

SISTEM PAKAR DIAGNOSA HAMA TANAMAN KEDELAI DENGAN METODE FUZZY TSUKAMOTO

Agis Arizal Fahri¹⁾, Mahmud Yunus²⁾, Eni Farida³⁾

Program Studi Teknik Informatika, STMIK Pradnya Paramita Malang
akuagus24@gmail.com¹⁾, myoenoes@stimata.ac.id²⁾, enistimata@gmail.com³⁾

Abstract

Soybeans are a key ingredient in Indonesian foods such as tempeh, tofu, and soy sauce. However, pest attacks often reduce the quality and quantity of production. Delays in pest diagnosis can result in significant losses for farmers. This research aims to develop an expert system for diagnosing soybean plant pests using the Tsukamoto Fuzzy Method. This system uses various physical symptoms as input variables, such as brown spots on seeds, premature plant death, leaf epidermis damage, and the presence of larvae on stems. These symptoms are processed to identify the output variable, namely the type of pest, including: bean fly, armyworm, pod borer, shoot fly, ladybug, and stem fly. Based on testing results, this expert system has proven capable of accurately identifying the types of pests attacking soybean plants based on the input symptoms. In addition to diagnosis, the application also provides solutions in the form of in-depth information regarding pest characteristics and effective control methods.

Keywords: Expert Systems, Soybean Pests, Fuzzy Tsukamoto

Abstrak

Kedelai merupakan bahan utama dalam makanan Indonesia seperti tempe, tahu, dan kecap. Namun, serangan hama seringkali mengurangi kualitas dan kuantitas produksi. Keterlambatan diagnosis hama dapat mengakibatkan kerugian yang signifikan bagi petani. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pakar untuk mendiagnosis hama tanaman kedelai menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto. Sistem ini menggunakan berbagai gejala fisik sebagai variabel masukan, seperti bercak cokelat pada biji, kematian tanaman prematur, kerusakan epidermis daun, dan keberadaan larva pada batang. Gejala-gejala ini diproses untuk mengidentifikasi variabel keluaran, yaitu jenis hama, antara lain: lalat kacang, ulat tentara, penggerek polong, lalat pucuk, kepik, dan lalat batang. Berdasarkan hasil pengujian, sistem pakar ini telah terbukti mampu mengidentifikasi secara akurat jenis hama yang menyerang tanaman kedelai berdasarkan gejala masukan. Selain diagnosis, aplikasi ini juga memberikan solusi berupa informasi mendalam mengenai karakteristik hama dan metode pengendalian yang efektif.

Kata kunci: Sistem Pakar, Hama Kedelai, Fuzzy Tsukamoto

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara agraris yang sangat cocok untuk lahan pertanian khususnya kacang kedelai. Kacang kedelai di Indonesia merupakan bahan dasar untuk pembuatan makanan seperti tempe, tahu, dan kecap yang mana makanan tersebut merupakan makanan yang mengandung protein yang mudah didapat dan harganya terjangkau bagi masyarakat Indonesia.

Gambar tabel 1. Konsumsi dan Defisit Kedelai

| Tahun | Konsumsi (000 ton)* | Produksi (000 ton) | Defisit | |
|-----------------|------------------------|-----------------------|---------|--------|
| | | | Ton | % |
| 2008 | 1.720 | 776 | 944 | 121,65 |
| 2009 | 2.013 | 975 | 1.038 | 106,46 |
| 2010 | 2.353 | 907 | 1.446 | 159,43 |
| 2011 | 2.489 | 870 | 1.619 | 186,09 |
| 2012 | 2.946 | 852 | 2.094 | 245,77 |
| Laju (%/thn) | 12,89 | 0,73 | 20,38 | 32,79 |

Keterangan: *) Terdiri dari konsumsi rumah tangga, penggunaan untuk pakan, bibit, industri pengolahan (makanan dan non makanan) dan tercecer (diolah dari NBM, BKP).

Sumber : www.bappenas.go.id

Dilihat dari Gambar tabel 1. menunjukkan bahwa produksi kedelai dari tahun 2009-2012 mengalami penurunan produktifitas. Sedangkan konsumsi kacang kedelai Indonesia mulai tahun 2008-2012 mengalami peningkatan rata-rata pertahun 12,89%. Banyak hal yang menjadi faktor penurunan produksi kedelai di Indonesia,

diantaranya adalah adanya Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). OPT utama tanaman kedelai adalah ulat grayak, penggulung daun, lalat kacang, penggerek polong dan ulat jengkal.

Serangan OPT yang tertinggi adalah tahun 2011. Pada tahun 2011 luas serangan OPT adalah 9.956 ha dan rata-rata per 5 tahun antara tahun 2006-2010. seluas 6.034,6 ha. Tahun 2012 luas serangan OPT utama pada tanaman kedelai ada 3.426 ha antara Januari – September, penyebabnya oleh ulat grayak, penggulung daun, dan penggerek polong.

Kedelai merupakan salah satu tanaman kacang-kacangan yang menjadi bahan dasar makanan. Umur kedelai yang akan dipanen yaitu sekitar 75-110 hari tergantung pada varietas dan ketinggian tempat. Kedelai yang dapat digunakan sebagai bahan konsumsi dipetik pada masa panen kisaran usia antara 75-100 hari, sedangkan untuk dijadikan benih dipetik pada umur 100-110 hari, agar kemasakan biji menyeluruh dan sempurna.

Tanaman kacang kedelai dikatakan tidak sehat apabila terserang hama yang mengakibatkan perubahan bentuk atau produktivitas. Gejala kerusakan oleh hama itu bisa berupa perubahan

warna, bentuk, batang, daun, polong. Misalnya kondisi kacang kedelai dengan ciri-cirinya seperti daun menguning, terdapat bercak pada batang dan untuk mengetahui efeknya harus menunggu setelah memanen kacang kedelai.

