

IMPLEMENTASI SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PENGOLAHAN LIMBAH PADAT BERBASIS AHP DAN SAW PADA PT SARANA ALLOY CASTING

Rifan Arifin, Shyafaruddin, Nia Nuraeni*

Sistem Informasi, Universitas Bina Srana Informatika

Jalan Kramat Raya No.98, RT 2/RW.9, Kwitang Kec. Senen, Kota Jakarta Pusat, DKI Jakarta, Indonesia
nia.nne@bsi.ac.id

ABSTRAK

Meningkatnya aktivitas industri pengecoran logam menghasilkan limbah padat B3 yang memerlukan penanganan khusus karena berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan. Salah satu limbah yang dihasilkan PT Sarana Alloy Casting adalah dross dan slag yang mengandung senyawa aluminium nitrit (AlN) yang bersifat reaktif terhadap air dan berpotensi menghasilkan gas amonia (NH₃) yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan sistematis untuk menentukan strategi pengelolaan limbah yang paling optimal. Penelitian ini mengintegrasikan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk menentukan bobot kepentingan setiap kriteria dan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) untuk melakukan proses perankingan alternatif. Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah model Waterfall dengan kriteria penilaian meliputi biaya implementasi, dampak lingkungan, efisiensi teknologi, dan kepatuhan terhadap regulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kriteria dampak lingkungan memiliki bobot prioritas tertinggi sebesar 55,8%. Berdasarkan proses perhitungan metode SAW, alternatif pemanfaatan kembali (*recycling*) terpilih sebagai solusi terbaik dengan nilai preferensi sebesar 0,801. Implementasi SPK berbasis web yang dikembangkan mampu meningkatkan efisiensi proses pengambilan keputusan secara lebih cepat, objektif, dan terstruktur serta mendukung kepatuhan perusahaan terhadap regulasi pengelolaan limbah B3.

Kata kunci: Sistem Pendukung Keputusan, AHP, SAW, Limbah B3, PT Sarana Alloy Casting.

1. PENDAHULUAN

Industri pengecoran logam, khususnya untuk paduan aluminium dan logam non-ferrous, mengalami pertumbuhan pesat di wilayah industri strategis seperti Karawang dan Bekasi guna mendukung kebutuhan sektor otomotif dan manufaktur nasional. Peningkatan aktivitas industri tersebut secara langsung berdampak pada meningkatnya volume limbah industri yang dihasilkan selama proses produksi. Salah satu jenis limbah yang banyak dihasilkan dari proses peleburan aluminium adalah residu padat berupa *dross* dan *slag*. Secara teknis, *dross* terbentuk akibat proses oksidasi pada permukaan logam cair yang terpapar atmosfer selama peleburan, sementara *slag* merupakan hasil samping dari proses pemurnian logam yang mengandung fluks dan pengotor anorganik. Keberadaan limbah ini menjadi perhatian serius karena berpotensi menimbulkan dampak lingkungan dan dikategorikan sebagai Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Urgensi pengelolaan limbah padat pada PT Sarana Alloy Casting semakin meningkat mengingat sifat kimiawi *secondary aluminum dross* (SAD) yang sangat reaktif. Kandungan senyawa aluminium nitrit (AlN) dalam *dross* dapat bereaksi dengan kelembapan udara atau air sehingga menghasilkan gas amonia (NH₃) yang bersifat korosif dan berbau menyengat. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah ini berpotensi

mencemari air tanah serta membahayakan kesehatan pekerja di lingkungan industri. Selain itu, peningkatan produksi aluminium secara global juga berdampak pada meningkatnya volume limbah *aluminum dross* yang memerlukan penanganan yang tepat agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, pengelolaan limbah industri tidak hanya berorientasi pada pembuangan, tetapi juga mempertimbangkan potensi pemanfaatan kembali limbah sebagai sumber daya yang bernilai ekonomis dalam konsep ekonomi sirkular.

PT Sarana Alloy Casting saat ini menghadapi beberapa kendala dalam pengelolaan limbah padat, di antaranya peningkatan volume residu seiring dengan meningkatnya kapasitas produksi, keterbatasan ruang penyimpanan di Tempat Penyimpanan Sementara (TPS), ketergantungan pada pihak ketiga dalam pengolahan limbah, serta proses pengambilan keputusan yang masih bersifat intuitif. Selama ini, penentuan strategi pengelolaan limbah—seperti pemulihan logam secara internal (*in-house recovery*), pemanfaatan residu sebagai bahan konstruksi, atau stabilisasi kimia—sering kali didasarkan pada pertimbangan biaya jangka pendek tanpa mempertimbangkan aspek teknis dan lingkungan secara komprehensif. Padahal, pengambilan keputusan dalam pengelolaan limbah industri merupakan permasalahan multikriteria yang memerlukan analisis yang sistematis dan berbasis data agar keputusan yang dihasilkan lebih objektif dan dapat dipertanggungjawabkan.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan limbah B3 bukan sekedar persoalan operasional, melainkan permasalahan strategis yang membutuhkan ketepatan pengambilan keputusan. Kesalahan dalam menentukan strategi pengelolaan limbah dapat menimbulkan konsekuensi serius berupa meningkatnya resiko pencemaran lingkungan, pemborosan biaya operasional, penurunan efisiensi proses produksi, hingga potensi pelanggaran terhadap regulasi lingkungan yang berlaku. Oleh sebab itu perusahaan membutuhkan suatu pendekatan sistematis yang mampu mengevaluasi setiap alternatif pengelolaan limbah berdasarkan berbagai kriteria secara objektif dan terukur.

