

Perancangan dan Implementasi Perangkat Lunak Sistem Pendukung Keputusan Multi Kriteria Menggunakan Metode AHP

Siti Maghfiroh, Mohammad Isa Irawan

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: mii@its.ac.id

Abstrak—Sejalan dengan pesatnya perkembangan industri, pengambilan keputusan yang cepat dan akurat menjadi bagian yang penting dalam suatu instansi agar roda organisasi berjalan dengan lancar. Untuk mendukung hal tersebut, dibuat suatu sistem berbasis komputer yang dapat memudahkan proses pengambilan keputusan yaitu Sistem Pendukung Keputusan (SPK). *Analytic Hierarchy Process* (AHP) merupakan salah satu metode *Multi Criteria Decision Making* (MCDM) yang dapat digunakan dalam pengambilan keputusan. Agar dapat digunakan secara efektif, AHP perlu dibuat secara *user friendly* dengan fitur yang mudah digunakan. Pada penelitian ini, dibuat perangkat lunak SPK yang dibangun dengan mengimplementasikan model AHP untuk menyelesaikan permasalahan pengambilan keputusan. Pada metode AHP, permasalahan dimodelkan dalam sebuah hirarki dan ranking alternatif ditentukan berdasarkan prioritas. Prioritas dihitung berdasarkan nilai perbandingan berpasangan yang diberikan oleh *decision maker* pada setiap level hirarki. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perangkat lunak yang dibangun memberikan ranking alternatif yang sama dengan penelitian sebelumnya sehingga dengan adanya perangkat lunak ini *decision maker* tidak perlu membangun perangkat lunak baru untuk permasalahan yang berbeda.

Kata Kunci—AHP, perangkat lunak, SPK

I. PENDAHULUAN

Pengambilan keputusan merupakan suatu bentuk pemilihan alternatif terbaik diantara berbagai alternatif untuk mencapai tujuan tertentu. Keputusan yang diambil memiliki tingkat kesulitan yang berbeda-beda tergantung dari banyaknya alternatif atau pilihan yang tersedia. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam pengambilan keputusan yaitu *Multi Criteria Decision Making* (MCDM). Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah MCDM, antara lain metode *Simple Additive Weighting* (SAW), *Weighted Product* (WP), ELECTRE, *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS), dan *Analytic Hierarchy Process* (AHP). [1]

Sejalan dengan pesatnya perkembangan industri, pengambilan keputusan yang cepat dan akurat menjadi bagian yang penting dalam suatu instansi. Untuk mendukung hal tersebut, dibuat suatu sistem yang dapat memudahkan proses pengambilan keputusan yaitu Sistem Pendukung Keputusan (SPK). SPK merupakan sistem interaktif berbasis komputer yang mendukung *decision maker* dalam proses pengambilan

keputusan. Hingga saat ini, banyak aplikasi SPK yang telah dibuat untuk membantu menyelesaikan pengambilan keputusan salah satunya dengan metode AHP. Pada metode AHP, permasalahan dimodelkan dalam sebuah hirarki. Dengan hirarki, suatu masalah yang kompleks dapat diuraikan ke dalam kelompok-kelompok sehingga akan tampak lebih terstruktur dan sistematis.

Adapun beberapa peneliti yang menggunakan metode AHP untuk menyelesaikan permasalahan pengambilan keputusan antara lain J.L. Garcia dkk (2013), Saefudin dkk (2014), A. Y. Ranius (2015) dll. Garcia menggunakan metode AHP untuk memilih lokasi distribusi hasil tani dengan memperhatikan enam kriteria meliputi kemudahan akses, jarak, keamanan, jumlah kebutuhan, penerimaan, dan biaya. [2] Saefudin menggunakan SPK untuk penilaian kinerja pegawai pada RSUD Serang menggunakan metode AHP. Saefudin menentukan empat alternatif pegawai dengan kriteria prestasi kerja, tanggung jawab, kejujuran, kerjasama, prakarsa, ketaatan, kepemimpinan, dan kesetiaan. [3] Sedangkan Ranius menggunakan SPK untuk penentuan destinasi wisata unggulan di kota Palembang [4]. Selain itu, dalam bidang industri yang lain metode AHP juga banyak digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pengambilan keputusan. Misalnya untuk promosi karyawan, pemilihan supplier [5], pemilihan guru berprestasi [6], pemilihan lokasi *Floating Storage and Regasification Unit* (FSRU) [7], pemilihan *crusher* untuk tambang besi [8], dan masih banyak lagi yang lainnya.

