

RESPONS ALIRAN MASUK KE DANAU TOWUTI OLEH CURAH HUJAN DI WAWONDULA DAN SEKITARNYA DIANALISA DENGAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Mahally Kudsy¹ dan Moh. Husni¹

INTISARI

Aliran masuk ke Danau Towuti, Kabupaten Luwu, Sulawesi Tengah, dianalisa dengan artificial neural network. Network mempunyai susunan yang terdiri dari 6 node pada layer input, 8 node pada hidden layer, dan 1 node pada layer output. Weight dari network dihitung dengan back propagation of error dan fungsi Sigmoid dipakai sebagai fungsi aktivasi. Dari analisa ditemukan bahwa curah aliran masuk (inflow) sangat dipengaruhi oleh curah hujan di daerah-daerah Wawondula, Dam site, Timampu, Palumba, Loeha dan Bantilang. Dari ke 6 daerah tersebut, perubahan curah hujan di Wawondula mempunyai pengaruh yang sangat kuat terhadap inflow

ABSTRACT

Artificial neural network method was applied in analyses of inflow to Towuti Lake of Luwu Regency, Central Sulawesi. The network was constructed by 6, 8, 1 nodes in input, hidden and output layers. The weights were calculated using back propagation of error and Sigmoid function was used as activation function. It was found that precipitations at Wawondula, Dam site, Timampu, Palumba, Loeha and Bantilang have the strongest influence to the inflow. Of the 6 areas, the precipitation changes at Wawondula has the strongest effect to the change of the inflow

1. PENDAHULUAN

Tulisan ini mempunyai tujuan untuk mengkaji perubahan aliran masuk ke danau Towuti yang disebabkan oleh curah hujan regional dari 8 buah penakar (Wawondula, Dam Site, Timampu, Palumba, Tokalimbo, Pekaloea, Loeha dan Bantilang) dengan metoda neural network.

Selanjutnya hasil yang didapat dipakai untuk membuat analisa sensitivitas curah hujan di suatu tempat terhadap inflow ke Danau Towuti (peta 1)



Peta 1 Daerah Aliran Sungai Towuti

¹ UPTHB, BPP Teknologi Jln. MH Thamrin 8, Jakarta 10340

2. DATA

Data yang dipakai adalah hasil pengamatan selama kegiatan modifikasi cuaca dari 8 penakar yang dianggap berpengaruh langsung terhadap aliran masuk ke danau Towuti. Data ini diambil dari 8 Februari sampai 8 Mei 1999.

Data hidrometri yang ada belum sepenuhnya digunakan dalam tulisan ini. Seperti *time lag* suatu penakar hujan terhadap inflow, juga pengaruh inflow dari D. Matano ke D. Mahalona dan seterusnya ke D. Towuti masih belum dilihat. Demikian juga luas daerah hujan pada masing-masing penakar akan dikupas pada tulisan selanjutnya.

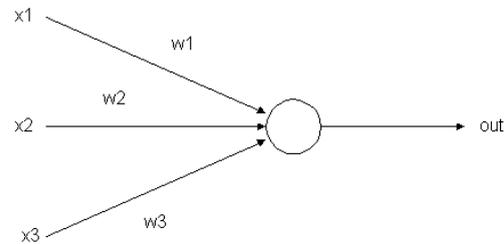
3. METODA ANALISA

Neural network atau sering juga disebut dengan Artificial Neural Computing banyak dipakai pada berbagai disiplin seperti kedokteran, farmasi, transportasi, dan lain-lain. Dengan metoda ini kita dapat membuat analisa pada masalah-masalah yang mempunyai banyak variabel atau paramater. Secara ringkas disini dapat disebutkan bahwa neural network berusaha untuk meniru kerja sistem syaraf pada manusia. Otak manusia menerima sinyal dari luar melalui ke 5 indra. Sinyal-sinyal ini kemudian dikirimkan ke sel-sel otak melau serabut-serabut syaraf yang sangat banyak jumlahnya. Aliran sinyal ini kemudian dikumpulkan di neuron dan dibandingkan dengan suatu besaran yang telah dipelajari (dari pengalaman). Sinyal yang nilainya lebih besar dari pembanding tersebut akan dapat dikenali oleh manusia.

