

IDENTIFIKASI VARIETAS TANAMAN KUNYIT MENGUNAKAN SISTEM PAKAR

Identification of Turmeric Variety Using Expert System

Bursatriannyo¹, Cheppy Syukur², dan Mushtofa³

¹Pranata Komputer Pertama pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan

²Peneliti Madya pada Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat

³Staf Pengajar pada Departemen Ilmu Komputer, FMIPA, IPB

Email : bursa_06@yahoo.com

(Makalah diterima, 30 Mei 2013 – Disetujui, 20 Mei 2014)

ABSTRAK

Seiring dengan meningkatnya perkembangan sumber daya genetik tanaman, jumlah aksesori tanaman kunyit terus meningkat, sehingga sulit untuk membedakan antara varietas, karena memiliki penampilan yang sama. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pakar untuk mengidentifikasi varietas tanaman kunyit (Turina-1, Turina-2, dan Turina-3). Akuisisi pengetahuan untuk membangun sistem pakar ini dilakukan bersama seorang ahli pemuliaan tanaman dari Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (BALITTRO). Proses akuisisi pengetahuan menghasilkan 13 variabel *input* untuk menggambarkan berbagai. Proses inferensi masukan (*input*) membagi 13 variabel tersebut menjadi dua jenis yaitu masukan *fuzzy* dan *non-fuzzy*. Variabel *non-fuzzy* yaitu : warna bunga, bentuk pangkal daun, dan warna daging rimpang yang digunakan untuk menetapkan apakah deskripsi masukan merupakan varietas Turina-1, Turina-2, Turina-3 atau bukan varietas. Sisanya 10 variabel *fuzzy* adalah : jumlah bunga per tandan, tinggi tanaman, jumlah anakan, panjang daun, lebar daun, berat rimpang per rumpun, jumlah induk rimpang, jumlah rimpang primer, jumlah rimpang sekunder, dan kadar kurkumin, yang digunakan untuk menentukan apakah deskripsi masukan merupakan varietas Turina-1, Turina-2 atau Turina-3, menggunakan metode Mamdani untuk *Fuzzy Inference System (FIS)*. Pada tahap pengujian, menggunakan 100 data, yang sudah diberi label sesuai dengan keputusan pakar. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengidentifikasi 89 dengan benar dari input data.

Kata Kunci: Sistem Pakar, Mamdani, FIS, Varietas Kunyit

ABSTRACT

In Conjunction with the increasing of plant genetic resources development, the number of accessions of the turmeric plant is also increasing, making it difficult to differentiate between varieties, due to similar appearances. This research aimed to develop an expert system to identify the varieties of turmeric (Turina-1, Turina2, and Turina-3). Knowledge acquisition for building the expert system is performed in conjunction with an expert from the Indonesia Spices and Medicinal Research Institute. The knowledge acquisition process resulted in 13 input variables to describe a variety. The input inference process divides these 13 variables into two types: fuzzy and non-fuzzy. The non-fuzzy variables are: color of flowers, the base of leaf, and the flesh color of the rhizome which were used to decide whether the input description represents a Turina-1, Turina-2, Turina-3 variety or a non-variety. The remaining 10 fuzzy variables are: number of flowers per stem, plant height, number of tillers, leaf length, leaf width, rhizome weight per hill, number of parent rhizome, the number of primary roots, secondary roots and the levels of curcuma, which are used to determine whether the input description represents a Turina-1, Turina-2 or Turina-3 variety, using the Mamdani method for Fuzzy Inference System (FIS). In the testing phase, we used 100 data, which were already labeled according to the decision by the expert. The result shows that the system was able to correctly identify 89 of the input data.

Keywords: Expert Systems, Mamdani, Fis, Varieties Of Turmeric

PENDAHULUAN

Sistem pakar (*expert system*) adalah suatu sistem komputer yang berbasis pengetahuan (*knowledge-based*) terpadu, sehingga memiliki kemampuan untuk memecahkan berbagai masalah dalam bidang tertentu secara cerdas dan efektif, sebagaimana layaknya seorang pakar (Marimin, 2009). Sistem pakar merupakan program yang dapat menggantikan keberadaan seorang pakar. Salah satu ciri dari sistem pakar adalah dapat memberikan penalaran untuk data yang tidak lengkap atau tidak pasti (Kusrini, 2006).

Kunyit (*Curcuma domestica* Val) merupakan salah satu tanaman obat temu-temuan yang berpotensi untuk dibudidayakan (Syukur *et al.*, 2006). Rimpang kunyit dapat digunakan antara lain mengobati gusi bengkak, luka, sesak nafas, sakit perut, bisul, sakit limpa, usus buntu, encok, gangguan pencernaan, perut kembung dan menurunkan tekanan darah. Selain itu, juga dapat digunakan sebagai bahan pewarna, bahan campuran kosmetika, bakterisida, fungisida dan stimulan.

Berdasarkan *database* plasma nutfah tanaman rempah dan obat, BALITTRO telah terdata sebanyak 758 jenis dengan 2.700 aksesi plasma nutfah tanaman rempah dan obat. Dari 758 jenis koleksi plasma nutfah, kunyit merupakan salah satu koleksi tanaman obat yang berdasarkan manfaatnya telah diproses melalui seleksi dalam program pemuliaan dan sudah diperoleh sebanyak 3 varietas unggul kunyit dengan potensi produksi dan mutu kurkumin tinggi, yaitu varietas Turina-1, Turina-2, dan Turina-3 (Syukur *et al.*, 2011).

Ketiga varietas tersebut sudah berkembang dalam skala luas di lahan-lahan petani wilayah Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Sumatera Selatan, dan Kalimantan. Dengan berkembangnya ketiga varietas tersebut, maka kebutuhan benih murni akan semakin meningkat dan keragaman genetik kunyit yang berkembang di masyarakat akan semakin sempit, sehingga sistem identifikasi menggunakan sistem pakar sangat diperlukan. Ketiga varietas tersebut saat ini berstatus perlindungan HKI telah didaftarkan sebagai varietas dengan nomor pendaftaran 128/PVHP/2009 tahun 2009.

