

PROSES PENGAMBILAN DATA PADA AHP (ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS) MENGGUNAKAN PRINSIP *CLOSED LOOP CONTROL SYSTEM*

Rio Aurachman

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Telkom University
rioaurachman@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Analytical Hierarchy process adalah sebuah pendekatan dan metode yang jamak digunakan peneliti dan awam dalam penentuan keputusan berdasarkan banyak kriteria. AHP menggunakan pendekatan matrix berpasangan yang beresiko membuat proses perhitungan inkonsisten. Hal itu dikarenakan proses perhitungan menggunakan skala rasio yang membandingkan antara dua alternatif atau kriteria. Perbandingan tersebut mungkin sekali menjadi tidak konsisten karena keterbatasan dari kapasitas komputasi benak manusia. Oleh karena itu diperlukan sebuah metode dan alat pengambilan data yang dapat memberikan langsung nilai konsistensi pada saat pengisian kuesioner AHP. Sehingga responden dapat melakukan koreksi dengan baik dan peneliti tidak perlu mengulang pengisian kuesioner yang membuat responden enggan. Proses perancangan dan perhitungan menggunakan spreadsheet baik itu Microsoft Excel atau pun produk dari Google. Hasil perancangannya menunjukkan, proses pengisian dapat langsung memberikan informasi kepada responden apakah pengisiannya sudah konsisten atau belum sehingga dapat langsung dilakukan perbaikan.

Kata kunci: AHP, spreadsheet, consistency, questionnaire, programming, formula

ABSTRACT

Analyzing hierarchy process is an approach and multiple methods used by researchers and laypersons in decision making based on many criteria. AHP uses a matrix pairing approach which risks making inconsistent calculation processes. That is because the calculation process uses a ratio scale that compares between two alternatives or criteria. These comparisons may be inconsistent because of the limitations of the computing capacity of the human mind. Therefore we need a method and data collection tool that can provide a direct value of consistency when filling out the AHP questionnaire. So that respondents can make corrections well and researchers do not need to repeat filling in questionnaires that make respondents reluctant. The process of designing and calculating using a spreadsheet be it Microsoft Excel or a product from Google. The design results show that the filling process can directly provide information to the respondent whether the filling has been consistent or not so that repairs can be made immediately.

Keywords: AHP, spreadsheet, consistency, questionnaire, programming, formula

PENDAHULUAN

Pengantar dan Penjelasan bagi Awam

Dalam pengambilan keputusan, terkadang harus melibatkan beberapa kriteria yang bersifat *intangible*. Karena itu, kriteria tersebut perlu dihitung bersama kriteria yang *tangible*, yang mana pengukuran tersebut harus dievaluasi dan sesuai terhadap tujuan dari pengambil keputusan (Saaty, 2008).

AHP adalah sebuah metode yang umum digunakan untuk meringkas perspektif kualitatif dari sebuah penilaian dan mengubahnya

menjadi nilai rasio. Perubahan nilai tersebut menjadi nilai rasio memudahkan manusia dalam memahami persoalan dan penilaian sehingga mendapatkan informasi yang berharga.

AHP memiliki singkatan *Analytical Hierarchy Process*. AHP menggunakan hirarki pengambilan keputusan yang berurut mulai dari kriteria, sub kriteria, hingga alternatif. Sub kriteria tersebut dapat dibedah menjadi sub sub kriteria. Setiap level dipecah menjadi beberapa sub pada level di bawahnya. Antara entitas pada level yang sama lalu dibandingkan dan memiliki bobot

kepentingannya masing-masing. Bobot tersebut dinormalisasi sehingga total penjumlahannya bernilai satu.

AHP menggunakan skala perhitungan rasio. Skala tersebut membandingkan rasio antara dua variabel. penilaian dari perbandingan yang tertuang pada matrix perbandingan di AHP dimungkinkan tidak konsisten. Terdapat cara untuk mengukur konsistensi dari penilaian tersebut. Terdapat pula cara untuk meningkatkan konsistensi dari hasil penilaian tersebut (Saaty, 2008). Perbandingan rasio untuk lebih dari 2 variabel beresiko membuat penilaian inkonsisten. Inkonsistensi di sini bermakna ada satu variabel yang satu waktu dikatakan lebih penting dari variabel lainnya, tetapi sekaligus lebih tidak penting dibandingkan variabel tersebut. Maka dari itu, dalam proses perhitungan, terdapat prosedur untuk menguji konsistensi dari perhitungan. Uji konsistensi tersebut menggunakan

Latar Belakang

Proses perhitungan menggunakan metode AHP, khususnya pada tahap menentukan matrix perbandingan, beresiko terjebak dalam inkonsistensi. Umumnya, peneliti akan menyiapkan sebuah kuesioner untuk diisi oleh responden. Responden mengisi kuesioner tersebut, kemudian peneliti akan menghitung hasil penilaian dari responden. Pada saat perhitungan tersebut ditemukanlah bahwa ternyata responden mengisi kuesioner secara tidak konsisten. Sehingga peneliti perlu mengembalikan pengisian kuesioner yang mana proses tersebut memakan waktu yang tidak sedikit.

