

UJI APLIKASI HyBMG VERSI 2.0 UNTUK PRAKIRAAN CURAH HUJAN POLA MONSUNAL EKUATORIAL DAN LOKAL

Irman Sonjaya

Stasiun Meteorologi Sepinggang Balikpapan

Toni Kurniawan

Stasiun Meteorologi Supadio Pontianak

Miftahul Munir, Mustika Wiratri, Khairullah

Stasiun Klimatologi Banjarbaru

ABSTRAK

Wilayah Indonesia pada umumnya memiliki 3 (tiga) pola curah hujan, yaitu: monsun, ekuatorial, dan lokal. Hal ini berkaitan dengan antara lain letak geografis wilayah Indonesia yang berada di sekitar garis khatulistiwa, wilayahnya yang berupa maritim kontinen, serta adanya pengaruh faktor pembentuk cuaca lainnya. Untuk keperluan pengujian luaran perangkat lunak HyBMG Versi 2.0, maka uji aplikasi lapang terhadap sample data yang mewakili ketiga pola curah hujan tersebut sangat diperlukan. Data curah hujan dasarian dan bulanan dari Stasiun Meteorologi Balikpapan, Stasiun Meteorologi Pontianak, dan Stasiun Klimatologi Banjarbaru diolah untuk uji aplikasi lapang perangkat lunak tersebut di atas. Hasil menunjukkan bahwa ternyata memberikan hasil verifikasi prakiraan yang berbeda baik untuk prediksi curah hujan maupun bulanan.

Kata Kunci: ekuatorial, lokal, metoda prakiraan, tipe curah hujan, monsun

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengembangan aplikasi HyBMG yang dikeluarkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG telah sampai pada versi terbaru yaitu 2.0. dibandingkan dengan versi terdahulunya versi ini lebih mudah dan praktis karena telah mengurangi beberapa input trial and error. Namun disamping kemudahan yang diberikan, diharapkan pula aplikasi ini dapat memberikan hasil uji yang cukup baik untuk dapat digunakan sebagai salah satu atau beberapa metoda prakiraan di seluruh Stasiun BMKG serta mumpuni

terhadap semua tipe hujan yang sangat beragam dengan memberikan hasil verifikasi dari analisis data yang cukup memuaskan dan dianggap layak untuk dapat diterapkan.

1.2 Tujuan

Mengaplikasikan HyBMG versi 2.0 sehingga dapat menentukan metoda yang paling baik dan memiliki nilai validasi baik Root Mean Square Error (RMSE) dan korelasi (r) yang dianggap layak untuk digunakan dalam menyusun prakiraan curah hujan untuk wilayah Balikpapan, Banjarbaru, dan Pontianak yang masing-masing memiliki tipe hujan yang berbeda.

1.3 Ruang Lingkup

Aplikasi HyBMG 2.0 diuji cobakan dengan menggunakan data curah hujan dasarian dari 3 (tiga) tempat/ stasiun yang memiliki tipe hujan yang berbeda, yaitu : curah hujan dengan tipe lokal dari Stasiun Meteorologi Balikpapan dengan jumlah data selama 40 tahun (1969 – 2008), tipe Monsunal dari Stasiun Klimatologi Banjarbaru dengan jumlah data selama 35 tahun (1974 – 2008), dan tipe Ekuatorial dari Stasiun Meteorologi Pontianak dengan jumlah data selama 22 tahun (1987 – 2008). Dimana dilakukan analisis untuk prakiraan curah hujan dasarian sebanyak 10 tahun, yaitu dari tahun 1999 sampai dengan tahun 2008 dengan menggunakan input data dari awal tersedianya data sampai dengan tahun ke $n-1$ dari masing-masing stasiun dan tahun ke- n merupakan tahun yang datanya dijadikan sample untuk prakiraan.

2. LANDASAN TEORITIS

2.1 Metoda Adaptive Neural Fuzzy Inference System

Adaptive Neural Fuzzy Inference System (ANFIS) merupakan suatu teknik optimasi yang menggabungkan konsep neural-network dengan fuzzy logic. Neural-network mengenal pola-pola dan menyesuaikan pola terhadap perubahan lingkungan, sedangkan fuzzy logic menggabungkan pengetahuan manusia dan mencari kesimpulan untuk membuat suatu keputusan. ANFIS juga dapat diterapkan secara langsung dalam bidang pemodelan, pengambilan keputusan, pengolahan sinyal, dan kontrol (Jang et al., 1997).

Adaptive-network merupakan struktur jaringan yang terdiri dari simpul-simpul (nodes) dan hubungan langsung antar

simpul, di mana sebagian atau seluruh simpul adalah adaptif sehingga outputnya tergantung pada keterkaitan parameter dengan simpul tersebut, dan aturan pembelajaran (learning rule) menentukan bagaimana parameter-parameter tersebut berubah untuk meminimalkan kesalahan (error).

Dalam Software matlab telah tersedia fungsi-fungsi yang digunakan untuk membuat prediksi deret waktu (time series) baik yang berformat command line (perintah-perintah baris) maupun yang berupa editor GUI (Graphic User Interface).

Modul ini menggunakan fungsi-fungsi (toolbox) Matlab tersebut dan format command line. Berikut beberapa definisi dari istilah yang digunakan dalam mengoperasikan ANFIS.

Perintah anfis membutuhkan sedikitnya dua argumen dan paling banyak 6 argumen. Format umumnya adalah sebagai berikut :

```
[fismat1, trnError, ss, fismat2, chkError] =  
...anfis(trnData, fismat, trnOpt, dispOpt, ch  
kData, method);
```

Di mana trnOpt (training options), dispOpt (display options), chkData (checking data), dan method (training method), adalah optional. Semua argument output juga optional.

Untuk prediksi beberapa titik ke depan $x(t + p)$ berdasarkan harga lampau sampai $x(t)$ yang diketahui adalah menentukan harga D (jumlah titik) dan Δ (jarak) data lampau yang digunakan metode standar dalam persamaan berikut (Jang, 1993):

$$x(t - (D-1)\Delta), \dots, x(t - \Delta), x(t).$$

Selain menentukan harga D dan Δ yang sesuai, juga dilakukan pemilihan jumlah iterasi (perulangan) untuk pembelajaran (training) sampai diperoleh kesalahan terkecil dan tipe fungsi keanggotaan (member function type, *mftype*).

Di sini digunakan harga $D = 4$, berarti prediksi berdasarkan 4 data yang diketahui, iterasi = 200, dan *mftype* = *gbelmf*, sedangkan untuk harga Δ dilakukan penyesuaian terhadap panjang data input yang digunakan.

Hasil prediksi adalah matrik data hasil operasi fungsi *evalfis* yaitu pada 7 posisi data setelah panjang data training. Untuk panjang data 10 tahun di atas, hasil prediksi adalah hasil *evalfis* pada posisi data yang ke 367, setelah dikali dengan harga maksimum (kebalikan dari normalisasi).

2.2 Metoda WAVELET

Transformasi Wavelet merupakan alat yang ideal untuk mendeteksi fluktuasi-fluktuasi periodik yang bersifat transien dan juga parameter-parameternya, karena mampu memusatkan perhatian pada suatu rentang waktu terbatas dari data yang ada (Torrence dan Compo 1998) dan dapat menggambarkan proses dinamik nonlinear kompleks yang diperlihatkan oleh interaksi gangguan dalam skala ruang dan waktu (Astafeva 1996).

Transformasi wavelet dikembangkan sebagai pendekatan alternatif dari Short Term Fourier Transform untuk mengatasi masalah resolusi tersebut. Analisa Wavelet dilakukan dengan cara yang sama dengan analisa STFT, dalam pengertian bahwa sinyal (deret waktu) dikalikan dengan suatu fungsi, {*wavelet*}, mirip dengan fungsi jendela STFT, dan transformasi dihitung secara

terpisah untuk segmen-segmen yang berbeda dari sinyal domain waktu (Polikar 1996). Sama seperti fungsi sinus dan cosinus dalam transformasi Fourier, wavelet digunakan sebagai fungsi dasar untuk menyajikan fungsi lain. Istilah *mother* menyiratkan bahwa fungsi dengan daerah dukungan (*support*) berbeda yang digunakan dalam proses transformasi diperoleh dari satu fungsi utama atau *mother wavelet*. Dengan kata lain, *mother wavelet* adalah suatu prototipe pembangkit fungsi jendela lain. Transformasi wavelet dapat digunakan untuk menganalisa deret waktu yang mengandung daya non-stasioner pada frekwensi yang berbeda (Daubechies 1990 dalam Torrence dan Compo 1998).