Seiring dengan perkembangan plasma nutfah tanaman yang terus bertambah, jumlah aksesi tanaman kunyit juga terus meningkat, menyebabkan sulitnya membedakan dari masing-masing aksesi karena penampilannya hampir sama. Peneliti/teknisi selama ini melakukan pendataan karakter dan lingkungan dari nomor-nomor aksesi plasma nutfah tanaman kunyit masih secara manual, sulit menentukan ciri pembedanya yang secara kasat mata hampir mirip, sehingga sistem pakar untuk mengidentifikasi varietas tanaman kunyit sangat diperlukan.

Dengan membangun sebuah Sistem Pakar Varietas kunyit, diharapkan dapat mempermudah peneliti/petugas dalam mengidentifikasi koleksi-koleksi baru yang didatangkan dari daerah, apakah merupakan koleksi baru atau varietas-varietas Turina-1, Turina-2 dan Turina-3 yang sudah berkembang di masyarakat. Sistem pakar ini juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi varietas kunyit Turina-1, Turina-2 dan Turina-3 yang berkembang di masyarakat dalam rangka pemurnian benih untuk mendapatkan sertifikasi benih.

Penelitian sistem pakar yang menggunakan metode *fuzzy* Mamdani telah dilakukan sebelumnya diantaranya oleh Dzulfarizi (2010) dengan topik Sistem Pakar untuk Menentukan Varietas Unggul Nilam, dimana data yang diproses berupa ciri-ciri morfologi stek batang dari ketiga varietas unggul tanaman nilam.

Pada penelitian Putri (2011) dengan topik penelitian Sistem Pakar identifikasi Varietas *Anthurium* berdasarkan daun, *spathe* dan *spadix*. Data yang diuji berupa ciri-ciri morfologi pada daun, *spathe* dan *spadix*.

Sistem pakar varietas kunyit ini akan menggunakan data pengujian selain ciri-ciri morfologi, juga menguji data produksi dan mutu dari ketiga varietas kunyit (Turina-1, Turina-2 dan Turina-3).

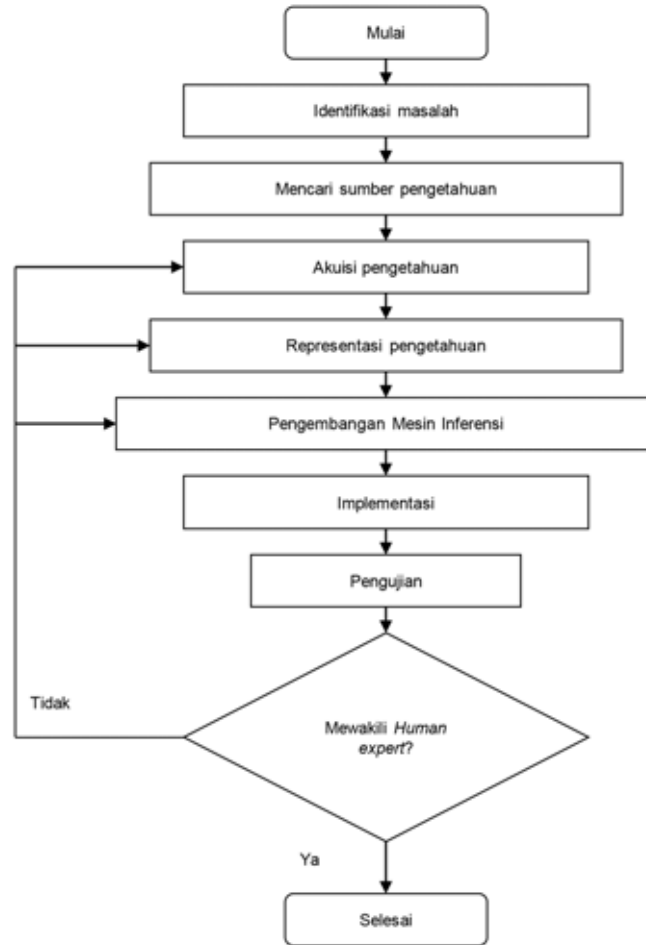
METODOLOGI

Pendekatan sistem adalah metode pemecahan masalah yang tahapannya dimulai dengan identifikasi kebutuhan dan diakhiri dengan suatu hasil yang efektif dan efisien. Adapun tahap-tahap pembentukan sistem pakar seperti pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1, tahap pembentukan sistem pakar mengalami iterasi atau pengulangan ketika hasil yang diperoleh tidak mewakili seorang pakar, tahapan tersebut diuraikan sebagai berikut:

Identifikasi Masalah

Perkembangan plasma nutfah tanaman yang terus bertambah, jumlah aksesi tanaman kunyit juga terus meningkat, menyebabkan sulitnya membedakan dari masing-masing aksesi karena penampilannya hampir sama. Peneliti/teknisi selama ini dalam melakukan pendataan karakter dan lingkungan tanaman kunyit masih secara manual, sehingga sulit menentukan ciri pembedanya yang secara kasat mata hampir mirip. Kebutuhan akan benih murni juga semakin meningkat, sehingga identifikasi menggunakan sistem pakar sangat diperlukan.



Gambar 1. Tahap pembentukan sistem pakar (Marimin, 2009)

Mencari Sumber Pengetahuan

Sumber pengetahuan diperoleh dari pakar dan publikasi terkait tentang tanaman kunyit dijadikan sumber akuisisi pengetahuan dari sistem yang akan dibuat.

Akuisisi Pengetahuan

Akuisi pengetahuan yang dilakukan dalam sistem ini menggunakan metode wawancara langsung dengan pakarnya tentang semua variabel yang saling terkait.

Representasi Pengetahuan

Setelah memperoleh pengetahuan dari berbagai sumber, *knowledge engineer* mulai memilih teknik representasi yang akan digunakan untuk mengembangkan sistem pakar. Pada representasi pengetahuan, semua variabel deskripsi varietas kunyit yang didapat dari proses akuisisi pengetahuan akan dimasukkan sebagai *input system*, kemudian dilihat keterkaitan antar tiap variabel dan mengklasifikasikan sesuai varietasnya.

