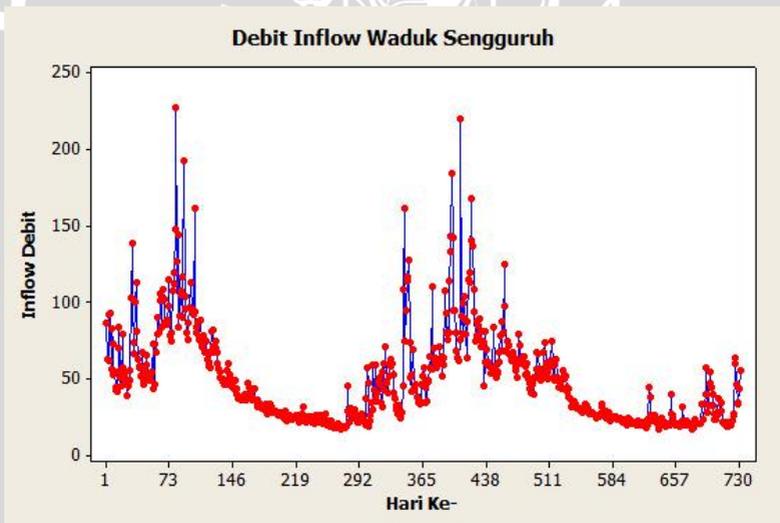


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data *Inflow* Debit Air Waduk Sengguruh

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah *inflow* debit air waduk sengguruh selama dua tahun, yaitu tahun 2009 dan 2010. *Inflow* debit air waduk Sengguruh ini dipengaruhi oleh curah hujan di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas yang menginduk ke waduk Sengguruh.

Data curah hujan yang mempengaruhi debit *inflow* ini merupakan curah hujan kumulatif selama satu hari pencatatan dari 4 stasiun pencatat otomatis disekitar DAS Brantas yaitu stasiun Wagir, stasiun Tangkil, stasiun Dampit dan stasiun Pujon dengan satuan millimeter (mm). Plot *inflow* debit air harian waduk Sengguruh tahun 2009 dan 2010 adalah sebagai berikut.

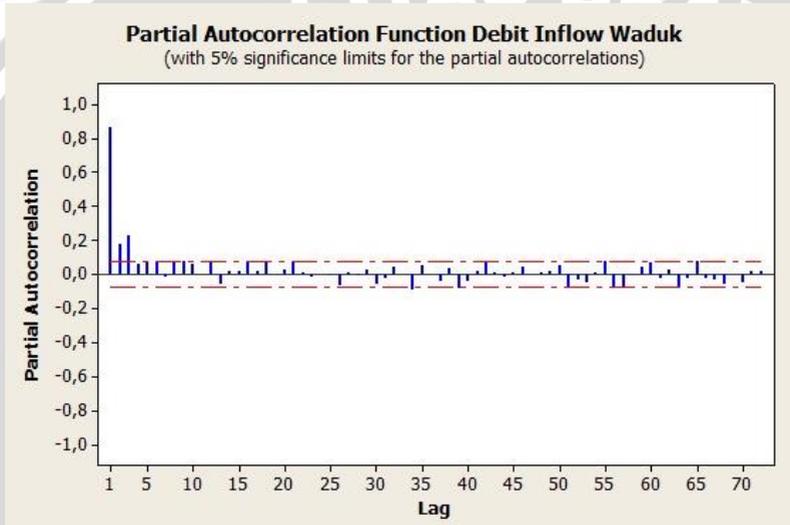


Gambar 4.1 *Inflow* debit air harian waduk Sengguruh (2009-2010)

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa data *time series inflow* debit air waduk Sengguruh bersifat fluktuatif dimana penentuan besarnya *inflow* debit air tiap hari yang akan dilepas pada waduk sangat sulit ditentukan.

4.2 Struktur *Input Jaringan* Menggunakan Variabel Lag

Variabel lag adalah variabel yang akan digunakan sebagai struktur *input* dari arsitektur jaringan syaraf tiruan *Backpropagation*. Untuk memperoleh variabel lag maka dilakukan plot PACF terhadap data debit inflow (X_t). PACF bertujuan untuk melihat lag berapa saja yang berpengaruh terhadap data *time series inflow* debit air (X_t) yaitu dengan melihat data yang keluar garis (beda nyata). Plot PACF data debit *inflow* waduk Sengguruh adalah sebagai berikut.



Gambar 4.2 Plot PACF data *inflow* debit air waduk

Berdasarkan Gambar 4.2 maka lag yang beda nyata atau melewati garis adalah lag-1, lag-2 dan lag-3. Dengan demikian maka variabel lag yang berpengaruh terhadap X_t adalah X_{t-1} , X_{t-2} dan X_{t-3} sehingga struktur *input* untuk arsitektur jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* dalam peramalan ini adalah sebagai berikut.

Tabel 4.1 Struktur *input* JST *Backpropagation*

Input			Target (X_t)
X_{t-1}	X_{t-2}	X_{t-3}	
...

4.3 Arsitektur Jaringan Dan Inisialisasi Parameter

Tahap selanjutnya adalah penentuan arsitektur jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* yang diduga menghasilkan *MSE* yang minimal. Arsitektur jaringan yang akan dicoba dalam penelitian ini menggunakan *hidden layer* dengan jumlah *neuron* kelipatan 5 (5, 10, 15 dan 20). Tabel arsitektur jaringan yang akan diuji coba adalah sebagai berikut.

Tabel 4.2 Arsitektur jaringan peramalan harian umum

No	Arsitektur Jaringan	Keterangan
1	3 – 5 – 1	3 <i>Input layer</i> – 5 <i>Hidden layer</i> – 1 <i>output layer</i>
2	3 – 10 – 1	3 <i>Input layer</i> – 10 <i>Hidden layer</i> – 1 <i>output layer</i>
3	3 – 15 – 1	3 <i>Input layer</i> – 15 <i>Hidden layer</i> – 1 <i>output layer</i>
4	3 – 20 – 1	3 <i>Input layer</i> – 20 <i>Hidden layer</i> – 1 <i>output layer</i>

Berdasarkan Tabel 4.2 lapisan *input* terdiri dari 3 *neuron* dan 1 *neuron* pada lapisan *output*. Sedangkan banyaknya *neuron* pada lapisan tersembunyi (*hidden*) adalah bagian yang harus diuji coba dengan mengacu pada beberapa penelitian sehingga hasil peramalan memiliki *MSE* yang minimum menggunakan metode *trial and error* karena sejauh ini belum ada metode pasti untuk penentuan banyaknya *neuron* pada *hidden layer*.

