Jurnal Sistem Informasi Bisnis 01(2025)
Copyright ©2025, JSINBIS, p-ISSN: 2502-2377, e-ISSN: 2088-3587
On-line: http://ejournal.undip.ac.id/index.php/jsinbis/article/view/47672

Penentuan Prioritas Persediaan Barang dengan Menggunakan Hybrid Method

Muhammad Satria Aldino, Sulis Sandiwarno*

Faculty of Computer Science, Universitas Mercu Buana, Jakarta

Naskah masuk: 5 Desember 2023; Revisi terakhir: 31 Mei 2024;
Diterima publikasi: 8 Januari 2025; Tersedia daring: 28 Februari 2025
DOI : 10.14710/vol15iss1pp1-10

Abstract

Warehouse is a facility that serves as storage of goods or products. Inventory of goods has an impact on the continuity of the construction project, because if the material runs out, the contractor cannot carry out the work, as a result the project may be delayed from the predetermined schedule. The purpose of the warehouse is to monitor and control the incoming or outgoing materials in a project. In previous studies, an analysis of the AHP and TOPSIS methods has been carried out, but AHP has problems when used in cases with a large number of criteria and alternatives. While TOPSIS has problems in determining the value of the criteria because it is too subjective. Therefore, in this study we propose a hybrid method for calculating DSS which is called "Analytical Hierarchy – Similarity to Ideal Process" (AH-SIP). This proposed method has goals, namely in determining the value of the criteria with a comparison matrix using AHP, and performing alternative rankings using TOPSIS. The results of this study in determining the best material recommendations for procurement are D 25 Threaded Iron with a preference of 0.777, Chicken Wire with a preference of 0.677, and Pilox with a preference of 0.669.

Keywords: Decision Support System; Material Inventory; AHP; TOPSIS

Abstrak

Gudang adalah sebuah fasilitas yang berfungsi sebagai penyimpanan persediaan barang atau produk. Persediaan barang mempunyai efek yang berdampak terhadap berlangsungnya proyek konstruksi, apabila material habis maka kontraktor tidak dapat melaksanakan pekerjaan, akibatnya proyek dapat terlambat dari jadwal yang telah ditentukan. Tujuan adanya gudang yaitu untuk memantau dan mengendalikan material yang keluar ataupun masuk dalam suatu proyek. Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan analisa terhadap metode AHP dan TOPSIS, akan tetapi AHP memiliki masalah apabila digunakan pada kasus dengan jumlah kriteria dan alternatif yang banyak, sedangkan TOPSIS memiliki masalah dalam menentukan nilai kriteria karena terlalu subjektif. Oleh karena itu, dalam penelitian ini kami mengusulkan sebuah metode hibrid untuk perhitungan SPK yang dinamakan "Analytical Hierarchy – Similarity to Ideal Process" (AH-SIP) yang mana metode yang kami usulkan ini mengadopsi AHP dan TOPSIS. Tahapan dari metode tersebut adalah dengan mendapatkan nilai AHP dan TOPSIS kemudian, dari kedua nilai tersebut digabungkan. Metode yang diusulkan ini memiliki tujuan, yaitu dalam menentukan nilai kriteria dengan matriks perbandingan menggunakan AHP dan melakukan perankingan alternatif menggunakan TOPSIS. Adapun hasil dari penelitian ini dalam menentukan rekomendasi material terbaik untuk dilakukan pengadaan yaitu Besi Ulir D 25 dengan preferensi sebesar 0.777, Kawat Ayam dengan preferensi sebesar 0.677, dan Pilox dengan preferensi 0.669.

Kata kunci: Sistem Pendukung Keputusan; Persediaan Material; AHP; TOPSIS.

1. Pendahuluan

Gudang adalah sebuah fasilitas yang berfungsi sebagai penyimpanan persediaan barang atau material. Persediaan barang mempunyai efek yang berdampak terhadap berlangsungnya proyek konstruksi, karena jika material habis maka kontraktor tidak dapat melaksanakan pekerjaan, akibatnya proyek dapat terlambat dari jadwal yang telah ditentukan. Maka diperlukannya pengadaan untuk menambah saldo dari material tersebut sehingga pekerjaan dapat terus berlangsung. Namun disatu sisi timbul permasalahan di mana tidak adanya acuan dalam memilah material yang memang perlu dilakukan pengadaan. Sehingga material yang habis menjadi satu satunya acuan dalam melakukan pengadaan material.

Dengan adanya permasalahan diatas, salah satu jalan untuk menanganinya adalah dengan membuat suatu model yang bertujuan untuk membantu petugas dalam pengambilan keputusan. Pada dasarnya pengambilan keputusan merupakan sebuah pendekatan yang bersifat sistematis terhadap suatu masalah, pengumpulan data yang diolah menjadi sebuah informasi dengan maksud sebagai bahan alternatif untuk pengambilan tindakan (Sandiwarno, 2021; Sandiwarno *et al.*, 2023; Sandiwarno & Wardhana, 2019). Teknologi informasi dan komputer dapat digunakan untuk membantu pengambilan keputusan mulai dari mengidentifikasi masalah, memilih data yang relevan dan menentukan pendekatan yang digunakan dalam proses pengambilan keputusan, sampai mengevaluasi

*) Penulis korespondensi: sulis.sandiwarno@mercubuana.ac.id

Copyright ©2025, JSINBIS, p-ISSN: 2502-2377, e-ISSN: 2088-3587
On-line: http://ejournal.undip.ac.id/index.php/jsinbis/article/view/47672

pemilihan alternatif, melakukan penilaian, melakukan perubahan kriteria dan perubahan nilai bobot (Tobing *et al.*, 2020).

Dalam penerapannya, sistem persediaan pada proyek pembangunan Stasiun Pompa Ancol Sentiong masih dilakukan dengan dua tahapan, yaitu menuliskan data material secara manual pada formulir lalu diinputkan kedalam excel sebagai pembukuan untuk tiap material (Nugroho & Eliyani, 2021; Rahayu *et al.*, 2020). Selain itu tidak adanya acuan dalam memilih material yang sudah perlu dilakukannya pengadaan kembali ketika proyek berlangsung. Sehingga satu satunya acuan yaitu ketika material tersebut sudah habis barulah akan dilakukan pengadaan. Berakibat pekerjaan seringkali tertunda dan mengakibatkan proyek tidak dapat selesai pada waktu yang ditentukan.

Berdasarkan permasalahan yang ada diperlukan sistem yang dapat mengatasi permasalahan tersebut dengan menggunakan suatu metode yang dapat membantu menajemen persediaan dalam proyek serta menjadi acuan dalam melakukan pengadaan. Penelitian ini mengusulkan sebuah metode baru dengan menggabungkan AHP dan TOPSIS yang dinamakan Analytical Hierarchy – Similarity to Ideal Process (AH-SIP). Metode ini memiliki dua tujuan utama, menentukan nilai kriteria dengan matriks perbandingan menggunakan AHP dan melakukan perankingan alternatif menggunakan TOPSIS.

