

# **MULTI-CRITERIA RECOMMENDER SYSTEM BERBASIS METODE WEIGHTED SUM DAN PARETO FRONT UNTUK MANAJEMEN SUMBER DAYA AIR**

## **MULTI-CRITERIA RECOMMENDER SYSTEM BASED ON WEIGHTED SUM AND PARETO FRONT METHOD FOR WATER RESOURCE MANAGEMENT**

**Astrid Novita Putri<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi,  
Universitas Semarang  
Email : [astrid@usm.ac.id](mailto:astrid@usm.ac.id)<sup>1)</sup>

### **Abstrak**

*Air bersih dipergunakan sehari-hari untuk kebutuhan individu untuk memasak, minum, mandi, dan sebagainya. Air bersih merupakan kebutuhan individu untuk mendukung suatu metabolisme tubuh manusia yang akan berdampak pada kesehatan. Akan tetapi saat ini untuk mendapatkan air bersih merupakan sesuatu yang tidak mudah di dapatkan serta laju pertumbuhan penduduk yang semakin tinggi dan juga tingginya kebutuhan dan ketersediaan air bersih. Penelitian ini mengembangkan model multi-criteria recommender system dengan mempertimbangkan beberapa kriteria atau atribut dalam memberikan rekomendasi yang bermanfaat sebagai memfasilitasi pengambilan keputusan yang lebih baik berdasarkan rekomendasi yang sesuai berdasarkan jumlah produksi air dan jumlah konsumsi dengan menggunakan metode pareto front dan weighted sum dapat menyeimbangkan trade off antar kriteria. Hasil penelitian ini memberikan solusi optimal untuk pihak yang terlibat konsumen dan manajemen sumber daya air di Kota Semarang untuk mencapai nilai keseimbangan dengan  $W_1$  untuk meminimalkan konsumsi air dan  $W_2$  untuk memaksimalkan produksi untuk mendapatkan nilai solusi optimal yang direkomendasikan  $W_1 = 0,5$  dan  $W_2 = 0,5$  dengan hasil yang di dapatkan untuk variabel Konsumsi Air =  $1.064.9104 \text{ m}^3/\text{ha}$  dan variabel Hasil Produksi =  $14.933.601 \text{ ton}/\text{ha}$ , Kemudian  $W_1 = 0,1$  dan  $W_2 = 0,9$  dengan hasil yang di dapatkan untuk variabel Konsumsi Air =  $11.115.920 \text{ m}^3/\text{ha}$  dan variabel Hasil Produksi =  $16.341.636 \text{ ton}/\text{ha}$ , Selanjutnya  $W_1 = 0,4$  dan  $W_2 = 0,6$  dengan hasil yang di dapatkan untuk variabel Konsumsi Air  $11.115.920 \text{ m}^3/\text{ha}$ , Hasil Produksi =  $16.341.636 \text{ ton}/\text{ha}$ , dan  $W_1 = 0,7$   $W_2 = 0,3$  dengan hasil yang di dapatkan untuk variabel Konsumsi Air =  $10.649.104 \text{ m}^3/\text{ha}$ , Hasil Produksi =  $14.933.601 \text{ ton}/\text{ha}$ .*

**Kata kunci:** multi-criteria recommender system, pareto front, manajemen sumber daya air

### **Abstract**

*Clean water is used daily to meet individual needs such as cooking, drinking, bathing, and more. Clean water is essential to support human metabolism, which impacts health. However, obtaining clean water has become increasingly difficult due to high population growth and rising demand, coupled with limited availability. This study develops a multi-criteria recommender system model that considers various criteria or attributes to provide valuable recommendations, facilitating better decision-making based on suitable recommendations regarding water production and consumption. Using the Pareto front and weighted sum methods, this model balances trade-offs among criteria. The results of this study offer an optimal solution for both consumers and water resource management in Semarang City to achieve balance, with  $W_1$  minimizing water consumption and  $W_2$  maximizing production. The recommended optimal solution is  $W_1 = 0.5$  and  $W_2 = 0.5$ , yielding water consumption of  $1,064,910.4 \text{ m}^3/\text{ha}$  and production yield of  $14,933,601 \text{ tons}/\text{ha}$ . Other findings include  $W_1 = 0.1$  and  $W_2 = 0.9$ , yielding water consumption of  $11,115,920 \text{ m}^3/\text{ha}$  and production yield of  $16,341,636 \text{ tons}/\text{ha}$ .  $W_1 = 0.4$  and  $W_2 = 0.6$ , yielding water consumption of  $11,115,920 \text{ m}^3/\text{ha}$  and production yield of  $16,341,636 \text{ tons}/\text{ha}$ ,  $W_1 = 0.7$  and  $W_2 = 0.3$ , yielding water consumption of  $10,649,104 \text{ m}^3/\text{ha}$  and production yield of  $14,933,601 \text{ tons}/\text{ha}$ . These outcomes indicate optimal solutions based on different weighting balances between consumption and production criteria.*