Diperlukan sebuah rancangan sistem pengambilan data untuk AHP yang dapat secara cepat dan langsung memberikan peringatan kepada responden bilamana pengisian kuesionernya dilakukan secara tidak konsisten. Dalam konsep sistem, dapat dikatakan, proses pengambilan data AHP umumnya menggunakan close loop system. Penelitian ini bermaksud memberi kontribusi untuk menyediakan sistem pengambilan data AHP yang menggunakan prinsip self regulated system. Sehingga tidak terjadi proses yang *inefisien* dalam hal perpindahan data dan pengisian kuesioner yang *error* karena tidak konsisten. Pada saat pengisian, responden langsung mendapat informasi apakah nilai yang di-input-kan konsisten atau inkonsisten. Hal ini diharapkan dapat mengefisienkan proses pengambilan data pada penelitian yang menggunakan metode AHP.

Beberapa software yang sudah menyediakan sarana pengisian yang tidak sesuai dengan kuesioner *paper based*. Penelitian ini mengusulkan

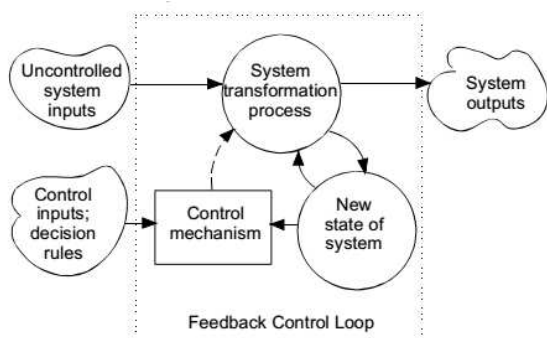
sebuah bentuk kuesioner yang mudah dipahami oleh responden sekaligus mencegah pengisian yang inkonsisten.

STUDILITERATUR

Teori System Control

Sistem memiliki beberapa tipe *control* atau kendali. Beberapa diantaranya adalah *Open Loop Control*, *Feedback Control*, *Self Regulation*, dan *Feed Forward Control*. *Open loop controls* adalah sebuah sistem yang menerima input untuk sistem hanya berdasarkan perkiraan bagaimana perilaku merespon input tersebut. Tidak terdapat informasi bagaimana perilaku dari sistem akibat input tersebut. *Open loop controls* sering terdapat pada panduan untuk melakukan sesuatu atau resep dalam melakukan sesuatu. *Closed loop control* adalah tipe kontrol yang memanfaatkan informasi tentang perilaku sistem, berdasarkan input yang telah diberikan sebelumnya. Informasi tentang perilaku sistem yang merupakan efek dari input sebelumnya, menjadi masukan untuk pemberi input atau pengendali sebagai bahan evaluasi. Informasi ini digunakan oleh pemberi input untuk melakukan penyesuaian terhadap sinyal kontrol atau input *Self regulation* adalah tipe khusus dari *closed loop control* di mana *input* inheren di dalam sistem. *Feed-forward control* melakukan prediksi apakah hasil dari input sebelum input tersebut diberikan ke dalam sistem. Input yang dimaksud dapat berarti *controllable* maupun *uncontrollable*. Berdasarkan prediksi tersebut, pengendali akan melakukan penyesuaian sehingga output dari sistem terjaga dan sesuai dengan harapan. tipe *control* ini pun melakukan antisipasi terdapat kemungkinan gangguan yang akan muncul. (Hans, McNickle, & Dye, 2012).

Penelitian ini mencoba untuk mengubah tipe kontrol dari pengambilan data pada AHP dalam bentuk dua paradigma. Paradigma pertama adalah pengambilan data yang umumnya berbentuk *open loop* menjadi *closed loop*. Artinya awalnya pengambilan data hanya mencatat saja hasil pendapat perbandingan dari responden tetapi responden tidak diberi informasi tentang apakah hasil masukannya konsisten atau tidak konsisten. Kemudian, penelitian ini berusaha mengubah tipe kontrol menjadi *closed loop* yang mana responden mendapatkan *feedback* tentang bagaimana konsistensi dari jawabannya sehingga responden sebagai pengendali dapat menyesuaikan input data yang ia berikan.



Gambar 1 Feedback Control Loop (Hans, McNickle, & Dye, 2012)

Paradigma kedua adalah, penelitian ini berusaha mempercepat proses *feedback* yang terdapat pada *feedback control system*. Hal ini bila dipandang bahwa proses pengambilan data AHP yang ada sejauh ini sudah memenuhi *feedback control*. Setelah responden memberikan input data di matrix perbandingan, analisis akan mengolah dan menghitung dahulu hasil penilaian responden, kemudian memberikan hasil penilaian konsistensi kepada responden agar responden memberikan penyesuaian dari input yang responden berikan. Proses ini memerlukan waktu yang lama dan bisa berhari-hari. Maka penelitian ini berusaha mempercepat proses *feedback* tersebut sehingga responden dapat pada saat itu juga mengetahui apakah penilaian yang responden lakukan sudah konsisten atau belum.

