

INTEGRASI PENGETAHUAN TRADISIONAL DENGAN PENGETAHUAN ILMIAH UNTUK PENGELOLAAN HUTAN LESTARI

HERRY PURNOMO¹⁾

ABSTRACT

Scientific knowledge faces a limitation to describe the complexity of forest ecosystem and its involved local communities. Integrating traditional and scientific knowledge is necessary to deal with this complexity. A knowledge-based system with fuzzy logic may become an alternative to complete scientific knowledge by integrating it with traditional knowledge. The paper describes how the integration can be made.

PENDAHULUAN

Bruntland's Commission mendefinisikan pembangunan yang lestari sebagai *a process in which the exploitation of resources, the direction of investments, the orientation of technological development and the institutional changes are all in harmony and enhance both current and future potential to meet human needs and aspirations (WCED, 1987 in Haeruman 1995)*. Oleh karenanya pembangunan yang lestari harus berdasarkan pendekatan interdisiplin. Untuk menggambarkan penilaian interdisiplin, sebuah kerangka dasar yang mencakup disiplin ekologi, ekonomi dan ilmu-ilmu sosial sebagaimana diusulkan oleh Becker (1997) adalah seperti tampak pada Gambar 1.

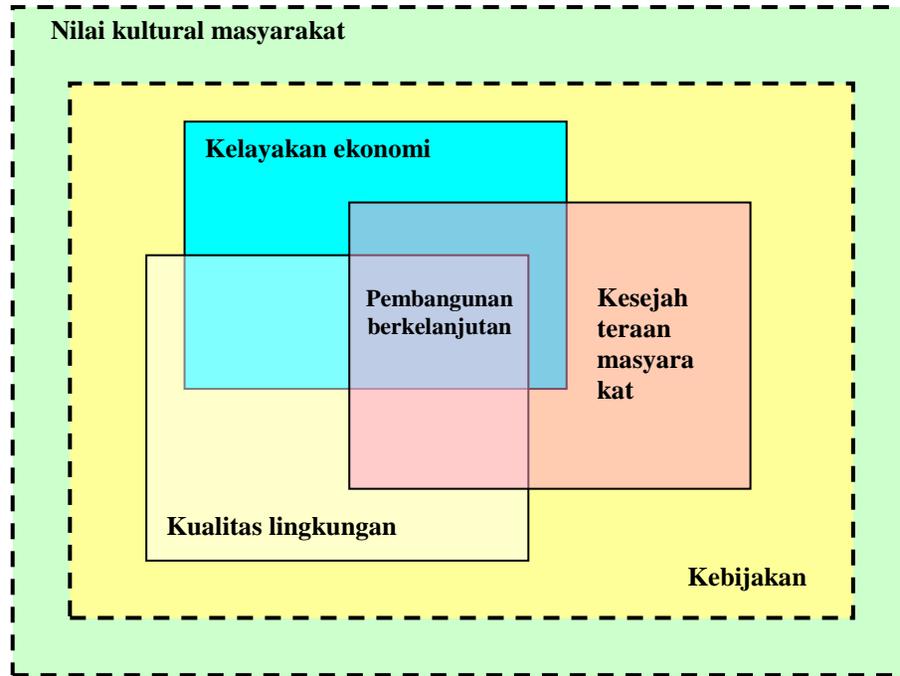
Kerangka dasar tersebut menunjukkan bahwa penilaian pembangunan yang lestari diletakkan pada sistem nilai etis dan kultural masyarakat. Hal ini mengandung arti bahwa setiap pembahasan tentang pembangunan yang lestari di Indonesia haruslah merujuk pada sistem nilai Indonesia. Dari irisan Gambar 1. dapat dilihat bahwa pembangunan akan lestari jika secara ekonomis layak, ramah lingkungan, berkeadilan sosial, secara kultural tepat dan berbasis pendekatan yang holistik.

Vavey (1993) mengatakan bahwa saat ini para akademisi dan ilmuwan telah "menemukan" bahwa pengetahuan dimana masyarakat indigenus (*indigenous people*) menempati dan mengelola bumi, ekosistem, hidupan liar, perikanan dan hutan dan sistem kehidupan lainnya sangat akurat.

