

PERAMALAN SUHU UDARA DI YOGYAKARTA DENGAN MENGGUNAKAN MODEL FUZZY

Jayus Priyana¹, Agus Maman Abadi²

¹Alumni Jurusan Pendidikan Matematika Universitas Negeri Yogyakarta.

²Jurusan Pendidikan Matematika Universitas Negeri Yogyakarta.

Abstrak

Tujuan penulisan ini adalah untuk menentukan peramalan suhu udara di Yogyakarta dengan menggunakan model *fuzzy*. Proses peramalan suhu udara di Yogyakarta didasarkan pada model *fuzzy* dengan metode *table look-up scheme*. Pemodelan ini didasarkan pada data sampel suhu udara dan perawanan di Yogyakarta. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi model *fuzzy* dengan dua *input*, dengan fungsi keanggotaan Gaussian, mesin *inferensi* minimum, mempunyai tingkat prediksi yang lebih baik dibandingkan dengan model *fuzzy* yang dibentuk dengan kombinasi yang lain.

Kata kunci: peramalan suhu udara, model *fuzzy*

PENDAHULUAN

Perubahan iklim dan cuaca akhir-akhir ini merupakan fenomena alam yang hampir tidak dapat dihindari. Salah satu penyebab perubahan iklim dan cuaca adalah suhu udara (*temperature*). Suhu udara memegang peranan penting di berbagai bidang. Dalam bidang pertanian suhu udara adalah faktor lingkungan yang penting karena berpengaruh pada pertumbuhan tanaman dan berperan hampir pada semua proses pertumbuhan. Dalam bidang kesehatan suhu udara yang cukup fluktuatif juga dapat menyebabkan timbulnya berbagai penyakit. Dalam bidang penerbangan perubahan suhu udara juga berpengaruh terhadap jadwal penerbangan pesawat dan keperluan *start engine* yaitu pada saat pesawat *take off* sehingga proses transportasi udara menjadi terganggu (Hasbullah, 2002).

Tingkat fluktuasi suhu udara merupakan salah satu hal penting yang sulit untuk diprediksi. Banyak upaya yang telah dilakukan untuk memprediksikan fluktuasi suhu udara. Berbagai metode peramalan suhu udara telah berkembang seiring dengan adanya permasalahan yang ditimbulkan. Metode tersebut antara lain metode Box-Jenkin, metode regresi, *fuzzy linier regression*, dan metode peramalan yang lain. Metode Box-Jenkin merupakan suatu teknik peramalan yang didasarkan pada perilaku data variabel yang diamati saja, yaitu memprediksi suatu data dengan menggunakan data numerik dari objek yang diamati. Dengan menggunakan dasar yang sama dengan teknik Box-Jenkin dalam hal data yang diproses, penulis tertarik membahas model *fuzzy* pada data *time series* yaitu model *fuzzy* yang menggunakan data numerik dari objek yang diamati. Pembentukan sistem *fuzzy* dapat dilakukan dengan berbagai metode, antara lain tabel *look-up scheme*, metode kuadrat terkecil, *gradient descent*, dan *clustering*. Pada Penelitian ini digunakan sistem *fuzzy* yang terdiri dari *fuzzifier singleton*, basis aturan *fuzzy*, *defuzzifier* rata-rata pusat, mesin *inferensi* pergandaan dan minimum, dan implikasi Mamdani dengan fungsi keanggotaan Gaussian dan segitiga.