Parameter cuaca, khususnya curah hujan dapat dianggap sebagai sinyal yang benar-benar non-stasioner. Analisis curah hujan disamping untuk mengetahui perodesitas (frekwensi konten) juga memerlukan informasi tentang kapan (waktu) terjadinya. Untuk itu diperlukan suatu transformasi yang dapat memberikan tampilan waktu-frekwensi dari sinyal.

Beberapa *mother wavelet* yang tersedia di Matlab yaitu Haar, Daubechies, Symlets, Coiflets, Biorthogonal, Reverse biorthogonal, Meyer wavelet, Discrete Meyer wavelet, Gaussian, Mexican, hat wavelet, Morlet wavelet, Complex Gaussian, Complex Morlet, Complex Shannon, dan Complex Frequency B-spline.

Untuk prakiraan curah hujan dalam selang waktu antara t_0 dan t_1 dengan 'sampling' (pencuplikan) yang beragam. Transformasi wavelet dari $x(t)$ atau sinyal hujan menghasilkan *approximation coefficient* dan *detail coefficient* dari

data hujan. *Approximation coefficient* berhubungan dengan skala tinggi dan komponen frekwensi rendah, sedangkan *detail coefficient* berhubungan dengan skala rendah dan komponen frekwensi tinggi. Koefisien-koefisien ini selanjutnya di rentang ke depan (*extend*) sepanjang selang waktu tertentu. Disini rentang tambahan (*extend*) dilakukan berdasarkan periodesitasnya. Hasil invers transformasi atau rekonstruksi dari koefisien-koefisien pada selang waktu tambahan ini merupakan hasil prediksi ekstrapolasi. Teknik seperti ini juga digunakan oleh Wheeler dan Weickman (2001) yang menggunakan transformasi Fourier dan menyaring periodisitas tertentu dalam memprediksi aktivitas MJO.

2.3 Metoda *Time Series Analysis*

Prediksi adalah suatu proses prakiraan secara sistematis tentang apa yang paling mungkin terjadi di masa yang akan datang berdasarkan informasi masa lalu dan masa sekarang yang dimiliki agar kesalahannya (selisih antara apa yang terjadi dengan hasil prakiraan) dapat diperkecil. Prediksi dapat juga diartikan sebagai usaha pendugaan perubahan. Agar tidak disalahpahami bahwa prediksi tidak memberi jawaban pasti tentang apa yang akan terjadi. Menyelidiki prediktabilitas dalam data deret waktu curah hujan adalah sangat bermanfaat dalam usaha prediksi ke masa depan. Prediktabilitas adalah salah satu cara untuk menjawab bagaimana korelasi antar data. Metoda deret waktu non-linear dicoba dan digunakan pula untuk maksud prediksi tersebut.

Bila langkah ganda prediksi digunakan untuk memprediksi ke masa depan maka ada dua pilihan yaitu secara langsung memprediksi X_{t+n} dari data tersampel atau secara iterasi yaitu

memprediksi X_{t+1} dulu, lalu satu langkah lagi X_{t+2} dan seterusnya. Kedua langkah ini digunakan untuk data harian dan bulanan. Cara yang paling signifikan dan kuantitatif dalam validasi model adalah meng-iterasi model prediksi dan membandingkan deret waktu sintetik (model) dengan data pengamatan (data sesungguhnya).

Validasi model prediksi non-linear ini dilakukan dengan mengambil $x(t)$ dari hasil observasi dan $x(t+n)$ dari hasil keluaran model b prediksinya. Deret waktu curah hujan $x(t)$ yang dikaji mula-mula adalah rentang waktu dari t_0 hingga t_1 , sedangkan hasil keluaran model non-linear dalam rentang waktu dari t_0 hingga t_1+n , termasuk hasil prediksi dalam selang waktu selebar n pada interval yang kesalahannya semakin membesar dimana menunjukkan dinamika keoritik curah hujan.

2.4 Metoda *Autoregressive Integrated Moving Average*

Model ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) dijalankan dengan menggunakan software MINITAB13, merupakan salah satu metode peramalan yang berbasis time series dengan berdasarkan kepada proses *Autoregressive* (AR) yang berorde p dan proses rata-rata bergerak (*Moving Average* (MA) berorde q yang mengalami pembedaan (*differencing*) sebanyak d kali. Notasi umum metode ARIMA adalah :

Model non musiman \rightarrow ARIMA (p,d,q)

Model musiman \rightarrow ARIMA (p,d,q)(P,D,Q)^s

Di mana :

p = orde proses autoregresif non musiman

d = tingkat pembedaan

- (*differencing*)
- q = orde proses rata-rata bergerak non musiman
 - P = orde proses autoregresif musiman
 - D = tingkat pembedaan musiman
 - Q = orde proses rata-rata bergerak musiman
 - s = jumlah periode musim

Dalam membuat prakiraan curah hujan dengan metoda ARIMA ada 3 tahapan yang harus dilakukan secara berurutan, yaitu :

Identifikasi parameter-parameter model dengan menggunakan metode autokorelasi dan autokorelasi parsial.

Penaksiran komponen autoregresif (AR) dan rata-rata bergerak (MA) untuk melihat apakah komponen-komponen tersebut secara signifikan memberikan kontribusi pada model atau salah satunya dapat dihilangkan.

Pengujian dan penerapan model untuk meramalkan series data beberapa periode ke depan. Pada tahap ini dilakukan pula analisis nilai sisa (*residual analysis*) untuk melihat apakah nilai sisa bersifat acak dan berdistribusi normal yang mengidentifikasi model yang baik.

Penentuan orde model p dan q serta P dan Q dilakukan dengan melakukan identifikasi pada model correlogram dari *Autocorrelation Function* (ACF) dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF).

2.5 Pembagian Tipe Curah Hujan

Berdasarkan faktor-faktor dan variabel yang mempengaruhi pembentukan cuaca, maka secara umum pola iklim di

Indonesia berdasarkan distribusi curah hujan bulanan maupun dasarian dibagi menjadi 3 (tiga) tipe hujan, yaitu :

2.5.1 Tipe Monsunal

Tipe monsunial dalam setahun memiliki 1 puncak maksimum pada musim hujan yaitu pada Bulan Januari/ Desember. Sementara itu lembah minimum terjadi pada Bulan Agustus pada saat musim kemarau. Tipe monsunial ini dipengaruhi oleh angin musiman (monsoon). Baik angin baratan maupun angin timuran, yang bertiup akibat adanya perbedaan musim di belahan bumi utara (BBU) dan belahan bumi selatan (BBS).

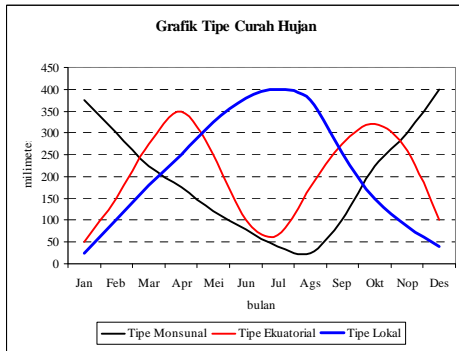
2.5.2 Tipe Ekuatorial

Tipe ekuatorial dalam setahun memiliki 2 puncak musim hujan dan 2 lembah kemarau. Puncak maksimum pada musim hujan yaitu pada Bulan Maret dan September, sedangkan lembah minimum pada musim kemarau terjadi pada Bulan Januari dan Bulan Juli. Tipe ekuatorial dipengaruhi oleh gerak evolusi bumi mengelilingi matahari.

2.5.3 Tipe Lokal

Tipe lokal lebih dipengaruhi oleh kondisi lokal suatu wilayah. Memiliki 1 puncak maksimum yang terjadi pada musim hujan. Tetapi dengan waktu yang berlawanan dengan tipe monsunial. Sehingga puncak musim hujan terjadi sekitar pertengahan tahun.

