

MODEL PREDIKSI TIGGI MUKA AIR SUNGAI
KALI GARANG SEMARANG DENGAN JARINGAN SYARAF TIRUAN

Joko Windarto, Hidayat Pawitan, Suripin, * M Januar JP **)

Abstrak

One of the big rivers flowing in center of Semarang city is Garang river with watershed area about 220 km² and having characteristic such as big flood discharge and flash flood. Where flash flood on January 25th 1990, caused more than 45 people died and goods losses until 8.5 billion rupiahs. One of some models to predict water level is used black box model. Artificial Neural Network one's of the black bock model . In this research, Artificial Neural Network (ANN) with back propagation method is used to predict water level in Garang river where as input are rainfall in upstream of Garang river during two days, while as output is water level in downstream of Garang river for two hour later. Result of optimum predicting have MSE 0.0037 and average of error 1.18 %.

Key words: garang river, artificial neural network, back propagation.

Pendahuluan

Latar Belakang

Salah satu sungai besar yang mengalir ditengah tengah kota Semarang adalah Kali Garang . Kali Garang dengan luas DAS 220 km² dicirikan dengan debit aliran banjir yang besar dan datangnya cepat (*flash flood*) . Sungai Garang mempunyai pola meranting, dengan demikian banyak anak-anak sungainya. Anak sungai yang cukup besar yaitu Sungai Kreo dan Sungai Kripik, dimana panjang aliran Kali Garang dari hulu sampai ke hilir kurang lebih 30 km .

Adanya pemukiman penduduk yang padat disekitar Kali Garang sehingga banjir yang terjadi mengakibatkan kerugian yang sangat besar baik harta dan nyawa. Pada tanggal 25 Januari 1990 terjadi banjir bandang yang mengakibatkan lebih dari 45 orang meninggal dan kerugian harta benda yang begitu besar. Kerugian total ditaksir mencapai 8.5 milyar rupiah. Daerah yang mengalami kerugian terbesar meliputi Kecamatan Semarang Barat dan Semarang Selatan. Ketinggian genangan/banjir mencapai 3 meter selama 3 – 5 jam.

Dalam upaya mengurangi bencana banjir , aspek pengendalain banjir adalah sangat penting . Secara umum, pengendalian banjir dapat dibagi menjadi 2 (dua) yaitu upaya struktur dan non struktur. Upaya struktur antara lain pembangunan waduk, *floodway*, perbaikan alur sungai , retardasi (waduk alam). Dalam upaya pengendalian banjir, selain melalui upaya struktur dengan membangun bangunan prasarana pengairan pengendali banjir, perlu juga dikembangkan upaya non struktur antara lain *Flood Planning Zooning* dan *Flood Forecasting and Warning System (FFWS)* atau sistem prediksi dan peringatan dini banjir yang meliputi kegiatan prediksi (memperkirakan) besaran dan kapan akan terjadi banjir sekaligus pemberitahuan kepada masya-rakat yang kemungkinan akan terjadinya. Kejadian

banjir dapat diantisipasi dengan menggunakan sistem peringatan dini banjir.

Metode yang digunakan dalam prakiraan debit banjir dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu model matematis / konseptual dan model *black-box*. Prakiraan debit banjir secara konseptual adalah dengan memperhitungkan semua aspek siklus hidrologi yang ada dalam suatu DAS. Metode ini mempunyai banyak kendala di antaranyanya sulitnya mendapatkan data di lapangan, seperti tata guna lahan, evapotranspirasi, infiltrasi, perkolasi, interflow, dll. Sedangkan sistem prediksi banjir dalam peringatan dini banjir dengan menggunakan data curah hujan dan debit antara lain menggunakan metode *ARIMA (Auto Regresive Integrated Moving Average)* dan *ANN (Artifical Neural Network)* atau lebih dikenal jaringan syaraf tiruan. Dalam penelitian ini akan dibuat suatu sistem peringatan dini banjir dimana prediksi banjir dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan (*artificial neural network*)

Tujuan

Dalam tulisan ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan perangkat lunak yang dapat digunakan untuk meramalkan terjadinya banjir dengan cara memprediksi tinggi permukaan air 2 jam kedepan berdasarkan pola curah hujan di hulu Kali Garang dan tinggi permukaan air sebelumnya dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan metode pelatihan Perambatan-balik.

Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi atau daur hidrologi adalah gerakan air laut ke udara, kemudian jatuh ke permukaan tanah dan akhirnya kembali mengalir ke laut. Air laut menguap karena adanya radiasi matahari menjadi awan, kemudian awan yang terjadi bergerak di atas daratan karena tertiuip angin. Adanya tabrakan antara butir-butir uap air akibat desakan angin menyebabkan presipitasi. Presipitasi yang terjadi bisa berupa hujan, salju, hujan es dan embun.

*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro FT Undip

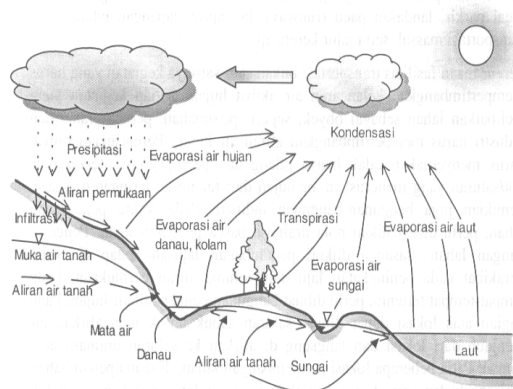
**) Staf Pengajar IPB

Setelah jatuh ke permukaan tanah, presipitasi akan menimbulkan limpasan permukaan (*surface run off*) yang mengalir kembali ke laut. Dalam perjalanan menuju ke laut beberapa bagian masuk kedalam tanah (*infiltrasi*) dan bergerak terus ke bawah (perkolasi) ke dalam daerah jenuh (*saturated zone*) yang terdapat di bawah permukaan air tanah. Air di dalam daerah ini bergerak perlahan-lahan melewati *aquifer* masuk ke sungai kemudian ke laut. Air yang masuk ke dalam tanah memberi hidup kepada tumbuhan dan ada diantaranya naik lewat *aquifer* diserap akar, batang dan daun sehingga terjadi transpirasi. Transpirasi adalah penguapan pada tumbuhan melalui bagian bawah daun yaitu stomata.

Permukaan tanah, sungai dan danau juga mengalami penguapan yang disebut evaporasi. Jika kedua proses penguapan di atas terjadi bersamaan maka disebut evapotranspirasi. Akhirnya air yang tidak menguap ataupun mengalami infiltrasi tiba kembali ke laut lewat sungai. Air tanah (*groundwater*) yang bergerak jauh lebih lambat keluar lewat alur-alur masuk ke sungai atau langsung merembes ke pantai. Maka seluruh siklus telah dijalani, kemudian akan berulang kembali.

Dengan demikian maka proses-proses yang terjadi dalam siklus hidrologi (seperti yang terlihat pada **Gambar 1**) adalah:

- Presipitasi.
- Evapotranspirasi.
- Infiltrasi dan perkolasi.
- Limpasan permukaan (*surface run off*) dan aliran air tanah (*groundwater flow*)
-



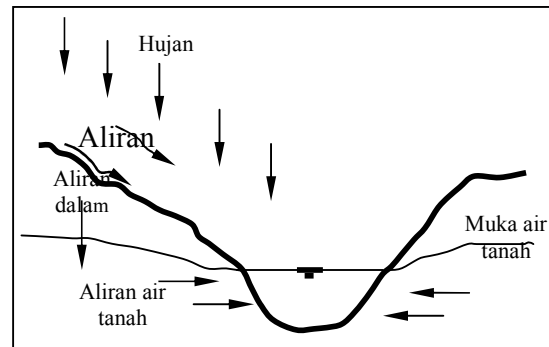
Gambar 1 Skema siklus hidrologi.

Limpasan (*Runoff*)

Jalur yang dijalani air hujan sejak mencapai bumi sampai masuk ke saluran sangat berliku-liku. Untuk memudahkan jalur tersebut dapat digambarkan menjadi 3 jalur utama, yaitu limpasan permukaan, aliran dalam tanah dan aliran air tanah.

Gambar 4 memperlihatkan aliran permukaan, aliran dalam tanah dan aliran air tanah yang seluruhnya menuju lembah sungai. Ketiga-tiganya secara keseluruhan dapat disebut sebagai limpasan yang

berasal dari daerah aliran sungai (DAS). Dari gambar di atas jelaslah bahwa semua aliran akan memberikan sumbangan pada aliran sungai.



Gambar 4 Tiga jalur utama yang dijalani air, yaitu aliran permukaan, aliran dalam tanah dan aliran air tanah.