Masyarakat lokal yang mempunyai banyak pengalaman dalam mengurus hutan dapat bertindak sebagai pakar-pakar lokal dalam konteks penilaian kelestarian hutan. Strukturisasi dan integrasi antara dua jenis pengetahuan sangatlah menantang, karena

¹⁾ Staf Pengajar pada Laboratorium Biometrika Hutan, Jurusan Manajemen Hutan

metodologi pembentukan pengetahuan tersebut berbeda. Perbedaan tersebut disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1. Kerangka konseptual penilaian kelestarian (dimodifikasi dari Becker, 1997)

Tabel 1. Perbedaan antara Pengetahuan Ilmiah dan Tradisional (*indigenous knowledge*)

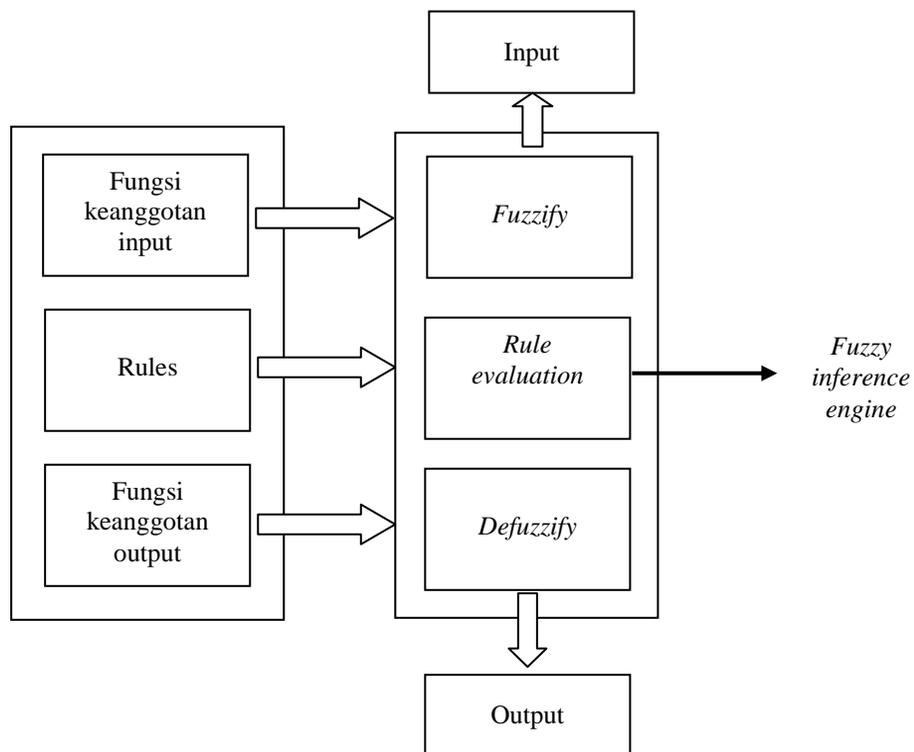
Karakteristik	Pengetahuan ilmiah	Pengetahuan tradisional
Skala	universal	lokal
Supernatural	tidak ada	ada
Penyebaran	formal	informal
Kepemimpinan	profesional	pemimpin informal
Metodologi	hipotesis dan eksperimen	pengalaman
Gaya hidup original	dunia barat	dunia timur
Visi terhadap sumberdaya alam	eksploitasi sumberdaya alam	harmoni dengan alam

Sintesis dua macam pengetahuan tersebut harus dilakukan secara hati-hati. Salah satu pendekatan yang biasa dipakai (*rule of thumb*) adalah penggunaan pengetahuan ilmiah untuk ide-ide atau konsep-konsep universal dan penggunaan pengetahuan

tradisional untuk implementasi lokal. Sebagaimana telah dinyatakan sebelumnya, hutan adalah sistem yang kompleks dan adaptif, yang sehingga tidak mungkin menjelaskan seluruh gejala didalamnya hanya berlandaskan pengetahuan ilmiah. Pengetahuan tradisional adalah prasyarat kondisi (*necessary condition*) untuk memahami hutan secara lebih baik.

Sebuah *Knowledge Based System* (KBS) atau Sistem Berbasis Pengetahuan tentang kriteria dan indikator hutan lestari dapat dipakai untuk integrasi kedua tipe pengetahuan tersebut. Kriteria dan Indikator (selanjutnya disebut K&I) telah umum disepakati sebagai alat untuk formulasi konsep pengelolaan hutan lestari. Jika ini diterima maka persoalannya adalah bagaimana kita mengintegrasikan K&I yang berbasis pengetahuan ilmiah dan berbasis pengetahuan tradisional.