Peneliti di lapangan kesulitan menentukan hama yang menyerang tanaman kedelai dan mendiagnosa hama tanaman kedelai dengan menunggu perkembangan berdasarkan gejala kerusakan hingga tanaman yang diserang hama rusak dapat mengakibatkan kerugian baik dari segi kualitas maupun kuantitas hasil panen. Perlu adanya sebuah sistem pakar agar dapat mempermudah peneliti mendiagnosa hama kedelai.

Sistem pakar adalah suatu sistem yang dirancang untuk dapat menirukan keahlian seorang pakar dalam menjawab pertanyaan dan memecahkan suatu masalah. Sistem pakar akan memberikan pemecahan suatu masalah yang didapat dari dialog dengan pengguna. Dengan bantuan sistem pakar seseorang yang bukan pakar/ahli dapat menjawab pertanyaan, menyelesaikan masalah serta mengambil keputusan yang biasanya dilakukan oleh seorang pakar (Sutojo, 2011:13). Sistem pakar fuzzy tsukamoto pernah diimplementasikan pada penelitian (Ardi Pujiyanta dan Ari Pujiantoro, 2012) dengan judul sistem pakar penentuan jenis penyakit hati dengan metode inferensi fuzzy tsukamoto mampu mengidentifikasi penyakit yang menyerang organ hati manusia berdasarkan gejala yang dimasukkan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian ini mengangkat judul “Sistem Pakar Diagnosa Hama Tanaman Kedelai Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto” yang mana dengan adanya sistem ini dapat mempermudah menentukan jenis hama dan penjelasannya.

Hama Kedelai

Hama merupakan hewan pengganggu tanaman. Macam-macam hama kedelai diantaranya

1. Lalat Kacang

Lalat Kacang dengan nama latin *Ophiomyia phaseoli* Tryon merupakan salah satu hama penting pada tanaman kedelai sejak tahun 1930 dengan ciri-ciri berwarna hitam mengkilap dan ukuran lalat jantan 1,9 mm dan lalat betina 2,2 mm. Gejala kerusakan dari hama lalat kacang yaitu terdapat bintik coklat terlihat alur gerakan pada biji dan tanaman mati muda kurang lebih dua minggu.

2. Ulat Grayak

Ulat Grayak dengan nama latin *Spodoptera litura* F sesuai dengan sifatnya yang polifag, Imago berwarna agak abu-abu, meletakkan kelompok telurnya pada permukaan bawah daun secara berkelompok. Gejala kerusakan dari hama ulat grayak yaitu epidermis daun hilang dan kelihatan putih dari luar, dan daun tinggal tulang.

3. Ulat Penggerek Polong

Ulat Penggerek Polong dengan nama latin *Etiella zinckenella* Tr merupakan organisme pengganggu utama pada tanaman kedelai terutama di tanah tegalan yang berwarna keabu-abuan dan mempunyai perilaku tertarik pada cahaya. Gejala kerusakan adalah bintik coklat berlubang kecil seperti jarum pada kulit polong dan biji tergerak habis bila dibuka.

4. Lalat Pucuk

Lalat Pucuk dengan nama latin *Melanagromyza dolichostigma* de Meij hampir selalu dapat ditemukan di pusat produksi kedelai yang ukurannya adalah 3mm dan berwarna hitam mengkilat. Gejala kerusakan lalat pucuk adalah daun pucuk layu kering dan mati.

5. Ulat Penggulung Daun

Ulat Penggulung Daun dengan nama latin *Lamprosema indicata* F. Gejala kerusakan ulat penggulung daun adalah daun menggulung dan lengket merekat daun.

6. Kepik

Gejala kerusakan kepik adalah biji keriput kempis dan mongering, dan bintik kehitaman pada kulit polong.

7. Lalat Batang

Lalat Batang dengan nama latin *Agromyza sojae* merupakan imago berukuran kecil dengan panjang sekitar 2 mm dan berwarna hitam mengkilat. Pada lokasi pertanaman kedelai tertentu serangannya cukup berat.

8. Ulat Pemakan Polong

Ulat pemakan polong dengan nama latin *Helicoverpa*, Gejala Kerusakan ulat pemakan polong adalah kulit polong berlubang bulat beserta bijinya dan makan tidak beraturan.

Sistem Pakar

Menurut Sutojo (2011:13) sistem pakar adalah suatu sistem yang dirancang untuk dapat menirukan keahlian seorang pakar dalam menjawab pertanyaan dan memecahkan suatu masalah. Sistem pakar akan memberikan pemecahan suatu masalah yang didapat dari dialog dengan pengguna.

Dengan bantuan sistem pakar seseorang yang bukan pakar/ahli dapat menjawab pertanyaan, menyelesaikan masalah serta mengambil keputusan yang biasanya dilakukan oleh seorang pakar.

Himpunan Fuzzy

Menurut Kusumadewi (2010:3), pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item x dalam himpunan A , yang sering ditulis dengan $\mu_A(x)$, memiliki dua kemungkinan, yaitu:

- Satu (1), yang berarti suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan,

Atau,

- Nol (0), yang berarti suatu item tidak menjadi anggota suatu himpunan.

Menurut Kusumadewi (2010:6), himpunan fuzzy memiliki 2 atribut, yaitu:

- a. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu

dengan menggunakan bahasa alami, seperti: MUDA, PROBAYA, TUA.

- b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 40, 25, 50, dsb.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem fuzzy, yaitu:

- a. Variabel Fuzzy

Variabel fuzzy merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu fuzzy. Contoh: umur, temoeratur, permintaan, dsb.

- b. Himpunan Fuzzy

Himpuna Fuzzy merupakan sautu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel fuzzy.

- c. Semesta Pembicaraan

Semesta Pembicaraan merupakan keseluruhan nilai yang diperbolehkan

untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy.

- d. Domain

Domain himpunan fuzzy adalah keseluruhan nilai yangizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam uatu himpunan fuzzy.