Dalam beberapa penelitian terbaru, metode *Decision Support System* (DSS) berbasis multi-criteria decision making telah banyak digunakan untuk membantu proses pengambilan keputusan yang kompleks. Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) mampu memecah permasalahan ke dalam struktur hierarki sehingga memudahkan proses penentuan bobot kepentingan setiap kriteria secara sistematis. Sementara itu, metode *Simple Additive Weighting* (SAW) digunakan untuk melakukan proses perbandingan alternatif berdasarkan nilai preferensi yang diperoleh dari setiap kriteria yang telah dinormalisasi. Kombinasi kedua metode ini terbukti efektif dalam menghasilkan keputusan yang lebih objektif dan terstruktur dalam berbagai bidang pengambilan keputusan [1]. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa integrasi metode AHP dan SAW mampu meningkatkan akurasi rekomendasi dalam sistem pendukung keputusan karena dapat menggabungkan proses pembobotan kriteria dan proses perbandingan alternatif secara optimal [2]. Selain itu, metode SAW banyak digunakan dalam berbagai aplikasi sistem pendukung keputusan karena memiliki proses perhitungan yang sederhana dan mampu memberikan hasil perbandingan alternatif secara cepat dan efektif [3].

Beberapa penelitian juga melakukan perbandingan antara metode AHP dan SAW dalam sistem pendukung keputusan dan menunjukkan bahwa kedua metode tersebut dapat saling melengkapi dalam proses pengambilan keputusan multikriteria [4]. Selain itu, integrasi metode AHP dan SAW juga telah diterapkan dalam berbagai sistem rekomendasi dan sistem penilaian keputusan yang membutuhkan evaluasi terhadap beberapa alternatif berdasarkan kriteria tertentu [5][6]. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan hybrid AHP-SAW memiliki potensi yang besar untuk diterapkan dalam permasalahan pengelolaan limbah industri yang melibatkan banyak faktor pertimbangan.

Pemilihan kombinasi metode AHP-SAW dalam penelitian ini didasarkan pada keunggulannya dibandingkan metode SPK multikriteria lainnya. Metode AHP memiliki kemampuan untuk menentukan bobot kriteria secara konsisten melalui uji rasio konsistensi, sehingga mampu meminimalkan

subjektivitas pengambil keputusan. Sedangkan metode SAW dipilih karena proses normalisasi dan perhitungannya relative sederhana, mudah diimplementasikan dalam system berbasis web.

Pengembangan Sistem Pendukung Keputusan berbasis web dalam penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efektivitas proses pengambilan keputusan dalam pengelolaan limbah padat di PT Sarana Alloy Casting. Sistem ini dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman PHP 8.2 dengan basis data MySQL 8.0 untuk memfasilitasi proses pengolahan data secara cepat dan akurat. Dengan adanya sistem ini, proses analisis yang sebelumnya dilakukan secara manual dapat diotomatisasi sehingga menghasilkan rekomendasi strategi pengelolaan limbah yang lebih objektif, transparan, dan terstruktur. Selain itu, penerapan sistem ini diharapkan dapat mendukung implementasi prinsip ekonomi sirkular dalam industri pengecoran logam, di mana limbah tidak hanya dipandang sebagai residu produksi tetapi juga sebagai sumber daya yang memiliki potensi nilai ekonomi jika dikelola secara tepat.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Sistem Pendukung Keputusan berbasis web yang mengintegrasikan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Simple Additive Weighting* (SAW) dalam menentukan strategi pengolahan dan pemanfaatan limbah padat pada PT Sarana Alloy Casting. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu membantu perusahaan dalam melakukan evaluasi terhadap berbagai alternatif pengelolaan limbah berdasarkan beberapa kriteria penting seperti aspek ekonomi, teknis, dan lingkungan. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi dalam pengembangan metode sistem pendukung keputusan, tetapi juga memberikan solusi praktis bagi industri dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan limbah serta mendukung penerapan prinsip keberlanjutan dan ekonomi sirkular.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Pendukung Keputusan

Sistem Pendukung Keputusan (*Decision Support System* / DSS) merupakan sistem berbasis komputer yang dirancang untuk membantu proses pengambilan keputusan dalam menyelesaikan permasalahan yang bersifat semi-terstruktur maupun tidak terstruktur. Sistem ini memanfaatkan data, model analisis, serta metode pengolahan informasi untuk menghasilkan alternatif keputusan yang lebih objektif dan terukur. Dengan adanya DSS, proses evaluasi terhadap berbagai alternatif dapat dilakukan secara sistematis sehingga meminimalkan subjektivitas dalam pengambilan keputusan [1].

Dalam perkembangannya, DSS banyak diterapkan pada berbagai bidang seperti manajemen sumber daya manusia, penilaian kinerja, pemilihan

lokasi, serta pengelolaan sumber daya industri. Sistem ini mampu mengintegrasikan berbagai metode pengambilan keputusan multikriteria sehingga dapat membantu pengambil keputusan dalam menentukan alternatif terbaik berdasarkan sejumlah kriteria yang telah ditetapkan[4]. Selain itu, implementasi DSS yang terintegrasi dengan teknologi berbasis web memungkinkan proses pengolahan data dan analisis keputusan dilakukan secara lebih cepat, akurat, dan efisien. Hal ini menjadikan DSS sebagai salah satu solusi teknologi yang efektif dalam mendukung proses pengambilan keputusan pada organisasi maupun industri modern [6].