**Keywords:** Multi-criteria recommender system, pareto front, water resource management

## **1. PENDAHULUAN**

Air bersih dipergunakan sehari-hari untuk kebutuhan vital untuk individu yang dipergunakan untuk berbagai keperluan seperti memasak, minum, mandi, dan sebagainya. Air bersih merupakan

kebutuhan individu untuk mendukung suatu metabolisme tubuh manusia yang akan berdampak pada kesehatan. Akan tetapi saat ini untuk mendapatkan air bersih merupakan sesuatu yang tidak mudah di dapatkan serta laju pertumbuhan penduduk yang semakin tinggi dan juga tingginya kebutuhan dan ketersediaan air bersih. Beberapa kendala adalah ketersediaan air bersih yang terkendala oleh musim kekeringan yang panjang dan cuaca ekstrem di Indonesia beberapa tahun terakhir ini termasuk di Provinsi Jawa Tengah khususnya di Kota Semarang serta jumlah produksi dan jumlah konsumsi tidak seimbang [1]. Sehingga menjadi tantangan serius dalam memenuhi kebutuhan pasokan air bersih yang terus meningkat dan memerlukan solusi efektif untuk memastikan kesediaan air yang memadai bagi masyarakat di Kota Semarang [2].

Beberapa penelitian terkait mengenai permasalahan tersebut adalah penelitian mengenai pemanfaatan teknologi sumber daya air menggunakan analisis daerah aliran Sungai (DAS) berdasarkan kualitas air dan monitoring air [3]. Kemudian penelitian mengenai manajemen strategi pemetaan permasalahan pengelolaan air terhadap faktor faktor untuk mengidentifikasi penyebab permasalahan air berdasarkan kerusakan alam, perubahan iklim, keterbatasan sumber daya air serta ketidakseimbangan pasokan air [4]. Selanjutnya penelitian mengenai *smart water management* mengenai optimalisasi kondisi lingkungan dan sumber daya air berdasarkan kondisi meteorologi atau iklim untuk memecahkan permasalahan konservasi sumber daya air sebagai pengelolaan sumber daya air di Indonesia untuk memprediksi kebutuhan air yang akan datang [5].

Dari beberapa metode *multi-criteria recommender system* masalah di atas salah satunya metode *pareto front* dan *weighted sum* yang menggabungkan beberapa kriteria dalam memberikan rekomendasi untuk menyelesaikan masalah untuk optimalisasi yang seimbang untuk menemukan titik keseimbangan dalam berbagai kriteria yang bertentangan, sehingga mendapatkan hasil yang efektif dan adil [6], [7] [8]. Sehingga dapat di simpulkan dari beberapa penelitian di atas memerlukan suatu model rekomendasi untuk jumlah konsumsi dan produksi agar mendapatkan nilai kesimbangan untuk rekomendasi system.

Penelitian ini mengembangkan model *multi-criteria recommender system* dengan mempertimbangkan beberapa kriteria atau atribut dalam memberikan rekomendasi yang bermanfaat sebagai memfasilitasi pengambilan keputusan yang lebih baik berdasarkan rekomendasi yang sesuai berdasarkan jumlah produksi air dan jumlah konsumsi dengan menggunakan metode *pareto front* dan *weighted sum* dapat menyeimbangkan *trade off* antar kriteria. Sehingga memberikan solusi optimal untuk pihak yang terlibat pada mencapai keseimbangan manajemen sumber daya air di Provinsi Jawa Tengah khususnya di Kota Semarang.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1. Multi-Criteria Recommender System

*Multi-Criteria Recommender System* (MCRS) adalah sebuah sistem yang dirancang untuk memberikan rekomendasi dengan mempertimbangkan lebih dari satu kriteria atau atribut [9]. Berbeda dengan sistem rekomendasi tradisional yang biasanya hanya memperhitungkan satu faktor seperti rating pengguna, MCRS mempertimbangkan berbagai aspek, seperti kualitas, harga, kenyamanan, dan preferensi personal, secara bersamaan. Sistem ini menjadi lebih kompleks dan mampu memberikan rekomendasi yang lebih relevan, karena mencakup banyak dimensi kebutuhan atau preferensi pengguna [10], [11].

Karakteristik Utama MCRS:

- a. Beberapa Kriteria atau Atribut: MCRS mempertimbangkan berbagai atribut yang berbeda, seperti kepuasan pelanggan, biaya, kualitas produk, dan sebagainya, yang dapat memiliki nilai atau bobot berbeda tergantung pada pengguna atau konteks.
- b. Pemberian Bobot pada Kriteria: Setiap kriteria diberikan bobot yang mewakili tingkat kepentingannya dalam proses pengambilan keputusan. Misalnya, seorang pengguna mungkin lebih mementingkan harga dibandingkan kualitas, sementara pengguna lain sebaliknya.
- c. Optimasi Multi-Objektif: MCRS sering kali menggunakan metode optimasi multi-objektif, seperti *pareto front* atau *weighted sum*, untuk menyeimbangkan berbagai kriteria yang saling bertentangan dan memberikan rekomendasi yang seimbang.

- d. Personalisasi yang Lebih Baik: Dengan mempertimbangkan lebih dari satu kriteria, MCRS mampu menyediakan rekomendasi yang lebih personal dan sesuai dengan preferensi unik setiap pengguna.

