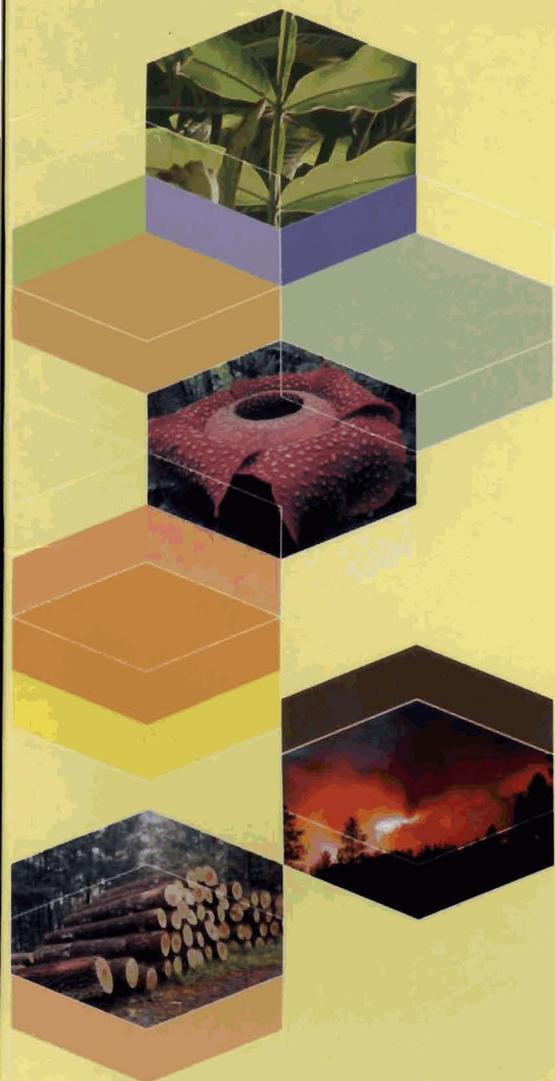


PERONEMA

FORESTRY SCIENCE JOURNAL



Penentuan Mutu Kayu Bangunan Dengan Sistem Pakar
(*Determination of Building Wood Quality with Expert System*)

Aton Prasetyo dan Arif Nuryawan

Pengambilan Humus Hutan Oleh Masyarakat (Studi Kasus di Desa Kuta Gugung, Kecamatan Simpang Empat, Kabupaten Karo) (*Forest Humus Harvesting By The People*) (Case Study in Kuta Gugung Village, Simpang Empat Sub-District, Karo Regency)

Bobby Nopandry, Zainal Abidin Pian, dan Rahmawaty

Karakteristik Fisis Papan komposit dari Serat Batang Pisang (*Musa sp.*) Dengan Perlakuan Alkali (*Physical Properties of Composite Board Made from Banana Fiber (Musa sp.) with Alkali Treatment*)

Luthfi Hakim dan Fauzi Febrianto

The Correlation between the Heightening of Acacia mangium and Growth Site Factors on Ex-Areal of Tin Mining (Hubungan Antara Peninggi *Acacia mangium* dan Faktor Tempat Tumbuh Pada Areal Bekas Pertambangan Timah)

Siti Latifah, Yadi Setiadi, Cecep Kusmana, Endang Suhendang

Kondisi Optimum Pemasakan Abaca (*Musa textilis Nee*) Dengan Proses Sulfat (*The Optimum of Cooking Condition of Musa textilis Nee with Sulphate Process*)

Rudi Hartono dan Gatot Ibusantosa

PENENTUAN MUTU KAYU BANGUNAN DENGAN SISTEM PAKAR
(*DETERMINATION OF BUILDING WOOD QUALITY WITH EXPERT SYSTEM*)

Aton Prasetyo¹ dan Arif Nuryawan²

¹ PS. Teknologi Industri Pertanian, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor,
email: pras_ty@yahoo.com

² PS. Teknologi Hasil Hutan, Jur. Kehutanan, Fak. Pertanian, Univ. Sumatera Utara,
email: arifnury@yahoo.com

Abstract

There are some problems to determine wood quality in reality because of costly of test appliance, complicated of PKKI order, and wood variability. Expert system is used as one to determine wood quality. Quality of wood is determined by some factors. The factors which a big effect on wood quality is durability and the wood strength. The wood strength is influenced by specific gravity, slope, and knots diameter. Durability of wood is influenced by life time, creep attack, and beetle attack. Expert system is used to determine quality of wood more easy, quickly, and cheaper. Expert system uses the factors to determine quality of wood.

Key words: wood, expert system, quality, strength, durability.

Abstrak

Terdapat beberapa masalah dalam menentukan kualitas kayu di lapangan akibat mahalnya alat uji, aturan PKKI yang rumit, dan variabilitas kayu. Sistem pakar digunakan sebagai salah satu alternatif untuk menentukan kualitas kayu. Kualitas kayu ditentukan oleh beberapa faktor. Faktor-faktor yang sangat berpengaruh terhadap kualitas kayu adalah sifat keawetan dan kekuatan kayu. Sifat kekuatan kayu dipengaruhi oleh berat jenis, kemiringan serat, dan diameter mata kayu. Sifat keawetan kayu dipengaruhi oleh lama pemakaian, serangan rayap, dan serangan kumbang atau bubuk kayu. Sistem pakar digunakan untuk menentukan kualitas kayu secara mudah, cepat, dan murah. Sistem pakar menggunakan faktor-faktor tersebut untuk menentukan mutu kayu.