Secara umum pola dari masing-masing tipe hujan seperti pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Grafik Tipe Curah Hujan Monsunal, Ekuatorial, dan Lokal

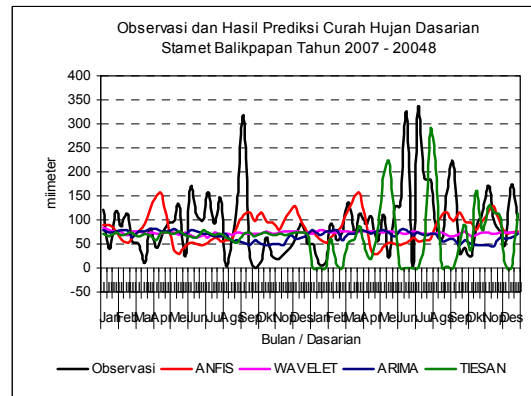
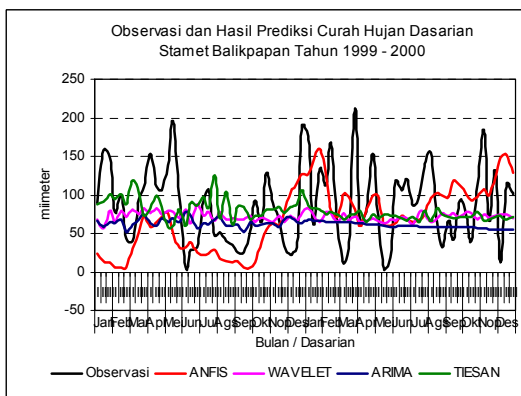
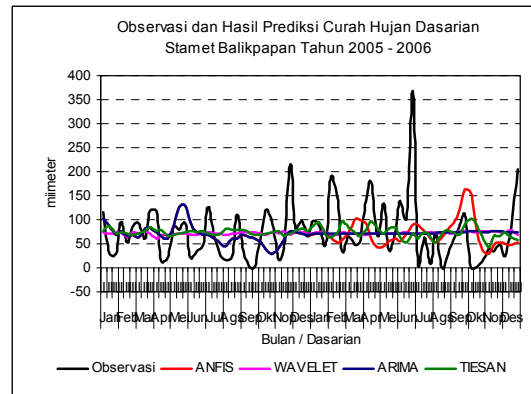
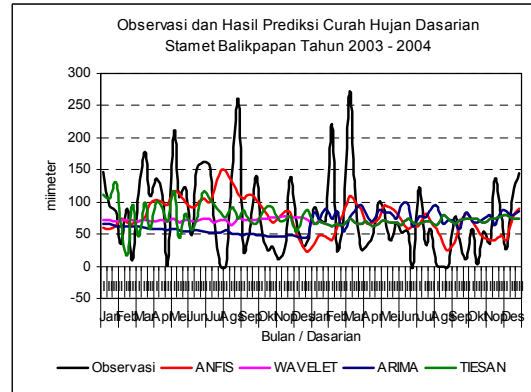
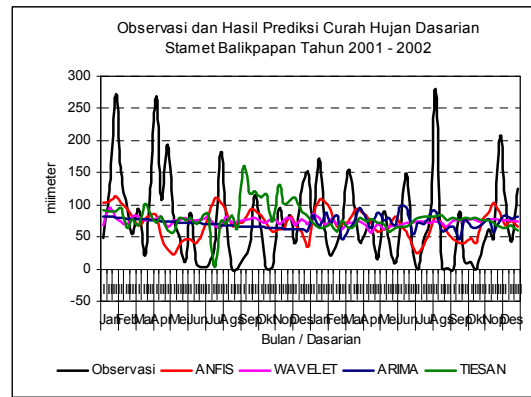
3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Data Dasarian

Dari keseluruhan prakiraan curah hujan dasarian yang dibuat untuk tahun 1999 – 2008 dari masing-masing stasiun dengan menggunakan metoda ANFIS, WAVELET, ARIMA, dan TISEAN pada aplikasi HyBMG2.0 didapatkan hasil sebagai berikut :

(a) Stasiun Meteorologi Balikpapan

Dari hasil analisis data untuk data dari Stasiun Meteorologi Balikpapan didapatkan hasil prediksi dari masing-masing metoda yang berbeda, bila dibandingkan dengan data obsevasi maka didapatkan hasil seperti gambar 2 berikut :



Gambar 2. Observasi vs Prediksi Curah Hujan Dasarian 1999-2008 di Stamet Balikpapan

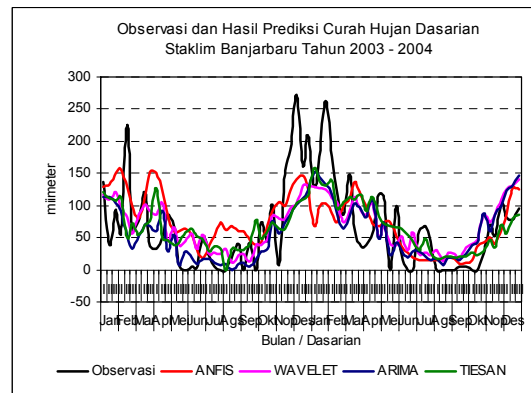
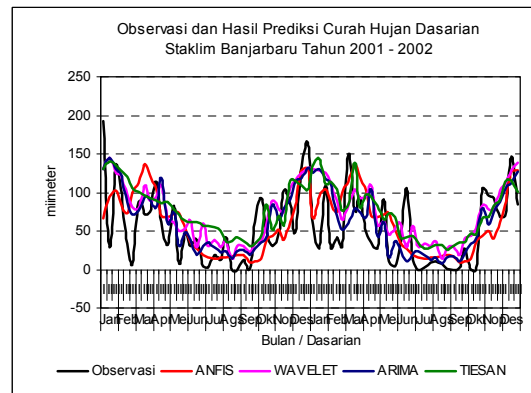
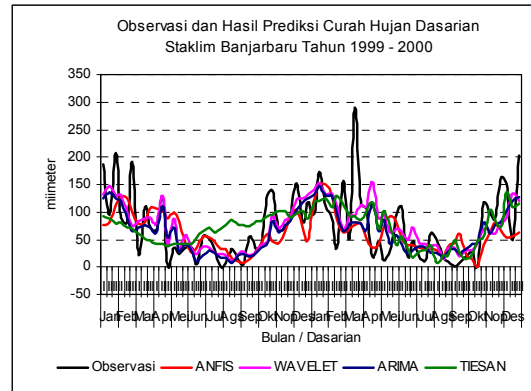
Sedangkan nilai verifikasi Root Mean Square Error (RMSE) dan koefisien korelasi serta prosentase dari nilai absolut anomali evaluasi jumlah curah hujan dasarian sebagai berikut :

Tabel 1. Nilai RMSE dan r Curah Hujan Dasarian 1999-2008 di Stamet Balikpapan

| Tahun | Metoda Prakiraan | | | |
|-------------|------------------|---------|-------|--------|
| | ANFIS | WAVELET | ARIMA | TISEAN |
| 1999 | 65 | 49 | 52 | 51 |
| 2000 | 57 | 55 | 60 | 55 |
| 2001 | 69 | 71 | 69 | 77 |
| 2002 | 58 | 63 | 61 | 65 |
| 2003 | 6 | 66 | 72 | 64 |
| 2004 | 56 | 59 | 61 | 59 |
| 2005 | 46 | 46 | 46 | 46 |
| 2006 | 79 | 75 | 74 | 76 |
| 2007 | 73 | 62 | 60 | 61 |
| 2008 | 87 | 83 | 85 | 115 |
| 1999 - 2008 | 67 | 64 | 65 | 69 |
| r | 0,12 | -0,03 | 0,03 | -0,02 |