AHP

Analytical Hierarchy Process melalui langkah-langkah berikut(Saaty, 2008):

1. Definisikan permasalahan dan tentukan tipe pengetahuan yang dicari
2. Strukturkan hirarki keputusan dari level teratas, diturunkan kepada level intermediate, lalu diturunkan kembali pada objective dari perspektif yang lebih luas
3. buat matriks perbandingan berpasangan. Setiap elemen di level yang lebih tinggi digunakan untuk membandingkan elemen yang terdapat pada level tepat di bawahnya, yang berkaitan
4. Gunakan prioritas yang didapatkan dari perbandingan untuk menentukan bobot dari entitas yang berada pada level bawahnya. Lakukan untuk seluruh level.

Skala penilaian pada matrix perbandingan AHP mengikuti klasifikasi berikut(Saaty, 2008):

:

Tabel 1 Intensitas Kepentingan

Kepentingan	
1	Equal Importance
2	Weak or slight
3	Moderate importance
4	Moderate plus
5	Strong importance
6	Strong plus
7	Very strong or demonstrated importance
8	Very, very strong
9	Extreme importance

Terdapat beberapa bidang yang menerapkan AHP. AHP, misalnya, digunakan untuk menentukan prioritas dari 6 kriteria dan 26 sub kriteria untuk mengkoordinasikan *pharmaceutical supply chain operation*(Mehralian, Moosivand, Emadi, & Asgharian, 2017).Terdapat pula penerapan dari metode AHP untuk mengevaluasi dan menentukan *ranking* dari *critical success factor* untuk perusahaan automobile dalam menerapkan green supply chain management (Singh, 2017). Dan juga terdapat penelitian yang merancang sebuah model pengambilan keputusan yang terstruktur dan terintegrasi untuk mengevaluasi *sustainable suppliers* dalam konteks industri telekomunikasi. Model keputusan tersebut mengkombinasikan AHP dan *Improved grey relational analysis (IGRA)*. AHP digunakan untuk menghitung bobot kriteria sustainabilitas dan IGRA digunakan untuk menilai *ranking* dari *supplier*(Ahmadi, Petrucci, & Wang, 2017).AHP juga digunakan untuk menginvestigasi aktivitas yang berkaitan dengan kesadaran lingkungan berdasarkan perspektif *Socio-psychographic* dan mengevaluasi efeknya terhadap *brand equity*. Secara total terdapat 74 responden yang merupakan pakar di bidang terkait.(Misra & Panda, 2017).

AHP juga digunakan untuk bidang-bidang di luar industri seperti misalnya untuk melakukan persiapan *landslide Vulnerable Zonation Mapping* untuk Kallar River Sub Watersheds, di Bahavani Basin, Tamil Nadu, dengan mempertimbangkan 10 faktor yang relevan. Semua faktor ini dikonversi menjadi layer dengan *extration* terhadap data spasial yang terkait. *Landslide Vulnerable Zonation Index* dihitung menggunakan teknik *weighted linear combination* berdasarkan bobot dan rating menggunakan metode AHP(Rahaman & Aruchamy, 2017). Dalam bidang lingkungan, teknik AHP juga digunakan untuk mengevaluasi dampak dari tambang batubara terhadap lingkungan dan penggunaan lahan. Penelitian ini merupakan studi kasus di Ha Long City, Quang Ninh Province, Vietnam. Penelitian tersebut

Intensitas	Definisi
------------	----------

dilakukan berbasis pada analisis terhadap sampel serta AHP survey terhadap 40 keluarga, 30 manajer, dan 30 teknisi di area pertambangan batu bara (Vu, Do, & Vo, 2017).

Terdapat pula penelitian yang melakukan literature review terhadap banyak penelitian di bidang AHP. Penelitian tersebut meneliti 88 artikel dalam jurnal dan membahas 5 pertanyaan di antaranya (Ho & Ma, The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process, 2017):

1. Tipe *integrated AHP* yang diintegrasikan seperti apa yang paling banyak menyedot banyak perhatian
2. Dalam bidang apa, *integrated AHP* paling sering diterapkan?
3. Apa tipe permasalahan yang menjadi pembahasan terbanyak untuk *Integrated AHP*?
4. Bagaimana trend dari publikasi ilmiah terkait *integrated AHP*?
5. Dalam jurnal internasional apa, *Integrated AHP* paling sering dipublikasikan?

Beberapa hasil dari penelitian tersebut adalah, *Integrated AHP-Fuzzy approach* paling populer digunakan. Permasalahan logistik di bidang manufaktur adalah penerapan dari *Integrated AHP* yang paling populer. Pemilihan dan evaluasi supplier menggunakan *AHP integrated* merupakan yang paling sering diteliti. integrasi AHP dengan lebih dari satu metode meningkatkan daya tarik dari para peneliti untuk dikaji dan dipelajari (Ho & Ma, The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process, 2017). Selain itu terlebih dahulu terdapat penelitian yang juga melakukan review pada *integrated AHP*. Fokus telah bergeser pada *integrated AHP* dibanding AHP yang berdiri sendiri. Lima metode yang umum dikombinasikan dengan AHP termasuk diantaranya adalah *mathematical programming*, *Quality Function Deployment (QFD)*, *meta-heuristics*, Analisis SWOT, dan *Data Envelopment Analysis (DEA)*. Penelitian tersebut melakukan review pada artikel yang terkait AHP sejak tahun 1997 hingga 2006 untuk menjawab 3 pertanyaan.