Operator Dasar Zadeh untuk operasi himpunan fuzzy

Seperti halnya himpunan konvensional, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan fuzzy. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering dikenal dengan nama *Fire Sternght* atau α -predikat. Ada 3 operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh, yaitu

1. Operasi AND

Operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai kenaggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x), \mu_B(y))$$

2. Operasi OR

Operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan. α -predikat sebagai hasil operasidengan operasi OR siperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan- himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A(x), \mu_B(y))$$

3. Operator NOT

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan. α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pad himpunan yang bersangkutan dari 1.

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A(x)$$

Metode Fuzzy Tsukamoto

Menurut Kusumadewi (2010:31) metode Tsukamoto merupakan perluasan dari penalaran monoton. Pada metode Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF-Then harus dipresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, output hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot.

Menurut Sutojo (2011:233) secara umum bentuk model *fuzzy* Tsukamoto adalah:

If (X IS A) and (Y IS B) Then (Z IS C)

Di mana A, B, dan C adalah himpunan *fuzzy*.

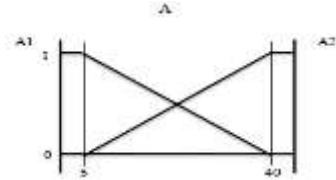
Misalkan diketahui 2 rule berikut, IF (x is A₁) AND (y is B₁) Then (z is C₁)

IF (x is A₂) AND (y

is B₂) Then (z is C₂)

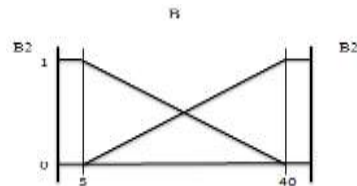
Dalam inferensinya, metode Tsukamoto menggunakan tahapan berikut.

1. Fuzzyfikasi



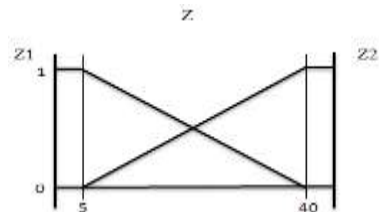
$$\mu_{A1} [x] = \begin{cases} 1, & x \leq 5 \\ \frac{40-x}{35}, & 5 \leq x < 40 \\ 0, & x \geq 40 \end{cases}$$

$$\mu_{A2} [x] = \begin{cases} 0, & x \leq 5 \\ \frac{x-5}{35}, & 5 \leq x < 40 \\ 1, & x \geq 40 \end{cases}$$



$$\mu_{B1} [Y] = \begin{cases} 1, & x \leq 5 \\ \frac{40-x}{35}, & 5 \leq x < 40 \\ 0, & x \geq 40 \end{cases}$$

$$\mu_{B2} [Y] = \begin{cases} 0, & x \leq 5 \\ \frac{x-5}{35}, & 5 \leq x < 40 \\ 1, & x \geq 40 \end{cases}$$



$$\mu_{C1} [Z] = \begin{cases} 1, & x \leq 5 \\ \frac{40-x}{35}, & 5 \leq x < 40 \\ 0, & x \geq 40 \end{cases}$$

$$\mu_{C2} [Z] = \begin{cases} 0, & x \leq 5 \\ \frac{x-5}{35}, & 5 \leq x < 40 \\ 1, & x \geq 40 \end{cases}$$

2. Pembentukan basis pengetahuan Fuzzy (rule dalam bentuk IF ... THEN)

IF A1 AND B1 THEN Z1

IF A1 AND B2 THEN Z1

IF A2 AND B1 THEN Z2

IF A2 AND B2 THEN Z2

3. Mesin Inferensi Tsukamoto

Menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai α -predikat tiap-tiap rule ($\alpha_1, \alpha_1, \alpha_1, \dots, \alpha_n$).

[R1] IF A1 AND B1 THEN Z1

$$\alpha\text{-predikat1} = \mu A1 \cap B1$$

$$= \min(A1[X], B1[Y])$$

$$Z1 \Rightarrow (40-X)/35 = \alpha\text{-predikat1}$$

[R2] IF A1 AND B2 THEN Z1

$$\alpha\text{-predikat2} = \mu A1 \cap B2$$

$$= \min(A1[X], B1[Y])$$

$$Z2 \Rightarrow (40-X)/35 = \alpha\text{-predikat2}$$

[R3] IF A2 AND B1 THEN Z2

$$\alpha\text{-predikat3} = \mu A2 \cap B1$$

$$= \min(A2[X], B1[Y])$$

$$Z3 \Rightarrow (X-5)/35 = \alpha\text{-predikat3}$$

[R4] IF A2 AND B2 THEN Z2

$$\alpha\text{-predikat4} = \mu A2 \cap B2$$

$$= \min(A2[X], B2[Y])$$

$$Z4 \Rightarrow (X-5)/35 = \alpha\text{-predikat4}$$

4. Defuzzyfikasi

Menggunakan metode rata-rata (Average)

$$Z^* = \frac{\sum(\alpha1.z1) + (\alpha2.z3) + (\alpha3.z4) + (\alpha4.z4)}{\sum\alpha1 + \alpha2 + \alpha3 + \alpha4}$$

Identifikasi Masalah

Banyak hal yang menjadi faktor penurunan produksi kedelai di Indonesia, diantaranya adalah adanya Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). OPT utama tanaman kedelai adalah ulat grayak, penggulung daun, lalat kacang, penggerek polong dan ulat jengkal.

Serangan OPT yang tertinggi adalah tahun 2011. Pada tahun 2011 luas serangan OPT adalah 9.956 ha dan rata-rata per 5 tahun antara tahun 2006-2010. seluas 6.034,6 ha. Pada tahun 2012 luas serangan OPT utama pada tanaman kedelai ada 3.426 ha antara Januari – September, penyebabnya adalah oleh ulat grayak, penggulung daun, dan penggerek polong.

Tanaman kacang kedelai dikatakan tidak sehat apabila terserang hama yang mengakibatkan perubahan bentuk atau produktivitas. Gejala kerusakan oleh hama itu bisa berupa perubahan warna, bentuk, batang, daun, bunga. Misalnya kondisi kacang kedelai dengan ciri-cirinya seperti daun menguning, terdapat bercak pada batang dan

untuk mengetahui efeknya harus menunggu setelah memanen kacang kedelai. Terlalu lama mendiagnosa hama tanaman kacang kedelai dapat mengakibatkan kerugian baik dari segi kualitas maupun kuantitas hasil panen.