Jenis representasi pengetahuan yang dipilih untuk mengkonfigurasi fakta-fakta pengetahuan adalah representasi jenis *production rules* yang tersusun atas kaidah-kaidah yang mengikuti pola:

If Kondisi Then Aksi

Keadaan [kondisi] yang dimaksud adalah kondisi yang didapat dari akuisisi pengetahuan, baik secara *non fuzzy* maupun *fuzzy*. Untuk keadaan [aksi] dimaksud untuk memasukkan hasil dari variabel tersebut, misalnya Turina-1.

Pengembangan Mesin Inferensi

Dari hasil akuisisi diperoleh fakta, informasi dan strategi penalaran untuk memecahkan persoalan. Pada sistem ini digunakan teknik *Forward Chaining* dengan memperoleh berbagai fakta tentang kesesuaian varietas tanaman kunyit, kemudian menuju kesimpulan tentang keadaan tanaman tersebut.

Dalam pengembangan mesin inferensi digunakan *Fuzzy Inference System (FIS)* Mamdani sebagai penanganan ketidakpastian, dimulai dari input variabel *non-fuzzy*,

kemudian *input* variabel *fuzzy*. Variabel *input non-fuzzy* terdiri atas variabel data morfologi yang bernilai nominal, sedangkan *input fuzzy* berupa variabel data yang bernilai numerik pada variabel ciri-ciri morfologi, produksi dan mutu ketiga varietas tanaman kunyit sebagai masukan sistem, kemudian dilakukan pelacakan sampai tercapainya tujuan akhir yaitu kesimpulan termasuk ke dalam varietas mana dari tanaman kunyit tersebut (Turina-1, Turina-2 atau Turina-3).

Implementasi

Tahap implementasi sistem dilakukan penerjemahan hasil perumusan ke dalam aplikasi komputer. Semua variabel dari deskripsi varietas kunyit merupakan *input* sistem dan ketiga varietas kunyit merupakan *output* sistem. Perangkat lunak yang digunakan dalam pembuatan Sistem Pakar ini yaitu Matlab Versi 7.7. Pemilihan Matlab sebagai perangkat lunak didasarkan pada kesesuaian karakteristik permasalahan yang dikaji, diharapkan dapat memperoleh keluaran yang diinginkan.

Pengujian

Pengujian sistem dilakukan dengan memasukkan ciri-ciri morfologi, produksi dan mutu dari tanaman kunyit. Pengujian dilakukan oleh pakar dan teknisi sebagai pengguna agar sistem pakar yang diperoleh mewakili pakar (*human expert*). Akurasi dari sistem pakar identifikasi varietas tanaman kunyit ini dihitung dengan rumus:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah data yang benar}}{\text{Jumlah data pengujian}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Masalah

Tujuan dari pembuatan sistem ini adalah merancang dan membangun sistem pakar untuk membantu peneliti/teknisi dalam mengidentifikasi varietas kunyit berdasarkan ciri morfologi, produksi dan mutu varietas kunyit. Sistem pakar ini akan memberikan keluaran berupa tiga varietas kunyit yang sudah diteliti oleh Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat yaitu varietas Turina-1, Turina-2 dan Turina-3.

Identifikasi varietas kunyit (Turina-1, Turina-2, dan Turina-3) dapat dilihat dari ciri morfologi (warna bunga, jumlah bunga per tandan, bentuk tanaman, tinggi tanaman, warna batang semu, jumlah anakan, bentuk helaian daun, panjang daun, lebar daun, warna daun

bagian atas, bagian bawah dan pinggir daun, bentuk pinggiran daun, pangkal daun dan ujung daun), produksi (bentuk rimpang, warna kulit rimpang, warna daging rimpang dan berat rimpang per rumput, serta jumlah rimpang induk, rimpang primer dan rimpang sekunder) dan mutu (kadar kurkumin). Jumlah variabel berdasarkan data deskripsi varietas kunyit sebanyak 24 variabel.

Mencari Sumber Pengetahuan

Sumber pengetahuan diperoleh dari pakar dan publikasi terkait tentang tanaman kunyit. Pakar untuk penelitian ini adalah Bapak Drs. Cheppy Syukur, Peneliti Madya bidang Pemuliaan Tanaman pada Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat Bogor.

Akuisisi Pengetahuan

Akuisi pengetahuan menggunakan metode wawancara langsung dengan pakar tentang 24 variabel yang saling terkait berdasarkan data deskripsi varietas kunyit. Hasil akuisisi diperoleh 13 variabel yang terbagi atas 2 (dua) data, yaitu 3 variabel data nominal dan 10 variabel data bernilai numerik. Ketiga belas variabel tersebut selanjutnya akan direpresentasikan sebagai sumber pembuatan *rule*.

Representasi Pengetahuan

Hasil akuisi pengetahuan dengan pakar tentang 24 variabel yang saling terkait berdasarkan data deskripsi varietas kunyit, diperoleh 13 variabel yang terbagi atas 2 (dua) data, yaitu 3 variabel data nominal yang bersifat *non-fuzzy* (Tabel 1), dan 10 variabel data bernilai numerik yang bersifat *fuzzy* (Tabel 2). Penetapan 24 variabel menjadi 13 variabel berdasarkan data deskripsi varietas kunyit yang saling terkait dengan cara memprioritas variabel-variabel yang dianggap penting dalam mengidentifikasi dari masing-masing varietas (Turina-1, Turina-2, dan Turina-3). Ketiga belas variabel tersebut selanjutnya akan direpresentasikan sebagai sumber pembuatan *rule*.

Pengembangan Mesin Inferensi

Sistem *fuzzy* merupakan sistem yang mampu mengembangkan sistem intelijen dalam lingkungan yang tidak pasti. Sistem ini menduga suatu fungsi dengan logika *fuzzy*. Dengan logika *fuzzy*, sistem kepakaran manusia bisa diimplementasikan ke dalam bahasa mesin secara mudah dan efisien (Naba, 2009).