2. Kerangka Teori

2.1. Persediaan Barang

Sistem persediaan material pada suatu perusahaan sangat penting, yaitu untuk meningkatkan keuntungan perusahaan. Maka tmtuk mencapai efisiensi persediaan bahan, paling sedikit managemen harus dapat menentukan suatu jumlah yang tepat untuk dibeli serta kapan pembelian tersebut dilaksanakan (Satyagraha *et al.*, 2020). Dari pembelian bahan baku tersebut diharapkan proses produksi perusahaan tidak terganggu (disebabkan karena gangguan bahan baku). Serta biaya-biaya persediaan bahan tersebut dapat ditekan seminimal mungkin (Agusli *et al.*, 2020). Sasaran akhir dari sistem persediaan material adalah untuk menghasilkan keputusan tingkat persediaan, yang menyeimbangkan tujuan diadakannya persediaan dengan biaya yang dikeluarkan sehingga dapat meminimumkan total biaya material.

Pada penelitian sebelumnya sudah terdapat beberapa metode yang digunakan dalam melakukan analisa dalam sistem persediaan material ini, salah satunya dengan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dalam menentukan prioritas material terbaik untuk dilakukan pengadaan. Namun masih terdapat kekurangan seperti banyaknya waktu yang diperlukan dalam proses kalkulasi . Untuk itu pada penelitian kali ini kami mencoba untuk mengkombinasi metode AHP dengan metode TOPSIS untuk mengoptimalkan hasil dari pengambilan keputusan.

2.2. Sistem Pendukung Keputusan

Teknologi informasi dapat digunakan untuk membantu pengambilan keputusan dalam Sistem Pendukung Keputusan (Decisions Support System) mulai dari mengidentifikasi masalah, memilih data yang relevan dan menentukan pendekatan yang digunakan dalam proses pengambilan keputusan, sampai mengevaluasi pemilihan alternatif, melakukan penilaian, melakukan perubahan kriteria dan perubahan nilai bobot (Pendiagnosa *et al.*, 2011).

Sistem pendukung keputusan adalah sistem informasi interaktif yang menyediakan informasi, pemodelan, dan pemanipulasian data. Sistem pendukung keputusan digunakan untuk membantu pengambilan keputusan dalam situasi yang semi terstruktur dan situasi yang tidak terstruktur. Sedangkan Menurut SAS (SAS *et al.*, 2022), Sistem Pendukung Keputusan biasanya dibangun untuk mendukung solusi atau masalah atau untuk suatu peluang.

Sistem pendukung keputusan memiliki beberapa karakteristik, menurut Nofriansyah dalam Beti (Beti, 2019) karakteristik sistem pendukung keputusan ada enam, sebagai berikut :

1) Mendukung proses pengambilan keputusan suatu organisasi atau perusahaan.
2) Adanya intergace manusia atau mesin di mana manusia tetap memegang control proses pengambilan keputusan.
3) Mendukung pengambilan keputusan untuk membahas masalah terstruktur , semi terstruktur serta mendukung beberapa keputusan yang saling berinteraksi.
4) Memiliki kapasistas dialog untuk memperoleh informasi sesuai dengan kebutuhan.
5) Memiliki subsistem yang terntergrasi sedemikian rupa sehingga dapat berfungsi sebagai suatu kesatuan sistem.
6) Memiliki dua komponen utama yaitu data dan model.

Berdasarkan beberapa pendapat yang dikemukakan diatas maka dapat disimpulkan bahwa Sistem pendukung keputusan (SPK) adalah sebuah sistem berbasis komputer yang dibangun bertujuan untuk membantu pihak manajemen dalam pengambilan keputusan. Sehingga SPK dapat diaplikasikan dalam menentukan prioritas barang yang perlu dilakukan pengadaan.

2.3. Analytic Hierarchy Process (AHP)

AHP merupakan metode untuk dapat membantu memecahkan persoalan yang kompleks dengan menstrukturkan suatu hirarki kriteria (indikator) dan mengambil berbagai pertimbangan menggunakan bobot atau prioritas (Hidayat *et al.*, 2018). Sedangkan menurut Ayu (Ayulestari *et al.*, 2019) AHP adalah

Copyright ©2025, JSINBIS, p-ISSN: 2502-2377, e-ISSN: 2088-3587
On-line: http://ejournal.undip.ac.id/index.php/jsinbis/article/view/47672

salah satu metode pengambilan keputusan sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan di mana kriteria pengambilan keputusan tersebut dapat bersifat multi kriteria dengan menyusun prioritas menggunakan prosedur yang logis dan terstruktur (Kochovski *et al.*, 2019; Zytoon, 2020).

Metode AHP juga memiliki kemampuan memecahkan masalah yang multiobjektif dan multi kriteria yang berdasarkan pada perbandingan referensi dari setiap elemen dalam hirarki. Jadi model ini merupakan suatu model pengambilan keputusan yang komperhensif (Al-Marom & Wibisono, 2021).

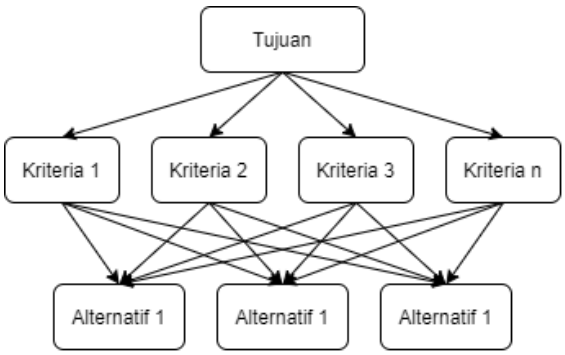
Rahmat (Agusli *et al.*, 2020) dalam penelitiannya yang juga mengimplementasikan metode AHP untuk menetukan supplier bahan baku bangunan dengan menggunakan metode AHP tersebut didapatkan nilai akhir untuk setiap alternatif Suplier A 39% , Suplier B 12% dan Suplier C 49%. Faktor utama yang paling di prioritaskan dalam pemilihan supplier adalah harga dengan nilai bobot 0.469 atau 46,9%. dan Supplier yang paling diprioritaskan adalah *supplier* C dengan nilai bobot 49 %. Dengan demikian metode AHP dapat digunakan untuk menentukan supplier bahan baku.