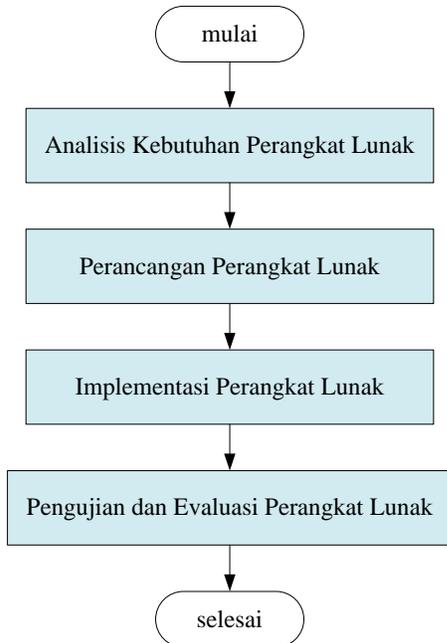
Berdasarkan beberapa contoh tersebut, terlihat bahwa metode AHP banyak digunakan untuk menyelesaikan pengambilan keputusan terutama untuk permasalahan dengan kriteria yang kompleks. Sehingga pada Tugas Akhir ini dibuat perangkat lunak SPK yang dinamis menggunakan metode AHP yang dapat digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan pengambilan keputusan dengan jumlah kriteria yang dapat diubah-ubah sesuai kebutuhan masalah.

II. PEMBAHASAN

A. Metode Penelitian

Penelitian ini dikembangkan dengan menerapkan model *Waterfall*. Model *Waterfall* merupakan model pengembangan perangkat lunak dengan pendekatan sistematis dan sekuensial dimana *output* sebuah tahap merupakan *input* untuk tahap

berikutnya [9]. Tahap-tahap pengembangan perangkat lunak SPK – AHP dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Tahap Pengembangan Perangkat Lunak

B. Analisis dan Perancangan Perangkat Lunak SPK – AHP

Kebutuhan perangkat lunak SPK – AHP terdiri dari kebutuhan fungsional dan kebutuhan non fungsional yang dijelaskan dalam Tabel 1.

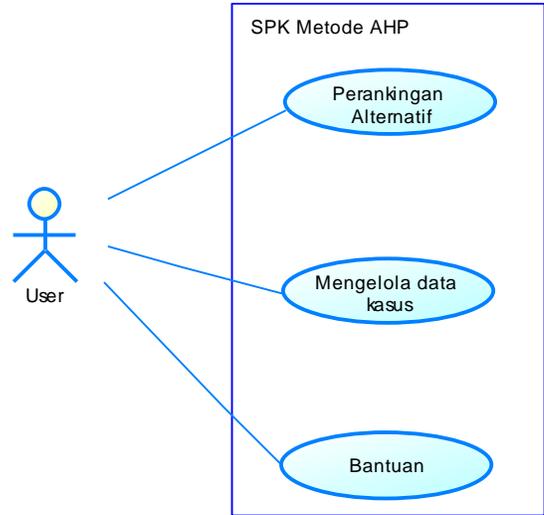
Tabel 1 Kebutuhan perangkat lunak SPK – AHP

Kebutuhan Fungsional	<ol style="list-style-type: none"> Melakukan proses perankingan alternatif Mengelola data kasus yang meliputi : lihat dan cetak detail kasus, mengubah data kasus, dan menghapus data kasus Melakukan proses pencarian bantuan
Kebutuhan Non Fungsional	<ol style="list-style-type: none"> Ketersediaan perangkat lunak Desain perangkat lunak harus <i>user friendly</i> Media penyimpanan Waktu aplikasi untuk merespon request dari user Keamanan data Keamanan perangkat lunak