Berdasarkan representasi pengetahuan, Variabel *input non-fuzzy* yang digunakan berupa variabel nominal yang mempunyai kecenderungan perbedaan dari setiap

Tabel 1. Variabel Masukan *Non-Fuzzy* Varietas Tanaman Kunyit

No.	Karakteristik
1.	Warna Bunga
2.	Bentuk Pangkal Daun
3.	Warna Daging Rimpang

Tabel 2. Variabel Masukan *Fuzzy* Varietas Tanaman Kunyit

No.	Karakteristik
1.	Jumlah Bunga/Tandan
2.	Tinggi Tanaman
3.	Jumlah Anakan
4.	Panjang Daun
5.	Lebar daun
6.	Berat Rimpang/Rumpun
7.	Jumlah Rimpang Induk
8.	Jumlah Rimpang Primer
9.	Jumlah Rimpang Sekunder
10.	Kadar Kurkumin

varietas yaitu variabel warna bunga, bentuk pangkal daun dan warna daging rimpang.

Variabel warna bunga terdiri atas himpunan kemungkinan warna yang muncul yaitu: putih, putih kuning, putih coklat, kuning dan coklat. Variabel bentuk pangkal daun, terdiri atas himpunan bentuk yaitu: bulat telur (oval), bulat, runcing dan meruncing. Sedangkan variabel warna daging rimpang terdiri atas himpunan warna yang mungkin muncul yaitu: kuning muda, kuning, kuning *orange* dan *orange*. Aturan-aturan (*rules*) proses identifikasi tanaman kunyit untuk masukan *non fuzzy* sebanyak 28 *rule*. Penyeleksian aturan *if-then fuzzy* adalah komponen utama dari *fuzzy inference system* yang mampu memodelkan keahlian manusia (Jang dan Mizutani, 1997).

Sebagai contoh untuk *output* yang dihasilkan adalah kecenderungan terhadap varietas, maka variabel *non fuzzy* yang akan ditampilkan untuk diisi oleh pengguna adalah yang berhubungan dengan *output* kecenderungan varietas tanaman kunyit (Lampiran 1). *Rule* yang berlaku yaitu :

“IF Warna Bunga = Putih
AND Bentuk Pangkal daun = Oval
AND Warna Daging Rimpang = Orange
THEN Kecenderungan Varietas”

Hasil dari *input non-fuzzy* merupakan hasil pengamatan awal yang selanjutnya dilakukan pengamatan lanjutan menggunakan variabel *input fuzzy* untuk mendapatkan hasil pengamatan akhir.

A. Proses *Fuzzifikasi*

Pada tahap ini akan dilakukan proses *fuzzifikasi* dari sepuluh variabel numerik tanaman kunyit yang bersifat *fuzzy*, yaitu : jumlah bunga/tandan (JBT), tinggi tanaman (TT), jumlah anakan (JA), panjang daun (PD), lebar daun (LD), berat rimpang/rumpun (BRR), jumlah rimpang induk (JRI), jumlah rimpang primer (JRP), jumlah rimpang sekunder (JRS) dan kadar kurkumin (KK). Penentuan kisaran pada proses *fuzzifikasi* berdasarkan hasil diskusi dengan pakar untuk mengelompokkan data sesuai SK. Pelepasan dari masing-masing varietas.

1. Jumlah bunga/tandan(JBT)

Jumlah bunga/tandan dikelompokkan kedalam 3 himpunan: sedikit, sedang dan banyak. Himpunan sedikit antara 11-18 untuk varietas Turina-1, sedang antara 16-20 untuk varietas Turina-3, dan banyak antara 18-21 untuk varietas Turina-2.

2. Tinggi tanaman(TT)

Tinggi tanaman dikelompokkan kedalam 3 himpunan: pendek, sedang, dan panjang. Himpunan pendek antara 147,9 sampai 157,9 cm untuk varietas Turina-1, sedang antara 157 sampai 167 cm untuk varietas Turina-2, dan panjang antara 166 sampai 177 cm untuk varietas Turina-3.

3. Jumlah anakan(JA)

Jumlah anakan dikelompokkan kedalam 2 himpunan: sedikit dan banyak. Himpunan sedikit antara 6-7 anakan untuk varietas Turina-1 dan varietas Turina-2, sedangkan banyak antara 6-8 anakan untuk varietas Turina-3.

4. Panjang daun(PD)

Panjang daun dikelompokkan kedalam 3 himpunan: pendek, sedang, dan panjang. Himpunan pendek antara 8-16 cm untuk varietas Turina-1, sedang antara 9,78-16,22 cm untuk varietas Turina-2 dan panjang antara 15,78-22,22 cm untuk varietas Turina-3.

5. Lebar daun(LD)

Lebar daun dikelompokkan dalam 3 himpunan: sempit, sedang, dan lebar. Himpunan sempit antara 3,81 – 5,19 cm untuk varietas Turina-3, sedang antara 4,25 – 5,25 cm untuk varietas Turina-2, lebar antara 5,17 – 6,23 cm untuk varietas Turina-1.

6. Berat rimpang/rumpun(BRR)

Berat rimpang/rumpun tanaman kunyit dikelompokkan kedalam 2 himpunan: ringan dan berat. Himpunan ringan antara 500-2000 gram untuk varietas Turina-1, sedangkan berat antara 500-2500 gram untuk varietas Turina-2 dan Turina-3.

7. Jumlah rimpang induk(JRI)

Jumlah rimpang induk tanaman kunyit dikelompokkan kedalam 2 himpunan: sedikit dan banyak. Himpunan sedikit antara 1-2 rimpang untuk varietas Turina-1 dan Turina-2, sedangkan yang banyak antara 1-3 rimpang untuk varietas Turina-3.

8. Jumlah rimpang primer

Jumlah rimpang primer tanaman kunyit dikelompokkan kedalam 3 himpunan: sedikit, sedang dan banyak. Himpunan sedikit antara 3-7 rimpang untuk varietas Turina-1, yang sedang antara 5-11 rimpang untuk varietas Turina-2, sedangkan yang banyak antara 6-12 rimpang untuk varietas Turina-3.

9. Jumlah rimpang sekunder (JRS)

Jumlah rimpang sekunder tanaman kunyit dikelompokkan kedalam 3 himpunan: sedikit, sedang dan banyak. Himpunan sedikit antara 4-13 rimpang untuk varietas Turina-2, sedang antara 5-14 rimpang untuk varietas Turina-1, dan banyak antara 10-17 rimpang untuk varietas Turina-3.