2.4. Konsep *Analytic Hierarchy Process (AHP)*

Dalam menyelesaikan permasalahan dengan AHP ada beberapa prinsip yang harus dipahami, diantaranya adalah sebagai berikut:

1) Dekomposisi (*Decomposition*)

Pengertian *decomposition* adalah memecahkan atau membagi masalah yang utuh menjadi bentuk hirarki proses pengambilan keputusan di mana setiap unsur atau elemen saling berhubungan. Struktur hirarki keputusan tersebut dapat dikategorikan sebagai *complete* dan *incomplete*. Suatu hirarki keputusan disebut complete jika semua elemen pada suatu tingkat memiliki hubungan terhadap semua elemen yang ada pada tingkat berikutnya, sementara hirarki keputusan incomplete kebalikan dari hirarki *complete* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur Hirarki

Hirarki masalah disusun untuk membantu proses pengambilan keputusan dengan memperhatikan seluruh elemen keputusan yang terlibat dalam sistem. Sebagian besar masalah menjadi sulit untuk diselesaikan karena proses pemecahannya dilakukan tanpa memandang masalah sebagai suatu sistem dengan suatu struktur tertentu.

2) Penilaian Komparatif (*Comparative Judgement*)

Comparative judgement dilakukan dengan penilaian tentang kepentingan relatif dua elemen pada suatu tingkat tertentu dalam kaitannya dengan tingkatan diatasnya. Penilaian ini merupakan inti dari AHP karena akan berpengaruh terhadap urutan prioritas dari elemen–elemennya. Skala preferensi yang digunakan yaitu skala 1 yang menunjukkan tingkat yang paling rendah (*equal*) sampai dengan skala 9 yang menujukkan tingkatan paling tinggi yang dapat dilihat pada Tabel 1 (Yudara & Sugiartawan, 2019).

Tabel 1. Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan

Skala	Keterangan
1	Kedua elemen sama pentingnya (*equal*)
3	Elemen A sedikit lebih esensial dari elemen B (*moderate*)
5	Elemen A lebih esensial dari elemen B (*strong*)
7	Elemen A jelas lebih esensial dari elemen B (*very strong*)
9	Elemen A mutlak lebih esensial dari elemen B (*Absolute*)
2, 4, 6, 8	Nilai-nilai tengah antara 2 nilai berdekatan

3) Sintese Prioritas (*Synthesis of Priority*)

Menentukan prioritas dari elemen-elemen kriteria dapat dipandang sebagai bobot/kontribusi elemen tersebut terhadap tujuan pengambilan keputusan. AHP melakukan analisis prioritas elemen dengan metode perbandingan berpasangan antar dua elemen sehingga semua elemen yang ada tercakup. Prioritas ini ditentukan berdasarkan pandangan para pakar dan pihak-pihak yang berkepentingan terhadap pengambilan keputusan, baik secara langsung (diskusi) maupun secara tidak langsung (kuisioner).

4) Konsistensi Logis (*Konsistensi Logis*)

Logical consistency merupakan karakteristik penting AHP. Hal ini dicapai dengan mengagresikan seluruh eigen vector yang diperoleh dari berbagai tingkatan hirarki yang menghasilkan urutan pengambilan keputusan (Rusdianto *et al.*, 2017). Bobot yang dihasilkan akan dilakukan uji konsistensinya, jika konsisten maka bobotnya dapat digunakan tetapi jika tidak konsisten prosesnya kembali untuk menentukan tingkat kepentingan antar kriterianya.

2.4. Technique For Others Preference By Similarity To Ideal Solution (TOPSIS)

TOPSIS didasarkan pada konsep di mana alternatif terpilih yang terbaik tidak hanya memiliki jarak terpendek dari solusi ideal positif, namun juga memiliki jarak terpanjang dari solusi ideal negatif (Kurnia *et al.*, 2020). TOPSIS menggunakan prinsip bahwa alternatif yang terpilih harus mempunyai jarak terdekat dari solusi ideal positif dan terjauh dari solusi

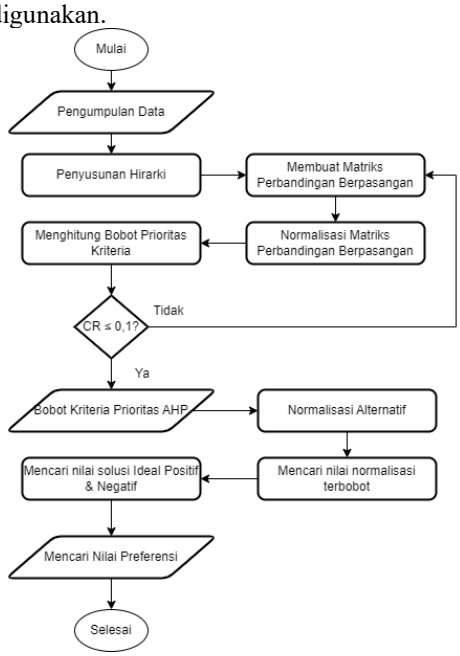
Copyright ©2025, JSINBIS, p-ISSN: 2502-2377, e-ISSN: 2088-3587
On-line: http://ejournal.undip.ac.id/index.php/jsinbis/article/view/47672

ideal negatif dari sudut pandang geometris dengan menggunakan jarak *Euclidean* untuk menentukan kedekatan relatif dari suatu alternatif dengan solusi ideal (Steven *et al.*, 2020).

Solusi ideal positif didefinisikan sebagai jumlah dari seluruh nilai terbaik yang dapat dicapai untuk setiap atribut, sedangkan solusi negatif-ideal terdiri dari seluruh nilai terburuk yang dicapai untuk setiap atribut (Suryani, 2019), jarak terhadap solusi ideal positif dan jarak terhadap solusi ideal negatif dengan mengambil kedekatan relatif terhadap solusi ideal positif. Berdasarkan perbandingan terhadap jarak relatifnya, susunan prioritas alternatif bisa dicapai (Chamid & Murti, 2017).

Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa metode TOPSIS digunakan sebagai suatu upaya untuk menyelesaikan permasalahan *multiple criteria decision making*. Hal ini disebabkan konsepnya sederhana dan mudah dipahami, komputasinya efisien dan memiliki kemampuan untuk mengukur kinerja relatif dari alternatif-alternatif keputusan. Metode ini banyak digunakan untuk menyelesaikan pengambilan keputusan secara praktis.

Dalam kesimpulan, kami meggunakan dua metode ini (AHP dan TOPSIS) sebagai metode dalam pengambilan keputusan dengan tujuan untuk melihat secara detail hasil dari nilai pengambilan keputusan yang digunakan.