Konsep Implementasi Fuzzy Tsukamoto

Konsep Implementasi *Fuzzy* Tsukamoto dapat dideskripsikan sebagai berikut :

1. Memasukkan gejala yang terjadi dengan memasukkan angka dalam hal ini dengan menggunakan persen sebagai ukuran besaran gejalanya.
2. *Fuzzyfikasi* yaitu proses perubahan inputan yang mempunyai nilai tegas menjadi variabel linguistik dengan menggunakan fungsi atau derajat keanggotaan yang disimpan ke dalam basis pengetahuan.
3. Kemudian masuk mesin inferensi yaitu input *fuzzy* diubah menjadi output *fuzzy* berdasarkan *rule* yang telah ditetapkan pada basis pengetahuan.
4. Proses *defuzzyfikasi* yaitu mengubah output *fuzzy* yang berasal dari mesin inferensi menjadi nilai tegas dengan menggunakan fungsi keanggotaan yang sesuai dengan saat dilakukan *fuzzyfikasi* maka sistem menampilkan hasil proses.

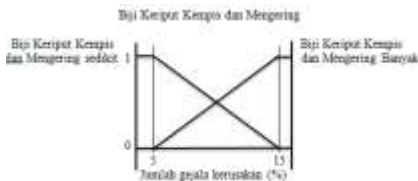
Tahapan Pemecahan Masalah

Dalam proses pembuatan sistem pakar dengan menggunakan metode *Fuzzy* Tsukamoto dan proses perhitungannya adalah:

Misalkan ada sebuah kasus dimana dalam tanaman kedelai ditemukan Biji Keriput Kempis dan Mengering 8% dan bintik kehitaman pada kulit polong 13%. Hama apa yang menyerang dan berapa besar tingkat keparahannya?

Tahap 1 : Fuzzifikasi

1. Biji Keriput Kempis dan Mengering terdiri 2 himpunan fuzzy, yaitu sedikit dan banyak.



Gambar 2 Derajat Keanggotaan Biji Keriput Kempis dan Mengering

$\mu_{\text{Biji Keriput Kempis dan Mengering sedikit}}[x] =$

$$\begin{cases} 1, & x \leq 5 \\ \frac{15-x}{10}, & 5 \leq x \leq 15 \\ 0, & x \geq 15 \end{cases}$$

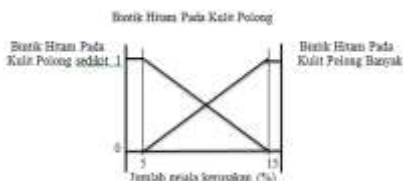
$\mu_{\text{Biji Keriput Kempis dan Mengering banyak}}[x] =$

$$\begin{cases} 0, & x \leq 5 \\ \frac{x-5}{10}, & 5 \leq x \leq 15 \\ 1, & x \geq 15 \end{cases}$$

$\mu_{\text{Biji Keriput Kempis dan Mengering Bintik Putih Daun sedikit}}[8\%] = (15-8) / 10 = 0,7$

$\mu_{\text{Biji Keriput Kempis dan Mengering banyak}}[8\%] = (8-5) / 10 = 0,3$

2. Daun kuning layu terdiri 2 himpunan fuzzy, yaitu sedikit dan banyak



Gambar 3 Derajat Keanggotaan Bintik Hitam Pada Kulit Polong

$\mu_{\text{Bintik Hitam Pada Kulit Polong Sedikit}}[x] =$

$$\begin{cases} 1, & x \leq 5 \\ \frac{15-x}{10}, & 5 \leq x \leq 15 \\ 0, & x \geq 15 \end{cases}$$

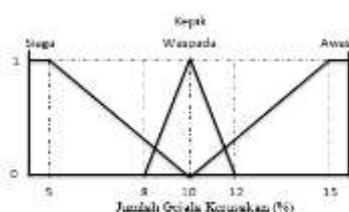
$\mu_{\text{Bintik Hitam Pada Kulit Polong Banyak}}[x] =$

$$\begin{cases} 0, & x \leq 5 \\ \frac{x-5}{10}, & 5 \leq x \leq 15 \\ 1, & x \geq 15 \end{cases}$$

$\mu_{\text{Bintik Hitam Pada Kulit Polong Sedikit}}[13\%] = (15-13) / 10 = 0,2$

$\mu_{\text{Bintik Hitam Pada Kulit Polong Banyak}} [13\%] = (13-5) / 10 = 0,8$

3. Kepik; terdiri atas 3 himpunan fuzzy, yaitu Siaga, Waspada, dan Awas.



Gambar 3 Derajat Keanggotaan Kepik

$$\mu_{\text{Kepik Siaga}}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 5 \\ \frac{20-x}{15}, & 5 \leq x \leq 20 \\ 0, & x \geq 20 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Kepik Waspada}}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 18 \text{ atau } x \geq 22 \\ \frac{x-18}{20-18}, & 18 \leq x \leq 20 \\ \frac{20-x}{22-20}, & 20 \leq x \leq 22 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Kepik Awat}}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 20 \\ \frac{x-20}{15}, & 20 \leq x \leq 35 \\ 1, & x \geq 35 \end{cases}$$

Tahap 2 pembentukan rule

IF Biji Keriput Kempis dan Mengering sedikit AND Bintik Hitam Pada Kulit Polong sedikit THEN Kepik siaga

IF Biji Keriput Kempis dan Mengering sedikit AND Bintik Hitam Pada Kulit Polong banyak THEN Kepik waspada

IF Biji Keriput Kempis dan Mengering sedikit AND Bintik Hitam Pada Kulit Polong sedikit THEN Kepik waspada

IF Biji Keriput Kempis dan Mengering sedikit AND Bintik Hitam Pada Kulit Polong banyak THEN Kepik awas