Dalam jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* selain menentukan struktur jaringan yang akan diuji coba, dibutuhkan parameter-parameter yang digunakan dalam konsep peramalan. Parameter tersebut digunakan sebagai nilai masukan sedemikian sehingga dalam proses peramalan menggunakan *Backpropagation Neural Network* menghasilkan *MAPE* dan *MSE* yang minimum. Parameter tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel 4.3 Inisialisasi Parameter JST *Backpropagation*

No	Parameter	Nilai Parameter
1	Bobot awal	Lampiran 2
2	<i>Maximum Epoch</i>	10000
3	<i>Learning rate</i>	0.5
4	Toleransi <i>error</i>	0.001
5	Fungsi aktivasi	<i>logsig, purelin</i>

4.4 Peramalan Harian Umum *Inflow* Debit Air Waduk Sengguruh

Peramalan harian umum *inflow* debit air waduk Sengguruh adalah peramalan harian secara umum menggunakan data ramalan keseluruhan debit *inflow* selama dua tahun (2009 dan 2010) sehingga *output* yang diharapkan berupa hasil peramalan debit *inflow* dalam periode waktu tertentu bergantung pada banyaknya data *training* dan data *testing* dari tahapan *Backpropagation Neural Network*. Besaran untuk penggunaan data *training* adalah 80% dari total keseluruhan data aktual, sedangkan data *testing* sebanyak 20% dari total data. Berikut tabel jumlah data yang akan digunakan dalam peramalan debit *inflow* waduk Sengguruh dengan *input* variabel lag.

Tabel 4.4 Data *training* dan *testing* peramalan harian umum

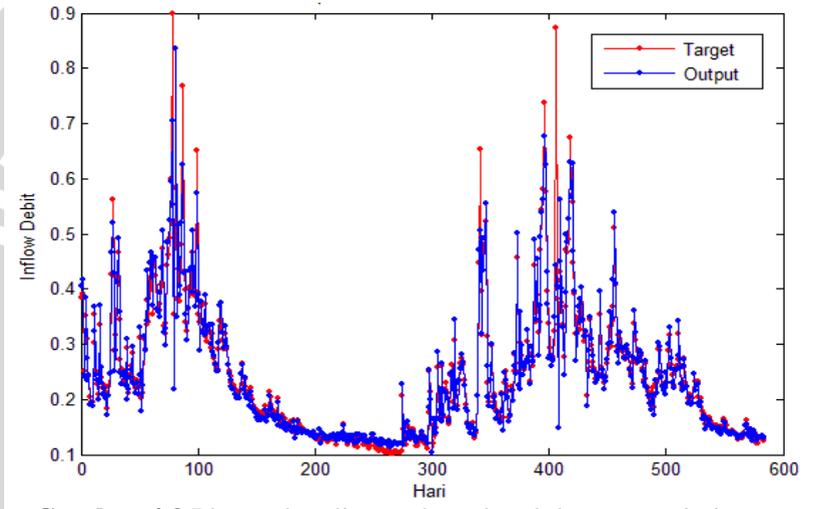
No	Data <i>Inflow</i> Debit	Persentase	Angka
1	Jumlah Data Aktual	100%	728
2	Jumlah Data <i>Training</i>	80%	584
3	Jumlah Data <i>Testing</i>	20%	144

Berdasarkan arsitektur jaringan dan inisialisasi parameter yang telah ditentukan, maka dilakukan uji coba menggunakan arsitektur jaringan dan parameter tersebut. Dalam peramalan debit *inflow* waduk Sengguruh, terdapat dua proses utama yaitu proses *training* dan proses *testing*. Proses *training Backpropagation Neural Network* dilakukan dengan tujuan membentuk pola dari jaringan syaraf tiruan sehingga mampu mengenali suatu masukan data yang benar-benar berbeda dari data *training*, dalam hal ini adalah data pengujian (*testing*). Hasil pengujian dari arsitektur tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel 4.5 *MSE training* dan *testing* peramalan harian umum

No	Arsitektur Jaringan	<i>MSE Training</i>	<i>MSE Testing</i>
1	3 – 5 – 1	0.00099811	0.00021935
2	3 – 10 – 1	0.00099744	0.00016538
3	3 – 15 – 1	0.00099224	0.00011960
4	3 – 20 – 1	0.00099901	0.00012593

Berdasarkan Tabel 4.5 terlihat bahwa arsitektur jaringan (3-15-1) mempunyai nilai *MSE* terkecil dari 4 arsitektur yang diuji coba yaitu 0.00099224 pada proses *training* dan 0.00011960 pada proses *testing*. *MSE* pada tahap *training* memiliki pola bahwa semakin banyak *neuron* pada *hidden layer* semakin baik hasil peramalan yang diperoleh. Tetapi pada saat jumlah *neuron* pada *hidden layer* menjadi 20, nilai peramalan kembali membesar nilai *MSE* nya. Plot perbandingan data aktual dan output jaringan proses training adalah sebagai berikut.



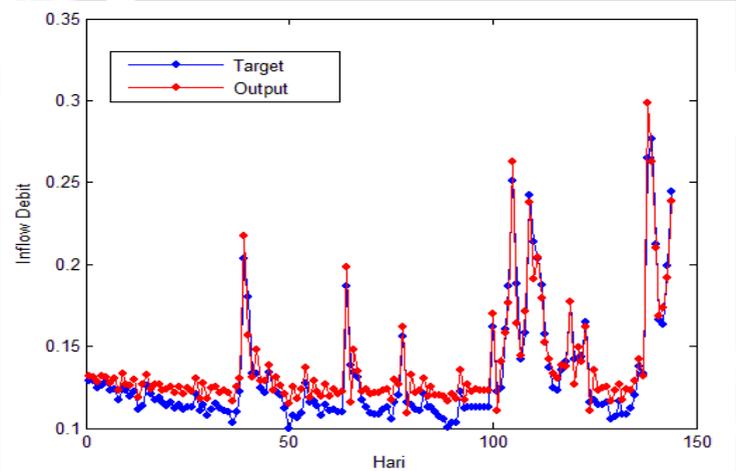
Gambar 4.3 Plot perbandingan data aktual dan *output* jaringan harian umum tahap *training*

Sedangkan nilai *MAPE* proses *training* dan *testing* menggunakan jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* sebagai indikator akurasi hasil peramalan adalah sebagai berikut.