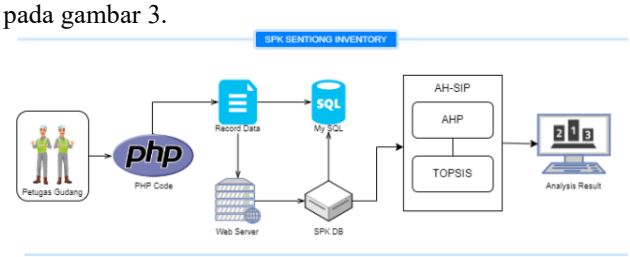


Gambar 2. Tahapan Rancangan Penelitian

3. Metode

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Stasiun Pompa Ancol – Sentiong, Jl. R. E. Martadinata, Sunter Agung, Kec. Tj. Priok, Kota Jkt Utara, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 14350. Pembentukan hirarki keputusan dilakukan dengan cara wawancara kepada tenaga ahli di proyek pembangunan Stasiun Pompa Ancol Sentiong yang terkait dengan proses pengadaan barang yang bertindak sebagai responden

Sistem yang kami rancang akan memiliki 3 user yaitu admin, petugas, regular user. Admin memiliki akses untuk mengelola material, satuan, user. Petugas memiliki akses untuk mengisi form transaksi pengadaan dan pemakaian, sedangkan regular user hanya memiliki akses melihat transaksi material. Inputan form yang dilakukan petugas akan diproses oleh sistem sehingga akan memberikan hasil berupa rekomendasi prioritas material. Hasil dari analisis tersebut dapat digunakan sebagai acuan mengambil keputusan dalam melakukan pengadaan material. Adapun model sistem dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Model Sistem

Pada model sistem pada Gambar 3 digambarkan bahwa petugas melakukan transaksi material masuk / keluar pada sistem dengan cara mengisi formulir, kemudian setelah petugas melakukan transaksi, maka sistem akan melakukan *preprocessing* dan menyimpan data kedalam *database*. Setelah itu data akan dilakukan kalkulasi dengan metode AHP dan TOPSIS yang akan menghasilkan peringkat seluruh material, sehingga dapat menghasilkan rekomendasi material yang perlu didahulukan untuk dilakukan pengadaan.

Skenario *Workflow*:

1) Inputan Data

Pada proses ini petugas gudang akan melakukan transaksi material masuk / keluar dengan cara mengisikan form transaksi yang tersedia pada sistem, di mana dapat dilihat pada Tabel 2. Data yang perlu diinputkan terdiri dari:

Tabel 2. Data Transaksi Barang

No	Data Material
1	Nomor Berita Acara Penerimaan Barang
2	Nomor Bon Pengeluaran Material
3	Tanggal Masuk / Keluar
4	Nama Material
5	Kode Material
6	Jumlah Masuk / Keluar
7	Nama Satuan
8	Harga Satuan
9	Tipe Material
10	Nama Supplier
11	Foto Masuk / Keluar
12	Keterangan

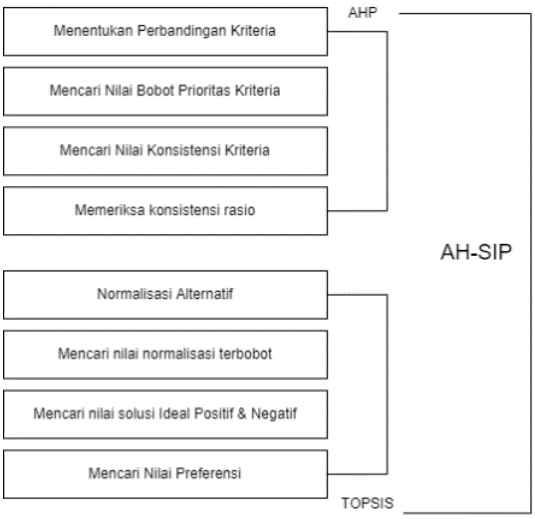
2) *Record Data* – Web Server – SPK DB – My SQL

Copyright ©2025, JSINBIS, p-ISSN: 2502-2377, e-ISSN: 2088-3587
On-line: http://ejournal.undip.ac.id/index.php/jsinbis/article/view/47672

Setelah dilakukan input data oleh petugas gudang maka sistem akan melakukan *record* data material dan kemudian mengirimkan data pada web server untuk dilakukan *pre-processing* dan menyimpan data kedalam database. Adapun proses dari *pre-processing* tersebut adalah seperti, data hasil transaksi yang diinputkan oleh petugas gudang akan diconvert kedalam bentuk dataset agar bisa diolah menggunakan metode TOPSIS. Pada model ini data akan dikalkulasi sehingga akan menghasilkan peringkat dari seluruh material.

3) *Analythical Hierarchy – Similarity Ideal Process* (AH-SIP)

AH-SIP merupakan kombinasi dari dua metode *Analytical Hierarchy Process dan Technique For Others Preference By Similarity To Ideal Solution (TOPSIS)*. Dengan adanya kelemahan dan kelebihan pada masing masing metode, maka kami melakukan kombinasi dari kedua metode tersebut untuk menutupi kelemahan dari masing masing metode dan menambah efektifitas dalam melakukan pengambilan keputusan. Kami menggabungkan kedua metode tersebut dengan menerapkan perhitungan kriteria menggunakan metode AHP dan melakukan perankingan alternatif dengan TOPSIS. Tahapan dari AH-SIP dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tahapan AH-SIP

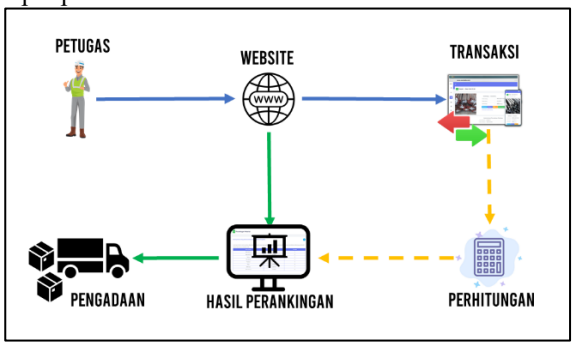
Berdasarkan pada gambar 4. ada beberapa tahapan pada metode AH-SIP di mana dimulai dengan menghitung nilai kriteria menggunakan AHP sebagai penentu nilai konsistensi dari kriteria. Sedangkan dalam menentukan peringkat prioritas barang digunakan TOPSIS untuk menghitung nilai alternatifnya.

4) Analisis Result

Pada tahapan analisis result ini, sistem akan memberikan hasil analisa yang telah dilakukan perhitungan berupa daftar material prioritas yang direkomendasikan dilakukan pengadaan berdasarkan hasil inputan transaksi yang telah dilakukan oleh petugas gudang. Hasil dari analisis tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan pengadaan material, sehingga dapat meminimalisir terjadinya habisnya saldo material dan membantu pengendalian biaya dari suatu proyek.