Metode Optimasi dalam MCRS menggunakan berbagai teknik optimasi untuk mencapai solusi terbaik. Dua pendekatan umum yang digunakan adalah:

- a. *Weighted Sum Method*: Metode ini melibatkan penjumlahan semua kriteria setelah diberikan bobot yang sesuai, kemudian memilih solusi dengan nilai tertinggi.
- b. *Pareto Front*: *Pareto front* digunakan untuk menemukan solusi optimal di mana tidak ada kriteria yang bisa ditingkatkan tanpa mengorbankan kriteria lain. Metode ini membantu dalam situasi di mana terdapat *trade-off* antara kriteria yang berbeda [12].

**2.2. Metode Weighted-Sum**

Masalah optimasi *multiobjektif* sering diselesaikan dengan menggabungkan beberapa tujuan menjadi satu fungsi skalar tujuan tunggal. Pendekatan yang palingsederhana dan paling umum adalah *weighted-sum* atau metode skalarisasi [13] didefinisikan sebagai:

$$\begin{aligned} \text{Minimize } u(x) &= \sum_{i=1}^q W_i F_i(\mathbf{x}) & (1) \\ x &\in S \end{aligned}$$

Dengan :

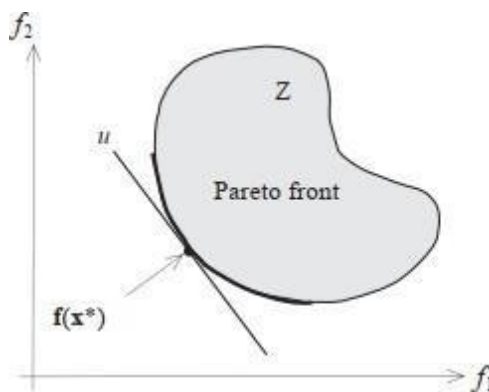
$u(x)$  adalah fungsi tujuan yang ingin diminimalkan

$W_i$  adalah bobot yang diberikan untuk setiap fungsi  $F_i(x)$

$F_i(x)$  adalah fungsi yang bergantung pada variabel  $x_i$ ,

$q$  adalah jumlah kriteria atau tujuan yang akan dipertimbangkan

Perwakilan dari masalah dari fungsi tujuan unik  $u(x)$ . Sehingga menjelaskan bobot  $w_i$  biasanya ditetapkan oleh pengambil keputusan, seperti  $\sum_{i=1}^q w_i = 1$  dan  $w_i \geq 0 \forall i$ . Secara grafis fungsi tujuan baru  $u(x)$  adalah *hyperplane* ruang kriteria dimensi 1. Sedangkan untuk masalah dua tujuan ( $q = 2$ ), fungsi tujuan baru  $u(x)$  adalah garis lurus pada bidang  $f_1$ - $f_2$ . Catatan bahwa kemiringan garis lurus ditentukan oleh bobot  $w_1$  dan  $w_2$  [14]. Solusi optimalnya adalah titik singgung dari garis lurus yang berpotongan dengan *pareto front* dari ruang kriteria layak seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 dibawah ini



**Gambar 1.** Representasi geometris dari pendekatan penjumlahan tertimbang dalam kasus *pareto front* yang cembung

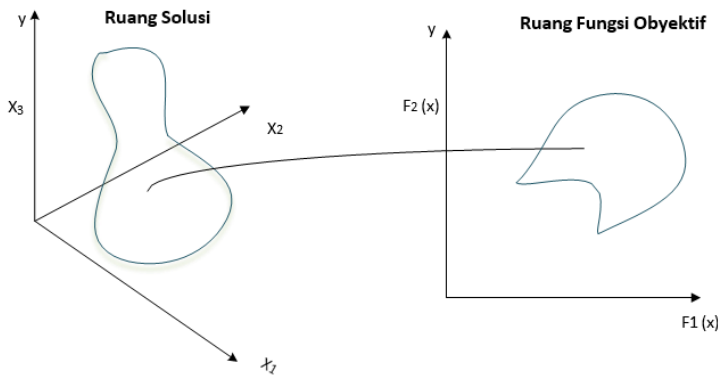
**2.3. Metode Pareto Front**

Permasalahan metode *Pareto Front* terdapat vektor fungsi obyektif. Setiap vektor fungsi obyektif adalah vektor solusi. Pada permasalahan *Pareto Front* tidak ada satu solusi yang terbaik untuk semua tujuan melainkan beberapa solusi [15], [16].

*Pareto Front* terdapat ruang multi dimensi dari vektor fungsi obyektif dan ruang variabel keputusan dari vektor solusi. Setiap ruang solusi dalam ruang variabel keputusan terdapat satu titik pada ruang fungsi obyektif. Pemetaan antaravektor solusi  $x$  dan vektor fungsi obyektif  $f(x)$  dapat dilihat pada gambar 2 dengan adanya pemetaan ini, maka konveksitas suatu ruang solusi dari ruang fungsi obyektif adalah sangat penting dalam menyelesaikan permasalahan fungsi obyektif. Fungsi obyektif dikatakan konveks apabila memenuhi persamaan berikut.