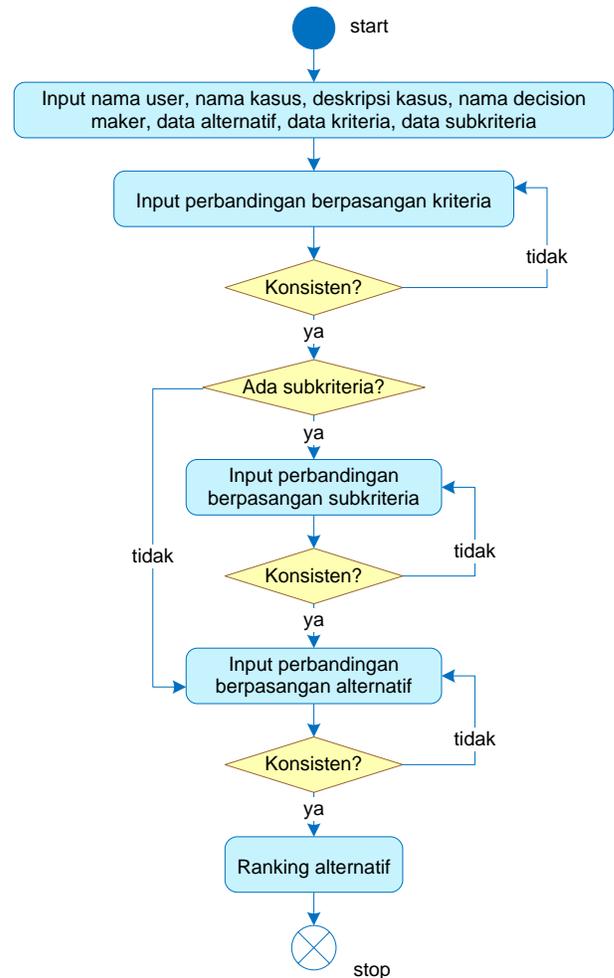
Berdasarkan kebutuhan tersebut, dibuat *usecase diagram* seperti pada Gambar 2. *Usecase diagram* menggambarkan interaksi yang dapat dilakukan oleh pengguna pada perangkat lunak. Pengguna dari perangkat lunak ini adalah user. User memiliki hak untuk melakukan perankingan alternatif, mengelola data, dan mencari bantuan.

Untuk menggambarkan alur proses dari ketiga interaksi tersebut dibuat *activity diagram*. Gambar 3 menunjukkan alur proses perankingan alternatif yang dimulai dari user input data kasus kemudian dilanjutkan dengan input nilai perbandingan berpasangan tiap atribut kasus. Sebelum menambahkan nilai perbandingan berpasangan, data tersebut akan dicek oleh sistem apakah nilai yang dimasukkan konsisten atau tidak. Jika tidak, maka data penilaian tidak dapat ditambahkan dan

user diminta untuk input ulang data penilaian yang sudah diperbaiki.



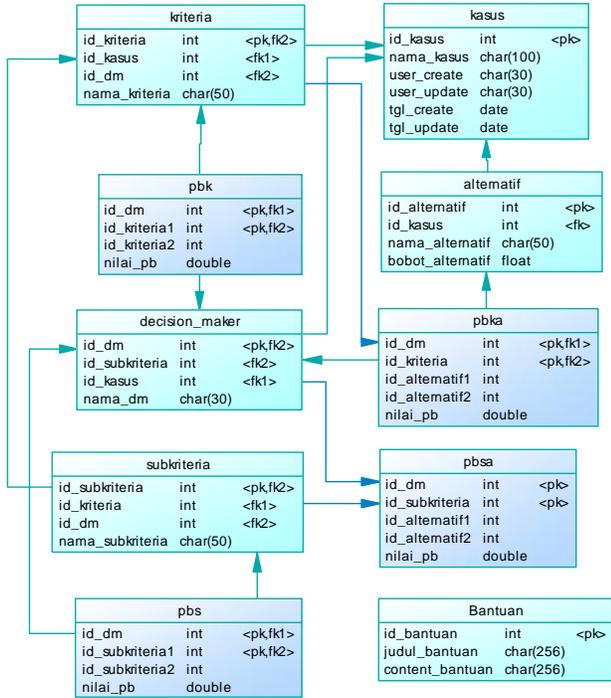
Gambar 2 Usecase Diagram



Gambar 3 Activity Diagram Perankingan Alternatif

Selanjutnya dirancang database arsitektur yang merupakan suatu bentuk skema sistematis mengenai keseluruhan entitas yang terdapat dalam sistem database. Terdapat 10 entitas yang terdiri dari entitas kasus, decision_maker, alternatif, kriteria, subkriteria, pbk, pbs, pbsa, pbka, dan help. Database arsitektur

perangkat lunak SPK – AHP dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4 Database Arsitektur

Berdasarkan keseluruhan proses aktivitas dan database arsitektur, dirancang interface perangkat lunak seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.

