

SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN UNTUK PENENTUAN LOKASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH KOMUNAL INDUSTRI TEKSTIL DI SUNGAI CITARUM BERBASIS WEB

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR DETERMINING LOCATION OF WASTE AIR TREATMENT INSTALLATION IN TEXTILE INDUSTRIES IN CITARUM RIVER BASED SITES

Siska Febrianti¹, Augustina Asih Rumanti², Nurdinintya Athari Supratman³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹siskafebri@student.telkomuniversity.ac.id, ²

augustinaar@telkomuniversity.ac.id, ³nurdinintya@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Sungai Citarum merupakan sungai terpanjang di Jawa Barat. Sungai tersebut berpartisipasi dalam pembangunan perekonomian Indonesia sebesar 20% GDP (*Gross Domestic Product*). Pada tahun 2018, tim survei penataan ekosistem sungai citarum menemukan 31 pabrik di wilayah Kabupaten Bandung yang membuang limbah hasil produksi langsung ke Sungai Citarum, salah satunya adalah industri tekstil. Dalam proses produksinya para pelaku industri tekstil tersebut menggunakan zat pewarna tekstil yang mengandung senyawa *azo dyes*. Senyawa tersebut berpotensi menghasilkan senyawa aminobenzen atau anilin yang menyebabkan pencemaran. Kurangnya Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal dan lokasi yang tidak tepat merupakan faktor yang menyebabkan pelaku industri tersebut membuang air limbah produksi secara langsung ke dalam Sungai Citarum. Penelitian ini bertujuan mendukung kegiatan pemerintah dalam memperbaiki Sungai Citarum dengan cara merancang Sistem Pendukung Keputusan (SPK) dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) berbasis *website* untuk menentukan lokasi yang tepat untuk membangun IPAL komunal.

Kata kunci : Sungai Citarum, Industri tekstil, Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), Sistem Pendukung Keputusan (SPK), *Analytical Hierarchy Process* (AHP).

Abstract

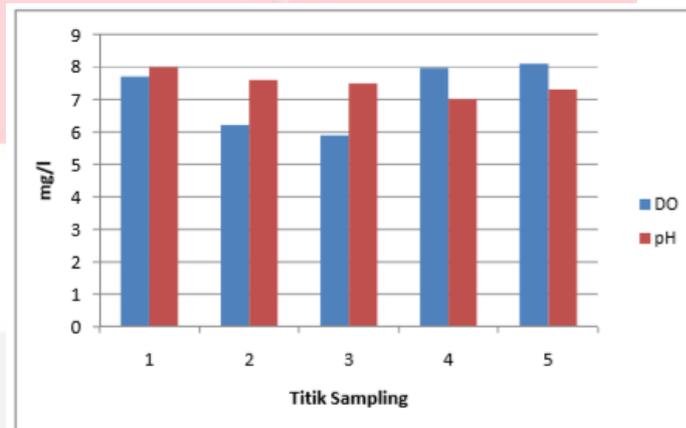
The Citarum River is the longest river in West Java. The river participates in the development of the Indonesian economy by 20% of GDP (Gross Domestic Product). In 2018, the citarum river ecosystem structuring survey team found 31 factories in the Bandung Regency region that dumped the waste produced directly into the Citarum River, one of which was the textile industry. In the production process the textile industry uses textile dyes containing azo dyes. The compound has the potential to produce aminobenzen or aniline which causes pollution. The lack of a communal Waste Water Treatment Plant (IPAL) and improper location is a factor that causes the industry to dispose of production waste water directly into the Citarum River. This study aims to support government activities in improving the Citarum River by designing a Decision Support System (SPK) using a website-based Analytical Hierarchy Process (AHP) method to determine the right location to build a communal WWTP

1. Pendahuluan

Sungai Citarum merupakan salah satu sungai terpanjang di Pulau Jawa. Sungai Citarum memiliki panjang sekitar 225 kilometer yang mengalir dari hulu Gunung Wayang, di sebelah selatan Kota Bandung hingga bermuara di Karawang. Sungai Citarum mengalir di 12 wilayah administrasi kabupaten dan kota, sungai ini berperan sebagai pusat irigasi untuk pertanian seluas 420.000 hektar, serta menjadi sumber air minum masyarakat di kota Jakarta, Bekasi, Karawang, Purwakarta, dan Bandung. Di sepanjang sungai citarum terdapat banyak industri atau pabrik sehingga sungai ini dikatakan sebagai denyut perekonomian Indonesia sebesar 20% GDP (*Gross Domestic Product*) [1].

Selama periode 2001 - 2014 lahan di wilayah DAS Citarum mengalami penyempitan. Menurut Kepala Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Jawa Barat Anang Sudarna, Sungai Citarum dimanfaatkan hampir 30 juta penduduk di Jawa Barat. Bertambahnya jumlah penduduk dan industri menyebabkan berubahnya tata guna lahan sebesar 10,86% dari luas wilayah sungai Citarum dan air Sungai Citarum menjadi tercemar. Pada tahun 2018, tim survei penataan ekosistem Sungai Citarum menemukan 31 pabrik di sejumlah wilayah Kabupaten Bandung hingga Kutawaringin membuang limbah hasil produksi langsung ke anak dan induk Sungai Citarum. Kurangnya IPAL komunal dan lokasi yang tidak tepat merupakan faktor yang menyebabkan pelaku industri tersebut membuang air limbah produksi secara langsung ke air Sungai Citarum [2].

Salah satu industri yang membuang hasil air limbah produksi secara langsung ke dalam Sungai Citarum adalah Industri tekstil. Dalam proses pencelupan dan pencapan para pelaku industri tekstil tersebut menggunakan zat pewarna tekstil, di mana zat pewarna tekstil yang paling dominan digunakan adalah pewarna azo atau senyawa *azo dyes*. Jika air limbah tekstil yang mengandung pewarna azo mengalami biodegradasi, pewarna tersebut akan menghasilkan senyawa aminobenzen atau anilin. Anilin dapat menyebabkan kerusakan organ-organ, kerusakan mata berat, dapat menyebabkan reaksi alergi pada kulit, dan sangat beracun bagi mahluk hidup perairan.



Gambar 1. Hasil Analisis pH dan DO di ujung Sungai Citarum Hulu
Sumber: (Suhendra, Purwanto, & Kardenia, 2013)

Berdasarkan hasil *sampling* Gambar 1 dalam penelitian keberadaan anilin di Sungai Citarum, pada endapan di hulu Sungai Citarum terdapat total anilin yang lebih tinggi dari air sungai, hal ini terlihat semakin kecil DO yang terdapat dalam kandungan air Sungai Citarum, maka konsentrasi total anilin akan semakin tinggi. Hal tersebut menjadi indikasi bahwa berbagai senyawa anilin yang terbawa aliran air sungai dapat terperangkap pada endapan lumpur, dan dapat terjadi biodegradasi anaerobik dari pewarna azo yang terperangkap pada endapan lumpur sehingga terbentuk berbagai senyawa anilin. Sebagian endapan atau lumpur sungai berasal dari lumpur pengolahan air limbah tekstil, di mana lumpur tersebut berpotensi tinggi mengandung azo dyes [3].

