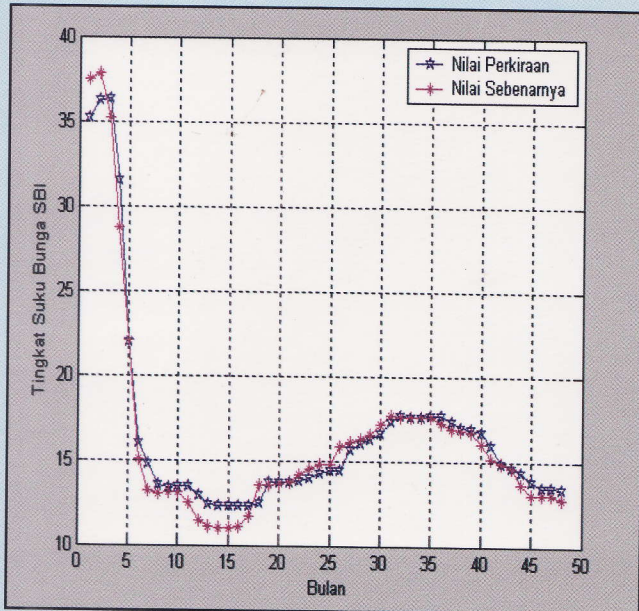


Jurnal ILMU DASAR

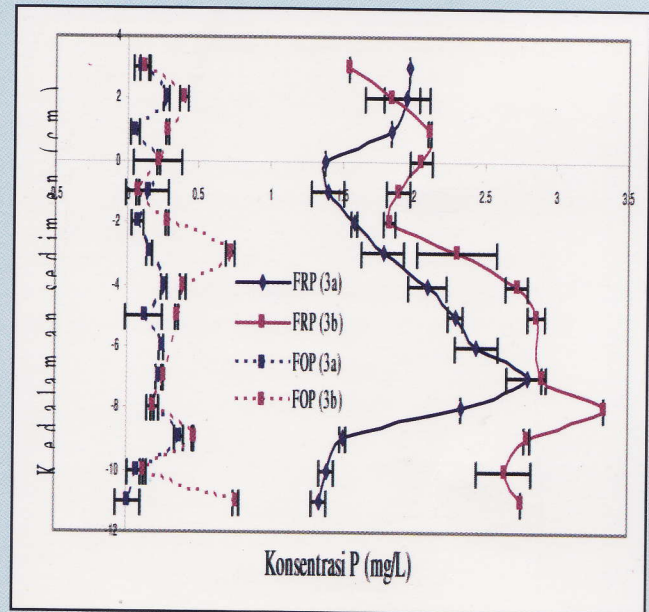
Terakreditasi SK Dirjen Dikti No. 65a/DIKTI/Kep/2008

