

ANALISIS PERBANDINGAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN DAN REGRESI LINEAR BERGANDA PADA PRAKIRAAN CUACA

Nurmahaludin ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Banjarmasin

Ringkasan

Kebutuhan masyarakat terhadap informasi prakiraan cuaca suatu daerah menjadi penting bagi kehidupan sehari-hari. Salah satu metode untuk aplikasi prakiraan cuaca adalah dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan. Pada penelitian ini algoritma Backpropagation dan Particle Swarm Optimization (PSO) akan digunakan sebagai algoritma pelatihan jaringan syaraf tiruan pada aplikasi prakiraan temperatur udara harian. Metode Regresi Linear Berganda diujikan untuk kemudian dibandingkan dengan Backpropagation dan PSO.

Arsitektur jaringan syaraf tiruan menggunakan dua buah input, lima neuron pada lapisan tersembunyi, dan satu output. Karena merupakan aplikasi peramalan time series, maka input yang digunakan adalah temperatur udara $T(h)$ dan kelembaban udara $H(h)$ pada hari sebelumnya. Sedangkan output jaringan adalah temperatur udara yang akan diramalkan hari berikutnya $T(h+1)$.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada prakiraan temperatur udara minimum, penggunaan algoritma pelatihan PSO pada jaringan syaraf tiruan memberikan tingkat kesalahan paling minimum dengan rata-rata kesalahan prakiraan sebesar 2.597%. Sedangkan pada prakiraan temperatur udara maksimum, metode regresi linear berganda memberikan hasil yang lebih baik dengan rata-rata kesalahan sebesar 4.911%

Kata Kunci : Jaringan Syaraf Tiruan, Regresi Linear Berganda, Prakiraan Temperatur Udara

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kebutuhan masyarakat terhadap informasi pra-kiraan cuaca suatu daerah menjadi penting untuk menyesuaikan kegiatannya. Prakiraan temperatur udara akan sangat membantu karena berpengaruh terhadap cuaca daerah setempat dan bersama-sama dengan unsur cuaca lainnya akan mempengaruhi produksi pertanian, peternakan, serta kehidupan manusia sehari-hari. Terdapat berbagai metode dalam prakiraan temperatur udara, antara lain jaringan syaraf tiruan dan penggunaan teknik statistik seperti regresi.

Jaringan syaraf tiruan pada dasarnya dapat dianggap sebagai sebuah model yang akan memetakan data input terhadap output. Proses komputasi dalam jaringan syaraf tiruan dilakukan untuk mencari hubungan matematis antara input dan output melalui mekanisme pengaturan bobot. Proses tersebut berlangsung selama fase pelatihan menggunakan algoritma tertentu, yang disebut dengan algoritma pelatihan.

Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa permasalahan utama dalam prakiraan

cuaca adalah penentuan model peramalan serta metode yang akan digunakan sehingga memberikan tingkat akurasi peramalan yang baik. Pada penelitian ini digunakan jaringan syaraf tiruan dengan algoritma pelatihan Backpropagation dan Particle Swarm Optimization (PSO). Hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan metode regresi linear berganda.

2. LANDASAN TEORI

Tinjauan Pustaka

Prakiraan cuaca adalah penggunaan ilmu dan teknologi untuk memperkirakan keadaan atmosfer bumi di masa datang pada wilayah tertentu. Cukup banyak penelitian yang telah dilakukan dalam membuat model prakiraan cuaca dengan menggunakan beragam metode. Meilanitasari (2010) melakukan prediksi cuaca untuk menentukan kelayakan pelayaran menggunakan Logika Fuzzy. Sutikno (2010) melakukan prakiraan dengan membandingkan metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA), Neural Network (NN), dan

Adaptive Splines Threshold Autoregression (ASTAR).

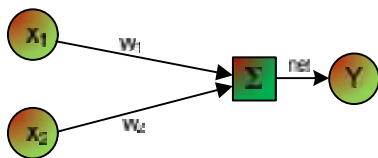
Penelitian yang sering dilakukan dalam hubungannya dengan jaringan syaraf tiruan adalah penggunaan algoritma pelatihan dan struktur jaringan yang tepat sehingga mampu memberikan kinerja dan keluaran jaringan yang baik. Mohebi (2007) melakukan prakiraan dengan algoritma pelatihan Scaled Conjugate Gradient. Sedangkan Ernawati (2009) menggunakan Hopfield Neural Network dalam meramalkan cuaca.