Tabel 4.6 *MAPE training* dan *testing* peramalan harian umum

No	Arsitektur Jaringan	<i>MAPE Training</i>	<i>MAPE Testing</i>
1	3 – 5 – 1	7.0626 %	8.4824 %
2	3 – 10 – 1	7.153 %	6.4917 %
3	3 – 15 – 1	7.792 %	5.1431 %
4	3 – 20 – 1	5.4756 %	6.0021 %

Nilai *MAPE* yang menandakan tingkat akurasi hasil peramalan suatu arsitektur jaringan diperoleh 7.792 % pada proses pelatihan dan 5.1431 % pada tahap pengujian. Artinya bahwa jumlah *hidden layer* yang sesuai dengan arsitektur jaringan dalam peramalan debit *inflow* harian umum ini adalah 15 *neuron* pada *hidden layer*. Plot perbandingan data aktual dan *output* jaringan pada tahap pengujian peramalan debit *inflow* harian umum sebagai berikut.



Gambar 4.4 Plot perbandingan data aktual dan *output* jaringan harian umum tahap *testing*

Berdasarkan Gambar 4.4 diatas terlihat bahwa hasil peramalan jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* mampu mengikuti pola data aktual yang ada. Nilai *error* terbesar dari hasil perbandingan antara *output* dan data aktual yaitu pada peramalan hari ke-138 dengan besar *error* 0.033949 dimana pada *output* jaringan menghasilkan 0.29848 sedangkan data aktual *inflow* debit air yang ada adalah 0.26453. Data keluaran tersebut merupakan data normalisasi jaringan syaraf tiruan *Backpropagation*. Data hasil peramalan harian umum debit *inflow* waduk Sengguruh dengan *input* variabel lag selengkapnya bisa dilihat pada Lampiran 3.

Berdasarkan arsitektur terbaik Tabel 4.5 maka arsitektur jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* terbaik dengan fungsi aktifasi sigomid polar adalah arsitektur (3-15-1) dengan bobot awal

dan akhir seperti pada Lampiran 2 sehingga persamaan yang diperoleh untuk *inflow* debit harian umum adalah :

$$Y_k = f(w_j^0 + \sum_{i=1}^{15} (f(v_j^0 + \sum_{i=1}^3 x_i v_{ji})w_{jk}))$$

Dimana :

- Y_k : *Output inflow* debit air ($k = 1, 2, \dots, 144$)
- v_{j0} : Bobot bias *input layer* menuju *hidden layer* ($j = 1, 2, \dots, 15$)
- v_{ji} : Bobot dari *input layer* menuju *hidden layer* ($j = 1, 2, \dots, 15$)
- w_{j0} : Bobot bias *hidden layer* menuju *output layer* ($j = 1, 2, \dots, 15$)
- w_{ji} : Bobot dari *hidden layer* menuju *output layer* ($j = 1, 2, \dots, 15$)
- x_i : *Input inflow* debit (x_1, x_2, x_3)
- f : fungsi sigmoid polar

4.5 Peramalan Mingguan *Inflow* Debit Air Waduk Sengguruh

Peramalan mingguan *inflow* debit air adalah jumlah *inflow* debit air yang dilepaskan selama satu minggu yang merupakan agregasi dari hari senin sampai dengan minggu (7 hari). Untuk melakukan peramalan *inflow* debit air mingguan digunakan data ramalan mingguan. Besaran untuk penggunaan data *training* adalah 80% dari total data aktual, sedangkan data *testing* sebanyak 20% . Berikut tabel jumlah data yang akan digunakan dalam peramalan mingguan *inflow* debit air waduk Sengguruh dengan *input* variabel lag.

Tabel 4.7 Data *training* dan *testing* peramalan mingguan

No	Data <i>Inflow</i> Debit	Persentase	Angka
1	Jumlah Data Aktual	100%	103
2	Jumlah Data <i>Training</i>	80%	83
3	Jumlah Data <i>Testing</i>	20%	20

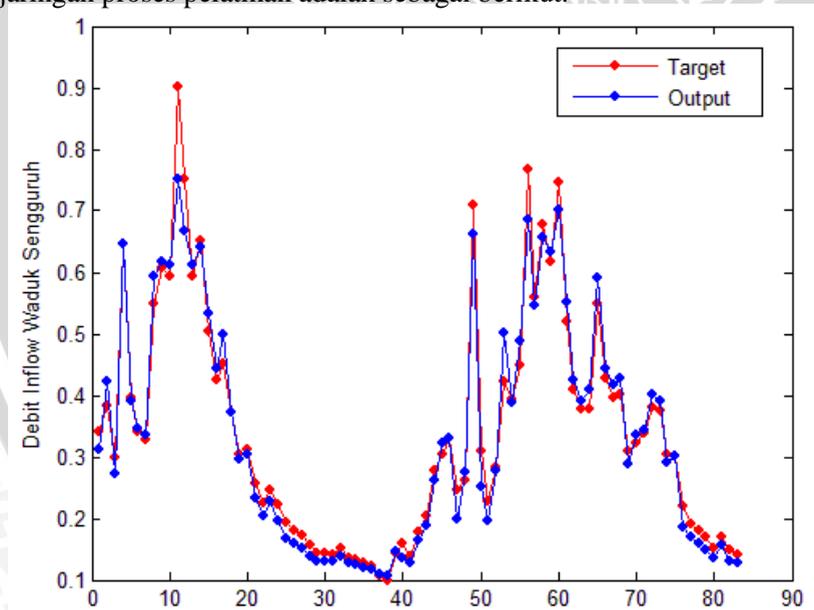
Berdasarkan arsitektur jaringan dan inisialisasi parameter yang telah ditentukan dalam peramalan *inflow* debit air mingguan, maka dilakukan uji coba menggunakan arsitektur jaringan dan parameter yang telah ditentukan menggunakan *Backpropagation*

Neural Network. Hasil pelatihan dan pengujian dari arsitektur tersebut menghasilkan *MSE* seperti Tabel 4.8 sebagai berikut.

