

DESAIN PENGEMBANGAN SISTEM PAKAR UNTUK IDENTIFIKASI GANGGUAN TANAMAN HUTAN DENGAN FORWARD CHAINING DAN CERTAINTY FACTOR

Andri Pranolo¹⁾, Siti Muslimah Widyastuti²⁾, Azhari³⁾

¹Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan

²Silvikultur, Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada

³Ilmu Komputer, Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada

Jl. Agro No. 1 Bulaksumur, Yogyakarta, 55281

Telp : (0274) 512102, Fax : (0274) 512102

E-mail : apranolo@gmail.com¹⁾

Abstrak

Masa panen dengan waktu lama merupakan permasalahan utama pada tanaman kehutanan, sehingga diperlukan deteksi gangguan (hama dan penyakit) dan pengendalian yang cepat dan tepat dalam mengurangi dampaknya. Langkah pertama manajemen hama dan penyakit adalah deteksi, rekognisi dan penaksiran. Dewasa ini, aplikasi sistem pakar telah dan sedang dikembangkan diantaranya untuk deteksi/identifikasi hama dan penyakit.

Pada penelitian pendahuluan telah dilakukan analisis, desain, dan implementasi sistem identifikasi penyakit pada sengon (*Falcataria moluccana*). Berdasarkan rekomendasi penelitian tersebut, diperlukan pengembangan sistem agar dapat melakukan identifikasi, memberikan saran atau rekomendasi pengendalian, dan pengujian pada tanaman kehutanan lain.

Pada paper ini akan diulas desain pengembangan sistem identifikasi gangguan untuk tanaman kehutanan dengan metode *forward chaining* dan *certainty factor*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mulai diujicobakan oleh pengelola hutan tanaman dalam upaya mendeteksi cepat gangguan pada tanaman hutan, sehingga dapat melakukan pengendalian yang tepat, guna menjaga kualitas dan hasil kelola, serta mendukung upaya perwujudan hutan yang lestari.

Kata kunci: Tanaman kehutanan, sistem pakar, *certainty factor*, *forward chaining*

1. PENDAHULUAN

Pengembangan pemanfaatan aplikasi komputer dalam mendukung dan membantu pekerjaan pelaku di bidang kehutanan akan sangat membantu, diantaranya dalam menentukan langkah mengurangi kerugian akibat pengganggu tanaman, diantaranya hama dan penyakit. Permasalahan utama pada tanaman kehutanan adalah masa panen yang membutuhkan waktu lama, sehingga deteksi hama dan penyakit serta pengendalian yang cepat dan tepat untuk mengurangi dampak gangguan tanaman sangat diperlukan. Langkah pertama pada manajemen hama dan penyakit adalah deteksi, rekognisi dan penaksiran [1]. Pemanfaatan alat bantu aplikasi komputer telah dan sedang dikembangkan melalui sistem pakar, diantaranya untuk keperluan deteksi atau identifikasi pengganggu tanaman (hama dan penyakit).

Sistem pakar merupakan sebuah program komputer yang dirancang untuk memodelkan kemampuan menyelesaikan masalah seperti layaknya seorang pakar dalam bidang tertentu [2,3]. Kemampuan sistem pakar tergantung pada perpindahan pengetahuan dari *human expert* (ahli dalam bidang ilmu tertentu) ke sistem pakar. Pada penelitian pendahuluan [4] telah dilakukan analisis, desain, dan implementasi sistem untuk identifikasi penyakit pada tanaman sengon (*Falcataria moluccana*). Berdasarkan rekomendasi dari penelitian tersebut, masih diperlukan pengembangan sistem lebih lanjut dengan melengkapi basis pengetahuan pakar dan melakukan pengujian di lapangan. Selain itu, diperlukan desain dan Implementasi pengembangan sistem agar dapat melakukan identifikasi gangguan tanaman kehutanan dan memberikan saran atau rekomendasi pengendaliannya, serta dilakukan pengujian pada tanaman kehutanan lain.

Pada bagian ini akan dibahas desain pengembangan sistem identifikasi gangguan tanaman kehutanan dengan menggunakan metode pelacakan *forward chaining* dan penarikan kesimpulan menggunakan *certainty factor*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mulai diujicobakan oleh pengelola hutan tanaman dalam upaya mendeteksi cepat gangguan yang terjadi pada pertanaman hutan, sehingga dapat dilakukan pengendalian yang tepat, guna menjaga kualitas dan hasil kelola, serta mendukung upaya perwujudan hutan yang lestari.