Jaringan Syaraf tiruan

Jaringan syaraf tiruan merupakan representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran. Jaringan syaraf tiruan dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari jaringan syaraf biologi dengan asumsi (Siang, 2005):

- Pemrosesan informasi terjadi pada sejumlah elemen sederhana yang disebut dengan neuron
- Sinyal dikirimkan di antara neuron tersebut melalui suatu interkoneksi
- Penghubung antar neuron memiliki bobot yang akan memperkuat atau memperlemah sinyal
- Untuk menentukan output, tiap neuron menggunakan fungsi aktivasi yang dikenakan pada jumlah input terbobot yang diterima.

Gambar 1 menunjukkan proses komputasi yang terjadi pada jaringan syaraf tiruan.



Gambar 1 Pola Dasar Jaringan Syaraf Tiruan

Output Y menerima input dari neuron x_1 dan x_2 dengan bobot hubungan masing-masing adalah w_1 dan w_2 . Kedua neuron yang ada dijumlahkan menurut Persamaan 2.1.

$$\text{net} = x_1 w_1 + x_2 w_2 \quad (2.1)$$

Besarnya impuls yang diterima oleh Y mengikuti fungsi aktivasi $Y = f(\text{net})$. Jika nilai fungsi aktivasi cukup kuat, maka sinyal akan diteruskan.

Algoritma Pelatihan Backpropagation

Ide dasar jaringan syaraf tiruan adalah konsep belajar. Untuk dapat menyelesaikan suatu permasalahan, jaringan syaraf tiruan melakukan pembelajaran (pelatihan), yaitu bagaimana

sebuah jaringan dapat dilatih untuk mempelajari data historis yang ada dan melakukan generalisasi terhadap karakteristik tingkah laku obyek.

Pelatihan dengan Backpropagation secara garis besar sebagai berikut:

- Membangun jaringan.
Struktur jaringan yang digunakan adalah multi layer perceptron
- Inisialisasi bobot awal untuk proses pelatihan. Bobot awal ditentukan secara random (acak)
- Menentukan parameter jaringan
Parameter yang ditentukan antara lain error minimum, jumlah epoch maksimum, dan laju pembelajaran. Fungsi aktivasi yang digunakan adalah sigmoid biner, sedangkan kriteria error adalah *mean square error* (MSE)
- Untuk tiap epoch dilakukan propagasi maju. Error yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan error minimum yang ditetapkan
- Jika error lebih besar dari error minimum, maka dilakukan perambatan balik,
- Modifikasi bobot
Besarnya perubahan bobot ditentukan oleh laju pembelajaran
- Jika kriteria penghentian telah tercapai, yaitu jumlah epoch maksimum atau error minimum terpenuhi, maka diperoleh bobot akhir
- Bobot akhir digunakan dalam proses pengujian.

Algoritma Particle Swarm Optimization

Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) dikembangkan oleh Dr. Eberhart dan Dr. Kennedy pada tahun 1995. Menurut Kennedy dan Eberhart (2001), terdapat tiga prinsip dasar dalam PSO sebagai sebuah algoritma yang didasarkan pada aspek perilaku sosial kognitif yaitu: evaluasi (*evaluate*), membandingkan (*compare*), dan meniru/mengikuti (*imitate*).

Algoritma PSO dimulai dengan membangkitkan sejumlah nilai awal secara acak. Jika $\vec{x}_i(t)$ menyatakan posisi dari partikel P_i pada langkah waktu t , maka posisi partikel P_i tersebut akan berubah dengan menambahkan kecepatan $\vec{v}_i(t)$ ke dalam posisi sebelumnya. Algoritma PSO untuk partikel dengan topologi star dijelaskan sebagai berikut (Engelbrecht, 2002):

- 1) Inialisasi *swarm*, $P(t)$, dari partikel sedemikian hingga posisi $\bar{x}_i(t)$ dari masing-masing partikel $P_i \in P(t)$ adalah acak
- 2) Hitung performansi (*fitness*) F dari masing-masing partikel pada posisinya saat ini yaitu $F(\bar{x}_i(t))$
- 3) Bandingkan performansi tiap partikel saat ini terhadap performansi terbaik sebelumnya, yaitu $pbest$ (*personal best*).