Tahap 3 Mesin Inferensi

[R1] IF Biji Keriput Kempis dan Mengering sedikit AND tanaman kerdil dan Bintik Hitam Pada Kulit Polong sedikit THEN Kepik siaga

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat} &= \mu_{\text{sedikit}} \cap \mu_{\text{sedikit}} \\ &= \min(\mu_{\text{Biji Keriput Kempis dan Mengering sedikit}} [8\%], \mu_{\text{Bintik Hitam Pada Kulit Polong}} [13\%]) \\ &= \min(0,7; 0,2) \\ &= 0,2 \end{aligned}$$

Lihat himpunan SIAGA pada grafik keanggotaan variabel frekuensi,

$$(13-z)/5 = 0,27 \rightarrow 13 - z = 5 \times 0,2$$

$$13 - z = 1$$

$$-z = 1 - 13 = -12$$

$$z_1 = 12$$

[R2] IF Biji Keriput Kempis dan Mengering sedikit AND tanaman kerdil dan Bintik Hitam Pada Kulit Polong banyak THEN Kepik waspada

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat} &= \mu_{\text{sedikit}} \cap \text{banyak} \\ &= \min(\mu_{\text{Biji Keriput Kempis dan Mengering sedikit}} [8\%], \mu_{\text{Bintik Hitam Pada Kulit Polong banyak}} [13\%]) \\ &= \min(0,7;0,8) \\ &= 0,7 \end{aligned}$$

Lihat himpunan WASPADA pada grafik keanggotaan variabel Kepik,

$$(z-8)/10-8=0,7 \rightarrow z-8=(10-8) \times 0,7$$

$$z-8=1,4$$

$$z=1,4+8$$

$$z=9,4$$

$$(10-z)/12-10=0,7 \rightarrow 10-z=(12-10) \times 0,7$$

$$10-z=1,4$$

$$-z=1,4-10$$

$$=-8,6$$

$$z=8,6$$

$$(9,4+8,6)/2=9, \quad z_2=9$$

[R3] IF Biji Keriput Kempis dan Mengering banyak AND tanaman kerdil dan Bintik Hitam Pada Kulit Polong sedikit THEN Kepik waspada

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat} &= \mu_{\text{banyak}} \cap \text{sedikit} \\ &= \min(\mu_{\text{Biji Keriput Kempis dan Mengering banyak}} [20], \mu_{\text{Bintik Hitam Pada Kulit Polong Sedikit}} [18]) \\ &= \min(0,3;0,2) \\ &= 0,2 \end{aligned}$$

Lihat himpunan WASPADA pada grafik keanggotaan variabel Kepik,

$$(z-8)/10-8=0,2 \rightarrow z-8=(10-8) \times 0,2$$

$$z-8=0,4$$

$$z=0,4+8$$

$$z=8,4$$

$$(10-z)/12-10=0,43 \rightarrow 10-z=(12-10) \times 0,2$$

$$10-z=0,4$$

$$-z=0,4-10=-9,6$$

$$z=9,6$$

$$(8,4+9,6)/2=9, \quad z_3=9$$

[R4] IF Biji Keriput Kempis dan Mengering sedikit AND tanaman kerdil dan Bintik Hitam Pada Kulit Polong banyak THEN Kepik awas

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat} &= \mu_{\text{banyak}} \cap \text{banyak} \\ &= \min(\mu_{\text{Biji Keriput Kempis dan Mengering banyak}} [8\%], \mu_{\text{Bintik Hitam Pada Kulit Polong banyak}} [13\%]) \\ &= \min(0,3;0,8) \\ &= 0,3 \end{aligned}$$

Lihat himpunan AWAS pada grafik keanggotaan variabel Kepik,

$$(z-10)/5=0,3 \rightarrow z-10=5 \times 0,3$$

$$z-10=1,5$$

$$-z=1,5-10=-8,5$$

$$z_4=8,5$$

Tahap 4 Defuzzifikasi

$$z = \frac{0,2 \times 12 + 0,7 \times 9 + 0,2 \times 9 + 0,3 \times 8,5}{0,2 + 0,7 + 0,2 + 0,3} = \frac{13,05}{1,4} = 9,64285714$$

$$\text{kepik siaga} = (10 - 9,64285714) / 5 = 0,07142857$$

$$\text{kepik waspada} = (9,4-8)/(10-8)=0,9 ; (10-9,4)/(12-10)=0,3 ; (0,9+0,3)/2 = \mathbf{0,6}$$

$$\text{kepik awas} = 0$$

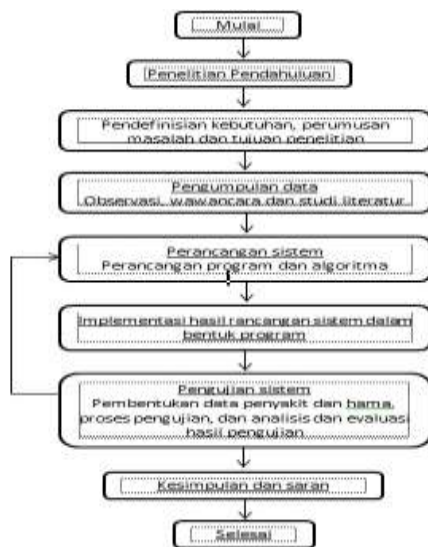
Karena hasil yang lebih besar adalah 0,6 pada kepik waspada. Jadi tanaman kedelai terjangkit kepik dan tingkat keparahannya adalah waspada.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di kabupaten Malang, dengan objek penelitian adalah penelitian Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang Dan Umbi (BALITKABI) Kebun Percobaan Kendalpayak. Hasil akhir dari penelitian ini adalah terciptanya suatu produk berupa perangkat lunak aplikasi sistem pakar yang dapat digunakan untuk mendiagnosa hama tanaman kedelai. Perangkat Lunak yang dibangun menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*.

Model pengembangan perangkat lunak yang cocok diterapkan dalam penelitian ini adalah model pengembangan *Waterfall*.