Gambar 5 Desain Input Kasus Baru

Gambar 6 Desain Input Perbandingan Berpasangan

Gambar 7 Desain Hasil Ranking

Gambar 5 merupakan desain tampilan input kasus baru yang terdiri dari input data kasus, data DM, data alternatif, data kriteria, dan data subkriteria. Gambar 6 merupakan desain tampilan input perbandingan berpasangan yang terdiri dari perbandingan berpasangan kriteria, perbandingan berpasangan subkriteria, dan perbandingan berpasangan alternatif. Sedangkan Gambar 7 merupakan desain tampilan untuk hasil ranking alternatif keputusan.

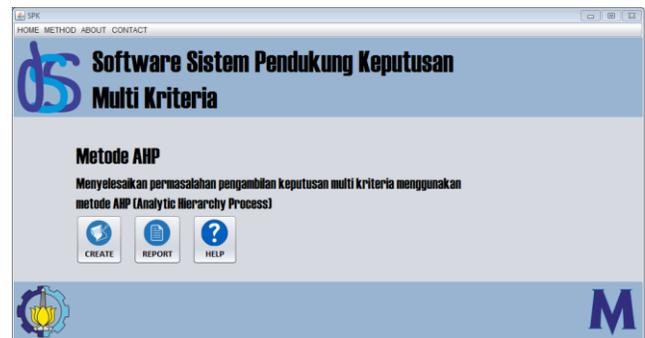
C. Implementasi Perangkat Lunak SPK – AHP

Database arsitektur dan desain *interface* yang telah dibuat selanjutnya diimplementasikan dalam bahasa pemrograman Java dengan menggunakan *software* Netbeans IDE 7.3.1 dan database MySQL. Berikut kode koneksi perangkat lunak SPK – AHP dengan database MySQL.

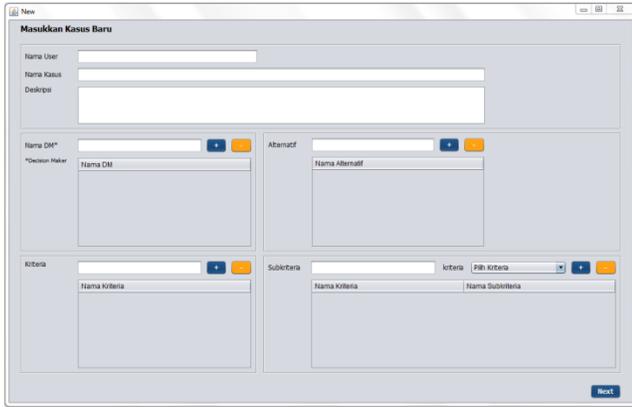
```

public class koneksi {
    Connection conn = null;
    public static Connection ConnectDb() {
        try {
            Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver");
            Connection conn =
                DriverManager.getConnection("jdbc:mysql://localhost:3306/db_keputusan", "root", "");
            return conn;
        } catch (Exception e) {
            JOptionPane.showMessageDialog(null, e);
            return null;
        }
    }
}
    
```

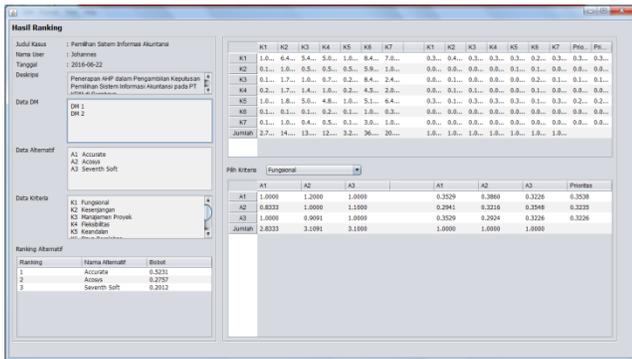
Saat perangkat lunak SPK – AHP dijalankan akan tampil *homepage* seperti gambar berikut.