Limpasan permukaan bisa diartikan sebagai air yang dalam perjalanannya menuju saluran berada di atas permukaan tanah. Aliran permukaan relatif pendek, karena itu aliran permukaan cepat mencapai alur pengaliran, dan bila ini terjadi dalam jumlah yang cukup banyak merupakan faktor penting penentu debit sungai. Aliran permukaan hanya dapat terjadi jika laju curah hujannya melampaui daya serap tanah atau kapasitas infiltrasi tanah setempat. Pada hujan yang kecil dan sedang, limpasan permukaan dapat terjadi hanya di daerah-daerah kedap dan jenuh kadar airnya atau aliran hujan jatuh langsung di atas permukaan air. Pada daerah pemukiman yang mempunyai persentase daerah kedap air yang tinggi, maka limpasan permukaan baik pada hujan kecil atau lebih besar lagi juga merupakan faktor penentu debit sungai.

Sebagian air yang berinfiltrasi ke dalam tanah dapat bergerak secara lateral melalui lapisan tanah atas sampai masuk sungai. Aliran ini disebut aliran antara atau aliran bawah permukaan atau juga disebut aliran dalam tanah. Aliran ini bergerak lebih lambat dari limpasan permukaan dan otomatis akan lebih lambat pula mencapai sungai. Meskipun alirannya lebih lambat dari aliran permukaan, jumlah aliran dalam tanah dapat lebih banyak, terutama pada hujan berintensitas sedang, dan oleh sebab itu dapat menjadi penyebab utama dari debit sungai. Banyak atau sedikitnya aliran dalam tanah tergantung dari ciri-ciri fisik daerah alirannya. Aliran yang berperkolasi ke bawah akan mencapai muka air tanah dan aliran tersebut masuk ke sungai sebagai aliran air tanah atau aliran dasar.

Tiga telusuran utama di atas dapat disederhanakan lagi menjadi limpasan langsung (*direct run off*) dan aliran dasar (*base flow*). *Direct run off* dianggap terdiri dari limpasan permukaan dan sebagian besar aliran dalam tanah, sedangkan *base flow* dianggap sebagian besar terdiri dari air tanah.

Dalam kaitannya dengan limpasan , faktor yang berpengaruh pada limpasan dikelompokkan menjadi 2 (dua) kelompok, yaitu faktor meteorologi dan karakteristik daerah tangkapan atau daerah aliran sungai (DAS) .

Faktor Meteorologi yang mempengaruhi limpasan adalah sbb :

- Intensitas hujan
- Durasi hujan
- Distribusi hujan

Sedangkan karakteristik DAS yang berpengaruh besar terhadap aliran permukaan meliputi : (1) luas dan bentuk DAS , (2) topografi , (3) tata guna lahan .

Pengertian Banjir dan Istilah Banjir

Banjir adalah suatu peristiwa terjadinya genangan pada suatu daerah yang biasanya kering dan bukan daerah rawa , atau terjadinya limpasan air dari alur sungai yang disebabkan debit sungai melebihi kapasitas pengalirannya. Secara umum , terdapat tiga istilah pengertian banjir yang dikaitkan dengan sungai di masyarakat yaitu :

- Suatu sungai dikatakan banjir apabila terjadi peningkatan debit aliran yang relative besar, pengertian ini biasa digunakan oleh para petugas hidrologi dan masyarakat umum /awam setempat.
- Suatu sungai dikatakan banjir apabila aliran air melimpas diluar alur sungai , pengertian ini biasa dipakai oleh instansi pengelola sungai / pengendali banjir.
- suatu sungai dikatakan banjir apabila aliran air melimpas ke luar alur sungai dan menimbulkan gangguan terhadap manusia. Pengertian ini biasa digunakan oleh media dalam kaitannya dengan informasi bencana banjir .

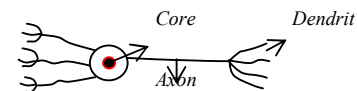
Dilihat dari bentuk kejadian banjir dapat dikategorikan banjir bandang dan banjir menggenang. Banjir bandang biasanya terjadi di daerah hulu , adalah luapan air yang datangnya secara tiba tiba dan menimbulkan kerusakan akibat kecepatan arus air. Sedangkan banjir genangan yang biasanya terjadi dihilir dan dataran rendah, adalah banjir yang menimbulkan kerusakan /gangguan akibat genangan air. Peristiwa terjadinya bencana banjir melibatkan 2 fenomena yaitu : kejadian banjir dan keberadaan manusia dan harta benda di daerah kejadian. Dengan demikian, jika terjadi luapan/genangan air yang mengganggu kehidupan manusia (melanda manusia dan harta benda) maka terjadilah bencana.

