

# Identifikasi: Kriteria untuk Menilai Teknologi Pengolahan Air Limbah

Aulia Ishak<sup>1</sup>, Asfriyati<sup>2</sup>, Susi Diriyanti Novalin<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara. Medan, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Biostatistik, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sumatera Utara. Medan, Indonesia

<sup>3</sup>Akademi Teknik Keselamatan Penerbangan (ATKP) Medan, Indonesia

**Abstract.**AHP is a structured tool for modeling existing decisions. It consists of the overall goal, a collection of options or alternatives to achieve the goal, and a set of factors or criteria that link alternatives to the goal. The next criteria can be broken down into sub-criteria and so on, at the required level. The criteria for evaluating water treatment technology are determined through an extensive literature review. Literature is a journal published on a topic. The purpose of this paper is to assess the criteria that can be used to assess wastewater treatment technologies.

Keyword: Criteria, AHP, Delphi Method, Wastewater Treatment Technology

**Abstrak.** Hirarki AHP adalah sarana terstruktur untuk memodelkan keputusan yang ada. Ini terdiri dari tujuan keseluruhan, sekelompok opsi atau alternatif untuk mencapai tujuan, dan sekelompok faktor atau kriteria yang menghubungkan alternatif dengan tujuan. Kriteria selanjutnya dapat dipecah menjadi subkriteria dan sebagainya, dalam level sebanyak yang diperlukan masalah. Kriteria untuk penilaian teknologi pengolahan air limbah ditentukan melalui review literatur yang luas. Literatur adalah jurnal yang diterbitkan tentang suatu topik. Tujuan dari makalah ini adalah untuk mengetahui kriteria yang dapat digunakan untuk penilaian teknologi pengolahan air limbah..

Keyword: Kriteria, AHP, Metode Delphi, Teknologi Pengolahan Air Limbah

Received 22 April 2020 | Revised 2 Mei 2020 | Accepted 9 Mei 2020

## 1. Pendahuluan

Proses hierarki analitik atau Analytical Hierarchy Process (AHP) merupakan suatu analisis yang boleh dipakai dalam pengambilan keputusan untuk memahami kondisi suatu sistem dan membantu melakukan prediksi dalam pengambilan keputusan. AHP merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk berbagai macam masalah pengambilan keputusan, termasuk yang terkait alam sekitar Metode ini boleh digunakan dalam memodelkan permasalahan dan pendapat-pendapat, dimana permasalahan yang ada telah dinyatakan secara jelas, dievaluasi,

\*Corresponding author at: Jalan Dr. T. Mansur No.9, Padang Bulan, Medan,20222, Indonesia

diperbincangkan dan diprioritaskan untuk dikaji. Metode ini sebagai teknik terstruktur namun fleksibel untuk membuat keputusan dalam konteks multikriteria. Alternatif terbaik dipilih dari himpunan alternatif dengan mempertimbangkan penilaian pengambil keputusan 'pada perbandingan berpasangan alternatif untuk setiap kriteria. [1,2].

Metode AHP didasarkan pada tiga prinsip berpikir analitis: (a) membangun hirarki, (b) menetapkan prioritas, dan (c) pengujian untuk konsistensi logis [3]. Dalam alam sekitar manufaktur, AHP telah banyak diterapkan di proses pemilihan, pemilihan supplier, dan konfigurasi sistem manufaktur [4]. Dalam model AHP klasik, prosedur pemilihan terdiri dari 4 langkah: (1) mengembangkan struktur hirarki dengan tujuan, atribut dan alternatif, (2) menentukan kepentingan relatif dari atribut yang berbeda sehubungan dengan tujuan, (3) membandingkan alternatif berpasangan untuk setiap atribut, dan (4) memperoleh nilai prestasi keseluruhan untuk alternatif [5].

Dalam beberapa studi dikembangkan model AHP untuk mereka bentuk alternatif dan memilih alternatif yang paling sesuai pada waktu yang sama [6] atau alternatif yang diusulkan oleh AHP akan mengukur manfaat dalam model real time [7]. Kendala praktis serius menantang metode AHP klasik adalah masalah informasi yang tidak lengkap dan tidak jelas di sebagian besar situasi Pengambilan keputusan multi kriteria [8]. Popularitas metode AHP juga dikonfirmasi pada review [9] yang meneliti 33 artikel jurnal tentang penggunaan MCDA dalam evaluasi dan pemilihan pemasok yang tepat dengan menggunakan kriteria hijau.