Kata kunci: kayu, sistem pakar, mutu, kekuatan, keawetan.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kayu sebagai produk alam mempunyai sifat bervariasi. Lembaga Penelitian Hasil Hutan di Bogor telah mengklasifikasikan kayu untuk struktur bangunan berdasarkan tingkat keawetan dan kekuatannya, dan digunakan untuk menentukan mutu kayu agar dapat dimanfaatkan secara lebih efisien (Soehendradjati, 1990).

Untuk memenuhi syarat sebagai bahan bangunan, maka hasil pengujian harus memenuhi kriteria/ standar mutu yang telah ditetapkan, demi keamanan dan kenyamanan pemakai bangunan. Standar yang ada di Indonesia adalah standar berdasarkan PKKI (Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia). Dari standar ini dapat dilihat bahwa sifat-sifat yang harus diukur menggunakan mesin *Universal Testing, MSR (Machine Stress Rating)*,

merupakan alat yang biasa dipakai menduga kekuatan kayu.

Menurut Suryokusumo (1999), seleksi kayu secara visual belum menjamin akurasi kualitas secara tepat karena adanya unsur subjektivitas. Sedangkan dalam pemilahan masinal mempunyai keterbatasan antara lain:

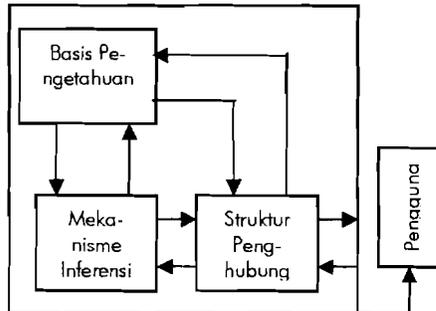
- a. Kayu harus diserut cukup halus untuk keragaman ukuran penampang sepanjang batangnya, menurut ukuran sortimen yang diinginkan dalam batas toleransi.
- b. Bentuk kayu harus lurus tanpa pingul.
- c. Dalam suatu masa pemilahan diuji suatu macam ukuran sortimen.
- d. Kadar air kayu harus sudah mencapai kesetimbangan, biasanya pada tingkat kadar air kering udara, misalnya 15-18%.

Sementara itu pendugaan kayu secara visual yang telah ditetapkan PKKI cukup sulit. Karena harus mengetahui jenis kayunya, cacat yang ada di tiap bagian dan beberapa kriteria yang lain. Selain itu pendugaan kekuatan antar-orang dapat berbeda dan memerlukan waktu yang cukup lama.

Dari permasalahan di atas, maka perlu dibuat suatu metode yang praktis untuk menduga kekuatan kayu dari sifat-sifat yang sangat berpengaruh besar terhadap kekuatan maupun keawetan kayu. Sehingga kayu yang akan digunakan oleh pemakai dapat diketahui dengan cepat dan harga pendugaan mutu kayu yang cukup murah.

Sistem pakar menurut Hart (1986) didefinisikan sebagai program komputer yang memiliki basis pengetahuan luas dalam domain terbatas dan menggunakan penalaran kompleks untuk menjalankan tugas yang biasa dilakukan oleh seorang ahli. Sistem pakar bersifat interaktif dan mempunyai kemampuan untuk menjelaskan hal yang ditanyakan pengguna (Harmon dan King, 1985).

Struktur dasar sistem pakar tersusun dari tiga komponen utama, sistem berbasis pengetahuan, mekanisme inferensi, dan struktur penghubung antara pengguna dan sistem (Lyons, 1994).



Gambar 1. Struktur dasar sistem pakar (Lyons, 1994)

Sistem berbasis pengetahuan berisi faktor-faktor dan kaidah-kaidah faktor, pengetahuan deklaratif yang memuat informasi suatu obyek/faktor, fakta/peristiwa, dan pengetahuan prosedural pengambilan keputusan (Badiru dan Whitehouse, 1989).

Mekanisme inferensi adalah mekanisme kontrol yang membentuk fakta dan kaidah-kaidah dalam basis pengetahuan untuk mencapai suatu solusi. Mekanisme inferensi dipengaruhi oleh strategi penalaran, pengendalian, dan pelacakan yang digunakan (Oxman, 1985; Lyons, 1994).

Struktur penghubung antara pengguna dan sistem (struktur dialog) merupakan fasilitas

interaksi antara pengguna dengan sistem yang memungkinkan pengguna memasukkan fakta dan kaidah baru ke dalam basis pengetahuan dan menerima keluaran sistem. Struktur penghubung merupakan fasilitas komunikasi antara sistem pakar dan pengguna (Oxman, 1985).

Aktivitas pengembangan sistem pakar terdiri atas beberapa unsur yang saling berinteraksi yaitu ahli (pakar), *knowledge engineer*, alat pengembangan sistem pakar, dan pengguna (Waterman, 1986).

Pakar adalah seseorang yang memiliki tingkat pengetahuan dan kemampuan mengaplikasikan pengetahuan yang dimilikinya dan berfungsi sebagai penyedia informasi, pemecah masalah, dan pemberi penjelasan jika informasi yang diberikan kurang dipahami (Hart, 1986).