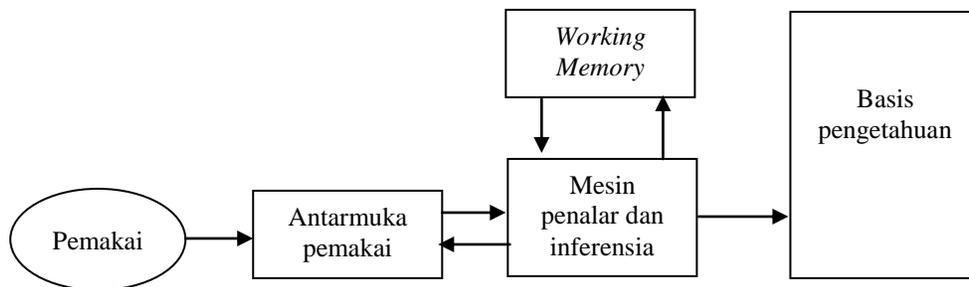
Panigrahi (1998) menekankan penggunaan logika fuzzy dalam KBS biologi dan pertanian karena kekurangan pengetahuan kuantitatif dalam banyak hal. Model logika ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Model logika fuzzy (Panigrahi 1998)

KERANGKA PENDEKATAN

Sistem berbasis pengetahuan adalah kombinasi antara sebuah basis pengetahuan dan sebuah mesin penalar dan inferensia. Sistem berbasis pengetahuan adalah berdomain spesifik, yang berarti bahwa ia dikembangkan untuk sebuah pengetahuan tertentu saja. Pengetahuan harus dinyatakan secara jelas agar mesin inferensia dapat menalar pengetahuan tersebut secara benar, adapun arsitektur sistem berbasis pengetahuan adalah sebagaimana disajikan pada Gambar 3.