Jika $F(\bar{x}_i(t)) < pbest_i$ maka:

$$a) \quad pbest_i = F(\bar{x}_i(t)) \quad (2.2)$$

$$b) \quad \bar{x}_{pbest_i} = \bar{x}_i(t) \quad (2.3)$$

- 4) Bandingkan performansi tiap partikel saat ini terhadap performansi terbaik dari seluruh partikel dalam kelompoknya, yaitu $gbest$ (*global best*).

Jika $F(\bar{x}_i(t)) < gbest_i$ maka:

$$a) \quad gbest_i = F(\bar{x}_i(t)) \quad (2.4)$$

$$b) \quad \bar{x}_{gbest_i} = \bar{x}_i(t) \quad (2.5)$$

- 5) Hitung vektor kecepatan tiap partikel:

$$\bar{v}_i(t) = \bar{v}_i(t-1) + \rho_1 (\bar{x}_{pbest_i} - \bar{x}_i(t-1)) + \rho_2 (\bar{x}_{gbest_i} - \bar{x}_i(t-1)) \quad (2.6)$$

Nilai ρ_1 dan ρ_2 didefinisikan sebagai :

$\rho_1 = r_1 c_1$ dan $\rho_2 = r_2 c_2$, dimana c_1 dan c_2 disebut konstanta akselerasi, sedangkan r adalah suatu bilangan acak

- 6) Perbaharui posisi tiap partikel

$$a) \quad \bar{x}_i(t) = \bar{x}_i(t-1) + \bar{v}_i(t) \quad (2.7)$$

$$b) \quad t=t+1 \quad (2.8)$$

- 7) Kembali ke langkah 2 hingga tercapai kriteria penghentian

Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Peramalan

Peramalan adalah usaha menduga atau memperkirakan sesuatu yang akan terjadi di waktu mendatang dengan memanfaatkan berbagai informasi yang relevan pada waktu-waktu sebelumnya (historis) melalui suatu metode ilmiah. Tujuan dari peramalan adalah mendapatkan informasi apa yang akan terjadi di masa datang dengan probabilitas kejadian terbesar. Metode peramalan dapat dilakukan secara kualitatif melalui pendapat para pakar atau secara kuantitatif dengan perhitungan secara matematis. Salah satu metode peramalan kuantitatif adalah menggunakan analisis deret waktu (*time series*).

Metode peramalan *time series* adalah metode yang menggunakan model matematis untuk menjelaskan perilaku (pola) data yang biasanya diamati dalam urutan waktu dengan jarak yang sama (hari, minggu, bulan, tahun). Syarat utama dari metode tersebut adalah tersedianya informasi atau data tentang masa lalu, dengan asumsi bahwa kejadian masa datang merupakan kelanjutan dari masa lalu (*effect of continuity*). Pada aplikasi jaringan syaraf tiruan untuk peramalan *time series*, input jaringan berupa data historis dan outputnya berupa peramalan item berikutnya.

Analisis Regresi

Analisis regresi adalah teknik statistik untuk pemodelan dan investigasi hubungan dua atau lebih variabel (Santosa, 2007). Dalam analisis regresi terdapat satu atau lebih variabel independen/prediktor yang biasa diwakili oleh variabel x dan satu variabel respon yang biasa diwakili oleh y . Jika jumlah variabel independen hanya satu, maka sering disebut dengan regresi linear sederhana. Sedangkan jika ada lebih dari satu variabel independen maka dikenal dengan regresi linear berganda (multiple regresi linear).