10. Kadar kurkumin(KK)

Kadar kurkumin dikelompokkan kedalam 3 himpunan: rendah, sedang dan tinggi. Himpunan rendah antara 7,46-9,86 persen untuk varietas Turina-1, yang sedang antara 7,72-9,38 persen untuk varietas Turina-3, dan tinggi antara 9,46-10,86 persen untuk varietas Turina-2.

B. Proses Defuzzifikasi

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu kerangka matematis yang digunakan untuk merepresentasikan ketidakpastian, ketidakjelasan, ketidaktepatan, kekurangan informasi dan kebenaran parsial (Tettamanzi, 2001) dan Kusumadewi *et al.* (2006).

Zadeh (1965) memodifikasi teori himpunan dimana setiap anggotanya memiliki derajat keanggotaan yang bernilai kontinu antara 0 sampai 1, himpunan ini disebut dengan himpunan kabur atau *Fuzzy Set*.

Pada proses *defuzzifikasi*, dibentuk aturan-aturan (*rules*) berdasarkan sepuluh variabel masukan yang bersifat *fuzzy* untuk menghasilkan suatu keluaran, contoh :

“IF (JBT is Sedikit)

AND (TT is Pendek) AND (JA is Sedikit)

AND (PD is Pendek) AND (LD is Lebar)

AND (BRR is Ringan) AND (JRI is Sedikit)

AND (JRP is Sedang) AND (JRS is Sedang)

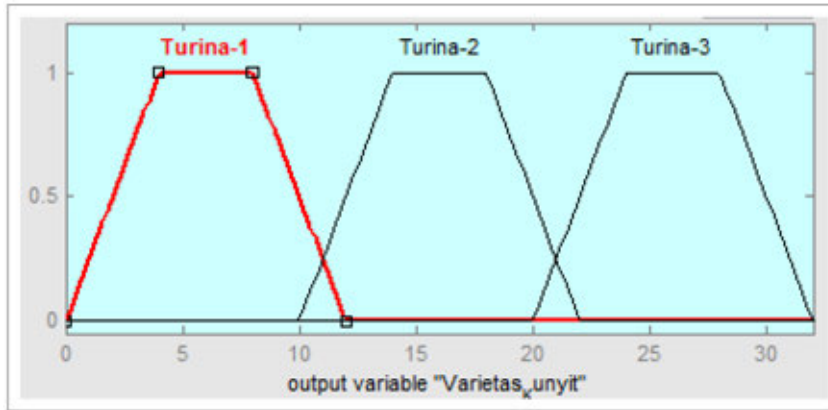
AND (KK is Rendah)

THEN (Varietas_Kunyit is Turina-1)”.

Dari sepuluh variabel masukan *fuzzy*, terbentuk 48 (empat puluh delapan) *rules* yang terdiri atas masing-masing 16 *rules* untuk *output* varietas Turina-1, Turina-2, dan Turina-3 (Lampiran 2).

Pembentukan 16 *rules* Turina-1 diperoleh dari 2 himpunan variabel PD (pendek dan sedang), 2 himpunan variabel JRP (sedang dan banyak), 2 himpunan variabel JRS (sedikit dan sedang), dan 2 himpunan variabel KK (rendah dan sedang), variabel lainnya hanya 1 himpunan. Pembentukan 16 *rules* Turina-2 diperoleh dari 2 himpunan variabel JBT (sedang dan banyak), 2 himpunan variabel PD (pendek dan sedang), 2 himpunan variabel LD (sempit dan sedang), dan 2 himpunan variabel JRS (sedikit dan sedang), variabel lainnya hanya 1 himpunan. Pembentukan 16 *rules* Turina-3 diperoleh dari 2 himpunan variabel JBT (sedang dan banyak), 2 himpunan variabel LD (sempit dan sedang), 2 himpunan variabel JRP (sedang dan banyak), dan 2 himpunan variabel KK (rendah dan sedang), variabel lainnya hanya 1 himpunan.

Fungsi keanggotaan suatu himpunan *fuzzy* dapat direpresentasikan dengan berbagai kurva, salah satunya adalah kurva segitiga dan kurva trapesium (Kusumadewi, 2002). Fungsi keanggotaan (*membership function*) untuk *output* varietas tanaman kunyit Turina-1, Turina-2, dan Turina-3, dirumuskan dalam fungsi kurva trapesium sebagai berikut:



Gambar 2. Representasi kurva trapesium untuk keluaran sistem pakar tanaman kunyit

MF Turina 1	<input type="text" value="1"/>
MF Turina 2	<input type="text" value="0"/>
MF Turina 3	<input type="text" value="0"/>
Varietas	Tanaman ini Termasuk Varietas Turina 1

Gambar 3. Hasil *fuzzifikasi* varietas tanaman kunyit

Hasil keluaran dari masing-masing aturan (*rule*) akan digabungkan menjadi daerah *fuzzy* yang kemudian dicari nilai tengahnya dengan menggunakan metode *centroid* (Gambar 3). Hasil *defuzzifikasi* dari *input* data *fuzzy* merupakan hasil akhir dari sebuah sistem berupa teridentifikasinya varietas tanaman kunyit (Turina-1, Turina-2, dan Turina-3).