Volume 11 Nomor 2

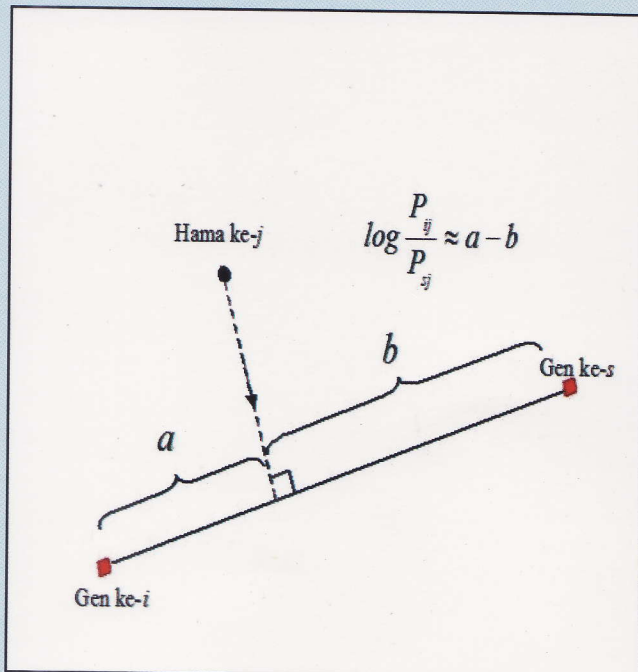
Juli 2010



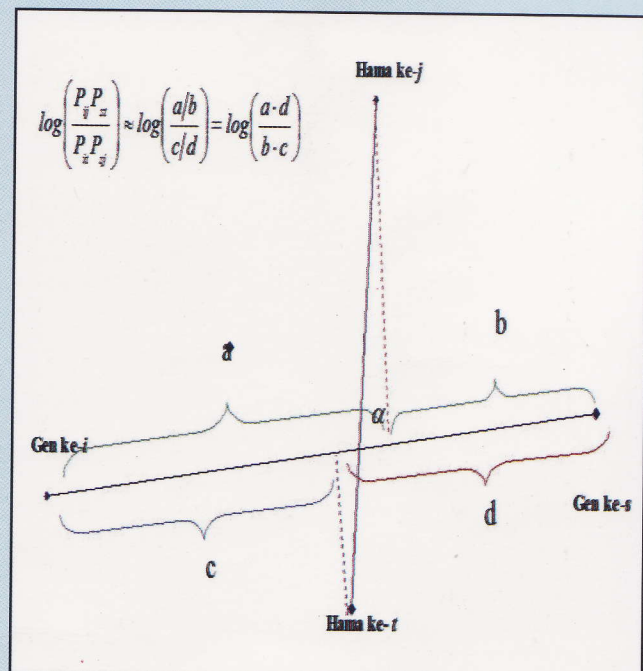
(a)



(b)



(c)



(d)

ISSN 1411- 5735

Jurnal ILMU DASAR

Volume 11 Nomor 2 Juli 2010

Pimpinan Editor

I Made Tirta

Sekretaris

Kartika Senjarini

Editor Pelaksana

Eva Tyas Utami

Dwi Indarti

Dewan Editor

Moh. Hasan

Wuryanti Handayani

Sattya Arimurti

Editor Teknik

Kusbudiono

Administrasi dan Keuangan

Jumari

Nur Syamsiyah Harpanti

Sri Lestari

Jurnal Ilmu Dasar diterbitkan oleh :
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.
Terbit sejak Januari 2000 dengan frekuensi penerbitan dua kali setahun.
Terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Dikti NOMOR: 65a/DIKTI/Kep/2008
tanggal 15 Desember 2008

Alamat Editor/Penerbit:

Jl. Kalimantan 37 Kampus Tegalboto, Jember 68121

Telp. (0331) 334293; Fax. (0331) 330225

E-mail : jid@fmipa.unej.ac.id atau jurnalilmudasar@gmail.com

<http://www.unej.ac.id/fakultas/mipa/> atau <http://www.mipa.unej.ac.id>

Keterangan sampul :

- Gambar atas kiri** : Tingkat suku bunga SBI yang sebenarnya dan nilai perkiraannya dengan model fuzzy *time series*. (Agus Maman Abadi *et al.*, hal 210)
- Gambar atas kanan** : Konsentrasi FRP dan FOP yang diperoleh dari pengukuran La(OH)3-DGT selama 15 hari pada core 3. Tiap titik data menunjukkan konsentrasi rata-rata $\pm \sigma_{n-1}$ ($n = 3$). (Barlah Rumhayati, hal 163)
- Gambar bawah** : Geometrical visualization of Odds (A) and Odds Ratio (B). (Alfian F. Hadi *et al.*, hal 156).

UCAPAN TERIMA KASIH

Diucapkan terima kasih kepada MITRA BESTARI atas kontribusinya pada penerbitan Jurnal ILMU DASAR Volume 11 tahun 2010 :

1. Prof. Dra. Susanti Linuwih, M.Stats. Ph.D.
2. Prof. Dr. Karna Wijaya, M.S.
3. Prof. Wega Tri Sunaryanti, M.S., Ph.D.Eng.
4. Prof. Agus Subekti, M.Sc., Ph.D.
5. Prof. Dr. Aripin
6. Prof. Dr. Joko Purnomo, M.P.
7. Prof. Drs. I Made Tirta, M.Sc., Ph.D.
8. Prof. Dr. Sudarmadji, M.A.
9. Kahar Muzakhar, Ph.D.
10. Muh. Sarjan, M.Sc., Ph.D.
11. Dr. Deddy Kurniadi
12. Drs. Rudju Winarsa, M.Kes.
13. Dr. Wahyu Subchan, M.S.
14. Dr. Purhadi, M.S.
15. Dr. Dwi Winarni, M.Si.
16. Drs. Zulfikar, Ph.D.
17. Drs. Sujito, Ph.D.
18. Dr. Hidayat Teguh Wiyono, M.Pd.
19. Tri Agus Siswoyo, M.Sc., Ph.D.
20. Dr. Ahmad Ridwan
21. Dr. Diah Rahmawati, S.Si., M.Si.
22. Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D.
23. Dr. Asep Saefumillah
24. Drs. Budi Lestari, M.S.