Bentuk umum dari persamaan regresi linear berganda adalah :

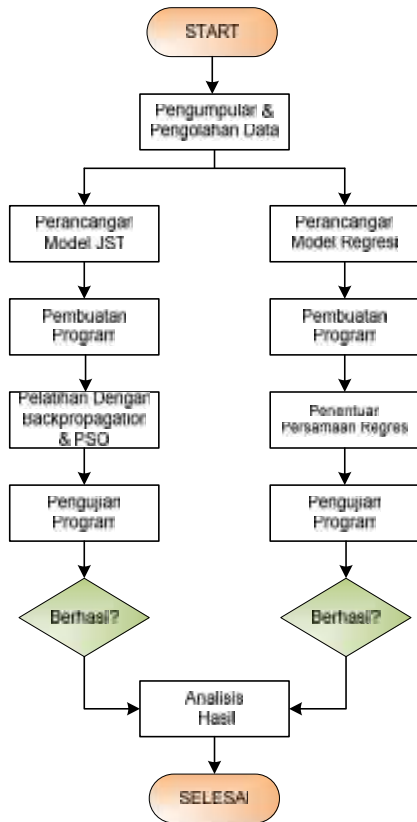
$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \dots + b_n X_n \quad (2.9)$$

Penentuan nilai konstanta a dan koefisien $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ pada persamaan 2.9 merupakan permasalahan dalam regresi linear berganda. Sejumlah persamaan linear untuk memperoleh nilai koefisien tersebut kemudian diselesaikan secara simultan menggunakan Metode Gauss Jordan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir metodologi penelitian ditunjukkan dalam Gambar 3.

Sebelum melakukan penelitian, dilakukan pengumpulan dan pengolahan data. Data yang diperlukan adalah data temperatur udara dan kelembaban udara harian. Perancangan model jaringan syaraf tiruan ditujukan untuk menentukan arsitektur jaringan. Proses pelatihan menggunakan algoritma Backpropagation dan PSO. Setelah proses pelatihan selesai, dilakukan proses pengujian untuk mengetahui error peramalan. Error kemudian dibandingkan dengan error yang dihasilkan jika peramalan menggunakan regresi linear berganda.



Gambar 2. Diagram Alir Metodologi Penelitian

Sebelum melakukan penelitian, dilakukan pengumpulan dan pengolahan data. Data yang diperlukan adalah data temperatur udara dan kelembaban udara harian. Perancangan model jaringan syaraf tiruan ditujukan untuk menentukan arsitektur jaringan. Proses pelatihan menggunakan algoritma Backpropagation dan PSO. Setelah proses pelatihan selesai, dilakukan proses pengujian untuk mengetahui error peramalan. Error kemudian dibandingkan dengan error yang dihasilkan jika peramalan menggunakan regresi linear berganda.

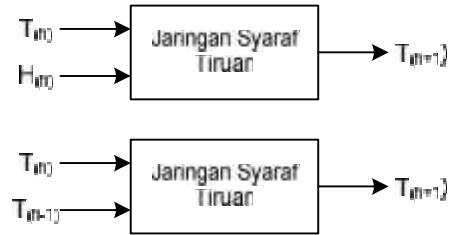
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Arsitektur Jaringan

Sebelum melakukan proses prakiraan, terlebih dahulu dilakukan perancangan arsitektur jaringan.

a. Input dan Output Jaringan

Pada penelitian ini akan diujikan dua model peramalan dengan model pertama menggunakan dua buah input yaitu temperatur udara hari ini $T_{(h)}$ dan kelembaban udara hari ini $H_{(h)}$. Model kedua menggunakan temperatur udara hari ini $T_{(h)}$ dan temperatur udara satu hari sebelumnya $T_{(h-1)}$ sebagai input. Sedangkan output adalah prakiraan temperatur udara keesokan harinya $T_{(h+1)}$ seperti ditunjukkan dalam gambar 3.



Gambar 3 Model Yang Diuji

b. Jumlah Lapisan

Jaringan feedforward multilayer perceptron umumnya dibangun dengan tiga lapisan, yaitu lapisan input, lapisan tersembunyi, dan lapisan output. Pada penelitian ini digunakan sebuah lapisan tersembunyi karena umumnya jaringan dengan sebuah lapisan tersembunyi sudah cukup untuk dapat memetakan antara input dan target dengan tingkat ketelitian yang ditentukan.

c. Jumlah Neuron

Jumlah neuron pada lapisan input ditentukan berdasarkan jumlah input yang digunakan pada jaringan. Jika model yang digunakan mempunyai dua input dan satu output, maka jumlah neuron pada lapisan input dan output masing-masing adalah dua dan satu. Pada lapisan tersembunyi tidak ada ketentuan dalam penentuan jumlah neuron. Pada penelitian ini digunakan lima buah neuron pada lapisan tersembunyi.

