

**PEMILIHAN LOKASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) KOMUNAL
DENGAN METODE FUZZY TOPSIS
(STUDI KASUS : SENTRA INDUSTRI TAHU DESA WIROGUNAN)**

Anindya Rizky Kefaningrum^{*}, I Wayan Suletra, Eko Liquiddanu

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami No.36A, Jebres, Surakarta 57126.

^{*}Email: arkefa@gmail.com, Email: suletra@staff.uns.ac.id, Email: liquiddanu@gmail.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki hasil pertanian yang potensial berupa kedelai. Salah satu hasil olahan kedelai adalah tahu. Di Kabupaten Sukoharjo, salah satu sentra produksi tahu berada di Desa Wirogunan Kecamatan Kartasura. Berdasarkan kondisi lapangan, pengrajin tahu di Desa Wirogunan belum mengolah limbah cair hasil produksinya. Menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 pasal 8, setiap penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan yang membuang air limbah ke lingkungan wajib melakukan pengolahan air limbah yang dibuang agar memenuhi baku mutu air limbah. Atas dasar permasalahan tersebut, maka diperlukan pembangunan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) komunal untuk menangani air limbah yang mencemari lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah memilih lokasi IPAL komunal terbaik berdasarkan pertimbangan multikriteria. Langkah awal adalah melakukan studi literatur untuk menghimpun kriteria-kriteria, kemudian disesuaikan dengan kondisi lapangan berdasarkan pendapat ahli. Kriteria yang digunakan dalam penelitian ini adalah kriteria teknis, non teknis, dan sosial. Langkah kedua adalah pemilihan lokasi terbaik menjadi menggunakan metode Fuzzy TOPSIS. Hasilnya terpilih satu lokasi pembangunan IPAL komunal terbaik yang dilihat berdasarkan nilai preferensi terbesar. Diharapkan untuk studi ke depan dapat menambahkan beberapa kriteria yang dapat mendukung pemilihan lokasi IPAL komunal terbaik, serta melakukan pengembangan penelitian dengan mengaplikasikan metode lain.

Kata kunci: fuzzy TOPSIS, industri tahu, lokasi IPAL, multikriteria

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki hasil pertanian yang potensial berupa kedelai. Salah satu hasil olahan kedelai adalah tahu. Salah satu hasil olahan kedelai adalah tahu (Badan Standardisasi Nasional, 2012). Tahu bisa dinikmati sebagai lauk maupun camilan. Usaha ini sangat tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Di Kabupaten Sukoharjo, salah satu sentra produksi tahu berada di Desa Wirogunan Kecamatan Kartasura. Selain menghasilkan produk tahu, industri pembuatan tahu juga menghasilkan limbah padat dan cair. Limbah padat biasanya diolah menjadi tempe gembus, kerupuk ampas atau menjadi pakan ternak (Muljani, 2016). Sedangkan limbah cair dapat diolah menjadi biogas (Subekti, 2011). Berdasarkan kondisi lapangan, pengrajin tahu di Desa Wirogunan belum mengolah limbah cair hasil produksinya.

Menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 pasal 8, setiap penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan yang membuang air limbah ke lingkungan wajib melakukan pengolahan air limbah yang dibuang agar memenuhi baku mutu air limbah. Menurut hasil pengujian sampel limbah cair disalah satu produsen tahu Desa Wirogunan, nilai BOD yang dihasilkan sebesar 974,271 mg/l (Qomariyah, 2011). Sedangkan kadar BOD yang diperbolehkan pada air limbah industri berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor : 10 Tahun 2004 tentang baku mutu air limbah industri tahu sebesar 150 mg/l. Atas dasar permasalahan tersebut, maka diperlukan pembangunan IPAL untuk menangani air limbah yang mencemari lingkungan. IPAL Komunal dipilih karena adanya keterbatasan dana bantuan pemerintah maupun dana pribadi pengrajin tahu dalam hal pengadaan IPAL individu.

Tujuan penelitian ini adalah memilih lokasi IPAL komunal terbaik berdasarkan pertimbangan multikriteria. Hasil penelitian diharapkan dapat dijadikan bahan pertimbangan pihak terkait dalam menentukan lokasi pembangunan IPAL komunal. Beberapa kriteria yang dipertimbangkan antara lain kriteria teknis, non teknis dan sosial. Penelitian ini menghasilkan urutan lokasi terbaik untuk pembangunan IPAL Komunal menggunakan metode *fuzzy TOPSIS (Technique For Others Reference by Similarity to Ideal Solution)*. Metode ini dipilih karena

mempertimbangkan jarak terhadap solusi ideal positif dan juga jarak terhadap solusi ideal negatif. Diharapkan hasil penelitian dapat menjadi bahan pertimbangan pihak-pihak terkait dalam pemilihan lokasi pembangunan IPAL Komunal di sentra industri tahu Desa Wirogunan.