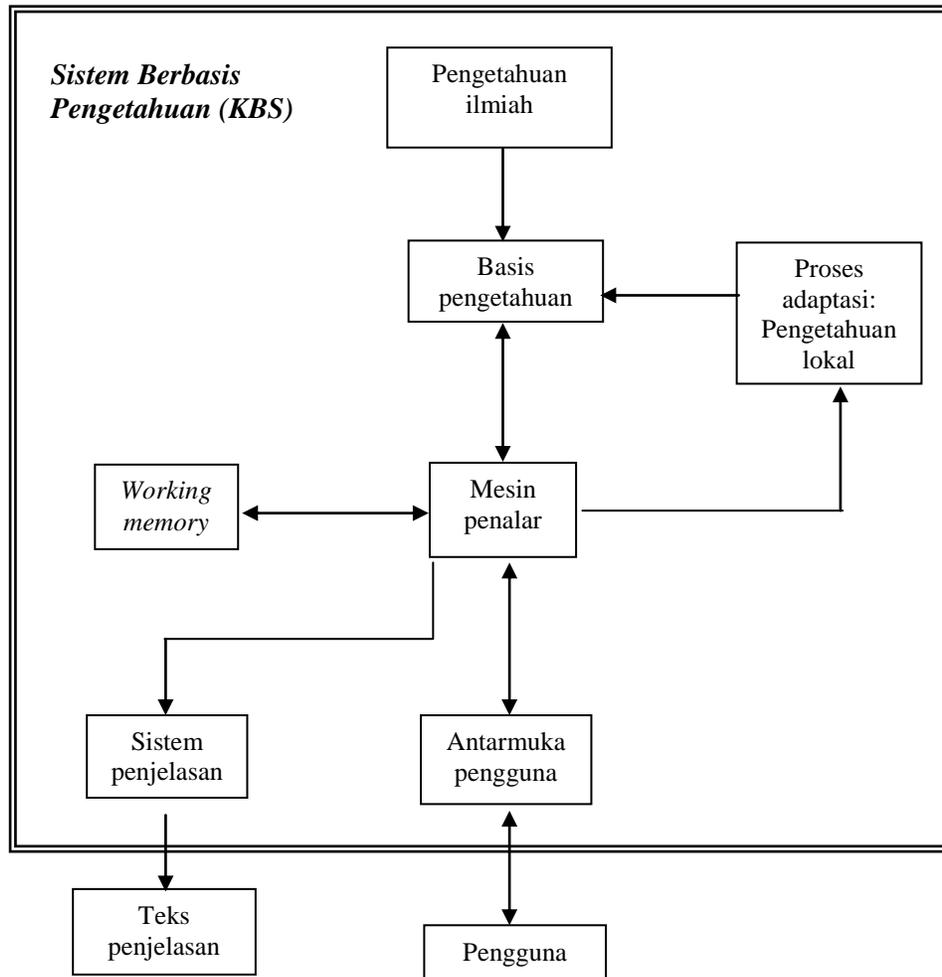


Gambar 3. Arsitektur sebuah sistem berbasis pengetahuan

Schmoltdt (1998) menyarankan agar sebuah *linguistic-based knowledge analysis* dipakai untuk merumuskan basis pengetahuan. Analisis ini mendekati *knowledge acquisition* yaitu sebuah proses yang mengusahakan stakeholder yang terpilih diminta untuk mengartikulasikan pengetahuannya, dengan cara mengelompokkan pengetahuannya menjadi tiga macam, yaitu *lexical knowledge*, *syntactic knowledge* and *semantic knowledge*. Analisis *lexical knowledge* pada dasarnya merupakan proses menciptakan *lexicons* sebagai domain bahasa, yang selanjutnya dirubah menjadi pengetahuan sintaks dan semantik. Analisis *syntactic knowledge* mengidentifikasi label dan hubungan antar faktor yang teridentifikasi pada *lexical analysis*. Sedangkan *semantic knowledge analysis* merupakan proses kombinasi spesifik faktor-faktor (*lexicons*) dan hubungan (*syntax*) untuk mencari jalan-jalan pemecahan masalah yang mungkin.

PENGEMBANGAN SISTEM BERBASIS PENGETAHUAN (KBS)

KBS yang dikembangkan memiliki dua kemampuan utama, yaitu melakukan adaptasi terhadap pengetahuan lokal dan melakukan penilaian terhadap kelestarian berdasarkan kombinasi antara pengetahuan ilmiah dan pengetahuan lokal. Disain aplikasi KBS disajikan pada Gambar 4.



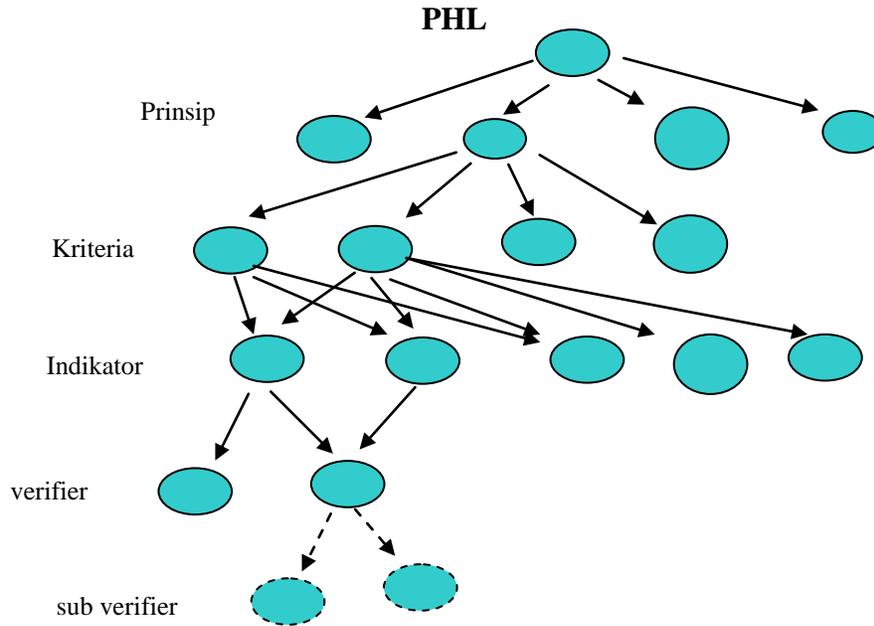
Gambar 4. Disain aplikasi KBS

Perolehan Pengetahuan (*Knowledge Elicitation*)

Pengetahuan tentang K&I dikelompokkan menjadi pengetahuan ilmiah dan pengetahuan lokal. Kelompok pertama diturunkan dari pengetahuan ilmiah generik sedang kelompok kedua adalah pengetahuan masyarakat lokal yang diperoleh dari studi lapang dan literatur.

Representasi Pengetahuan (*Knowledge Representation*)

Pengetahuan tentang pengelolaan hutan lestari direpresentasikan dalam bentuk jaringan K&I seperti disajikan pada Gambar 5.



