemilihan, 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 pemilihan, perlu adanya sebuah Struktur sistem yang berguna untuk mendeskripsikan sebuah model atau gambaran yang menggunakan simbol tertentu. Struktur yang digunakan dalam pemilihan teknologi limbah cair di PT. XYZ, dapat di lihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2** Tabel Struktur kriteria dan pemilihan teknologi pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit



Dalam teknologi limbah cair, terdapat tiga alternatif teknologi pengolahan limbah cair, yaitu:

1. Sistem Kolam

Sistem kolam adalah suatu sistem pengolahan limbah cair dengan menggunakan beberapa kolam yang berguna untuk menurunkan nilai mutu seperti BOD, COD, dan pH dalam limbah cair dari hasil proses pengolahan kelapa sawit.

2. Sistem RANUT (Reaktor Anaerobik Unggun Tetap)

Sistem RANUT (Reaktor Anaerobik Unggun Tetap) adalah suatu sistem pengolahan limbah cair dengan menggunakan dua buah reaktor untuk mengurangi nilai mutu limbah pada limbah cair serta dapat memanfaatkan gas metan menjadi biogas.

3. Sistem RBC

Sistem RBC adalah adaptasi dari proses pengolahan air limbah dengan biakan melekat (*attached growth*). Media yang dipakai berupa piring (*disk*) tipis berbentuk bulat yang dipasang berjajar-jajar dalam suatu poros yang terbuat dari baja, selanjutnya diputar di dalam raktor khusus dimana di dalamnya dialirkan air limbah secara kontinya.

Pada teknologi limbah cair ini, terdapat kelebihan dan kekurangan dari masing-masing teknologi pengolahan limbah cair tersebut dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Kelebihan dan kekurangan alternatif

NO	Teknologi pengolahan limbah cair	Kelebihan	Kekurangan
1	Sistem kolam	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biaya investasi murah</li> <li>- Nutrisi terbuang</li> <li>- Biaya pemeliharaan Murah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nutrisi terbuang</li> <li>- Potensi energi yang kurang</li> <li>- Bahaya gas metan</li> <li>- Luas area yang diperlukan banyak</li> <li>- Sulit dalam pengoperasiannya</li> </ul>
2	Sistem Ranut	<ul style="list-style-type: none"> <li>- menghasilkan energy biogas</li> <li>- Tidak ada polusi gas</li> <li>- Luas area yang diperlukan sedikit</li> <li>- Mudah dalam pengoperasiannya</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biaya investasi mahal</li> <li>- Memerlukan perawatan secara rutin</li> </ul>
3	Sistem RCB	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biaya investasi murah</li> <li>- Mudah dalam pengoperasiannya</li> <li>- Mampu menghilangkan amonium</li> <li>- Konsumsi energi Rendah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perlu pengontrolan</li> <li>- Sensitif terhadap perubahan suhu</li> </ul>

### 2.3 Proses Metode *Analytic network proses* (ANP)

kriteria yang terdapat pada kuadran ,yang selanjutnya dibuat model jaringan ANP. Susunan pertanyaan dibuat berdasarkan model jaringan tersebut. Kuesioner lanjutan adalah jenis kuesioner perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) dengan memberikan tingkat kepentingan dengan menggunakan skala 1- 9 pada **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Skala Saaty(Saaty,2008)

Tingkat Kepentingan	Definisi
1	Elemen yang sama pentingnya dibanding dengan elemen yang lain (Equal importance)
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yg lain (weak importance of one over another importance)
5	Elemen yang satu jelas lebih penting daripada elemen lain (Essential or Strong importance)
7	Elemen yang satu sangat jelas lebih penting daripada elemen yg lain (Very strong or Demonstrated importance)
9	Elemen yang satu mutlak lebih penting dari elemen yang lain (Absolute importance)
2, 4, 6, 8	Apabila ragu-ragu antara dua nilai ruang berdekatan (grey area)
Kebalikan	Bila aktivitas i mendapat satu angka terhadap aktivitas j, maka j mempunyai nilai kebalikannya bila dibandingkan dengan i

#### 2.4 Perhitungan rata-rata pembobotan untuk kriteria dan alternatif

Perhitungan dengan menggunakan rata-rata geometrik dari penilaian yang diberikan oleh seluruh Responden yakni sebanyak 5 Responden. Nilai Rata-rata geometrik ini dianggap sebagai hasil penilaian kelompok.