Tabel 4.8 *MSE training* dan *testing* peramalan mingguan

No	Arsitektur Jaringan	<i>MSE Training</i>	<i>MSE Testing</i>
1	3 – 5 – 1	0.00098077	0.00010166
2	3 – 10 – 1	0.00099984	0.00038608
3	3 – 15 – 1	0.00099343	0.00042902
4	3 – 20 – 1	0.00099654	0.00054320

Dari Tabel 4.8 tersebut terlihat bahwa arsitektur terbaik yang menghasilkan nilai *MSE* paling minimum adalah arsitektur jaringan (3–5–1) dengan nilai *MSE* pada proses pelatihan 0.00098077 dan *MSE* pada tahap pengujian adalah 0.00010166. Sedangkan nilai *MSE* arsitektur jaringan lain dengan jumlah *neuron* pada *hidden layer* semakin banyak, maka nilai *MSE* yang dihasilkan juga semakin tinggi. Plot perbandingan data aktual dan *output* jaringan proses pelatihan adalah sebagai berikut.



Gambar 4.5 Plot perbandingan data aktual dan *output* jaringan mingguan tahap *training*

Sedangkan nilai *MAPE* hasil pengujian arsitektur *inflow* debit air mingguan proses *training* dan *testing* menggunakan jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* adalah sebagai berikut.

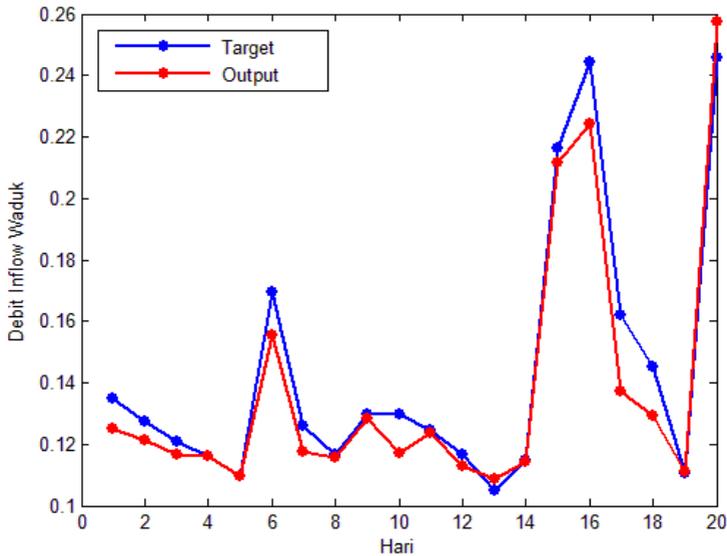
Tabel 4.9 *MAPE training* dan *testing* peramalan mingguan

No	Arsitektur Jaringan	<i>MAPE Training</i>	<i>MAPE Testing</i>
1	3 – 5 – 1	3.8737 %	4.3371 %
2	3 – 10 – 1	6.7394 %	11.1570 %
3	3 – 15 – 1	5.8773 %	11.8230 %
4	3 – 20 – 1	6.8654 %	11.7645 %

Nilai *MAPE* minimum yang dihasilkan dari proses pengujian dan pelatihan peramalan *inflow* debit air mingguan menggunakan jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* adalah 3.8737 % pada proses *training* dan 4.3371 % pada proses *testing* adalah arsitektur jaringan (1–5–1). Nilai *MAPE* yang dihasilkan berbanding lurus dengan nilai *MSE* yang dihasilkan oleh arsitektur jaringan. Artinya semakin banyak *neuron* pada *hidden layer* yang digunakan, semakin besar pula nilai *MSE* dan *MAPE* yang dihasilkan.

Hasil perbandingan hasil peramalan dan data aktual *inflow* debit air mingguan dan *output* jaringan memiliki *error* terbesar 0.003738 dimana pada data aktual nilai debit *inflow* 0.6935 sedangkan *output* jaringan *Backpropagation* adalah 0.16561 yang terjadi pada minggu ke-6. *Error* terkecil hasil peramalan *inflow* debit air mingguan dari bandungan Sengguruh adalah 0.0017027 yaitu ramalan pada minggu ke-1 dimana pada data aktual debit *inflow* sebesar 0.13485, sedangkan *output* jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* adalah 0.13315. Data perbandingan hasil peramalan diatas dinyatakan dalam data normalisasi. Data *output* hasil peramalan menggunakan jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* selengkapnya bisa dilihat pada Lampiran 3.

Plot perbandingan data aktual dan *output* jaringan seperti Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 Plot perbandingan data aktual dan *output* jaringan mingguan tahap *testing*

Berdasarkan arsitektur terbaik Tabel 4.8 maka arsitektur jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* terbaik dengan fungsi aktifasi sigomid polar adalah arsitektur (3-5-1) dengan bobot awal dan akhir seperti pada Lampiran 3 sehingga persamaan yang diperoleh untuk *inflow* debit mingguan adalah :

$$Y_k = f(w_j^0 + \sum_{i=1}^5 (f(v_j^0 + \sum_{i=1}^3 x_i v_{ji}) w_{jk}))$$

Dimana :

- Y_k : *Output inflow* debit air ($k = 1, 2, \dots, 20$)
- v_{j0} : Bobot bias *input layer* menuju *hidden layer* ($j = 1, 2, \dots, 5$)
- v_{ji} : Bobot dari *input layer* menuju *hidden layer* ($j = 1, 2, \dots, 5$)
- w_{j0} : Bobot bias *hidden layer* menuju *output layer* ($j = 1, 2, \dots, 5$)
- w_{ji} : Bobot dari *hidden layer* menuju *output layer* ($j = 1, 2, \dots, 5$)
- x_i : *Input inflow* debit (x_1, x_2, x_3)
- f : fungsi sigmoid polar

4.6 Peramalan Berdasarkan Klasifikasi Hari *Inflow* Debit Air Waduk Sengguruh

Peramalan berdasarkan klasifikasi hari *inflow* debit air waduk Sengguruh adalah peramalan banyaknya *inflow* debit yang harus dilepaskan ke dalam bendungan menggunakan data hari yang sama selama tahun 2009 dan 2010. Artinya dengan menggunakan data klasifikasi hari (senin, Selasa, Rabu, Kamis, Jumat, Sabtu dan Minggu) yang sama, masing-masing data pada hari yang sama bisa digunakan untuk melakukan peramalan *inflow* debit air waduk Sengguruh. Tahapan-tahapan peramalan berdasarkan klasifikasi hari *inflow* debit air waduk adalah sebagai berikut.