d. Fungsi Aktivasi

Pemilihan fungsi aktivasi didasarkan pada algoritma pelatihan yang digunakan dan jenis output yang dihasilkan. Pada penelitian ini digunakan fungsi aktivasi sigmoid biner.

e. Data

Data dibagi menjadi dua, yaitu data untuk pelatihan dan data untuk pengujian. Data untuk pelatihan adalah bulan Januari-Nopember 2008. Bobot akhir yang diperoleh pada proses pelatihan digunakan pada proses pengujian untuk meramalkan selama bulan Desember 2008. Sebelum digunakan, dilakukan proses normalisasi terlebih dahulu agar hasil perhitungan fungsi sigmoidnya tidak jatuh dalam daerah saturasi.

f. Parameter Jaringan

Parameter-parameter yang perlu ditetapkan adalah maksimum epoch, target error, laju pembelajaran, jumlah epoch tiap langkah.

- maksimum epoch = 300
- error minimum (MSE) = 0.001
- laju Pembelajaran = 0.01

Pada pelatihan dengan algoritma Particle Swarm Optimization, jumlah partikel yang digunakan adalah 50, wmin 0.4, wmax 0.9, c1 dan c2 1.496

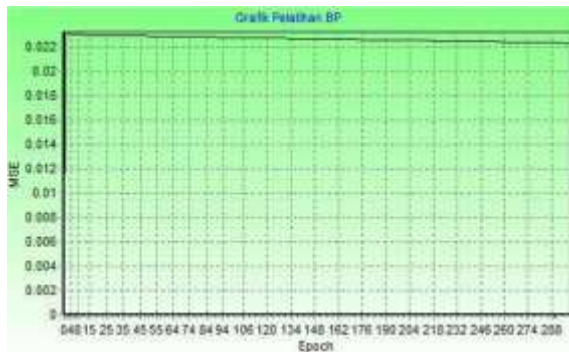
Peramalan Dengan Jaringan Syaraf Tiruan

Peramalan temperatur udara minimum dan temperatur udara maksimum dengan jaringan syaraf tiruan.

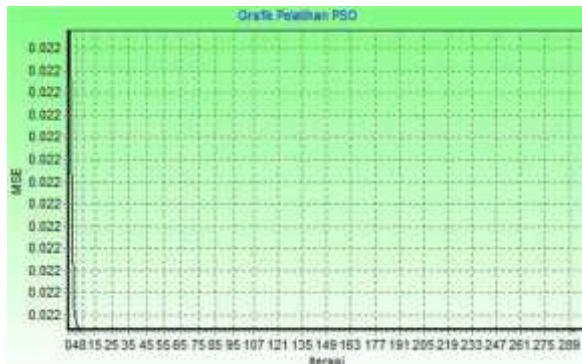
Prakiraan Temperatur Udara Minimum

a. Proses Pelatihan

Proses pelatihan menggunakan Backpropagation dan PSO menghasilkan MSE sebesar 0.022 dan 0.0021 pada iterasi ke-300 seperti pada Gambar 4 dan Gambar 5.



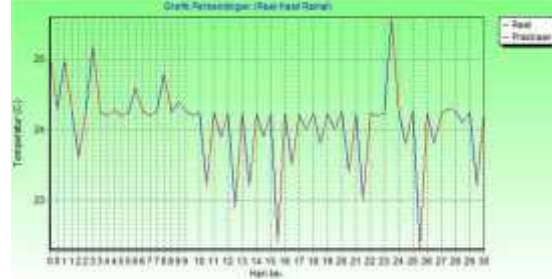
Gambar 4. Proses Pelatihan Dengan BP Prakiraan Tmin