2. METODOLOGI

Metodologi penelitian adalah gambaran tahap demi tahap dalam proses penyelesaian masalah. Langkah awal yang dilakukan adalah melakukan studi literatur dan studi lapangan. Studi literatur digunakan untuk menghimpun kriteria-kriteria dalam menentukan lokasi IPAL Komunal berdasar penelitian yang sudah ada sebelumnya. Kriteria hasil studi literatur dapat dilihat pada Tabel 3. Studi lapangan digunakan untuk mengumpulkan data mengenai sentra industri tahu Desa Wirogunan baik data jumlah industri tahu yang ada, proses produksi tahu yang menghasilkan limbah cair maupun data alternatif lokasi.

Kriteria-kriteria yang sudah dihimpun kemudian dikelompokkan menjadi kriteria dan subkriteria. Selanjutnya dibuat kuesioner untuk mengetahui apakah kriteria dan subkriteria yang sudah dihimpun termasuk penting untuk dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi IPAL komunal. Kuesioner menggunakan skala *likert*, dimana jika nilai rata-rata *likert* lebih dari 3,75 maka dianggap penting atau terpilih (Kusniawati,2011). Langkah selanjutnya adalah melakukan pembobotan terhadap kriteria dan subkriteria terpilih. Proses pembobotan dilakukan melalui kuesioner menggunakan skala *likert*. Responden dari kedua kuesioner tersebut adalah ahli (*expert*). Dalam pemilihan lokasi IPAL komunal terbaik, pengambilan keputusan didasarkan pada beberapa kriteria sehingga metode MCDM sesuai untuk diaplikasikan pada penelitian ini.

MCDM adalah metode pengambilan keputusan dengan menetapkan alternatif terbaik dari sejumlah alternatif berdasarkan beberapa kriteria tertentu. Menurut Hwang dan Yoon (1981), MCDM dapat dibagi menjadi dua kategori adalah *Multiple Attribute Decision Making* (MADM) dan *Multiple Objective Decision Making* (MODM), tergantung pada tujuan dan tipe datanya. MADM biasanya digunakan untuk melakukan penilaian atau seleksi terhadap beberapa alternatif dalam jumlah terbatas dengan melakukan perankingan. Sedangkan MODM digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah pada ruang kontinu seperti permasalahan pada pemrograman matematis.

Teknik MCDM yang dikombinasikan dengan teori *fuzzy* dikembangkan untuk mengatasi ambiguitas dan ketidakjelasan. Penelitian ini menggunakan kombinasi teori *fuzzy* dan metode TOPSIS. Menurut Tzeng dan Huang (2011), *Technique For Order Preference by Similarity to Ideal Solution* atau TOPSIS diperkenalkan oleh Hwang dan Yoon untuk menentukan alternatif terbaik berdasarkan konsep alternatif yang dipilih memiliki jarak terdekat dengan solusi ideal positif dan memiliki jarak terjauh dari solusi ideal negatif. Sedangkan menurut Anshori (2012) teori *fuzzy* merupakan logika yang memiliki nilai kekaburan antara dua nilai. Fungsi keanggotaan teori *fuzzy* dinyatakan sebagai (l,m,u) yang biasa dikenal sebagai *triangular fuzzy number* (TFN). Dalam penelitian ini, skala dan fungsi keanggotaan *fuzzy* untuk bobot kriteria dan penilaian alternatif ditampilkan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Skala dan Fungsi Keanggotaan Penilaian Bobot Kriteria

Skala	Fungsi Keanggotaan
1 (Little Important)	(0,0,0.3)
2 (Moderate Important)	(0,0.3,0.5)
3 (Important)	(0.2,0.5,0.8)
4 (Very Important)	(0.5,0.7,1)
5 (Absolutely Important)	(0.7,1,1)