Secara umum, tujuan utama diletakkan pada hierarki atas sementara alternatif keputusan berada di bawah. Antara level atas dan bawah berada atribut yang relevan dari masalah keputusan seperti kriteria seleksi dan tujuan. Selanjutnya, bobot relatif untuk masing-masing item di level yang sesuai ditugaskan. Setiap kriteria memiliki prioritas lokal (langsung) dan global. Jumlah semua kriteria di bawah kriteria utama yang diberikan di setiap lapisan model harus sama dengan satu. Prioritas global menunjukkan alternatif kepentingan relatif dalam model keseluruhan. Setelah faktor kriteria diidentifikasi, mencetak gol dari setiap tingkat sehubungan dengan induknya dilakukan dengan menggunakan secara relasional relatif dengan membandingkan satu pilihan yang lain. Skor relatif untuk setiap pilihan dihitung dalam setiap helai hierarki. Skor kemudian disintesis melalui model, menghasilkan skor komposit untuk setiap pilihan di setiap lapisan, serta skor keseluruhan. [10]

Ketika membuat keputusan kompleks yang melibatkan banyak kriteria, langkah pertama adalah menguraikan tujuan utama menjadi sub-sasaran konstituennya atau kadang-kadang disebut tujuan, berkembang dari yang umum ke yang spesifik. Dalam bentuknya yang paling sederhana, struktur ini terdiri dari tujuan, kriteria atau tujuan dan tingkat alternatif. Setiap set kriteria kemudian akan dibagi lagi menjadi tingkat detail yang sesuai, mengakui bahwa semakin banyak kriteria yang dimasukkan, semakin tidak penting setiap kriteria individu. [11].

Banyak peneliti memberikan gambaran tentang pembuangan dan pengolahan air limbah seperti. Mereka menjelaskan bahwa pengolahan air limbah adalah proses untuk mengubah air limbah, yang merupakan air yang tidak diperlukan atau cocok untuk penggunaannya yang terbaru, menjadi limbah cair yang dapat dikembalikan ke siklus air dengan masalah lingkungan minimal atau digunakan kembali. Itu berasal dari rumah, bisnis, sekolah, rumah sakit dan industri, dan pada akhirnya dibuang kembali ke lingkungan. Sementara banyak industri mengolah air limbah di lokasi, bukan hal yang aneh bagi publik di kota industri untuk mengolah air limbah yang terdiri dari hingga 40% air limbah industri. Air limbah yang tidak diolah umumnya mengandung bahan organik tingkat tinggi, sejumlah mikroorganisme patogen, serta nutrisi dan senyawa beracun. Dengan demikian hal itu memerlukan bahaya lingkungan dan kesehatan dan, akibatnya, harus segera diangkut jauh dari sumber pembangkitannya dan diperlakukan dengan tepat sebelum pembuangan akhir. Tujuan akhir dari pengolahan air limbah adalah perlindungan lingkungan dengan cara yang sepadan dengan kesehatan masyarakat dan masalah sosial ekonomi, (Celia M., et al.2009). Pentingnya pengolahan air limbah meningkat dengan meningkatnya kesadaran layanan kesehatan penduduk dan penghindaran pencemaran lingkungan. Selain itu, pengolahan air limbah menjadi sangat penting untuk memulihkan air untuk konsumsi lebih lanjut, termasuk keperluan pertanian terutama ketika ada peningkatan konsumsi air dengan sumber air yang terbatas. Masalahnya menjadi lebih buruk ketika permintaan air melebihi pasokan. [12].

Selain mencegah pencemaran lingkungan, salah satu tujuan pengolahan air limbah adalah memulihkan air untuk konsumsi lebih lanjut, termasuk keperluan pertanian. Secara virtual, sepertiga populasi dunia tinggal di wilayah dengan tekanan air yang tidak teratur. Situasi ini mungkin lebih serius masa depan. Pertumbuhan populasi perkotaan, meningkatnya tingkat kesehatan, dan kesadaran publik telah menyebabkan pembangunan banyak pabrik pengolahan air limbah dalam beberapa tahun terakhir. [13].