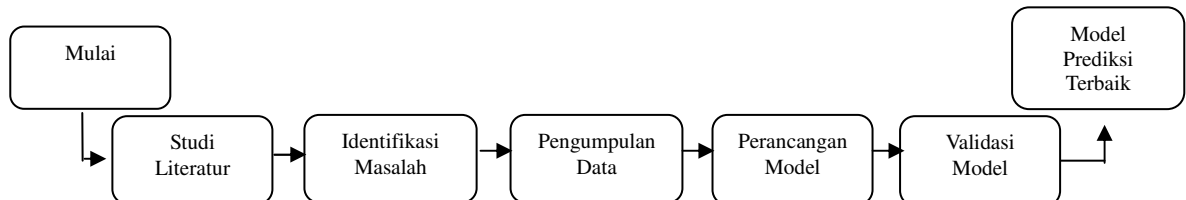
Penulis tertarik untuk meneliti lebih dalam mengenai peramalan suhu udara menggunakan model *fuzzy*, khususnya di Yogyakarta, dengan menggunakan suhu udara sebelumnya dan tingkat perawanan, selanjutnya membandingkan hasil yang didapat dengan data hasil prediksi Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) untuk mendapatkan model terbaik dengan memperhatikan tingkat kesalahannya dari nilai MSE (mean square error) dari data suhu udara.

Diharapkan dengan adanya metode peramalan ini memberikan sebuah cara baru dalam

pengembangan-pengembangan model prediksi suhu udara dan bisa dijadikan dasar untuk pengembangan penelitian berikutnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan proses pengambilan data suhu udara dan perawanan dari BMKG Yogyakarta, kemudian membentuk model fuzzy dengan metode *table look-up scheme*.

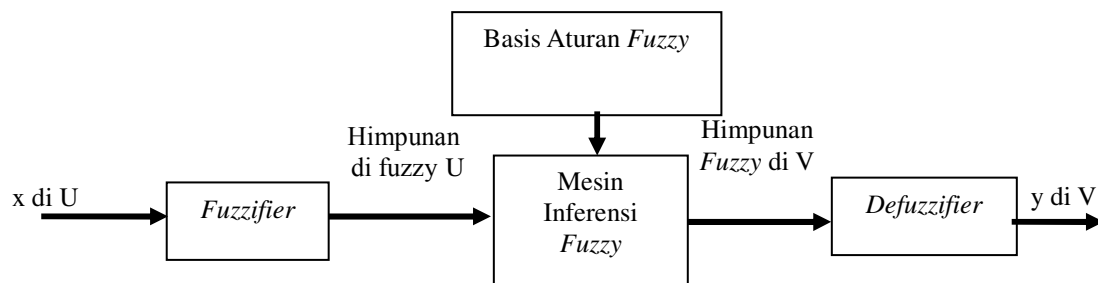


PEMBAHASAN

Pada pokok bahasan ini diberikan penjelasan pembentukan model *fuzzy* untuk data *time series* dengan sistem *fuzzy* yang dibentuk menggunakan tabel *look-up scheme*, langkah-langkah penyusunan model *fuzzy* untuk data *time series*, dan aplikasi model *fuzzy* untuk data *time series* pada data suhu udara harian kota Yogyakarta dari bulan September – Desember 2010.

Sistem Fuzzy

Proses pada sistem *fuzzy* yaitu dari *input* yang berupa data real diubah oleh *fuzzifier* (tahap *fuzzifikasi*) menjadi nilai *fuzzy* di *U* kemudian diolah oleh mesin *inferensi fuzzy* dengan aturan dasar *fuzzy* yang selanjutnya ditegaskan kembali dengan *defuzzifier* (tahap *defuzzifikasi*) menjadi nilai tegas (*output*). Berikut disajikan sistem *fuzzy* dalam bentuk bagan.



Gambar 1. Susunan Sistem Fuzzy dengan Fuzzifier dan Defuzzifier

Sistem *fuzzy* memiliki beberapa keistimewaan (Wang, 1994), yaitu:

- Sistem *fuzzy* ini cocok digunakan pada sistem pemodelan karena variabelnya bernilai real.
- Sistem *fuzzy* ini menyediakan kerangka yang digunakan untuk menggabungkan aturan-aturan *fuzzy* JIKA-MAKA yang bersumber dari pengalaman manusia.
- Terdapat berbagai pilihan dalam menentukan *fuzzifier* dan *defuzzifier* sehingga dapat diperoleh sistem *fuzzy* yang paling sesuai untuk model.