Knowledge engineer adalah orang yang memiliki latar belakang pengetahuan tentang komputer dan kecerdasan buatan, serta mengerti pengembangan sistem pakar. Alat pengembang sistem pakar merupakan bahasa pemrograman yang dibuat oleh *programme*, sehingga menjadi perangkat lunak yang bersifat interaktif dan dapat digunakan oleh pengguna dan *knowledge engineer* (Waterman, 1986).

BAHAN DAN METODE

Sistem pakar penentuan mutu kayu yang dirancang di sini adalah mutu kayu hasil gergajian, sebelum mendapat perlakuan apapun. Sifat-sifat yang digunakan penentuan mutu kayu adalah yang terkait sangat erat dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan dan keawetan. Faktor-faktor tersebut adalah berat jenis, diameter mata kayu, kemiringan serat untuk penentuan kekuatan kayu dan umur pakai serangan rayap, serangan bubuk kayu dan rayap kering untuk penentuan keawetan kayu.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian penentuan mutu kayu bangunan dengan sistem pakar ini dilaksanakan di daerah Bogor, pada bulan April-Mei 2003.

Pengumpulan Data

Data diperoleh dengan cara mengambil data sekunder dari pustaka dan wawancara dengan pakar. Oleh karena itu memerlukan suatu rekomendasi yang dihasilkan dari sistem pakar yang dibentuk dari akuisisi pengetahuan pakar dan pustaka yang mendukung. Pakar yang dipilih untuk diakuisisi pengetahuannya adalah pakar dari Fakultas Kehutanan IPB.

Pengolahan data

Data yang diperoleh dari pustaka dan informasi pakar tersebut akan diolah lebih lanjut menjadi masukan masing-masing sifat yang mempengaruhi mutu kayu bangunan. Penentuan mutu kayu ini melewati dua tingkat inferensi. Inferensi pertama untuk menentukan sifat kekuatan dan sifat keawetan kayu, jaringan inferensi kedua adalah menentukan mutu kayu dari sifat kekuatan dan keawetan kayu tersebut.

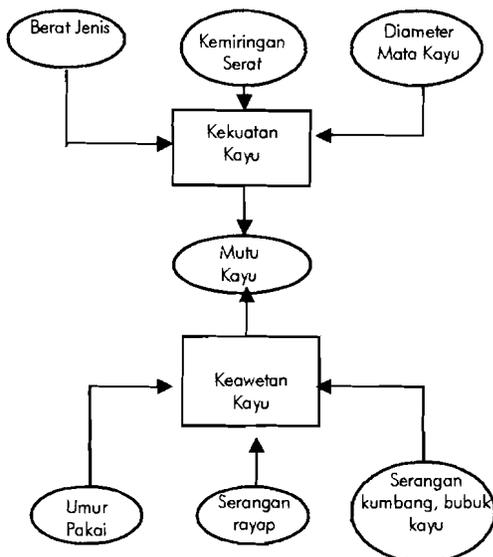
Langkah selanjutnya adalah representasi pengetahuan yang merupakan penyajian pengetahuan pakar dalam bahasa logika yang sederhana. Penyajian pengetahuan dilakukan sesuai basis pengetahuan sistem ahli yaitu basis pengetahuan deklaratif dan prosedural. Representasi pengetahuan prosedural disajikan dalam bentuk kaidah produksi yang digunakan adalah *if* (premis), *then* (konklusi); atau (situasi-aksi). Premis-premis ini dapat dihubungkan dalam bentuk *and* atau *or*.

Perangkat lunak

Metode inferensi yang digunakan menggunakan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Mamdani dan Takagi-Sugeno untuk data masukan *fuzzy*. Sistem pakar penentuan mutu kayu bangunan dibuat dengan Matlab versi 5.3 menggunakan fasilitas *Fuzzy* yang tersedia.

Kerangka Pemikiran

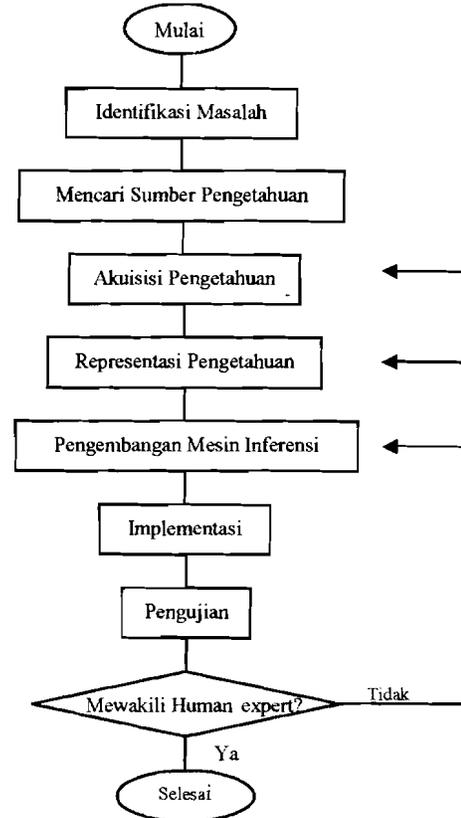
Mutu kayu dipengaruhi faktor kekuatan (berat jenis, kemiringan serat, dan diameter mata kayu) dan keawetan (waktu masa pakai, ketahanan terhadap serangan rayap, kumbang, dan bubuk kayu), sehingga dapat diilustrasikan seperti Gambar 2:



Gambar 2. Kerangka pemikiran dalam penentuan mutu kayu bangunan.