## **2. Metodologi**

Makalah ini membahas topik yang paling umum dalam mengidentifikasi kriteria untuk penilaian teknologi, dengan meninjau literatur yang telah diterbitkan secara sistematis.

### **2.1. Pendekatan dan tahapan penelitian**

Dalam tulisan ini, pendekatan ini mencakup empat proses dalam melakukan review literatur sistematis seperti yang ditunjukkan di bawah ini:

- a. Sebuah. Review perencanaan: buat tujuan dan sasaran penelitian, kembangkan protokol penelitian.
- b. Melakukan review: mengatur kriteria yang relevan, mencari dan mengambil paper, pemilihan paper, penilaian kualitas untuk studi yang relevan, output data.

- c. Review dokumen: Melaporkan literatur review sistematis serta hasil review terperinci dan menerbitkan ulasan.

## 2.2. Kriteria

Jurnal untuk artikel penelitian dilakukan melalui jurnal akademik yang diterbitkan dalam database jurnal terkemuka. Basis data meliputi Elsevier, Taylor dan Francis, Emerald Insight, Springer, dan Inderscience. Review harus dibuat untuk artikel yang menampilkan kriteria untuk penilaian teknologi. Artikel penelitian yang berkaitan dengan kriteria untuk penilaian teknologi didefinisikan sebagai kriteria penelitian. Berdasarkan pencarian, ditemukan bahwa sebagian besar artikel yang menggambarkan kriteria diterbitkan sejak 2011.

## 2.3. Pemilihan paper

Literatur pencarian berasal dari basis data akademik termasuk Elsevier, Taylor dan Francis, Emerald Insight, Springer, Inderscience, dll. Pencarian string digunakan sebagai berikut AHP, pengambilan keputusan, hierarki, kriteria, pengolahan air limbah, teknologi, dll. Pencarian literatur adalah hanya dalam bahasa Inggris. Seleksi dilakukan dalam dua tahap, dengan langkah pertama adalah memilih jurnal dengan melihat isi abstrak jurnal. Tahap kedua membaca jurnal secara keseluruhan.

Setelah pemilihan jurnal, jurnal memperoleh 6 jurnal dari 30 jurnal AHP sesuai dengan kriteria. Kami meninjau jurnal yang diterbitkan tidak hanya di satu negara tetapi beberapa negara seperti Turki, Italia, India, Taiwan, Cina, Arab, Indonesia.

## 2.4. Output data

Jurnal yang telah dipilih sebanyak 30 jurnal akan dibaca kembali untuk memfokuskan identifikasi kriteria, dan mendirikan 6 jurnal studi kasus. Informasi tentang 6 jurnal dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Kriteria Berdasarkan Jurnal yang Dipilih

Id	Kriteria	Referensi	Tahun
[11]	Aspek Ekonomi	Marta Bottero, et al.	2011
[11]	Aspek Teknologi	Marta Bottero, et al.	2011
[11]	Aspek Lingkungan	Marta Bottero, et al.	2011