Pada tulisan ini dibuat 2 sistem *fuzzy* yaitu sistem *fuzzy* yang menggunakan mesin *inferensi* pergandaan dan mesin *inferensi* minimum.

Model Fuzzy untuk Data Time Series

Misalkan $\{x(1), x(2), \dots, x(k)\}$ adalah sebuah data *time series* dalam peramalan untuk menentukan nilai dari data di waktu yang akan datang. Data *time series* dapat dirumuskan sebagai $[x(k-n+1), x(k-n+2), x(k-n+3), \dots, x(k)]$. Untuk menentukan $x(k+1)$, dengan cara menentukan

pemetaan dari $[x(k-n+1), x(k-n+2), x(k-n+3), \dots, x(k)] \in R^n$ ke $[x(k+1)] \in R$ dengan k dan n bilangan bulat positif. Dari data di atas dibentuk $k-n$ pasangan *input-output* yaitu :

$$\begin{array}{l} [x(k-n), x(k-n+1), \dots, x(k-1); x(k)] \\ [x(k-n-1), x(k-n), \dots, x(k-2); x(k-1)] \\ \vdots \\ [x(1), x(2), \dots, x(n); x(n+1)] \end{array} \quad (3.1)$$

Selanjutnya $k-n$ pasang *input-output* tersebut digunakan untuk membentuk sistem *fuzzy* menggunakan tabel *look-up scheme*, dengan *input* $[x(k-n-l), x(k-n+1-l), \dots, x(k-1-l)]$ dan *output* $x(k-l)$ untuk $l=0, 1, 2, \dots, k-n-1$.

Berikut lima langkah pemodelan *fuzzy* dengan metode tabel *look-up scheme*.

Langkah 1. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* untuk setiap variable *input* dan *output*.

Misalkan data *time series* berada pada interval $[\alpha, \beta]$, maka dibentuk himpunan *fuzzy* di dalam interval tersebut baik untuk data *input* maupun data *output*. Dalam tulisan ini derajat keanggotaan ditentukan menggunakan fungsi keanggotaan segitiga dan Gaussian dengan nilai parameter (σ) dibuat sama besar untuk setiap himpunan *fuzzy*. Misalnya, Untuk setiap $[\alpha_i, \beta_i], i = 1, 2, \dots, n$ didefinisikan himpunan *fuzzy* A_i , baik pada *input* maupun *output*-nya. Data *input* dan data *output* terletak pada interval yang sama, maka banyaknya himpunan *fuzzy* pada *input* dan *output* yang didefinisikan dibuat sama.

Langkah 2. Membangun satu aturan *fuzzy* dari setiap pasangan *input-output*.

- Menghitung derajat keanggotaan dari setiap data dan memilih derajat keanggotaan yang terbesar. Derajat keanggotaan dari setiap data dihitung menggunakan program Matlab.
- Memperoleh satu aturan (*rule*) dari setiap pasang *input-output*.

Misalkan aturan-aturan yang terbentuk dari setiap pasang *input-output* adalah:

Jika $x_{(k-n)}$ adalah A_1 dan ... dan $x_{(k-1)}$ adalah A_n maka $x_{(k)}$ adalah A_3 .

Jika $x_{(k-n-1)}$ adalah A_4 dan dan $x_{(k-2)}$ adalah A_n maka $x_{(k-1)}$ adalah A_{10} .

\vdots

Jika x_1 adalah A_2 dan ... dan $x_{(n)}$ adalah A_{n-1} maka $x_{(n+1)}$ adalah A_{11} .

Langkah 3. Menghitung derajat keanggotaan dari setiap aturan yang terbentuk.

Derajat keanggotaan dari setiap aturan dihitung menggunakan program Matlab.

Langkah 4. Membentuk basis aturan *fuzzy*.

Menyeleksi aturan-aturan pada langkah 2 yang memiliki bagian anteseden yang sama untuk menentukan daerah *output*-nya, dengan cara memilih aturan yang mempunyai derajat keanggotaan tertinggi. Maksimal banyaknya aturan yang terbentuk, sama dengan banyaknya kombinasi himpunan *fuzzy* dari *input-input* yang telah didefinisikan.