1. Apa tipe *integrated AHP* yang paling memikat perhatian para peneliti
2. Di bidang apa *integrated AHP* paling banyak diterapkan

3. Apakah terdapat ketidaksesuaian dari pendekatan yang dilakukan? dan berdasarkan ketidaksesuaian tersebut, diberikan rekomendasi penelitian lebih lanjut apa yang perlu dilakukan?

Penelitian ini juga membahas bahwa *integrated AHP* lebih tepat untuk digunakan dan juga memberikan saran kepada praktisi dan peneliti untuk secara efektif menerapkan *integrated AHP*. (Ho, *Integrated analytic hierarchy process and its applications A literature review*, 2008).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan pemodelan sistem. Secara garis besar diawali dengan memahami proses dan logika dari perhitungan. Proses dan logika tersebut digambarkan dalam bentuk Influence Diagram. Kemudian logika tersebut dituangkan menjadi persamaan matematika. Kemudian model dan persamaan matematika tersebut dituangkan menjadi bentuk pemrograman dalam software. Gambar 3 Metodologi Penelitian menunjukkan diagram alir proses penelitian ini.

Proses pemodelan proses dan logika menggunakan *Influence diagram*. Proses ini membutuhkan input informasi logika dari perhitungan dan masalah yang coba dipecahkan. Setidaknya proses ini membutuhkan informasi variable apa yang dapat dikendalikan, variable apa yang tidak dapat dikendalikan oleh user, hubungan dan kaitan antara variable sistem dan nilai tujuan akhir. Selain menggunakan influence diagram, proses dan logika dapat pula dipetakan menggunakan *Causal Loop Diagram*. Tetapi *Causal Loop Diagram* lebih tepat untuk memberikan informasi hubungan antara *variable* yang bersifat dinamis dan senantiasa berubah seiring waktu berjalan, Tahapan penelitian ini dipandu oleh dasar teori tentang pemodelan sistem dan pemodelan matematika. Tahap penelitian ini dilakukan secara penuh oleh peneliti dan proses kreatif dari peneliti. Penulisan dapat menggunakan software grafis atau untuk awal dapat menggunakan kertas dan alat tulis pada umumnya. Tahap penelitian ini menghasilkan logika dari sistem yang akan dimodelkan dan kaitan antara sistem.

Tahap berikutnya adalah perancangan model matematika. Tahap ini dapat dilakukan setelah proses dan logika telah dipetakan pada tahap sebelumnya. Proses dan logika tersebut kemudian diperjelas hubungan dan kaitannya menggunakan Bahasa persamaan matematika. Dengan jelasnya

persamaan matematika tersebut akan membuat nilai dari setiap variable akan lebih jelas. Tahap penelitian ini dipandu oleh dasar teori tentang AHP dan beberapa rumus perhitungan yang terdapat pada metode AHP tersebut.

Tahap berikutnya adalah menuangkan proses, logika, dan model matematika yang telah dirancang pada sebuah software pemrograman. Software yang akan digunakan adalah format spreadsheet sederhana. Spreadsheet tersebut dapat dikemas dalam bentuk Microsoft excel atau google spreadsheet. Spreadsheet dipilih karena bentuknya yang umum dan mudah dipahami oleh banyak pengguna dari AHP. Proses perhitungannya yang jelas, membantu pengguna untuk melakukan modifikasi dari perangkat hitung yang sedang dirancang ini. Pada tahap ini akan dijelaskan secara rinci bagaimana hubungan antara cell pada spreadsheet dan kaitannya dengan model matematika. Tahap penelitian ini dipandu oleh petunjuk formula dan penggunaan spreadsheet.

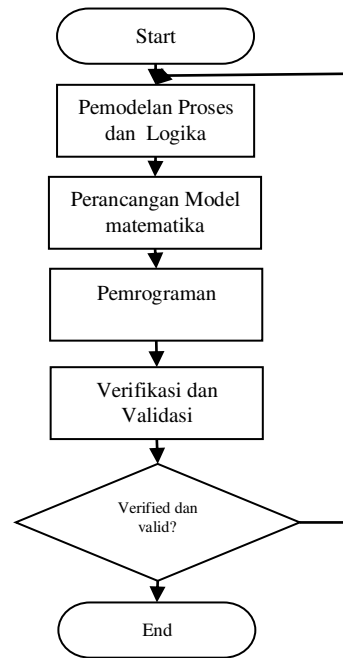
Tahap penelitian berikutnya adalah melakukan verifikasi dan validasi dari model, proses, logika, dan pemrograman yang telah dirancang. Proses ini bertujuan untuk mengevaluasi apakah pemrograman sudah mencitrakan model matematika, apakah model matematika sudah mencerminkan proses serta logika, dan apakah proses serta logika sudah mencitrakan permasalahan yang sedang coba dipecahkan. Proses evaluasi dan cek ini dilakukan dengan cara membandingkan dan menguji kesesuaian antara beberapa tahap tersebut. Bila seluruh tahapan sudah sesuai maka, model dapat dikatakan valid dan terverifikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Pengembangan Kuesioner

Bagian pertama dari kuesioner spreadsheet adalah bagian penentuan kriteria dan penuangannya secara otomatis menjadi kuesioner. Penelitian ini akan mengilustrasikan untuk perhitungan perbandingan antara 4 kriteria.