Tabel 2. Sub-Kriteria Berdasarkan 6 Jurnal Terpilih

<b>Id</b>	<b>Criteria</b>	<b>Sub-Criteria</b>	<b>Reference</b>	<b>Year</b>
[11]	Ekonomi	Investment cost	Marta Bottero, et al.	2011
[11]	Ekonomi	Operating cost	Marta Bottero, et al.	2011
[11]	Ekonomi	Public funding	Marta Bottero, et al.	2011
[11]	Ekonomi	Improvement aspects	Marta Bottero, et al.	2011
[11]	Ekonomi	Energy saving	Marta Bottero, et al.	2011
[11]	Ekonomi	Maintenance cost	Marta Bottero, et al.	2011
[11]	Ekonomi	Staff cost	Marta Bottero, et al.	2011
[14]	Ekonomi	Investment cost	Maria Molinos, et al.	2015
[14]	Ekonomi	Operating and maintenance cost	Maria Molinos, et al.	2015
[15]	Ekonomi	Capital and construction cost	Micky A. babalola	2015
[15]	Ekonomi	Operating and maintenance cost	Micky A. babalola	2015
[15]	Ekonomi	Financial Planning	Micky A. babalola	2015
[15]	Ekonomi	Employment and Job Creation	Micky A. babalola	2015
[15]	Ekonomi	Waste Volume and Composition	Micky A. babalola	2015
[15]	Ekonomi	Resource Recovery	Micky A. babalola	2015
[16]	Ekonomi	Investment cost	Dyah Wulandari, et al.	2016
[16]	Ekonomi	O&M cost	Dyah Wulandari, et al.	2016
[16]	Ekonomi	Local development	Dyah Wulandari, et al.	2016
[11]	Teknologi	Performance	Marta Bottero, et al.	2011
[11]	Teknologi	System complecity	Marta Bottero, et al.	2011
[11]	Teknologi	Management activities	Marta Bottero, et al.	2011
[11]	Teknologi	Maintenance	Marta Bottero, et al.	2011
[11]	Teknologi	Staff	Marta Bottero, et al.	2011
[15]	Teknologi	Possibility and robustances	Micky A. babalola	2015
[15]	Teknologi	Local laor working experience	Micky A. babalola	2015
[15]	Teknologi	Adaptability to existing systems	Micky A. babalola	2015
[15]	Teknologi	Handling Capacity and Continuous Process (materials)	Micky A. babalola	2015
[15]	Teknologi	Prospective future improvement	Micky A. babalola	2015
[16]	Teknologi	System endurance	Dyah Wulandari, et al.	2016
[16]	Teknologi	Operational easiness	Dyah Wulandari, et al.	2016
[16]	Teknologi	Maintenance easiness	Dyah Wulandari, et al.	2016
[16]	Teknologi	Construction easiness	Dyah Wulandari, et al.	2016
[16]	Teknologi	Availability of sparepart	Dyah Wulandari, et al.	2016
[16]	Teknologi	Adaptability	Dyah Wulandari, et al.	2016
[11]	Lingkungan	Use of natural resources	Marta Bottero, et al.	2011
[11]	Lingkungan	Noise	Marta Bottero, et al.	2011
[11]	Lingkungan	Public opinion	Marta Bottero, et al.	2011
[11]	Lingkungan	Visual impact	Marta Bottero, et al.	2011
[11]	Lingkungan	Smell impact	Marta Bottero, et al.	2011
[12]	Lingkungan	Quantity of waste generation	Ibrhaim M. Mahdi	2018
[12]	Lingkungan	Contructability	Ibrhaim M. Mahdi	2018

[12]	Lingkungan	Climatic condition and terrain	Ibrhaim M. Mahdi	2018
------	------------	--------------------------------	------------------	------

Tabel 2. Sub-Kriteria Berdasarkan 6 Jurnal Terpilih

<b>Id</b>	<b>Criteria</b>	<b>Sub-Criteria</b>	<b>Reference</b>	<b>Year</b>
[12]	Lingkungan	Land availability	Ibrhaim M. Mahdi	2018
[12]	Lingkungan	Characteristics of waste	Ibrhaim M. Mahdi	2018
[12]	Lingkungan	Capital investment	Ibrhaim M. Mahdi	2018
[12]	Lingkungan	Prevailing lingkungan conditions	Ibrhaim M. Mahdi	2018
[17]	Lingkungan	Emission	Asis Sarkar	2013
[17]	Lingkungan	Efficiency	Asis Sarkar	2013
[17]	Lingkungan	Capital cost	Asis Sarkar	2013
[17]	Lingkungan	O&M cost	Asis Sarkar	2013
[17]	Lingkungan	Electricity cost	Asis Sarkar	2013
[17]	Lingkungan	Service life	Asis Sarkar	2013
[14]	Lingkungan	Organis matter and suspended solids	Maria Molinos, et al.	2015
[14]	Lingkungan	Carbon footprint	Maria Molinos, et al.	2015
[14]	Lingkungan	Sewage sludge	Maria Molinos, et al.	2015
[14]	Lingkungan	Potential for water reuse	Maria Molinos, et al.	2015
[14]	Lingkungan	Potential to recover products	Maria Molinos, et al.	2015
[14]	Lingkungan	Reliability	Maria Molinos, et al.	2015
[15]	Lingkungan	Air and water pollution	Micky A. babalola	2015
[15]	Lingkungan	Exposure to pathogens	Micky A. babalola	2015
[15]	Lingkungan	Land use, requirement, and contamination	Micky A. babalola	2015
[15]	Lingkungan	Material recovery	Micky A. babalola	2015
[15]	Lingkungan	Waste coverage and elimination	Micky A. babalola	2015
[15]	Lingkungan	Net energy recovery	Micky A. babalola	2015
[15]	Lingkungan	Disamneity	Micky A. babalola	2015
[16]	Lingkungan	Not polluting the water body	Dyah Wulandari, et al.	2016
[16]	Lingkungan	Efficiency of raw materials	Dyah Wulandari, et al.	2016
[16]	Lingkungan	Minimalization of wastewater	Dyah Wulandari, et al.	2016