Selain menentukan metode penelitian yang akan digunakan, untuk dapat menyelesaikan pembuatan sistem pakar diagnosa penyakit kacang kedelai dengan metode *fuzzy* Tsukamoto adalah dengan menerapkan strategi penelitian yang terencana dengan tahapan penelitian sebagai berikut;



Gambar 4 Tahapan Penelitian

Data dan Variabel Penelitian

Hal yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah berupa data informasi tentang hama tanaman kedelai dengan metode *fuzzy* Tsukamoto. Variabel input yaitu bintik coklat terlihat alur gerakan pada keping biji, terjadi kematian tanaman mulai umur 2 minggu sampai 30 hari, epidermis daun hilang kelihatan putih dari jauh, daun tinggal tulang, bintik coklat berlubang sekecil jarum pada kulit polong, terdapat gerakan pada biji bila kulit polong dibuka, daun pucuk layu kering mati, daun menggulung kadang antar daun saling merekat, biji keriput kempis kemudian mengering, bintik kehitaman pada kulit polong, kulit polong dan bijinya berlubang bulat tidak beraturan, bintik putih daun muda, bila tanaman dicabut dan batangnya dibelah terdapat Gerakan dalam batang dan Ranting dan dijumpai larva didalamnya dan hama yang berupa variabel output yaitu Lalat Kacang, Ulat Grayak,

Ulat Penggerek Polong, Lalat Pucuk, Ulat Daun, Kepik, Ulat Pemakan Polong, dan Lalat Batang.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dimulai dengan observasi terhadap objek penelitian, wawancara mengenai hama kacang kedelai kepada Ir. Sri Wahyuni Indiati, M.S sebagai ketua kelompok peneliti hama penyakit tanaman di dalam struktur organisasi BALITKABI dan studi literatur untuk mempelajari dan memahami secara teori tentang sistem pakar.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang dipakai dalam penelitian ini meliputi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) komputer. Perangkat keras yang digunakan adalah 1 unit laptop dengan spesifikasi: Dual Core 2.2 GHz, RAM 2 GB, Hardisk 250 GB. Sedangkan perangkat lunak yang digunakan sebagai berikut: (a) Sistem Operasi Microsoft Windows 7 Ultimate; (b) bahasa pemrograman PHP; (c) XAMPP sebagai server control panel dan UML sebagai perancangan sistem berbasis objek; dan (d) Microsoft Office 2010 untuk penyusunan laporan

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah data tentang macam-macam jenis hama dan gejalanya dan menetapkan aturan atau rule sebagai basis pengetahuan tentang hama tanaman kedelai.

Perancangan Sistem

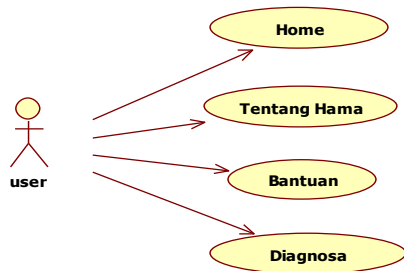
UML Sistem yang Diusulkan

UML (*Unified Modelling Language*) adalah salah satu standar bahasa yang banyak digunakan di dunia industri untuk mendefinisikan *requirement*, membuat analisis dan desain, serta menggambarkan arsitektur dalam pemrograman berorientasi objek. A. S Rosa dan Salahuddin, M (2013:133).

1. Use Case

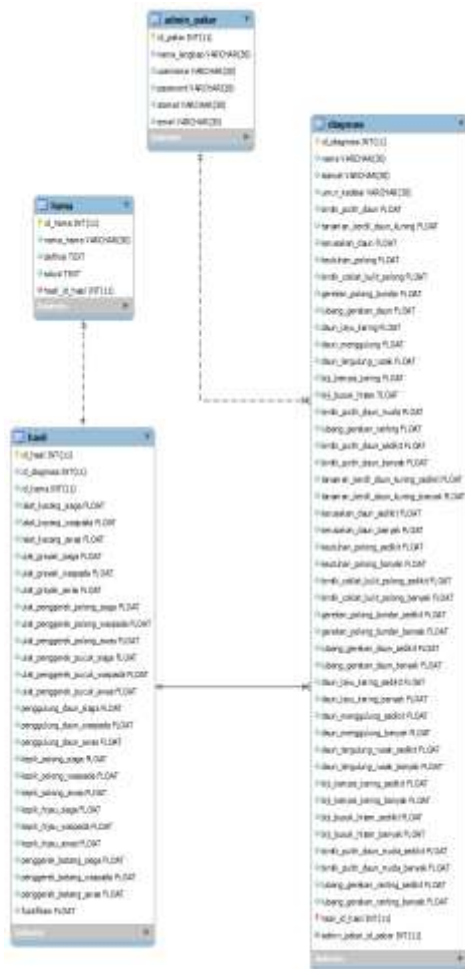
Diagram *use case* merupakan pemodelan untuk kelakuan (*behavior*) sistem informasi yang

akan dibuat. *Use case* mendeskripsikan sebuah interaksi antara satu atau lebih aktor dengan sistem informasi yang akan dibuat. Secara kasar *use case* digunakan untuk mengetahui fungsi apa saja yang ada didalam sebuah sistem informasi dan siapa saja yang berhak menggunakan fungsi-fungsi itu.



Gambar 5. Use Case Sistem Pakar Diagnosa Hama Kedelai

ERD (Entity Relationship Diagram)



Gambar 6. ERD Sistem Pakar

ERD pada gambar 3.14 menggambarkan hubungan entitas pakar dan *rule* serta pakar dan

laporan dalam database sistem pakar. Hubungan antara entitas pakar dan *rule* adalah *one to many* artinya satu kali aktifitas dapat mengubah banyak *rule*. Hubungan antara entitas pakar dan laporan adalah *one to many* artinya satu kali aktifitas dapat mengubah banyak laporan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab implementasi dan pengujian ini dijelaskan mengenai implementasi desain sistem yang telah dirancang di bab iv dan pengujian terhadap sistem pakar diagnosa hama tanaman kedelai.

Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto

Implementasi algoritma merupakan hasil arsitektur aplikasi yang telah dirancang pada bab sebelumnya dalam bentuk *listing program* inti dengan penerapan metode *fuzzy* Tsukamoto yang digunakan dalam sistem yang sedang dibangun.

Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Pembentukan derajat keanggotaan

```
function query_bintik_putih_daun(){
echo $q = "UPDATE `diagnosa`
SET
`bintik_putih_daun_sedikit`=IF(`bintik_putih_daun`<=
".bintik_putih_daun_A.")
1,IF((`bintik_putih_daun`>=
".bintik_putih_daun_A.")
AND (`bintik_putih_daun`<=
".bintik_putih_daun_C."),
("bintik_putih_daun_C."-
`bintik_putih_daun`) /
("bintik_putih_daun_C." -
".bintik_putih_daun_A."), 0)),
`bintik_putih_daun_banyak`=IF(`bintik_putih_daun`<=
".bintik_putih_daun_A.")
,0,IF((`bintik_putih_daun`>=
".bintik_putih_daun_A.")
AND (`bintik_putih_daun`<=
".bintik_putih_daun_C."),
(`bintik_putih_daun`-
".bintik_putih_daun_A.") /
("bintik_putih_daun_C." -
```

```

".bintik_putih_daun_A."), 1)) ";
    $exe = mysql_query($q);
    if($exe){
        return true;}
    else{
        return false;
    }
}
}
2. Tahap mesin inferensi
if(!empty($bintik_putih_daun) &&
!empty($tanaman_kerdil_daun_kuning)){
// R1
$aa1=($res['bintik_putih_daun_sedikit'] <
$res['tanaman_kerdil_daun_kuning_sedikit'] ?
$res['bintik_putih_daun_sedikit'] :
$res['tanaman_kerdil_daun_kuning_sedikit'];
$za1 = (lalat_kacang_C - lalat_kacang_A)* $aa1 -
lalat_kacang_C ;
//R2
$aa2=($res['bintik_putih_daun_sedikit']<
$res['tanaman_kerdil_daun_kuning_banyak'])?
$res['bintik_putih_daun_sedikit']:
$res['tanaman_kerdil_daun_kuning_banyak'];
$za2 = (lalat_kacang_C - lalat_kacang_B) * $aa2 +
lalat_kacang_B ;
//R3
$aa3=($res['bintik_putih_daun_banyak']<
$res['tanaman_kerdil_daun_kuning_sedikit'])?
$res['bintik_putih_daun_banyak']:
$res['tanaman_kerdil_daun_kuning_sedikit'];
$za3 = (lalat_kacang_D - lalat_kacang_C) *
$aa3 + lalat_kacang_C ;
//R4
$aa4=($res['bintik_putih_daun_banyak']<
$res['tanaman_kerdil_daun_kuning_banyak'])
? $res['bintik_putih_daun_banyak']:
$res['tanaman_kerdil_daun_kuning_banyak'];
$za4 = (lalat_kacang_E - lalat_kacang_C) *
$aa4 + lalat_kacang_C ;
}
3. Tahap Fuzzifikasi
$fuzzifikasi_ulat_grayak = ($ab1 *
$zb1)+($ab2 * $zb2)+($ab3 * $zb3)+($ab4 *
$zb4)/($ab1+$ab2+$ab3+$ab4);

```

Pembahasan Hasil Pengujian dan Pengukuran

Sistem

Pengujian setelah program selesai dibangun berguna untuk mengetahui apakah program yang dibuat berjalan sesuai dengan yang diharapkan atau masih terjadi *error* saat program dijalankan. Pengujian dilakukan dengan memakai metode *Blackbox* yaitu menguji masukkan yang diberikan oleh user baik masukan yang sesuai aturan maupun yang tidak sesuai. Rencana pengujian selengkapnya terlihat pada Gambar Tabel 2:

Gambar Tabel 2. Rencana Pengujian Aplikasi

| No | Item Uji | Detail Pengujian | Jenis Pengujian |
|----|-------------------|----------------------------------|-----------------|
| 1 | Login admin/pakar | Verifikasi Username dan Password | BlackBox |
| 2 | Diagnosa | Input diagnosa | BlackBox |

Kegiatan Pengujian

Kegiatan pengujian, jenis pengujian yang dilakukan adalah pengujian alpha. Pengujian alpha adalah pengujian yang dilakukan oleh *programmer* atau sistem analisis sebelum sistem diimplementasikan. Berdasarkan rencana pengujian yang telah disusun, maka dapat dilakukan pengujian sebagai berikut:

1. Pengujian Login Admin/pakar

Gambar Tabel 3 Pengujian Login Admin/pakar

| Kasus dan Hasil Uji | | | | |
|---------------------|----------------------------------|-----------------|---|------------|
| No | Data Masukan | Yang Diharapkan | Hasil Pengamatan | Kesimpulan |
| 1. | Username Admin password Admin | Login berhasil | Login berhasil, tampil halaman admin | sukses |
| 2. | Username Admin password 1234 | Login gagal | Login gagal karena password tidak sesuai | gagal |
| 3. | Username 1234 password Admin | Login gagal | Login gagal karena username tidak sesuai | gagal |
| 4. | Username user password 123 | Login gagal | Login gagal karena username dan password tidak sesuai | gagal |

Gambar Tabel 4. Pengujian Perhitungan Diagnosa

| Kasus dan Hasil Uji | | | | |
|---------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|------------|
| No | Data Masukan | Yang Diharapkan | Hasil Pengamatan | Kesimpulan |
| 1 | Nama Agni | Perhitungan diagnosa | Perhitungan berhasil | sukses |
| 2 | Alamat Malang | Perhitungan diagnosa | Perhitungan berhasil | sukses |
| 3 | Usia 40 tahun | Perhitungan diagnosa | Perhitungan berhasil | sukses |
| 4 | Bintik putih daun sedikit | Perhitungan diagnosa | Perhitungan berhasil | sukses |
| 5 | Bintik putih daun banyak | Perhitungan diagnosa | Perhitungan berhasil | sukses |

Hasil Pengujian

Setiap halaman menu dalam *program* akan diuji, dengan cara memasukkan data pada kolom *inputan* yang ada. Kolom *inputan* akan diisi dengan data-data yang berbeda, baik berbeda karakter maupun nilai, *inputan* yang dimasukkan adalah

input yang mungkin masuk pada saat implementasi program. Hasil yang keluar akan dicocokkan dengan hasil yang diharapkan.