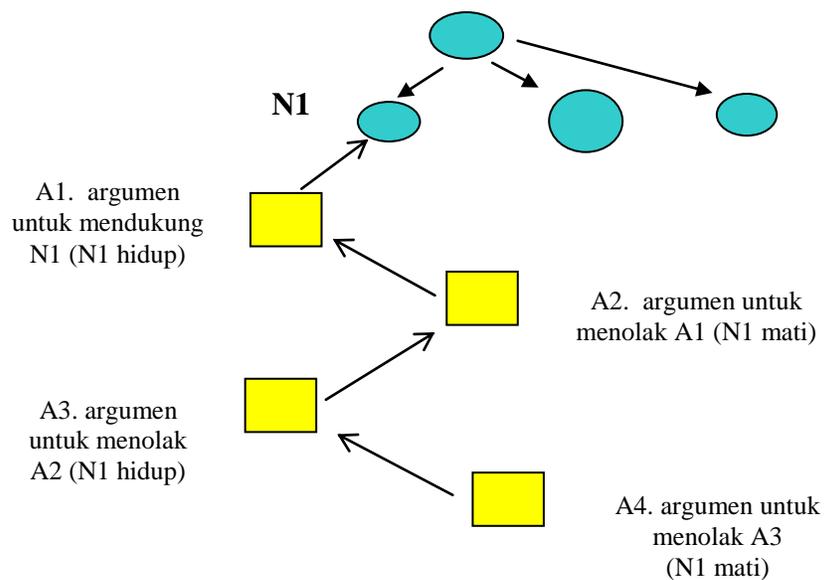
Gambar 5. Jaringan komponen yang merepresentasikan kriteria dan indikator

Pengetahuan dibagi menjadi beberapa komponen. Setiap komponen merepresentasikan sebuah konsep tentang kelestarian diberbagai tingkatan. Sebagai contoh, lihat Tabel 2, Prinsip pertama dari pengetahuan generik adalah **Integritas ekosistem terpelihara** mempunyai beberapa kriteria, yang diikuti beberapa indikator. Verifier dan sub verifier dibutuhkan ketika indikatornya tidak dapat merepresentasikan pengukuran atau penilaian tunggal.

Tabel 2. Contoh Hirarki dari Komponen dalam Pengelolaan Hutan Lestari

Prinsip 1	Integritas ekosistem terpelihara
Kriteria 1.1	Keragaman hayati terpelihara Pola bentang alam terpelihara
Indikator	Keragaman spesies dari kelompok terpilih terpelihara Ukuran populasi kelompok terpilih tidak menunjukkan perubahan yang signifikan Spesies yang mau punah dilindungi
Verifier dan Sub verifier

Setiap komponen memiliki beberapa atribut seperti keterangan detail, siapa yang membuat, kapan dibuat dan sebagainya. Setiap komponen juga mempunyai seri dari proses argumentasi apakah komponen tertentu didukung atau dilawan (ditolak) keberadaanya dalam jaringan. Proses argumentasi sebuah komponen disajikan pada Gambar 6.

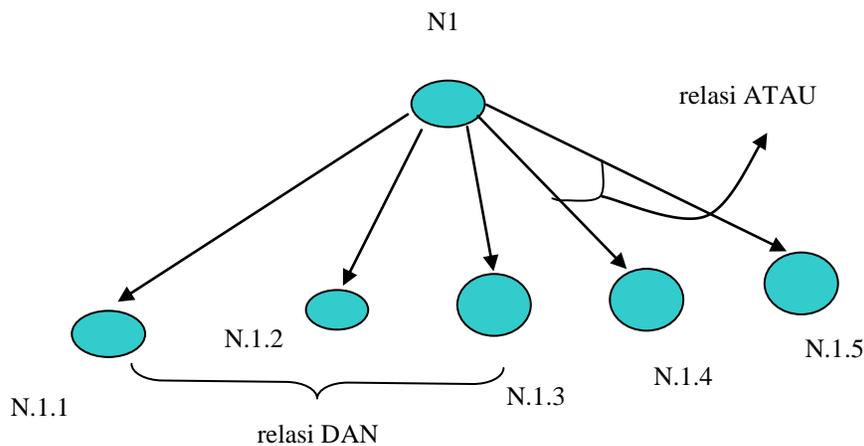


Keterangan: N_i = komponen i ; A_i = argumen i .

Gambar 6. Contoh Proses Argumentasi Sebuah Komponen

Proses argumentasi sebuah komponen disimpan dalam sejarah komponen yang dapat dilihat oleh pengguna KBS. Penting untuk mengetahui sejarah komponen yang membuat pengguna belajar bagaimana pengetahuan yang ada dalam jaringan dibentuk. Dengan kata lain jaringan komponen adalah merupakan sebuah jaringan pengetahuan.

Relasi antarkomponen yang mempunyai superordinat yang sama tidak harus berbentuk DAN. Relasi dapat berbentuk DAN atau OR seperti diperlihatkan pada Gambar 7.