Langkah 5. Membuat sistem *fuzzy* yang didasarkan pada basis aturan *fuzzy* yang terbentuk pada langkah 4.

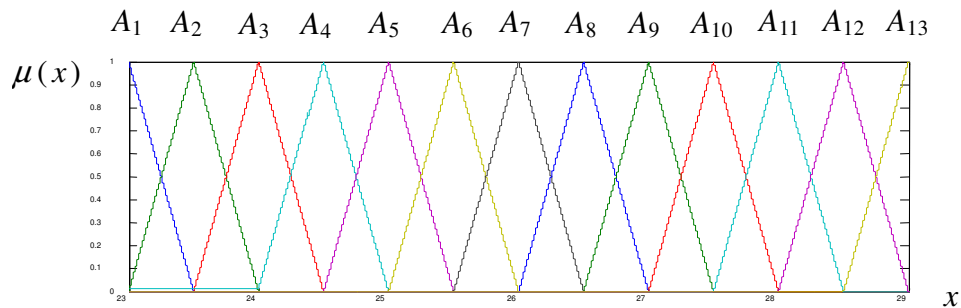
Aplikasi Pemodelan *Fuzzy* untuk Data *Time Series* pada Data Suhu Udara

Berikut ini akan dimodelkan peramalan suhu udara di Yogyakarta dengan metode *table look-up*. Pemodelan ini didasarkan pada data suhu udara dan perawanan harian di Yogyakarta. Data diambil dari bulan September-Desember Tahun 2010 di BMKG Yogyakarta. Kemudian 80 data pertama digunakan untuk pemodelan dan 42 data berikutnya digunakan untuk validasi model.

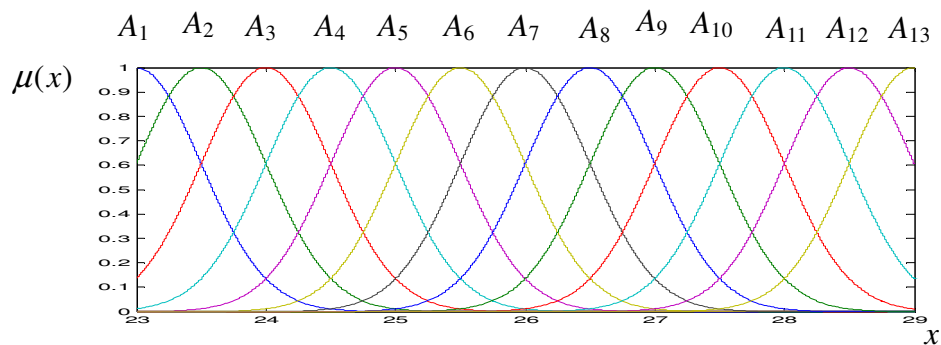
Adapun langkah-langkah peramalan suhu udara di Yogyakarta dengan metode *table look-up scheme* dilakukan sebagai berikut:

Langkah 1. Didefinisikan himpunan *fuzzy* untuk setiap variabel *input* dan *output*.

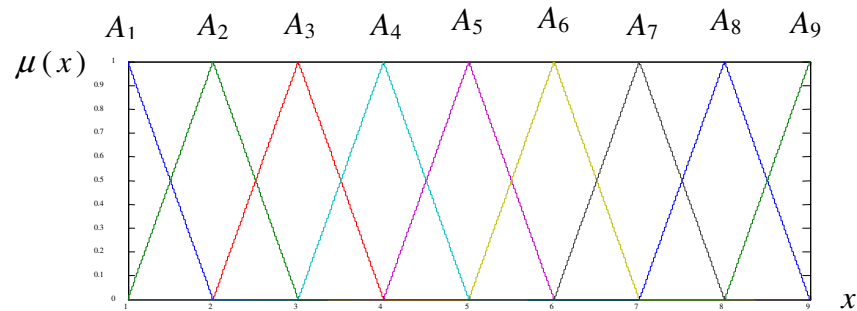
Pada variabel *input* suhu udara didefinisikan 13 himpunan *fuzzy* dan pada variable tingkat perawanan didefinisikan 9 himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan segitiga dan Gaussian. Grafik fungsi keanggotaan dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5.