## 2.5. Metode Delphi

Kaedah Delphi digunakan dan dipopulerkan pada permulaan tahun 1960-an oleh syarikat RAND, di Amerika Serikat. Kaedah Delphi merupakan suatu kaedah yang dilakukan dengan membentuk suatu kumpulan atau komunikasi berkumpulan yang terdiri dari para ahli untuk membahar sesuatu permasalahan. Kaedah Delphi telah digunakan secara meluas dalam kerja-kerja sosial, ekologi dan ekonomi dan pada umumnya melibatkan para ahli yang memiliki keahlian di bidang permasalahan yang sedang dibahas.

Metode Delphi adalah metode yang sistematik dan interaktif, yang bergantung kepada pendapat

dan pandangan panel pakar bebas. Metode delphi berdasarkan kepada prinsip bahawa ramalan dari kumpulan pakar berstruktur adalah lebih tepat daripada kumpulan yang tidak berstruktur atau secara individu [18]. Pakar-pakar dipilih dengan teliti akan menjawab kuesioner untuk pemilihan kriteria untuk menilai teknologi pengolahan air limbah dalam beberapa putaran. Setelah setiap putaran, pilihan dari pakar disediakan untuk pertimbangan. Umumnya para ahli yang dilibatkan merupakan para ahli yang memiliki keahlian di bidang permasalahan yang

sedang dibahas. Para ahli yang ada tidak saling mengetahui siapa saja yang terlibat di dalamnya sampai nantinya dipertemukan pada tahap akhir dari pelaksanaan metode *Delphi* ini [19, 20].

Tabel 3. Kriteria Berdasarkan Metode Delphi

Id	Criteria	Sub-Criteria	Reference	Year
[3]	Ekonomi	Investment cost	Marta Bottero, et al.	2011
[3]	Ekonomi	Operating cost	Marta Bottero, et al.	2011
[3]	Ekonomi	Maintenance cost	Marta Bottero, et al.	2011
[3]	Ekonomi	Staff cost	Marta Bottero, et al.	2011
[3]	Teknologi	Performance	Marta Bottero, et al.	2011
[3]	Teknologi	Maintenance	Marta Bottero, et al.	2011
[3]	Teknologi	Staff	Marta Bottero, et al.	2011
[7]	Teknologi	Material recovery	Micky A. babalola	2015
Id	Criteria	Sub-Criteria	Reference	Year
[7]	Teknologi	Prospective future improvement	Micky A. babalola	2015
[7]	Teknologi	Local labor working experience	Micky A. babalola	2015
[9]	Lingkungan	Emission	Asis Sarkar	2013
[6]	Lingkungan	Sewage sludge	Maria Molinos, et al.	2015
[4]	Lingkungan	Land availability	Ibrhaim M. Mahdi	2018

### 3. Hasil

Setelah penelitian ke dalam kriteria untuk penilaian jurnal teknologi dikumpulkan, kriteria telah ditemukan. Bagian ini akan menyajikan kriteria yang paling umum berdasarkan jurnal yang dikumpulkan. Literatur kepada pemilihan dan penilaian teknologi pengolahan air limbah industri membolehkan untuk memilih dan menilai dari sisi lingkungan, ekonomi, teknologi dan sosial. Kriteria sesuai dipilih daripada banyak penulis dalam usaha untuk mengembangkan metodologi penilaian dan pemilihan. Kriteria yang dipilih akan digunakan untuk mewujudkan penilaian dan pemilihan teknologi pengolahan air limbah industri..