Pemodelan Sistem

Metodologi yang digunakan terdiri atas tahapan berikut:



Gambar 3. Tahap pembentukan sistem pakar

Tahap Identifikasi dan Mencari Sumber Pengetahuan

Tahap identifikasi meliputi pemilihan masalah, identifikasi tujuan, dan sumber pengetahuan. Masalah yang dipilih harus sesuai kriteria masalah sistem pakar, yaitu batasan masalah yang jelas (Leibowitz, 1988).

Masalah yang dihadapi dalam menentukan mutu kayu adalah adanya variasi yang cukup banyak tentang mutu kayu hasil gergajian untuk bahan bangunan dan mahalnya alat pengujian kekuatan kayu. Karena itu diperlukan suatu rekomendasi yang dihasilkan dari sistem pakar yang dibentuk dari akuisisi pengetahuan pakar dan pustaka yang mendukung. Dengan rekomendasi ini diharapkan dapat menentukan mutu dengan cepat, mudah, dan murah menggunakan bantuan perangkat lunak. Pakar yang dipilih adalah pakar kayu dari Fakultas Kehutanan IPB.

Tahap Akuisisi Pengetahuan

Akuisisi pengetahuan adalah proses transfer keahlian dalam memecahkan masalah dari suatu sumber pengetahuan tertentu ke

dalam suatu program (Buchanan dan Shorliffe, 1984). Fasilitas ini digunakan sebagai alat untuk mendapatkan pengetahuan, fakta-fakta, dan aturan yang diperlukan suatu sistem pakar. Pengetahuan tersebut diperoleh dari para ahli/praktisi dan didukung data sekunder dari pustaka.

Pengetahuan yang telah diakuisisi selanjutnya dibuat dalam bentuk jaringan inferensi atau pohon keputusan yang memuat faktor-faktor untuk pembuatan kaidah. Pohon keputusan memuat simpul dan cabang pohon yang dapat ditelusuri berdasarkan kondisi faktor pada simpul akhir sebagai keputusan (Hart, 1986). Bentuk jaringannya disajikan pada Gambar 2.

Pengetahuan yang diakuisisi dari pakar dan pustaka dibentuk dalam suatu jaringan inferensi utama untuk menghasilkan rekomendasi akhir yang tersusun dari dua jaringan inferensi yang lebih kecil dan saling berhubungan.

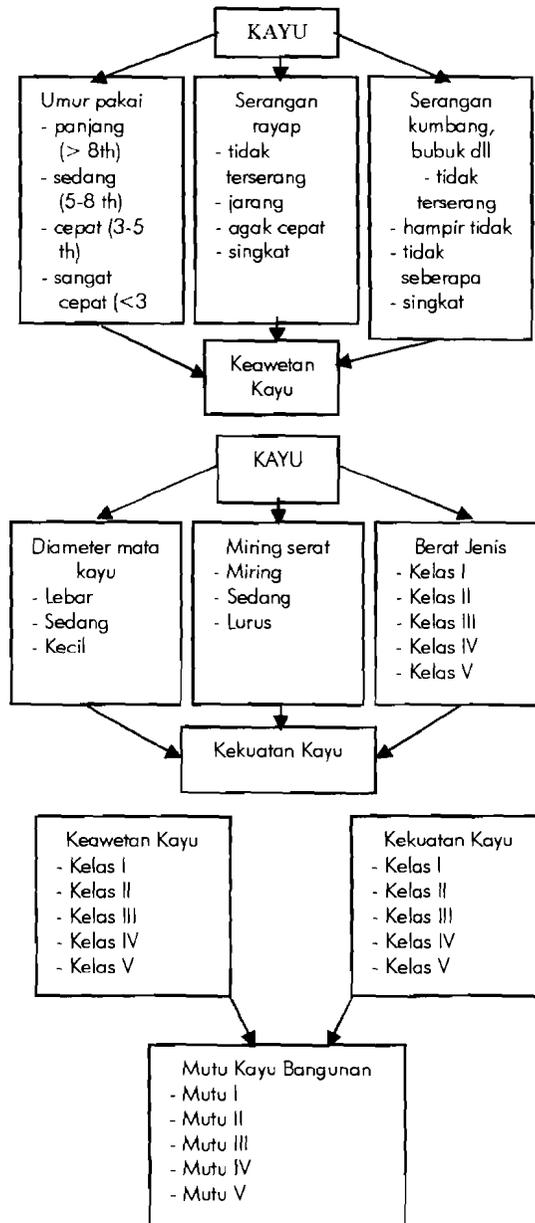
Jaringan inferensi pertama dibentuk dari tiga *input*, yaitu:

1. Tingkat umur penggunaan, dengan 4 tingkatan, panjang (>8 th), sedang (5-8 th), cepat (3-5 th), dan sangat cepat (0-3 th).
2. Serangan rayap, dengan 4 tingkatan, tidak terserang (0-5%), jarang (3-20%), agak cepat (15-60%), dan singkat (50-80%).
3. Serangan kumbang, bubuk kayu, dan lain-lain, dengan 4 tingkatan, tidak ada serangan (0-5%), hampir tidak ada (3-20%), tidak seberapa (15-40%), dan singkat (30-70%).