$$f(\theta x + (1 - \theta)y) \leq \theta f(x) + (1 - \theta)f(y) \tag{2}$$

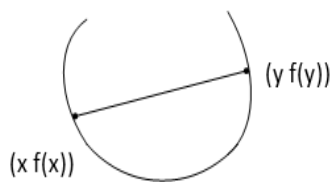
Persamaan  $x, y \in \text{domain } f$  dan nilai  $\theta$  yaitu  $0 \leq \theta \leq 1$ . Untuk memudahkan pemahaman maka persamaan (10.1) diartikan bahwa garis antara  $(x, f(x))$  dan  $(y, f(y))$  yang melintang menuju  $y$  terletak di atas grafik  $f$ . Ini dapat dilihat pada gambar 2



**Gambar 2.** Pemetaan ruang solusi dan ruang fungsi obyektif [15]

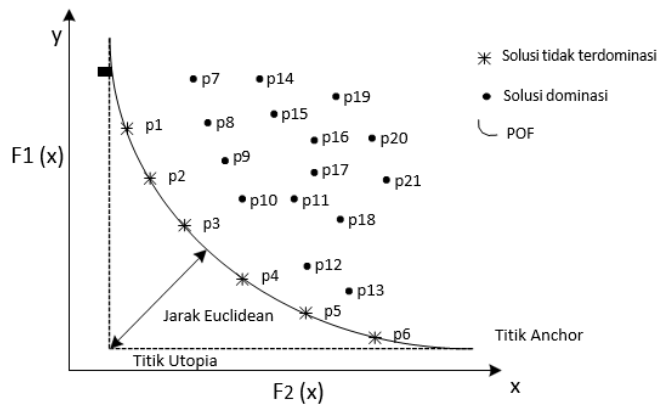
Secara matematis, permasalahan MOO dengan metode *pareto front* dapatditulis berikut ini :

$$\begin{aligned}
 F_{1,opt} &= \min F_1(x) & F_{2,opt} &= \max F_2(x) \\
 & & & \dots\dots\dots \\
 F_{n,opt} &= \min F_n(x) & & \tag{3}
 \end{aligned}$$



**Gambar 3.** Fungsi konveks

Selanjutnya optimasi dengan dua fungsi obyektif maka solusi tidak terdominasi dapat digambarkan dalam *pareto optimal front* (POF) dalam bidang datar (dua dimensi). Sebagai contoh fungsi obyektif yaitu dengan meminimalkan fungsi  $f_1(x)$  dan  $f_2(x)$  maka solusi tidak terdominasi, seperti yang terlihat pada gambar 4 Sedangkan optimasi dengan tiga fungsi obyektif, solusi yang tidak terdominasi dapat digambarkan dalam POF pada bidang ruang (tiga dimensi)[12]. Apabila optimasi dengan fungsi obyektif lebih dari tiga maka solusi tidak terdominasi tidak dapat digambarkan ke dalam POF[17].

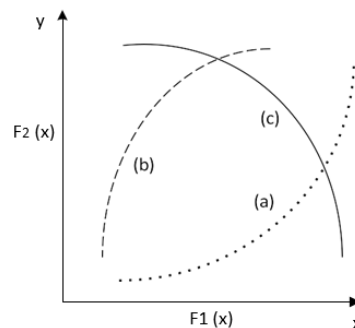


**Gambar 4.** Pareto optimal front untuk dua fungsi obyektif

Gambar 4 menunjukkan titik-titik solusi. Dari titik-titik solusi tersebut terdapat solusi dominasi dan solusi tidak terdominasi. Solusi dominasi dan solusi tidak terdominasi dapat diketahui dengan membandingkan dua buah solusi, sebagaicontoh p3 dan p9 yang terdapat pada *pareto optimal solution* (POS) [18], [19]. Sebuah solusip3 dikatakan dominasi dari solusi p9 apabila kedua kondisi dibawah ini benar yaitu:

- a. Solusi p3 tidak buruk dibandingkan p9 dalam semua fungsi obyektif
- b. Solusi p3 lebih baik dibandingkan dengan solusi p9 untuk paling sedikit satu fungsi obyektif.

POF untuk dua fungsi obyektif  $f_1(x)$  dan  $f_2(x)$  dengan tujuan yang berbedada tiga kombinasi lagi yang dapat dilihat pada gambar 5.



**Gambar 5.** Kombinasi POF untuk dua fungsi obyektif

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini digunakan untuk menemukan penyelesaian dari permasalahan, metode yang digunakan pada pengembangan sistem ini adalah *Multi-Criteria Recommender System* menggunakan metode CRISP-DM (*Cross-Industry Standard Process for Data Mining*) adalah metodologi yang sangat sesuai untuk penelitian ini untuk pengembangan sistem rekomendasi manajemen sumber daya air. Metodologi ini bersifat iteratif dan fleksibel, yang memungkinkan pengembangan model yang berfokus pada analisis dan pemahaman data dengan baik [20] [21]. Tahapan CRISP-DM dalam penelitian ini adalah

#### 1. Business Understanding

Mengidentifikasi tujuan penelitian, yaitu untuk memberikan rekomendasi yang bermanfaat dalam pengambilan keputusan untuk manajemen sumber daya air di Jawa Tengah serta memahami kebutuhan *stakeholders*, seperti pemerintah daerah, perusahaan air, dan masyarakat.