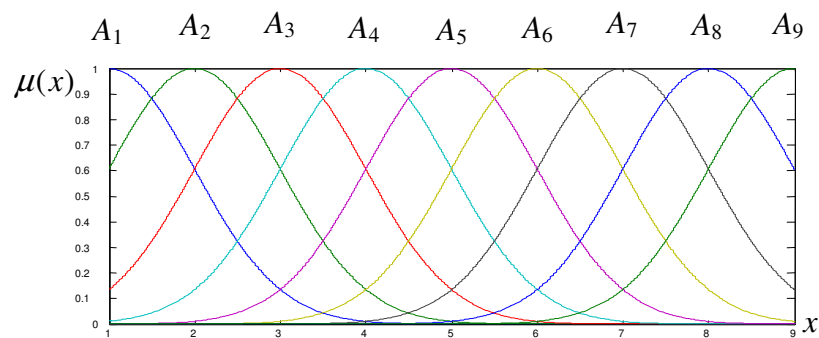
Gambar 2. Grafik 13 Himpunan *Fuzzy* pada [23,29] untuk Data Suhu Udara dengan Fungsi Keanggotaan Segitiga



Gambar 3. Grafik dari 13 Himpunan *Fuzzy* pada [23,29] untuk Data Suhu Udara dengan Fungsi Keanggotaan Gaussian



Gambar 4. Grafik dari 9 Himpunan *Fuzzy* pada [1,9] untuk Data Perawanan dengan Fungsi Keanggotaan segitiga



Gambar 5. Grafik dari 9 Himpunan *Fuzzy* pada [1,9] untuk Data Perawanan dengan Fungsi Keanggotaan Gaussian

Langkah 2. Membangun aturan *fuzzy* dari setiap pasangan *input* dan *output*.

Mendapatkan satu aturan JIKA-MAKA *fuzzy* dari setiap pasang *input-output* dan untuk menghitung derajat keanggotaan digunakan program Matlab.

Langkah 3. Menghitung derajat keanggotaan dari setiap aturan *fuzzy* yang terbentuk.

Derajat keanggotaan dari setiap aturan JIKA-MAKA *fuzzy* yang terbentuk dari langkah 2 dihitung dengan menggunakan program Matlab.

Langkah 4. Membentuk basis aturan *fuzzy*.

Basis aturan *fuzzy* diperoleh dari penyeleksian aturan *fuzzy* yang memiliki bagian anteseden yang sama tapi bagian konsekuen yang berbeda, dengan memilih aturan yang memiliki derajat keanggotaan terbesar. Penyeleksian aturan pada tulisan ini dilakukan secara manual.

Langkah 5. Membentuk sistem *fuzzy*

Basis aturan *fuzzy* yang diperoleh dari langkah 4 yaitu basis aturan *fuzzy* dengan 3 *input*-1 *output*, 2 *input*-1 *output*, 1 *input*- 1 *output* menggunakan fungsi keanggotaan segitiga dan fungsi keanggotaan Gaussian. Setelah dilakukan kombinasi model, diperoleh **16 model fuzzy** untuk data *time series* dengan uraian sebagai berikut :

HASIL PEMODELAN DAN ANALISIS MODEL**Hasil Pemodelan**

Hasil dari model peramalan data suhu udara harian di Yogyakarta bulan September-Desember 2010 menggunakan model *fuzzy* untuk data *times series* diberikan pada Tabel 8 dan Tabel 9. Dengan MSE (1) = *Mean square error* untuk seluruh data dan MSE (2)= *Mean square error* untuk data prediksi.