Pada artificial neural network, sebuah neuron secara sederhana adalah seperti terlihat pada **Gambar 1**. Neuron menerima 3 buah input yang besarnya masing x_1 , x_2 dan x_3 . Ketiga

sinyal ini masuk dengan faktor atau weight masing-masing w_1 , w_2 dan w_3 sehingga resultan dari sinyal yang masuk adalah:

$$\sum_{i=1}^n w_i x_i = w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3$$



Gambar 1. Sebuah model node (neuron) dengan 3 buah input

Jumlah dari input apabila lebih besar dari nilai threshold maka akan mengaktifkan node tersebut. Nilai threshold bermacam-macam, dan yang paling umum adalah fungsi Heaviside, yaitu:

$$f_h(x) = 1 \text{ bila } x > 0$$

$$f_h(x) = 0 \text{ bila } x \leq 0$$

Dengan demikian maka output, y , dapat ditulis dengan persamaan

$$y = f_h \left[\sum_{i=0}^n w_i x_i \right]$$

Beda antara y dengan nilai sebenarnya (dari observasi, atau nilai yang diinginkan) adalah bias, q yang dihitung dengan

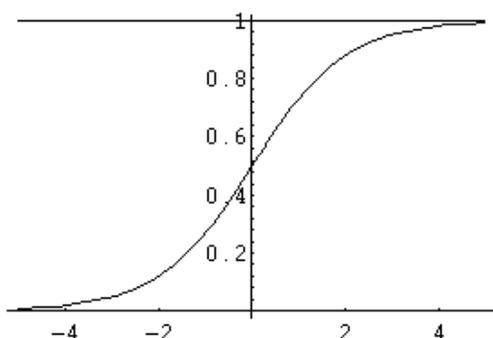
$$y = f_h \left[\sum_{i=1}^n w_i x_i - q \right]$$

Untuk memperkecil bias, maka nilai weight dicari dengan proses *learning* memakai data dari hasil pengamatan.

Salah satu fungsi yang juga sering dipakai pada neural network adalah fungsi **Sigmoid** yang mempunyai bentuk umum

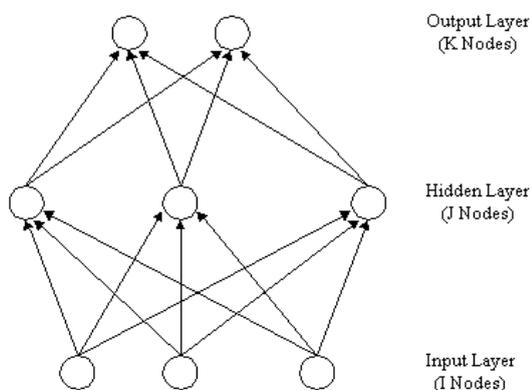
$$f(in) = 1/(1 + \exp(-in))$$

Fungsi ini sangat mendekati fungsi Heaviside, yaitu bila diberi nilai input yang cukup besar seperti ditunjukkan pada **Gambar 3**



Gambar 2 Fungsi sigmoid

Dalam masalah yang sebenarnya, neural network mempunyai banyak node, yang terbagi menjadi beberapa layer yaitu input layer, hidden layer dan output layer. Jumlah node pada input layer sama dengan jumlah variabel yang diamati, sedang jumlah node pada output layer sama dengan jumlah variabel output. Hidden layer dapat terdiri dari beberapa layer, dengan jumlah node yang biasanya ditentukan dengan mencoba-coba. Contoh dari multilayer network seperti pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Multi layer network terdiri dari input, hidden dan output layer.

Pada multilayer network seperti pada **Gambar 3**, output dari suatu layer dipakai sebagai input pada layer berikutnya. Jadi, output dari layer ke 1 (I-nodes), dipakai sebagai input pada hidden layer, sedang output hidden layer (J-nodes) dipakai sebagai input pada layer 3 (output layer, K-nodes). Dalam hal ini maka output pada layer K dapat ditulis dengan

$$y_k = \sum_i w_{ij} x_i + \sum_j w_{jk} f\left(\sum_i w_{ij} x_i\right)$$

Dari persamaan di atas tampak bahwa penyelesaian persamaan untuk mencari weight tergantung dari f , apakah Sigmoid, Heaviside, ataukah fungsi-fungsi lainnya. Selanjutnya penyelesaian persamaan untuk mendapatkan weight pada setiap layernya dilakukan dengan meminimalkan kesalahan (error) dari network.