Dalam upaya pemulihan sungai terpanjang di Jawa Barat ini, Pemerintah mengeluarkan peraturan presiden nomor 15 tahun 2018 tentang pengendalian pencemaran dan kerusakan DAS Citarum. Pada 14 Maret 2018 pemerintah mengagas program "citarum harum" yang akan merevitalisasi dan meningkatkan kualitas air Sungai Citarum. Salah satu upaya pemerintah mengatasi permasalahan Sungai Citarum adalah melakukan pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal pada wilayah industri tekstil Kabupaten Bandung. Pengelolaan kualitas air tersebut bertujuan memperbaiki kualitas air yang dimanfaatkan berbagai sektor, mencegah pencemaran air, meningkatkan kualitas air sungai sesuai dengan standar baku mutu air yang ditetapkan.

Dalam proses perencanaan pembangunan IPAL komunal, terdapat alternatif-alternatif lokasi dengan spesifikasi yang berbeda. Oleh sebab itu diperlukan suatu sistem untuk mendukung pengambilan keputusan dalam pemilihan alternatif-alternatif yang tersedia. Sistem Pendukung Keputusan (SPK) merupakan sistem informasi berbasis komputer yang dapat mengelola data menjadi informasi untuk mendukung pengambilan keputusan. SPK tersebut didukung adanya metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Metode AHP mempunyai kemampuan untuk memecahkan masalah yang diteliti multi obyek dan multi kriteria yang berdasar pada perbandingan preferensi dari tiap elemen dalam hierarki. Pengguna sistem dapat menentukan pilihan atas pasangan perbandingan yang sederhana dan membangun semua prioritas untuk urutan alternatif.

Penelitian ini bertujuan menemukan usulan lokasi baru dan merancang sebuah SPK untuk membantu Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bandung untuk pembangunan IPAL komunal di kawasan industri tekstil kawasan DAS hulu Citarum. Dalam proses perancangan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) penentu lokasi yang tepat untuk membangun IPAL di kawasan industri tekstil daerah aliran Sungai Citarum, perancangan ini

dilakukan dengan cara melakukan 4 fase dalam system pengambilan keputusan. Empat fase tersebut yaitu, fase inteligensi, fase desain, fase pemilihan, dan fase implementasi. Dalam fase pemilihan dilakukan pemilihan alternatif yang ada dengan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP).

2. Dasar Teori

2.1 Analytic Hierarchy Process (AHP)

Analytic Hierarchy Process (AHP) merupakan alat pengambil keputusan yang menguraikan suatu permasalahan kompleks dalam struktur hierarki dengan banyak tingkatan yang terdiri dari tujuan, kriteria, dan alternatif. Hierarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multilevel dimana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, subkriteria, dan seterusnya ke bawah hingga level terakhir dari alternative. Dengan hierarki, suatu masalah yang kompleks dapat diuraikan ke dalam kelompok-kelompoknya yang kemudian diatur menjadi suatu bentuk hierarki sehingga permasalahan akan tampak lebih terstruktur dan sistematis [4].

Dalam menyelesaikan permasalahan adapun langkah-langkah pada metode ahp yang harus dilakukan, diantaranya adalah :

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan.

Dalam tahap ini kita berusaha menentukan masalah yang akan kita pecahkan secara jelas, detil dan mudah dipahami. Dari masalah yang ada kita coba tentukan solusi yang mungkin cocok bagi masalah tersebut. Solusi dari masalah mungkin berjumlah lebih dari satu. Solusi tersebut nantinya kita kembangkan lebih lanjut dalam tahap berikutnya.

2. Membuat struktur hierarki yang diawali dengan tujuan utama.

Setelah menyusun tujuan utama sebagai level teratas akan disusun level hierarki yang berada di bawahnya yaitu kriteria-kriteria yang cocok untuk mempertimbangkan atau menilai alternatif yang kita berikan dan menentukan alternatif tersebut. Tiap kriteria mempunyai intensitas yang berbeda-beda. Hierarki dilanjutkan dengan subkriteria (jika mungkin diperlukan).

3. Membuat matriks perbandingan berpasangan

Matriks yang digunakan bersifat sederhana, memiliki kedudukan kuat untuk kerangka konsistensi, mendapatkan informasi lain yang mungkin dibutuhkan dengan semua perbandingan yang mungkin dan mampu menganalisis kepekaan prioritas secara keseluruhan untuk perubahan pertimbangan. Pendekatan dengan matriks mencerminkan aspek ganda dalam prioritas yaitu mendominasi dan didominasi. Perbandingan kriteria dan alternatif yang ada dilakukan berdasarkan judgment dari pengambil keputusan dengan menilai tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan elemen lainnya.

4. Memeriksa konsistensi hirarki

Yang diukur dalam AHP adalah rasio konsistensi dengan melihat indeks konsistensi. Konsistensi yang diharapkan adalah yang mendekati sempurna agar menghasilkan keputusan yang mendekati valid. Walaupun sulit untuk mencapai yang sempurna, rasio konsistensi diharapkan kurang dari atau sama dengan 10 %. Berikut adalah cara menghitung rasio konsistensi :

- a. Menghitung konsistensi indeks (CI)

$$CI = (\lambda_{Maks} - n) / (n - 1) \quad (1)$$

λ_{Maks} adalah jumlah hasil kali perkalian jumlah kolom dengan eigen faktor utama dan n adalah jumlah kriteria.

- b. Menghitung rasio konsistensi CR.

$$CR = (CI) / (RI) \quad (2)$$

Dengan RI adalah nilai random indeks sesuai dengan ordo matriks. Nilai RI dapat dilihat di tabel 1.

Tabel 1. Nilai random index

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.51

- c. Memeriksa konsistensi hierarki.

Jika nilainya lebih dari 10%, maka penilaian data judgment harus diperbaiki, namun jika rasio konsistensi kurang atau sama dengan 0.1, maka hasil perhitungan bisa dinyatakan benar.

2.2 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal

Sisa air yang dibuang dan berasal dari industri, mengandung bahan-bahan atau zat-zat maupun tempat-tempat yang dapat membahayakan kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup disebut Air limbah atau air buangan. Dalam proses produksi, industri atau pabrik akan menghasilkan air limbah dari sisa-sisa hasil produksi. Air Limbah tersebut jika terbuang secara langsung akan mencemari wilayah sekitar pabrik dan merugikan masyarakat sekitar. Oleh sebab itu diperlukan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk kawasan industri dengan mempertimbangkan aspek kebersihan, kesehatan, dan alam.

Sistem pengolahan limbah dibutuhkan dalam suatu kawasan industri, akan tetapi mengingat keterbatasan lahan pada suatu pabrik, beberapa pabrik akan membuang limbah hasil produksi ke dalam sungai. Instalasi Pengolahan Air Limbah atau biasa disebut IPAL komunal merupakan sistem pengolahan air limbah yang dilakukan secara terpusat yaitu terdapat bangunan yang digunakan untuk memproses limbah cair domestik yang difungsikan secara komunal (digunakan oleh sekelompok industri) agar lebih aman pada saat dibuang ke lingkungan, sesuai dengan baku mutu lingkungan [5].