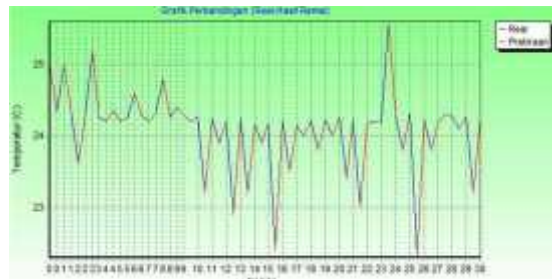
Gambar 5. Proses Pelatihan Dengan PSO Prakiraan Tmin

b. Proses Pengujian

Bobot yang dihasilkan pada pelatihan digunakan pada proses pengujian untuk memperkirakan T_{min} harian, kemudian diambil rata-rata kesalahan yang dihasilkan pada proses prakiraan tersebut. Gambar 6 dan 7 menunjukkan perbandingan error antara hasil peramalan dengan data real pada pengujian prakiraan Tmin. Rata-rata error peramalan jika menggunakan Backpropagation adalah 2.656%, sedangkan jika menggunakan PSO diperoleh rata-rata kesalahan sebesar 2.597%.



Gambar 6 Perbandingan T_{min} Real Dengan Hasil Prakiraan Menggunakan Backpropagation

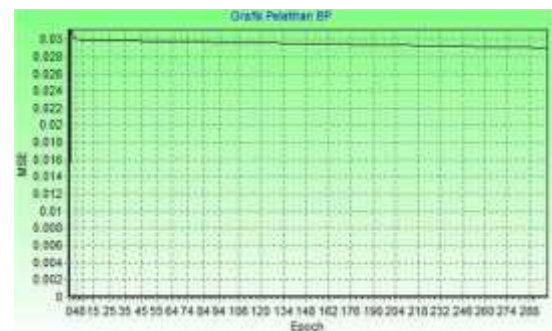


Gambar 7 Perbandingan T_{min} Real Dengan Hasil Prakiraan Menggunakan PSO

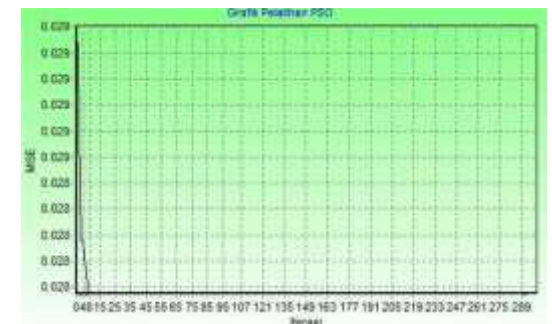
Prakiraan Temperatur Udara Maksimum

a. Proses Pelatihan

Proses pelatihan menggunakan Backpropagation dan PSO menghasilkan MSE sebesar 0.029 dan 0.0027 pada iterasi ke-300 seperti pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Proses Pelatihan Dengan BP Prakiraan Tmaks



Gambar 9. Proses Pelatihan Dengan PSO Prakiraan Tmaks

b. Proses Pengujian

Perbandingan error hasil peramalan dengan data real ditunjukkan pada Gambar 10 dan 11. Rata-rata error yang dihasilkan jika menggunakan Backpropagation sebesar 6.172%, sedangkan jika menggunakan PSO diperoleh rata-rata error sebesar 5.930%



Gambar 10 Perbandingan T_{maks} Real Dengan Hasil Prakiraan Menggunakan Backpropagation



Gambar 11 Perbandingan T_{maks} Real Dengan Hasil Prakiraan Menggunakan PSO

Pengujian Model Jaringan

Pada pengujian untuk prakiraan temperatur udara minimum menggunakan model 1 dengan input T(h) dan H(h) dan model 2 dengan input T(h) dan T(h-1) diperoleh hasil seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata2 Error Prakiraan Tmin

Algoritma Pelatihan	Rata2 Error (%)	
	Model 1	Model 2
BP	2.656	2.688
PSO	2.597	2.653

Pengujian untuk prakiraan temperatur udara maksimum pada model 1 dan model 2 diperoleh hasil seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata2 Error Prakiraan Tmax

Algoritma Pelatihan	Rata2 Error (%)	
	Model 1	Model 2
BP	6.172	6.306
PSO	5.930	6.110

Hasil yang diperoleh menunjukkan model pertama memberikan kesalahan rata-rata yang lebih kecil dibandingkan dengan model kedua, baik pada prakiraan Tmin maupun Tmaks.