Implementasi

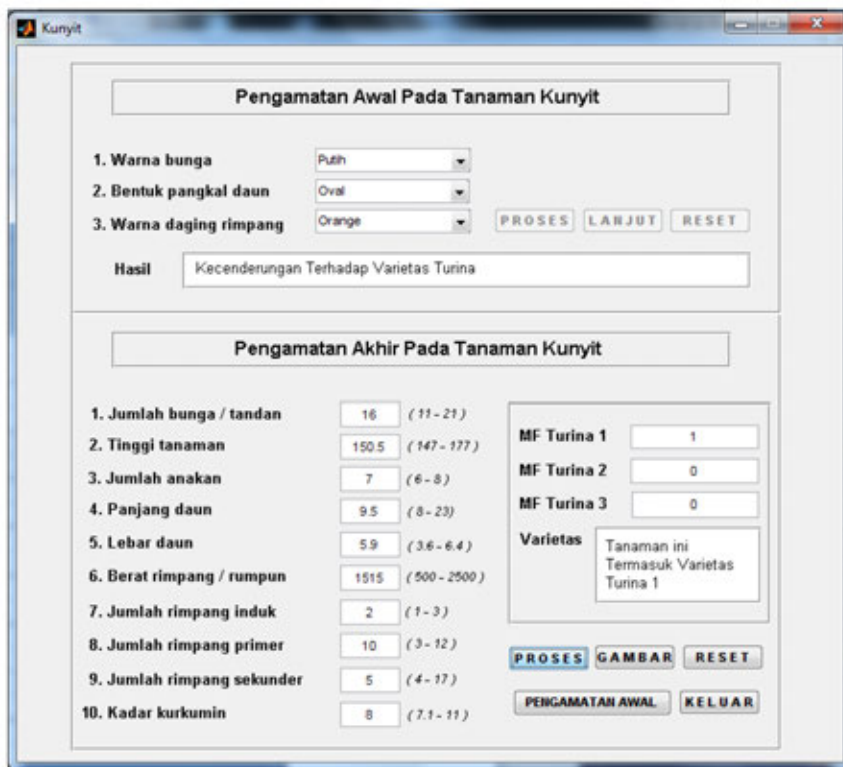
Dalam tahap ini, masukan berupa data *non fuzzy* dan data *fuzzy* akan ditampilkan dalam antar muka *Graphical User Interface (GUI)*, dimana pengguna dapat memasukkan variabel-variabel ciri morfologi, produksi dan mutu dari tanaman kunyit. Perangkat lunak yang mendukung dalam pembuatan Sistem Pakar ini menggunakan Matlab Versi 7.7 yang telah menyediakan *toolbox fuzzy logic* dan fasilitas *Fuzzy Inference System (FIS)*.

Pengujian

Data pengujian berupa data pengamatan varietas tanaman kunyit yang bersumber dari pakar. Jumlah data sebanyak 100 data, masing-masing berjumlah 25 data untuk varietas Turina-1, Turina-2, Turina-3 dan Bukan varietas.

Tahap awal pengamatan, pengguna memasukkan data *non fuzzy* pada sistem. Jika *output* yang dihasilkan berupa “kecenderungan varietas”, maka proses pengamatan dilanjutkan ke data *fuzzy*, jika *output* yang dihasilkan berupa “bukan varietas”, maka proses tidak dapat dilanjutkan ke *fuzzy*.

Pengamatan lanjutan yaitu *input* data *fuzzy* dengan *output* varietas kunyit. Bentuk keluaran sistem menampilkan nilai fungsi keanggotaan (*membership function/MF*) masing-masing varietas kunyit beserta jenis varietas kunyit yang teridentifikasi (Gambar 4).



Gambar 4. Tampilan *input* dan *output* data fuzzy sistem pakar tanaman kunyit

Tabel 3. Matrik Hasil Pengujian Sistem

Sebenarnya \ Pengenalan Sistem	Pengenalan Sistem			
	Var. Turina-1	Var. Turina-2	Var. Turina-3	Bukan Var.
Var. Turina-1	21	4	0	0
Var. Turina-2	0	25	0	0
Var. Turina-3	0	0	25	0
Bukan Var.	1	6	0	18

Berdasarkan hasil pengujian terhadap 100 data pengamatan di atas yang sudah dimasukkan ke dalam sistem, terdapat 89 data uji yang sesuai dan 11 data uji yang tidak sesuai dengan data yang sebenarnya (Tabel 3). Akurasi dari sistem pakar identifikasi varietas tanaman kunyit ini sebesar 89%.

Penggunaan *Fuzzy Inference System (FIS)* metode Mamdani dalam menentukan varietas tanaman kunyit mampu mengatasi kemiripan ciri-ciri morfologi, produksi dan mutu dari ketiga varietas kunyit tersebut yang secara kasat mata, ketiga varietas ini memiliki kemiripan dari segi kultur genetik.

Keuntungan dan kerugian metode ini dibandingkan metode *cluster* atau metode molekuler (*genome - sequencing*), lebih efisien dalam waktu dan tenaga untuk mengidentifikasi secara dini varietas yang diusulkan/diidentifikasi. Pemanfaatan langsung pada pemurnian atau seleksi benih bagi varietas-varietas yang

sudah ditentukan. Pada metode *cluster*, kecenderungan dimanfaatkan untuk mengelompokkan data berdasarkan keragaman, biasa digunakan untuk jumlah aksesori yang banyak. Sedangkan pada metode molekuler, memerlukan biaya yang mahal, waktu dan sumberdaya yang lebih banyak.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Identifikasi varietas kunyit menggunakan sistem pakar merupakan sistem pakar yang untuk menentukan varietas tanaman kunyit. Tanaman kunyit yang dapat teridentifikasi oleh sistem pakar ini adalah varietas unggul kunyit Turina-1, Turina-2, dan Turina-3. Ketiga varietas ini memiliki kemiripan dalam ciri-ciri morfologi,

produksi dan mutu dari ketiga varietas kunyit tersebut yang secara kasat mata, ketiga varietas ini memiliki kemiripan dari segi kultur genetik. Sistem pakar ini tidak memberikan keluaran varietas selain ketiga varietas unggul tersebut.

Penggunaan *fuzzy inference system (FIS)* dalam menentukan varietas tanaman kunyit mampu mengatasi kemiripan-kemiripan ciri-ciri pada tanaman kunyit. Kemiripan tersebut seperti pada 13 variabel (*fuzzy* dan *non-fuzzy*): warna bunga, bentuk pangkal daun, warna daging rimpang, jumlah bunga per tandan, tinggi tanaman, jumlah anakan, panjang daun, lebar daun, berat rimpang per rumpun, jumlah induk rimpang, jumlah rimpang primer, jumlah rimpang sekunder, dan kadar kurkumin dapat diatasi dengan FIS.

Dalam pengujian sistem, dari 100 data pengamatan yang diujikan, terdapat 89 data uji yang sesuai dan 11 data uji yang tidak sesuai dengan data sebenarnya. Hal ini disebabkan oleh data yang memiliki kemiripan hampir sama dari segi karakteristik tanaman kunyit. Secara umum sistem yang dibangun ini memiliki keakuratan sebesar 89%. Dari pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem pakar identifikasi varietas tanaman kunyit sudah dapat mendekati pakar.