2.2. Metode Analytical Hierarchy Process

Analytical Hierarchy Process (AHP) merupakan metode pengambilan keputusan multikriteria yang dikembangkan untuk menyelesaikan permasalahan kompleks dengan cara memecahnya ke dalam struktur hierarki. Hierarki tersebut terdiri dari tujuan, kriteria, subkriteria, serta alternatif keputusan yang akan dievaluasi [7]. Metode ini menggunakan teknik perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) untuk menentukan tingkat kepentingan relatif dari setiap kriteria sehingga diperoleh bobot prioritas yang digunakan dalam proses pengambilan keputusan [1].

Salah satu keunggulan metode AHP adalah kemampuannya dalam mengukur tingkat konsistensi dari penilaian yang diberikan oleh pengambil keputusan melalui perhitungan rasio konsistensi (*consistency ratio*). Dengan adanya pengujian konsistensi tersebut, hasil pembobotan kriteria dapat lebih dipercaya dan dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan prioritas alternatif secara sistematis [5]. Dalam berbagai penelitian, metode AHP sering digunakan dalam sistem pendukung keputusan untuk menentukan bobot kriteria sebelum dilakukan proses evaluasi alternatif dengan metode lain. Pendekatan ini dinilai efektif dalam menangani permasalahan pengambilan keputusan yang melibatkan banyak kriteria dan tingkat kepentingan yang berbeda-beda [2].

2.3. Metode Simple Additive Weighting

Metode *Simple Additive Weighting* (SAW) merupakan salah satu metode dalam pengambilan keputusan multikriteria yang digunakan untuk menentukan alternatif terbaik berdasarkan nilai preferensi dari setiap alternatif. Metode ini bekerja dengan cara melakukan normalisasi terhadap nilai kinerja setiap alternatif pada setiap kriteria, kemudian mengalikan nilai tersebut dengan bobot kriteria yang telah ditentukan sebelumnya. Hasil dari proses tersebut dijumlahkan untuk memperoleh nilai preferensi yang digunakan dalam menentukan peringkat alternatif terbaik [3].

Metode SAW dikenal sebagai metode yang sederhana dan mudah diimplementasikan dalam sistem pendukung keputusan karena proses perhitungannya relatif cepat serta mampu

memberikan hasil perankingan alternatif secara jelas. Oleh karena itu, metode ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi sistem pendukung keputusan seperti seleksi kandidat, evaluasi kinerja, maupun pemilihan alternatif terbaik dalam permasalahan multikriteria [4]. Selain itu, integrasi metode SAW dengan metode lain seperti AHP juga sering digunakan dalam penelitian sistem pendukung keputusan. Dalam pendekatan tersebut, metode AHP digunakan untuk menentukan bobot kriteria, sedangkan metode SAW digunakan untuk melakukan proses perankingan alternatif sehingga menghasilkan keputusan yang lebih objektif dan terstruktur [6].

2.4. Pengelolaan Limbah Padat Industri B3

Pengelolaan limbah padat industri merupakan serangkaian kegiatan yang meliputi pengurangan, pengumpulan, penyimpanan, pengolahan, hingga pemanfaatan kembali limbah yang dihasilkan dari aktivitas industri. Tujuan utama pengelolaan limbah adalah untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan serta memastikan bahwa limbah yang dihasilkan dapat ditangani secara aman dan sesuai dengan regulasi yang berlaku [8].

Dalam praktik industri modern, pengelolaan limbah tidak hanya berfokus pada proses pembuangan, tetapi juga pada upaya pemanfaatan kembali limbah sebagai sumber daya yang masih memiliki nilai ekonomi. Pendekatan ini sejalan dengan konsep ekonomi sirkular yang mendorong penggunaan kembali material dan pengurangan limbah melalui proses daur ulang maupun pemanfaatan teknologi pengolahan limbah [9].

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan kembali limbah industri seperti *aluminum dross* dapat memberikan manfaat ekonomi sekaligus mengurangi dampak pencemaran lingkungan apabila dilakukan dengan teknologi pengolahan yang tepat. Oleh karena itu, strategi pengelolaan limbah yang efektif memerlukan pendekatan yang terintegrasi antara aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan [10].

3. METODE PENELITIAN

Struktur metodologi penelitian ini dirancang untuk menjawab tantangan operasional di PT Sarana Alloy Casting dengan menggabungkan teori sistem informasi dan analisis keputusan matematis.

3.1. Pendekatan Pengembangan Sistem

Penelitian ini menerapkan model *Waterfall* (Air Terjun) dalam pengembangan perangkat lunak, yang menuntut penyelesaian setiap fase secara sekuensial. Tahapan dimulai dari analisis kebutuhan (*Requirement Analysis*), perancangan sistem (*System Design*), pengkodean (*Code Generation*), pengujian (*Testing*), hingga pemeliharaan (*Maintenance*). Penggunaan model ini dipilih karena spesifikasi

fungsionalitas algoritma AHP dan SAW sudah didefinisikan dengan jelas sejak awal penelitian.