Jaringan inferensi ini dibentuk untuk menghasilkan suatu sifat keawetan kayu (kelas keawetan 1-5).

Jaringan inferensi kedua dibentuk dari tiga *input* yaitu:

1. Diameter mata kayu dengan 3 tingkatan yaitu lebar (> 5cm), sedang (3-6 cm), dan kecil (0-4 cm).
2. Miring serat dengan 3 tingkatan yaitu miring (8-45°), sedang (4-9°), dan lurus (0-5°).
3. Berat jenis dengan 5 tingkatan yaitu kelas 1 (> 0.9), kelas 2 (0.6-0.9), kelas 3 (0.4-0.6), kelas 4 (0.3-0.4), dan kelas 5 (<0.3).
4. Jaringan inferensi ini dibentuk menghasilkan sifat kekuatan kayu dari kelas kuat 1-5.



Gambar 4. Jaringan sistem pakar penentuan mutu kayu bangunan

Tahap Representasi Pengetahuan

Representasi pengetahuan adalah penyajian pengetahuan ahli atau praktisi dalam bahasa logika yang sederhana. Penyajian pengetahuan dilakukan sesuai dengan basis pengetahuan dalam sistem ahli, yaitu basis pengetahuan deklaratif dan basis pengetahuan prosedural. Pengetahuan deklaratif dipresentasikan dengan menggunakan kalkulus predikat, metode kerangka, atau jaringan semantik (Liebowitz, 1988).

Representasi pengetahuan prosedural disajikan dalam bentuk kaidah produksi yang digunakan adalah *if* (premis), *then* (konklusi),

atau (situasi-aksi). Premis-premis ini dapat dihubungkan dalam bentuk *and*.

Aturan *IF-THEN* dapat terdiri atas beberapa kondisi dan akibat yang dapat dipecah menjadi ekspresi-ekspresi yang terdiri atas beberapa kondisi dan akibat menjadi bentuk *IF F₁ is A₁ and F₂ is A₂... THEN Z is K*. Sistem inferensi Fuzzy-Takegi-Sugeno dan Mamdani mengikuti alur proses berikut:

1. *Fuzzyfikasi masukan*. Pada tahap ini data masukan diterima dan sistem menentukan keanggotaannya.
2. *Menjalankan operator fuzzy*. Setelah data masukan mengalami masukan fuzzyfikasi,

fungsi keanggotaan untuk setiap anteseden sudah diketahui untuk suatu aturan lebih dari satu, maka operator *fuzzy* digunakan untuk menentukan fungsi keanggotaan hasil inferensi aturan tersebut.

3. *Proses implikasi*. Diperlukan nilai bobot dengan selang 0-1 yang selanjutnya menghasilkan gugus yang dinyatakan dengan fungsi keanggotaan. Masukan dari proses implikasi adalah nilai yang dihasilkan oleh anteseden dan keluarannya gugus *fuzzy*. Implikasi dijalankan untuk setiap aturan.
4. *Proses agregasi*. Agregasi adalah proses penggabungan keluaran untuk setiap aturan menjadi suatu nilai *fuzzy*. Masukan dari proses agregasi adalah keluaran dari proses implikasi untuk setiap aturan. Agregasi menghasilkan keluaran berupa gugus *fuzzy* tunggal untuk setiap variabel masukan.
5. *Defuzzyfikasi*. Masukan proses *defuzzyfikasi* adalah gugus *fuzzy* yang merupakan keluaran proses agregasi dan keluarannya berupa nilai tunggal (Takagi Sugeno) dan selang (Mamdani). Metode *defuzzyfikasi* yang digunakan adalah *weighted average* dan *centroid*.

Pengembangan Mesin Inferensi

Mekanisme inferensi adalah fasilitas untuk memanipulasi dan mengarahkan pengetahuan yang terdapat dalam basis pengetahuan sehingga diperoleh suatu kesimpulan. Strategi yang digunakan dalam mekanisme inferensi terdiri atas tiga macam, yakni strategi penalaran, strategi pengendalian,

dan strategi pelacakan. Metode inferensi yang digunakan *Fuzzy Inference System* (FIS) Mamdani dan Takagi-Sugeno untuk data masukan *fuzzy*.

Tahap Implementasi dan Pengujian

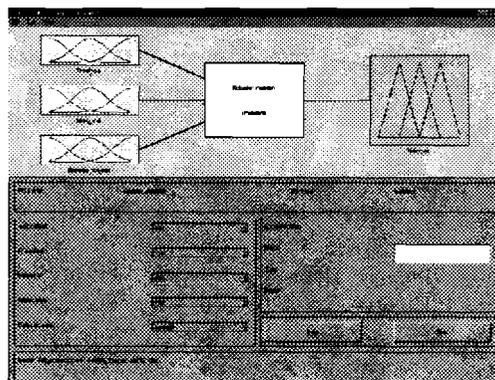
Sistem pakar penentuan mutu kayu bangunan dibuat dengan Matlab versi 5.3 menggunakan fasilitas *Fuzzy* yang tersedia. Tahap implementasi dilakukan dengan uji coba program kepada ahli atau pakar. Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap berbagai kriteria yang berkaitan dengan aplikasi seperti kelengkapan, ketepatan dan konsistensi pengetahuan, kemudahan mengakses, kemudahan melakukan komunikasi, struktur program, dan pemakaian memori.