Tabel 2. Skala dan Fungsi Keanggotaan Penilaian Alternatif

Skala	Fungsi Keanggotaan
1 (Very Low)	(0,0,0.2)
2 (Low)	(0,0.2,0.4)
3 (Good)	(0.3,0.5,0.7)
4 (High)	(0.6,0.8,1)
5 (Very High)	(0.8,1,1)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil studi literatur, didapatkan 14 subkriteria yang dikelompokkan ke dalam 3 kriteria. Selanjutnya kriteria disortir berdasarkan pendapat tiga orang ahli melalui kuesioner. Berdasarkan hasil pengolahan data, rata-rata seluruh subkriteria melebihi 3,75 sehingga tidak ada yang dieliminasi. Penilaian tingkat kepentingan kriteria dan subkriteria ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Tingkat Kepentingan Menurut Ahli

Kriteria	Sub Kriteria	Responden			Rataan
		R1	R2	R3	
Teknis (K1)	Jarak lokasi IPAL dari lokasi sumber limbah (SK1)	4	3	5	4,0
	Ketinggian lokasi IPAL (SK2)	4	4	5	4,3
	Jarak lokasi IPAL ke pembuangan (SK3)	4	4	4	4,0
	Resiko Bahaya Banjir (SK4)	4	4	4	4,0
	Jumlah industri tahu yang limbahnya dapat ditampung (SK5)	4	4	4	4,0
	Akses Jalan (SK6)	4	4	4	4,0
	Kemiringan lahan IPAL (SK7)	4	5	5	4,7
Non Teknis (K2)	Tata Guna Lahan (SK8)	4	4	4	4,0
	Legalitas Lahan (SK9)	4	4	5	4,3
Sosial (K3)	Penerimaan Masyarakat (SK10)	4	5	4	4,3
	Komitmen industri tahu berkontribusi dalam biaya perawatan (SK11)	4	4	4	4,0
	Komitmen industri tahu dalam mematuhi SOP penyaluran limbah (SK12)	4	4	4	4,0
	Perizinan Usaha industri tahu (SK13)	4	4	4	4,0
	Jumlah industri tahu yang mendapat manfaat biogas (SK14)	5	5	4	4,7

Selanjutnya dilakukan pengolahan data menggunakan metode *fuzzy* TOPSIS. Prosedur dari metode TOPSIS mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

Langkah 1. Melakukan pembobotan terhadap kriteria dan subkriteria terpilih. Pembobotan didasarkan pada penilaian ahli yang kemudian dikonversi ke dalam aturan *fuzzy* mengacu pada Tabel 1. Hasil pembobotan *fuzzy* ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 4. Bobot Kriteria Menurut Ahli

Kriteria	R1	R2	R3	Sub Kriteria	R1	R2	R3
K1	4	3	5	SK1	3	3	4
				SK2	3	3	5
				SK3	3	4	4
				SK4	3	3	4
				SK5	3	3	4
				SK6	3	3	4
				SK7	3	4	4
K2	4	3	4	SK8	3	5	5
				SK9	3	4	4
K3	4	3	4	SK10	3	4	5
				SK11	3	5	4
				SK12	3	3	4
				SK13	3	4	4
				SK14	3	3	4

Tabel 5. Bobot Fuzzy

BOBOT GLOBAL FUZZY									
K1	SK1	0,14	0,42	0,81	K2	SK8	0,21	0,53	0,87
	SK2	0,17	0,49	0,81		SK9	0,16	0,40	0,87
	SK3	0,19	0,46	0,87		SK10	0,19	0,46	0,87
	SK4	0,14	0,42	0,81	K3	SK11	0,19	0,46	0,87
	SK5	0,14	0,42	0,81		SK12	0,12	0,36	0,81
	SK6	0,14	0,42	0,81		SK13	0,16	0,40	0,87
	SK7	0,19	0,46	0,87		SK14	0,12	0,36	0,81

Langkah 2. Membangun matriks keputusan fuzzy awal. Matriks ini dibangun berdasarkan penilaian ahli terhadap 4 alternatif lokasi .