3.2. Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam sistem ini bersumber dari dua jalur utama:

- Data Primer:** Diperoleh melalui observasi langsung terhadap alur produksi dan pengelolaan limbah di area pabrik Karawang dan Bekasi, serta wawancara mendalam dengan Kepala Bagian Produksi dan Bagian Lingkungan (K3L) untuk menentukan kriteria penilaian. Proses pembobotan kriteria dilakukan berdasarkan hasil penilaian dari narasumber pada masing-masing lokasi. Penilaian dari lokasi Karawang dan Bekasi kemudian di analisis untuk memperoleh bobot prioritas akhir yang merepresentasikan kebutuhan pengambilan keputusan secara keseluruhan.
- Data Sekunder:** Dikumpulkan dari laporan timbulan limbah harian perusahaan, dokumen regulasi pengelolaan limbah B3, serta studi literatur terkait teknologi pemurnian dross aluminium.

3.3. Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan metode AHP dan SAW dengan penjelasan sebagai berikut:

a. Analytical Hierarchy Process (AHP)

Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) digunakan untuk menghitung bobot prioritas setiap kriteria melalui beberapa tahapan, yaitu:

- Menyusun hierarki keputusan.
- Membuat matriks perbandingan berpasangan antar kriteria.
- Menghitung bobot eigen dan rasio konsistensi (CR) agar hasil valid ($CR \leq 0,1$).
- Menetapkan bobot akhir yang digunakan dalam metode SAW

b. Simple Additive Weighting (SAW)

Metode *Simple Additive Weighting* (SAW) digunakan untuk menentukan peringkat alternatif terbaik dengan tahapan sebagai berikut:

- Menyusun matriks keputusan berdasarkan penilaian alternatif terhadap kriteria.
- Melakukan normalisasi nilai sesuai jenis kriteria (benefit atau cost).
- Menghitung skor akhir (V_i) dengan rumus: $V_i = \sum (w_j \times r_{ij})$
- Alternatif dengan nilai V_i tertinggi ditetapkan sebagai alternatif terbaik.

3.4. Kerangka Kerja Algoritma AHP-SAW

Integrasi kedua metode dilakukan dengan alur kerja sebagai berikut:

- Langkah 1 (Pembobotan Kriteria AHP):** Sistem menerima input matriks perbandingan berpasangan antar kriteria dari pengambil

keputusan. Bobot (w_j) dihitung menggunakan metode *Eigen Vector*.

- Langkah 2 (Uji Konsistensi):** Sistem secara otomatis menghitung nilai λ_{maks} , *Consistency Index* (CI), dan *Consistency Ratio* (CR). Perhitungan menggunakan formula (1) dan (2) berikut:

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \quad (1)$$

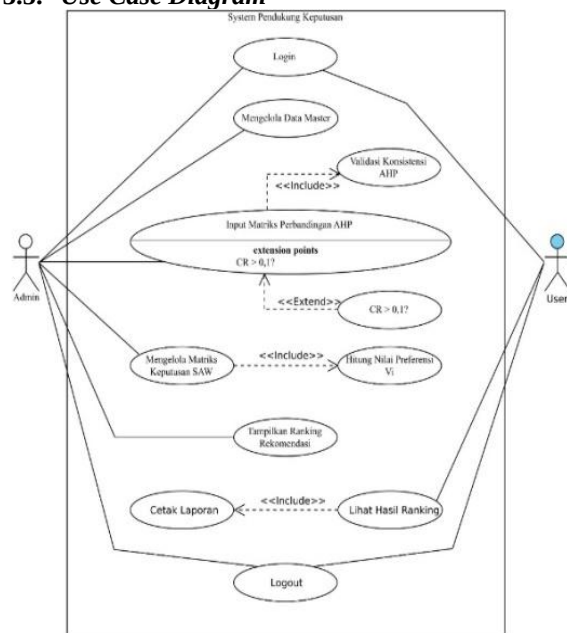
$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

Di mana n adalah jumlah kriteria dan RI adalah *Random Index* yang nilainya bergantung pada n .

- Langkah 3 (Perankingan SAW):** Bobot yang telah divalidasi oleh AHP menjadi input bagi metode SAW. Matriks keputusan (X) yang berisi nilai kinerja alternatif terhadap kriteria akan dinormalisasi untuk menghasilkan matriks R .
- Langkah 4 (Nilai Preferensi):** Nilai preferensi akhir setiap alternatif (V_i) dihitung dengan menjumlahkan perkalian bobot kriteria dengan nilai normalisasi pada baris alternatif tersebut:

$$V_i = \sum_{j=1}^n r_{ij} w_j \quad (3)$$

3.5. Use Case Diagram

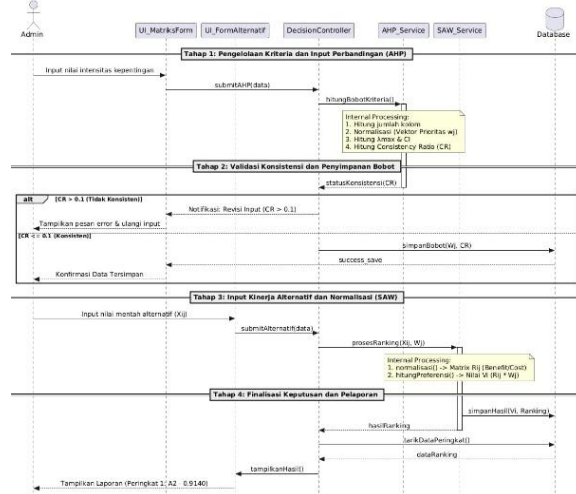


Gambar 1. Usecase Diagram SPK

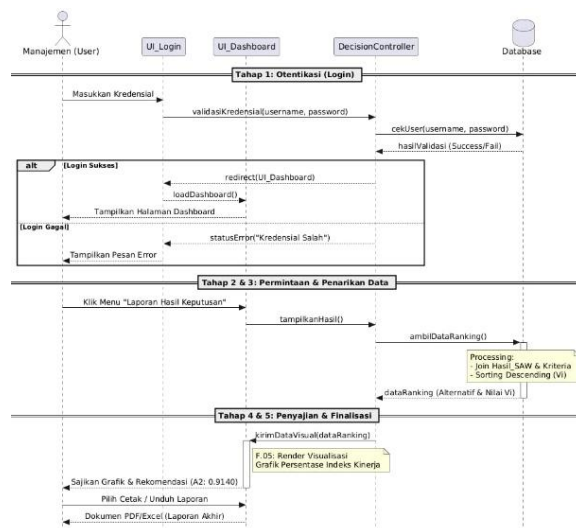
Berdasarkan use case diagram yang telah dirancang, sistem memiliki dua jenis pengguna dengan hak akses yang berbeda. Admin berperan dalam pengolahan data dan perhitungan metode AHP dan SAW, sedangkan user berperan dalam melihat hasil keputusan dan laporan.

Dengan adanya pemisahan hak akses ini, sistem dapat berjalan lebih terstruktur, aman, dan sesuai dengan kebutuhan pengambilan keputusan pada pengolahan dan pemanfaatan limbah padat.

3.6. Sequence Diagram



Gambar 2. Sequence diagram admin



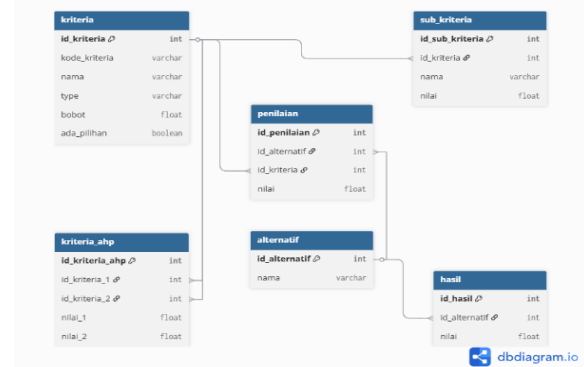
Gambar 3. Sequence diagram user

Berdasarkan gambar 2 dan 3 sequence diagram yang telah dirancang, alur kerja sistem dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Admin mengelola kriteria dan melakukan perhitungan bobot menggunakan metode AHP.
- Admin memasukkan data alternatif dan sistem melakukan perhitungan menggunakan metode SAW.
- Sistem menghasilkan nilai preferensi dan peringkat alternatif.
- Manajemen dapat melihat hasil keputusan dalam bentuk grafik dan laporan.
- Laporan dapat dicetak atau diunduh untuk keperluan dokumentasi dan pengambilan keputusan.

Dengan adanya alur tersebut, sistem mampu membantu proses pengambilan keputusan secara terstruktur, objektif, dan sistematis.

3.7. Class Diagram



Gambar 4. Class diagram

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan data riil dari operasional PT Sarana Alloy Casting pada periode 2025. Hasil analisis dibagi menjadi dua tahap utama: validasi pembobotan kriteria dan perankingan alternatif pengelolaan limbah.

4.1. Identifikasi Kriteria dan Alternatif

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan dengan pihak manajemen, ditetapkan empat kriteria utama yang krusial dalam pengambilan keputusan pengelolaan limbah padat B3:

- C1: Biaya Implementasi (Satuan: Rupiah/Ton) [Atribut: Cost].
- C2: Dampak Lingkungan (Efektivitas mitigasi pencemaran).
- C3: Efisiensi Teknologi (Tingkat pemulihan aluminium).
- C4: Kepatuhan Regulasi (Kemudahan perizinan B3).

Alternatif strategi yang dievaluasi adalah:

- A1: Pemanfaatan Kembali (*Recycling*) - Pemulihan logam internal.
- A2: Pemanfaatan sebagai Agregat - Dijual ke industri konstruksi.
- A3: Pengolahan Akhir (*Stabilization & Landfill*).

4.2. Implementasi Pembobotan AHP

Input matriks perbandingan berpasangan oleh tim manajemen menunjukkan prioritas yang sangat tinggi pada aspek keberlanjutan. Nilai intensitas kepentingan relatif dirangkum dalam tabel di bawah ini.