Tabel 8. Tingkat Kesalahan pada Peramalan Suhu Udara Berdasarkan Suhu Udara Sebelumnya

Model	Banyak Himpunan Samar	Banyak <i>input</i>	Mesin <i>inferensi</i>	Fungsi Keanggotaan	MSE (1)	MSE (2)
(i)	13	1	Pergandaan	Segitiga	3.8538	3.7057
(ii)	13	2	Pergandaan	Segitiga	5.4856	5.7179
(iii)	13	3	Pergandaan	Segitiga	49.4	20.385
(iv)	13	1	Minimum	Segitiga	1.0243	1.2327
(v)	13	2	Minimum	Segitiga	1.0129	0.95696
(vi)	13	3	Minimum	Segitiga	0.86538	0.92346
(vii)	13	1	Pergandaan	Gaussian	1.0243	1.3625
(viii)	13	2	Pergandaan	Gaussian	0.68174	0.67594
(ix)	13	3	Pergandaan	Gaussian	0.66757	0.70547
(x)	13	1	Minimum	Gaussian	1.0243	1.2327
(xi)	13	2	Minimum	Gaussian	0.69061	0.67204
(xii)	13	3	Minimum	Gaussian	0.70991	0.70004

Tabel 9. Tingkat Kesalahan Pada Peramalan Suhu Udara Berdasarkan Suhu Udara Dan Perawanan

Model	Banyak HS	Banyak <i>input</i>	Mesin <i>inferensi</i>	Fungsi keanggotaan	MSE (1)	MSE (2)
(xiii)	13&9	2	Pergandaan	Segitiga	57.043	40.359
(xiv)	13&9	2	Pergandaan	Gaussian	1.1297	1.3357
(xiv)	13&9	2	Minimum	Segitiga	0.79618	0.87075
(xvi)	13&9	2	Minimum	Gaussian	1.0209	1.2435

Analisis Model

Tabel (8) dan Tabel (9) menunjukkan perbandingan MSE (*Mean Square Error*) dari setiap model dengan analisis sebagai berikut :

- Dengan memperhatikan nilai MSE dari model yang menggunakan sistem *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan segitiga dan mesin *inferensi* pergandaan, maka model (i) akan lebih baik digunakan sebagai model prediksi dibandingkan model (ii) dan (iii).
- Dengan memperhatikan nilai MSE dari model yang menggunakan sistem *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan segitiga dan mesin *inferensi* minimum, maka model (vi) akan lebih baik digunakan sebagai model prediksi dibandingkan model (iv) dan (v).
- Dengan memperhatikan nilai MSE dari model yang menggunakan sistem *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan Gaussian dan mesin *inferensi* pergandaan, maka model (viii) akan lebih baik digunakan sebagai model prediksi dibandingkan model (vii) dan (ix).
- Dengan memperhatikan nilai MSE dari model yang menggunakan sistem *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan Gaussian dan mesin *inferensi* minimum, maka model (xi) akan lebih baik digunakan sebagai model prediksi dari pada model (x) dan (xii)
- Dengan memperhatikan nilai MSE dari model yang terdapat pada Tabel 8 maka model prediksi yang terbaik adalah model (iv) yaitu model prediksi yang menggunakan fungsi keanggotaan

segitiga dengan mesin inferensi minimum yaitu dengan nilai MSE paling kecil.

- f. Dengan memperhatikan nilai MSE dari seluruh model yang terdapat pada Tabel 8 dan Tabel 9 maka model prediksi yang terbaik adalah model (xi) yaitu model prediksi *fuzzy* dengan 2 input mesin *inferensi* minimum, fungsi keanggotaan Gaussian dengan nilai $MSE(2)=0.67204$. Selanjutnya model inilah yang akan digunakan sebagai model prediksi suhu udara.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan model *fuzzy* yang diaplikasikan pada data suhu udara dan perawanan harian kota Yogyakarta bulan September – Desember 2010, dengan menggunakan sistem samar yang dibentuk menggunakan *table look-up scheme*, maka diperoleh beberapa model *fuzzy*.