#### 2. Data Understanding

Mengumpulkan data terkait dengan jumlah produksi air, konsumsi air, sebagai variabel mempengaruhi ketersediaan air bersih serta menganalisis kualitas data dan mengeksplorasi pola-pola yang mungkin ada dalam data tersebut. Data yang digunakan dari Badan Pusat Statistik Air Bersih Jawa Tengah Tahun 2022 [1].

3. *Data Preparation*

Semua data pada persiapan penelitian ini membangun dataset MCRS untuk manajemen sumber daya air yang diterapkan pada pemodelan menggunakan metode *weighted sum* dan *pareto front*

4. *Modeling*

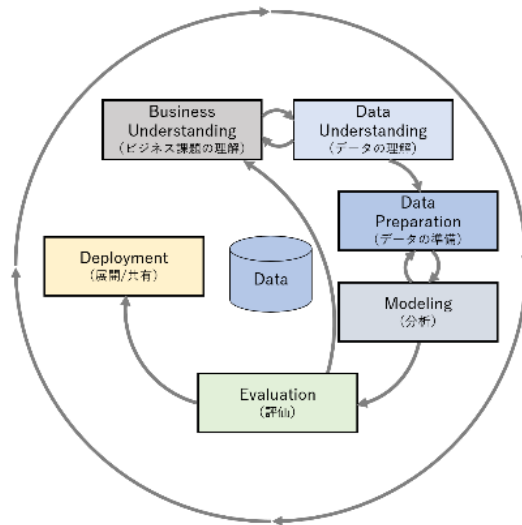
Membangun model *multi-criteria recommender system* menggunakan metode *weighted sum* dan *pareto front* untuk menyeimbangkan *trade-off* antar kriteria dengan  $Weighted_1 (W_1)$  yaitu *weighted* untuk meminimalkan konsumsi air dan  $Weighted_2 (W_2)$  yaitu *weighted* untuk memaksimalkan produksi menggunakan Google Colab untuk mengimplementasikan algoritma dan melakukan analisis data.

5. *Evaluation*

Pada fase Mengevaluasi hasil dari model yang dibangun untuk memastikan bahwa model dengan tujuan fase awal sehingga dapat memberikan rekomendasi yang akurat dengan mengevaluasi sesuai bobot (*Weighted*) yang digunakan untuk meminimalkan konsumsi air dan  $Weighted_2 (W_2)$  yaitu *weighted* untuk memaksimalkan produksi.

6. *Deployment*

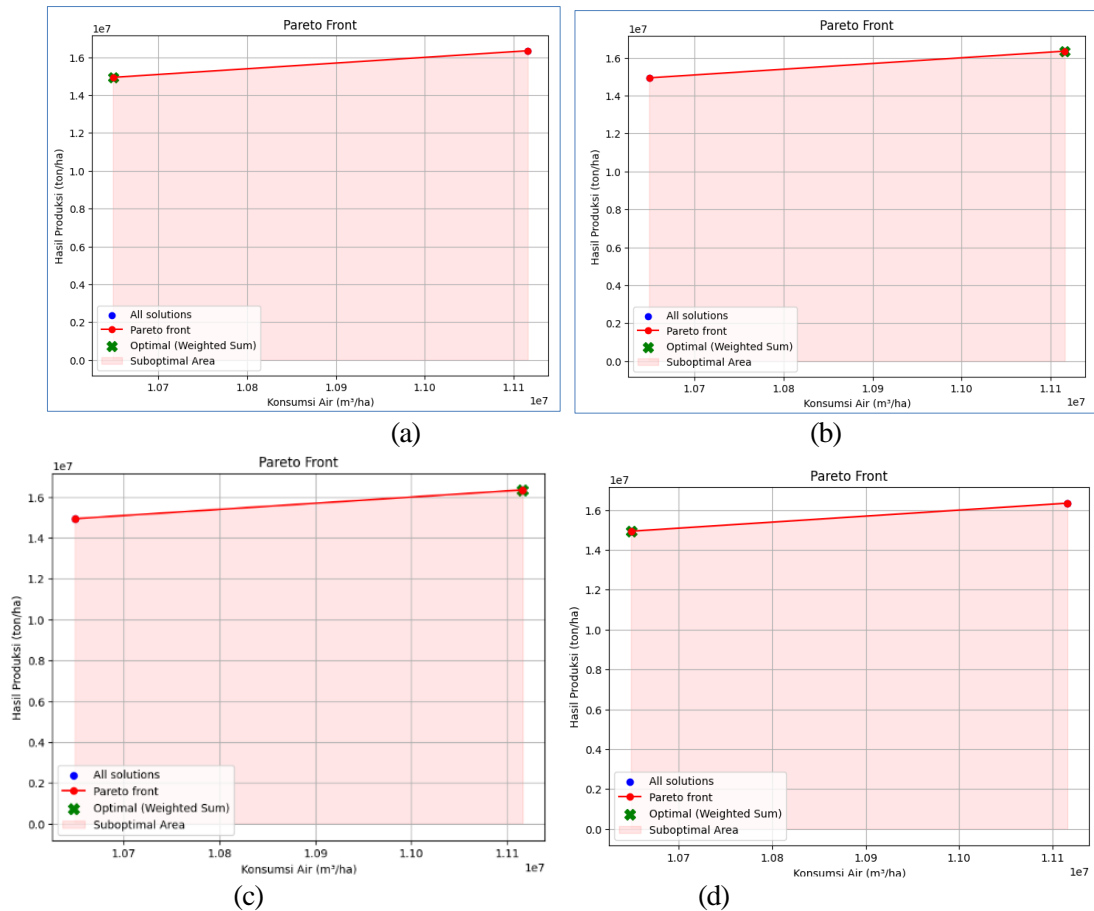
Tahap selanjutnya adalah mengimplementasikan sistem rekomendasi dalam bentuk laporan dan presentasi dari pemodelan proses model *multi-criteria recommender system* serta memvisualisasikan rekomendasi kepada PDAM Kota Semarang.