Jurnal ILMU DASAR

DAFTAR ISI

Insecticidal Bufadienolides from The Leaves of *Kalanchoe daigremontiana* (Crassulaceae) by Wawan Hermawan, Rani Maharani, Sofa Fajriah, Revan Hardiawan & Unang Supratman (115-119)

Memprediksi Interval Reliabilitas Produk Dengan Metode *Bootstrap Persentil* (*Predicting Interval of Product Reliability With Bootstrap Percentile Method*) oleh Akhmad Fauzy & Epha Diana Supandi (120-123)

Optimasi Pemucatan CPO Menggunakan Arang Aktif Dan Bentonit (*CPO Bleaching Optimization Using Activated Charcoal And Bentonite*) oleh Abdullah, Yudhistira Abdi Atmanegara & Radna Nurmasari (124-128)

Pengaruh *Underlayer* Pd Terhadap Medan Koersive Lapisan Tipis Multilayer Co/Pd Dengan Magnetisasi Tegaklurus (*Pd Seed Under-layer Effect on Coercive Field of Perpendiculary Magnetized Co/Pd Multilayer Films*) oleh Budi Purnama (129-132)

Keberadaan Cendawan Mikoriza Arbuskula di Hutan Pantai Berdasarkan Gradien Salinitas (*Presence of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Coastal Forest Based on The Salinity Gradients*) oleh Delvian (133-142)

Pengaruh Likopen terhadap Penurunan Aktivitas Nuclear Factor kappa Beta (NF- κ B) dan Ekspresi Intracelular Cell Adhesion Molecule-1 (ICAM-1) pada Kultur HUVECs yang Dipapar Leptin (*The Role Of Lycopene to Nuclear Factor Kappa Beta (NF- κ B) Activities and Intracellular Cell Adhesion Molecule-1 (Icam-1) Expressions on Leptin-Induced Endothelial Cell*) oleh Heni Fatmawati, Satuman, Endang SW, A. Rudijanto & M. Rasjad Indra2) (143-150)

Generalized AMMI Models for Assessing The Endurance of Soybean to Leaf Pest by Alfian F. Hadi, AA Mattjik & IM Sumertajaya (151-159)

Studi Senyawa Fosfat dalam Sedimen dan Air menggunakan Teknik *Diffusive Gradient in Thin Films (DGT)* (*Study of Phosphate Compounds in Sediment and Water Using Diffusive Gradient in Thin Films (DGT) Technique*) oleh Barlah Rumhayati (160-166)

Komposisi Jenis-Jenis Tumbuhan Mangrove Di Kawasan Hutan Perapat Benoa Desa Pemogan, Kecamatan Denpasar Selatan, Kodya Denpasar, Propinsi Bali (*Composition Of Mangrove Species On Ngurah Rai Mangrove Forest Pemogan Village, Denpasar Selatan District, Denpasar Municipality, Bali Province*) oleh Anak Agung Ketut Darmadi & I Putu Gde Ardhana (167-171)

Desain Simpleks Lattice Optimum dari Model Permukaan MultiresponseOrde Rendah dengan Kriteria optimum D (*Optimum Simplex Lattice Designs of Low Order Multiresponse Surface Model by D-Optimum Criterion*) oleh Ruslan, Susanti L, Puhadi & Sony S (172-176)

Kesamaan Data Biner Berdasarkan Kategori Nilai Entropy dan Pola Struktur (*Similarity for Binary Data based on the Value of Entropy and Structure Patterns Categories*) oleh Kariyam (177-182)

Performasi Multimode Fiber Coupler dengan Parameter Coupler Berbeda sebagai Sensor Pergeseran (*Performance of Multimode-Fiber Coupler with Different Coupler Parameter for Displacement Sensor*) oleh Samian (183-186)

Studi Tentang Jenis Pakan Ikan Kresek (*Thryssa Mystax*) di Perairan Ujung Pangkah, Jawa Timur (*Study on Food Habits of Moustached Thryssa (Thryssa Mystax) at Ujung Pangkah Waters, East Java*) oleh Sulistiono, Fifit Maulani, Murniarti Brodjo & Charles P H Simanjuntak (187-196)

Jurnal ILMU DASAR

DAFTAR ISI

CAPM (Capital Asset Pricing Model) dengan Distribusi Stable CAPM (*Capital Asset Pricing Model*) with *Stable Distribution*) oleh Dedi Rosadi (197-204)

Peramalan Tingkat Suku Bunga Sertifikat Bank Indonesia Berdasarkan Data *Fuzzy Time Series* Multivariat (*Forecasting Interest Rate of Bank Indonesia Certificate Based on Multivariate Fuzzy Time Series Data*) oleh Agus Maman Abadi, Subanar, Widodo & Samsubar Saleh (205-211)

Laser Induced Fluorescence Spectroscopy of Atoms in a Hollow Cathode Discharge Lamp by Agung Bambang Setio Utomo & Hans Helmut Telle (212-219).