2. METODE PENELITIAN

Metode pengembangan untuk membangun sistem pakar meliputi : a) analisis situasi dan identifikasi kebutuhan data dan keluaran yang mungkin, b) menentukan relasi antara data dan aturan sebagai dasar dalam pembuatan keputusan; c) entri data dan aturan ke dalam *shell* sistem pakar; d) desain masalah dan respon [5]. Metode penelusuran yang digunakan adalah *forward chaining* dan keyakinan menggunakan *certainty factor*.

2.1. Rule-based Sistem Pakar

Secara umum representasi pengetahuan yang digunakan dalam sistem pakar menggunakan aturan IF-THEN. Penggunaan pernyataan IF-THEN untuk menyatakan aturan-aturan biasa juga disebut dengan *rule based system* (basis aturan sistem pakar) [6]. Pada penelitian ini penelusuran pada basis aturan menggunakan inferensi *forward chaining*, yang menganalisis persoalan dengan mencari fakta yang sesuai dalam bagian IF dengan hasil pada bagian THEN.

Ada dua pendapat mengenai implementasi metode inferensi *forward chaining*. Pertama, dengan membawa seluruh data yang didapat ke sistem pakar. Kedua, membawa bagian-bagian penting saja dari data ke sistem pakar. Cara kedua lebih cenderung dapat menghemat waktu dan biaya, karena hanya data penting saja yang diambil [7].

2.2 Faktor Keyakinan (Certainty Factor)

Certainty Factor (CF) merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menyatakan keyakinan fakta atau hipotesis. Oleh karena itu, CF digunakan untuk menunjukkan seberapa akurat nilai keyakinan dan ketidakkeyakinan yang independen satu sama lain. CF dapat diekspresikan ke dalam suatu persamaan berikut [8,9].

$$CF(H,E) = MB(H,E) - MD(H,E) \quad (1)$$

CF hipotesis H atas munculnya evidence E dinotasikan dengan CF(H,E) yang memiliki persamaan MB(H,E) atau ukuran keyakinan terhadap hipotesis H atas munculnya evidence E dikurangi dengan MD(H,E) sebagai ukuran ketidakkeyakinan terhadap hipotesis H atas munculnya evidence E. Selanjutnya diketahui rumus dasar CF untuk kaidah IF E THEN H sebagai berikut:

$$CF(H,e) = CF(E,e) * CF(H,E) \quad (2)$$

dimana CF(H,e) merupakan notasi CF yang didasarkan pada ketidakkeyakinan evidence e. CF(E,e) merupakan CF dari kejadian E yang dipengaruhi evidence e, dapat dinotasikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$CF(E,e) = \min[CF(e_1), CF(e_2), \dots, CF(e_n)] \quad (3)$$

apabila gabungan estimasi menggunakan operator AND, atau

$$CF(E,e) = \max[CF(e_1), CF(e_2), \dots, CF(e_n)] \quad (4)$$

apabila gabungan estimasi menggunakan operator OR.

CF(H,E) adalah CF dalam hipotesis asumsi *evidence* diketahui dengan pasti yaitu ketika CF(E,e)=1. Apabila terdapat dua aturan yang mempunyai kesimpulan hipotesis yang sama, maka CF gabungan dua aturan tersebut dihitung dengan kombinasi fungsi keyakinan dengan persamaan sebagai berikut [10,11]:

$$CF_{combine}(CF_1, CF_2) = \begin{cases} CF_1 + CF_2 (1 - CF_1) & \text{jika nilai } CF_1 \text{ dan } CF_2 \geq 0 \\ \frac{CF_1 + CF_2}{1 - \min(|CF_1|, |CF_2|)} & \text{jika nilai } CF_1 < 0 \text{ atau } CF_2 < 0 \\ CF_1 + CF_2 (1 + CF_1) & \text{Jika nilai } CF_1 \text{ dan } CF_2 < 0 \end{cases} \quad (5.1)$$

