

SISTEM PENILAIAN RESIKO TINGKAT BAHAYA KEBAKARAN HUTAN BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN

Addy Suyatno

Jurusan Ilmu Komputer - Fakultas MIPA Universitas Mulawarman
Jalan Barong Tongkok No. 4 Kampus Gunung Kelua, Samarinda
e-mail : addysuyatno@fmipa.unmul.ac.id

Abstrak

Canadian International Development Association (CIDA) tahun 1995 menunjuk Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre untuk melaksanakan proyek pengukuran Tingkat Bahaya Kebakaran Hutan (Fire Danger Rating/FDR) di kawasan Asia Tenggara. Tujuan proyek FDR ini adalah meningkatkan kemampuan organisasi pengelolaan sumberdaya di Asia Tenggara dalam mengelola kebakaran hutan, lahan dan asapnya. Gangguan kebakaran hutan yang cukup menonjol di Indonesia terjadi di Kalimantan Timur pada lahan dalam frekuensi sering, terutama pada musim kemarau dengan luasan kawasan dan kerugian yang di timbulkan cukup besar, baik ditinjau dari segi ekonomis, maupun ekologi. Kebakaran hutan dan lahan merupakan musibah yang sebenarnya dapat ditanggulangi jika masyarakat paham dan sadar tentang dampak yang ditimbulkan. Oleh sebab itu, perlu adanya suatu penyebaran informasi yang mudah dan cepat kepada masyarakat tentang resiko kebakaran hutan berdasarkan jaringan syaraf tiruan untuk dapat digunakan oleh institusi pengambil kebijakan. Sistem ini akan menggunakan gejala-gejala awal yang tampak baik secara alami (bersumber dari alam) Pengguna akan disajikan dengan tampilan informasi yang mudah dipahami untuk mengetahui hasil penilaian dari resiko tingkat kebakaran hutan yang akan terjadi, disertai dengan langkah-langkah antisipatif dan panduan singkat tindakan mitigasi bencana kebakaran hutan dan lahan.

Kata kunci: kebakaran, hutan, jaringan syaraf tiruan.

1. PENDAHULUAN

Kebakaran hutan sudah menjadi salah satu ancaman berbahaya bagi masyarakat luas. Bencana alam sejenis ini relatif terprediksi karena hanya terjadi pada saat musim kemarau, namun tidak diketahui secara pasti kapan akan terjadi. Secara umum kebakaran hutan disebabkan oleh 2 penyebab, yaitu karena faktor alam dan faktor manusia. Penyebab kebakaran yang terjadi karena faktor alam, terjadi karena musim kemarau yang sangat panas sehingga membuat hutan menjadi kering dan mudah terbakar karena gesekan kayu secara alamiah walaupun secara umum jarang terjadi. Hampir mayoritas kasus kebakaran hutan yang disebabkan oleh faktor manusia, baik karena disengaja maupun tidak sengaja.

Kebakaran hutan yang disengaja biasanya dilakukan untuk membuka lahan pertanian yang biasanya terjadi dalam kawasan yang luas dan cenderung sulit dikendalikan. Secara ekonomi bagi pelaku, pembukaan lahan dengan cara membakar hutan adalah cara yang hemat karena membutuhkan biaya dan tenaga yang sedikit. Namun ditinjau dari sisi lainnya, sangat merugikan bagi masyarakat luas baik dari sisi ekonomi, penerbangan terganggu, merugikan kesehatan, dan sangat merugikan dibidang ekologi.

Pengendalian kebakaran hutan bukan hanya tanggung jawab pemerintah, namun juga membutuhkan peran serta aktif seluruh masyarakat. Kalimantan Timur sebagai daerah yang memiliki kawasan hutan sangat luas dan berpotensi terjadi kebakaran hutan membentuk Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan untuk menjaga agar kebakaran hutan dapat dicegah sejak dini. Unit ini memiliki tugas untuk mendeteksi, mengantisipasi dan meminimalisasi kemungkinan terjadinya kebakaran hutan dari berbagai sudut pandang, baik secara teknis, psikologi masyarakat maupun secara kebijakan.