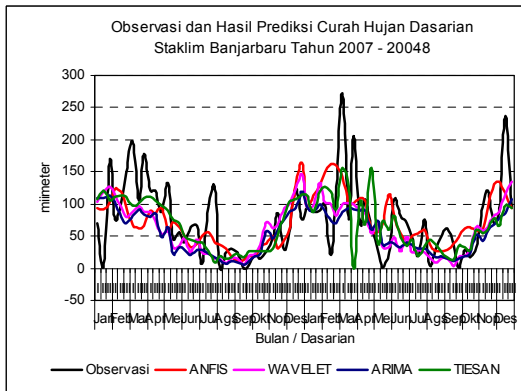
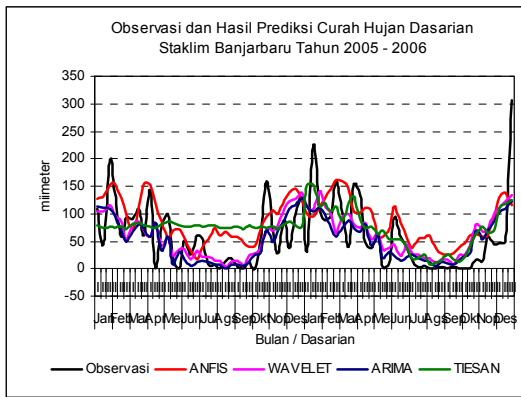
| Int. CH | Metoda Prakiraan | | | |
|---------|------------------|---------|-------|--------|
| | ANFIS | WAVELET | ARIMA | TISEAN |
| 0 - 5 | 7 | 6 | 7 | 6 |
| 6 - 10 | 3 | 5 | 4 | 5 |
| 11 - 15 | 4 | 7 | 5 | 7 |
| 16 - 25 | 13 | 14 | 16 | 15 |
| 26 - 50 | 29 | 31 | 29 | 25 |
| > 50 | 44 | 38 | 39 | 43 |

didapatkan hasil prediksi dari masing-masing metoda yang berbeda, bila dibandingkan dengan data obsevasi maka didapatkan hasil seperti gambar 3 berikut :



(b) Stasiun Klimatologi Banjarbaru

Dari hasil analisis data untuk data dari Stasiun Klimatologi Banjarbaru



Gambar 3. Observasi vs Prediksi Curah Hujan Dasarian 1999-2008 di Staklim Banjarbaru

Sedangkan nilai verifikasi Root Mean Square Error (RMSE) dan korelasi serta prosentase dari nilai absolut anomali evaluasi jumlah curah hujan dasarian sebagai berikut :

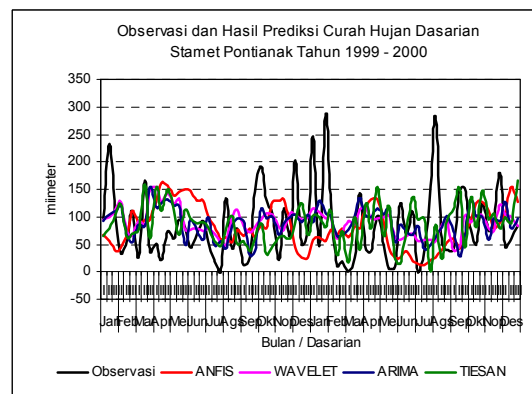
Tabel 2. Nilai RMSE dan r Curah Hujan Dasarian 1999-2008 di Staklim Banjarbaru

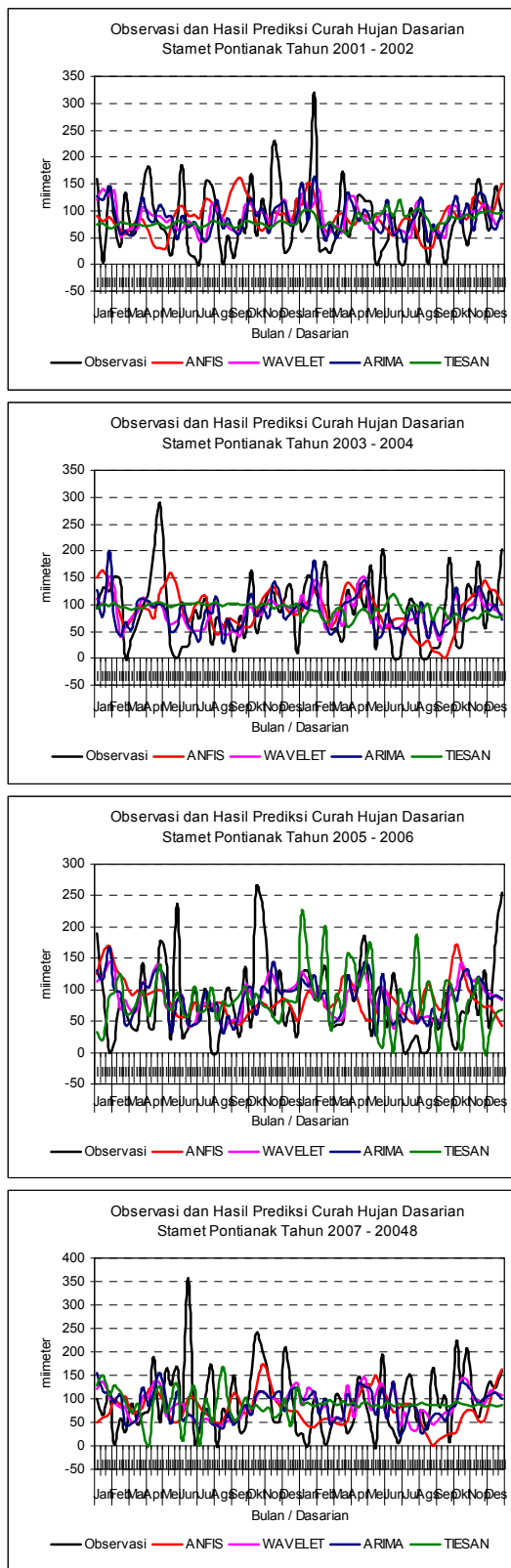
| Tahun | Metoda Prakiraan | | | |
|-------|------------------|--------|-------|--------|
| | ANFIS | WAVLET | ARIMA | TISEAN |
| 1999 | 48 | 39 | 40 | 52 |
| 2000 | 61 | 60 | 57 | 56 |
| 2001 | 42 | 40 | 37 | 46 |
| 2002 | 38 | 44 | 41 | 47 |
| 2003 | 62 | 55 | 56 | 62 |
| 2004 | 50 | 47 | 44 | 41 |
| 2005 | 52 | 39 | 40 | 54 |

| | | | | |
|-------------|------------------|---------|-------|--------|
| 2006 | 62 | 54 | 54 | 51 |
| 2007 | 48 | 50 | 49 | 45 |
| 2008 | 54 | 51 | 54 | 59 |
| 1999 - 2008 | 52 | 48 | 48 | 52 |
| r | 0,51 | 0,58 | 0,60 | 0,50 |
| Int. CH | Metoda Prakiraan | | | |
| | ANFIS | WAVELET | ARIMA | TISEAN |
| 0 - 5 | 12 | 9 | 12 | 9 |
| 6 - 10 | 8 | 7 | 9 | 7 |
| 11 - 15 | 7 | 9 | 11 | 6 |
| 16 - 25 | 12 | 16 | 20 | 18 |
| 26 - 50 | 31 | 34 | 27 | 32 |
| > 50 | 30 | 24 | 22 | 29 |

(c) Stasiun Meteorologi Pontianak

Dari hasil analisis data untuk data dari Stasiun Meteorologi Pontianak didapatkan hasil prediksi dari masing-masing metoda yang berbeda, bila dibandingkan dengan data obsevasi maka didapatkan hasil seperti gambar 4 berikut :





Gambar 4. Observasi vs Prediksi Curah Hujan Dasarian 1999-2008 di Stamet Pontianak

Sedangkan nilai verifikasi Root Mean Square Error (RMSE) dan korelasi serta prosentase dari nilai absolut anomali evaluasi jumlah curah hujan dasarian sebagai berikut :