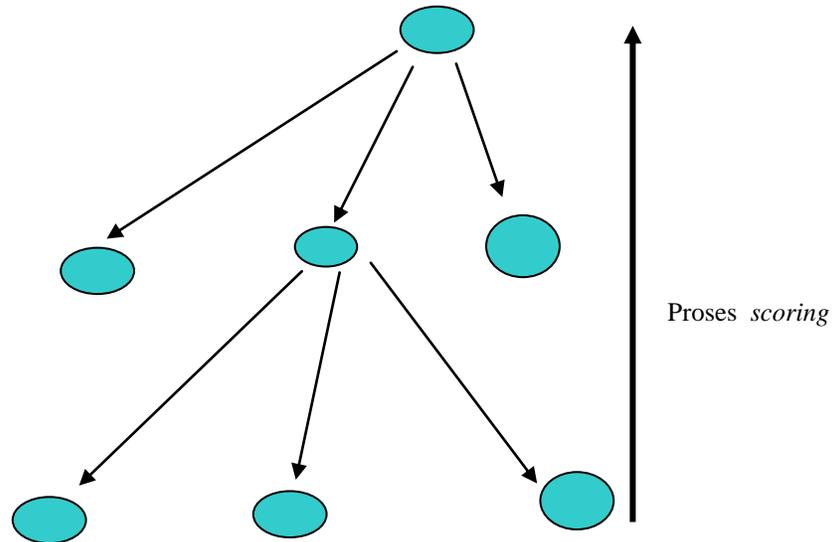


Gambar 7. Contoh Relasi Antar Komponen

N1 mempunyai lima subordinat. Tiga komponen yang pertama berelasi satu sama lain dengan relasi DAN, tetapi komponen keempat dan kelima berhubungan satu sama lain dengan relasi or. Relasi or berarti N1 sesungguhnya memiliki empat komponen meliputi tiga definitif komponen (N.1.1, N.1.2 dan N.1.3) dan satu komponen apakah N.1.4 atau N.1.5.

Mesin Penalar dan Inferensia

Mesin penalar dan inferensia dari jaringan yang berbentuk hirarki dimulai dari daun ke akar seperti disajikan pada Gambar 8. Skor (nilai) untuk komponen tertentu ditentukan oleh oleh subordinatnya. Skor sebuah komponen ditentukan dengan pengalian skor semua komponen subordinatnya dengan kepentingan relatif komponen-komponen tersebut. Sebagai contoh, sebuah komponen N1 memiliki tiga subordinat dengan skor 5, 6 dan 8, dan kepentingan relatif 0.4, 0.4 dan 0.2 secara berturutan, maka skor untuk komponen N1 adalah $(5 \times 0.4) + (6 \times 0.4) + (8 \times 0.2) = 2 + 2.4 + 1.6 = 6$.



Gambar 8. Proses penilaian

Skor mungkin merepresentasikan dugaan seseorang yang mengandung kata-kata seperti yakin, sangat yakin, hampir yakin, mungkin, tidak mungkin dan lain-lain. Derajat keyakinan tersebut dapat diekspresikan dengan sebuah interval bilangan rasional seperti antara 0 dan 1. Bilangan ini dikenal sebagai faktor kepercayaan (*certainty factor*)

Pada setiap representasi dengan ketidakpastian (*uncertainty*), dibutuhkan suatu cara untuk mengkombinasikan ketidakpastian tersebut dengan aturan-aturan (*rules*). Jika $c(N1)$ dan $c(N2)$ sebagai ukuran tingkat kepercayaan (peluang untuk muncul atau terjadi) untuk $N1$ dan $N2$, maka kombinasi $N1$ dan $N2$ mengikuti aturan sebagai berikut::

$$c(N1 \text{ DAN } N2) = \min(c(N1), c(N2))$$

$$c(N1 \text{ ATAU } N2) = \max(c(N1), c(N2))$$

Representasi Formal

Representasi formal dari KBS adalah sebagai berikut:

```

top_goal("PHL")
is_node("PHL")
includes("PHL",Node1)
includes(Node1,Node2)
includes(Node2,Node3)
includes(Noden-1,Noden)
attributes(Node,Text_explanation,[Arguments],[Creators],[Context],Remarks)
ORitems(Node,[Nodes])
identical_items(Node,[Nodes])
user(Creator_code,[Creator_attributes],[Date],[Time])
context(Context_code,[Context_attributes])
basket(Node_type,Node)
Node_type → Goal|Criterion|Verifier|Sub_verifier|...
assess(Node,Score,Certainty_factor,Relative_importance,Remarks)

```

Simbol-simbol dalam kurung, sebagai contoh [Arguments] menyatakan sebuah struktur data *list*. Sehingga [Arguments] adalah sebuah *list* dari argument yang secara teoritis tidak mempunyai panjang yang tak terbatas.