$$(5.1)$$

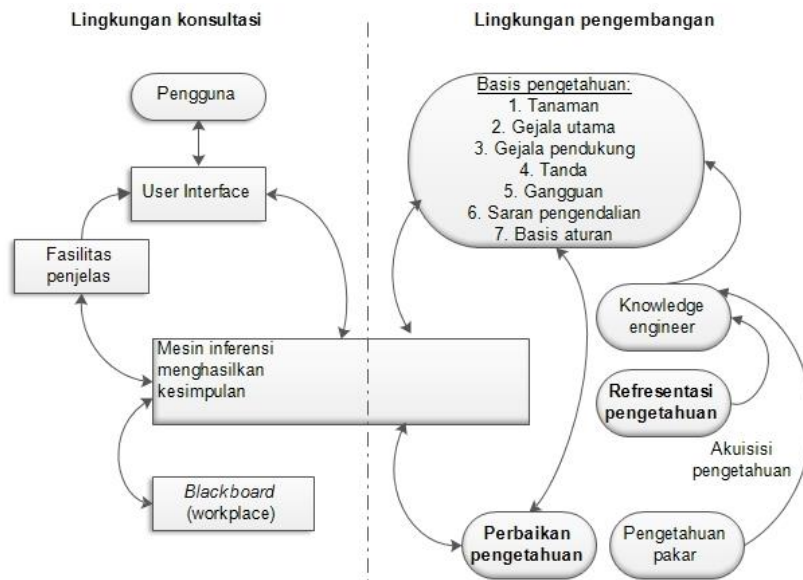
$$(5.2)$$

$$(5.3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

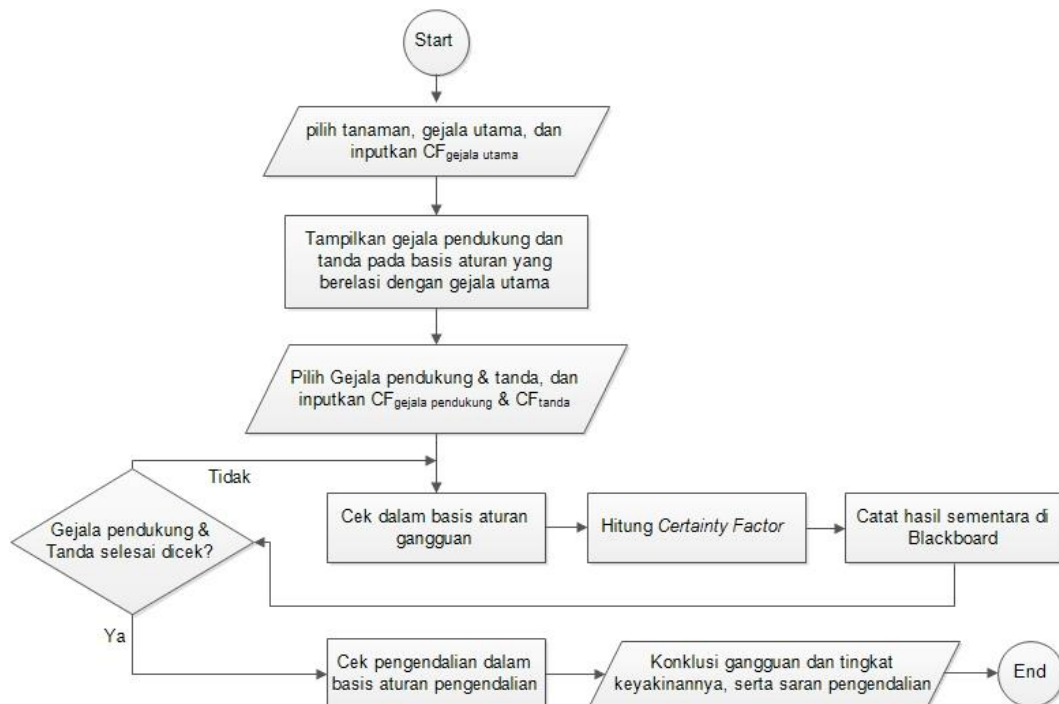
3.1. Perancangan Sistem

Sistem pakar terdiri dari dua bagian utama, yaitu 1) lingkungan pengembangan, digunakan untuk membangun komponen-komponennya dan menempatkan pengetahuan dalam basisnya; 2) Lingkungan konsultasi, digunakan oleh pemakai untuk mendapatkan pengetahuan dari pakar (Gambar 1). Basis pengetahuan berisi sekumpulan pengetahuan pakar, dan aturan-aturan yang biasa juga disebut dengan *rule-based*. *Knowledge engineer* menterjemahkan dan mengakuisisi atau merepresentasikan pengetahuan pakar pada basis pengetahuan.