4. Hasil dan Pembahasan

Sebelum merancang sistem, diperlukan analisis rinci tentang sistem yang sedang berjalan. Tujuan dari analisis dan evaluasi adalah untuk mengetahui bagaimana sistem lebih unggul dari aplikasi sejenis dari penelitian-penelitian sebelumnya yang mungkin telah ada sebelumnya dan untuk membuat keputusan yang dapat mendukung pengambilan keputusan secara tepat pada saat dibutuhkan.



Gambar 5. Analisa Proses Bisnis

Pada proses bisnis yang ditunjukan Gambar 5, petugas yang mengatur material yang mengatur material masuk dan keluar ingin mengetahui material apa saja yang ingin dilakukan pengadaan, kemudian petugas mengakses website yang bias memberikan rekomendasi material untuk dilakukan pengadaan. Sistem akan melakukan perhitungan berdasarkan data transaksi material yang telah dilakukan oleh petugas dan tersimpan kedalam website, perhitungan tersebut dilakukan menggunakan metode AHP-TOPSIS. Setelah data diproses maka mendapatkan sebuah hasil berdasarkan kriteria yang telah ditentukan didalam sistem. Kemudian petugas dapat melihat daftar material yang direkomendasikan, setelah itu petugas dapat mengajukan material-material tersebut untuk dilakukan pengadaan kepada bagian komersial.

4.1. Perhitungan AH-SIP

Pertama dilakukan dengan membuat perbandingan masing-masing kriteria bertujuan untuk menentukan nilai kepentingan antara satu kriteria dengan kriteria yang lain. Nilai kriteria tersebut didapatkan setelah melakukan wawancara kepada pihak terkait, sehingga nilai yang digunakan menjadi valid untuk dilakukan perhitungan. Berikut merupakan kriteria dalam menentukan rekomendasi material untuk dilakukan pengadaan tang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Kriteria

Copyright ©2025, JSINBIS, p-ISSN: 2502-2377, e-ISSN: 2088-3587
On-line: http://ejournal.undip.ac.id/index.php/jsinbis/article/view/47672

Kriteria	C1	C2	C3	C4
C1 = Saldo	1	5	3	2
C2 = Harga Satuan	0.2	1	0.33	0.33
C3 = Jenis Material	0.33	3	1	2
C4 = Transkasi	0.5	3	0.5	1
Total	2.03	12	4.83	5.33

Setelah terbentuk matriks perbandingan maka dilakukan normalisasi untuk seluruh nilai perbandingan kriteria tersebut dengan cara membagi setiap kolom dengan total kolom. Matriks normalisasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Normalisasi Kriteria

Kriteria	C1	C2	C3	C4
C1	$^{1}/_{2.03}$	$^{5}/_{12}$	$^{3}/_{4.83}$	$^{2}/_{5.33}$
C2	$^{0.2}/_{2.03}$	$^{1}/_{12}$	$^{0.33}/_{4.83}$	$^{0.33}/_{5.33}$
C3	$^{0.33}/_{2.03}$	$^{3}/_{12}$	$^{1}/_{4.83}$	$^{2}/_{5.33}$
C4	$^{0.5}/_{2.03}$	$^{3}/_{12}$	$^{0.5}/_{4.83}$	$^{1}/_{5.33}$

Maka dihitunglah pembagian seluruh nilai kriteria untuk mendapatkan nilai normalisasi. Setelah nilai normalisasi didapatkan barulah dapat dihitung nilai bobot prioritas dengan cara menjumlahkan nilai perbaris dan dibagi dengan banyaknya kriteria. Perhitungan nilai bobot prioritas dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Matriks Bobot Prioritas

Kriteria	C1	C2	C3	C4	Bobot Prioritas
C1	0.492	0.417	0.621	0.375	0.476
C2	0.098	0.083	0.069	0.063	0.078
C3	0.164	0.25	0.207	0.375	0.249
C4	0.246	0.25	0.103	0.188	0.197

Untuk mengetahui konsistensi matriks perbandingan dilakukan perkalian seluruh isi kolom matriks perbandingan dengan bobot prioritas kriteria, isi kolom matriks perbandingan dengan bobot prioritas kriteria dan seterusnya. Kemudian dijumlahkan setiap barisnya dan dibagi penjumlahan baris dengan bobot prioritas bersesuaian seperti terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai Konsistensi Kriteria

Kriteria	Konsistensi Kriteria
C1	4.218
C2	4.114
C3	4.161
C4	4.037

Setelah mendapatkan nilai konsistensi kriteria selanjutnya yaitu memeriksa nilai tersebut apakah dianggap konsisten atau tidak, tujuannya agar nilai bobot prioritas dapat dilakukan perhitungan jika ketika dilakukan pemeriksaan dianggap konsisten. Dalam memeriksa konsistensi kriteria ada beberapa tahapan yaitu mencari nilai konsistensi indeks (CI), menentukan nilai indeks rasio (RI), dan mencari nilai konsistensi rasio (CR).

$$CI = \frac{\left(\frac{4.218 + 4.114 + 4.161 + 4.037}{4}\right) - 4}{4 - 1} = 0.044$$

$$RI = 0.9$$

$$CR = \frac{0.044095}{0.9} = 0.048995$$

Karena nilai konsistensi rasio lebih kecil dari 0.1 maka perhitungan dianggap konsisten dan dapat dilanjutkan pada perhitungan alternatif, terlihat pada Tabel 7, Tabel 8, Tabel 9, Tabel 10, dan Tabel 11.

Tabel 7. Data Alternatif

Alternatif	C1	C2	C3	C4
A1	277	7600	1	5
A2	51	40000	1	10
A3	72	24500	1	6
A4	350	87000	2	15
A5	532	126000	2	100
A6	721	180000	2	88
A7	438	254000	2	46
A8	22	312000	2	43
A9	647	380000	2	8
A10	12	17000	1	2
A11	10	22000	1	2
A12	11	20900	1	1
A13	7	68000	1	1
A14	16	605000	1	2
A15	6	412000	1	1
A16	8	798000	1	2
A17	16	214000	1	2
A18	9	38000	1	7
A19	21	17000	1	1
A20	5	20650	1	1
A21	6	25000	1	1
A22	7	310000	1	2
A23	7	575000	1	2
A24	8.5	20000	1	1
A25	6.5	20000	1	1
A26	25	31000	1	6
A27	35	590000	1	1
A28	51	53000	1	1
A29	33	57000	1	6
A30	5	105000	1	1
A31	34	47500	1	4
A32	100	149850	1	7
A33	140	300000	1	1
A34	4	94000	1	1
A35	34	26500	1	6
A36	17	6500	1	4
A37	21	57600	1	1
A38	57	64000	1	1
A39	73	81000	1	1