Saran

Pemilihan *Fuzzy Inference System (FIS)* dalam sistem pakar ini didasarkan pada kebutuhan sistem yang memerlukan keahlian seorang pakar. Untuk pengembangan sistem selanjutnya, disarankan menggunakan metoda ANFIS (*Adaptive Network based Fuzzy Inference System*) yang menerapkan jaringan *neural* dalam lingkungan FIS. Dikarenakan akurasi belum 100%, diharapkan dengan ANFIS dapat mengatasi kekurangan pada metode FIS. Hal ini tentu dibarengi dengan data uji yang lebih banyak agar menghasilkan akurasi yang lebih bagus.

DAFTAR PUSTAKA

- Dzulfarizi, I. 2010. Pemanfaatan Sistem Pakar untuk Menentukan Varietas Unggul Tanaman Nilam. Skripsi Program Studi Ilmu Komputer, FMIPA. IPB. Bogor. 29 hlm.
- Kusrini. 2006. Sistem Pakar Teori dan Aplikasi. Penerbit Andi. Yogyakarta. 160 hlm.
- Jang, J.S.R., C.T. Sun dan E. Mizutani. 1997. *Neuro Fuzzy and Soft Computing*. Prentice-Hall. New Jersey. USA. Hlm 47-70.
- Kusumadewi, S. 2002. Analisis dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan *Toolbox* Matlab. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta. Hlm 17-57.
- Kusumadewi, S., S. Hartani, A. Harjoko, dan R. Wardoyo. 2006. Fuzzy Multi-Attribute Decision Making. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta. 368 hlm.
- Marimin. 2009. Teori dan Aplikasi Sistem Pakar dalam Teknologi Manajerial. IPB Press. Bogor. 183 hlm.
- Naba, E.A. 2009. Belajar Cepat *Fuzzy Logic* Menggunakan MATLAB. Penerbit Andi Publisher. Yogyakarta. 180 hlm.
- Putri, A. 2011. Sistem Pakar Identifikasi Varietas Anthurium Berdasarkan Daun, Spathe dan Spadix. Skripsi Program Studi Ilmu Komputer, FMIPA. IPB. Bogor. 47 hlm.
- Syukur, C., O. Rostiana, S. Fatimah Syahid dan L. Udarno. 2006. Petunjuk Pelaksanaan Pengelolaan plasma Nutfah Kunyit (*Curcuma domestica* Valh.). Petunjuk Pelaksanaan Plasma Nutfah Tanaman Perkebunan. Puslitbang Perkebunan. Hlm 258-272.
- Syukur, C., O. Rostiana, Sukarman, N. Nova, D. Rusmin, Melati, D. Seswita, dan W. Haryudin. 2011. Laporan Akhir Konservasi 100 Jenis, Rejuvenasi, Karakterisasi dan Evaluasi 8 Jenis serta Dokumentasi Plasma Nutfah Tanaman Obat dan Aromatik. BALITTRO (*Unpublish*). Hlm 47 – 53.
- Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy Sets. California: Department Electronics Research Laboratory. University of California. http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/sbaa/report.fuzzysets.html.

Lampiran 1. Aturan-Aturan (*Rule*) Non Fuzzy Tanaman Kunyit

No.	Warna Bunga	Bentuk Pangkal Daun	Warna Daging Rimpang	Varietas
1	Putih	Bulat telur (Oval)	Orange	Turina-1
2	Putih Kuning Pucat	Bulat telur (Oval)	Orange	Turina-1
3	Putih	Bulat	Orange	Turina-1
4	Putih Kuning Pucat	Bulat	Orange	Turina-1
5	Putih	Bulat telur (Oval)	Kuning Orange	Turina-1
6	Putih Kuning Pucat	Bulat telur (Oval)	Kuning Orange	Turina-1
7	Putih	Bulat	Kuning Orange	Turina-1
8	Putih Kuning Pucat	Bulat	Kuning Orange	Turina-1
9	Putih Kuning Pucat	Bulat telur (Oval)	Kuning orange	Turina-2
10	Putih Kuning Coklat	Bulat telur (Oval)	Kuning orange	Turina-2
11	Putih Kuning Pucat	Bulat	Kuning orange	Turina-2
12	Putih Kuning Coklat	Bulat	Kuning orange	Turina-2
13	Putih Kuning Pucat	Bulat telur (Oval)	Kuning	Turina-2
14	Putih Kuning Coklat	Bulat telur (Oval)	Kuning	Turina-2
15	Putih Kuning Pucat	Bulat	Kuning	Turina-2
16	Putih Kuning Coklat	Bulat	Kuning	Turina-2
17	Putih Kuning Pucat	Bulat telur (Oval)	Orange	Turina-2
18	Putih Kuning Coklat	Bulat telur (Oval)	Orange	Turina-2
19	Putih Kuning Pucat	Bulat	Orange	Turina-2
20	Putih Kuning Coklat	Bulat	Orange	Turina-2
21	Putih Kuning Coklat	Runcing	Orange	Turina-3
22	Putih Kuning Pucat	Runcing	Orange	Turina-3
23	Putih Kuning Coklat	Meruncing	Orange	Turina-3
24	Putih Kuning Pucat	Meruncing	Orange	Turina-3
25	Putih Kuning Coklat	Runcing	Kuning orange	Turina-3
26	Putih Kuning Pucat	Runcing	Kuning orange	Turina-3
27	Putih Kuning Coklat	Meruncing	Kuning orange	Turina-3
28	Putih Kuning Pucat	Meruncing	Kuning orange	Turina-3