Tabel 3. Nilai RMSE dan r Curah Hujan Dasarian 1999-2008 di Stamet Pontianak

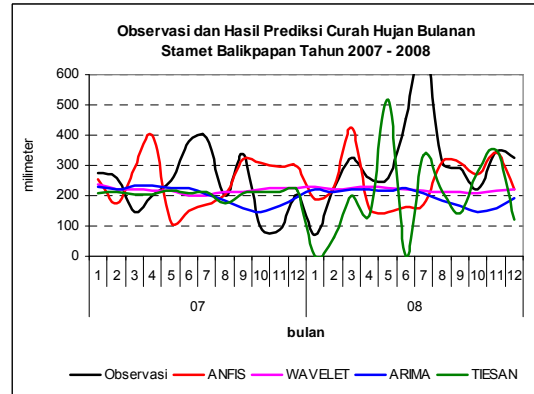
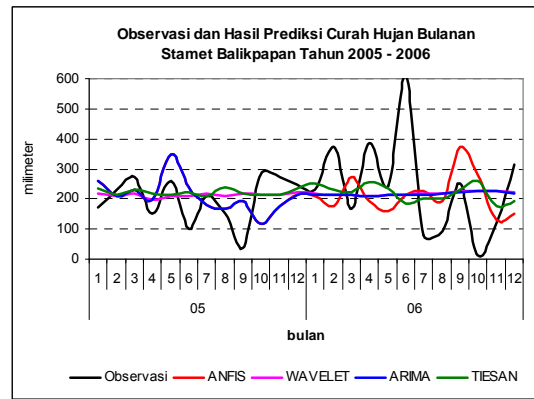
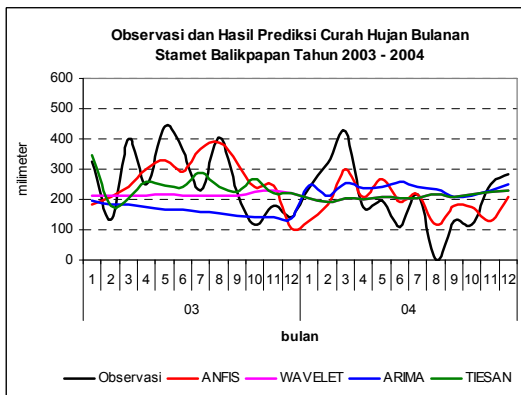
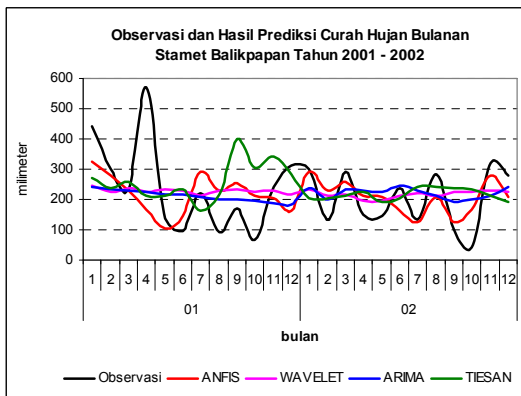
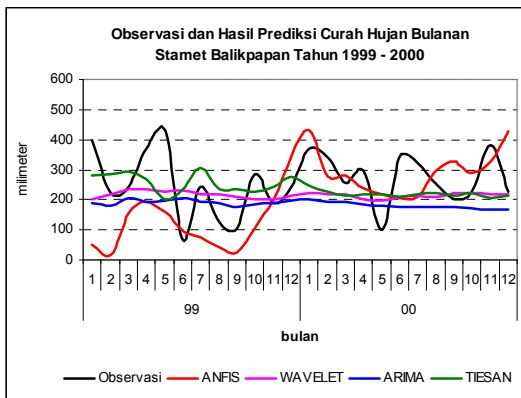
| Tahun | Metoda Prakiraan | | | |
|-------------|------------------|---------|-------|--------|
| | ANFIS | WAVELET | ARIMA | TISEAN |
| 1999 | 73 | 63 | 62 | 62 |
| 2000 | 89 | 74 | 79 | 83 |
| 2001 | 65 | 62 | 59 | 62 |
| 2002 | 57 | 61 | 55 | 63 |
| 2003 | 61 | 55 | 59 | 61 |
| 2004 | 63 | 60 | 62 | 69 |
| 2005 | 76 | 73 | 72 | 70 |
| 2006 | 70 | 55 | 55 | 78 |
| 2007 | 76 | 80 | 82 | 89 |
| 2008 | 70 | 61 | 59 | 60 |
| 1999 - 2008 | 70 | 65 | 65 | 70 |
| r | 0,07 | 0,18 | 0,21 | 0,01 |

| Int. CH | Metoda Prakiraan | | | |
|---------|------------------|---------|-------|--------|
| | ANFIS | WAVELET | ARIMA | TISEAN |
| 0 – 5 | 7 | 8 | 8 | 7 |
| 6 – 10 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| 11 – 15 | 6 | 6 | 4 | 4 |
| 16 – 25 | 12 | 14 | 13 | 13 |
| 26 – 50 | 26 | 23 | 29 | 24 |
| > 50 | 48 | 45 | 43 | 49 |

3.2 Analisa Data Bulanan

Dari keseluruhan prakiraan curah hujan bulanan yang dibuat untuk tahun 1999 – 2008 dari masing-masing stasiun dengan menggunakan metoda ANFIS, WAVELET, ARIMA, dan TISEAN pada aplikasi HyBMG v2.0 didapatkan hasil sebagai berikut :

(a) Stasiun Meteorologi Balikpapan



Gambar 5. Observasi vs Prediksi Curah Hujan Bulanan 1999-2008 di Stamet Balikpapan

Sedangkan nilai verifikasi Root Mean Square Error (RMSE) dan korelasi serta prosentase dari nilai absolut anomali evaluasi jumlah curah hujan bulanan sebagai berikut :

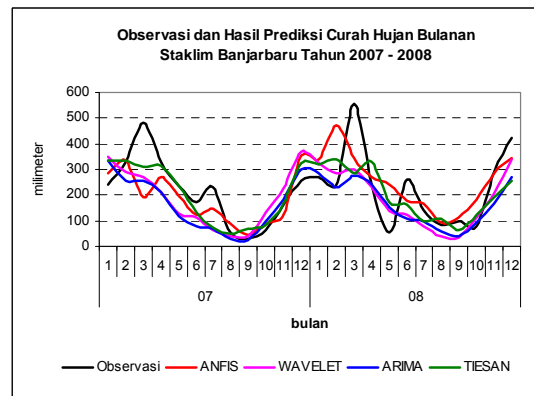
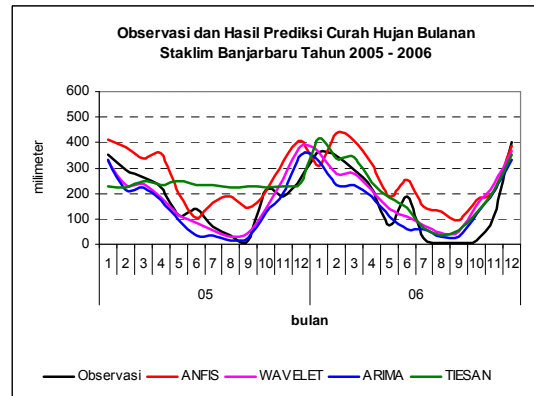
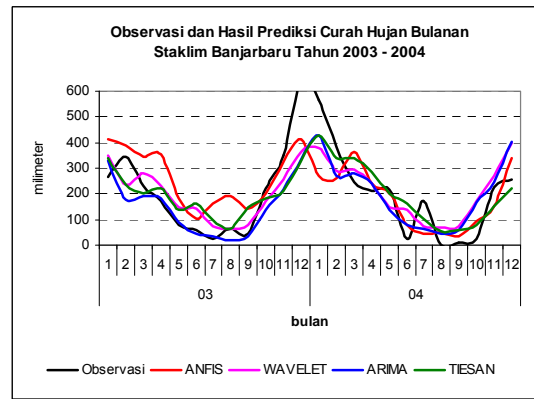
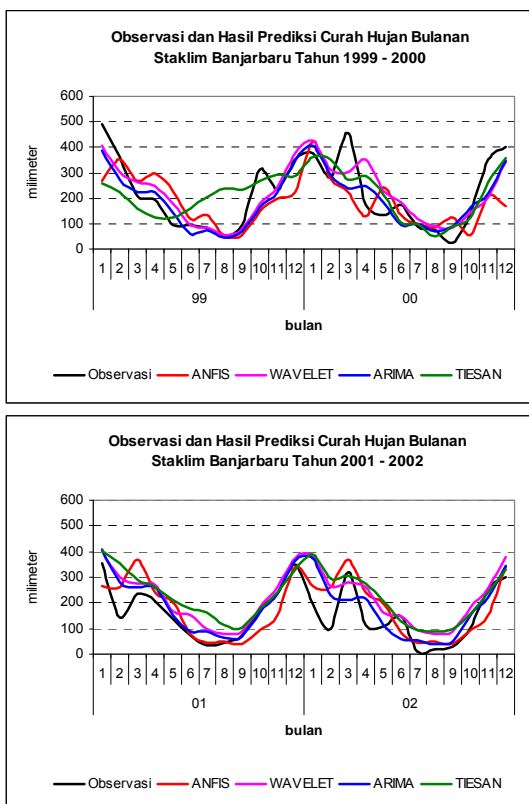
Tabel 4. Nilai RMSE dan r Curah Hujan Bulanan 1999-2008 di Stamet Balikpapan