**Gambar 6.** Metode CRISP-DM (*Cross-Industry Standard Process for Data Mining*)

4. **PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN**

Implementasi dari *Multi-Criteria Recommender System* menggunakan Google Colab dengan bahasa pemrograman python dengan  $Weighted_1 (W_1)$  yaitu *weighted* untuk meminimalkan konsumsi air dan  $Weighted_2 (W_2)$  yaitu *weighted* untuk memaksimalkan produksi sebagai berikut terlihat pada gambar 7.



**Gambar 7.** *Multi-Criteria Recommender System* menggunakan *weighted sum* dan *pareto front* (a) Untuk Meminimalkan Konsumsi  $W_1 = 0,5$  dan Memaksimalkan Produksi  $W_2 = 0,5$  (b) Untuk Untuk Meminimalkan Konsumsi  $W_1 = 0,1$  dan Memaksimalkan Produksi  $W_2 = 0,9$  (c) Untuk Untuk Meminimalkan Konsumsi  $W_1 = 0,4$  dan Memaksimalkan Produksi  $W_2 = 0,6$  (d) Untuk Untuk Meminimalkan Konsumsi  $W_1 = 0,7$  dan Memaksimalkan Produksi  $W_2 = 0,3$

Solusi yang di dapatkan terlihat pada Gambar 7.(a) *Multi-Criteria Recommender System* menggunakan *weighted sum* dan *pareto front* Untuk Meminimalkan Konsumsi dengan  $Weighted_1 = 0,5$  dan untuk memaksimalkan produksi  $Weighted_2 = 0,5$  dengan kombinasi konsumsi air pada sumbu x dan hasil produksi pada sumbu y pada garis merah merupakan titik titik garis ini yang merupakan solusi yang tidak dapat di dominasi oleh solusi yang lain. Hasil yang didapatkan untuk  $Weighted_1 = 0,5$  dan  $Weighted_2 = 0,5$ . Sehingga menghasilkan solusi tengah dimana mendapatkan nilai dari hasil kompromi yang seimbang 1,065. Solusi Optimal yang di dapatkan untuk variabel Konsumsi Air = 1.064.9104 m<sup>3</sup>/ha dan variabel Hasil Produksi = 14.933.601 ton/ha

Solusi yang di dapatkan terlihat pada Gambar 7.(b) *Multi-Criteria Recommender System* menggunakan *weighted sum* dan *pareto front* untuk Untuk Meminimalkan Konsumsi  $Weighted_1 = 0,1$  dan Memaksimalkan Produksi  $Weighted_2 = 0,9$ . Sehingga Solusi Optimal yang di dapatkan untuk variabel Konsumsi Air = 11.115.920 m<sup>3</sup>/ha dan variable Hasil Produksi = 16.341.636 ton/ha

Solusi yang di dapatkan terlihat pada Gambar 7.(c) *Multi-Criteria Recommender System* menggunakan *weighted sum* dan *pareto front* untuk Untuk Meminimalkan Konsumsi  $Weighted_1 = 0,4$  dan Memaksimalkan Produksi  $Weighted_2 = 0,6$ . Sehingga Solusi Optimal yang di dapatkan untuk variabel Konsumsi Air 11.115.920 m<sup>3</sup>/ha, Hasil Produksi = 16.341.636 ton/ha

Solusi yang di dapatkan terlihat pada Gambar 7.(d) *Multi-Criteria Recommender System* menggunakan *weighted sum* dan *pareto front* untuk Untuk Meminimalkan Konsumsi  $Weighted_1 = 0,7$  dan Memaksimalkan Produksi  $Weighted_2 = 0,3$ . Sehingga Solusi Optimal yang di dapatkan untuk variabel Konsumsi Air = 10.649.104 m<sup>3</sup>/ha, Hasil Produksi = 14.933.601 ton/ha.