Sebagai unit pelaksana teknis yang harus menjaga kemungkinan terjadinya kebakaran hutan, UPTD Pengendalian Bahaya Kebakaran Hutan membutuhkan sebuah sistem yang dapat mengukur tingkat bahaya kebakaran berbasis teknologi informasi. Sumber-sumber informasi dimasukkan ke dalam sebuah sistem sesuai dengan parameternya, kemudian diproses untuk mendapatkan keluaran berupa informasi tingkat bahaya kebakaran. Adapun sumber informasi utama untuk masukan yang dibutuhkan adalah kondisi cuaca yang bersumber dari Badan Metereologi dan Geofisika (BMG) setempat.

Tingkat bahaya kebakaran hutan yang disajikan oleh sistem menjadi tolak ukur untuk menentukan langkah pengendalian selanjutnya bagi instansi terkait. Tingkat bahaya ini terbagi atas 4 ukuran yaitu rendah, sedang, tinggi dan ekstrim. Masing-masing tingkat resiko bahaya ini akan memiliki langkah tindak lanjut berbeda.

2. TINJAUAN PUSTAKA

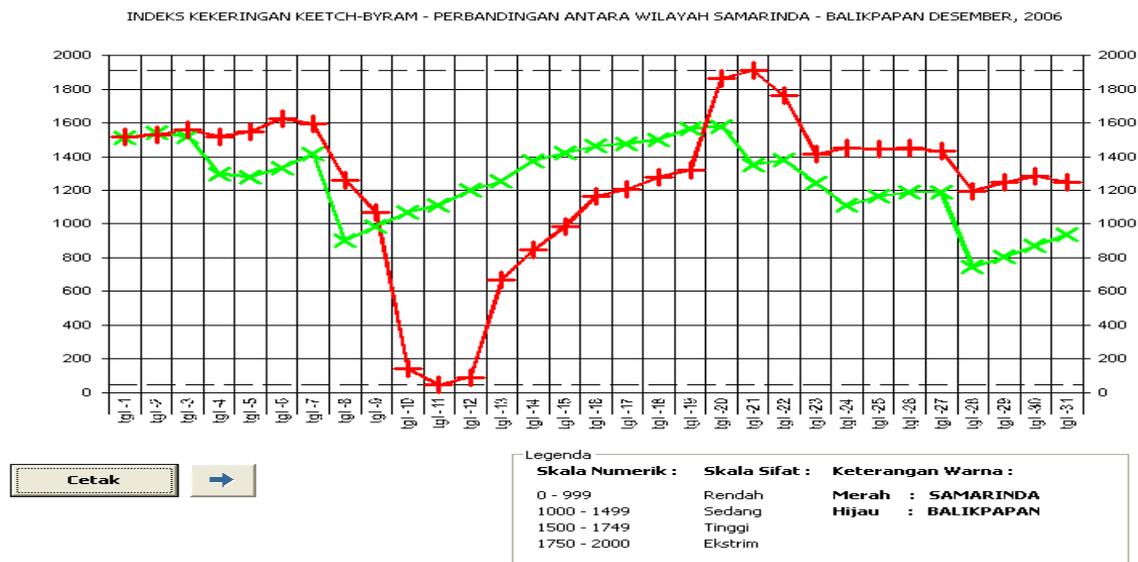
Penilaian resiko tingkat kebakaran hutan membutuhkan perhitungan dari sumber-sumber informasi yang tepat, antara lain kondisi cuaca, hal-hal teknis berkaitan dengan kebakaran, potensi terjadinya kebakaran, tingkat resiko kebakaran dan pengendalian dampak kebakaran itu sendiri.

Indeks Kekeringan Keetch-Byram

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengukur tingkat resiko bahaya kebakaran hutan adalah pengukuran Indeks Kekeringan Keetch-Byram yang dikembangkan tahun 1968 oleh Keetch dan Byram dari Florida (Amerika Serikat). Keetch-Byram (1968) mendefinisikan indeks kekeringan sebagai ekspresi kurangnya kelembaban tanah menurut kemungkinan maksimal kandungan kelembaban tanah (kapasitas lahan).