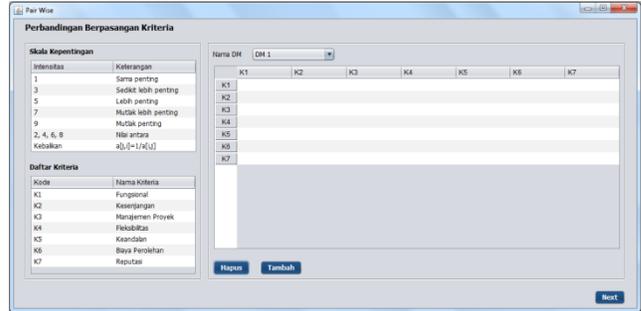
Gambar 8 Halaman Utama SPK – AHP



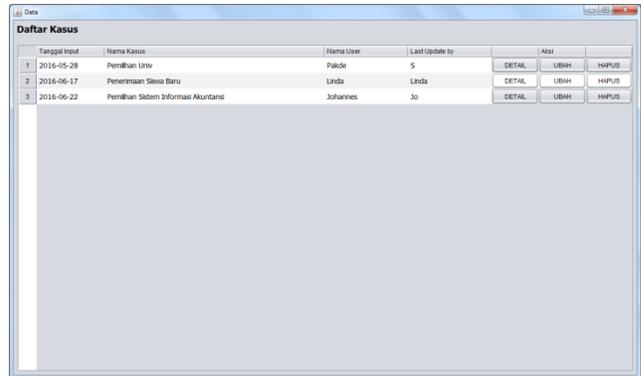
Gambar 9 Form Input Kasus Baru



Gambar 10 Form Hasil Ranking



Gambar 11 Form Input Perbandingan Berpasangan



Gambar 12 Form Daftar Kasus

Tabel 2 Hasil Perankingan

Ranking	Alternatif	Bobot
1	Alt. Proyek Investasi 8	0.150
2	Alt. Proyek Investasi 6	0.147
3	Alt. Proyek Investasi 2	0.132
4	Alt. Proyek Investasi 4	0.128
5	Alt. Proyek Investasi 10	0.098
6	Alt. Proyek Investasi 1	0.095
7	Alt. Proyek Investasi 7	0.077
8	Alt. Proyek Investasi 3	0.063
9	Alt. Proyek Investasi 9	0.057
10	Alt. Proyek Investasi 5	0.053

Perangkat lunak SPK – AHP terdiri dari tiga menu utama yaitu Create, Report, dan Help. User dapat membuat perhitungan baru dengan memilih menu Create. Dengan menginputkan data kasus (Gambar 9) dan perbandingan berpasangan (Gambar 11), akan diperoleh hasil ranking alternatif (Gambar 10). Untuk mengelola data kasus, user dapat memilih menu Report pada halaman utama kemudian akan ditampilkan daftar kasus yang pernah diinputkan (Gambar 12). User dapat melihat detail kasus, mengubah data kasus, dan menghapus data kasus. Sedangkan untuk informasi terkait tatacara menggunakan perangkat lunak dapat dilakukan dengan memilih menu Help pada halaman utama.

D. Pengujian Perangkat Lunak SPK – AHP

Pengujian perangkat lunak dilakukan dengan menggunakan data penelitian sebelumnya yang berjudul “Analisa Keputusan Proyek Investasi Pemasangan Booster Kompresor sebagai Upaya Mempertahankan Produksi Gas Bumi Lapangan Offshore L-Parigi di PT. PEP dengan Metode AHP dan TOPSIS” oleh Risang Raheditya dan Suparno [10].

Hasil perankingan alternatif oleh sistem berdasarkan prosedur metode AHP dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan. Goal dari penelitian ini adalah Seleksi Proyek Investasi dengan dua kriteria yaitu kriteria finansial dan kriteria teknis. Kriteria finansial memiliki tiga subkriteria sedangkan kriteria teknis memiliki delapan subkriteria. Terdapat 10 alternatif keputusan dengan hasil ranking seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