HASIL DAN PEMBAHASAN

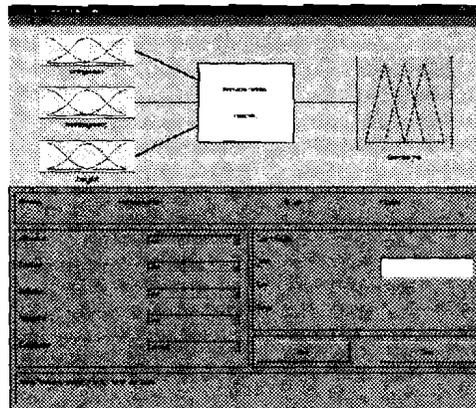
Rancangan Basis Pengetahuan Sistem Pakar Penentuan Mutu Kayu

Basis pengetahuan yang terdiri atas kaidah-kaidah dalam satu komponen faktor-faktor yang mempengaruhi mutu kayu bangunan disusun berdasarkan proses akuisisi pengetahuan yang telah dilakukan.

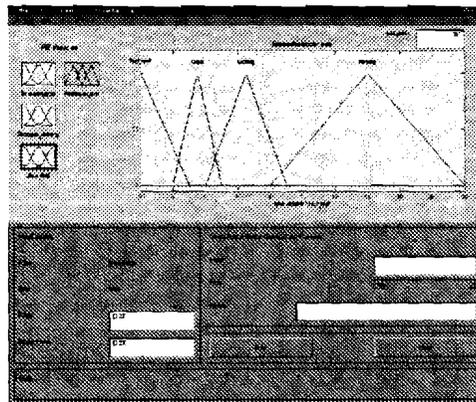
Faktor-faktor yang menjadi premis bagi kaidah-kaidah yang dibangun menggunakan pola hubungan *IF... AND... THEN* yang terdiri atas dua sistem inferensi yang saling berhubungan. Sistem inferensi untuk menghasilkan *output* berupa mutu kayu bangunan diperoleh dari *input* kekuatan dan keawetan kayu yang diperoleh dari inferensi sebelumnya.



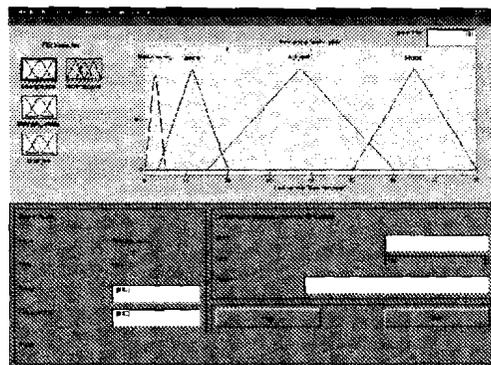
Gambar 5. Sistem inferensi *Fuzzy* penentuan kekuatan kayu.



Gambar 6. Sistem inferensi *Fuzzy* penentuan kekuatan kayu.



Gambar 7a. Umur pakai

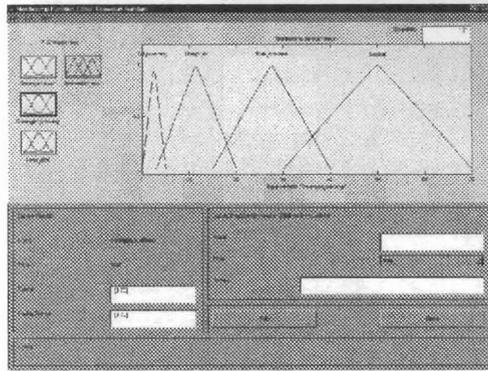


Gambar 7b. Serangan rayap

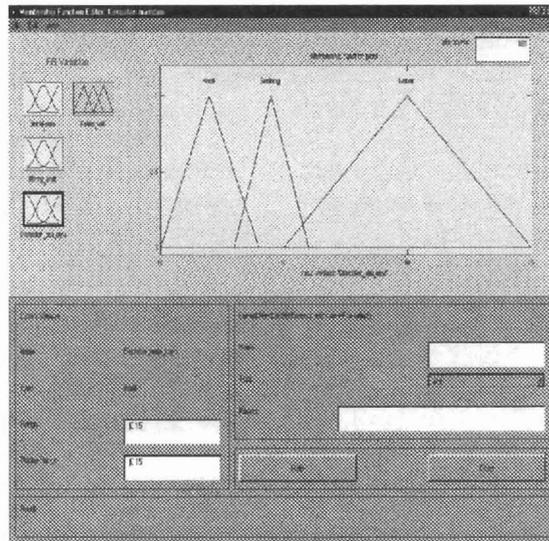
Sistem pakar yang dibuat berdasarkan masukan dari tiga masukan untuk masing-masing subsistem fungsi keanggotaan TPN (Gambar 7a,b,c,d,e,f).