Interim Report pada tahun 1998-1999 membagi indeks kekeringan Keetch-Byram ke dalam 3 kelas, yaitu **rendah** dengan skala 0 sampai dengan 999, **sedang** dengan skala 1000 sampai dengan 1499, dan **tinggi** dengan skala 1500 sampai dengan 2000. Meningkatnya cuaca panas dunia mengakibatkan dibutuhkan suatu prosedur operasional yang kemudian menambah satu kelas baru yang mungkin terjadi dalam kondisi tertentu, yaitu tingkat **ekstrim** dengan skala 1750 sampai dengan 2000, sehingga tingkat resiko tinggi hanya menjadi antara skala 1500 sampai dengan 1749.

Formulasi skala indeks kekeringan Keetch-Byram mendeskripsikan kondisi kelembaban tanah untuk menentukan kelas atau tingkatannya. Misalnya untuk skala indeks kekeringan 0 menunjukkan bahwa kondisi kelembaban tanah sangat basah atau mengandung banyak air, kemudian skala 1500 menunjukkan kondisi tanah yang sudah sangat kering dan mudah terbakar. Metode Keetch-Byram merupakan metode yang tepat karena berdasarkan catatan sejarah kebakaran di Kalimantan Timur menunjukkan bahwa mayoritas penyebab kebakaran hutan terjadi karena musim kemarau yang panjang dan rendahnya rata-rata curah hujan dalam waktu yang lama.



Gambar 1. Laporan Grafik Perbandingan 2 Wilayah

Pengukuran kelembaban tanah yang tersedia pada suatu kawasan berdasarkan nilai KBDI (*Keetch-Byram Drought Index*) yang melakukan pengukuran dengan menghitung kecepatan hilangnya kelembaban di kawasan hutan tergantung pada tingginya penguapan vegetasi. Penguapan vegetasi disesuaikan dengan nilai rata-rata curah hujan tahunan dengan formulasi KBDI sebagai berikut :

$$KBDI_{\text{hari ini}} = KBDI_{\text{kemarin}} - (10C + F_{\text{hari ini}})$$

Dimana,

C : Curah hujan

F : Faktor Kekeringan, yang didapatkan melalui formulasi :

$$F = \frac{(2000 - YKBDI) * (0,9676^{(0,0875 * T_{\text{MAX}} + 1,552 - 9,229)})}{1 + 10,88^{(-0,00175 * RC)}} * 0,001$$

Dimana,

YKBDI : Indeks KBDI kemarin

Tmax : Suhu maksimum hari ini

RC : Rata-rata curah hujan.

YKBDI, Tmax, dan RC merupakan variabel perubah pada penentuan faktor kekeringan, namun angka-angka yang digunakan merupakan konstanta.

Berdasarkan formulasi tersebut, maka resiko tingkat kebakaran hutan sesungguhnya dipengaruhi oleh berbagai faktor yang dapat dijadikan sebagai sumber masukan dalam sistem yang akan dibangun, antara lain :

- a. Temperatur maksimum
- b. Kelembaban relatif
- c. Curah Hujan Bersih selama 24 jam
- d. Indeks Kemarau Kemarin (IKK)
- e. Hasil pengurangan Indeks Kemarau Kemarin dengan rumus : $10 \times$ Curah Hujan Bersih
- f. Rata-rata curah hujan tahunan
- g. Indeks kekeringan hari ini dengan rumus : $IKK - (10 \times \text{Curah Hujan Bersih} + \text{Hasil Pengurangan IKK})$

Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan saraf tiruan (*artificial neural network*) atau JST adalah sistem komputasi dimana arsitektur dan operasi diilhami dari pengetahuan tentang sel saraf biologi didalam otak, merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba menstimulasi proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. JST dapat digambarkan sebagai model matematis dan komputasi untuk fungsi aproksimasi nonlinear, klasifikasi data cluster dan regresi non parametrik atau sebuah simulasi dari koleksi model saraf biologi.