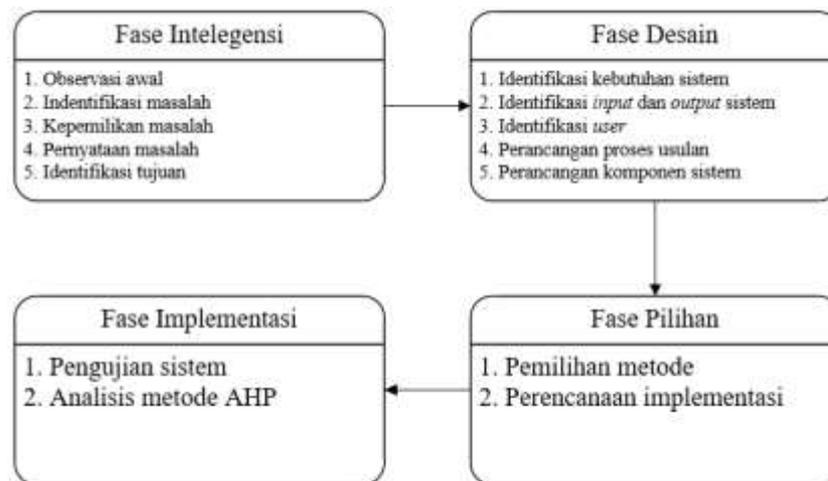
2.3 Sistem Pengambil Keputusan (SPK)

Sistem yang memiliki kemampuan untuk memecahkan suatu masalah dengan cara memberikan informasi atau usulan suatu keputusan disebut Sistem Pengambil Keputusan (SPK). Definisi awal Sistem Pengambil Keputusan (SPK) merupakan sistem yang mendukung pengambil keputusan manajerial dalam situasi keputusan semi terstruktur. Sistem Pengambil Keputusan (SPK) sebagai tambahan bagi pengambil keputusan untuk meyakinkan dalam pemilihan suatu alternatif yang ada, tetapi tidak untuk menggantikan penilaian mereka [6].

3. Metode Penelitian

Penelitian merupakan proses atau langkah yang sistematis serta terorganisir untuk menyelidiki permasalahan tertentu. Penelitian yang dilakukan termasuk kedalam sebuah penelitian perancangan sistem pengambil keputusan dengan metode AHP. Metode tersebut digunakan untuk menentukan lokasi pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang dibutuhkan oleh Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) untuk mengatasi terjadinya pencemaran air di sungai Citarum yang dilakukan oleh pihak Industri Tekstil dengan asumsi limbah yang dihasilkan oleh industri tersebut sama dengan limbah rumah tangga.

Dalam membuat sistem pendukung keputusan diperlukan suatu proses-proses yang harus dilalui untuk mengambil sebuah keputusan, Proses pengambilan keputusan meliputi tiga fase utama, yaitu *Intelligence, Design, Choice*, dan *Implementation*." . Berikut merupakan sistematika dalam proses pengambil keputusan pada penelitian ini :



Gambar 2 Sistematika Pengambil keputusan

4. Anilisis dan Perancangan sistem

4.1 Fase Intelegensi

Berdasarkan pengamatan awal dapat dilihat bahwa sektor yang paling banyak menyebabkan polusi di Sungai Citarum adalah industri. Salah satu industri tersebut adalah industri. Wawancara dengan kepala bagian tentang pemantauan kualitas lingkungan, polusi yang terlihat langsung di permukaan air Sungai Citarum adalah limbah pewarna yang dihasilkan oleh industri tekstil. Pada 2010 jumlah industri tekstil yang memiliki izin pembuangan air limbah mencapai 54 perusahaan, tetapi masih banyak industri yang membuang limbah produksi langsung ke anak-anak dan ibu-ibu Sungai Citarum karena biaya operasionalnya cukup mahal.

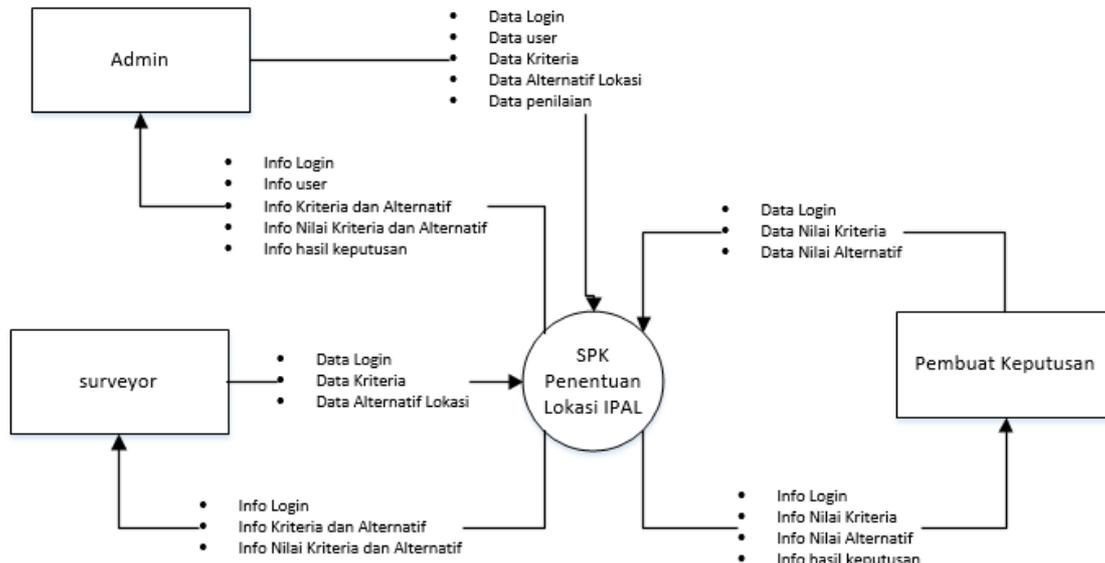
Kurangnya pengadaan IPAL komunal dan lokasi yang tidak tepat merupakan faktor yang menyebabkan para pelaku industri ini membuang air limbah produksi langsung ke air Sungai Citarum. Oleh karena itu diperlukan IPAL komunal yang dapat menampung limbah industri ini.

Berdasarkan gejala yang ada, pemilik masalah adalah pemerintah Kabupaten Bandung dan Badan Pengelolaan Lingkungan Daerah (BPLHD) yang berusaha mengatasi polusi di Sungai Citarum. Maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah lokasi yang tepat untuk membangun IPAL untuk mengolah limbah yang dihasilkan oleh industri tekstil. Dalam membuat keputusan tentang banyak alternatif dan kriteria yang tersedia, diperlukan suatu sistem untuk mendukung keputusan untuk menentukan lokasi alternatif.