Tiga masukan pada subsistem penentuan kekuatan membentuk 80 *rules*

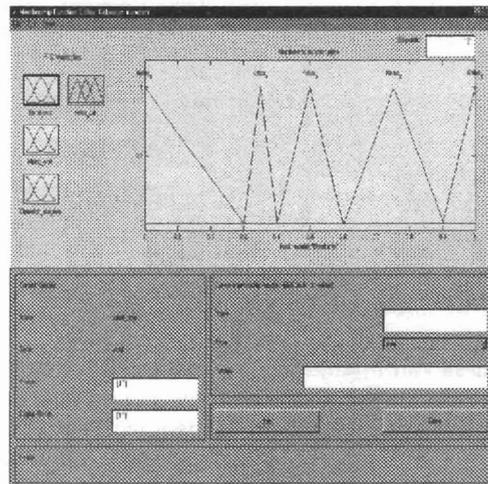
pembangkit untuk menghasilkan keluaran. Sedangkan tiga masukan pada subsistem penentuan keawetan kayu membentuk 10 *rules* pembangkit untuk menghasilkan keluaran.



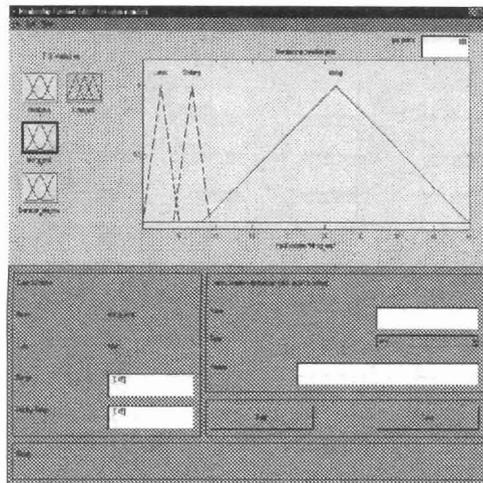
Gambar 7c. Serangan bubuk kayu dan kumbang



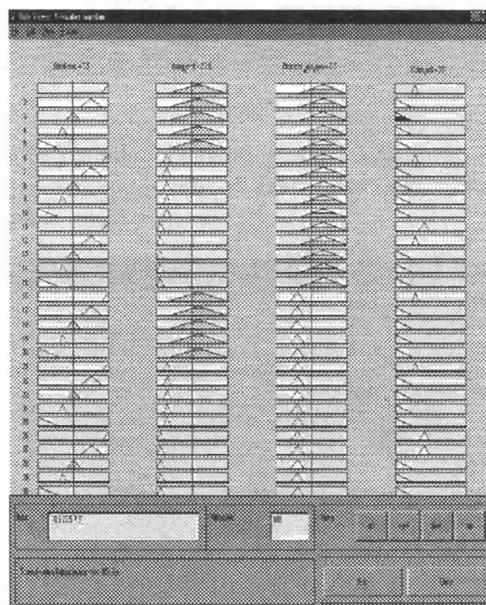
Gambar 7d. Diameter mata kayu



Gambar 7e. Berat jenis



Gambar 7f. Kemiringan serat



Gambar 8. *Output* dari berat jenis kelas 3, kemiringan serat *miring*, diameter mata kayu lebar maka kekuatan kayu kelas 5

Rancang Bangun *Input Output* Sistem

Rancang bangun *input* diperlukan untuk konsultasi dan penentuan penilaian terhadap kriteria-kriteria yang berpengaruh terhadap mutu kayu bangunan. Pengguna memasukkan penilaian *fuzzy* terhadap kriteria *input*.

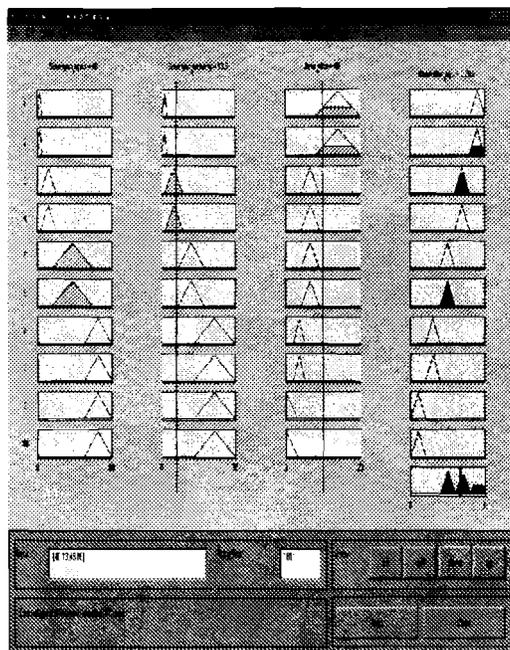
Rancangan *output* yang dikembangkan digunakan untuk memberikan kesimpulan akhir berupa penentuan mutu kayu bangunan.

Rancangan visual *output* untuk subsistem kekuatan dan keawetan kayu bangunan disajikan pada gambar berikut.