Valluru B. Rao dan Hayagriva V. Rao (1993) mendefinisikan jaringan saraf sebagai sebuah kelompok pengolahan elemen dalam suatu kelompok yang khusus membuat perhitungan sendiri dan memberikan hasilnya kepada kelompok kedua atau berikutnya. Setiap sub kelompok menurut gilirannya harus membuat perhitungan sendiri dan memberikan hasilnya untuk sub grup atau kelompok yang belum melakukan perhitungan. Pada akhirnya, sebuah kelompok dari satu atau beberapa pengolahan elemen tersebut menghasilkan keluaran (*output*) dari jaringan.

Setiap pengolahan elemen membuat perhitungan berdasarkan pada jumlah masukan (*input*). Sebuah kelompok pengolahan elemen disebut *layer* atau lapisan dalam jaringan. Lapisan pertama adalah *input* dan yang terakhir adalah *output*. Lapisan di antara lapisan *input* dan *output* disebut dengan lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Jaringan saraf tiruan merupakan suatu bentuk arsitektur yang terdistribusi paralel dengan sejumlah besar nodes dan hubungan antar nodes tersebut. Tiap titik hubungan dari satu nodes ke nodes yang lain membunyai harga-harga yang diasosiasikan dengan bobot. Setiap nodes sendiri memiliki suatu nilai yang diasosiasikan sebagai nilai aktivasi nodes.

Salah satu organisasi yang dikenal dan sering digunakan dalam paradigma jaringan saraf buatan adalah Perambatan Galat Mundur (*back-propagation*). Sebelum dikenal adanya jaringan saraf Perambatan Galat Mundur pada tahun 1950-1960-an dikenal dua paradigma penting yang nantinya menjadi dasar dari jaringan saraf Perambatan Galat Mundur, yakni Perceptron dan Adaline/Madaline (*Adaptive linier neuron/multilayer Adaline*). Pada penelitian ini akan menggunakan algoritma Perambatan Galat Mundur (*backpropagation*).

Algoritma pelatihan jaringan saraf perambatan galat mundur terdiri atas dua langkah, yaitu perambatan maju dan perambatan mundur. Langkah perambatan maju dan perambatan mundur ini dilakukan pada jaringan untuk setiap pola yang diberikan selama jaringan mengalami pelatihan. Jaringan perambatan galat mundur terdiri atas tiga lapisan atau lebih unit pengolah yaitu lapisan *input*, lapisan tersembunyi dan lapisan *output*. Ketiga lapisan ini terhubung secara penuh.

Perambatan maju dimulai dengan memberikan pola masukan ke lapisan masukan, pola masukan ini merupakan nilai aktifasi unit-unit masukan. Dengan melakukan perambatan maju dihitung nilai aktifasi pada unit-unit dilapisan berikutnya. Pada setiap lapisan, tiap unit pengolah melakukan penjumlahan berbobot dan menerapkan fungsi sigmoid untuk menghitung keluarannya.

Untuk menghitung nilai penjumlahan berbobot digunakan rumus:

$$S_j = \sum_{i=0}^n a_i w_{ji}$$

Dengan :

a_i = masukan yang berasal unit i

w_{ji} = bobot sambungan dari unit i ke unit j

Setelah nilai S_j dihitung, fungsi sigmoid diterapkan pada S_j untuk membentuk $f(S_j)$. Fungsi sigmoid ini mempunyai persamaan :

$$f(S_j) = \frac{1}{1 + e^{-S_j}}$$

Hasil perhitungan $f(S_j)$ ini merupakan nilai aktivasi pada unit pengolah j . Nilai ini dikirimkan ke seluruh keluaran unit j . Setelah perambatan maju selesai dikerjakan jaringan siap melakukan perambatan mundur. Pada perambatan galat mundur, jika j adalah salah satu unit pada lapisan keluaran, maka galat lapisan keluaran dapat dihitung dengan rumus :

$$\delta_j = (t_j - a_j) f'(S_j)$$

Dengan :

- t_j = keluaran yang diinginkan dari unit j
- a_j = keluaran dari unit j
- $f'(S_j)$ = turunan dari fungsi sigmoid
- S_j = hasil penjumlahan berbobot