Tabel 4.10 Pembagian data ramalan klasifikasi hari

No	Hari	Data Aktual	Data Training	Data Testing
1	Senin	104	84	20
2	Selasa	104	84	20
3	Rabu	104	84	20
4	Kamis	104	84	20
5	Jumat	104	84	20
6	Sabtu	104	84	20
7	Minggu	104	84	20

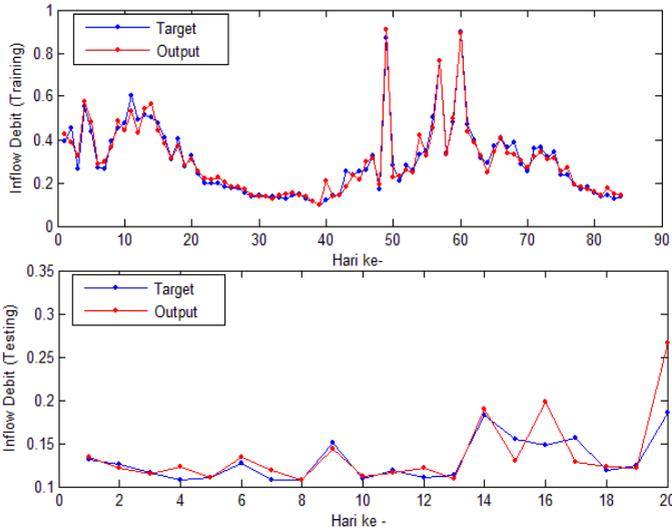
Berdasarkan uji coba yang telah dilakukan menggunakan arsitektur jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* dan parameter yang sudah ditentukan, maka nilai *MSE* dan *MAPE* bisa dibandingkan antara masing-masing hari dalam satu minggu sehingga bisa disimpulkan arsitektur yang memiliki tingkat akurasi dan menghasilkan peramalan yang optimal. Hasil peramalan *inflow* debit air waduk Sengguruh berdasarkan klasifikasi hari (senin, Selasa, Rabu, Kamis, Jumat, Sabtu dan Minggu) menggunakan jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* adalah sebagai berikut.

Tabel 4.11 *MSE training* dan *testing* peramalan perhari

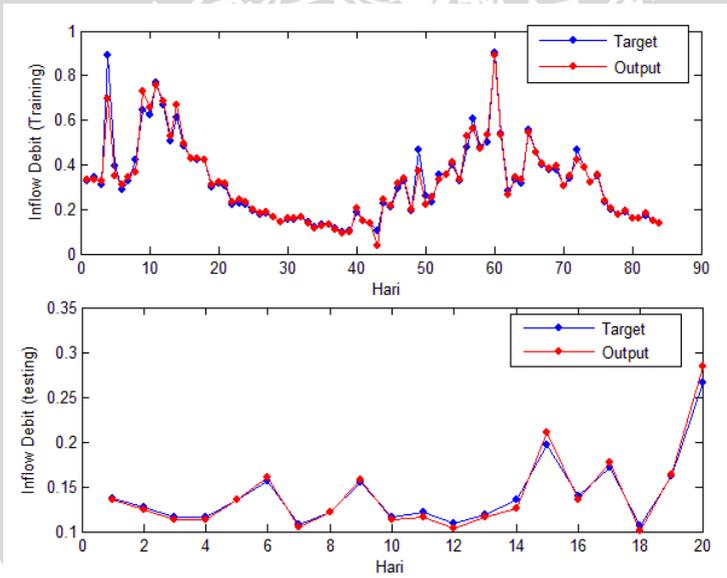
No	Hari	Arsitektur	<i>MSE Training</i>	<i>MSE Testing</i>
1	Senin	3 – 5 – 1	0.00094294	0.00033382
		3 – 10 – 1	0.00095816	0.000042301
		3 – 15 – 1	0.00099964	0.00040703
		3 – 20 – 1	0.00099741	0.00066792

2	Selasa	3 – 5 – 1	0.00099966	0.00003964
		3 – 10 – 1	0.00099987	0.00023634
		3 – 15 – 1	0.00099996	0.0003213
		3 – 20 – 1	0.00099993	0.0003976
3	Rabu	3 – 5 – 1	0.00099657	0.0002249
		3 – 10 – 1	0.00099643	0.00017968
		3 – 15 – 1	0.00099158	0.00050563
		3 – 20 – 1	0.00099268	0.00037124
4	Kamis	3 – 5 – 1	0.00099824	0.0006585
		3 – 10 – 1	0.00099768	0.00023999
		3 – 15 – 1	0.00099789	0.00015129
		3 – 20 – 1	0.00099974	0.00056358
5	Jumat	3 – 5 – 1	0.00099945	0.00037742
		3 – 10 – 1	0.00098485	0.0002717
		3 – 15 – 1	0.00099845	0.00033524
		3 – 20 – 1	0.00099347	0.00005308
6	Sabtu	3 – 5 – 1	0.00099976	0.00056266
		3 – 10 – 1	0.00099986	0.00048167
		3 – 15 – 1	0.00099971	0.00020476
		3 – 20 – 1	0.00099814	0.00031314
7	Minggu	3 – 5 – 1	0.00099840	0.00038026
		3 – 10 – 1	0.00099942	0.0001200
		3 – 15 – 1	0.00099764	0.00007295
		3 – 20 – 1	0.00099951	0.00026941

Berdasarkan Tabel 4.11 diatas terlihat bahawa pada masing-masing hari dalam satu minggu (senin, selasa, rabu, kamis, jumat, sabtu, minggu) nilai *MSE* minimum dari hasil peramalan masing-masing hari dihasilkan oleh arsitektur yang berbeda-beda. Peramalan terbaik diperoleh pada hari selasa dimana nilai *MSE* pada tahap pengujian sebesar 0.00003964, sedangkan pada tahap pelatihan adalah 0.00099966. Nilai *MSE* minimum ini adalah satau-satunya arsitektur dimana jumlah *neuron* pada *hidden layer* adalah 5 *neuron*. Sedangkan pada hari lain banyaknya *neuron* pada *hidden layer* diatas 10 *neuron* dan menghasilkan *MSE* minimum diantara arsitektur yang diuji coba. Plot perbandingan antara data aktual dan *output* jaringan masing-masing hari adalah sebagai berikut.