Tabel 8. Normalisasi Alternatif

Alternatif	C1	C2	C3	C4
A1	0.214	0.005	0.133	0.033
A2	0.04	0.025	0.133	0.067
A3	0.056	0.015	0.133	0.04
A4	0.271	0.055	0.265	0.1
A5	0.412	0.079	0.265	0.668
A6	0.558	0.113	0.265	0.587
A7	0.339	0.16	0.265	0.307
A8	0.017	0.196	0.265	0.287
A9	0.501	0.239	0.265	0.053
A10	0.009	0.011	0.133	0.013
A11	0.008	0.014	0.133	0.013
A12	0.009	0.013	0.133	0.007
A13	0.005	0.043	0.133	0.007
A14	0.012	0.381	0.133	0.013
A15	0.005	0.259	0.133	0.007
A16	0.006	0.502	0.133	0.013
A17	0.012	0.135	0.133	0.013
A18	0.007	0.024	0.133	0.047
A19	0.016	0.011	0.133	0.007
A20	0.004	0.013	0.133	0.007
A21	0.005	0.016	0.133	0.007

Copyright ©2025, JSINBIS, p-ISSN: 2502-2377, e-ISSN: 2088-3587
On-line: http://ejournal.undip.ac.id/index.php/jsinbis/article/view/47672

Alternatif	C1	C2	C3	C4
A22	0.005	0.195	0.133	0.013
A23	0.005	0.362	0.133	0.013
A24	0.007	0.013	0.133	0.007
A25	0.005	0.013	0.133	0.007
A26	0.019	0.02	0.133	0.04
A27	0.027	0.371	0.133	0.007
A28	0.04	0.033	0.133	0.007
A29	0.026	0.036	0.133	0.04
A30	0.004	0.066	0.133	0.007
A31	0.026	0.03	0.133	0.027
A32	0.077	0.094	0.133	0.047
A33	0.108	0.189	0.133	0.007
A34	0.003	0.059	0.133	0.007
A35	0.026	0.017	0.133	0.04
A36	0.013	0.004	0.133	0.027
A37	0.016	0.036	0.133	0.007
A38	0.044	0.04	0.133	0.007
A39	0.057	0.051	0.133	0.007

Tabel 9. Normalisasi Terbobot Alternatif

Alternatif	C1	C2	C3	C4
A1	0.102	0	0.033	0.007
A2	0.019	0.002	0.033	0.013
A3	0.027	0.001	0.033	0.008
A4	0.129	0.004	0.066	0.02
A5	0.196	0.006	0.066	0.131
A6	0.266	0.009	0.066	0.116
A7	0.161	0.013	0.066	0.06
A8	0.008	0.015	0.066	0.057
A9	0.238	0.019	0.066	0.011
A10	0.004	0.001	0.033	0.003
A11	0.004	0.001	0.033	0.003
A12	0.004	0.001	0.033	0.001
A13	0.003	0.003	0.033	0.001
A14	0.006	0.03	0.033	0.003
A15	0.002	0.02	0.033	0.001
A16	0.003	0.039	0.033	0.003
A17	0.006	0.011	0.033	0.003
A18	0.003	0.002	0.033	0.009
A19	0.008	0.001	0.033	0.001
A20	0.002	0.001	0.033	0.001
A21	0.002	0.001	0.033	0.001
A22	0.003	0.015	0.033	0.003
A23	0.003	0.028	0.033	0.003
A24	0.003	0.001	0.033	0.001
A25	0.002	0.001	0.033	0.001
A26	0.009	0.002	0.033	0.008
A27	0.013	0.029	0.033	0.001
A28	0.019	0.003	0.033	0.001
A29	0.012	0.003	0.033	0.008
A30	0.002	0.005	0.033	0.001
A31	0.013	0.002	0.033	0.005
A32	0.037	0.007	0.033	0.009
A33	0.052	0.015	0.033	0.001
A34	0.002	0.005	0.033	0.001
A35	0.013	0.001	0.033	0.008
A36	0.006	0	0.033	0.005
A37	0.008	0.003	0.033	0.001
A38	0.021	0.003	0.033	0.001
A39	0.027	0.004	0.033	0.001

Tabel 10. Solusi Ideal Positif & Negatif

#	C1	C2	C3	C4
Positif	0.0015	0.0003	0.066	0.1313
Negatif	0.2656	0.0393	0.033	0.0013

Tabel 11. Nilai Preferensi Alternatif

Alternatif	Positif	Negatif	Preferensi
A1	0.164	0.168	0.507
A2	0.124	0.25	0.669
A3	0.13	0.242	0.65
A4	0.17	0.146	0.463
A5	0.195	0.155	0.443
A6	0.265	0.123	0.317
A7	0.175	0.127	0.42
A8	0.077	0.267	0.777
A9	0.267	0.048	0.154
A10	0.133	0.264	0.665
A11	0.133	0.265	0.666
A12	0.134	0.264	0.663
A13	0.134	0.266	0.664
A14	0.136	0.26	0.656
A15	0.136	0.264	0.661
A16	0.139	0.263	0.655
A17	0.133	0.261	0.662
A18	0.127	0.265	0.677
A19	0.134	0.261	0.66
A20	0.134	0.267	0.665
A21	0.134	0.266	0.665
A22	0.134	0.264	0.664
A23	0.136	0.263	0.66
A24	0.134	0.265	0.664
A25	0.134	0.266	0.665
A26	0.128	0.259	0.67
A27	0.138	0.253	0.648
A28	0.135	0.25	0.649
A29	0.128	0.256	0.666
A30	0.134	0.266	0.665
A31	0.131	0.256	0.662
A32	0.132	0.231	0.637
A33	0.144	0.216	0.6
A34	0.134	0.266	0.665
A35	0.128	0.256	0.666
A36	0.13	0.262	0.668
A37	0.134	0.261	0.66
A38	0.136	0.247	0.646
A39	0.137	0.241	0.639

Dari tabel tersebut dapat dilihat nilai preferensi dari masing masing material, alternatif terbaik adalah yang memiliki nilai preferensi terbesar. Peringkat pertama yaitu A08 Besi Ulir D 25 dengan preferensi 0.7766659, kedua A18 = Kawat Ayam dengan preferensi 0.6769, dan yang ketiga adalah A26 = Pilox B-M-P dengan preferensi 0.6695. Sehingga dapat disimpulkan pengadaan persediaan material terbaik dapat dilakukan mulai dari Besi Ulir D 25, Kawat Ayam, Pilox dan seterusnya.

4.2. Perhitungan TOPSIS

Dalam penelitian yang dilakukan, juga dilakukan komparasi dengan TOPSIS secara tunggal sebagai perbandingan metode, sehingga dapat dilihat efektifitas dari metode AH-SIP dalam pengambilan keputusan.