Contoh perhitungngan rata-rata geometrik:

Responden X1: X<sub>1</sub> , Responden X2: X<sub>2</sub> , Responden X3: X<sub>3</sub> , Responden n: X<sub>n</sub>

Maka, G rata-rata Hasil :  $G = \sqrt[n]{X_1 \times X_2 \times X_3 \dots X_n} = \dots$

$$G = \sqrt[5]{3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 2} = 2,7663$$

Hasil perhitungan rata-rata geometrik untuk perhitungan pembobotan berpasangan antar kriteria dapat dilihat pada Tabel 5.13

**Tabel 5.** Perhitungan rata-rata geometrik kriteria

Elemen	Aspek lingkungan	Aspek ekonomi	Aspek Teknologi	Aspek Sosial
Aspek lingkungan	1	2,7663	0,1637	2,6672
Aspek ekonomi	0,3615	1	0,1936	2,5694
Aspek Teknologi	3,9362	4,3596	1	4,2822
Aspek Sosial	0,3749	0,3891	0,1874	1
<b>Jumlah</b>	<b>5,6726</b>	<b>8,5150</b>	<b>1,5447</b>	<b>10,5188</b>

Hasil perhitungan rata-rata geometrik untuk perhitungan pembobotan berpasangan antar sub kriteria dapat dilihat pada **Tabel 6.**

**Tabel 6.** Perhitungan rata-rata geometrik antar sub kriteria Aspek Lingkungan.

Elemen	Nilai Mutu Limbah	Kadar Lumpur	Tingkat Emisi
Nilai Mutu Limbah	1	5,7526	0.2540
Kadar Lumpur	3,7644	1	0.1279
Tingkat Emisi	0,2293	7,8155	1
<b>Jumlah</b>	<b>4,9937</b>	<b>14.5681</b>	<b>1,3819</b>

Hasil perhitungan rata-rata geometrik untuk perhitungan pembobotan berpasangan antar subkriteria aspek ekonomi dapat dilihat pada **Tabel 7.**

**Tabel 7.** Perhitungan rata-rata geometrik antar sub kriteria Aspek ekonomi

Elemen	Biaya Instalasi	Biaya Maintenace	Biaya Oprasional	Biaya SDM
Biaya Instalasi	1	0,1841	4,1391	0,1770
Biaya Maintenace	3,6801	1	2,8252	0.2108
Biaya Oprasional	0,2415	0,2565	1	2,1411
Biaya SDM	3,4997	4,7428	0,2039	1
<b>Jumlah</b>	<b>8,4213</b>	<b>6,1834</b>	<b>7,5950</b>	<b>2,5289</b>

Hasil perhitungan rata-rata geometrik untuk perhitungan pembobotan Berpasangan antar sub kriteria Aspek Teknologi dapat dilihat pada **Tabel 8.**

**Tabel 8.** Perhitungan rata-rata geometrik antar sub kriteria Aspek Teknologi

Elemen	Performance	Maintenace	SDM	Luas Area	Durability	Unser friendly
Performance	1	0,1841	1,8412	1,933	0,2181	4,1391
Maintenace	3,4997	1	0,2416	2,536	6,4233	0,2036
SDM	2,3714	0,2415	1	0,1751	0,1952	2,408
Luas Area	0,2526	0,1738	0,3465	1	0,2375	3,9651
Durability	2,9541	0,1556	4,1122	4,2102	1	5,4310
Unser friendly	0,2415	2,852	0.1813	2,8737	5,4310	1
<b>Jumlah</b>	<b>10,3193</b>	<b>4,607</b>	<b>7,7228</b>	<b>12,728</b>	<b>13,5051</b>	<b>17,1468</b>