Gambar 2 Tampilan Spreadhseet Kuesioner Untuk Input Data



Gambar 3 Metodologi Penelitian

Gambar 2 Tampilan Spreadhseet Kuesioner Untuk Input Datamenunjukkan komponen awal dari kuesioner spreadhseet tersebut. Cell B1:B4 menunjukkan kriteria yang akan dibandingkan dan dinilai. Cell F2:Z8 menunjukkan kuesioner yang akan diisi oleh responden. Kuesioner tersebut membantuk responden untuk membandingkan antara kriteria kiri dan kriteria kanan. Bila responden akan condong memilih kriteria sebelah kiri lebih penting maka akan diisi cell yang condong ke kiri seperti dicontohkan pada cell L3. Setiap baris membandingkan antara dua kriteria. Dikarenakan terdapat 4 kriteria maka setiap kriteria tersebut harus dibandingkan satu sama lain. Jumlah baris perbandingan tersebut adalah nilai \combinasi dari 4 oleh 2 yaitu sama dengan 3!. Setiap baris terdiri dari 17 opsi penilaian. Yaitu mulai dari 9 di sebelah kiri dan 9 di sebelah kanan.

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Namun untuk memudahkan dalam proses perhitungan, maka nilai setiap cell disesuaikan secara realatif pada cell kiri sehingga nilainya menjadi

9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
									/	/	/	/	/	/	/	/
									2	3	4	5	6	7	8	9

Cell G3:G8 serta Y3:Y8 menunjukkan nomor dari kriteria yang dibandingkan sesuai dengan A1:A4.

Gambar 4 Tampilan Spreadhseet Trace Precedence dari Input Kuesioner

Gambar 4 Tampilan Spreadhseet Trace Precedence dari Input Kuesioner khususnya kolom D menunjukkan identifier dari perbandingan. Sebagai contoh 1.02 menunjukkan perbandingan antara kriteria 1 dibandingkan kriteria 2. Maka nilai 2.01 di kolom D menunjukkan perbandingan antara kriteria 2 dibandingkan kriteria 1. Yang mana nilai perbandingan tersebut tertera pada kolom E. sebagai contoh karena responden mengisi perbandingan kriteria A (1) dan kriteria B (2) pada cell 5. Maka responden memberikan informasi bahwa kriteria A lima kali lebih penting dibandingkan kriteria B. Maka dari itu perbandingan antara krietria A(1) dibandingkan kriteria B (2) adalah 5. Maka nilai 1.02 adalah 5. Karena matrix perbandingan, 2,01 yaitu kebalikan perbandingan 2 oleh 1 adalah kebalikan dari 5 yaitu 1/5. Hal itu bisa kita lihat untuk kolom D yang bernilai 2.01 berkesuaian dengan kolom E yang bernilai 0.2 atau 1/5.

Kolom D3 hingga D8 menunjukkan identifikasi kriteria kiri dibandingkan kriteria kanan pada kuesioner. Sedangkan baris D9:D14 membandingkan kriteria kanan dibandingkan kriteria kiri pada kuesioner. Dan D15:D18 menunjukkan nilai perbandingan antara kriteria yang sama. Sebagai contoh 2.02 yaitu perbandingan antara kriteria 2 dengan kriteria 2 yang tentu nilainya adalah 1 karena kriteria 2 sama pentingnya dengan kriteria 2. Begitu pula sama halnya dengan baris 1.01, 3.03, dan 4.04. Maka total ada $4 \times 4 = 16$ nilai perbandingan yang harus diekstrak dari kuesioner tersebut sesuai dengan matrix perbandingan antara 4 kriteria dengan 4 kriteria yang berjumlah 16 cell nilai perbandingan AB1:AF5.

Matriks Perbandingan

Bagian pertama dari kuesioner

Proses dari AHP adalah menentukan bobot relative yang nantinya dijadikan penentuan dalam mengurutkan prioritas tertinggi ingga

terendah. Jika kita mengukur n kriteria maka diperlukan sebuah matrix perbandingan $n \times n$ yang disebut sebagai pairwise comparison matrix yang juga disebut dengan matrix A. Untuk riset ini matrix A memiliki dimensi 4×4 . Sebuah cara untuk mengkuantifikasi preferensi dari pengambil keputusan dalam mengukur mana yang lebih penting dari setiap kriteria atau alternative yang tertulis pada baris I ($I = 1, 2, \dots, n$) dibandingkan yang tertulis pada kolom i.