Penyebab banjir dapat dikategorikan dalam tiga faktor, yaitu : kondisi alam, yang bersifat statis ataupun dinamis. Kegiatan manusia yang bersifat dinamis serta sarana dan prasarana yang ada. Faktor alam antara lain: perubahan iklim global dan regional akibat efek rumah kaca/pemanasan global yang mempengaruhi iklim lokal. Faktor manusia antara lain perubahan tata ruang DAS, pemanfaatan sungai/

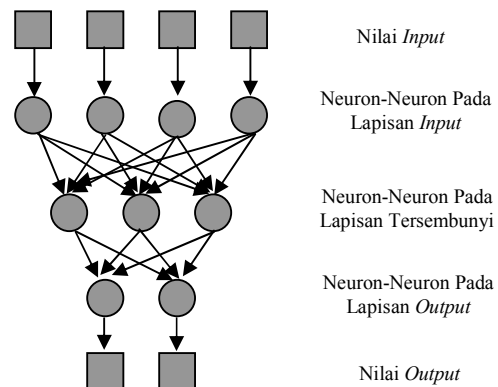
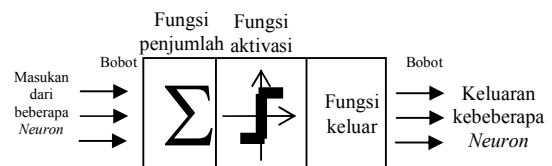
saluran sebagai tempat buangan sampah ,faktor sarana –prasarana antara lain :minimnya sarana pengendali banjir seperti saluran, kanal, polder, waduk, pompa air, pintu air, dll

Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan adalah merupakan system proses informasi yang mempunyai cara kerja dan karakteristik menyerupai jaringan syaraf manusia. Jaringan syaraf terdiri dari elemen elemen perosesan sederhana yang disebut neuron. Setiap neuron dihubungkan dengan neuron lain dengan link komunikasi yang disebut aritektur jaringan dimana jaringan yang saling berhubungan antar node-node atau simpul simpulnya dimana tiap tiap hubungan tersebut mempunyai bobot koneksi (weight) yang dilatih untuk mencapai response yang diinginkan. Masing masing bobot koneksi tersebut diharapkan memperoleh output yang diinginkan. Algoritma pembelajaran back propagation dapat menyelesaikan permasalahan model non linier.



Gambar 3. Model sel saraf manusia



Gambar 4. Jaringan syaraf tiruan dengan 3 lapisan

Perambatan-balik (Backpropagation)

Proses pelatihan perambatan balik meliputi tiga tahap, yaitu : prosedur umpan maju, perhitungan serta perambatan balik kesalahan, dan penyesuaian bobot.

Algoritma perambatan balik diuraikan dalam langkah-langkah atau alur prosedur sebagai berikut.

Langkah 1: Setiap unit masukan ($X_n, n = 1, \dots, n$) menerima sinyal-sinyal masukan x_n dan

mengirimkan sinyal-sinyal ini ke unit-unit selanjutnya (unit-unit tersembunyi).
Langkah 2: Setiap unit tersembunyi ($I_h, h = 1, \dots, h$) menjumlahkan sinyal-sinyal terbobotnya :

$$i_in_h = \theta_{hn} + \sum_n x_n w_{hn} \quad (1)$$

Kemudian menerapkan fungsi aktifasinya untuk menghitung sinyal keluarannya :

$$I_h = f(i_in_h) \quad (2)$$

lalu mengirimkannya pada semua unit lapis lapis keluaran.