Kesalahan dari network, E didefinisikan sebagai:

$$E = \sum_k (t_k - y_k)^2$$

dimana y_k adalah output pada layer K, sedang t_k adalah nilai target atau nilai sebenarnya yang didapat dari observasi pada layer K.

Persamaan ini diaplikasikan untuk semua pattern data. Weight dari satu node ke node lainnya, dicari dengan meminimalkan fungsi error diatas. Saat ini terdapat banyak algoritma untuk mencari weight, misalnya dengan *back error propagation* (BEP), yaitu:

$$\nabla_{jk} = \partial E / \partial w_{jk} = -2(t_k - y_k) f_j$$

$$\nabla_{ij} = \partial E / \partial w_{ij} = -2(t_k - y_k) w_{jk} f_j' \left(\sum_j x_j w_{ij} \right) x_i$$

$$w_{jk} (m+1) = w_{jk} (m) - \eta \nabla_{jk}$$

$$w_{ij}(m+1) = w_{ij}(m) - h \nabla_{ij}$$

h di dalam artificial neural network dinamakan learning factor, yang nilainya < 1.

4. APLIKASI PADA DATA CH DAN INFLOW DANAU TOWUTI

Untuk mempelajari respons inflow danau Towuti terhadap curah hujan (CH) maka dipilih data curah hujan dari beberapa penakar, yang dimuat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Daftar penakar

Penakar	Kode matriks network
Wawondula	V1
Damsite	V2
Timampu	V3
Palumba	V4
Tokalimbo	V5
Pekaloea	V6
Loeha	V7
Bantilang	V8

Aliran masuk ke Danau Towuti adalah nilai yang akan diteliti hubungannya dengan curah hujan yang tercatat dengan penakar hujan di 8 lokasi tersebut. Bila inflow diberi kode V9, maka akan terdapat hubungan fungsional seperti:

$$V9 = f(V1, V2, V3, V4, \dots)$$

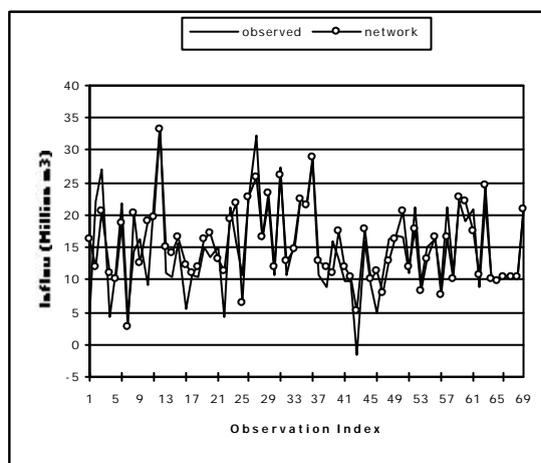
Langkah pertama dalam kajian ini adalah menentukan penakar-penakar yang mana yang berpengaruh secara langsung terhadap inflow, sedang curah hujan yang dimasukkan ke dalam perhitungan yaitu bila curah hujan kumulatif diantara 10-300 mm/hari.

Untuk menyederhanakan analisa, 6 penakar dipilih dari 8 penakar yang ada. Beberapa kali run dijalankan untuk mencari korelasi yang baik untuk merepresentasikan hubungan antara inflow dan curah hujan. Ringkasan dari beberapa percobaan seperti terlihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. R squared dan SSE dari beberapa run network (Hidden node=8, 10000 training)

No	Variable	RSq	SSE
1	1,2,3,4,5,6	0.6952	0.4167
2	1,2,4,5,7,8	0.6893	0.0042
3	1,2,3,6,7,8	0.6743	0.0037
4	1,2,3,4,5,8	0.5975	0.0045
5	1,2,3,4,7,8	0.7254	0.0032
6	1,2,3,5,7,8	0.4294	0.0064
7	Etc		

RSq = derajat korelasi
SSE = jumlah kuadrat error



Gambar 4. Perbandingan antara inflow hasil observasi dan neural network.