Gambar 1. Arsitektur sistem pakar (modifikasi dari Turban dkk [6])

Pada lingkungan konsultasi, pengguna berinteraksi melalui *user interface* dengan sistem. Penelusuran diawali dengan memilih tanaman dan gejala utama, serta menentukan $CF_{\text{gejala utama}}$. Proses selanjutnya adalah sistem menampilkan gejala pendukung dan tanda pada basis aturan yang berelasi dengan gejala utama. Pengguna memilih gejala pendukung dan tanda, serta menginputkan $CF_{\text{gejala pendukung}}$ dan CF_{tanda} .



Gambar 2. Inferensi forward chaining (modifikasi dari Pranolo dkk [4])

Penelusuran entri data pengguna pada basis-aturan-gangguan dilakukan sampai gejala pendukung dan tanda selesai dicek dan melakukan perhitungan CF kombinasi antara CF(pakar) dan CF(pengguna) dan melakukan pencatatan di *blackboard*. Setelah selesai sistem, akan mengecek pengendalian yang dapat dilakukan berdasarkan gejala dan tanda pada basis aturan pengendalian. Keluaran sistem adalah konklusi gangguan dan tingkat keyakinannya, serta saran pengendalian yang dapat dilakukan (Gambar 2). Fasilitas penjelas digunakan untuk membantu memperbaiki dan meningkatkan pengetahuan dalam memberikan kejelasan dan keyakinan kepada pemakai tentang hasil yang diberikan oleh sistem.

3.2. Faktor Keyakinan (*Certainty Factor*)

Nilai CF pada basis aturan yang ditentukan oleh pakar disebut sebagai CF(pakar), dan nilai CF yang diberikan sebagai keyakinan atas premis gejala utama, gejala pendukung, dan tanda yang tampak pada tanaman yang diamati disebut sebagai CF(pengguna) [4]. Untuk mensimulasikan hal dimaksud, diberikan contoh sebagaimana Tabel 1 yang memberikan informasi *evidence* yang lengkap dengan nilai CF(pakar) dan CF(pengguna).

Tabel 1 Nilai CF(pakar) dan CF(pengguna)

Evidence	CF(pakar)	CF(pengguna)
GU ₄	0.8	0.8
G ₁	0.4	0.6
G ₂	0.4	0.8
G ₃	0.4	0.4
G ₈	0.8	0.8
T ₂	0.8	-0.2
T ₃	0.6	0.6

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa nilai CF pada basis aturan dan CF yang diberikan pengguna untuk *evidence* GU₄, G₁, G₂, G₃, dan T₃ lebih besar dari nol, maka CF gabungan dapat dihitung dengan persamaan (5.1), $CF_{comb}(H,e) = CF(pakar) + CF(pengguna) * (1 - CF(pakar))$. Sedangkan untuk *evidence* T₂ nilai CF lebih kecil dari nol, maka CF gabungan dihitung dengan persamaan (5.2), $CF_{comb}(H,e) = CF(pakar) + CF(pengguna) / (1 - \min(|CF(pakar)|, |CF(pengguna)|))$. Sehingga, $CF_{combine}$ untuk pakar dan pengguna dihitung sebagai berikut:

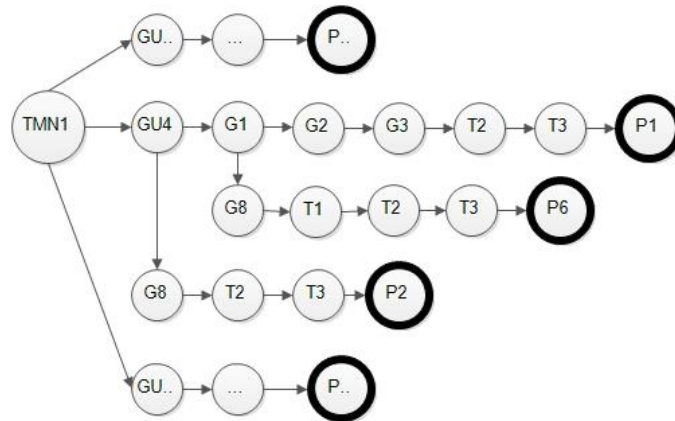
$CF(GU_{4,e}) \rightarrow CF_{comb}(CF_{pakar}, CF_{pengguna}) = 0.8 + 0.8 * (1 - 0.8) = 0.96$
 $CF(G_1,e) \rightarrow CF_{comb}(CF_{pakar}, CF_{pengguna}) = 0.4 + 0.6 * (1 - 0.4) = 0.76$
 $CF(G_2,e) \rightarrow CF_{comb}(CF_{pakar}, CF_{pengguna}) = 0.4 + 0.8 * (1 - 0.4) = 0.88$
 $CF(G_3,e) \rightarrow CF_{comb}(CF_{pakar}, CF_{pengguna}) = 0.4 + 0.4 * (1 - 0.4) = 0.64$
 $CF(G_8,e) \rightarrow CF_{comb}(CF_{pakar}, CF_{pengguna}) = 0.8 + 0.8 * (1 - 0.8) = 0.96$
 $CF(T_2,e) \rightarrow CF_{comb}(CF_{pakar}, CF_{pengguna}) = 0.8 + (-0.2) / (1 - \min(|0.8|, |0.2|)) = 0.75$
 $CF(T_3,e) \rightarrow CF_{comb}(CF_{pakar}, CF_{pengguna}) = 0.6 + 0.6 * (1 - 0.6) = 0.84$