AHP menggunakan skala diskrit mulai dari angkat 1 hingga 9 di mana $a_{ij} = 1$ memiliki makna bahwa i dan j sama pentingnya. $a_{ij} = 5$ menunjukkan bahwa I extremely more important dibandingkan j. $a_{ij} = 9$ menunjukkan i extremely more important dibandingkan j. Nilai lainnya di antara 1 dan 9 memiliki makna yang secara proporsional mengikuti nilai 1,5, dan 9 tadi. Konsistensi dalam penilaian membutuhkan sebuah konsekuensi logis jika $a_{ij} = k$ maka $a_{ji} = 1/k$. Dan juga nilai diagonal dari matrix A harus sama dengan 1, karena menunjukkan perbandingan kriteria/alternative dengan dirinya sendiri (a_{ij} di mana $i=j$).

Gambar 5 Tampilan Spreadhseet Tahap Menyusun Matrix Perbandingan

Sebagai contoh, pada Gambar 5 Tampilan Spreadhseet Tahap Menyusun Matrix Perbandingan, untuk matrix perbandingan a_{13} yang ditunjukkan oleh cell AE2 menunjukkan nilai perbandingan antara kriteria 1 dan 3 yaitu bernilai 3. Nilai tersebut sesuai dengan nilai E4 yaitu 3 yang diidentifikasi oleh D3 yang bernilai 1.03. Cell AE2 tersebut memiliki formula $=VLOOKUP(AB2+AE1/100, D3:E18, 2, FALSE)$ yaitu berpatokan pada tabel pada cell D3:E18, dengan look up value AB2 (kriteria 1) dan AE1(kriteria 3)/100, serta melihat nilai pada kolom 2 di tabel tersebut.

Sebagai contoh untuk matrix perbandingan a_{13} yang ditunjukkan oleh cell AE2 menunjukkan nilai perbandingan antara kriteria 1 dan 3 yaitu bernilai 3. Nilai tersebut sesuai dengan nilai E4 yaitu 3. Begitu seterusnya hingga didapatkan matrix perbandingan yang lengkap.

Normalisasi

Tahap berikutnya adalah melakukan normalisasi dan sehingga didapatkan bobot dari masing-masing sub kriteria dan kriteria yang sudah ternormalisasi.. Normalisasi dilakukan dengan cara membagi elemen dari tiap kolom dengan total penjumlahan dari kolom tersebut.

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}} \quad (1)$$

untuk $i = 1,2,3, \dots, n$ dan $j = 1,2, \dots, n$
 Sebagai contoh untuk mendapatkan n_{11} untuk matrix perbandingan adalah sebagai berikut

$$n_{11} = \frac{a_{11}}{\sum_{k=1}^4 a_{k1}} = \frac{1}{1 + 0.2 + 0.333 + 0.2} = 0.58 \quad (2)$$

Menggunakan cara yang sama, akan bisa didapatkan nilai hasil normalisasi dari matrix perbandingan untuk setiap cell nya. Formula spreadsheet yang digunakan adalah merupakan pembagian dari cell AC2 oleh cell AC6, di mana AC6 adalah hasil penjumlahan dari AC2 hingga AC5. Begitu seterusnya didapatkan nilai untuk masing-masing cell pada tabel normalisasi.

Gambar 6 Tampilan Spreadhseet Tahap Tabel Normalisasi

Penentuan Vektor Prioritas

Tahap berikutnya adalah menentukan rata-rata dari setiap baris pada matrix hasil normalisasi yang nantinya akan menunjukkan vector prioritas dari setiap kriteria.

$$w_i = \frac{\sum_{h=1}^n a_{ih}}{n} \quad (3)$$

Sebagai contoh untuk alternatif kriteria 1

$$w_1 = \frac{\sum_{h=1}^4 a_{1h}}{4} = \frac{0.58 + 0.68 + 0.56 + 0.42}{4} = 0.559 \quad (4)$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkanlah vector prioritas atau bobot dari tiap alternative kriteria.

Pada spreadsheet, hal itu dimodelkan dengan $AQ2 = AN2/4$ di mana AN2 adalah hasil penjumlahan dari AI2 hingga AL2. Begitu pula dengan cara yang sama didapatkan nilai AQ2, AQ3, AQ4, dan AQ5. Ke empat cell tersebut adalah vector prioritas dari ke-empat kriteria hasil pengolahan dari pengisian kuesioner yang telah dipaparkan di tahap awal.

Gambar 7 Tampilan Spreadhseet Tahap Penentuan Vektor Prioritas

Uji Konsistensi

Penentuan vektor prioritas bisa dikatakan adalah tujuan dari perhitungan ini, tapi terdapat suatu keraguan apakah pengisian yang sudah dilakukan dan nilai prioritas yang didapatkan adalah benar-benar tepat dan konsisten. Karena penilaian yang dilakukan adalah penilaian perbandingan preferensi, ada kemungkinan responden yang melakukan pengisian tidak konsisten dalam membuat penilaian. Ilustrasi dari kondisi tersebut adalah sebagai berikut. Bila kriteria 1 lebih penting dari kriteria 2 dan kriteria 2 lebih penting dari kriteria 3 maka seharusnya responden akan menyatakan bahwa kriteria 1 lebih penting dari kriteria 3 bila ia konsisten. Namun manusia sebagai responden beresiko lupa atau punya preferensi yang tidak logis sehingga justru menyatakan sebaliknya yaitu kriteria 3 lebih penting dari kriteria 1. Hal ini lah yang disebut tidak konsisten dan peneliti perlu ragu dengan hasil pengisian kuesionernya, apakah diisi dengan benar atau responden mengisi dengan cara random.