Dari beberapa run pada **Tabel 2**, run 5 menggambarkan korelasi yang paling baik. Karena itu penulis membuat analisa sensitivitas berdasarkan kombinasi ini.

5. Analisa kepekaan

Dalam operasi penyemaian awan sering kali kita harus menentukan daerah-daerah prioritas penyemaian. Salah satu kriteria yang dapat dipakai adalah dengan menentukan daerah yang lebih kuat pengaruhnya terhadap suatu kuantita yang diharapkan mengalami perubahan karena perlakuan. Analisa kepekaan dalam hal ini dilakukan dengan menentukan daerah mana yang memberikan perubahan yang lebih besar terhadap inflow. Untuk menentukan daerah yang berpengaruh kuat terhadap inflow danau Towuti, dilakukan dengan menaikkan curah hujan pada satu dari 6 buah penakar menjadi dua kalinya, kemudian dihitung kenaikan inflow kumulatif yang terjadi. Satu penakar dikatakan mempunyai pengaruh yang kuat terhadap inflow apabila memberikan kontribusi kenaikan yang lebih besar dibandingkan inflow asal. Pada tabel 3 ditunjukkan kenaikan inflow D. Towuti bila terjadi kenaikan curah hujan 2 kali lipatnya.

Tabel 3. Kenaikan inflow ke D. Towuti dengan kenaikan curah hujan 2 kali lipat pada tiap-tiap daerah

Penakar	Total inflow	Kenaikan
V1	1306	1.24
V2	1056	0
V3	1218	1.15
V4	1230	1.16
V7	1102	1.04
V8	1135	1.07

Dari tabel 3 terlihat bahwa Wawondula (V1) mempunyai korelasi paling kuat terhadap inflow D.

Towuti, sementara kenaikan curah hujan di Dam site (V2) tidak banyak berpengaruh terhadap inflow D. Towuti. Sebenarnya kuatnya pengaruh curah hujan di daerah Wawondula telah diduga sebelumnya berdasarkan pengamatan data yang panjang, namun belum dibuktikan secara kuantitatif.

6. Kesimpulan

Dari paper ini dapat dikemukakan bahwa metoda neural network dapat dipakai dalam masalah hidrologi sepeti untuk menentukan korelasi inflow dan curah hujan serta menentukan kepekaan inflow terhadap perubahan curah hujan. Dari analisa yang telah dilakukan dengan metoda tersebut pada inflow D. Towuti disimpulkan bahwa inflow sangat dipengaruhi oleh curah hujan di daerah-daerah Wawondula, Dam site, Timampu, Palumba, Loeha dan Bantilang. Selanjutnya dari analisa ditemukan bahwa inflow D. Towuti sangat peka terhadap perubahan curah hujan di Wawondula.

DAFTAR PUSTAKA

Beale, R dan T. Jackson (1991), *Neural Computing, an introduction*, Adam Hilger, New York

Ichikawa, H (1991), *Multilayer Neural Network, Application to Non-linear problems*, Kyouritsu Publish., Tokyo.

DATA PENULIS

Mahally Kudsy, lahir di Sumenep (1956), menamatkan pendidikan formal S1 Teknik Kimia UGM (1980), S2 Bidang Combustion dan Energy, Universitas Leeds, Inggris (1986), dan S3 bidang Teknik Kimia, Universitas Kyoto, Jepang (1983). Bekerja di BPPT sejak 1981, di UPTHB-BPPT sejak 1993. Mengikuti beberapa training mengenai komputasi, komunikasi data dan modelling baik di luar negeri maupun luar negeri. Training modeling RSM di IRI, UCSD, San Diego (1998). Sejak bekerja di UPTHB-BPPT penulis banyak menekuni tentang komunikasi data dan pengolahan data meteorologi.



Mohamad Husni, Lahir di Jakarta 11 Oktober 1961. Lulus Sarjana Geografi, Universitas Indonesia tahun 1986. Sejak tahun 1989 bekerja di Kelompok Hidrologi dan Lingkungan UPT Hujan Buatan Deputi TPSA BPP Teknologi