Sintaks program untuk persamaan 5.1, 5.2, dan 5.3 dalam bahasa pascal dapat ditulis dengan fungsi sebagaimana Gambar 3.

```
function HitungCF(var j: byte; a, b: real): real;
var cf: array[1..15] of real;
begin
  if (a > 0) and (b > 0) then cf[j] := a + b*(1 - a) else
  if (a < 0) or (b < 0) then cf[j] := (a + b)/(1 -
    Min(abs(a), abs(b))) else
  if (a < 0) and (b < 0) then cf[j] := a + b*(1 + a);
  Result := cf[j];
end;
```

Gambar 3 Sintaks program fungsi $CF_{combine}(CF_1, CF_2)$

Sebagai contoh untuk gejala utama daun layu (GU₄) pada tanaman sengon (TNM₁) dapat digambar pohon keputusan sebagaimana tampak pada Gambar 4.

Gambar 4 Pohon keputusan TMN₁

atau untuk gejala utama daun layu (GU₄) dapat menghasilkan tiga kaidah, yaitu:

- Kaidah 1.** IF daun layu (GU₄) AND daun pucat (G₁) AND daun mengecil (G₂) AND daun mengkerut (G₃) AND terdapat miselium (T₂) AND terdapat spora (T₃) THEN embun tepung (P₁)
- Kaidah 2.** IF daun layu (GU₄) AND daun pucat (G₁) AND busuk akar (G₈) AND terdapat tubuh buah (T₂) AND terdapat miselium (T₂) AND terdapat spora (T₃) THEN Busuk akar (P₆)
- Kaidah 3.** IF daun layu (GU₄) AND busuk akar (G₈) AND terdapat miselium (T₂) AND terdapat spora (T₃) THEN Damping off (P₂)

Dengan menggunakan persamaan (3) sebagai berikut $CF(H,e) = CF(E,e) * CF(H,E)$, dimana $CF(E,e)$ merupakan $\min[CF(e_1), CF(e_2), \dots, CF(e_n)]$. Sehingga, kesimpulan nilai keyakinan tanaman yang diamati untuk sebuah pengganggu tanaman tertentu untuk kaidah 1, dapat dihitung dengan persamaan:

$$CF(H,e) = \min[CF(e_1), CF(e_2), \dots, CF(e_n)] * CF(H,E)$$

$$CF(H,e) = \min[CF(GU_4,e), CF(G_1,e), CF(G_2,e), CF(G_3,e), CF(T_2,e), CF(T_3,e)] * 100\%$$

Maka $CF(H,e) = \min[0.96, 0.76, 0.88, 0.64, 0.75, 0.84] * 100\% = 64\%$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa Penyakit P₁ yang disebabkan oleh gejala-gejala dan tanda tersebut memiliki nilai CF sebesar 64%.