Kuesioner AHP pada umumnya tidak mampu mendeteksi potensi error ini. Sehingga kerap terjadi peneliti mengumpulkan penilaian dari responden, menghitungnya, menguji konsistensi lalu menyadari ternyata responden tidak konsisten dalam membuat penilaian melalui kuesioner.

Peneliti pun terpaksa harus kembali menemui responden untuk pengisian ulang. Responden pun terkadang merasa enggan harus mengisi kembali kuesioner yang sama untuk kedua kalinya. Maka kami mengusulkan sebuah metode agar ketidakkonsistean tersebut disadari langsung tepat pada pengisian kuesioner, sehingga responden bisa melakukan penyesuaian dari jawabannya hingga didapatkan penilaian yang konsisten. Hal ini dapat terjadi bila logika perhitungan menggunakan AHP ini telah dituangkan dalam sebuah logika pemrograman computer. Hal ini dapat diawali dengan merancang logika perhitungan tersebut ke dalam sebuah spreadsheet.

Konsistensi merupakan efek dari koherensi penilaian yang dilakukan pengambil keputusan menggunakan matrix pairwise comparison. . Maka kita bisa membuat pernyataan bahwa dengan w sebagai vector yang menunjukkan bobot relatif w_i , di mana $i = 1, 2, \dots, n$, maka A akan konsisten bila

$$A w = n w \quad (5)$$

Bila \bar{w} adalah computed average vector maka dapat ditunjukkan bahwa

$$A \bar{w} = n_{max} \bar{w} \quad (6)$$

Maka dapat kita hitung n_{max} adalah rata-rata dari vector $A \bar{w}$ yang setiap elemennya dibagi dengan \bar{w} . n_{max} adalah hasil penjumlahan dari komponen vektor yang merupakan hasil hasil antara matrix perbandingan dan vektor prioritas.

	AS	AT	AV	AW	AX	AY
1	1					
2	0.55948	2.37901				
3	0.17231	0.70575				
4	0.19154	0.78035				
5	0.07667	0.30985				
6	1	4.17496				

Gambar 8 Tampilan Penentuan Nmax

Sebagaimana dapat kita lihat pada spreadhset bahwa AS6 adalah hasil penjumlahan dari AS2, AS3, AS4, dan AS5 dimana ke empat cell tersebut adalah hasil kali matrix antara matrix perbandingan AC2:AF5 dan vektor prioritas AQ2:AQ5. Formula yang digunakan pada spreadsheet adalah =MMULT(AC2:AF5,AQ2:AQ5). AS6 tersebut adalah nilai dari n_{max} .

	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY
1		PV				nmax	CI	RI	CR	
2	kriteria A	0.55948		2.37901		4.17496	0.05832	0.99	0.05891	konsisten
3	kriteria B	0.17231		0.70575						
4	kriteria C	0.19154		0.78035						
5	kriteria D	0.07667		0.30985						
6		1		4.17496						

Gambar 9 Tampilan Spreadhseet Tahap Uji Konsistensi

Semakin dekat nilai n_{max} dengan n maka semakin konsisten matrix A tersebut..AHP menggunakan rumus konsistensi yaitu:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (7)$$

Di mana CI = indeks konsistensi untuk A

$$\begin{aligned} &= \frac{n_{max} - n}{n - 1} \\ &= \frac{4.175 - 4}{4 - 1} \\ &= 0.058 \end{aligned} \quad (8)$$

Dan RI = random consistency of A

$$\begin{aligned} &= \frac{1.98 (n - 2)}{n} \\ &= \frac{1.98 (4 - 2)}{4} \\ &= 0.99 \end{aligned} \quad (9)$$

Maka dari itu nilai konsistensai dari matrix A adalah

$$\begin{aligned} CR &= \frac{CI}{RI} \\ CR &= \frac{0.058}{0.99} \\ &= 0.0589 \end{aligned} \quad (10)$$

Jika nilai $CR \leq 0.1$ maka dapat dikatakan bahwa matrix A telah dibuat secara konsisten. Nilai ini lah yang dihasilkan oleh sistem dan spreadsheet bersamaan dengan responden melakukan penilaian melalui kuesioner. Sehingga bila nilai CR tersebut lebih dari 0.1 maka responden dapat serta merta langsung melakukan perubahan terhadap data yang responden isi kan ke dalam kuesioner.

Uji Validasi dan Verifikasi

Pada tahap ini akan dilakukan analisis terhadap sistem yang sudah dirancang. Salah satu analisis yang dapat dilakukan dalam melakukan verifikasi dan validasi terhadap rancangan model. Metode yang dapat digunakan adalah melakukan pemeriksaan apakah setiap persamaan sudah diwakili oleh pemrograman. Tabel berikut menjelaskan pemetaan antara model matematika dan formula excel yang digunakan sebagai tools pemrograman.