Tabel 6. Matriks Keputusan Awal

		SK1	SK2	SK3	SK4	SK5	SK6	SK7	SK8	SK9	SK10	SK11	SK12	SK13	SK14
A1	<i>l</i>	0,30	0,80	0,60	0,30	0,80	0,30	0,60	0,80	0,60	0,60	0,80	0,30	0,60	0,80
	<i>m</i>	0,50	1,00	0,80	0,50	1,00	0,50	0,80	1,00	0,80	0,80	1,00	0,50	0,80	1,00
	<i>u</i>	0,70	1,00	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,70	1,00	1,00
A2	<i>l</i>	0,60	0,30	0,80	0,60	0,80	0,60	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,60	0,80	0,80
	<i>m</i>	0,80	0,50	1,00	0,80	1,00	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00
	<i>u</i>	1,00	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
A3	<i>l</i>	0,80	0,30	0,80	0,30	0,60	0,80	0,80	0,30	0,80	0,80	0,60	0,80	0,80	0,30
	<i>m</i>	1,00	0,50	1,00	0,50	0,80	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	0,50
	<i>u</i>	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	1,00	1,00	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,70
A4	<i>l</i>	0,80	0,60	0,80	0,60	0,80	0,30	0,30	0,60	0,80	0,30	0,80	0,30	0,30	0,60
	<i>m</i>	1,00	0,80	1,00	0,80	1,00	0,50	0,50	0,80	1,00	0,50	1,00	0,50	0,50	0,80
	<i>u</i>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,70	0,70	1,00	1,00	0,70	1,00	0,70	0,70	1,00

Langkah 3. Menormalisasi matriks keputusan fuzzy awal.

Tabel 7. Matriks Keputusan Ternormalisasi

		SK1	SK2	SK3	SK4	SK5	SK6	SK7	SK8	SK9	SK10	SK11	SK12	SK13	SK14
A1	<i>l</i>	0,30	0,80	0,60	0,30	0,80	0,30	0,60	0,80	0,60	0,60	0,80	0,30	0,60	0,80
	<i>m</i>	0,50	1,00	0,80	0,50	1,00	0,50	0,80	1,00	0,80	0,80	1,00	0,50	0,80	1,00
	<i>u</i>	0,70	1,00	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,70	1,00	1,00
A2	<i>l</i>	0,60	0,30	0,80	0,60	0,80	0,60	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,60	0,80	0,80
	<i>m</i>	0,80	0,50	1,00	0,80	1,00	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00
	<i>u</i>	1,00	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
A3	<i>l</i>	0,80	0,30	0,80	0,30	0,60	0,80	0,80	0,30	0,80	0,80	0,60	0,80	0,80	0,30
	<i>m</i>	1,00	0,50	1,00	0,50	0,80	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	0,50
	<i>u</i>	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	1,00	1,00	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,70
A4	<i>l</i>	0,80	0,60	0,80	0,60	0,80	0,30	0,30	0,60	0,80	0,30	0,80	0,30	0,30	0,60
	<i>m</i>	1,00	0,80	1,00	0,80	1,00	0,50	0,50	0,80	1,00	0,50	1,00	0,50	0,50	0,80
	<i>u</i>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,70	0,70	1,00	1,00	0,70	1,00	0,70	0,70	1,00

Langkah 4. Membangun matriks keputusan fuzzy ternormalisasi terbobot. Matriks ini dibentuk dengan cara mengalikan matriks keputusan ternormalisasi dengan bobot yang telah didapat.

Tabel 8. Matriks Keputusan Ternormalisasi Terbobot

		SK1	SK2	SK3	SK4	SK5	SK6	SK7	SK8	SK9	SK10	SK11	SK12	SK13	SK14
A1	<i>l</i>	0,04	0,14	0,11	0,04	0,11	0,04	0,11	0,17	0,10	0,11	0,15	0,04	0,10	0,10
	<i>m</i>	0,21	0,49	0,37	0,21	0,42	0,21	0,37	0,53	0,32	0,37	0,46	0,18	0,32	0,36
	<i>u</i>	0,57	0,81	0,87	0,57	0,81	0,57	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,57	0,87	0,81
A2	<i>l</i>	0,08	0,05	0,15	0,08	0,11	0,08	0,15	0,17	0,13	0,15	0,15	0,07	0,13	0,10
	<i>m</i>	0,33	0,24	0,46	0,33	0,42	0,33	0,46	0,53	0,40	0,46	0,46	0,29	0,40	0,36
	<i>u</i>	0,81	0,57	0,87	0,81	0,81	0,81	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,81	0,87	0,81
A3	<i>l</i>	0,11	0,05	0,15	0,04	0,08	0,11	0,15	0,06	0,13	0,15	0,11	0,10	0,13	0,04
	<i>m</i>	0,42	0,24	0,46	0,21	0,33	0,42	0,46	0,26	0,40	0,46	0,37	0,36	0,40	0,18
	<i>u</i>	0,81	0,57	0,87	0,57	0,81	0,81	0,87	0,61	0,87	0,87	0,87	0,81	0,87	0,57
A4	<i>l</i>	0,11	0,10	0,15	0,08	0,11	0,04	0,06	0,13	0,13	0,06	0,15	0,04	0,05	0,07
	<i>m</i>	0,42	0,39	0,46	0,33	0,42	0,21	0,23	0,42	0,40	0,23	0,46	0,18	0,20	0,29
	<i>u</i>	0,81	0,81	0,87	0,81	0,81	0,57	0,61	0,87	0,87	0,61	0,87	0,57	0,61	0,81

Langkah 5. Menghitung nilai *fuzzy* solusi ideal positif dan negatif. Nilai ini dihitung dengan cara mencari nilai maksimal dan minimal tiap subkriteria.