4.2 Fase Desain

4.2.1 Diagram Konteks

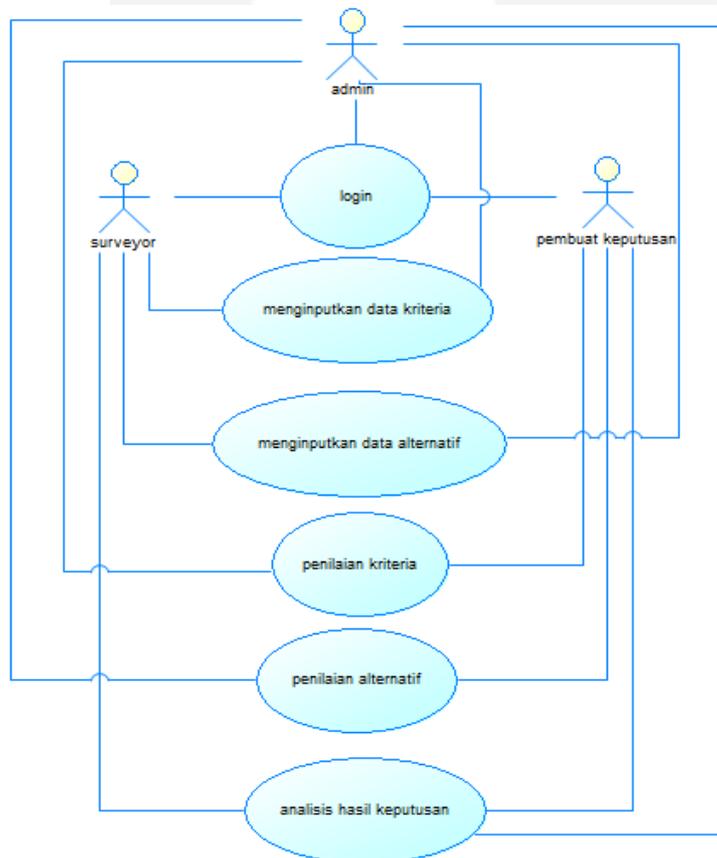
Tingkatan tertinggi di dalam aliran data merupakan diagram konteks. Diagram ini hanya memiliki satu proses yang menunjukkan sisatem secara keseluruhan. Diagram konteks menggambarkan hubungan input dan ouput dari Sistem Pendukung Keputusan (SPK) penentuan lokasi IPAL. Diagram konteks dari sistem ini dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 3. Diagram Konteks

4.2.2 Diagram Usecase

Usecase diagram digunakan untuk memperoleh kebutuhan fungsional dari suatu sistem. Komponen-komponen dalam usecase diagra menjelaskan komunikasi antara aktor dan sistem. Usecase diagram dari sistem ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Usecase diagram

4.3 Fase Pilihan

Pada perancangan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) penentuan lokasi IPAL digunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk menyelesaikan permasalahan penentuan lokasi proyek pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Manager proyek adalah Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Bandung yang berwenang dalam perencanaan pengadaan IPAL. Dalam proyek tersebut terdapat beberapa pilihan alternatif lokasi pembangunan di setiap *cluster* industri tekstil, alternatif tersebut akan dipertimbangkan berdasarkan kriteria-kriteria yang ditetapkan oleh *manager* proyek selaku pengambil keputusan.

Setelah dilakukannya pendefinisian masalah, langkah selanjutnya adalah pembentukan hierarki tujuan. Pada hierarki pertama terdapat tujuan utama dari permasalahan ini, tujuannya adalah “menentukan lokasi terbaik untuk membangun IPAL komunal”. Pada hierarki kedua terdapat kriteria-kriteria yang dipertimbangkan dalam proyek pembangunan IPAL. Berdasarkan penelitian sebelumnya terdapat tiga aspek kriteria yang dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pembangunan IPAL, ketiga aspek tersebut yaitu teknologi, sosial-ekonomi, dan ekologis. Aspek-aspek tersebut memiliki sub-kriteria yang di labeli dengan Cn, dimana $n = 1 - 5$. Manager proyek mendefinisikan aspek teknologi memiliki sub-kriteria K1 dan K2, aspek sosial-ekonomi memiliki sub-kriteria K3, dan aspek ekologis memiliki sub-kriteria K4 dan K5. Definisi hierarki tujuan beserta sub-kriteria yang digunakan dalam perhitungan SPK penentuan lokasi IPAL dapat dilihat di Gambar 5 dan Penjelasan tentang kriteria dapat dilihat di Tabel 2 [7].



Gambar 5. Struktur hierarki tujuan
Tabel 2. Kriteria pembangunan IPAL

Kode	Aspek	Kriteria	Keterangan
K1	Teknologi	Konstruktabilitas	Proses pembangunan konstruksi dan penggalian bangunan.
K2		kualitas dari utilitas infrastruktur	Kualitas kepuasan dari infrastruktur yang terhubung ke lokasi pengolahan air limbah (sistem suplai air, sistem pembuangan limbah, sistem listrik, sistem pembuangan limbah)
K3	sosial-ekonomi	daya tarik lokasi	Daya tarik lokasi daerah sekitarnya yang berpotensi dalam hal kualitas hidup dan bisnis dengan situasi di dalam area tersebut
K4	ekologis	Sensitivitas daerah sekitarnya terhadap polusi suara dan emisi gas	Kedekatan antara area pemukiman dan kepadatan populasi
K5		Frekuensi transportasi limbah	Polusi udara dan kebisingan yang dihasilkan oleh truk pengangkut air limbah.

Berdasarkan struktur hierarki tujuan, metode AHP digunakan untuk menentukan pentingnya sub-kriteria dalam pencapaian tujuan. mulai dari bagian atas struktur hierarki tujuan (tingkat tujuan utama), melalui tingkat menengah (tingkat obyektif), ke bawah (tingkat kriteria). Bobot masing-masing kriteria dinyatakan oleh persentase dari total bobot semua kriteria, yaitu 100%. Pada tingkat kriteria, manager proyek dapat memberikan penilaian berdasarkan persepsi. Proses penilaian serta perbandingan antar kriteria dengan skala penilaian tingkat kepentingan. Skala tingkat kepentingan menurut Saaty (1988) dapat dilihat di Tabel 4. Kriteria yang telah

dibandingkan dan dinilai kemudian diubah menjadi matriks berpasangan pada Tabel V.3 dengan menggunakan skala intensitas kepentingan AHP.

Tabel 4. Nilai Tingkat Kepentingan.

Intensitas Kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen sama pentingnya.
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting daripada elemen lainnya
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya.
9	Satu elemen mutlak penting dari pada elemen lainnya.
2,4,6,8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan
kebalikan	Jika aktifitas i mendapat satu angka dibandingkan dengan aktifitas j, maka j memiliki nilai kebalikannya dibandingkan dengani.