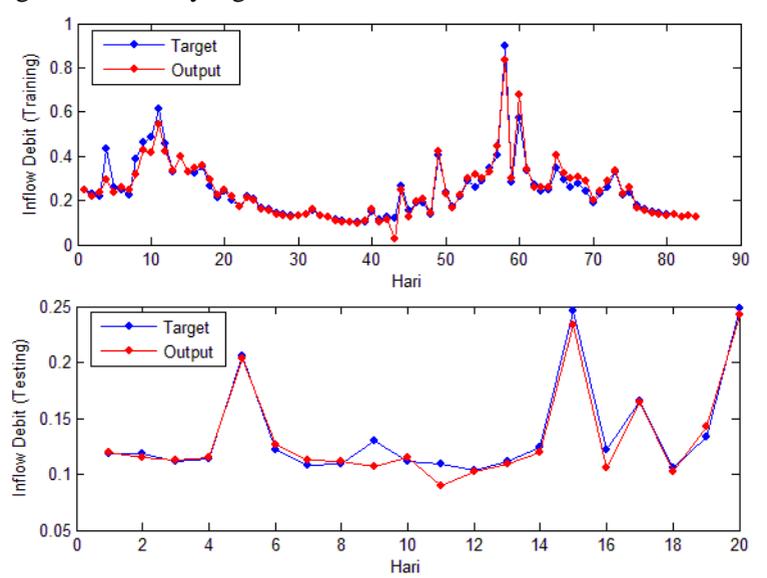


Gambar 4.7 Plot data aktual dan *output* jaringan tahap *training* dan *testing* hari *senin*



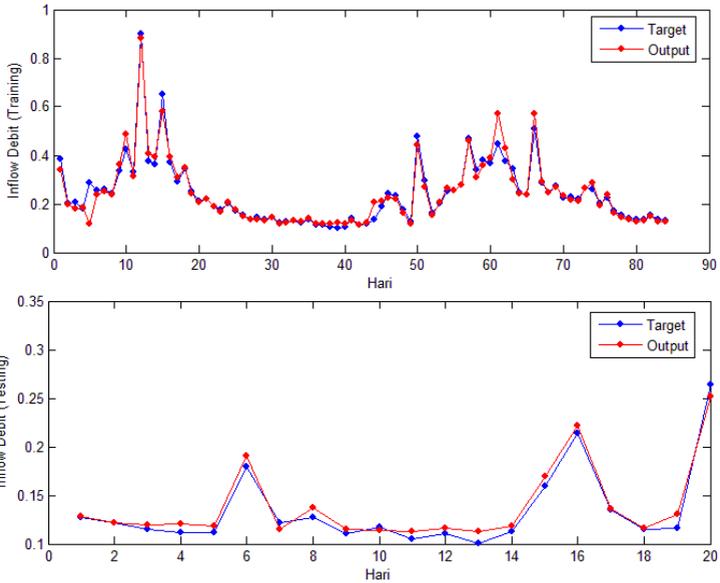
Gambar 4.8 Plot data aktual dan *output* jaringan tahap *training* dan *testing* hari *selasa*

Berdasarkan Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 plot perbandingan data aktual dan *output* jaringan pada tahap *testing* mampu menghasilkan peramalan yang baik dimana plot data aktual mampu diikuti dengan baik oleh plot *output* jaringan dengan arsitektur (3-10-1) pada hari senin dan (3-5-1) pada hari selasa. *Error* terbesar pada hari senin terlihat pada senin ke-16 dengan besaran *error* 0.018201 dimana pada data aktual nilai debit *inflow* sebesar 0.14828 dan *output* jaringan sebesar 0.13007. Untuk peramalan hari selasa, *output* jaringan yang dihasilkan sangatlah baik dimana *error* yang dihasilkan jika dilihat pada plot data aktual dan *output* jaringan, tidak ada perbedaan yang signifikan diantara keduanya. Hal ini sesuai dengan nilai *MSE* yang dihasilkan.

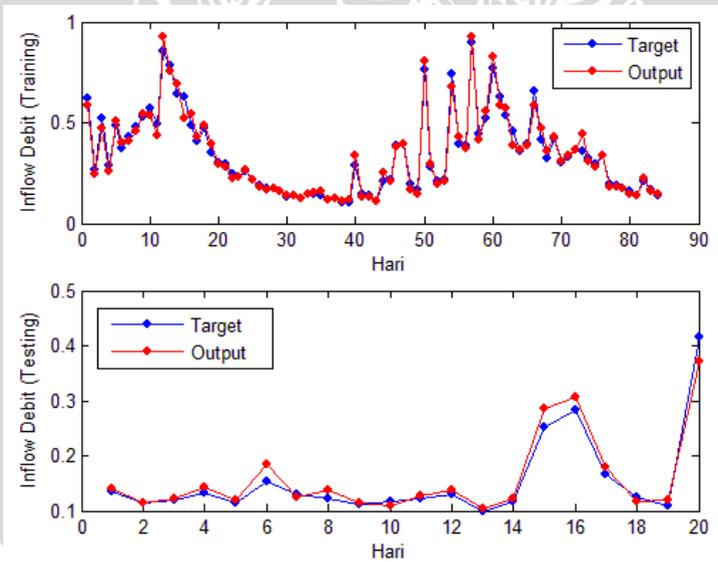


Gambar 4.9 Plot data aktual dan *output* jaringan tahap *training* dan *testing* hari rabu

Berdasarkan Gambar 4.9 terlihat bahwa plot *output* jaringan mampu mengikuti pola data aktual *inflow* debit air data ramalan hari rabu. Meskipun mampu mengikuti arah plot data aktual, terlihat bahwa *error* yang dihasilkan cukup besar. *MSE* yang dihasilkan pada hari rabu tahap pengujian adalah 0.00017968 dimana jumlah *neuron* yang digunakan pada lapisan tersembunyi sebanyak 10 *neuron*.