Tabel 1. Matriks Perbandingan Berpasangan Kriteria

Kriteria	C1	C2	C3	C4
C1 (Biaya)	1.000	0.200	3.000	0.333
C2 (Lingkungan)	5.000	1.000	7.000	3.000
C3 (Teknologi)	0.333	0.143	1.000	0.200
C4 (Regulasi)	3.000	0.333	5.000	1.000
Jumlah Kolom	9.333	1.676	16.000	4.533

Sistem kemudian melakukan normalisasi dan menghitung nilai rata-rata baris untuk mendapatkan bobot kriteria.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Bobot Prioritas Kriteria

Kriteria	Bobot (Wj)	Persentase
C2: Dampak Lingkungan	0.558	55,8%
C4: Kepatuhan Regulasi	0.264	26,4%
C1: Biaya Implementasi	0.122	12,2%
C3: Efisiensi Teknologi	0.057	5,7%

Berdasarkan Tabel 1 dan 2 analisis hasil pembobotan menunjukkan bahwa kriteria Dampak Lingkungan (C2) mendominasi keputusan dengan bobot lebih dari 50%. Hal ini mencerminkan komitmen PT Sarana Alloy Casting untuk memitigasi risiko kimiawi amonia dari *dross*. Hasil uji konsistensi otomatis oleh sistem memberikan nilai $\lambda_{maks} = 4,123$, $CI = 0,041$, dan $CR = 0,0456$.

Karena nilai $CR < 0,10$, maka matriks perbandingan dinyatakan valid secara matematis.

4.3. Perankingan Menggunakan SAW

Tahap selanjutnya adalah memasukkan nilai performa alternatif terhadap kriteria yang telah ditetapkan. Data mentah ini dikumpulkan melalui penilaian teknis oleh tim K3L dan bagian keuangan.

Tabel 3. Matriks Keputusan Awal (X)

Alternatif	C1 (Biaya/Ton)	C2 (Skala 1-5)	C3 (Recov. %)	C4 (Skala 1-5)
A1 (Recycling)	850.000	4	0.75	5
A2 (Agregat)	450.000	5	0.30	4
A3 (Landfill)	1.500.000	2	0.05	3

Sistem melakukan normalisasi data pada Tabel 3 berdasarkan tipe kriteria (*cost* untuk C1 dan *benefit* untuk C2, C3, C4).

Tabel 4. Matriks Normalisasi SAW (R)

Alternatif	C1	C2	C3	C4
A1 (Recycling)	0.529	0.800	1.000	1.000
A2 (Agregat)	1.000	1.000	0.400	0.800
A3 (Landfill)	0.300	0.400	0.067	0.600

Langkah akhir adalah menghitung nilai preferensi (V_i) dengan menjumlahkan hasil perkalian antara nilai normalisasi pada Tabel 4 dengan bobot kriteria pada Tabel 2.

Tabel 5. nilai preferensi (V_i)

Peringkat	Alternatif	Nilai (V_i)	Rekomendasi
1	A2: Pemanfaatan sebagai Agregat	0.914	Solusi Utama
2	A1: Pemanfaatan Kembali (Recycling)	0.832	Solusi Cadangan
3	A3: Pengolahan Akhir (Landfill)	0.422	Opsi Minimal

Berdasarkan hasil perankingan, Alternatif A2 (Pemanfaatan sebagai Agregat) menempati peringkat pertama dengan nilai 0,914. Hal ini terjadi karena A2 memiliki nilai sempurna (1,000) pada kriteria Dampak Lingkungan dan Biaya, yang secara kumulatif memegang 68% bobot kepentingan dalam model AHP. Secara praktis, mengubah residu *slag* menjadi bahan agregat konstruksi tidak hanya menghilangkan beban biaya pembuangan limbah ke pihak ketiga, tetapi juga memberikan nilai ekonomi baru bagi perusahaan melalui penjualan produk sampingan.

Meskipun Alternatif A1 (Recycling) memiliki performa teknologi yang jauh lebih baik dalam memulihkan aluminium (0,75 vs 0,30), bobot kriteria teknologi yang relatif kecil (5,7%) membuat keunggulan teknis ini tidak mampu menandingi efisiensi biaya dan dampak lingkungan dari pemanfaatan agregat. Namun, sistem tetap merekomendasikan A1 sebagai solusi cadangan yang layak dipertimbangkan jika harga pasar aluminium sekunder mengalami kenaikan signifikan, karena pemulihan logam secara internal dapat mengurangi ketergantungan pada *primary ingot*.

Implementasi SPK berbasis web ini memberikan dampak nyata bagi PT Sarana Alloy Casting dalam bentuk: (1) peningkatan transparansi karena setiap keputusan memiliki landasan matematis yang dapat diaudit, (2) efisiensi waktu pengambilan keputusan yang berkurang dari hitungan hari menjadi detik, dan (3) kemudahan dokumentasi data timbulan limbah harian yang terintegrasi dalam satu *database* terpusat. Hal ini sejalan dengan temuan pada penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa digitalisasi sistem manajemen limbah mampu meningkatkan tingkat kepatuhan regulasi secara signifikan.

Sistem juga telah melalui pengujian fungsionalitas menggunakan metode *Black-box Testing* dengan hasil 100% fitur berjalan sesuai rancangan. Selain itu, pengujian kepuasan pengguna menggunakan *System Usability Scale* (SUS) juga dilakukan dengan penjelasan tabel sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil pengujian kepuasan pengguna (SUS)

Responden	Posisi/Jabatan	Skor Total Pernyataan	Skor Akhir SUS	Kategori Penerimaan
Resp 01	Manajer Produksi	34	85.0	Acceptable (Grade A)
Resp 02	Manajer K3L	33	82.5	Acceptable (Grade A)
Resp 03	Staf Administrasi	30	75.0	Acceptable (Grade B)
Resp 04	Operator Produksi 1	29	72.5	Acceptable (Grade C)
Resp 05	Operator Produksi 2	28	70.0	Marginal High (Grade C)
Resp 06	Petugas Gudang Limbah	32	80.0	Acceptable (Grade B)