Dalam perhitungan TOPSIS, data alternatif yang digunakan sama dengan metode AH-SIP. Perbedaannya yaitu dalam menentukan bobot kriteria tidak dilakukan uji konsistensi dengan metode AHP, sehingga didapat detail kriteria seperti Tabel 12.

Tabel 12. Kriteria TOPSIS

Kode	Nama Kriteria	Atribut	Bobot
C1	Saldo	*Cost*/Biaya	5
C2	Harga Satuan	*Cost*/Biaya	2
C3	Jenis Material	*Benefit*/Keuntungan	4
C4	Transaksi	*Benefit*/Keuntungan	3

Copyright ©2025, JSINBIS, p-ISSN: 2502-2377, e-ISSN: 2088-3587
On-line: http://ejournal.undip.ac.id/index.php/jsinbis/article/view/47672

Perhitungan alternatif saat menggunakan metode TOPSIS sama dengan AH-SIP, hanya saja kriteria yang digunakan berbeda seperti yang didapat pada Tabel 13.

Tabel 13. Nilai Preferensi TOPSIS

Peringkat	Alternatif	Preferensi
1	A8 = Besi Ulir D 25	0.7094
2	A18 = Kawat Ayam	0.6011
3	A2 = Besi Polos D 10	0.5946
4	A26 = Pilox B-M-P	0.5939
5	A36 = Terepal	0.5926
6	A35 = Sterofom 5cm	0.5911
7	A29 = Semen Biasa	0.5902
8	A11 = Cat kayu	0.5895
9	A10 = Cat Besi	0.5891
10	A20 = Kawat Bwg 2mm	0.5888
11	A25 = Paku 5cm	0.5884
12	A21 = Kawat Bwg 3mm	0.5883
13	A24 = Paku 10cm	0.5878
14	A12 = Clamp Seafolding	0.587
15	A13 = Geotextil	0.5864
16	A34 = Skimcoat	0.5863
17	A30 = Semen Putih	0.5856
18	A31 = Sika Bond	0.5855
19	A19 = Kawat Bendrat	0.5839
20	A37 = Thiner	0.5824
21	A17 = Kabel twst 4x2.5	0.5795
22	A22 = Lampu Rotari	0.5778
23	A3 = Besi Polos D 6	0.5773
24	A28 = Plesteran	0.5722
25	A15 = Kabel NYY 2x1.5 50m	0.5705
26	A38 = Triplek 6mm	0.5696
27	A23 = Lampu Slang 100m	0.5631
28	A39 = Triplek 9mm	0.5627
29	A32 = Sika Grout 215	0.562
30	A14 = Join Filer	0.5581
31	A27 = Pipa Galpanis 1.5 m2	0.5499
32	A16 = Kabel NYY 3x2.5 50m	0.5493
33	A5 = Besi Ulir D 13	0.5329
34	A33 = Sika Sparol	0.5205
35	A1 = BBM Solar	0.4701
36	A4 = Besi Ulir D 10	0.4529
37	A7 = Besi Ulir D 19	0.4511
38	A6 = Besi Ulir D 16	0.4148
39	A9 = Besi Ulir D 32	0.2059

Dari tabel tersebut dapat dilihat nilai preferensi dari masing masing material, alternatif terbaik adalah yang memiliki nilai preferensi terbesar. Peringkat pertama yaitu A08 Besi Ulir D 25 dengan preferensi 0.7094, kedua A18 = Kawat Ayam dengan preferensi 0.6011, dan yang ketiga adalah A2 = Besi Polos D 10 dengan preferensi 0.5946.

4.3. Pembahasan - Perbandingan AH-SIP dengan TOPSIS

Berdasarkan hasil Analisa komparasi metode AH-SIP dan TOPSIS, maka didapatkan hasil seperti Tabel 14 berikut.

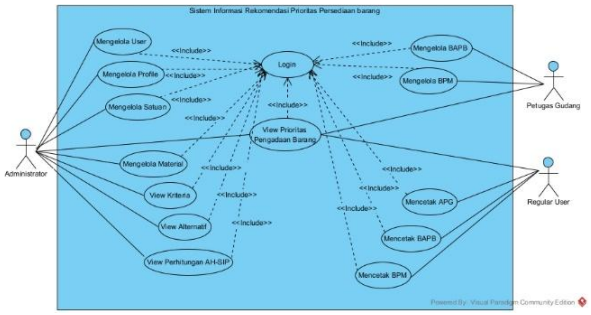
Tabel 14. Perbandingan AH-SIP dengan TOPSIS

METODE AH-SIP		METODE TOPSIS		Peringkat
Alt	Prefeerensi	Alt	Preferensi	
A8	0.7767	A8	0.7094	1
A18	0.6769	A18	0.6011	2
A26	0.6695	A2	0.5946	3
A2	0.6685	A26	0.5939	4

Dari dua metode pengambilan keputusan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu antara metode AH-SIP dengan TOPSIS, pada keduanya terdapat sedikit perbedaan dalam melakukan pemeringkatan. Juga nilai yang dihasilkan sedikit berbeda ketika mengitung preferensi alternatif. Maka dapat disimpulkan dari kedua metode tersebut sama-sama dapat digunakan didalam sistem, namun dalam metode TOPSIS tidak ada perhitungan khusus dalam menilai kriteria yang digunakan, sehingga terdapat subjektifitas dalam melakukan pengamblan keputusan, terbukti terdapat perbedaan dalam melakukan pemeringkatan alternatif. Sehingga berdasarkan perhitungan yang telah kami lakukan pada kedua metode tersebut, dipilih metode AH-SIP karena dalam melakukan penilaian kriteria terdapat uji konsistensi sehingga keputusan yang diambil dapat lebih valid.

4.4. Pemodelan Sistem

Dibuatlah sebuah diagram yang dapat menggambarkan hubungan antara aktor dengan proses tersebut. Sehingga dapat menjadi gambaran bagaimana sistem akan dibangun.



Gambar 6. Use Case Diagram

Pada Gambar 6. use case diagram diatas, dapat dilihat hubungan antara aktor terhadap masing-masing proses use case. Di mana masing-masing aktor diberikan batasan akses untuk setiap peran. Dan untuk seluruh proses di include kan dengan proses login, yang berarti seluruh proses akan dapat dilakukan setelah melakukan login sistem terlebih dahulu.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dengan mengimplementasikan dan membandingkan metode AH-SIP dan TOPSIS dalam penerapannya untuk mencari prioritas persediaan barang, maka didapatlah metode AH-SIP lebih unggul disbanding metode TOPSIS. Di mana dalam metode AH-SIP dapat melakukan uji konsistensi dalam penentuan kriteria dan dapat membuat keputusan lebih akurat dalam menyesuaikan dengan data kriteria dan alternatif yang ada, di mana hasil dari metode yang kami usulkan (AH-SIP) mendapatkan nilai rata-rata sebesar 69.79%. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan,

maka dapat disimpulkan bahwa tujuan dari metode AH-SIP yang dibangun telah sesuai dengan apa yang di inginkan dalam melakukan perhitungan dalam mencapai tingkat keputusan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Universitas Mercu Buana, Jakarta yang telah memberikan kesempatan dan dukungannya dala melakukan penelitian ini.