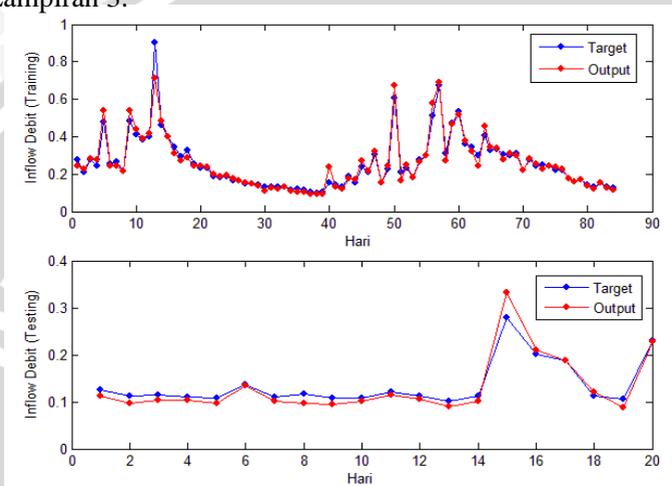


Gambar 4.10 Plot data aktual dan *output* jaringan tahap *training* dan *testing* hari Kamis

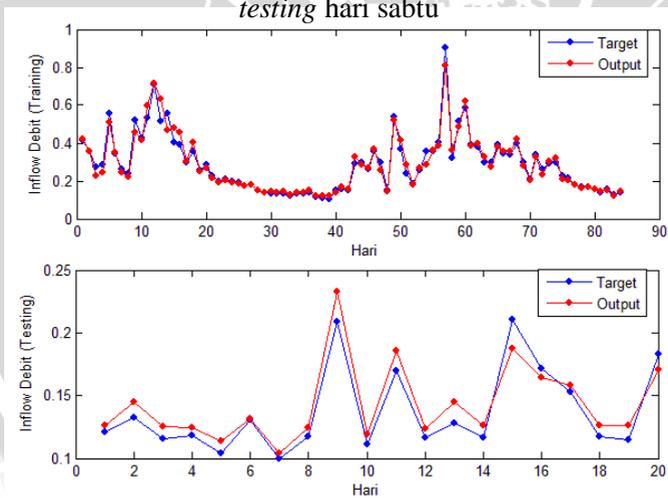


Gambar 4.11 Plot data aktual dan *output* jaringan tahap *training* dan *testing* hari Jumat

Berdasarkan Gambar 4.10 dan Gambar 4.11 terlihat bahwa pola data aktual mampu diikuti oleh *output* jaringan. Arsitektur jaringan pada hari Kamis dengan *MSE* minimum adalah (3-15-1) dan pada hari Jumat adalah (3-20-1). *MSE* Data selengkapnya perbandingan data aktual dan *output* jaringan terbaik bisa dilihat pada Lampiran 3.



Gambar 4.12 Plot data aktual dan *output* jaringan tahap *training* dan *testing* hari Sabtu



Gambar 4.13 Plot data aktual dan *output* jaringan tahap *training* dan *testing* hari Minggu

Gambar 4.12 dan Gambar 4.13 menandakan bahwa pola yang bentuk pada tahap pelatihan mampu menghasilkan ramalan yang optimal dimana plot *output* jaringan mampu mengikuti data aktual dari arsitektur yang sudah diuji coba. Arsitektur terbaik peramalan hari sabtu adalah (3-15-1) dan hari minggu (3-15-1). *MSE* terbaik yang dihasilkan pada tahap pengujian ini adalah 0.00020476 pada hari sabtu dan 0.00007295 pada hari minggu.

Sedangkan untuk melihat tingkat akurasi dari hasil peramalan *inflow* debit air pada masing-masing hari dalam satu minggu menggunakan arsitektur *JST Backpropagation* yang telah diuji coba yaitu dengan melihat nilai *MAPE*. Hasil *MAPE* selengkapnya masing-masing hari bisa dilihat pada Tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.12 *MAPE training dan testing peramalan perhari*

No	Hari	Arsitektur	<i>MAPE Training</i>	<i>MAPE Testing</i>
1	Senin	3 – 5 – 1	6.8665 %	5.168 %
		3 – 10 – 1	5.8397 %	3.5317 %
		3 – 15 – 1	7.7685 %	8.6574%
		3 – 20 – 1	8.574 %	6.64374%
2	Selasa	3 – 5 – 1	5.0512 %	3.1340 %
		3 – 10 – 1	8.3877 %	9.2027 %
		3 – 15 – 1	8.4521 %	9.2987 %
		3 – 20 – 1	8.4524 %	9.2997 %
3	Rabu	3 – 5 – 1	5.9807 %	8.1478 %
		3 – 10 – 1	8.1446 %	7.7529 %
		3 – 15 – 1	7.0948 %	15.315 %
		3 – 20 – 1	8.3345 %	9.1896 %
4	Kamis	3 – 5 – 1	7.6605 %	7.0402 %
		3 – 10 – 1	7.3308 %	10.3860 %
		3 – 15 – 1	7.3645 %	4.3637 %
		3 – 20 – 1	9.8145 %	16.446 %
5	Jumat	3 – 5 – 1	6.7758 %	9.5507 %
		3 – 10 – 1	4.8933 %	8.7897 %
		3 – 15 – 1	5.7272 %	7.6009 %
		3 – 20 – 1	4.9548 %	4.5945 %
6	Sabtu	3 – 5 – 1	9.2734 %	11.834 %

		3 – 10 – 1	8.6056 %	11.640 %
		3 – 15 – 1	6.8599 %	5.8807 %
		3 – 20 – 1	8.8214 %	11.699 %
7	Minggu	3 – 5 – 1	7.3016 %	9.8244 %
		3 – 10 – 1	5.8356 %	5.2475 %
		3 – 15 – 1	5.0341 %	6.1855 %
		3 – 20 – 1	7.2858 %	10.804 %

Berdasarkan Tabel 4.12 hasil pengujian *inflow* debit air waduk Sengguruh bahwa tingkat akurasi dari peramalan berdasarkan klasifikasi hari ini, nilai *MAPE* terbaik adalah peramalan pada hari selasa yaitu 3.1340 % pada tahap pengujian sedangkan pada tahap pelatihan nilai *MAPE* yang dihasilkan 5.0512 %. Secara umum nilai *MAPE* yang dihasilkan berkisar antara 3.1 % sampai dengan 7.7 % yang menandakan bahwa tingkat akurasi yang dihasilkan dari arsitektur yang diuji coba. *MAPE* tertinggi dihasilkan oleh peramalan hari rabu dengan nilai *MAPE* pada tahap pelatihan 8.1446% sedangkan pada tahap pengujian adalah 7.7529 %.