Langkah 3: Setiap unit keluaran ($O_k, k = 1, \dots, k$) menjumlahkan sinyal masukan terbobotnya :

$$o_in_k = \theta_{kh} + \sum_h i_h w_{kh} \quad (3)$$

Kemudian menerapkan fungsi aktifasi untuk menghitung sinyal keluarannya :

$$o_k = f(o_in_k) \quad (4)$$

Perhitungan dan perambatan balik kesalahan

Langkah 4: Pada setiap unit keluaran ($O_k, k = 1, \dots, k$) menerima sebuah pola keluaran target yang berhubungan dengan pola masukan pelatihan, untuk menghitung informasi kesalahannya,

$$\delta_k = (t_k - o_k) f'(o_k) \quad (5)$$

Lalu dihitung besar koreksi bobotnya (untuk memperbaiki w_{kh}).

$$\Delta w_{kh} = \alpha \delta_k I_h \quad (6)$$

Selanjutnya dihitung besar koreksi biasnya (yang akan digunakan untuk memperbaiki θ_{kh}).

$$\Delta \theta_{kh} = \alpha \delta_k \quad (7)$$

dan mengirimkan δ_k ke unit-unit lapis tersembunyi.

Langkah 5: Pada setiap unit tersembunyi ($I_h, h = 1, \dots, h$) masukan deltanya (dari unit-unit lapis keluaran) dijumlahkan.

$$\delta_in_h = \sum_k \delta_k w_{kh} \quad (8)$$

Kemudian hasil ini akan digunakan untuk menghitung besar informasi kesalahannya,

$$\delta_h = \delta_in_h f'(i_h) \quad (9)$$

Lalu dihitung besar koreksi bobotnya (untuk memperbaiki w_{hn}),

$$\Delta w_{hn} = \alpha \delta_h x_n \quad (10)$$

Dan dihitung koreksi biasnya (untuk memperbaiki θ_{hn}),

$$\Delta \theta_{hn} = \alpha \delta_h \quad (11)$$

Perbaiki bobot dan bias

Langkah 6: Masing-masing unit keluaran $O_k, (k = 1, \dots, k)$ diperbaiki bobot dan biasnya.

$$w_{kh} (baru) = w_{kh} (lama) + \Delta w_{kh} \quad (12)$$

$$\theta_{kh} (baru) = \theta_{kh} (lama) + \Delta \theta_{kh} \quad (13)$$

Langkah 7: Masing-masing unit tersembunyi ($I_h, h = 1, \dots, h$) diperbaiki bobot dan biasnya.

$$w_{hn} (baru) = w_{hn} (lama) + \Delta w_{hn} \quad (14)$$

$$\theta_{hn} (baru) = \theta_{hn} (lama) + \Delta \theta_{hn} \quad (15)$$

Langkah 8: Proses berhenti pada saat koreksi kesalahan mencapai minimum.

Konvergen akan lebih cepat dicapai bila menggunakan penambahan metode momentum untuk perbaikan bobot. Perumusan bobot unit keluaran perambatan balik dengan momentum terlihat dalam persamaan berikut.

$$w_{kh}(t+1) = w_{kh}(t) + \alpha \delta_k I_h + \mu [w_{kh}(t) - w_{kh}(t-1)] \quad (16)$$

atau,

$$\Delta w_{kh}(t+1) = \alpha \delta_k I_h + \mu \Delta w_{kh}(t) \quad (17)$$

perbaiki pada unit tersembunyi :

$$w_{hn}(t+1) = w_{hn}(t) + \alpha \delta_h x_n + \mu [w_{hn}(t) - w_{hn}(t-1)] \quad (18)$$

atau,

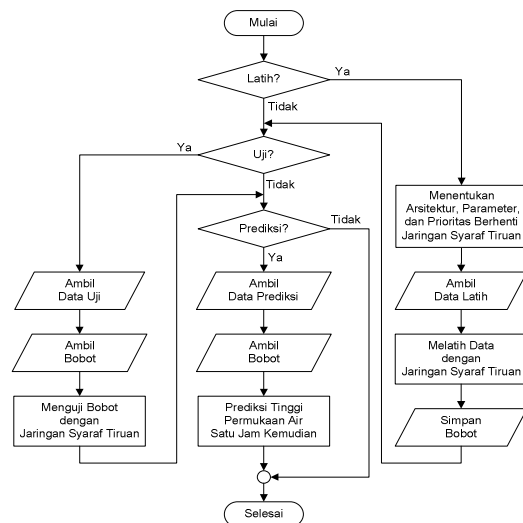
$$\Delta w_{hn}(t+1) = \alpha \delta_h x_n + \mu \Delta w_{hn}(t) \quad (19)$$

Setelah pelatihan, sebuah JST perambatan-balik hanya menggunakan tahap umpan-maju untuk prosedur peramalan. Hasil perhitungan aktivasi Y_k dari proses umpan-maju peramalan merupakan keluaran akhir jaringan. Untuk inialisasi bobot awalnya digunakan bobot-bobot hasil pelatihan.