Peramalan Tingkat Suku Bunga Sertifikat Bank Indonesia Berdasarkan Data *Fuzzy Time Series* Multivariat

Forecasting Interest Rate of Bank Indonesia Certificate Based on Multivariate Fuzzy Time Series Data

Agus Maman Abadi¹⁾, Subanar²⁾, Widodo²⁾, Samsubar Saleh³⁾

¹⁾Jurusan Pendidikan Matematika, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

²⁾Jurusan Matematika, FMIPA Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

³⁾Jurusan Ilmu Ekonomi, Fakultas Ekonomika dan Bisnis Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

ABSTRACT

The aim of this research is to establish a model for forecasting interest rate of Bank Indonesia Certificate (BIC) based on six-factors one-order fuzzy time series data where the main factor is interest rate of BIC and the secondary factors are interest rate of deposit, exchange rate, deposit supply, inflation rate and money supply. Steps to forecasting interest rate of BIC are based on Wang's method. The result of this research is that prediction of interest rate of BIC using multivariate fuzzy time series model has higher accuracy than that using neural network method with average forecasting error 3.1256% and MSE value = 0.2699.

Keywords: Fuzzy set, fuzzy time series, forecasting, interest rate of BIC

PENDAHULUAN

Salah satu indikator kestabilan perekonomian di Indonesia adalah besarnya tingkat suku bunga Sertifikat Bank Indonesia (SBI). Tingkat suku bunga Sertifikat Bank Indonesia akan mempengaruhi suatu bank dalam menentukan tingkat suku bunga tabungan atau deposito yang akhirnya dapat mempengaruhi nasabah dalam menyimpan dananya di suatu bank. Tingkat suku bunga SBI dapat dipengaruhi oleh tingkat suku bunga SBI sebelumnya, tingkat suku bunga deposito, tingkat inflasi, nilai tukar rupiah terhadap dollar Amerika, jumlah tabungan, jumlah uang beredar dan kestabilan perekonomian dunia serta keadaan politik dalam negeri.

Kustono *et al.* (2006) telah menentukan peramalan tingkat suku bunga SBI dengan metode neural network dengan rata-rata tingkat kesalahan prediksinya 6,561%. Kelemahan pemodelan dengan metode neural network ini adalah proses pembelajarannya (*learning*) lambat khususnya untuk ukuran data percobaan yang besar dan pemodelan neural network tidak transparan dalam menggunakan informasi sebelumnya.

Dalam beberapa tahun ini telah berkembang suatu pemodelan yang didasarkan pada data time series dari suatu variabel linguistik (*fuzzy*). Data time series yang demikian disebut data fuzzy time series. Song & Chissom (1993a) telah mengembangkan pemodelan data

fuzzy time series dengan menggunakan persamaan relasi fuzzy. Penentuan relasi fuzzy dalam pemodelan ini menggunakan metode Mamdani yaitu menggunakan komposisi *max-min* dengan operator gabungan dan irisan. Di dalam pemodelan ini pencarian relasi fuzzy memerlukan banyak perhitungan sehingga tidak efisien. Selanjutnya Song & Chissom (1993b, 1994) mengembangkan model fuzzy time series univariat untuk order satu time-invariant dan time-variant. Pemodelan ini masih memerlukan perhitungan yang kompleks khususnya jika aturan relasinya banyak dan juga hasil pemodelannya belum memberikan tingkat akurasi yang baik. Untuk mengatasi hal ini, Chen (1996) membuat model fuzzy time series dengan mengelompokkan relasi fuzzy berdasarkan antecedennya.