Berdasarkan arsitektur terbaik Tabel 4.11 maka arsitektur jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* terbaik dengan fungsi aktifasi sigomid polar adalah arsitektur (3-5-1) dengan bobot awal dan akhir seperti pada Lampiran 4 sehingga persamaan yang diperoleh untuk *inflow* debit berdasarkan klasifikasi hari (selasa) adalah :

$$Y_k = f(w_j^0 + \sum_{i=1}^5 (f(v_j^0 + \sum_{i=1}^3 x_i v_{ji}) w_{jk}))$$

Dimana :

- Y_k : *Output inflow* debit air ($k = 1, 2, 3, \dots, 20$)
- v_{j0} : Bobot bias *input layer* menuju *hidden layer* ($j = 1, 2, \dots, 5$)
- v_{ji} : Bobot dari *input layer* menuju *hidden layer* ($j = 1, 2, \dots, 5$)
- w_{j0} : Bobot bias *hidden layer* menuju *output layer* ($j = 1, 2, \dots, 5$)
- w_{ji} : Bobot dari *hidden layer* menuju *output layer* ($j = 1, 2, \dots, 5$)
- x_i : *Input inflow* debit (x_1, x_2, x_3)
- f : fungsi sigmoid polar

4.7 Perbandingan Hasil Peramalan Terbaik

Peramalan terbaik adalah peramalan yang menghasilkan *error* terkecil. Dalam penelitian ini peramalan dilakukan dengan periode waktu yang berbeda sebagai data ramalannya sehingga bisa digunakan sebagai alternatif pengambilan keputusan dalam pelepasan besaran *inflow* debit suatu waduk. Dalam penelitian ini, peramalan dilakukan dengan periode waktu yang berbeda yaitu data harian umum, data mingguan dan data klasifikasi masing-masing hari (per hari).

Dari hasil uji coba yang dilakukan, maka arsitektur terbaik bisa dilihat dari nilai *MSE testing* yang menandakan bahwa jaringan yang terbentuk membuat pola yang sesuai sehingga bisa dibaca dengan baik dalam proses pengujian. Tahap pengujian menandakan kemampuan jaringan dalam mengimplementasikan untuk pembacaan pola tahap pelatihan dengan data yang benar-benar berbeda. Perbandingan *MSE testing* yang dihasilkan ketiga data ramalan bisa dilihat pada Tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.13 Perbandingan *MSE testing* 3 data ramalan

No	Data Ramalan	Arsitektur Jaringan	<i>MSE Testing</i>
1	Harian umum	3 – 15 – 1	0.00011960
2	Klasifikasi Hari		
	Senin	3 – 10 – 1	0.000042301
	Selasa	3 – 5 – 1	0.00003964
	Rabu	3 – 10 – 1	0.00017968
	Kamis	3 – 15 – 1	0.00015129
	Jumat	3 – 20 – 1	0.00005308
	Sabtu	3 – 15 – 1	0.00020476
	Minggu	3 – 15 – 1	0.00007295
3	Mingguan	3 – 5 – 1	0.00007590

Dari hasil *MSE testing* proses uji coba arsitektur yang sudah ditetapkan menggunakan 3 data ramalan yang berbeda terlihat bahwa karakteristik data dari *inflow* debit air waduk (dalam penelitian ini waduk Sengguruh) jumlah *neuron* pada *hidden layer* akan memperoleh nilai *MSE* minimum dan optimal dengan jumlah diatas 10 *neuron*. Dari keseluruhan uji coba yang dilakukan dengan 3

macam data ramalan, hanya 2 arsitektur jaringan saja dengan jumlah 10 neuron dibawah 10 yang memiliki nilai *MSE* minimal baik pada tahap pelatihan maupun tahap pengujian yaitu peramalan pada hari selasa dan peramalan mingguan.

Tingkat akurasi dari masing-masing periode waktu data ramalan juga menentukan arsitektur jaringan yang optimal ketika digunakan dalam proses peramalan. *MAPE* menyatakan persentase kesalahan hasil peramalan terhadap data aktual. *MAPE* akan memberikan informasi persentase kesalahan terlalu tinggi atau terlalu rendah dari hasil sebuah ramalan. Semakin rendah *MAPE* yang dihasilkan semakin akurat hasil peramalan yang diperoleh. Sebaliknya semakin besar nilai *MAPE*, maka semakin jauh hasil peramalan terhadap data aktual. Tabel 4.14 menunjukkan perbandingan nilai *MAPE* dari arsitektur jaringan terbaik dari masing-masing data ramalan yang digunakan dalam peramalan *inflow* debit waduk Sengguruh.

Tabel 4.14 Perbandingan *MAPE testing* 3 data ramalan

No	Data Peramalan	Arsitektur Jaringan	<i>MAPE Testing</i>
1	Harian umum	3 – 15 – 1	5.1431 %
2	Klasifikasi Hari		
	Senin	3 – 10 – 1	3.5317 %
	Selasa	3 – 5 – 1	3.1340 %
	Rabu	3 – 10 – 1	7.7529 %
	Kamis	3 – 15 – 1	4.3637 %
	Jumat	3 – 20 – 1	4.5945 %
	Sabtu	3 – 15 – 1	5.8807 %
	Minggu	3 – 15 – 1	6.1855 %
3	Mingguan	3 – 5 – 1	4.3371 %

Berdasarkan Tabel 4.14 perbandingan *MAPE* proses *testing* menggunakan 3 data ramalan *inflow* debit terlihat bahwa akurasi yang dihasilkan secara keseluruhan dari 3 jenis data ramalan yang berbeda sangat baik. Hal ini terlihat dari besaran *MAPE* yang dihasilkan dari ketiganya. Untuk peramalan dengan data ramalan harian umum *inflow* debit air waduk, tingkat akurasi yang dihasilkan pada tahap pengujian adalah 5.1431 %. Jika dibandingkan dengan

data ramalan mingguan *inflow* debit air waduk, akurasi yang dihasilkan lebih baik dimana pada data ramalan mingguan nilai *MAPE* yang dihasilkan adalah 4.3371 % atau berselisih 0.806 % sehingga penggunaan data ramalan menggunakan data mingguan lebih baik untuk digunakan daripada data ramalan harian umum.

Data ramalan berdasarkan klasifikasi hari memiliki rata-rata persentase kesalahan sebesar 5.0632 % dari keseluruhan hari dalam satu minggu (senin, Selasa, Rabu, Kamis, Jumat, Sabtu dan Minggu). Artinya dengan menggunakan data perhari atau masing-masing hari dalam satu minggu nilai ramalan yang dihasilkan lebih akurat jika dibandingkan dengan data ramalan harian umum maupun mingguan. Nilai *MAPE* terendah dihasilkan oleh ramalan hari Selasa dengan *MAPE* sebesar 3.1340 %, sedangkan *MAPE* terbesar dihasilkan oleh hari Jumat dengan *MAPE* 7.7529 %. Secara umum hasil peramalan dengan beberapa data masukan tidaklah terlalu jauh tingkat akurasi.