Metodologi

Perancangan Jaringan Syaraf Tiruan

Perancangan JST perambatan-balik meliputi penentuan ukuran jaringan, yaitu jumlah lapis dan simpul jaringan yang diperlukan, penentuan parameter-parameter, penentuan jenis fungsi aktivasi dan terakhir mengimplementasikannya dalam bahasa pemrograman. Diagram alir untuk perancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.

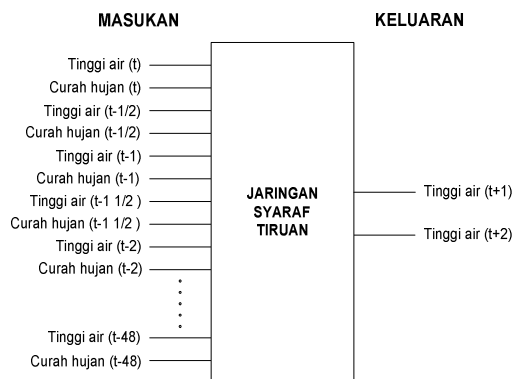


Gambar 3. Diagram alir perancangan perangkat lunak

Ukuran Jaringan (*Network Size*)

Jumlah simpul pada lapis masukan tergantung pada jumlah data yang akan diumpankan pada jaringan. Dalam perancangan ini terdapat 192 buah data masukan untuk setiap prosesnya sehingga jumlah simpul pada lapis masukan berjumlah 192 simpul.

Simpul pada lapis keluaran ada dua buah yaitu prediksi untuk satu dan dua jam ke depan, sehingga ukuran JST perambatan balik yang dirancang dalam tugas akhir ini seperti terlihat pada Gambar 4 berikut.



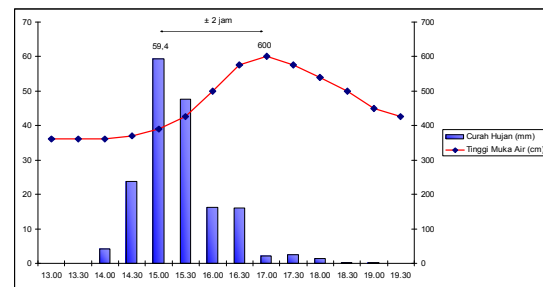
Gambar 4. Blok diagram sistem peramalan tinggi permukaan air dengan Jaringan Syaraf Tiruan

Hasil dan Pembahasan

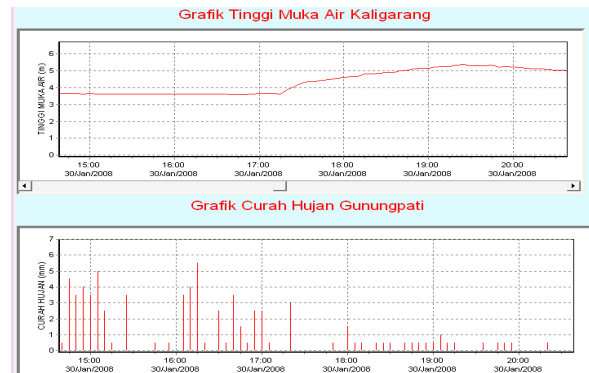
Analisa Data Curah Hujan dan Tinggi Muka Air

Untuk melihat time response banjir Kali Garang, dapat digunakan data banjir tanggal 25 Desember 2006. Dari catatan data tinggi muka air bendung Simongan oleh Subdin PU Pengairan Kota Semarang dan catatan data curah hujan di Stasiun Gunung Pati dari peralatan pengukur hujan milik BPTP Jateng (Gambar 5) dapat dilihat bahwa response banjir Kali Garang adalah cepat yaitu berkisar 3 jam.

Gambar 6 adalah contoh hasil pencatatan data curah hujan di Gunung Pati dan tinggi muka air di Bendung Simongan dengan sistem telemetri menggunakan SMS secara *real time*. Dari Gambar 6 terlihat bahwa beda waktu antara saat turun hujan dengan waktu kenaikan tinggi muka air adalah kurang dari 3 jam. Dari hasil analisa data sekunder dan pencatatan curah hujan secara *real time*, maka diambil waktu terbaik untuk prakiraan tinggi muka air adalah 2 jam ke depan.