3. METODE PENELITIAN

a. Teknik Pengumpulan Data

1. Survei
Survei atau pengamatan langsung dilakukan untuk mendapatkan informasi data dari berbagai sumber. Sumber primer dalam penelitian ini menggunakan data dari Badan Meterologi dan Geofisika (BMG).
2. Wawancara
Wawancara digunakan untuk memperdalam sumber informasi sebelumnya.
3. Studi Literatur
Suatu teknik pengumpulan data dengan mempelajari buku-buku yang berhubungan dengan permasalahan yang diambil.

b. Variabel

Variabel yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Temperatur maksimum (X1)
2. Kelembaban relatif (X2)
3. Curah Hujan (X3)
4. Indeks Kemarau Kemarin (X4)
5. Rata-rata curah hujan tahunan (X5)
6. Hasil pengurangan Indeks Kemarau Kemarin (X6)
7. Faktor kekeringan / Indeks kekeringan hari ini (X7)

Sementara untuk keluaran dari sistem ini akan menggunakan tingkat resiko kebakaran hutan, yaitu rendah (00), sedang (01), tinggi (10) atau ekstrim (11).

c. Data

Data yang akan digunakan untuk melatih dan menguji Jaringan Syaraf Tiruan dalam penelitian ini menggunakan data Indeks Kekeringan Keetch-Byram di Samarinda pada Bulan Desember 2006.

Tabel 1. Indeks Kekeringan Keetch-Byram (Samarinda, Desember 2006)

Tgl	Temp. Max	Kel. Relatif	Curah Hujan	IKK	Curah Hujan (Net)	Hasil Peng. IKK	F. Kekeringan	Indeks Kekeringan	Tk. Adjektif
1	25	93	0	1501	0	1501	15	1516	TINGGI
2	24	91	0	1516	0	1516	13	1529	TINGGI
3	32	80	0	1529	0	1529	29	1558	TINGGI
4	24	90	10	1558	5	1508	12	1520	TINGGI
5	31	90	7	1520	0	1520	27	1547	TINGGI
6	43	93	0	1547	0	1547	80	1627	TINGGI
7	29	70	10	1627	5	1577	17	1594	TINGGI
8	29	50	40	1594	35	1244	18	1262	SEDANG
9	34	60	30	1262	25	1012	55	1067	SEDANG
10	23	20	100	1067	95	117	22	139	RENDAH
11	23	10	100	139	95	0	44	44	RENDAH
12	29	60	40	44	35	0	90	90	RENDAH
13	49	98	0	90	0	90	578	668	RENDAH
14	40	93	0	668	0	668	177	845	RENDAH
15	39	98	0	845	0	845	140	985	RENDAH
16	43	40	0	985	0	985	178	1163	SEDANG
17	30	50	0	1163	0	1163	42	1205	SEDANG
18	36	51	0	1205	0	1205	72	1277	SEDANG
19	32	57	0	1277	0	1277	45	1322	SEDANG
20	60	10	0	1322	0	1322	545	1867	EKSTRIM
21	50	20	0	1867	0	1867	44	1911	EKSTRIM
22	1	90	20	1911	15	1761	0	1761	EKSTRIM
23	23	99	40	1761	35	1411	5	1416	SEDANG
24	32	93	0	1416	0	1416	36	1452	SEDANG
25	34	82	10	1452	5	1402	41	1443	SEDANG
26	17	40	0	1443	0	1443	6	1449	SEDANG
27	32	43	10	1449	5	1399	34	1433	SEDANG
28	23	100	30	1433	25	1183	13	1196	SEDANG
29	32	80	0	1196	0	1196	50	1246	SEDANG
30	30	93	0	1246	0	1246	38	1284	SEDANG
31	23	90	10	1284	5	1234	17	1251	SEDANG