2. Membuat matriks perbandingan berpasangan setiap alternatif untuk setiap kriteria.

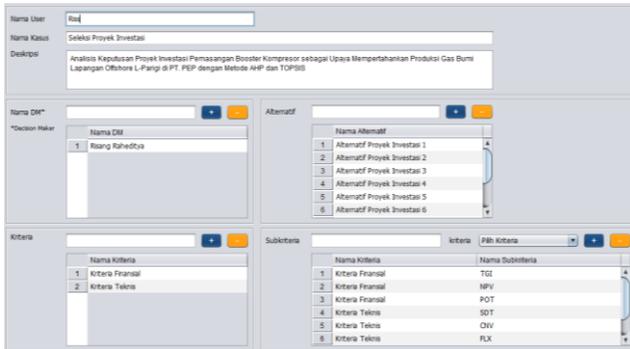
$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} A_1 & A_2 & A_3 & \dots & A_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

$a_{[i,j]}$ adalah perbandingan berpasangan antara alternatif i dan alternatif j , n jumlah alternatif dengan diagonal matriks bernilai 1.

Jika jumlah *decision maker* lebih dari satu, maka perbandingan berpasangan dihitung menggunakan rumus rata-rata geometri (*Geometric Mean*).

$$GM = \sqrt[n]{a_1 \times a_2 \times a_3 \times \dots \times a_n} \quad (2)$$

dengan *n* adalah jumlah *decision maker*. Karena jumlah *decision maker* pada penelitian ini adalah satu, maka nilai rata-rata geometri sama dengan nilai perbandingan berpasangan. Hasil input perbandingan berpasangan alternatif untuk subkriteria TGI dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 13 Input Data Kasus

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
A1	1.00000	0.50000	0.33333	0.25000	0.50000	0.25000	0.33333	0.25000	0.50000	0.25000
A2	2.00000	1.00000	0.33333	0.25000	0.33333	0.25000	0.50000	0.25000	0.50000	0.25000
A3	3.00000	3.00000	1.00000	0.50000	2.00000	0.33333	0.50000	0.25000	2.00000	2.00000
A4	4.00000	4.00000	2.00000	1.00000	1.00000	1.00000	2.00000	1.00000	2.00000	1.00000
A5	2.00000	3.00000	0.50000	1.00000	1.00000	0.33333	2.00000	0.33333	2.00000	0.33333
A6	4.00000	4.00000	3.00000	1.00000	3.00000	1.00000	3.00000	1.00000	3.00000	2.00000
A7	3.00000	2.00000	2.00000	0.50000	0.50000	0.33333	1.00000	0.33333	2.00000	0.33333
A8	4.00000	4.00000	4.00000	1.00000	3.00000	1.00000	3.00000	1.00000	3.00000	1.00000
A9	2.00000	2.00000	0.50000	0.50000	0.50000	0.33333	0.50000	0.33333	1.00000	0.33333
A10	4.00000	4.00000	0.50000	1.00000	3.00000	0.50000	3.00000	1.00000	3.00000	1.00000

Gambar 14 Perbandingan Berpasangan Alternatif Subkriteria TGI

3. Proses sintesis menghasilkan matriks normalisasi dan vektor preferensi alternatif.

Gambar berikut merupakan matriks normalisasi alternatif subkriteria TGI dan vektor preferensi alternatif.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
A1	0.034...	0.018...	0.023...	0.035...	0.033...	0.046...	0.021...	0.043...	0.026...	0.02...
A2	0.068...	0.036...	0.023...	0.035...	0.022...	0.046...	0.031...	0.043...	0.026...	0.02...
A3	0.103...	0.109...	0.070...	0.071...	0.134...	0.062...	0.031...	0.043...	0.105...	0.23...
A4	0.137...	0.145...	0.141...	0.142...	0.067...	0.187...	0.126...	0.173...	0.105...	0.11...
A5	0.068...	0.109...	0.035...	0.142...	0.067...	0.062...	0.126...	0.057...	0.105...	0.03...
A6	0.137...	0.145...	0.211...	0.142...	0.202...	0.187...	0.189...	0.173...	0.157...	0.23...
A7	0.103...	0.072...	0.141...	0.071...	0.033...	0.062...	0.063...	0.057...	0.105...	0.03...
A8	0.137...	0.145...	0.282...	0.142...	0.202...	0.187...	0.189...	0.173...	0.157...	0.11...