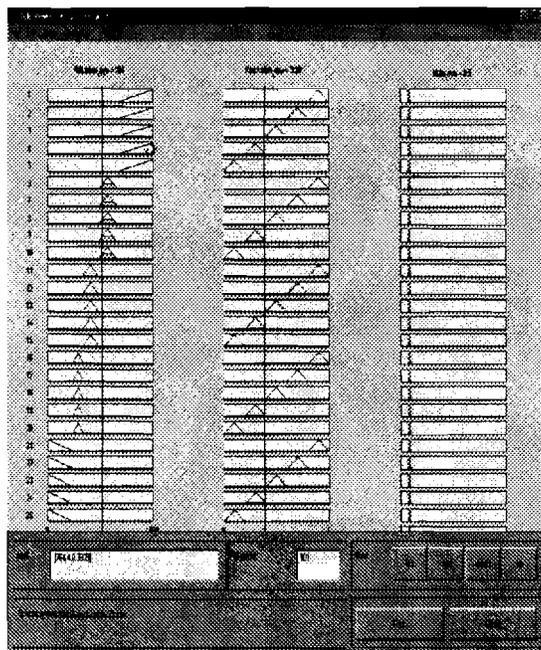
Struktur basis pengetahuan untuk Gambar 8, disusun dalam sistem inferensi *fuzzy* mempunyai pola:

IF berat jenis *is* KELAS 3 *AND* kemiringan serat *is* MIRING *and* diameter mata kayu LEBAR *THEN* kekuatan kayu *is* KELAS 5. Rekomendasi akhir yang dihasilkan untuk kondisi tersebut dengan kondisi sesuai keadaan pada gambar di atas maka kekuatan kayunya adalah kelas kuat 5.

Sedangkan *output* dari pengolahan faktor penentu keawetan kayu dapat dilihat pada Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. *Output* dari serangan rayap *agak cepat*, serangan kumbang *hampir tidak*, umur pakai *panjang*, maka keawetan kayu kelas awet 2.



Gambar 10. *Output* dari faktor kekuatan kelas 2 dan keawetan kelas 4, maka mutu kayu kelas 3.

Struktur basis pengetahuan untuk gambar di atas yang disusun dalam sistem inferensi *fuzzy* mempunyai pola: *IF* serangan rayap *is* AGAK CEPAT *AND* serangan kumbang dan bubuk kayu *is* HAMPIR TIDAK *AND* umur pakai PANJANG *THEN* keawetan kayu *is* KELAS AWET 2.

Sebagai inferensi kedua adalah menentukan mutu kayu dari kekuatan dan keawetan kayu yang telah ditentukan. *Output* dari mutu kayu dapat dilihat pada Gambar 10. *IF* kekuatan kayu *is* KELAS 2 *AND* keawetan kayu *is* KELAS 4 *THEN* Mutu kayu *is* KELAS MUTU 3.

Verifikasi Sistem

Sistem pakar penentuan mutu kayu bangunan ini dievaluasi sampai dengan tahap verifikasi dengan menerapkan dua strategi, yaitu pemeriksaan kebenaran sistem keseluruhan dengan pendekatan semantik deklaratif dan pemeriksaan program per unit.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan akuisisi pengetahuan dari para pakar dan literatur maka disimpulkan bahwa:

1. Rekomendasi untuk menentukan mutu kayu bangunan ditentukan oleh beberapa masukan yaitu umur pakai kayu, serangan rayap, serangan bubuk kayu dan kumbang, diameter kayu, berat jenis, dan kemiringan serat.
2. Rekomendasi yang dihasilkan berupa pemberian metode yang murah dan cepat kepada masyarakat untuk menentukan mutu kayu bangunan.

Saran

Masih diperlukan akuisisi pengetahuan yang lebih lengkap dan mendalam untuk menyempurnakan sistem pakar yang dirancang ini sehingga dapat juga digunakan untuk mendesain sistem penentuan mutu kayu bangunan. Selain itu, sistem pakar ini dapat dijadikan acuan pembandingan untuk perancangan sistem pakar penentuan mutu kayu secara umum.

Sistem pakar yang dirancang ini masih perlu ditambahkan dengan mekanisme pembelajaran *neuro-fuzzy* seperti ANFIS (*Adaptive Neural Fuzzy Inference System*) agar proses penarikan kesimpulan menjadi lebih fleksibel dan konsisten.

DAFTAR PUSTAKA

- Badiru, A. B. dan G. E. Whitehouse. 1989. *Computer Tools. Model and Techniques for Project Management*. Blue Ridge Summit, PA.
- Buchanan, B.G. dan E.H. Shortliffe. 1984. *Ruled-Based Expert System: The MYCIN Experiment of The Stanford Heuristic Programming Project*. Addison Wesley Publishing Co.
- Harmon, P dan D. King. 1985. *Expert System: Artificial Intelligence in Business*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Hart, A. 1986. *Knowledge Acquisition for Expert System*. McGraw-Hill Book Co. New York.
- Haygreen, J.G. & Jim L. Bowyer. 1987. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. (Terjemahan).
- Liebowitz, J. 1988. *An Introduction to Expert System*. Mitchell Publishing. Inc. California.
- Lyons, P.J. 1994. *Applying Expert System, Teknologi to Business*. Woodsworth Publ. Co. Blemont. California.
- Mandang, Y. I. dan I. K. N. Pandit. 1997. *Pedoman Identifikasi Jenis kayu di Lapangan*. Yayasan Prosea Bogor. Bogor.