Gambar 5 Grafik tinggi muka air di Bendung Simongan dan curah hujandi Stasiun Gunung Pati pada tanggal 25Desember 2006



Gambar 6 Hasil pencatatan secara real time curah hujan dan tinggi muka air di Kali Garang

Pengumpulan Data

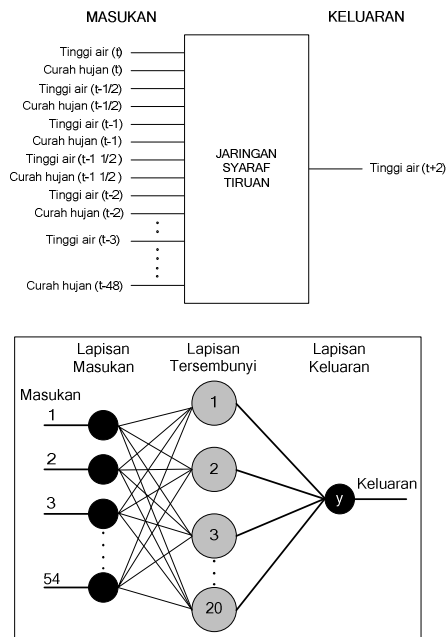
Data yang diperlukan pada aplikasi jaringan syaraf tiruan ini antara lain data untuk pelatihan, data untuk pengujian, data untuk prediksi, dan data bobot. Data untuk pelatihan dan data untuk pengujian adalah berupa data tinggi air dan data curah hujan dalam jangka waktu tertentu. Data yang digunakan pada proses pelatihan adalah data tinggi air dan curah hujan selama 3 bulan yaitu pada bulan Januari – maret 2008 . Data masukan berupa curah hujan dan tinggi muka air dengan selang waktu 30 menit sehingga jumlah datanya adalah 4.320 data tinggi air dan 4.320 data curah hujan.. Dalam prediksi ini, data masukan curah hujan diubah ubah menjadi 2 hari kebelakang, 3 hari kebelakang dan 4 hari kebelakang untuk memprediksi tinggi muka air dua jam ke depan.

Hasil Model Prediksi

Dalam membangun model prediksi tinggi muka air dengan JST, pertama tama adalah dengan membangun model dengan inputan yang berbeda beda sejumlah lima model yaitu seperti pada Tabel 5. Kelima model ini akan diuji menggunakan JST dengan arsitektur 1 lapis tersembunyi 20 neuron seperti pada Gambar 7.

Tabel 5 Struktur data masukan pada jaringan syaraf tiruan

Model	Masukan Tinggi Muka Air	Masukan Curah Hujan	Output Tinggi Muka Air
1	3 jam ke belakang	1 hari ke belakang	2 jam ke depan
2	3 jam ke belakang	2 hari ke belakang	2 jam ke depan
3	3 jam ke belakang	3 hari ke belakang	2 jam ke depan
4	3 jam ke belakang	4 hari ke belakang	2 jam ke depan
5	3 jam ke belakang	5 hari ke belakang	2 jam ke depan



Gambar 7 Contoh struktur data masukan dan aritektur JST untuk model satu

Data yang diperlukan pada aplikasi jaringan syaraf tiruan antara lain adalah data untuk pelatihan, data untuk pengujian, data untuk prediksi, dan data bobot. Data untuk pelatihan dan data untuk pengujian adalah berupa data tinggi air dan data curah hujan dalam jangka waktu tertentu.

Data yang digunakan pada proses pelatihan adalah data tinggi air dan curah hujan selama 3 bulan (Januari – Maret 2008) dengan selang waktu 30 menit sehingga jumlahnya 4.320 data curah hujan. Dari hasil pelatihan dilanjutkan dengan pengujian dengan data tinggi air dan curah hujan selama jangka waktu tertentu (tanggal 18 April s/d 21 April 2008). Dari hasil pelatihan dan pengujian didapat hasil pengujian yang paling optimum adalah dengan masukan data dengan curah hujan 4 hari ke belakang (lihat Tabel 6). Sedangkan grafik pengujian untuk 20 neuron dengan masukan 4 hari data curah hujan ke belakang ada pada Gambar 8.