Gambar 15 Matriks Normalisasi Alternatif Subkriteria TGI

	Prioritas								
A1	0.03127	0.02177	0.16100	0.25045	0.17325	0.21596	0.21934	0.19970	
A2	0.03647	0.09634	0.19394	0.21589	0.17325	0.17997	0.11144	0.19970	
A3	0.09675	0.07067	0.04804	0.04756	0.07737	0.03390	0.05470	0.02568	
A4	0.13455	0.15979	0.14165	0.04370	0.06807	0.02694	0.02758	0.01980	
A5	0.08149	0.05099	0.04398	0.04646	0.04687	0.03412	0.09040	0.05013	
A6	0.17843	0.20079	0.14297	0.03582	0.04098	0.02514	0.04614	0.04296	
A7	0.07506	0.05467	0.03882	0.09858	0.18118	0.08770	0.17174	0.11358	
A8	0.17373	0.16755	0.11555	0.08681	0.18118	0.06761	0.09499	0.11358	

Gambar 16 Vektor Preferensi Alternatif

4. Ulangi langkah 2-3 untuk menghitung subkriteria. Gambar 17 dan Gambar 18 menyatakan matriks normalisasi dan vektor preferensi subkriteria.

5. Ulangi langkah 2-3 untuk menghitung kriteria. Matriks normalisasi dan vektor preferensi kriteria dapat dilihat pada Gambar 19.

	S1	S2	S3
S1	0.14286	0.14286	0.14286
S2	0.57143	0.57143	0.57143
S3	0.28571	0.28571	0.28571
Jumlah	1.00000	1.00000	1.00000

Gambar 17 Matriks Normalisasi Subkriteria untuk Kriteria Finansial

	K1	K2	Prioritas
K1	0.75000	0.75000	0.75000
K2	0.25000	0.25000	0.25000
Jumlah	1.00000	1.00000	

Gambar 19 Matriks Normalisasi dan Vektor Preferensi Kriteria

	Prioritas
S1	0.14286
S2	0.57143
S3	0.28571
S4	0.10010
S5	0.38201
S6	0.08371
S7	0.21995
S8	0.21422

Gambar 18 Vektor Preferensi Subkriteria

6. Kalikan vektor preferensi kriteria dengan vektor preferensi subkriteria dan didapat bobot global subkriteria. Gambar 20 merupakan hasil perhitungan bobot global subkriteria.
7. Kalikan bobot global subkriteria dengan matriks preferensi alternatif dan didapat bobot global alternatif. Gambar 21 merupakan hasil perhitungan bobot global alternatif.

	Pri.Global
S1	0.10714
S2	0.42857
S3	0.21429
S4	0.02503
S5	0.09550
S6	0.02093
S7	0.05499
S8	0.05356

Gambar 20 Bobot Global Subkriteria

	Bobot
A1	0.09727
A2	0.12929
A3	0.06462
A4	0.12399
A5	0.05402
A6	0.14598
A7	0.07692
A8	0.14738
A9	0.05735
A10	0.10318

Gambar 21 Bobot Global Alternatif

8. Ranking alternatif keputusan diperoleh berdasarkan bobot global alternatif. Hasil ranking alternatif keputusan dapat dilihat pada gambar berikut.

Ranking	Nama Alternatif	Bobot
1	Alternatif Proyek Investasi 8	0.14738
2	Alternatif Proyek Investasi 6	0.14598
3	Alternatif Proyek Investasi 2	0.12929
4	Alternatif Proyek Investasi 4	0.12399
5	Alternatif Proyek Investasi 10	0.10318
6	Alternatif Proyek Investasi 1	0.09727
7	Alternatif Proyek Investasi 7	0.07692
8	Alternatif Proyek Investasi 3	0.06462
9	Alternatif Proyek Investasi 9	0.05735
10	Alternatif Proyek Investasi 5	0.05402

Gambar 22 Ranking Alternatif

9. Selanjutnya dihitung konsistensi untuk setiap perbandingan berpasangan alternatif, kriteria dan, subkriteria.

a. Menghitung λ_{maks}

$$\lambda_{maks} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{m_{i1}}{v_{i1}} \right)}{n} \quad (3)$$

b. Menghitung indeks konsistensi

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \quad (4)$$

c. Menghitung rasio konsistensi

$$CR = \frac{CI}{IR} \quad (5)$$

Penilaian dikatakan konsisten jika nilai $CR < 0,1$. Jika konsisten maka penilaian akan disimpan dan jika tidak konsisten akan muncul kotak dialog yang menyatakan bahwa penilaian tidak konsisten dilengkapi dengan nilai CR. Gambar 23 menunjukkan kotak dialog informasi ketika penilaian tidak konsisten.