Tabel 5. Matrik berpasangan antar kriteria

KRITERIA	K1	K2	K3	K4	K5
K1 - Konstruktibilitas	1	0,50	3	0,20	0,33
K2 - kualitas dari utilitas infrastuktur	2	1	5	0,25	3
K3 - daya tarik lokasi	0,33	0,20	1	0,20	0,50
K4 - Sensitivitas daerah sekitarnya terhadap polusi suara dan emisi gas	5	4	5	1	4
K5 - Frekuensi transportasi limbah	3	0,33	2	0,25	1
TOTAL	11,33	6,03	16,00	1,90	8,83

Tabel diatas dapat dijelaskan :

1. Perbandingan untuk dirinya sendiri (K1 banding K1, K2 banding K2, K3 banding K3, K4 banding K4, K5 banding K5) bernilai 1 berarti intensitas kepentingannya sama
2. Perbandingan K1 dengan K2 bernilai 2 dapat dijelaskan bahwa nilai K2 dengan K1 dua nilai pertimbangan yang berdekatan.
3. Perbandingan K1 dengan K3 bernilai 3 dapat dijelaskan bahwa nilai K1 sedikit lebih penting daripada nilai K3.
4. Perbandingan K1 dengan K4 bernilai 5 dapat dijelaskan bahwa nilai K4 lebih penting daripada K1
5. Perbandingan K2 dengan K3 bernilai 5 dapat dijelaskan bahwa nilai K2 lebih penting daripada K3
6. Perbandingan K2 dengan K4 bernilai 4 dapat dijelaskan bahwa nilai K2 dengan K4 dua nilai pertimbangan yang berdekatan
7. Perbandingan K3 dengan K4 bernilai 5 dapat dijelaskan bahwa nilai K4 lebih penting daripada K3
8. Perbandingan K1 dengan K5 bernilai 3 dapat dijelaskan bahwa nilai K5 sedikit lebih penting daripada nilai K1.
9. Perbandingan K2 dengan K5 bernilai 3 dapat dijelaskan bahwa nilai K2 sedikit lebih penting daripada nilai K5.
10. Perbandingan K3 dengan K5 bernilai 2 dapat dijelaskan bahwa nilai K5 dengan K3 dua nilai pertimbangan yang berdekatan.
11. Perbandingan K4 dengan K5 bernilai 4 dapat dijelaskan bahwa nilai K4 dengan K5 dua nilai pertimbangan yang berdekatan.

Setelah dilakukan penjumlahan matriks berpasangan pada setiap kolom kriteria yang dapat dilihat di tabel V.3, dibutuhkan proses pemeriksaan konsistensi penilaian dengan menentukan nilai rasio konsistensi (CR). Proses ini dilakukan dengan cara mengubah matriks berpasangan menjadi matriks normalisasi dan *priority vector* masing-masing kriteria. Matriks tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Matrik normalisasi berpasangan antar kriteria

KRITERIA	K1	K2	K3	K4	K5	JUMLAH	PRIORITY VECTOR
K1	0,09	0,08	0,19	0,11	0,04	0,50	0,100
K2	0,18	0,17	0,31	0,13	0,34	1,13	0,225
K3	0,03	0,03	0,06	0,11	0,06	0,29	0,057
K4	0,44	0,66	0,31	0,53	0,45	2,40	0,479
K5	0,26	0,06	0,13	0,13	0,11	0,69	0,138
TOTAL	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	1,00

$$\lambda_{\text{Maks}} = 5.43$$

$$\begin{aligned} \text{CI} &= (\lambda_{\text{Maks}} - n) / (n - 1) \\ &= (5.43 - 5) / (5 - 1) = 0.11 \end{aligned}$$

Untuk $n = 5$, $\text{RI} = 1.12$ (Lihat Tabel 1. Nilai random index)

$$\begin{aligned} \text{CR} &= (\text{CI}) / (\text{RI}) \\ &= 0.11 / 1.12 = 0.095 \end{aligned}$$

Karena $\text{CR} < 0.1$ maka perbandingan konsisten.

Dari hasil perhitungan pada Tabel 6 di atas menunjukkan bahwa:

1. Kriteria sensitivitas daerah sekitarnya terhadap polusi suara dan emisi gas memiliki bobot tertinggi yaitu 0.479
2. Kriteria kualitas dari utilitas infrastruktur merupakan bobot tertinggi kedua dengan nilai 0.225
3. Kriteria frekuensi transportasi limbah merupakan bobot tertinggi ketiga dengan nilai 0.138
4. Kriteria konstruktibilitas merupakan bobot tertinggi keempat dengan nilai 0.100
5. Kriteria daya tarik lokasi merupakan kriteria terakhir dengan nilai 0.057.

Setelah menetapkan kriteria untuk pembangunan sebuah Instalasi Pembangunan Air Limbah (IPAL), terdapat alternatif-alternatif lokasi yang akan digunakan untuk pembangunan IPAL komunal pada satu kelompok atau *cluster*. Alternatif lokasi pembangunan IPAL dapat dilihat di Tabel 7

Tabel 7. Alternatif lokasi pembangunan IPAL

No.	Nama Alternatif	Alamat
1.	Alternatif - A	Jl. Tarajusari KM.04 No.27, Tarajusari, Banjaran, Bandung, Jawa Barat 40377
2.	Alternatif - B	Jl. Raya banjaran km 18,5, Banjaran, Jawa Barat, Indonesia 40377
3.	Alternatif - C	Jl. Tarajusari No.201, Tarajusari, Banjaran, Bandung, Jawa Barat 40377

Kemudian dilakukan proses penilaian perbandingan antar alternatif lokasi kriteria yang tersedia. Alternatif-alternatif yang tersedia dinilai dengan skala penilaian tingkat kepentingan. Alternatif yang telah dibandingkan dan dinilai kemudian di ubah kedalam bentuk matriks berpasangan. Kemudian untuk mengetahui konsistensi penilaian dibutuhkan nilai konsistensi rasio (CR) dengan menormalisasikan matriks perbandingan berpasangan. Penilaian dikatakan konsisten apabila bernilai kurang dari 10% atau $\text{CR} < 0.1$. Hasil rekapitulasi penilaian serta perhitungan dari perbandingan antar alternatif berdasarkan semua kriteria penentu lokasi IPAL dapat dilihat di tabel 8.

Tabel 8. Nilai *priority vector* semua kriteria dan alternatif

Priority Vector	K1	K2	K3	K4	K5
	0,10	0,23	0,06	0,48	0,14
A1	0,63	0,10	0,28	0,28	0,35
A2	0,11	0,67	0,10	0,62	0,11
A3	0,26	0,23	0,62	0,10	0,54

Dalam mencari total ranking untuk masing-masing alternatif lokasi yang akan diterima adalah dengan cara mengalikan nilai *priority vector* masing-masing alternatif dengan nilai *priority vector* semua kriteria pada tabel 8, yakni hasil baris tiap nilai *priority vector* dikalikan dengan kolom nilai *priority vector* kriteria. Adapun cara perkaliannya dapat dilihat berikut ini:

Perhitungan manual total ranking terhadap semua kriteria:

$$\begin{aligned} A1 &= (0.10 \times 0.63) + (0.23 \times 0.10) + (0.06 \times 0.28) + (0.48 \times 0.28) + (0.14 \times 0.35) \\ &= 0.29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A2 &= (0.10 \times 0.11) + (0.23 \times 0.67) + (0.06 \times 0.10) + (0.48 \times 0.62) + (0.14 \times 0.11) \\ &= 0.48 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A3 &= (0.10 \times 0.26) + (0.23 \times 0.23) + (0.06 \times 0.62) + (0.48 \times 0.10) + (0.14 \times 0.54) \\ &= 0.23 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa urutan Prioritas Global dari alternatif lokasi yang akan dibangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) adalah sebagai berikut:

1. Alternatif B di ranking pertama dengan total nilai 0,48
2. Alternatif A di ranking kedua dengan total nilai 0,29
3. Alternatif C di ranking ketiga dengan total nilai 0,23

Berdasarkan perhitungan perhitungan manual menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), alternatif lokasi yang diusulkan menjadi lokasi pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yaitu alternatif B karena memiliki bobot prioritas tertinggi (0,48) dibandingkan alternatif A dan C.