Tujuan akhir dari proses penilaian ini adalah mengetahui tingkat kelestarian hutan. Itu menjadi akar dari hirarki pengetahuan¹, seperti ditunjukkan pada pernyataan berikut

```
top_goal("PHL")
```

Hirarki berikutnya adalah kriteria PHL, atau dengan kata lain apa yang termasuk dalam pernyataan PHL. Berikut ini adalah contohnya

```

includes("PHL","Kenormalan produk kayu ")
includes("PHL","Kenormalan produk bukan kayu dan jasa")
includes("PHL","Keragaman hayati ")
includes("PHL","Wilayah lindung")
includes("PHL","Hak-hak stakeholder ")
includes("PHL","Kemampuan belajar stakeholder ")

```

Keragaman hayati (pernyataan ketiga) mempunyai beberapa indikator. Indikator-indikator ini menerangkan bagaimana mengukur keragaman hayati, dan mereka direpresentasikan sebagai berikut:

```

includes("Keragaman hayati","Pola bentang alam")
includes("Keragaman hayati","Indeks kelimpahan")
includes("Keragaman hayati","Keragaman genetik")

```

Proses hirarki dapat diteruskan sampai tingkatan verifier or sub verifier bilamana mungkin.

¹ Meskipun representasi pengetahuan membentuk jaringan, terminologi hirarki masih dipakai untuk menggambarkan tingkatan pengetahuan.

Proses Adaptasi

Proses adaptasi adalah sederhana, yaitu apakah pengetahuan ilmiah bertemu dengan kebutuhan lokal yang meliputi biofisik dan sosial ekonomi. Jika pengetahuan ilmiah tak dapat mencapainya maka proses adaptasi harus dilaksanakan. Sehingga sangat tergantung keinginan pemakai. Pemakai dapat menggunakan pengetahuan lokal untuk memodifikasi pengetahuan ilmiah sehingga dapat dinamakan adaptasi pengetahuan ilmiah.

Proses adaptasi dapat dilakukan dengan cara berikut ini

- Menambah komponen baru
- Menghapus komponen yang sudah ada
- Mengedit komponen yang ada
- Memindahkan komponen

Dalam proses adaptasi pemakai diminta untuk memberikan sebuah argument supaya pemakai lainnya dapat mengetahui apa latar belakang proses adaptasi tersebut.

Implementasi Perangkat Lunak

KBS diimplementasikan dengan memakai bahasa PROLOG (Programming in Logic). PROLOG adalah bahasa yang sangat dikenal dalam bidang kecerdasan buatan disamping LISP (List Processing). Lingkungan yang dipakai adalah VISUAL PROLOG yang diciptakan oleh Prolog Development Center (PDC) Denmark.

KESIMPULAN

K&I pengelolaan hutan lestari yang diciptakan berdasarkan pengetahuan ilmiah harus disesuaikan dengan keadaan lokal, mencakup keadaan biofisik hutan, ekonomi serta keadaan sosial-budaya masyarakat. Penyesuaian ini dinamakan proses adaptasi dari pengetahuan ilmiah yang lebih bersifat generik ke pengetahuan lokal yang lebih bersifat khusus. Meskipun kedua jenis pengetahuan ini berbeda cara mendapatkannya namun bukan berarti yang satu selalu lebih baik dari yang lain. Ini terjadi karena ekosistem hutan sangat kompleks, sehingga pengetahuan akan dinamika ekosistem tersebut tidak pernah lengkap. Pengetahuan lokal yang telah berakar di masyarakat dan diperoleh berdasarkan pengalaman hidup yang sangat lama bisa menjadi pendukung pengetahuan ilmiah yang diperoleh dengan metode yang telah ditentukan.