Responden	Posisi/ Jabatan	Skor Total Pernyataan	Skor Akhir SUS	Kategori Penerimaan
Resp 07	Manajer Teknik	36	90.0	Acceptable (Grade A)
Resp 08	Staf Keuangan	31	77.5	Acceptable (Grade B)
Resp 09	Petugas Lapangan 1	27	67.5	Marginal High (Grade D)
Resp 10	Petugas Lapangan 2	26	65.0	Marginal High (Grade D)
Rata-rata		30.6	76.5	Acceptable (Grade B)

Analisis data menunjukkan bahwa skor rata-rata SUS untuk Sistem Pendukung Keputusan Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah Padat di PT Sarana Alloy Casting adalah 76.5. Berdasarkan interpretasi standar SUS:

- Acceptability Range*: Skor 76.5 berada di atas ambang batas rata-rata global yaitu 68, sehingga sistem dikategorikan sebagai "Acceptable" atau dapat diterima untuk digunakan dalam operasional perusahaan.
- Adjective Rating*: Nilai 76.5 termasuk dalam kategori "Good", yang berarti pengguna merasa sistem ini memiliki performa yang baik dalam membantu tugas-tugas mereka.
- Grade Scale*: Sistem mendapatkan predikat "Grade B", yang menunjukkan tingkat usability yang tinggi namun masih memiliki ruang kecil untuk penyempurnaan, terutama pada aspek kemudahan bagi petugas lapangan.

Temuan menarik dari data responden menunjukkan adanya korelasi positif antara tingkat jabatan dengan skor kepuasan. Manajer (Resp 01, 02, 07) memberikan skor rata-rata di atas 85.0 (Grade A), hal ini disebabkan oleh nilai guna utama sistem yang mampu mereduksi waktu perhitungan manual AHP-SAW yang sebelumnya memakan waktu berjam-jam menjadi hanya dalam hitungan detik. Sebaliknya, petugas lapangan (Resp 09, 10) memberikan skor yang sedikit lebih rendah (65.0 - 67.5) dikarenakan mereka masih memerlukan waktu adaptasi untuk memahami istilah-istilah teknis dalam metode pembobotan.

Secara keseluruhan, implementasi sistem telah berhasil memenuhi target efisiensi dan akurasi pengambilan keputusan di PT Sarana Alloy Casting. Dengan nilai CR sebesar 0.068 (di bawah batas 0.1) dan perankingan SAW yang menempatkan pemanfaatan dross sebagai prioritas utama dengan nilai preferensi 0.801, sistem ini secara valid dapat menjadi instrumen strategis perusahaan dalam mencapai visi pengelolaan limbah industri yang bertanggung jawab dan berkelanjutan. Penggunaan teknologi berbasis web dengan PHP 8.2 dan MySQL

8.0 terbukti memberikan stabilitas dan performa yang memadai untuk mendukung operasional pabrik secara kontinu. Dengan hasil pengujian yang memuaskan ini, sistem dinyatakan siap untuk dioperasikan penuh oleh manajemen PT Sarana Alloy Casting.

4.4. Rancangan antarmuka

Antarmuka Sistem Pendukung Keputusan Pengolahan Limbah Padat dirancang dengan memprioritaskan aspek fungsionalitas dan kemudahan navigasi bagi pengguna di PT Sarana Alloy Casting.¹ Desain ini mengikuti alur logika pengambilan keputusan yang dimulai dari pengelolaan data dasar hingga hasil rekomendasi akhir.

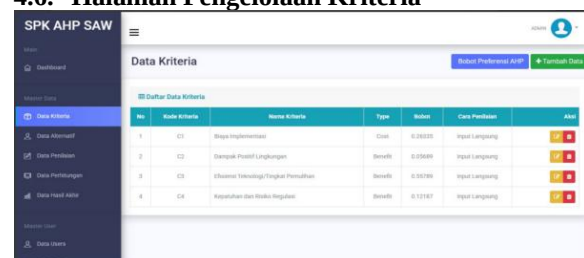
4.5. Halaman Login



Gambar 5. Halaman Login

Halaman login merupakan gerbang utama keamanan sistem yang mengimplementasikan otentikasi berbasis peran. Antarmuka ini mengharuskan pengguna memasukkan nama pengguna dan kata sandi yang telah terdaftar dalam tabel user. Setelah proses validasi berhasil, pengguna diarahkan ke Halaman Dasbor yang menyajikan visualisasi data limbah padat terbaru. Dasbor ini menampilkan ringkasan volume *dross* dan *slag* yang tercatat dalam log limbah, memberikan gambaran cepat bagi manajemen mengenai urgensi pengambilan keputusan.

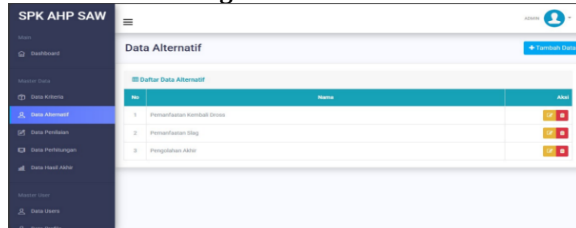
4.6. Halaman Pengelolaan Kriteria



Gambar 6. Halaman Pengelolaan Kriteria

Halaman ini menyediakan antarmuka untuk menentukan atribut keputusan, yaitu Biaya Implementasi (C1), Dampak Lingkungan (C2), Efisiensi Teknologi (C3), dan Kepatuhan Regulasi (C4).¹ Pengguna dapat memperbarui jenis atribut (*benefit* atau *cost*) yang akan berdampak langsung pada rumus normalisasi dalam metode SAW

4.7. Halaman Pengelolaan Alternatif



Gambar 7. Halaman Pengelolaan Alternatif

Halaman ini memungkinkan input data untuk opsi pengelolaan limbah, seperti Pemanfaatan Kembali Dross (A1), Pemanfaatan Slag (A2), dan Pengolahan Akhir (A3).