Gambar 23 Kotak Dialog *Inconsisten*

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa perangkat lunak SPK – AHP memberikan ranking alternatif yang sama dengan penelitian sebelumnya.

III. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Rancangan perangkat lunak dibuat dengan menggunakan metode AHP dan didesain secara dinamis.
2. Hasil pengujian menggunakan data referensi [10] menunjukkan bahwa perangkat lunak yang dibangun memberikan ranking alternatif yang sama sehingga dengan adanya perangkat lunak ini *decision maker* tidak perlu membangun perangkat lunak baru untuk permasalahan yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis S.M. mengucapkan terima kasih kepada :

1. Imam Mukhlas, S.Si, MT sebagai Ketua Jurusan Matematika FMIPA ITS.
2. Prof. Dr. Mohammad Isa Irawan, MT sebagai dosen pembimbing.
3. Keluarga tercinta yang senantiasa memberikan dukungan dan do'a yang tak terhingga.
4. Teman-teman Mahasiswa Matematika Angkatan 2012.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kusumadewi, S., Hartati, S., Harjoko, A., & Wardoyo, R. (2006). *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (FUZZY MADM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [2] Garcia, J. L., Alvarado, A., Blanco, J., Jimenez, E., Maldonado, A. A., & Cortes, G. (2013). Multi-attribute evaluation and selection of sites for agricultural product warehouses based on an Analytic Hierarchy Process. *Computers and Electronics in Agriculture*, 60-69.
- [3] Saefudin, & Wahyuningsih, S. (2014). Sistem Pendukung Keputusan untuk Penilaian Kinerja Pegawai Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) pada RSUD Serang. *Sistem Informasi*, 33-40.
- [4] Ranius, A. Y. (2015). Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Destinasi Wisata Unggulan di Kota Palembang. *Seminar Nasional Inovasi dan Tren (SNIT)*, 50-55.
- [5] Setiawan, A., Irawan, M. I., & Wijaya, R. (2007). Perancangan dan Pembuatan Aplikasi Decision Support System pada Departemen HRD dan Pembelian dengan Menggunakan Metode Analytic Hierarchy Process (AHP).
- [6] Juliyanti, Irawan, M. I., & Mukhlash, I. (2011). Pemilihan Guru Berprestasi Menggunakan Metode AHP dan TOPSIS. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 14 Mei 2011*, 63-68.
- [7] Artana, K. B. (2008). Pengambilan Keputusan Kriteria Jamak (MCDM) untuk Pemilihan Lokasi Floating Storage and Regasification Unit (FSRU): Studi Kasus Suplai LNG dari Ladang Tangguh ke Bali. *Pengambilan Keputusan Kriteria Jamak (MCDM)*, 97-111.
- [8] Javad, R. M., & Mohammad, A. (2014). Application of Analytical Hierarchy Process to Selection of Primary Crusher. *International Journal of Mining Science and Technology*, 519-523.
- [9] Pressman, R. S. (2001). *Software Engineering*. New York: McGraw-Hill.
- [10] Raheditya, R., & Suparno. (2014). *Analisa Keputusan Proyek Investasi Pemasangan Booster Kompresor sebagai Upaya Mempertahankan Produksi Gas Bumi Lapangan Offshore L-Parigi di PT. PEP dengan Metode AHP dan TOPSIS*. Surabaya: ITS.
- [11] Taylor, B. W. (2013). *Introduction to Management Science*. New Jersey: Prentice Hall.
- [12] Rao, R. V. (2007). *Decision Making in the Manufacturing Environment : Using Graph Theory and Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods*. London: Springer.
- [13] Turban, E., Aronson, J. E., & Liang, T.-P. (2005). *Decision Support Systems and Intelligent Systems (Sistem Pendukung Keputusan dan Sistem Cerdas)*. Yogyakarta: ANDI.
- [14] Kadir, A. (2005). *Dasar Pemrograman Java 2*. Yogyakarta: ANDI.
- [15] Hariyanto, B. (2011). *Esensi-Esensi Bahasa Pemrograman Java*. Bandung: Infomatika.
- [16] Nugroho, B. (2006). *Database Relational dengan MySQL*. Yogyakarta: ANDI.