(Sumber : Azizah, 2007)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan melalui 2 tahapan, yaitu pelatihan dan pengujian. Pelatihan dilakukan dengan cara mengenalkan pola data masukan dan keluaran dari suatu kondisi yang sudah terjadi ke dalam jaringan syaraf tiruan. Pada penelitian ini, pelatihan menggunakan algoritma perambatan galat mundur (*backpropagation*) dengan bantuan *neural toolbox Matlab*. Adapun syntax yang digunakan sangat sederhana :

```
Syntax: pelatihan.m
nntwarn off; ← untuk menyembunyikan pesan kesalahan
P; ← Pola data masukan dalam bentuk matriks P
T; ← Pola data keluaran / target dalam bentuk matriks T
kb=input('masukkan konstanta belajar : '); ← Input konstanta belajar
lt=input('Masukkan Lapisan tersembunyi : '); ← Input jumlah sel lapisan tersembunyi
TP=[100 50000 0.1 kb] ← Inisialisasi awal, dengan urutan [iterasi_tampil_max_iterasi galat konstanta_belajar]
[w1,b1,w2,b2]=initff(P,lt,'logsig',T,'logsig') ← Inisialisasi jaringan
[w1,b1,w2,b2]=trainbp(w1,b1,'logsig',w2,b2,'logsig',P,T,TP) ← Pelatihan backpropagation
```

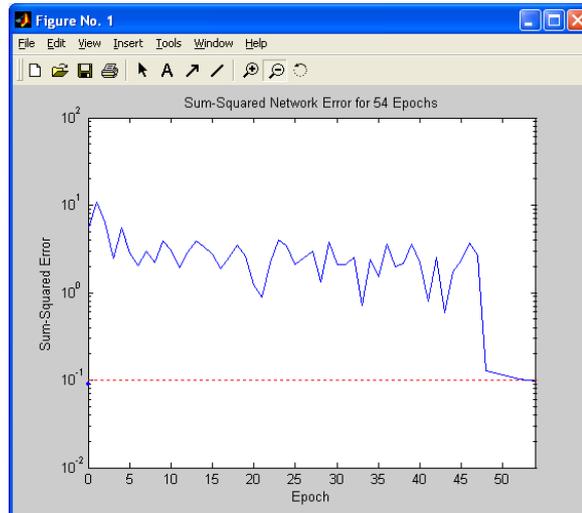
Pelatihan dilakukan dengan *trial* secara berpasangan merubah konstanta belajar dan lapisan tersembunyi untuk mendapatkan konvergensi jaringan dengan jumlah iterasi terkecil. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil kombinasi konstanta belajar dan lapisan tersembunyi dengan jumlah iterasi terkecil sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Pelatihan

LT ↓ / KB →	0,1	0,3	0,5	0,7
10	3169	776	593	456
30	3781	269	300	230
50	2762	160	132	54
70	3726	116	85	156
90	2331	92	147	130

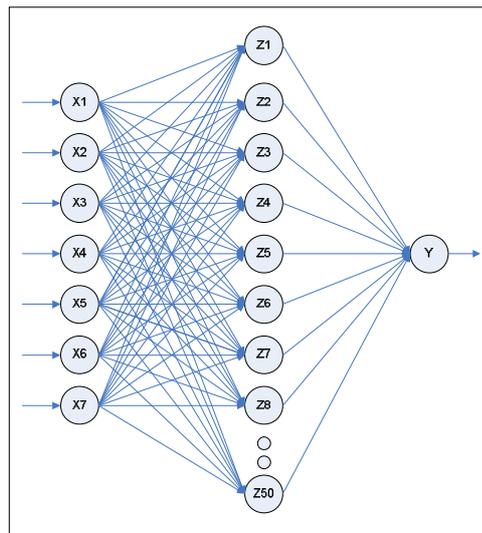
Berdasarkan hasil pelatihan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa iterasi terkecil didapatkan pada lapisan tersembunyi berjumlah 50 sel dan konstanta belajar pada 0,7 dengan jumlah 54 iterasi. Penentuan jumlah lapisan

tersembunyi antara 10-90 karena di atas 90 sel sudah menunjukkan tren kenaikan iterasi, dan konstanta belajar maksimal 0,7 untuk optimalisasi ketelitian pelatihan. Grafik konvergensi jaringannya seperti pada Gambar 2:



Gambar 2. Grafik Konvergensi Jaringan pada Konstanta Belajar 0,7 dan Lapisan Tersembunyi 50