Lampiran 2. Aturan-Aturan (Rule) Fuzzy Tanaman Kunyit

No.	Jumlah Bunga/Tandan	Tinggi Tanaman	Jumlah Anakan	Panjang Daun	Lebar Daun	Berat Rimpang/Rumpun	Jumlah Rimpang Induk	Jumlah Rimpang Primer	Jumlah Rimpang Sekunder	Kadar Kurkumin	Varietas
1	sedikit	pendek	sedikit	pendek	lebar	ringan	sedikit	sedang	sedang	rendah	Turina-1
2	sedikit	pendek	sedikit	sedang	lebar	ringan	sedikit	sedang	sedang	rendah	Turina-1
3	sedikit	pendek	sedikit	pendek	lebar	ringan	sedikit	banyak	sedang	rendah	Turina-1
4	sedikit	pendek	sedikit	sedang	lebar	ringan	sedikit	banyak	sedang	rendah	Turina-1
5	sedikit	pendek	sedikit	pendek	lebar	ringan	sedikit	sedang	sedikit	rendah	Turina-1
6	sedikit	pendek	sedikit	sedang	lebar	ringan	sedikit	sedang	sedikit	rendah	Turina-1
7	sedikit	pendek	sedikit	pendek	lebar	ringan	sedikit	banyak	sedikit	rendah	Turina-1
8	sedikit	pendek	sedikit	sedang	lebar	ringan	sedikit	banyak	sedikit	rendah	Turina-1
9	sedikit	pendek	sedikit	pendek	lebar	ringan	sedikit	sedang	sedang	sedang	Turina-1
10	sedikit	pendek	sedikit	sedang	lebar	ringan	sedikit	sedang	sedang	sedang	Turina-1
11	sedikit	pendek	sedikit	pendek	lebar	ringan	sedikit	banyak	sedang	sedang	Turina-1
12	sedikit	pendek	sedikit	sedang	lebar	ringan	sedikit	banyak	sedang	sedang	Turina-1
13	sedikit	pendek	sedikit	pendek	lebar	ringan	sedikit	sedang	sedikit	sedang	Turina-1
14	sedikit	pendek	sedikit	sedang	lebar	ringan	sedikit	sedang	sedikit	sedang	Turina-1
15	sedikit	pendek	sedikit	pendek	lebar	ringan	sedikit	banyak	sedikit	sedang	Turina-1
16	sedikit	pendek	sedikit	sedang	lebar	ringan	sedikit	banyak	sedikit	sedang	Turina-1
17	banyak	sedang	sedikit	sedang	sedang	berat	sedikit	sedikit	sedikit	tinggi	Turina-2
18	sedang	sedang	sedikit	sedang	sedang	berat	sedikit	sedikit	sedikit	tinggi	Turina-2
19	banyak	sedang	sedikit	pendek	sedang	berat	sedikit	sedikit	sedikit	tinggi	Turina-2
20	sedang	sedang	sedikit	pendek	sedang	berat	sedikit	sedikit	sedikit	tinggi	Turina-2
21	banyak	sedang	sedikit	sedang	sedang	berat	sedikit	sedikit	sedang	tinggi	Turina-2
22	sedang	sedang	sedikit	sedang	sedang	berat	sedikit	sedikit	sedang	tinggi	Turina-2
23	banyak	sedang	sedikit	pendek	sedang	berat	sedikit	sedikit	sedang	tinggi	Turina-2
24	sedang	sedang	sedikit	pendek	sedang	berat	sedikit	sedikit	sedang	tinggi	Turina-2
25	banyak	sedang	sedikit	sedang	sempit	berat	sedikit	sedikit	sedikit	tinggi	Turina-2
26	sedang	sedang	sedikit	sedang	sempit	berat	sedikit	sedikit	sedikit	tinggi	Turina-2
27	banyak	sedang	sedikit	pendek	sempit	berat	sedikit	sedikit	sedikit	tinggi	Turina-2
28	sedang	sedang	sedikit	pendek	sempit	berat	sedikit	sedikit	sedikit	tinggi	Turina-2
29	banyak	sedang	sedikit	sedang	sempit	berat	sedikit	sedikit	sedang	tinggi	Turina-2
30	sedang	sedang	sedikit	sedang	sempit	berat	sedikit	sedikit	sedang	tinggi	Turina-2
31	banyak	sedang	sedikit	pendek	sempit	berat	sedikit	sedikit	sedang	tinggi	Turina-2
32	sedang	sedang	sedikit	pendek	sempit	berat	sedikit	sedikit	sedang	tinggi	Turina-2
33	sedang	panjang	banyak	Panjang	sempit	berat	banyak	banyak	banyak	sedang	Turina-3
34	banyak	panjang	banyak	Panjang	sempit	berat	banyak	banyak	banyak	sedang	Turina-3
35	sedang	panjang	banyak	Panjang	sedang	berat	banyak	banyak	banyak	sedang	Turina-3
36	banyak	panjang	banyak	Panjang	sedang	berat	banyak	banyak	banyak	sedang	Turina-3
37	sedang	panjang	banyak	Panjang	sempit	berat	banyak	sedang	banyak	sedang	Turina-3
38	banyak	panjang	banyak	Panjang	sempit	berat	banyak	sedang	banyak	sedang	Turina-3
39	sedang	panjang	banyak	Panjang	sedang	berat	banyak	sedang	banyak	sedang	Turina-3
40	banyak	panjang	banyak	Panjang	sedang	berat	banyak	sedang	banyak	sedang	Turina-3

Lampiran 2. Aturan-Aturan (*Rule*) Fuzzy Tanaman Kunyit (lanjutan)

No.	Jumlah Bunga/Tandan	Tinggi Tanaman	Jumlah Anakan	Panjang Daun	Lebar Daun	Berat Rimpang/Rumpun	Jumlah Rimpang Induk	Jumlah Rimpang Primer	Jumlah Rimpang Sekunder	Kadar Kurkumin	Varietas
41	sedang	panjang	banyak	Panjang	sempit	berat	banyak	banyak	banyak	rendah	Turina-3
42	banyak	panjang	banyak	Panjang	sempit	berat	banyak	banyak	banyak	rendah	Turina-3
43	sedang	panjang	banyak	Panjang	sedang	berat	banyak	banyak	banyak	rendah	Turina-3
44	banyak	panjang	banyak	Panjang	sedang	berat	banyak	banyak	banyak	rendah	Turina-3
45	sedang	panjang	banyak	Panjang	sempit	berat	banyak	sedang	banyak	rendah	Turina-3
46	banyak	panjang	banyak	Panjang	sempit	berat	banyak	sedang	banyak	rendah	Turina-3
47	sedang	panjang	banyak	Panjang	sedang	berat	banyak	sedang	banyak	rendah	Turina-3
48	banyak	panjang	banyak	Panjang	sedang	berat	banyak	sedang	banyak	rendah	Turina-3