Hasil perhitungan rata-rata geometrik untuk perhitungan pembobotan berpasangan antar sub kriteria Aspek Sosial. dapat dilihat pada **Tabel 9.**

**Tabel 9.** Perhitungan rata-rata geometrik antar sub kriteria Aspek Sosial

Elemen	Health Impact	Manfaat sosial	Smell Impact
Health Impact	1	4,9190	3,6296
Manfaat sosial	0,2381	1	2,5508
Smell Impact	0,2755	0,3147	1
<b>Jumlah</b>	<b>1,5136</b>	<b>6,2337</b>	<b>7,1804</b>

Setelah semua nilai bobot untuk setiap Aspek diperoleh maka ditentukan pemilihan alternatif teknologi limbah cair yang memiliki bobot atau persentase paling tinggi. Total bobot dapat dihitung dengan cara menjumlahkan bobot prioritas untuk tiap alternatif sehingga diperoleh nilai total yang menunjukkan bobot tersebut. Hasil perhitungan bobot pemilihan alternatif teknologi limbah cair dapat dilihat pada **Tabel 10**.

**Tabel 10.** Perhitungan Pemilihan Teknologi Pengolahan Limbah Cair

Elemen	Sistem Kolam	Sistem Ranut	Sistem RBC
Sistem Kolam	1	0,2039	0,2211
Sistem Ranut	3,1598	1	3,0049
Sistem RBC	2,6672	0,1554	1
<b>Total</b>	<b>6,827</b>	<b>4,226</b>	<b>4,226</b>

### 3. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Kriteria yang dipilih untuk penilaian teknologi pengolahan limbah cair adalah kriteria aspek ekonomi, aspek lingkungan, aspek teknologi, dan aspek sosial. Sedangkan, subkriteria yang dipilih adalah nilai mutu limbah, kadar lumpur, tingkat emisi, biaya instalasi, biaya maintenance, biaya operasional, biaya Sumber Daya Manusia, performance, maintenance, Sumber Daya Manusia, luas area, durability, user friendly, health impact, manfaat sosial, dan smell impact.
- b. Berdasarkan pengolahan Urutan teknologi limbah cair yang dinilai dari metode ANP ini ,telah terbentuknya sistem pendukung keputusan dalam kriteria penentuan Dengan lima responden.

### 4. DAFTAR PUSTAKA

- Hasan, S. H. (1996). "Pendidikan Ilmu-ilmu Sosial". *Cipta.Rineka*.
- Hastuti, E., I. R. (2011). Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation. *Application of domestic wastewater treatment dusing fixedbed biofilm and membran bioreactor for water reuse in urbanhousing area, vol. 6, 367-376.*
- Kumar, & M.J.R, B. (2010). Performance evaluation of waste water treatment plant. *International Journal of Engineering Science and Technology,, 2(12),, 7785-7796..*
- Mendonça, E. A. (2011). Environmental Management of Wastewater Treatment Plants – the Added Value of the Ecotoxicological Approach.
- Ravi, P.,L. B. Pintodan R.K., Somashekar. (2010). Assessment of the efficiency of sewage treatment plants: a comparative study between nagasandraand mailasandra sewage. *Kathmandu University Journal OfScience, Engineering And Technology, 6(II), 115-125.*
- Rusmey. (2009). Pusat penelitian kelapa sawit .iploma an Agricul tural Production: adelaide University.Brisbane. *Teknologi pengolahan kelapa sawit, Vol. 1, 1-8.*
- Shahmoradi, B, d. (2013). Site selection for wastewater treatment plant using aintegrated fuzzy logic and multicriteria decision model: a case study in Kahak. *Iran. J sAd Environ Health Res, 1, 51-61.*
- Thomas L, S. (April 2004). Analytic Network Proses Multiple Criteria Decision Making (MCDM).
- Wilma , N. A. (Oktober 2016). Pemilhan Alternatif Pengolahan Limbah Cair. *Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, 82-91.*