4.8. Halaman Data Hasil Akhir

Nama Alternatif	Nilai	Rank
Pemanfaatan Kembali Dross	0.725737	1
Pengolahan Akhir	0.996421	2
Pemanfaatan Slag	0.97842	3

Gambar 8. Halaman Data Hasil Akhir

Halaman ini menampilkan proses normalisasi matriks secara transparan. Antarmuka ini menyajikan tabel yang berisi nilai mentah (X_{ij}) yang telah dikonversi menjadi nilai ternormalisasi (R_{ij}). Langkah akhir perhitungan ditampilkan dalam tabel perankingan yang mengurutkan alternatif dari nilai preferensi (V_i) tertinggi ke terendah, lengkap dengan status rekomendasi utama untuk PT Sarana Alloy Casting.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem Pendukung Keputusan yang dikembangkan menggunakan integrasi metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Simple Additive Weighting* (SAW) telah terbukti efektif dalam memproses kriteria multi-aspek guna menentukan strategi pengelolaan limbah padat B3 di PT Sarana Alloy Casting secara objektif. Berdasarkan hasil pengolahan data, kriteria dampak lingkungan menjadi prioritas utama dengan bobot 55,8%, dan alternatif pemanfaatan residu sebagai bahan agregat konstruksi terpilih sebagai solusi terbaik dengan nilai preferensi tertinggi sebesar 0,914. Implementasi sistem berbasis web ini berhasil menggeser paradigma pengambilan keputusan manajemen yang semula bersifat intuitif menjadi berbasis data terukur, serta meningkatkan efisiensi operasional dan kepatuhan terhadap regulasi pemerintah. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan agar sistem ini diintegrasikan dengan teknologi sensor pemantauan volume limbah secara *real-time* di area TPS serta mengeksplorasi penggunaan metode *Fuzzy-AHP* guna menangani ketidakpastian dalam penilaian subjektif pakar pada kondisi fluktuasi ekonomi yang dinamis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Dzakky, I. Ikhwan, A. Diana, W. Usino, and H. Hasugian, "Implementation of Analytical Hierarchy Process (AHP) and Simple Additive Weighting (SAW) Methods in Decision Support Systems for Employee Performance Assessment at the Komite Olahraga Nasional Indonesia (KONI) DKI Jakarta," vol. 5, no. 1, pp. 561–577, 2023.
- [2] M. Syafitri, M. Fakhri, and M. D. Irawan, "BULLETIN OF COMPUTER SCIENCE RESEARCH Implementasi Metode AHP dan SAW Menentukan Kreasi Inovasi Daur," vol. 4, no. 3, pp. 269–281, 2024, doi: 10.47065/bulletincsr.v4i3.343.
- [3] R. W. Astuti and A. Rohman, "Sistem Pendukung Keputusan Dalam Menentukan Karyawan Terbaik Dengan Menggunakan Metode Simple Additive Weighting (SAW) : (Studi Kasus : PT . Sam Kyung)," vol. 9, no. 1, pp. 17–28, 2024.
- [4] J. Jtik, J. Teknologi, Y. Ayu, K. Ningtyas, and D. A. Diartono, "Studi Perbandingan Metode SAW dan Metode AHP dalam Sistem Pendukung Keputusan Seleksi Kelayakan Calon Penerima Bantuan Program Keluarga Harapan," vol. 8, no. 3, 2024.
- [5] Fitri, R. Anggita, and R. Oktarina, "IMPLEMENTASI METODE AHP-SAW UNTUK MENENTUKAN KEPUTUSAN KELAYAKAN PEMBERIAN KREDIT MOBIL PADA PT. XYZ," *J. Rev. Pendidik. dan Pengajaran*, vol. 7, no. 1, 2024.
- [6] U. D. Hatifah and I. M. Y. Dharma, "Implementasi Sistem Pendukung Keputusan Berbasis Metode Hybrid AHP-SAW untuk Optimalisasi Rekomendasi Paket Tour Wisata di Lombok," vol. 05, no. 02, 2025.
- [7] B. Firmansyah and B. Nursakinah, "SISTEM PENUNJANG KEPUTUSAN UNTUK MENENTUKAN SISWA TERBAIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE AHP DAN SMART BERBASIS WEB PADA MI AL HASANAH KOTA DEPOK," *JATI(Jurnal Mhs. Tek. Inform.,* vol. 10, no. 1, pp. 1576–1584, 2026, [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/jati/article/view/16759/9019>
- [8] "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup," *Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan*, 2021.
- [9] A. Meshram and K. K. Singh, "Recovery and utilization of aluminum dross," *Resour. Conserv. Recycl.*, 2021.
- [10] P. Tsakiridis, "Aluminium salt slag characterization and utilization—A review," *J. Hazard. Mater.*, 2020.