Konvergensi jaringan menunjukkan bahwa sejumlah data yang dilatihkan telah dikenali semua oleh jaringan, sehingga sekarang dapat digambarkan arsitektur jaringannya seperti pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Arsitektur Jaringan

Dengan konfigurasi :

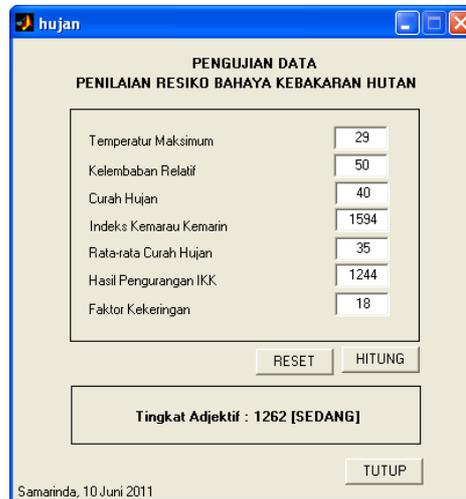
- | | |
|--------------------------------|--|
| Algoritma jaringan saraf | : Perambatan Galat Mundur / <i>backpropagation</i> |
| Jumlah sel lapisan input | : 7 |
| Jumlah sel lapisan output | : 1 |
| Jumlah sel lapisan tersembunyi | : 50 |
| Konstanta belajar | : 0,7 |
| Galat | : 0,1 |
| Fungsi aktivasi | : logsig |

Tahapan selanjutnya adalah pengujian data. Pengujian data dilakukan dengan 2 tahapan, yaitu menguji data yang pernah dilatihkan sebelumnya dan menguji data yang belum pernah dilatihkan. Pada penelitian ini untuk pengujian data yang telah dilatihkan menunjukkan hasil 100% data dikenali sesuai dengan data yang dilatihkan, sementara pengujian data menggunakan data baru yang belum pernah dilatihkan sebelumnya menunjukkan hasil 97% data dikenali (hanya 1 dari 30 data diuji yang tidak sesuai dengan hasil sesungguhnya). Syntax yang digunakan untuk menguji data adalah

$$A = \text{simuff}(P, w1, b1, 'logsig', w2, b2, 'logsig')$$

Hasil perhitungan akan tersimpan pada variabel A dengan aturan sederhana, jika lebih atau sama dengan 0,5 maka diasumsikan 1 dan jika kurang dari 0,5 maka diasumsikan 0.

Adapun tampilan GUI (*Graphical User Interface*) untuk menguji data harian ditunjukkan pada Gambar 4 menggunakan perangkat lunak Matlab :



Gambar 4. Interface Pengujian Data

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian melalui tahapan pelatihan dan pengujian data dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Jaringan syaraf tiruan mampu melakukan identifikasi dengan baik yang ditunjukkan dengan 100% hasil pengujian data yang dilatihkan dan 97% hasil pengujian data yang belum pernah dilatihkan.
- Anomali cuaca (cuaca ekstrim) sangat berpengaruh pada perhitungan ini karena mayoritas input data bersumber dari kondisi cuaca.
- Resiko tingkat bahaya kebakaran dapat dinilai berdasarkan komputasi sederhana untuk mendapatkan hasil yang cepat, tepat dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, D.N., 2007, *Sistem Informasi Tingkat Bahaya Kebakaran Hutan Berbasis Visual Basic*, Skripsi, Ilmu Komputer Universitas Mulawarman, Samarinda.
- Deeming, J.E, 1995, *Pengembangan Sistem Penilaian Bahaya kebakaran di Kalimantan Timur Indonesia*, IFFM Doc. No.02, Samarinda.
- Georg BUCHHOLZ & Anja A. HOFFMAN, 2001, *Manual Sistem Penilaian Tingkat Bahaya Kebakaran Kalimantan Timur*. IFFM-STPKHL.
- Hermawan, A., 2007, *Jaringan Saraf Tiruan: Teori dan Aplikasi*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Rao, V.B. dan Rao, H.V., 1993, *Neural Network and Fuzzy Logic*, Management Information Source, New York.