Tabel 9. Nilai Fuzzy Solusi Ideal Positif Dan Negatif

Sub	Ideal Positif			Ideal Negatif			Sub	Ideal Positif			Ideal Negatif		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>		<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
SK1	0,11	0,42	0,81	0,08	0,33	0,81	SK8	0,17	0,53	0,87	0,06	0,26	0,61
SK2	0,14	0,49	0,81	0,05	0,24	0,57	SK9	0,13	0,40	0,87	0,13	0,40	0,87
SK3	0,15	0,46	0,87	0,15	0,46	0,87	SK10	0,15	0,46	0,87	0,06	0,23	0,61
SK4	0,08	0,33	0,81	0,04	0,21	0,57	SK11	0,15	0,46	0,87	0,11	0,37	0,87
SK5	0,11	0,42	0,81	0,08	0,33	0,81	SK12	0,10	0,36	0,81	0,04	0,18	0,57
SK6	0,11	0,42	0,81	0,04	0,21	0,57	SK13	0,13	0,40	0,87	0,05	0,20	0,61
SK7	0,15	0,46	0,87	0,06	0,23	0,61	SK14	0,10	0,36	0,81	0,04	0,18	0,57

Langkah 6. Menghitung jarak nilai tiap alternatif dari nilai *fuzzy* solusi ideal positif dan nilai *fuzzy* solusi ideal negatif. Hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Jarak dari Nilai Fuzzy Solusi Ideal Positif Dan Negatif serta Nilai Preferensi

	A1	A2	A3	A4
d-	0,21	0,18	0,27	0,13
d+	0,07	0,05	0,02	0,09
Cci	0,76	0,80	0,93	0,59

Langkah 7. Menghitung nilai preferensi tiap alternatif. Hasil nilai preferensi ditampilkan pada tabel 11 (nilai *Cci*). Berdasarkan nilai tersebut, dapat dipilih alternatif terbaik dengan memilih nilai terbesar. Berdasarkan perhitungan, alternatif terbaik adalah alternatif 3 dengan nilai 0,93.

4. KESIMPULAN

Kriteria yang digunakan dalam pemilihan lokasi IPAL komunal tahu adalah kriteria teknis, kriteria non teknis dan kriteria sosial. Kriteria teknis terdiri dari 7 subkriteria, kriteria non teknis terdiri dari 2 subkriteria dan kriteria sosial terdiri dari 5 subkriteria. Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan maka alternatif terpilih adalah alternatif 3 (A3) dengan nilai preferensi 0,919.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, (2012), *Tempe : Persembahan Indonesia untuk Dunia*, Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Guo, S., dan Zhao, H., (2015), *Optimal Site Selection of Electric Vehicle Charging Station by Using Fuzzy TOPSIS Based On Sustainability Perspective*, *Applied Energy* pp. 390-402.
- Hwang, C.L., dan Yoon, K., (1981), *Multiple attribute decision making: Methods and applications*, Heidelberg: Springer.
- Kusniawati, (2011), *Analisis Faktor Yang Berkontribusi Terhadap Selfcare Diabetes Pada Klien Diabetes Melitus Tipe 2 Di Rumah Sakit Umum Tangerang*, Thesis, Universitas Indonesia.
- Muljani, Tri, (2016), *Analisis Pemasaran Tahu Di Kecamatan Kartasura Kabupaten Sukoharjo*, Tesis, Universitas Sebelas Maret.
- Qomariyah, J., (2011), *Penurunan Kadar Biological Oxygen Demand (BOD) Limbah Cair Tahu dengan Menggunakan Effective Microorganisms-4 (EM-4) di Industri Tahu Desa Wirogunan Kartasura Sukoharjo*, Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Subekti, Sri, (2011), *Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas Sebagai Bahan Bakar Alternatif*, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-2 Tahun 2011 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang* ISBN. 978-602-99334-0-6
- Tzeng, G.H., dan Huang, J.J., (2011), *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, CRC Press.