Solusi yang ditampilkan pada gambar di atas menunjukkan sebagai berikut :

- Titik Data (Biru): Semua titik yang merepresentasikan skenario yang ada dalam dataset Anda. Setiap titik menunjukkan kombinasi konsumsi air (sumbu x) dan hasil produksi (sumbu y) untuk dua tahun yang berbeda.
- Garis *pareto front* (merah): Garis yang menghubungkan titik-titik yang membentuk *pareto front*. Titik-titik ini adalah solusi optimal di mana tidak ada titik lain yang dapat meningkatkan hasil produksi tanpa meningkatkan konsumsi air. Dengan kata lain, jika kita bergerak di sepanjang garis ini, kita tidak dapat menemukan solusi yang lebih baik dalam hal keseimbangan antara konsumsi air dan hasil produksi.
- Titik Optimal (Hijau): Titik yang ditandai dengan warna hijau adalah solusi optimal berdasarkan metode *weighted sum*. Ini adalah skenario di mana kombinasi konsumsi air dan hasil produksi memberikan skor tertinggi berdasarkan bobot yang telah ditentukan.
- Area Diarsir (Merah Muda): Area di bawah garis *pareto front* yang diarsir untuk menunjukkan daerah yang dianggap suboptimal. ini berarti bahwa setiap titik dalam area ini tidak dapat dianggap sebagai solusi yang baik karena ada alternatif yang lebih baik di sepanjang yang *Pareto front*.

Interpretasi Hasil sebagai berikut :

- Optimal Solution: Solusi optimal memberikan informasi yang berguna bagi pengambil keputusan. Dalam konteks manajemen sumber daya air, hasil ini menunjukkan berapa banyak air yang harus dikonsumsi untuk mencapai hasil produksi maksimum, sesuai dengan bobot (*weighted*) yang ditentukan untuk tujuan pengurangan konsumsi air dan peningkatan hasil produksi.
- Trade-Off: Dengan adanya *pareto front*, Anda dapat melihat *trade-off* antara dua kriteria (konsumsi air dan hasil produksi). Jika fokus utama Anda adalah meminimalkan konsumsi air, Anda harus menerima pengurangan dalam hasil produksi. Sebaliknya, jika Anda ingin memaksimalkan hasil produksi, Anda mungkin perlu mengorbankan konsumsi air yang lebih tinggi.

Hasil ini dapat pengembangan *weighted sum* dan *pareto front* sebagai *multi-criteria recommender system* sebagai berikut

- Pengambilan Keputusan: Membantu dalam pengambilan keputusan strategis tentang alokasi sumber daya air di pertanian atau kegiatan produksi lainnya.
- Perencanaan Kebijakan: Memberikan informasi yang relevan bagi pembuat kebijakan untuk merumuskan kebijakan yang mendukung penggunaan sumber daya air yang berkelanjutan.
- Analisis Sensitivitas: Mengubah bobot  $w_1$  dan  $w_2$  dalam script dan melihat bagaimana solusi optimal berubah, membantu memahami sensitivitas keputusan terhadap prioritas yang ditetapkan. Sehingga dapat diberi kesimpulan bahwa hasil yang didapatkan tergantung dengan bobot *weighted* yang di inputkan. Dalam kasus ini, solusi di *pareto front* adalah kombinasi terbaik antara konsumsi air dan hasil produksi. Dengan penjelasan sebagai berikut : Titik di bagian kiri pada *pareto front* memiliki konsumsi air yang relatif lebih rendah, tetapi hasil produksinya juga moderat. Kemudian Titik di bagian kanan *pareto front* memiliki hasil produksi yang tinggi, tetapi membutuhkan konsumsi air yang lebih besar.

## 5. KESIMPULAN

Penggunaan *Pareto front* dan *weighted sum* pada *multi-criteria recommender system* untuk pengelolaan sumber daya air sebagai pendekatan yang baik untuk mencapai keseimbangan antara berbagai tujuan yang sering saling bertentangan. Dengan mengidentifikasi suatu solusi optimal dan mengevaluasi preferensi berdasarkan bobot, pengambil keputusan dapat merumuskan kebijakan yang lebih baik untuk memastikan keberlanjutan dan keadilan dalam distribusi sumber daya air di Kota Semarang. Solusi metode *pareto front* menunjukkan bahwa dapat memilih solusi di sepanjang garis *pareto front* berdasarkan prioritas untuk menghemat air, maka pilih titik di bagian kiri. Sehingga dapat memaksimalkan hasil produksi dengan memilih titik di bagian kanan. Penggabungan dengan menggunakan metode *weighted sum* memberikan pilihan kompromi antara kedua kriteria (konsumsi air dan hasil produksi) berdasarkan bobot yang ditentukan dengan  $Weighted_1 (W_1)$  *weighted* untuk