Perangkat lunak KBS yang dikembangkan dengan menggunakan logika fuzzy dapat dijadikan alat untuk penyesuaian kedua jenis pengetahuan tersebut dan untuk penarikan kesimpulan kelestarian hutan dalam suatu kesatuan bentang alam tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Becker, B., 1997. Sustainability Assessment: A Review of Values, Concepts, and Methodological Approaches. *Issue in Agriculture 10*. Consultative Group on International Agricultural Research. Washington, D.C.
- Bueren van, E.M. L. and E. M. Blom, 1997. Hierarchical Framework for the Formulation of Sustainable Forest Management Standards: Principle, Criteria and Indicators. The Tropenbos Foundation. The Netherlands.
- Berkes, F., 1993. Traditional Ecological Knowledge in Perspective *In Traditional Ecological Knowledge (Inglis, J. T. eds.): Concepts and Cases*. International Program on Traditional Ecological Knowledge and International Development Research Centre. Canada.
- Clayton, M. H and N. J. Radcliffe, 1996. Sustainability: A Systems Approach. Eartscan Publication Ltd. London.
- Fagin, R., J. Y. Halpern, Y. Moses and M. Y. Vardi, 1995. Reasoning About Knowledge. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts.
- Grant, J. W., E. K. Pedersen and S. L. Marin, 1997. Ecology and Natural Resource Management: System Analysis and Simulation. Addison-Wesley Publishing Company. Reading, Massachusetts.
- Guerrin, F., 1991. Qualitative Reasoning about an Ecological Process: Interpretation in Hydroecology. *Ecological Model*. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam. pp. 165-201.
- Haeruman. H., 1995. Strategy for sustainable forestry management. *In (Suhendang, H. Haeruman and I. Soerianegara eds). Pengelolaan Hutan Produksi Lestari di Indonesia: Konsep, Permasalahan dan Strategi Menuju Era Ekolabel*. Fakultas Kehutanan IPB, Yayasan Gunung Menghijau dan Yayasan Ambarwati. Jakarta. pp. 100-126.
- Helms J. A. (ed) 1998. The Dictionary of Forestry. The Society of American Foresters and CAB Publishing. Bethesda, MD. USA.
- ITTO, 1992. Criteria for the Measurement of Sustainable Tropical Forest Management. *ITTO-Policy Development Series No. 3*. Yokohama. Japan.
- ITTO, 1998. Criteria and Indicators for Sustainable Management of Natural Tropical Forests. *ITTO-Policy Development Series No. 7*. Yokohama. Japan.
- Johannes, F., 1993. Integrating Traditional Ecological Knowledge and Management with Environmental Impact Assessment *In Traditional Ecological Knowledge: Concepts and Cases*. International Program on Traditional Ecological Knowledge and International Development Research (Inglis, J. T. eds) Centre. Canada.

- Kerney R.A., G. Bradley, R. Kaplan and S. Kaplan, 1999. Stakeholder Perspectives on Appropriate Forest management in the Pacific Northwest. *Forest Science*. Vol. 45 No. 1. February. Society of American Foresters. pp. 62 – 73.
- Madrah, Dalmasius dan Karaakng. 1997. Tempuutn: Mitos Dayak Benuaq & Tunjung. Puspa Swara. Jakarta.
- Neufeldt, V. and D. B. Guralnik (ed). 1988. Webster's New World Dictionary of American English . Third College Edition. Webster's New World. New York.
- Osmaton, F.C., 1968. The Management of Forests. George Allen and Unwin LTD. London.
- Pandey, D. N., 1998. Ethnoforestry: Local Knowledge for Sustainable Forestry and Livelihood Security. Asia Forest Network & Forestry Development Project, Rajasthan. Himanshu Publications. Udaipur.
- Pellow, D. N.,1999. Negotiation and Confrontation: Environmental Policy Making Through Consensus. *Society and Natural Resources: An International Journal*. Vol. 12 No. 3. April -May.
- Saaty, T. L. 1996. Multicriteria Decision Making - The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. RWS Publications. Pittsburgh.
- Scapple, 1998. Is Consensus Necessary for Effective Environmental Treaties. *The Journal of Environment and Development: A review of International Policy*. 1(4): 364 – 386.
- Schmoltd. D. L., 1998. Knowledge Acquisition Using Linguistic-Based Knowledge Analysis. *A I Applications: Natural Resources, Agriculture and Environmental Science*. 12(1-3): 1 - 20.
- Schtivelman, J and H. C. Russel, 1989. Sustainable Development, Human Resources and Technology *In Ethics and Technology: Ethical Choices in the Age of Pervasive Technology* (J. Nef, J. Vanderkop and H. Wisema eds). Wall & Thomson. Toronto. pp. 24.
- Suhendang. E., 1999. Pembentukan Hutan Normal Tidak Seumur Sebagai Strategi Pembenahan Hutan Alam Produksi Menuju Pengelolaan Hutan Lestari di Indonesia: Sebuah Analisis Konsepsional dalam Ilmu Manajemen Hutan. Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap dalam Ilmu Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Walker, D.H., 1994. A Knowledge-Based Systems Approach to Agroforestry Research and Extension. Dissertation. School of Agricultural and Forest Sciences, University of Wales. Bangor.

- Wavey, R., 1993. International Workshop on Indigenous Knowledge and Community-based Resource Management *In* Traditional Ecological Knowledge (Inglis, J. T. *eds*) : Concepts and Cases. International Program on Traditional Ecological Knowledge and International Development Research Centre. Canada.