Daftar Pustaka

Agusli, R., Dzulhaq, M. I., & Irawan, F. C., 2020. Sistem Pendukung Keputusan Penerimaan Karyawan Menggunakan Metode AHP-TOPSIS. Academic *Journal of Computer Science Research*, *2*(2). https://doi.org/10.38101/ajcsr.v2i2.286

Al-Marom, M. A., & Wibisono, S., 2021. Sistem Penunjang Keputusan Rekomendasi Kelulusan dan Pemeringkatan Santri Menggunakan Metode AHP-TOPSIS. *Jurnal Ilmiah Media Sisfo*, *15*(1). https://doi.org/10.33998/mediasisfo.2021.15.1.998

Ayulestari, I., Farlina, Y., Yulistria, R., & Susilawati, D., 2019. Pemilihan Guru Favorit Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) di Mi mWB Pui At-Tahdhiriyyah. *Swabumi*, *7*(2). https://doi.org/10.31294/swabumi.v7i2.6639

Beti, I. Y., 2019. Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Karyawan Terbaik menggunakan Simple Additive Weighting. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, *11*(3). https://doi.org/10.33096/ilkom.v11i3.480.252-259

Chamid, A. A., & Murti, A. C., 2017. Kombinasi Metode AHP Dan TOPSIS Pada Sistem Pendukung Keputusan. *Prosiding SNATIF Ke -4 Tahun 2017*.

Hidayat, C. R., Mufizar, T., & Ramdani, M. D., 2018. Implementasi Metode Weighted Product Pada Sistem Pendukung Keputusan Seleksi Calon Karyawan Bpjs Kesehatan Tasikmalaya. *Konferensi Nasional Sistem Informasi 2018*, *September*.

Kochovski, P., Drobintsev, P. D., & Stankovski, V., 2019. Formal Quality of Service assurances, ranking and verification of cloud deployment options with a probabilistic model checking method. *Information and Software Technology*. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2019.01.003

Kurnia, V. A., Erianda, A., & Meidelfi, D., 2020. Perancangan Website untuk Menentukan Produk Paling Banyak Terjual di Bengkel Man Motor Metode TOPSIS. *Ultima InfoSys : Jurnal Ilmu Sistem Informasi*, *11*(2), 125–129. https://doi.org/10.31937/si.v11i2.1756

Nugroho, A., & Eliyani, 2021. Framework to Sell Item in Online Marketplace in Indonesia. *International Journal of Open Information Technologies*, *9*(1).

Pendiagnosa, A., Warna, K., Pemrograman, M., Delphi, B., & Eniyati, S., 2011. Perancangan Sistem Pendukung Pengambilan Keputusan untuk Penerimaan Beasiswa dengan Metode SAW (Simple Additive Weighting). *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, *16*(2). https://doi.org/10.35315/dinamik.v16i2.364

Rahayu, S., Gumilang, A. J. T., Bharodin, O. P., & Faturahman, F., 2020. Metode Entropy-SAW dan Metode Entropy-WASPAS dalam Menentukan Promosi Jabatan Bagi Karyawan Terbaik di Cudo Communications. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, *7*(5). https://doi.org/10.25126/jtiik.2020712888

Rusdianto, D., Kom, M., & Nurdesni, A., 2017. Sistem Penunjang Keputusan Pemilihan Supplier pada Apotek dengan Metode AHP dan SAW (Studi Kasus Apotek XYZ). *Sisfotek*, *3584*.

Sandiwarno, S., 2021. Empirical lecturers' and students' sa1. Sandiwarno S. Empirical lecturers' and students' satisfaction assessment in e-learning systems based on the usage metrics. REID (Research Eval Educ. 2021;7(2).tisfaction assessment in e-learning systems based on the. *REID (Research and Evaluation in Education)*, *7*(2). https://doi.org/10.21831/reid.v7i2.39642

Sandiwarno, S., Niu, Z., & Selemani Nyamawe, A., 2023. A novel hybrid machine learning model for analyzing e-learning users' satisfaction. *International Journal of Human-Computer Interaction*. https://doi.org/10.1080/10447318.2023.2209986

Sandiwarno, S., & Wardhana, A., 2019. Measurement of Learning Evaluation Against Assisted by Laboratory Assistants. *International Journal of Computer Trends and Technology*. https://doi.org/10.14445/22312803/ijctt-v67i8p111

SAS, A., Andi Muh Akbar Saputra, & Muh Fadli Fausi Sahlan, 2022. Pengembangan Sistem Pendukung Keputusan Penelusuran Minat Bakat Siswa SMP Dalam Memilih Jurusan di SMK Berbasis Web. *Jurnal Fokus Elektroda : Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika Dan Kendali)*, *7*(3). https://doi.org/10.33772/jfe.v7i3.1

Satyagraha, A., Witanti, W., & Ashaury, H., 2020. Pembanngunan Sistem Informasi Monitoring Logistik di PT Dirgantara Indonesia. *Seminar Nasional Teknologi Komputer & Sains (SAINTEKS)*, *1*(1).

Lemantara, J., Setiawan, N. A., & Aji, M. N., 2013. Rancang Bangun Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Mahasiswa Berprestasi Menggunakan Metode AHP dan Promethee. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*, *2*(1).

Steven, Setiawan, V., & Agung, H., 2020.

Implementasi Metode TOPSIS untuk Rekomendasi dalam Menentukan Pengadaan Barang pada PT. Sentra Kemika Persada. *KALBISCIENTIA Jurnal Sains Dan Teknologi*, *6*(2). https://doi.org/10.53008/kalbiscientia.v6i2.41

Tobing, F. A. T., Dzulhaq, M. I., & Sidiq, R. F., 2020. Penerapan Metode Fuzzy AHP untuk Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Pemasok Terbaik. *Ultima Computing : Jurnal Sistem Komputer*, *11*(2). https://doi.org/10.31937/sk.v11i2.1455

Yudara, I. G., & Sugiartawan, P., 2019. Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Pegawai Terbaik Menggunakan Metode Fuzzy AHP. *Jurnal Sistem Informasi Dan Komputer Terapan Indonesia (JSIKTI)*, *1*(4).

Zytoon, M. A., 2020. A Decision Support Model for Prioritization of Regulated Safety Inspections Using Integrated Delphi, AHP and Double-Hierarchical TOPSIS Approach. *IEEE Access*, *8*. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2991179