4.4 Fase Implementasi

Berikut merupakan tampilan *website* Sistem Pendukung Keputusan (SPK) penentuan lokasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) :

1. Halaman login

Halaman login merupakan tampilan pertama yang akan muncul ketika pengguna mengakses SPK ini. Pada halaman ini pengguna akan memasukan akun username dan password. Jika akun yang telah diinputkan sesuai dengan akun yang telah terdaftar pada *database* sistem, maka sistem akan mengarahkan ke menu utama sistem. Jika akun yang telah diinputkan tidak sesuai dengan akun yang telah terdaftar pada database sistem, maka sistem akan memberikan informasi jika akun tersebut tidak terdaftar pada sistem.



Gambar 6. Halaman login

2. Implementasi *Interface Master Data* Pengguna

Menu *master data* pengguna merupakan fitur untuk mengetahui pengguna yang dapat mengakses *website* SPK ini. Pada menu *master data* pengguna berisikan informasi yaitu nama lengkap, *email*, dan hak akses pengguna. Pada halaman ini data pengguna tersebut dapat ditambahkan, disunting, dan dihapus. Berdasarkan perancangan sistem pada fase desain diketahui *website* ini memiliki 3 tipe hak akses yaitu admin, surveyor, dan pengambil keputusan. Implementasi *interface master data* pengguna *website* ini dapat dilihat pada Gambar 7.

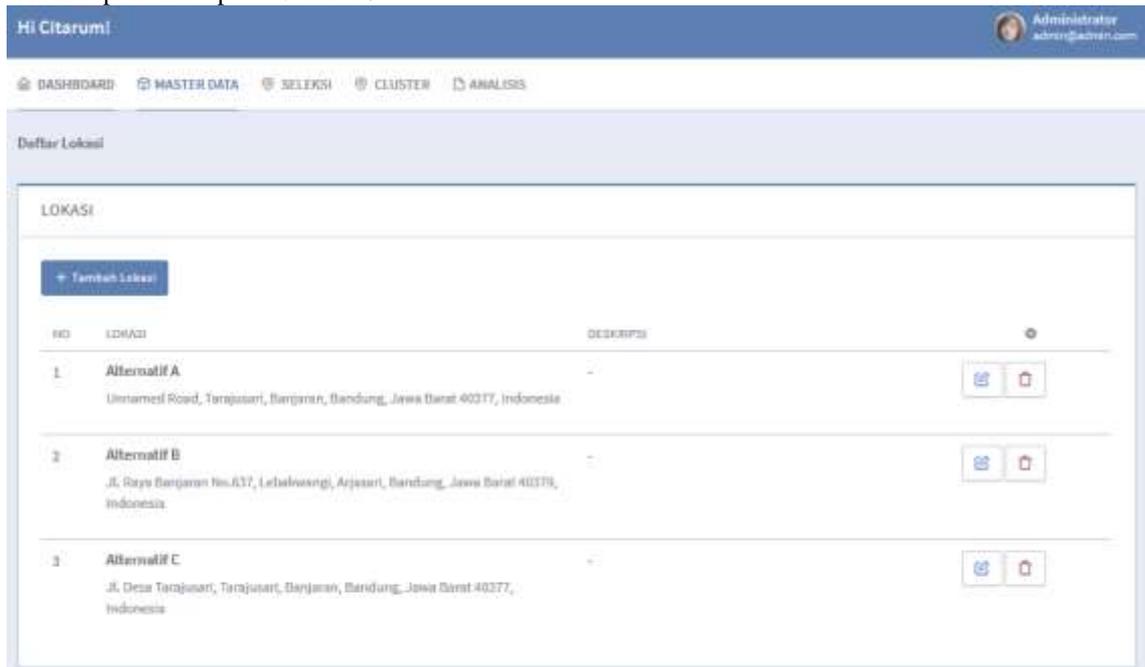


Gambar 7. Implementasi *Interface Master Data* Pengguna.

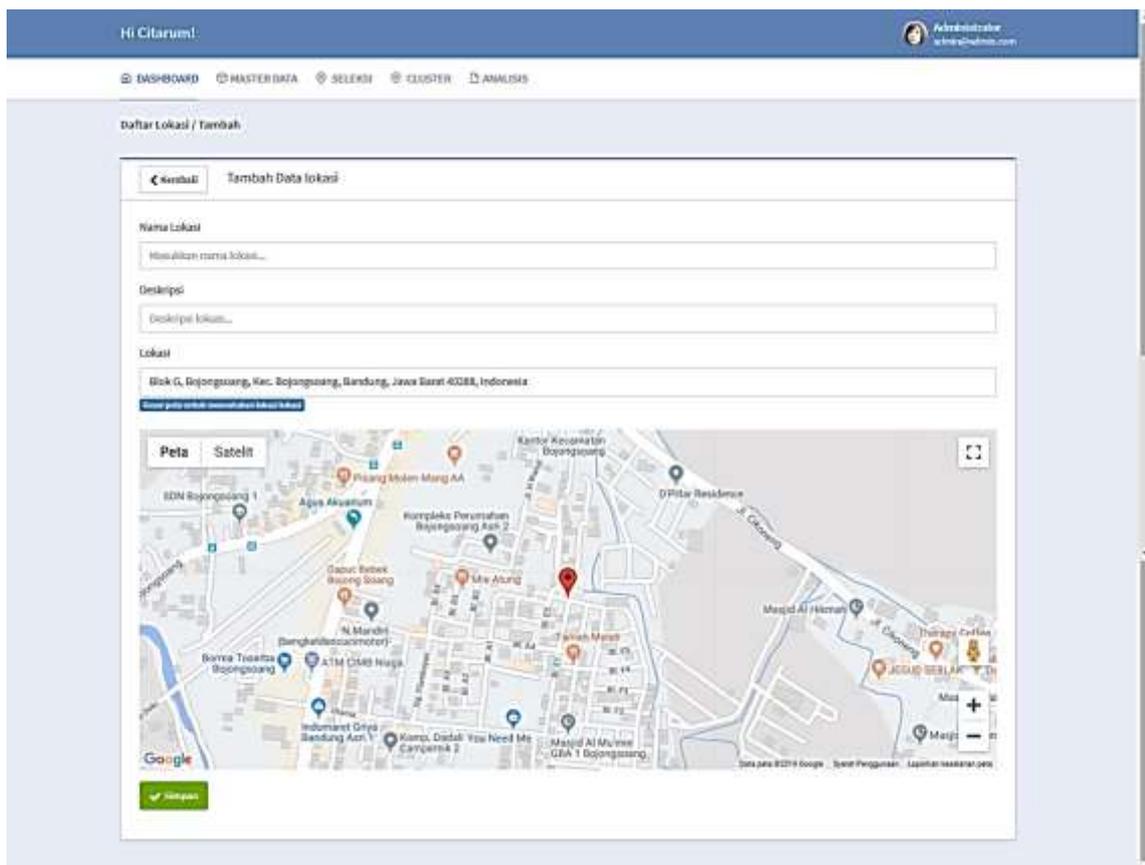
3. Implementasi *Interface Master Data* Lokasi.