Prakiraan Dengan Metode Regresi Linear Berganda

Penggunaan regresi linear berganda pada dasarnya adalah mencari suatu model persamaan, kemudian persamaan tersebut digunakan pada data uji untuk prakiraan Tmin dan Tmaks. Model peramalan yang digunakan adalah model pertama yang memberikan kesalahan lebih kecil dibandingkan dengan model kedua.

a. Prakiraan Tmin

Pada pencarian persamaan regresi menggunakan data latih, diperoleh persamaan :

$$f(x)=13.3581+0.5017*x_1+0.0191*x_2 \quad (3.1)$$

dengan x1 dan x2 masing-masing adalah input T(h) dan H(h). Pada proses pengujian, diperoleh rata-rata kesalahan sebesar 2.675%.

b. Prakiraan Tmaks

Prakiraan Tmaks menggunakan regresi linear berganda menghasilkan persamaan :

$$f(x)=30.8428+0.1719*x_1+0.0535*x_2 \quad (3.2)$$

dengan x1 dan x2 masing-masing adalah input T(h) dan H(h). Pada proses pengujian, diperoleh rata-rata kesalahan sebesar 4.911%.

c. Perbandingan Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Regresi Linear Berganda

Tabel 3 memperlihatkan perbandingan rata-rata error menggunakan metode jaringan syaraf tiruan (Backpropagation dan PSO) dan Regresi Linear Berganda. Dari tabel tersebut dapat diamati bahwa pada prakiraan temperatur minimum, jaringan syaraf tiruan dengan algoritma pelatihan PSO memberikan rata-rata error paling minimum. Sedangkan pada prakiraan temperatur maksimum metode regresi linear berganda memberikan rata-rata error paling minimum.

Tabel 3. Perbandingan Rata-Rata Error Menggunakan Tiga Metode Pada Prakiraan Tmin dan Tmaks

Metode	Rata-Rata Error (%)	
	Tmin	Tmaks
BP	2.656	6.172
PSO	2.597	5.930
Regresi Linear Berganda	2.675	4.911

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil pengujian, pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pengujian model peramalan, model dengan input temperatur T(h) dan kelembaban hari ini H(h) memberikan rata-rata error prakiraan lebih baik.
2. Pada prakiraan temperatur udara harian menggunakan jaringan syaraf tiruan, algoritma pelatihan PSO memberikan hasil prakiraan lebih baik dibandingkan dengan Backpropagation, yaitu sebesar 2.597% pada prakiraan Tmin dan 5.930% pada prakiraan Tmaks.
3. Pada proses pengujian metode, metode PSO memberikan hasil terbaik pada prakiraan Tmin dengan rata-rata error 2.597%. Sedangkan pada prakiraan Tmaks, metode regresi linear berganda memberikan rata-rata error yang paling kecil dengan tingkat kesalahan 4.911%.

Saran

1. Pengembangan penelitian mengenai prakiraan temperatur udara harian dapat dilakukan dengan menambahkan variabel lainnya sebagai input jaringan.
2. Untuk lebih meningkatkan akurasi ketepatan hasil prakiraan, dapat diujikan penggunaan metode prakiraan lainnya baik berbasis statistik maupun berbasis komputasi cerdas.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Engelbrecht, P. 2002. *Computational Intelligence : An Introduction*. John Wiley & Sons Ltd. England
2. Ernawati, S., 2009, *Aplikasi Hopfield Neural Network Untuk Prakiraan Cuaca*
3. Kennedy, J., dan Eberhart, R. 2001. *Swarm Intelligence*. Academic Press. USA
4. Kusumadewi, S. 2004. *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan MATLAB & EXCEL LINK*. Graha Ilmu. Yogyakarta
5. Meilanitasari, P., 2010, *Prediksi Cuaca Menggunakan Logika Fuzzy Untuk Kelayakan Pelayaran di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya*
6. Mohebi, Z., Hayati, M. 2007, *Application of Artificial Neural Networks for Temperatur Forecasting*. World Academy of Science, Engineering and Technology
7. Santosa.B. 2007, *Data Mining Terapan dengan MATLAB*. Graha Ilmu. Yogyakarta
8. Siang, J. J. 2005. *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan MATLAB*. Andi. Yogyakarta
9. Sutikno, dkk., 2010, *Prakiraan Cuaca Dengan Metode Autoregressive Integrated Moving Average, Neural Network dan Adaptive Splines Threshold Auto Regression di Stasiun Juanda Surabaya*