Sintaks program persamaan (3) dapat ditulis sebagai fungsi sebagaimana tampak pada Gambar 5.

```
function CariMinimum(var i, j: byte; a, b, c: real): real;
var min_temp: array[1..2] of real;
begin
  if j=1 then
    min_temp[i] := HitungCF(j, a, b)
  else
    min_temp[i] := c;
  Result := Min(min_temp[i], HitungCF(j, a, b));
end;
```

Gambar 5 Sintaks program fungsi penggabungan CF dengan operator AND

Hasil untuk kaidah 2,

$$CF(H,e) = \min[CF(e_1), CF(e_2), \dots, CF(e_n)] * CF(H,E)$$

$$CF(H,e) = \min[CF(GU_4,e), CF(G_1,e), CF(G_8,e), CF(T_2,e), CF(T_3,e)] * 100\%$$

Maka $CF(H,e) = \min[0.96, 0.76, 0.96, 0.75, 0.84] * 100\% = 75\%$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa Penyakit P₆ yang disebabkan oleh gejala-gejala dan tanda tersebut memiliki nilai CF sebesar 75%. Untuk kaidah 3 dengan persamaan yang sama menghasilkan nilai CF untuk penyakit P₂ sebesar 75%

4. SIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan dan saran dalam penelitian ini adalah :

4.1 Simpulan

1. Pengembangan sistem yang dilakukan terutama tersedianya fasilitas penjelas, akomodasi sistem untuk berbagai macam tanaman kehutanan, dan pengendalian berdasarkan gejala dan tanda yang tampak, diharapkan dapat menyempurnakan penelitian sebelumnya dalam mengadopsi kemampuan pakar bidang tanaman hutan.
2. Dengan inferensif *forward chaining* sistem menganalisis persoalan melalui pencarian fakta yang diinputkan oleh pengguna yang sesuai dalam bagian IF dengan hasil pada bagian THEN, dan mengambil kesimpulan berdasarkan faktor keyakinan (*Certainty factor/CF*) kombinasi CF pakar dan CF pengguna.

4.2 Saran

Diperlukan *update* secara periodik, untuk memperkaya basis pengetahuan sistem. Sehingga sistem lebih akurat dalam melakukan identifikasi gangguan pada tanaman hutan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih Ditjen Dikti yang telah memberikan dana penelitian melalui hibah Riset Unggulan Komprehensif Universitas Gadjah Mada Tahun 2013 melalui surat penugasan pelaksanaan pekerjaan penelitian unggulan komprehensif Tahun 2013 Nomor LPPM-UGM/897/LIT/2013 Tanggal 18 Juni 2013.

6. DAFTAR RUJUKAN

- [1] Edmonds, R.L., Agee J.K., dan Gara, R.I. 2000. *Forest Health and Protection*. McGraw-Hill Higher Education, 630p.
- [2] Bone, A.A. 2005. Multi-agent system sebagai solusi pembangunan perangkat lunak dalam menjamin keberlangsungan hidup perangkat lunak. In : *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2005 (SNATI 2005)*, Yogyakarta, 18 Juni 2005.
- [3] Gupta, S., dan Singhal, R. 2013. Fundamentals and Characteristics of an Expert System. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 1(3), pp. 110-113.
- [4] Pranolo, A., Subanar, dan Widyastuti, SM. 2013. Sistem Pakar Untuk Identifikasi Penyakit pada Sengon (*Falcataria moluccana*). *Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems*. (Submitted)
- [5] Post, G.V., dan D.L. Anderson. 2003. *Management Information Systems: Solving business problems with information technology*. North America : Mc-Graw-Hill Companies.
- [6] Patel, M., Patel, A., dan Virparia, P. 2013. Rule Based Expert System for Viral Infection Diagnosis. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 3(5), pp. 591 - 595
- [7] Turban, E., Aronson, J.E., dan Liang, T.P. 2005. *Decision support system and intelligent system*. Ed 7. New Jersey: Pearson education.
- [8] Deng, Z., Zheng, X., dan Song, W. 2009. Building Accurate Associative Classifier Based on Closed Itemsets and CertaintyFactor. In: *Third International Symposium on Intelligent Information Technology Application Workshops*. IEEE Computer society.
- [9] Munandar, T.A., Suherman, dan Sumiati. 2012. The Use of Certainty Factor with Multiple Rules for Diagnosing Internal Disease. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEEM)*, 1(1), pp. 58 – 64.
- [10] Ren, Y., Kong, L., dan Zhi Fu. 2010. Product Reliability Design Knowledge Reasoning Method Based on Rough Sets and Certainty Factors Theory. In : *3rd International Conference on Biomedical Engineering and Informatics (BMEI 2010)*, pp. 2936 – 2940.
- [11] Shiua, Y.S., Linb, M.L., Chenc, Y.C., Fanc, S.T., Huangc, C.H., dan Chua, T.H. 2011. Integrating remote sensing, spatial analysis and certainty factor model for waste dumping risk assessment. In : *IGARSS 2011*, pp. 4407 – 4410.