Dari review literatur yang sudah dikumpulkan dan ketersediaan data lengkap dari pengumpulan data kualitatif dan kuantitatif, Teknologi yang hanya bersesuaian di gunakan di Indonesia saja yaitu Teknologi untuk pengolahan air limbah.

#### 4. Referensi

1. Saaty, T.L. *The Analytical Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, 1980.
2. Saaty, T.L. (2006). Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network processes. *European Journal Operation Research*. 168, 557-570.
3. Subramoniam, R., Huisingh, D., Chinnam, R.B., Subramoniam, S. (2013). Remanufacturing decision-making framework (RDMF): research validation using the analytical hierarchical process. *J. Clean. Prod.* 40, 212-220.
4. Manassero, G., Semeraro, Q., Tolio, T. (2004). A new method to cope with decision makers' uncertainty in the equipment selection process. *CIRP Ann. Manuf. Technol.* 53, 389-392.
5. Rao, V. (2007). *Decision Making in the Manufacturing Environment: Using Graph Theory and Fuzzy Multiple Attribute Decision making Methods*. Springer, London, UK.
6. Li, T.-S., Huang, H.-H., 2009. Applying TRIZ and fuzzy AHP to develop innovative design for automated manufacturing systems. *Expert Syst. Appl.* 36, 8302-8313.
7. Ayag, Z. (2007). A hybrid approach to machine-tool selection through AHP and simulation. *Int. J. Prod. Res.* 45, 2029-2050.
8. Kahraman, C., 2008. Multi-criteria decision making methods and fuzzy sets. In: Kahraman, C. (Ed.), *Fuzzy Multi-Criteria Decision-making: Theory and Applications with Recent Developments*. Springer, New York, USA, pp.1-18.
9. Jin, J. & Wei, Y.M. (2008). *Generalized intelligent assessment methods for complex systems and applications*. Beijing: Science Press
10. Dalaah, Doraid, Faris Al-Oqila, and Mohammed Hayajneh 2010 *Application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) in MultiCriteria Analysis of the Selection of Cranes* (Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering) p 568-69.
11. Marta, Bottero, Elena Comino, and Vincenzo Riggio 2011, *Application of the Analytic Hierarchy Process and the Analytic Network Process for the assessment of different wastewater treatment systems* (Elsevier) p 1211.
12. Ibrahim M. Mahdi, 2018, *Decision Support System for Proper Selection of Wastewater Treatment Plants Using Analytic Hierarchy Process (AHP)* (American Journal of Engineering Research) p 207.
13. Zelnab Mansouri, et. al, 2013, *Wastewater treatment plant site selection using AHP and GIS: a case study in Falavarjan, Esfahan* (JGeope) p 63.
14. Maria Molinos, Trinidad Gomez, R. Caballero, F.H. Sancho, and R.S. Garrido 2015, *Assessment of wastewater treatment alternatives for small communities: An analytic network process approach* (Elsevier) p 676.
15. Micky A. Babalola, 2015, *A Multi-Criteria Decision Analysis of Waste Treatment Options for Food and Biodegradable Waste Management in Japan* (MDPI Journal) p 478.
16. Dyah Wulandari, et. Al, 2016, *Sustainability Analysis of Domestic Wastewater Treatment Technology Applied on Human Settlement in Swamp Area* (International Journal of Scientific and Engineering Research) p 57.
17. Asis Sarkar, 2013, *A TOPSIS Method to Evaluate The Technologies* (International Journal of Quality & Reliability Management) p 3.
18. Rowe, G. & Wright, G. (2001). *Expert opinions in forecasting: role of the Delphi technique*. In: Armstrong, editor. *Principles of forecasting: a handbook of researchers and practitioners*. Boston: Kluwer Academic Publishers
19. Linstone, H. and Turoff, M., 2002, *The Delphi Method Techniques and Application*, Murray Turoff & Harold A. Linstone Inc., London.
20. Gordon, T.J., 1994, *The Delphi Method*, Millenium, London