| Tahun | Metoda Prakiraan | | | |
|-------|------------------|---------|-------|--------|
| | ANFIS | WAVELET | ARIMA | TISEAN |
| 1999 | 173 | 113 | 121 | 113 |
| 2000 | 102 | 98 | 122 | 96 |
| 2001 | 148 | 144 | 140 | 165 |
| 2002 | 66 | 89 | 89 | 99 |
| 2003 | 100 | 125 | 148 | 114 |
| 2004 | 90 | 109 | 108 | 109 |
| 2005 | 92 | 75 | 92 | 79 |
| 2006 | 182 | 163 | 162 | 165 |

| | | | | |
|-------------|------|-------|------|------|
| 2007 | 154 | 103 | 97 | 99 |
| 2008 | 189 | 176 | 188 | 214 |
| 1999 - 2008 | 136 | 123 | 130 | 131 |
| r | 0,16 | -0,05 | 0,00 | 0,06 |

| Int. CH | Metoda Prakiraan | | | |
|----------|------------------|---------|-------|--------|
| | ANFIS | WAVELET | ARIMA | TISEAN |
| 0 - 25 | 15 | 18 | 13 | 16 |
| 26 - 50 | 13 | 18 | 18 | 14 |
| 51 - 100 | 28 | 25 | 28 | 26 |
| > 100 | 43 | 38 | 41 | 44 |

(b) Stasiun Klimatologi Banjarbaru



Gambar 6. Observasi vs Prediksi Curah Hujan Bulanan 1999-2008 di Staklim Banjarbaru

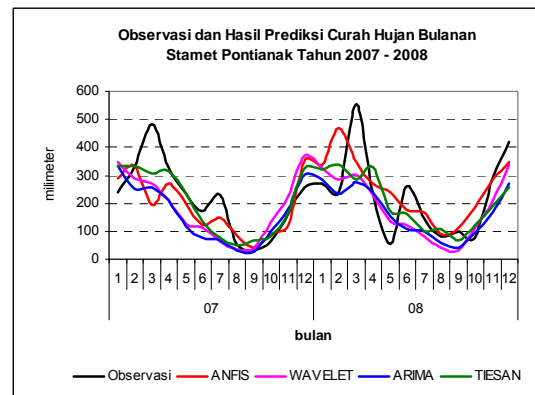
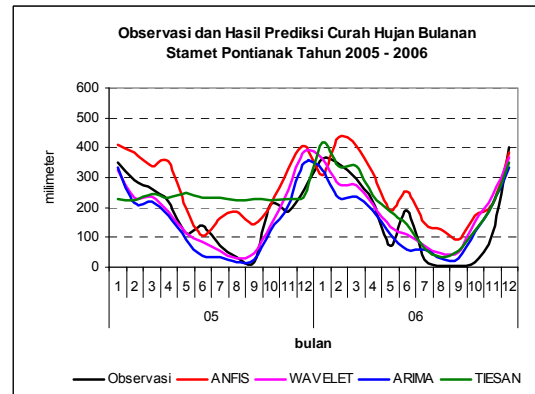
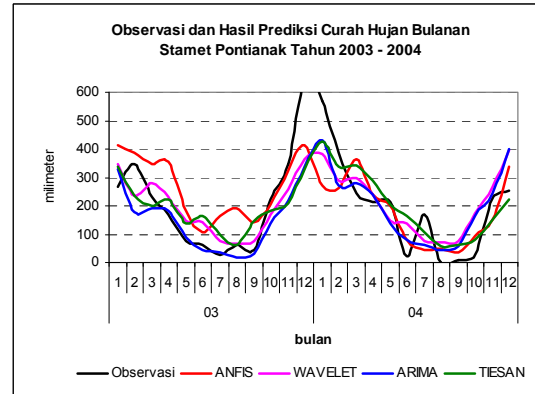
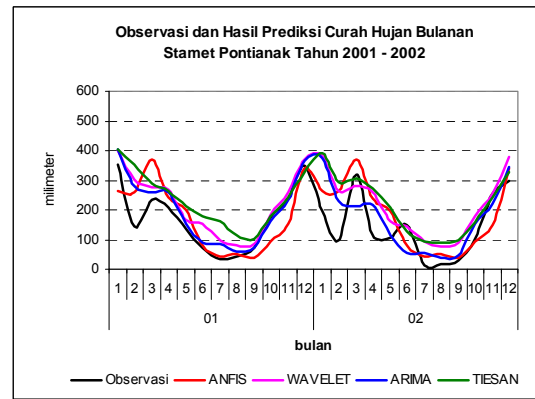
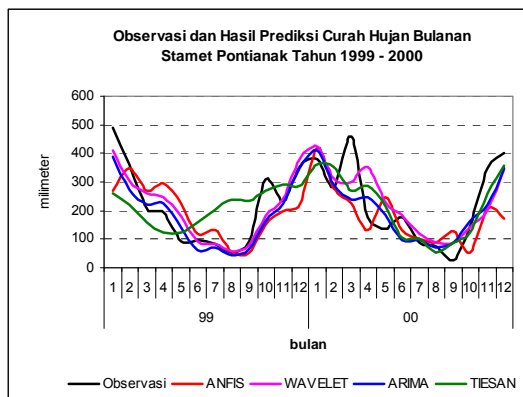
Sedangkan nilai verifikasi Root Mean Square Error (RMSE) dan korelasi serta prosentase dari nilai absolut anomali evaluasi jumlah curah hujan Bulanan sebagai berikut :

Tabel 5. Nilai RMSE dan r Curah Hujan Bulanan 1999-2008 di Staklim Banjarbaru

| Tahun | Metoda Prakiraan | | | |
|-------------|------------------|---------|-------|--------|
| | ANFIS | WAVELET | ARIMA | TISEAN |
| 1999 | 104 | 58 | 62 | 117 |
| 2000 | 117 | 90 | 86 | 81 |
| 2001 | 71 | 62 | 49 | 88 |
| 2002 | 80 | 98 | 86 | 105 |
| 2003 | 124 | 104 | 114 | 120 |
| 2004 | 115 | 103 | 92 | 79 |
| 2005 | 105 | 55 | 57 | 114 |
| 2006 | 101 | 68 | 73 | 64 |
| 2007 | 97 | 106 | 105 | 77 |
| 2008 | 116 | 100 | 113 | 115 |
| 1999 - 2008 | 104 | 87 | 86 | 98 |
| r | 0,68 | 0,78 | 0,79 | 0,71 |

| Int. CH | Metoda Prakiraan | | | |
|----------|------------------|---------|-------|--------|
| | ANFIS | WAVELET | ARIMA | TISEAN |
| 0 - 25 | 19 | 20 | 33 | 21 |
| 26 - 50 | 18 | 21 | 22 | 18 |
| 51 - 100 | 28 | 38 | 22 | 34 |
| > 100 | 34 | 21 | 24 | 28 |

(c) Stasiun Meteorologi Pontianak



Gambar 7. Observasi vs Prediksi Curah Hujan Bulanan 1999-2008 di Stamet Pontianak

Sedangkan nilai verifikasi Root Mean Square Error (RMSE) dan korelasi serta prosentase dari nilai absolut anomali evaluasi jumlah curah hujan bulanan sebagai berikut :

Tabel 6. Nilai RMSE dan r Curah Hujan Bulanan 1999-2008 di Stamet Pontianak

| Tahun | Metoda Prakiraan | | | |
|-------------|------------------|---------|-------|--------|
| | ANFIS | WAVELET | ARIMA | TISEAN |
| 1999 | 177 | 112 | 98 | 129 |
| 2000 | 191 | 133 | 139 | 137 |
| 2001 | 140 | 92 | 94 | 103 |
| 2002 | 88 | 88 | 80 | 119 |
| 2003 | 140 | 100 | 104 | 130 |
| 2004 | 112 | 109 | 121 | 134 |
| 2005 | 141 | 124 | 119 | 128 |
| 2006 | 158 | 109 | 107 | 152 |
| 2007 | 144 | 148 | 149 | 174 |
| 2008 | 157 | 116 | 117 | 129 |
| 1999 - 2008 | 147 | 114 | 114 | 135 |
| r | 0,07 | 0,36 | 0,36 | -0,03 |