meminimalkan konsumsi air dan  $Weighted_2 (W_2)$  *weighted* untuk memaksimalkan produksi Hal ini dapat menjadi solusi yang dapat diterapkan sesuai dengan kondisi spesifik atau tujuan dari manajemen sumber daya air di Kota Semarang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Diaz Ardianzah, C. Darujati, and A. Bimo Gumelar, "Analisa Perhitungan Performance Maintenance Head Truck Menggunakan Metode Total Productive Maintenance (TPM) Head Truck Performance Calculation Analysis Using Total Productive Maintenance (TPM) Method," 2023.
- [2] Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah, "Statistik air bersih provinsi jawa tengah 2022," no. 2407–3407, 2022.
- [3] I Gede Made Yudi Antara, "Pemanfaatan Teknologi Informasi dalam Pengelolaan Sumber Daya Air Berbasis Kearifan Lokal," *Jurnal Sistem Informasi dan Komputer Terapan Indonesia (JSIKTI)*, vol. 4, no. 2, Dec. 2021.
- [4] W. Wijiharta, S. Tinggi, E. Islam, and H. Yogyakarta, "Pendekatan Environmental Scanning Manajemen Strategi dalam Pemetaan Permasalahan Pengelolaan Sumberdaya Air," *Youth & islamic economic journal*, Jan. 2023, doi: 10.5281/zenodo.13770003.
- [5] A. Marianti, "Indonesian Journal of Conservation i j Integrasi Smart Water Management Berbasis Kearifan Lokal Sebagai Upaya Konservasi Sumber Daya Air di Indonesia," *Indonesian Journal of Conservation*, vol. 10, no. 1, pp. 67–108, 2021, doi: 10.15294/ijc.v10i1.31036.
- [6] M. Davtalab-Olyaie, M. A.-E. J. of Operational, and undefined 2021, "On Pareto-optimality in the cross-efficiency evaluation," *Elsevier*, Accessed: Apr. 03, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221720304860>
- [7] T. P. Bagchi, "Pareto-optimal solutions for multi-objective production scheduling problems," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 1993, pp. 458–471, 2001, doi: 10.1007/3-540-44719-9\_32.
- [8] A. N. Putri, M. Hariadi, and R. F. Rachmadi, "Multi-objective Optimization of Production Using Simplex , Goal Programming , and Pareto Front Models," vol. 16, no. 2, pp. 63–73, 2023, doi: 10.22094/JOIE.2023.1985816.2062.
- [9] Q. Shambour, "A deep learning based algorithm for multi-criteria recommender systems," *Knowl Based Syst*, vol. 211, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.knosys.2020.106545.
- [10] M. Li, S. Yang, and X. Liu, "Diversity comparison of Pareto front approximations in many-objective optimization," *IEEE Trans Cybern*, vol. 44, no. 12, pp. 2568–2584, Dec. 2014, doi: 10.1109/TCYB.2014.2310651.
- [11] Z. Wang and G. P. Rangaiah, "Application and Analysis of Methods for Selecting an Optimal Solution from the Pareto-Optimal Front obtained by Multiobjective Optimization," *Ind Eng Chem Res*, vol. 56, no. 2, pp. 560–574, Jan. 2017, doi: 10.1021/acs.iecr.6b03453.
- [12] B. Du, S. Guo, X. Huang, Y. Li, and J. Guo, "A Pareto supplier selection algorithm for minimum the life cycle cost of complex product system," *Expert Syst Appl*, vol. 42, no. 9, pp. 4253–4264, Jun. 2015, doi: 10.1016/j.eswa.2015.01.056.
- [13] T. Mitra and K. Ozbek, "Ranking by weighted sum," *Econ Theory*, vol. 72, no. 2, pp. 511–532, 2021, doi: 10.1007/s00199-020-01305-w.
- [14] W. Jakob and C. Blume, "Pareto optimization or cascaded weighted sum: A comparison of concepts," *Algorithms*, vol. 7, no. 1, pp. 166–185, 2014, doi: 10.3390/a7010166.
- [15] N. Gunantara, "A review of multi-objective optimization: Methods and its applications," *Cogent Eng*, vol. 5, no. 1, pp. 1–16, 2018, doi: 10.1080/23311916.2018.1502242.
- [16] "Gunantara, N.(2018).Teknik Optimasi - Google Scholar." Accessed: Apr. 03, 2023. [Online]. Available: [https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as\\_sdt=0%2C5&q=Gunantara%2C+N.%282018%29.Teknik+Optimasi&btnG=](https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=Gunantara%2C+N.%282018%29.Teknik+Optimasi&btnG=)

- 
- [17] A. Navon, A. Shamsian, G. Chechik, E. F. preprint arXiv, and undefined 2020, “Learning the pareto front with hypernetworks,” *arxiv.org*, Accessed: Mar. 20, 2023. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2010.04104>
- [18] N. Idris, T. Sin, S. Ibrahim, M. F.-... of S. 2020, and undefined 2021, “A case study of coffee sachets production defect analysis using pareto analysis, P-control chart and Ishikawa diagram,” *Springer*, pp. 1295–1305, 2021, doi: 10.1007/978-981-16-0866-7\_115.
- [19] A. K. Adisusilo, M. Hariadi, E. M. Yuniarno, and B. Purwantana, “Optimizing player engagement in an immersive serious game for soil tillage base on Pareto optimal strategies,” *Heliyon*, vol. 6, no. 3, p. e03613, Mar. 2020, doi: 10.1016/J.HELIYON.2020.E03613.
- [20] M. Nazar Yuniar, “Klasifikasi Kualitas Air Bersih Menggunakan Metode Naïve baiyes,” *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 5, no. 1, pp. 243–246, 2023, doi: 10.55338/saintek.v5i1.1383.
- [21] Yadi, “Prediksi Nasabah Kredit Usaha Rakyat Menggunakan Algoritma C4.5 Prediction People’s Kredit Usaha Rakyat Using C4.5 Algorithm Yadi 1),” Sep. 2024.