Master data lokasi merupakan sebuah halaman data-data alternatif lokasi yang akan dibangun IPAL komunal dimasukkan. Pada halaman ini data lokasi tersebut dapat ditambahkan, *disunting*, dan dihapus. Terdapat beberapa atribut pada halaman ini diantaranya nama lokasi, deskripsi, dan alamat lokasi yang harus diisi agar sistem dapat menunjukan titik koordinat pada peta digital yang tersedia.

Implementasi *interface master data* lokasi *website* ini dapat dilihat pada Gambar 8 dan fitur tambah data lokasi dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 8. Implementasi *Interface* untuk Master Data Lokasi.



Gambar 9. Implementasi *Interface* untuk Menambahkan Master Data Lokasi.

4. Implementasi *Interface Master Data* Kriteria.

Master data kriteria merupakan sebuah halaman data-data kriteria dalam proses penentuan lokasi dalam proyek pembangun sebuah IPAL komunal dimasukkan. Pada halaman ini data kriteria tersebut dapat ditambahkan, *disunting*, dan dihapus. Terdapat beberapa atribut pada halaman ini yaitu

nama dan deskripsi kriteria untuk memberikan informasi lebih lengkap tentang kriteria tersebut. Implementasi *interface master data* kriteria *website* ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Implementasi *Interface* untuk Master Data Kriteria

5. Implementasi Interface Analisis Nilai Kriteria dan Alternatif

Analisis nilai kriteria merupakan suatu halaman yang digunakan seorang pengambil keputusan untuk melakukan suatu penilaian perbandingan kriteria dan alternatif. Pada halaman ini terdapat tombol-tombol yang berisikan angka intensitas kepentingan yang menunjukkan nilai prioritas setiap perbandingan kriteria dan alternatif. *Website* SPK ini dapat melakukan akumulasi untuk mengetahui konsistensi pengambil keputusan dalam suatu proses penilaian. Implementasi *interface* analisis kriteria pada *website* ini dapat dilihat pada Gambar 11.

Hi Citium!

Dashboard | Master Data | Seleksi | Cluster | Analisis

Data Analysis

[Kembali](#) Nilai Kriteria

Sebelum Cluster: CL-21 / Penentuan Lokasi Cluster A

NO	NAMA KRITERIA	PLUJUS BUAH	NAMA KRITERIA
1	Kommutabilitas	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Kualitas dari utilitas infrastruktur
2	Kommutabilitas	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	daya tarik lokasi
3	Kommutabilitas	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Sensitivitas daerah sekitarnya terhadap polusi suara dan emisi gas
4	Kommutabilitas	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Frekuensi transportasi limbah
5	Kualitas dari utilitas infrastruktur	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	daya tarik lokasi
6	Kualitas dari utilitas infrastruktur	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Sensitivitas daerah sekitarnya terhadap polusi suara dan emisi gas
7	Kualitas dari utilitas infrastruktur	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Frekuensi transportasi limbah
8	daya tarik lokasi	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Sensitivitas daerah sekitarnya terhadap polusi suara dan emisi gas
9	daya tarik lokasi	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Frekuensi transportasi limbah
10	Sensitivitas daerah sekitarnya terhadap polusi suara dan emisi gas	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Frekuensi transportasi limbah

[Simpan](#)

MATRIX NILAI PERBANDINGAN

NO	NAMA KRITERIA	K.1	K.2	K.3	K.4	K.5
1	K1 - Kommutabilitas	1,00	0,50	0,60	0,20	0,33
2	K2 - kualitas dari utilitas infrastruktur	2,00	1,00	3,00	0,25	1,00
3	K3 - daya tarik lokasi	0,33	0,20	1,00	0,20	0,50
4	K4 - Sensitivitas daerah sekitarnya terhadap polusi suara dan emisi gas	3,00	4,00	3,00	1,00	4,00
5	K5 - Frekuensi transportasi limbah	3,00	0,25	2,00	0,25	1,00
Jumlah		11,33	6,83	10,00	1,90	6,83

NORMALISASI DAN RELASISIR

NO	NAMA KRITERIA	K.1	K.2	K.3	K.4	K.5	Eigen
1	K1 - Kommutabilitas	0,088	0,083	0,288	0,320	0,058	0,339
2	K2 - kualitas dari utilitas infrastruktur	0,176	0,146	0,612	0,132	0,38	0,325
3	K3 - daya tarik lokasi	0,029	0,015	0,083	0,305	0,057	0,057
4	K4 - Sensitivitas daerah sekitarnya terhadap polusi suara dan emisi gas	0,441	0,463	0,313	0,526	0,453	0,479
5	K5 - Frekuensi transportasi limbah	0,262	0,055	0,225	0,132	0,112	0,338