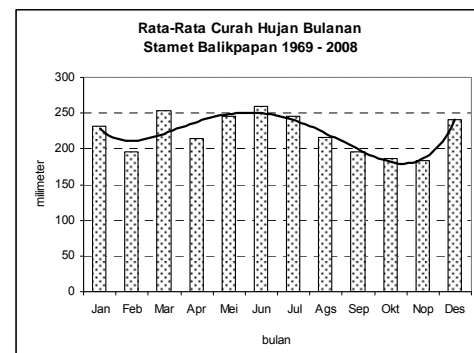
| Int. CH | Metoda Prakiraan | | | |
|----------|------------------|---------|-------|--------|
| | ANFIS | WAVELET | ARIMA | TISEAN |
| 0 - 25 | 8 | 18 | 16 | 13 |
| 26 - 50 | 13 | 18 | 20 | 16 |
| 51 - 100 | 35 | 28 | 24 | 27 |
| > 100 | 43 | 36 | 39 | 44 |

4. PEMBAHASAN

Dari hasil analisis data tersebut di atas, maka hasil uji aplikasi HyBMG versi 2.0 untuk masing-masing stasiun dengan output prakiraan curah hujan dasarian dan bulanan adalah sebagai berikut :

a. Stasiun Meteorologi Balikpapan

Kota Balikpapan Propinsi Kalimantan Timur berada pada sekitar 1° Lintang Selatan, sangat dekat dengan garis ekuator, namun karena letak geografisnya yang langsung berhadapan dengan perairan (Selat Makassar di sebelah Timur dan Teluk Balikpapan di sebelah Selatan), maka Balikpapan cenderung memiliki tipe hujan lokal dimana rata-rata curah hujan bulannya cukup tinggi dan merata. Sehingga secara klimatologis dapat dikatakan wilayah ini tidak memiliki periode musim kemarau dengan rata-rata jumlah curah hujan tahunannya sebesar 2.675 mm pertahun.



Gambar 8. Rata-rata curah hujan bulanan di Stamet Balikpapan

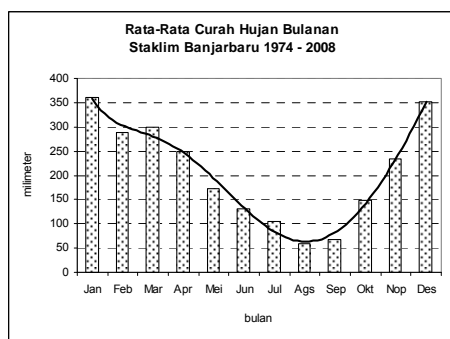
Dari hasil analisis data curah hujan Stamet Balikpapan periode tahun 1999 – 2008 dengan menggunakan HyBMG v 2.0 didapatkan hasil evaluasi antara observasi dan hasil prediksi curah hujan baik nilai maupun pola curah hujan dasarian dan bulanan yang tidak memuaskan. Hasil verifikasi untuk curah hujan dasarian memberikan koefisien korelasi (r) terbesar hanya 0,12 untuk metoda ANFIS dan RMSE terkecil sebesar 46 mm untuk semua metoda pada tahun uji 2005 dan RMSE

terbesar 115 mm untuk metoda TISEAN pada tahun uji 2008 dengan rata-rata RMSE sebesar 66 mm. Anomali curah hujan dasarian kurang dari 25 mm per dasarian hanya berkisar 30%.

Untuk analisa curah hujan bulanan memberikan koefisien korelasi (r) terbesar hanya 0,16 metoda ANFIS dan RMSE terkecil sebesar 66 mm untuk metoda ANFIS pada tahun uji 2002 dan RMSE terbesar 214 mm untuk metoda TISEAN pada tahun uji 2008 dengan rata-rata RMSE sebesar 130 mm. Anomali curah hujan dasarian kurang dari 50 mm per bulan juga hanya berkisar 30%.

b. Stasiun Klimatologi Banjarbaru

Kota Banjarbaru Propinsi Kalimantan Selatan berada pada sekitar 3° Lintang Selatan, dan sangat jelas memiliki tipe hujan monsunial. Secara klimatologis dapat dikatakan wilayah ini memiliki batasan antara periode musim kemarau dan musim hujan yang jelas dengan rata-rata jumlah curah hujan tahunannya sebesar 2.470 mm pertahun.



Gambar 9. Rata-rata curah hujan bulanan di Staklim Banjarbaru

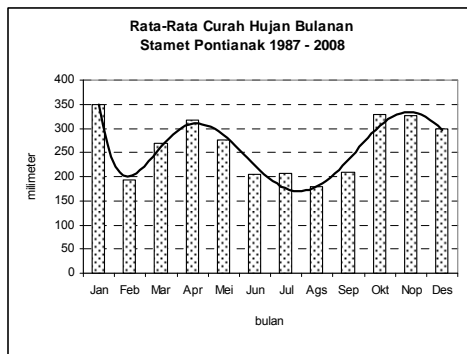
Dari hasil analisis data curah hujan Staklim Banjarbaru periode tahun 1974 – 2008 dengan menggunakan HyBMG v 2.0 didapatkan hasil evaluasi antara observasi dan hasil prediksi curah hujan

baik nilai maupun pola curah hujan dasarian dan bulanan yang cukup baik. Hasil verifikasi untuk curah hujan dasarian memberikan koefisien korelasi (r) rata-rata dari keempat metoda sebesar 0,55 dengan sebesar terbesar untuk metoda ARIMA sebesar 0,60 sedangkan RMSE terkecil sebesar 38 mm untuk metoda ANFIS pada tahun uji 2002 dan RMSE terbesar 62 mm untuk metoda ANFIS dan TISEAN pada tahun uji 2003 dan 2006 dengan rata-rata RMSE sebesar 50 mm. Anomali curah hujan dasarian kurang dari 25 mm per dasarian hanya berkisar 43%, dimana untuk metoda ARIMA sebesar 51%.

Untuk analisa curah hujan bulanan memberikan koefisien korelasi (r) terbesar 0,78 untuk metoda WAVELET dan ARIMA. RMSE terkecil sebesar 49 mm untuk metoda ARIMA pada tahun uji 2001 dan RMSE terbesar 124 mm untuk metoda ANFIS pada tahun uji 2003 dengan rata-rata RMSE sebesar 93 mm. Anomali curah hujan dasarian kurang dari 25 mm per dasarian hanya berkisar 43%, dimana untuk metoda ARIMA sebesar 54%.

c. Stasiun Meteorologi Pontianak

Kota Pontianak Propinsi Kalimantan Barat berada tepat pada garis ekuator 0° dan sangat jelas memiliki tipe hujan Ekuatorial. Secara klimatologis walaupun memiliki curah hujan yang tinggi namun tetap memiliki pola distribusi curah hujan bulanan yang jelas dengan rata-rata jumlah curah hujan tahunannya sebesar 3.157 mm pertahun.