Berdasarkan pengujian sistem yang telah dilakukan, berikut adalah tampilan dari hasil pengujian:

1. Form Halaman *Home*

Pada gambar 7 merupakan form halaman depan yang akan dibuat ketika memulai aplikasi sistem pakar ini dengan sebelah atas merupakan header di bagian samping kiri merupakan kumpulan menu dan disamping kanan merupakan bagian isi di dalam sistem pakar ini.



Gambar 7. Form Halaman *Home*

2. Form Halaman Login

Form data lokasi berfungsi untuk mengisi data lokasi yang disimpan dalam database. Jika data yang diinputkan semakin banyak maka hasilnya akan lebih baik. Form data lokasi ketika input data berhasil seperti gambar 8



Gambar 8 Form halaman login

Apabila login berhasil akan ditampilkan seperti pada gambar 9



Gambar 9. Ketika login sukses

Apabila login gagal maka pemberitahuan yang ditampilkan adalah seperti pada gambar gambar 10



Gambar 10. Ketika login gagal

2. Form Diagnosa

Pada gambar 11 merupakan form aplikasi sistem pakar yang mana cara menampilkannya dengan cara login terlebih dahulu dilanjutkan dengan klik tombol Diagnosa kemudian isi nama, alamat, umur kedelai dan gejala, dan klik tombol Diagnosa maka hasilnya akan ditampilkan.



Gambar 11 Form halaman diagnosa

Halaman hasil perhitungan diagnosa seperti pada gambar 12



Gambar 12 Form Form Halaman Hasil Diagnosa

3. Form Halaman Tentang Hama

Untuk melihat form seperti pada gambar 13 dengan cara klik menu Tentang Hama kemudian form Tentang Hama akan muncul. Form tentang hama berisi informasi mengenai macam-macam hama yang dapat merusak tanaman kedelai.



Gambar 13. Form Halaman Tentang Hama

4. Form Halaman Bantuan

Untuk melihat form seperti pada gambar 14 dengan cara klik Bantuan kemudian muncul form Bantuan yang berisi tata cara penggunaan sistem pakar agar dapat memudahkan pengguna dalam menggunakan aplikasi sistem pakar ini.



Gambar 14. Form Halaman Bantuan

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pada implementasi dan pengujian sistem pakar diagnosa hama tanaman kedelai yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa informasi yang dihasilkan dapat dijadikan sebagai alternatif pakar terhadap peneliti lapangan dalam berkonsultasi tentang diagnosa hama tanaman kedelai dan pengendaliannya. Saran untuk peneliti selanjutnya bisa dikembangkan baik data maupun website dengan metode atau dengan data terbaru yang akan berlaku selanjutnya.

REFERENSI

1. <http://tanamanpangan.pertanian.go.id/ditlntp/berita-147-produksi-dan-serangan-opt-utama-kedelai-di-indonesia.html>. 19.32 am, 5 maret 2015.
2. http://www.bappenas.go.id/files/3713/9346/9271/RPJMNBidang_Pangan_dan_Pertanian_2015-2019.pdf 8.03 am, 5 maret 2015.
3. Iman, Muhammad, dan Tengkanoo, Wedanimbi. 2002. *Buku Pegangan Hama-hama Kedelai di Indonesia*. Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian. Bogor.

4. Jogiyanto HM. 2009. *Sistem Teknologi Informasi*. Andi Offset. Yogyakarta.
5. *JURNAL INFORMATIKA Vol 6, No. 1, JANUARI 2012* | Ardi Pujiyanta, Ari Pujiantor.
6. *Jurnal ELTEK, Vol 11 No 02, Oktober 2013 ISSN 1693-4024* | Fredrik Paulus Noach.
7. *Jurnal Sarjana Teknik Informatika e-ISSN: 2338-5197 Volume 1 Nomor 2, Bulan 2013* | Dwi Aryanto, Ardi Pujiyanta.
8. *Jurnal Teknologi Informasi, Volume 9 Nomor 2, Oktober 2013, ISSN 1414-9999* | Taufik Kurnialensya dan Abdul Syukur
9. Kadir, Abdul. 2014. *Pengenalan Sistem Informasi*. Andi Offset. Yogyakarta.
10. Kusumadewi, S, dan Purnomo, H, 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy Sistem Pendukung Keputusan*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
11. Ladjamudin, Al-Bahra Bin. 2005. *Analisis dan Desain Sistem Informasi*. Edisi Pertama 2005. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
12. Oktavian, Diar Puji. 2013. *Membuat Website Powerfull Menggunakan PHP*. Cetakan Pertama. Jakarta:MediaKom.
13. Raharja, Budi.2011. *Pemrograman Web Dengan PHP + Oracle*. Informatika Bandung. Bandung.
14. Rosa dan Shalahuddin. 2013. *Rekayasa Perangkat Lunak*. Bandung: Informatika.
15. Suarga. 2009. *Dasar Pemrograman Komputer Dalam Bahasa Java*. Andi Offset. Yogyakarta.
16. Sutojo, T. Edy ,Mulyanto dan Suhartono,Vincent. 2010. *Kecerdasan Buatan*. Andi Offset. Yogyakarta.
17. *TELEMATIKA Vol. 10, No.2, JANUARI : 137-146 ISSN 1829-667X* | Wilis Kaswidjanti, Agus Sasmito Aribowo, Cahyo Budi Wicaksono.