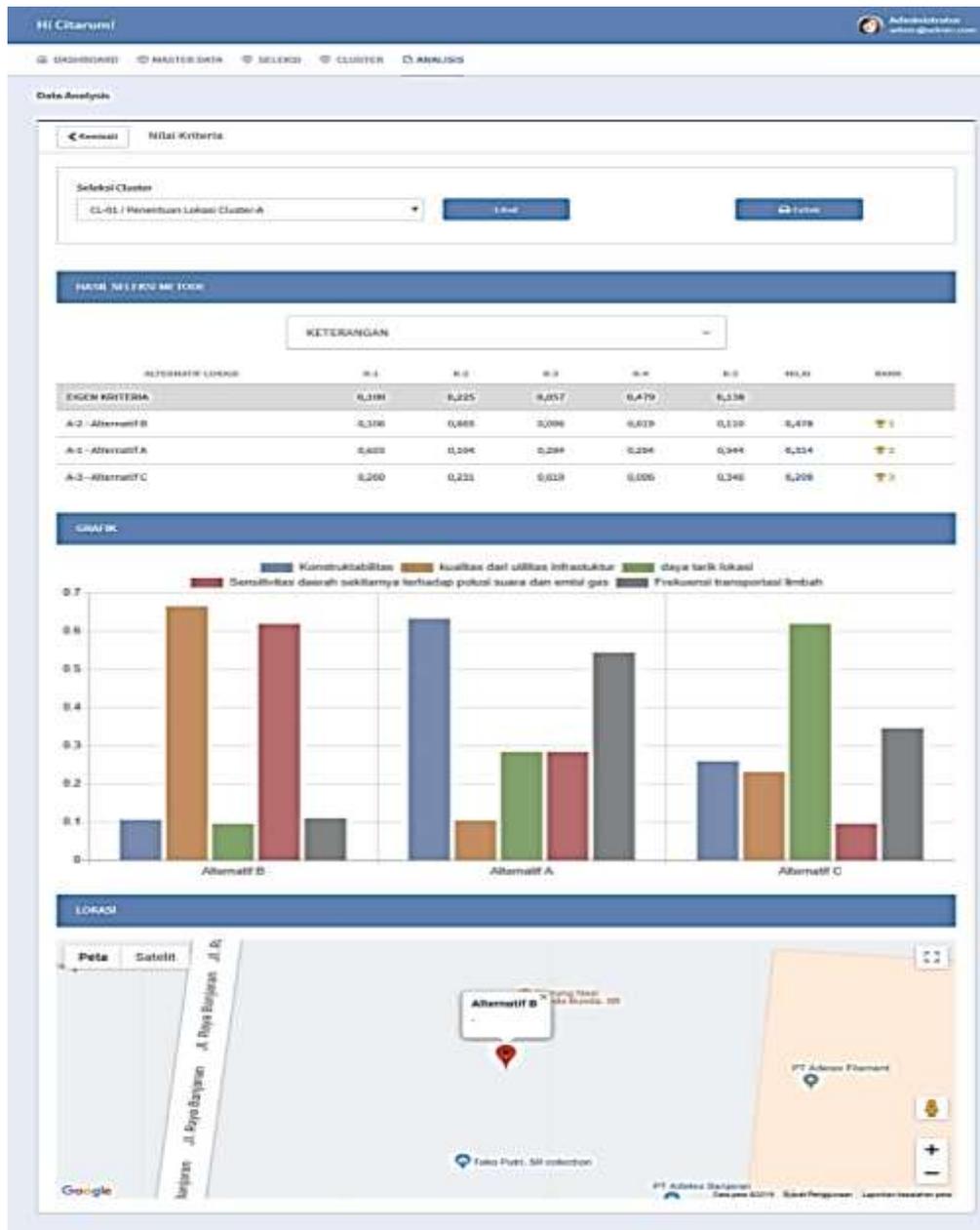
OK KONSISTENSI

INDEX KONSISTENSI (CI)	0,108
INDEX KONSISTENSI (RI)	0,062
HASIL KONSISTENSI	Konsisten

Gambar 11. Implementasi *Interface* untuk Analisis Nilai Kriteria dan Alternatif

6. Implementasi *Interface* Hasil keputusan

Hasil keputusan adalah sebuah hasil akhir dari website Sistem Pendukung Keputusan (SPK) penentuan lokasi Instalasi Pengolahan Air limbah (IPAL). Pada halaman hasil keputusan ditampilkan informasi berdasarkan seleksi cluster. Pada halaman tersebut dapat dilihat tabel hasil seleksi yang menampilkan rekapitulasi hasil perhitungan metode AHP, hasil tersebut juga didukung oleh sebuah grafik diagram batang yang menunjukkan perbandingan antar alternatif berdasarkan kriteria yang ada, serta didukung oleh peta digital untuk menunjukkan titik koordinat lokasi alternatif terbaik. Implementasi interface hasil keputusan website ini dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Implementasi *Interface* untuk Hasil Keputusan.

5 Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Hasil dari proses perancangan pengambilan keputusan dari Sistem Pendukung Keputusan (SPK) penentuan lokasi Instalasi pengolahan Air Limbah (IPAL) metode AHP dengan melakukan 4 fase pengambilan keputusan dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. SPK penentu lokasi IPAL ini dapat memberikan kemudahan kepada pihak Dinas Lingkungan hidup dalam mengambil keputusan dalam proses perencanaan pembangunan IPAL komunal karena

website SPK ini memiliki fitur *form* penilaian yang mudah dipahami dan dapat mengurangi kesalahan dalam memberikan penilaian.

2. SPK penentu lokasi IPAL ini dapat menyimpan *database* penentuan lokasi periode sebelumnya dan yang akan datang. Data-data yang berhubungan dengan kriteria dan alternatif lokasi juga tersimpan dalam *database* sistem. *Database* tersebut berguna sebagai acuan penilaian pengguna *website* selaku pelaku pengambil keputusan.
3. SPK penentu lokasi IPAL ini dapat mengakumulasi data secara otomatis sesuai yang diinginkan oleh pengguna. Pengguna akan mendapatkan hasil berupa laporan usulan prioritas lokasi pembangunan.
4. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan oleh sistem dengan metode AHP, usulan lokasi lahan yang tepat untuk dijadikan sebuah IPAL adalah alternatif B.

5.2 Saran

Penelitian ini masih terdapat beberapa keterbatasan dan kekurangan oleh sebab itu saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Admin pada SPK ini dapat menambahkan jenis hak akses dan mampu mengatur fitur-fitur menu yang dapat diakses oleh pengguna.
2. Fitur *form* analisis penilaian *Web* ini dapat dikembangkan dengan menambahkan jumlah pengguna dalam satu proyek.
3. Fitur analisis SPK ini dapat dikembangkan dengan menambahkan metode lain sebagai pendukung hasil keputusan dari SPK ini.
4. *Web* ini dapat diintegrasikan dengan *database* yang dimiliki oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH), sehingga dapat mempercepat proses analisis pengambilan keputusan.
5. Pada fitur peta digital untuk pengembangan selanjutnya dapat menggunakan aplikasi yang lebih akurat selain *google maps*.

Daftar Pustaka

- [1] Hafiz, M. (2018, Juli Senin). *Pencemaran Limbah di Citarum Mengkhawatirkan, Ini Solusinya*. Retrieved from tribunnnews: <http://www.tribunnnews.com/tribunnnews/2018/07/09/pencemaran-limbah-di-citarum-mengkhawatirkan-ini-solusinya>.
- [2] Arif. (2018, Januari 29). *Inilah Daftar Pabrik Yang Membuang Limbah ke Sungai Citarum*. Retrieved from Seruji: <https://seruji.co.id/iptek/lingkungan/inilah-daftar-pabrik-yang-membuang-limbah-ke-sungai-citarum/>.
- [3] Suhendra, E., Purwanto, P., & Kardena, E. (2013). Keberadaan Anilin Di Sungai Citarum Hulu Akibat Penggunaan Azo Dyes Pada Industri Tekstil. *Metana*, 9(2), 27–40.
- [4] Agus, I. N., & Dwijayadi, A. (2018). Pengembangan Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Hotel Di Kecamatan Buleleng Dengan Metode Analytic Hierarchy Process (AHP) Dan Technique for Others Reference By Similarity To Ideal Solution (TOPSIS). *Jurnal KARMAPATI*, 7(1), 1–11. Retrieved from <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/KP/article/view/13590/8466>.
- [5] Palangda, D. (2015). EVALUASI SISTEM INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) KOMUNAL BERBASIS MASYARAKAT DI KECAMATAN TALLO KOTAMADYA MAKASSAR. *Ekp*, 13(3), 1576–1580.
- [6] Turban, E., Aronson, J. E., & Liang, T.-P. (2005). Decision 'astern Cconomy 1edition Support Systems and Intelligent Systems. *Sistem Pengambilan Keputusan*, 51(2), 39–54. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- [7] Rogulj, K., & Kili, J. (2019). Decision Support Concept to Selection of Wastewater Treatment Plant Location — the Case Study of Town of.