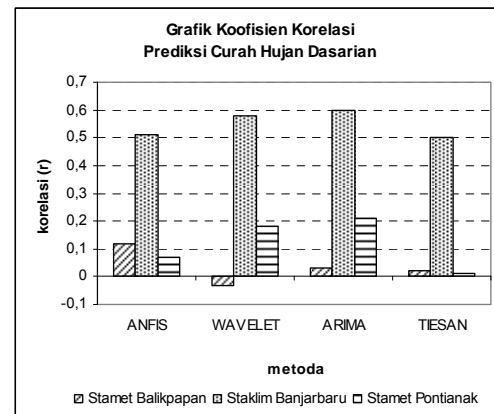


Gambar 10. Rata-rata curah hujan bulanan di Stamet Pontianak

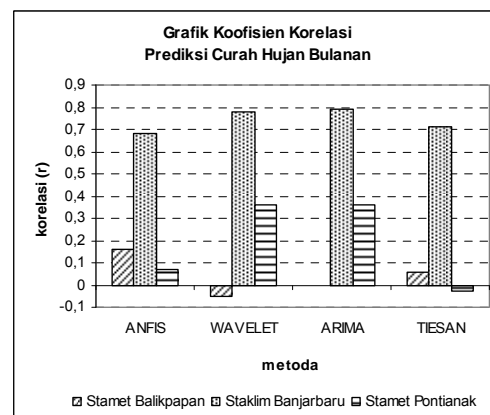
Stamet Pontianak periode tahun 1987 – 2008 dengan menggunakan HyBMG v 2.0 didapatkan hasil evaluasi antara observasi dan hasil prediksi curah hujan baik nilai maupun pola curah hujan dasarian dan bulanan yang juga kurang memuaskan. Hasil verifikasi untuk curah hujan dasarian memberikan koefisien korelasi (r) terbesar hanya 0,21 untuk metoda ARIMA dan RMSE terkecil sebesar 55 mm untuk metoda metoda WAVELET pada tahun uji 2003 ARIMA pada tahun uji 2006 dan RMSE terbesar 89 mm untuk metoda ANFIS pada tahun uji 2000 dan TISEAN pada tahun uji 2007 dengan rata-rata RMSE sebesar 67 mm. Anomali curah hujan dasarian kurang dari 25 mm per dasarian hanya berkisar 30%.

Untuk analisa curah hujan bulanan memberikan koefisien korelasi (r) terbesar hanya 0,36 untuk metoda WAVELET dan ARIMA sedangkan RMSE terkecil sebesar 80 mm untuk metoda ARIMA pada tahun uji 2002 dan RMSE terbesar 191 mm untuk metoda ANFIS pada tahun uji 2000 dengan rata-rata RMSE sebesar 128 mm. Anomali curah hujan dasarian kurang dari 50 mm per bulan juga hanya berkisar 31%.

Secara umum hasil analisis data curah hujan dengan menggunakan HyBMG v 2.0 untuk metoda ANFIS, WAVELET, ARIMA, dan TISEAN memberikan hasil verifikasi untuk koefisien korelasi (r) pada prediksi curah hujan dasarian dan bulanan sebagai berikut :



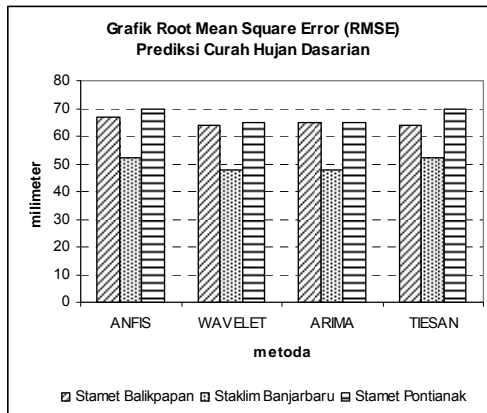
Gambar 11. Nilai koefisien korelasi (r) untuk prediksi curah hujan dasarian di Stamet Balikpapan, Staklim Banjarbaru, dan Stamet Pontianak.



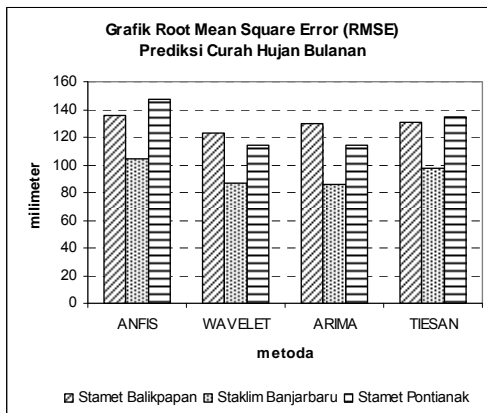
Gambar 12. Nilai koefisien korelasi (r) untuk prediksi curah hujan bulanan di Stamet Balikpapan, Staklim Banjarbaru, dan Stamet Pontianak.

Sedangkan besaran Root Mean Square Error (RMSE) pada prediksi curah hujan dasarian dan bulanan dari ketiga stasiun

dengan tipe hujan yang berbeda tersebut, sebagai berikut :



Gambar 13. Nilai RMSE untuk prediksi curah hujan dasarian di Stamet Balikpapan, Staklim Banjarbaru, dan Stamet Pontianak.



Gambar 14. Nilai RMSE untuk prediksi curah hujan bulanan di Stamet Balikpapan, Staklim Banjarbaru, dan Stamet Pontianak.

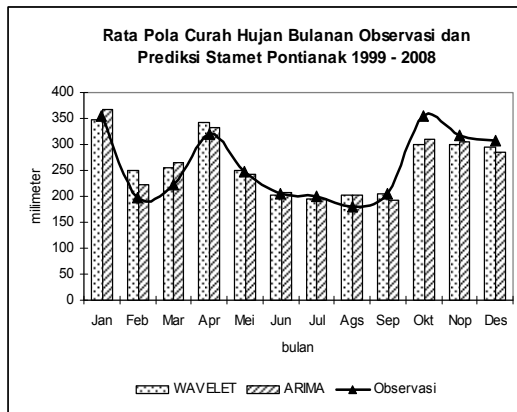
4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis data dan pembahasan di atas, maka aplikasi HyBMG versi terbaru 2.0 yang di dalamnya meliputi metoda ANFIS, ARIMA, WAVELET, dan

TISEAN setelah diujikan terhadap data curah hujan dasarian di daerah Balikpapan yang memiliki tipe hujan lokal, Banjarbaru dengan tipe hujan monsunal dan Pontianak dengan tipe hujan ekuatorial dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Analisis untuk data curah hujan dari Stasiun Klimatologi Banjarbaru memberikan hasil yang cukup baik, terutama untuk metoda WAVELET dan ARIMA yang mampu memberikan nilai RMSE kurang dari 50 mm perdasarian atau 90 mm perbulan dengan koefisien korelasi hampir mencapai 0,6 pada analisis data dasarian dan hampir mencapai 0,8 pada analisis data bulanan.
- Untuk analisis curah hujan dengan tipe ekuatorial dari Stasiun Meteorologi Pontianak, masing-masing metoda memberikan hasil verifikasi yang hampir serupa yaitu RMSE dengan kisaran antara 60 mm – 70 mm perdasarian atau antara 100 mm – 150 mm perbulan. Sedangkan nilai koefisien korelasi hanya berkisar pada 0,2 pada analisis data dasarian dan hampir mencapai 0,3 pada analisis data bulanan untuk metoda WAVELET dan ARIMA.
- Namun demikian bila memperhatikan pola grafik curah hujan bulanan hasil dari metoda WAVELET dan ARIMA di Stamet Pontianak tampak dapat mengikuti pola data observasinya terutama pada Bulan Mei sampai September, seperti digambarkan pada grafik berikut :



Gambar 15. Curah hujan bulanan prediksi (Wavelet dan ARIMA) vs observasi 1999-2008 di Stamet Pontianak.

- Dengan menggunakan sampel data hujan dari Stasiun Meteorologi Balikpapan yang memiliki tipe hujan lokal memberikan hasil verifikasi dan pola untuk curah hujan dasarian maupun bulanan yang sangat tidak sesuai dengan data observasinya.

4.2 Saran

- Aplikasi HyBMG versi 2.0 tampaknya dapat digunakan untuk memprediksikan curah hujan dasarian maupun bulanan pada wilayah dengan tipe hujan monsunial.
- Untuk wilayah yang memiliki tipe hujan ekuatorial, sebaiknya digunakan dalam membuat prediksi curah hujan bulanan namun harus jeli dalam memperhatikan pola setiap bulannya serta besaran angka prediksi yang dihasilkan.
- Aplikasi HyBMG versi 2.0 belum dapat digunakan untuk daerah Balikpapan, namun kesimpulan tersebut belum tentu berlaku pada daerah lainnya yang juga memiliki tipe hujan lokal sehingga

aplikasi ini masih mungkin dapat digunakan setelah dilakukan uji metoda, evaluasi dan verifikasi.

5. ACUAN

Anto Dajan, 1983, Pengantar Metode Statistik Jilid I, LP3ES, Jakarta

Handoko 1993, Klimatologi Dasar landasan pemahaman fisika atmosfer dan unsur-unsur iklim, Pustaka Jaya, Bandung

Soetanto & Alifi Maria Ulfah 2007, Modul Peningkatan Akurasi Prakiraan Musim, BMG, Jakarta