Tabel 6 Hasil perhitungan JST dengan masukan data curah hujan bervariasi dengan 20 neuron dan satu lapisan tersembunyi

Masukan Data Curah Hujan	MSE	Kesalahan rata rata	Kesalahan rata rata	
			Puncak I	Puncak II
1 hari ke belakang	0,00370	2,66	3,49	2,20
2 hari ke belakang	0,00382	3,18	4,22	2,51
3 hari ke belakang	0,00366	1,94	3,26	2,06
4 hari ke belakang	0,00370	1,18	2,02	1,91
5 hari ke belakang	0,00373	1,72	3,02	1,81



Gambar 8 Grafik pengujian antara target dan prediksi untuk data masukan 4 hari ke belakang

Dari hasil Tabel 6, maka dilakukan pengujian arsitektur JST dengan variasi perubahan jumlah neuron 10, 20, 30, 40 dan 50 dengan data masukan curah hujan 4 hari ke belakang dengan hasil selengkapnya ada pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil perbandingan perubahan jumlah neuron dalam satu lapisan tersembunyi dengan masukan data curah hujan 4 hari ke belakang

Jumlah Neuron dalam Satu Lapisan Tersembunyi	MSE	Kesalahan rata rata	Kesalahan rata rata	
			Puncak I	Puncak II
10	0,00415	1,22	2,21	1,81
20	0,00370	1,18	2,02	1,91
30	0,00318	1,21	2,25	2,11
40	0,00309	1,15	2,22	2,04
50	0,00270	1,27	2,38	2,15

Kesimpulan dan Saran

Dari hasil prediksi dengan JST, didapat model empat dengan jumlah neuron 20 memiliki kesalahan rata rata terkecil yaitu 1,18% dan pada saat puncak I adalah 2,02% serta puncak II adalah 1,91%.

Penelitian ini adalah penelitian tahap awal dari sistem prediksi banjir dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan sehingga model yang digunakan tetap harus dilatih dengan data yang lebih banyak sehingga ketelitian prediksi akan lebih baik lagi. Karena dalam JST, semakin lama sistem JST belajar maka hasilnya akan lebih baik. Dan pintar untuk mengenaiki karakteristik sungai. penelitian peringatan dini banjir secara *real time*, sehingga masih perlu ditingkatkan lagi untuk lebih sempurna lagi seperti pengiriman informasi dapat dikirim di Pusat Penanggulangan Bencana Nasional di Jakarta.

Daftar Pustaka

1. Anwar S, *Pengembangan Indikator Sistem Peringatan Dini dan Teknik Prakiraan Debit Banjir Sungai Cimanuk*. Disertasi, Bogor: Sekolah Pasca Sarjana IPB .2005
2. Atiya, AF and Shahan, SI, *A Comparison between Neural Network Forecasting Techniques*, IEEE Trans. On Neural Network vol. 10.1994
3. Chow, V.T., *Handbook of Applied Hydrology*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1964.
4. Hermawan, A., *Jaringan Syaraf Tiruan Teori dan Aplikasinya*, Andi, Yogyakarta, 2006.
5. Kristanto, Andri, *Jaringan Syaraf Tiruan (Konsep Dasar, Algoritma, dan Aplikasi)*, Gava Media, Yogyakarta, 2004.
6. Kusumadewi, S., *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2003.
7. Loebis, J., Soewarno, dan Supriyadi, *Hidrologi Sungai*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, 1993.
8. Nasution, I.R., *Hidrologi untuk Perencanaan Jembatan*, USU Repository, Medan, 2006.
9. Pham, D.T., and X. Liu, *Neural Network for Identification, Prediction and Control*, Springer, New York, 1995.
10. Puspitaningrum, D., *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan*, ANDI, Yogyakarta, 2006.
11. Ritung, S., Wahyunto, F.Agus, dan H. Hidayat, *Panduan Evaluasi Kesesuaian Lahan*, Balai Penelitian Tanah dan ICRAF, Bogor, 2007.
12. Schalkoff, R.J., *Pattern Recognition : Statistical, Struktural and Neural Approaches*, John Wiley & Sons, Inc., 1992.
13. Setiawan B.I dan Rudiyanto, 2004. *Aplikasi Neural Networks untuk Prediksi Aliran Sungai*, Prosiding Semiloka Teknologi Simulasi dan Komputasi serta Aplikasi. 2004
14. Siang, J.J., *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemogramannya menggunakan Matlab*, ANDI, Yogyakarta, 2005.