Tabel 2 Verifikasi Persamaan

Persamaan	Formula
$n_{11} = \frac{a_{11}}{\sum_{k=1}^4 a_{k1}}$	=AC2/AC6 AC6 = SUM(AC2:AC5)
$w_i = \frac{\sum_{h=1}^n a_{ih}}{n}$	=AN2/AN6 AN2=SUM(AI2:AI2) AN6=SUM(AN2:AN5)
Nmax	=SUM(AS2:AS5)
$CI = \frac{n_{max} - n}{n - 1}$	=(AU2-B7)/(B7-1)
$RI = \frac{1.98 (n - 2)}{n}$	=1.98*(B7-2)/B7
$CR = \frac{CI}{RI}$	=AV2/AW2

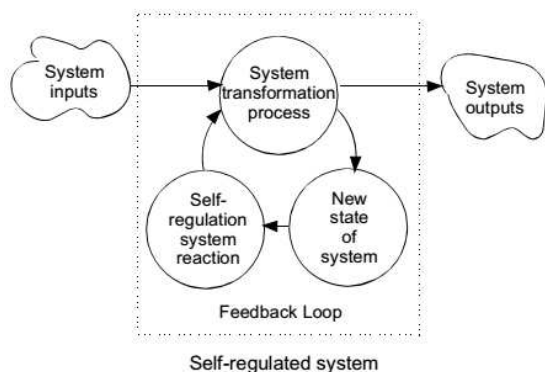
Tabel 2 tersebut menunjukkan bahwa pemrograman yang telah dilakukan valid dan mewakili logika perhitungan.

konsisten, responden dapat langsung melakukan perubahan input data.

Responden dapat difasilitasi dengan perangkat lunak untuk pengisian kuesioner di mana logika dari perangkat lunak tersebut mengandung logika perhitungan yang dipaparkan dalam penelitian ini.

Pada penelitian selanjutnya, dapat pula dirancang sebuah logika perhitungan untuk metode ANP. Dapat pula diteliti bagaimana efek menggunakan kuesioner yang langsung memberikan nilai konsistensi terhadap hasil akhir penelitian. Selain itu dapat pula dibahas bagaimana rancangan perangkat lunak yang tepat untuk menindaklanjuti penelitian ini. Secara lebih mendalam, dapat pula dibahas bagaimana membuat sistem menjadi Self-Regulated System yaitu sistem yang mampu membuat memperbaiki sendiri nilai konsistensinya namun tidak jauh berbeda dari persepsi penilaian responden. Ilustrasi dari Self Regulated System dapat kita lihat pada

Error! Reference source not found.



KESIMPULAN

Sistem perhitungan yang dirancang ini dapat menjadi solusi dari masalah yang ditemui pada saat pengambilan data untuk metode AHP. Pengisian kuesioner yang tidak konsisten akan dapat tercegah

The screenshot shows a spreadsheet with columns for criteria (A, B, C, D) and rows for comparison. A 'konsistensi' (consistency) value of 0.000000476 is displayed in cell B6. The spreadsheet also shows various numerical values for comparison between criteria.

Gambar 10 Tampilan Spreadhseet Tahap Membandingkan Input Kuesioner dan Nilai Konsistensi

Pada saat responden melaukan pengisian pada kolom H hingga X, tepat saat itu juga responden dapat melihat pada cell B6 apakah nilai yang ia isikan konsisten atau tidak konsisten. Bila tidak

DAFTAR PUSTAKA

Ahmadi, H. B., Petrucci, S. H., & Wang, X. (2017). Integrating sustainability into supplier selection with analytical hierarchy process and improved grey relational analysis: a case of telecom industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2413–2427.

H. D., McNickle, D., & Dye, S. (2012). *Management science: decision-making through systems thinking*. Palgrave macmillan.

Ho, W. (2008). Integrated analytic hierarchy process and its applications A literature review. *European Journal of operational research*, 211-228.

Ho, W., & Ma, X. (2017). The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*.

Mehralian, G., Moosivand, A., Emadi, S., & Asgharian, R. (2017). Developing a coordination framework for pharmaceutical supply chain: using analytical hierarchy process. *International Journal of Logistics Systems and Management (IJLSM)*.

Misra, S., & Panda, R. K. (2017). Environmental consciousness and brand equity: An impact assessment using analytical hierarchy process (AHP). *Journal of Marketing Practice: Applied Marketing Science*, 40-61.

- Rahaman, S. A., & Aruchamy, S. (2017). Geoinformatics based landslide vulnerable zonation mapping using analytical hierarchy process (AHP), a study of Kallar river sub watershed, Kallar watershed, Bhavani basin, Tamil Nadu. *Modeling Earth Systems and Environment*, 41.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, 83–98.
- Singh, M. (2017). Identification of Critical Success Factors (CSF's) to implement Green Supply Chain Management (GSCM) in an automobile industry using Analytical Hierarchy Process (AHP) technique. *Journal of Automation and Automobile Engineering*, 1-19.
- Vu, T. P., Do, N. H., & Vo, T. C. (2017). Application of Analytical Hierarchy Process (AHP) Technique to Evaluate the Combined Impact of Coal Mining on Land Use and Environment. A Case Study in the Ha Long City, Quang Ninh province, Vietnam. *International Journal of Environmental Problems*, 54-58.