Model *fuzzy* untuk data *time series* pada data suhu udara harian bulan September – Desember 2010, berbentuk 3 *input-1 output*, 2 *input-1 output*, dan 1 *input-1 output*. Selanjutnya diperoleh 16 model *fuzzy* untuk data *time series*. Model terbaik diantara model tersebut adalah model dengan kriteria nilai MSE paling kecil untuk data prediksi suhu udara yaitu model *fuzzy* dengan 2 *input-1 output*, 13 himpunan samar, mesin *inferensi* minimum dan fungsi keanggotaan Gaussian. Prediksi suhu udara dengan menggunakan model *fuzzy* tersebut mempunyai nilai MSE sebesar 0.67204.

Perlu diadakan penelitian lebih lanjut untuk menghasilkan metode peramalan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abraham Bovas, Ledolter Johannes. 1983. *Statistical Method for Forecasting*. New York: John Wiley & Sons.
- Agus Maman.A, Ali Muhson. 2005. *Pemodelan Tingkat Inflasi di Indonesia Dengan Menggunakan Sistem Fuzzy*. Jurnal Ekonomi & Pendidikan, Volum 2 Nomor 2, Desember 2005.
- Agus Karyanto. 2002. *Siklus Hidrologi Pembentukan Awan Dan Hujan*. Lampung: UNILA.
- Amstong. J Scott. 2002. *Principle of Forecasting: A Handbook for Researchers and Partitioners*. New York: Kluwer Academic Publisher.
- Arga,W. IR.1985. *Analisa Runtun Waktu Teori dan Aplikasi jilid 1*. Yogyakarta: BPFE.
- Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika Stasiun Geofisika Yogyakarta .BMKG Yogyakarta. Diambil tanggal 28 Januari 2011.
- Cut Meurah Regariana. 2005. *Atmosfer(Cuaca Dan Iklim)X.05*. Diklat geografi kelas X. Yogyakarta : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Gunawan Nawawi. 2001. *Pengendalian iklim mikro*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Hasbullah Thabrani. 2002. *Resiko Kesehatan Akibat Perubahan Cuaca, fakultas kesehatan masyarakat universitas indonesia*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Klir, George J., Ute St. Clair., Bo Yuan. 1997. *Fuzzy Set Theory Foundation and Applications*. New Jersey: Prentice-Hall International Inc.
- Mayer, Walker J.1984. *Concept of mathematical modeling*. New York: Mc Grow-Hill company.
- Muh. Altin Massinai . 2005. *Analisis Liputan Awan Berdasarkan Citra Satelit Penginderaan Jauh*. Makassar : Universitas Hasanuddin.

- M Fahrudin Muna. 2010. *Perancangan Perangkat Lunak Prediksi Cuaca Menggunakan Metode Txlaps Berbasis Sistem Cerdas Implementasi Wilayah Yogyakarta*:UGM.Skripsi.
- Prasetyo, Wahyu Agung. 2004. *Tips dan Trik Matlab*. Yogyakarta: Andi.
- Roger G.Barry, Richard J.Chorley. 2004. *Atmosphere, Weather And Climate*. New York: Routledge Taylor And Francise Group.
- Sihana . 2007. *Analisis Sistem Thermal. Diktat, Jurusan Teknik Fisika*. Yogyakarta :Universitas Gadjah Mada.
- Sri Kusumadewi. 2002. *Analisis Design dan Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Susilo, Frans SJ. 2003. *Pengantar Himpunan & Logika Kabur serta aplikasinya*. Yogyakarta : Universitas Sanata Dharma.
- Tejakusumah. 1982. *Unsur Cuaca dan Iklim*. Jakarta: Yudistira.
- Wang, Li Xin. 1994. *Adaptive Fuzzy Systems and Control – Design and Stability Analysis*. New Jersey: Prentice-Hall International Inc.
- Wang, Li Xin. 1997. *A Course in Fuzy Systems and Control*. New Jersey : Prentice-Hall International.
- William W. S. Wei. 1994. *Time series Analysis*.New York:Addisson Wesley.