Selanjutnya Hwang *et al.* (1998) menerapkan model fuzzy time series untuk meramalkan jumlah pendaftar di universitas Alabama dengan cara memprediksi variansinya. Kemudian Huarng (2001) mengembangkan model fuzzy time series secara heuristik dan memberikan perhitungan yang lebih efisien dibandingkan model yang dikembangkan oleh Chen (1996). Pada pemodelan fuzzy time series, penentuan panjang interval yang efektif pada pembentukan himpunan fuzzy sangat menentukan ketepatan model untuk peramalan (Huarng 2001). Kemudian Chen (2002) membuat model fuzzy time series order tinggi

untuk meramalkan jumlah pendaftar di universitas Alabama dan memberikan tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan model-model sebelumnya.

Model-model *fuzzy time series* order satu juga dikembangkan oleh Sah & Degtiarev (2004), Chen & Hsu (2004). Pemodelan data *fuzzy time series* multivariat telah dilakukan oleh Lee et al. (2006) dan Jilani et al. (2007) yang prosedur perhitungannya masih sangat kompleks khususnya untuk data yang banyak. Selanjutnya Abadi et al. (2007, 2008c, 2009) telah mengembangkan peramalan tingkat suku bunga SBI berdasarkan data *fuzzy time series univariat* dan memberikan tingkat prediksi yang baik. Selanjutnya Abadi et al. (2008a, 2008b) telah menerapkan model *fuzzy* untuk peramalan tingkat inflasi di Indonesia.

Tingkat suku bunga SBI dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, oleh karena itu di dalam penelitian ini, akan dikembangkan pemodelan untuk peramalan tingkat suku bunga SBI berdasarkan data *fuzzy time series multivariat*.

METODE

Fuzzy time series multivariat

Jika diberikan himpunan semesta $Y(t) \subset \mathbf{R}$, $t = \dots, 0, 1, 2, \dots$, dengan $f_i(t)$ ($i = 1, 2, 3, \dots$) adalah himpunan *fuzzy* yang didefinisikan padanya dan jika $F(t)$ adalah koleksi dari $f_i(t)$, maka $F(t)$ disebut *fuzzy time series* pada $Y(t)$. Jadi *fuzzy time series* $F(t)$ dapat dipandang sebagai variable linguistik dengan $f_i(t)$ sebagai nilai linguistik yang mungkin dari $F(t)$. Nilai dari $F(t)$ dapat berbeda-beda tergantung pada waktu t sehingga $F(t)$ merupakan fungsi t . Suatu *fuzzy time series* $F_1(t)$ yang dipengaruhi oleh $(F_1(t-1), F_2(t-1)), (F_1(t-2), F_2(t-2)), \dots, (F_1(t-n), F_2(t-n))$, dapat dinyatakan dengan suatu relasi *fuzzy* $(F_1(t-n), F_2(t-n)), \dots, (F_1(t-2), F_2(t-2)), (F_1(t-1), F_2(t-1)) \rightarrow F_1(t)$ dan relasi *fuzzy* ini disebut model peramalan *fuzzy time series* order- n , 2-faktor dengan $F_1(t), F_2(t)$ berturut-turut sebagai faktor utama dan faktor sekunder. Secara umum suatu relasi *fuzzy* yang dinyatakan dengan $(F_1(t-n), F_2(t-n)), \dots, (F_m(t-n)), \dots, (F_1(t-2), F_2(t-2)), \dots, (F_m(t-2)), (F_1(t-1), F_2(t-1)), \dots, (F_m(t-1)) \rightarrow F_1(t)$ (1) disebut model peramalan *fuzzy time series* order- n , m -faktor, dengan $F_1(t)$ sebagai faktor utama dan $F_2(t), \dots, F_m(t)$ sebagai faktor sekunder. Selanjutnya

yang dimaksud dengan *fuzzy time series* multivariat adalah *fuzzy time series* order- n dan m -faktor dengan $m \geq 2$.

Seperti dalam pemodelan data *time series* tradisional, pada pemodelan data *fuzzy time series*, data *training* digunakan untuk menentukan hubungan diantara nilai data pada waktu yang berbeda-beda. Di dalam *fuzzy time series*, selain hubungan diantara nilai data, pengalaman seorang ahli dapat dimasukkan untuk penentuan model. Pengalaman tersebut dinyatakan dalam implikasi "JIKA..., MAKA..." yang disebut relasi *fuzzy*. Jadi langkah utama dalam pemodelan data *fuzzy time series* adalah mengidentifikasi data *training* dengan relasi *fuzzy*.

Misalkan $A_{1,k}(t-i), \dots, A_{N,k}(t-i)$ adalah N_i himpunan *fuzzy* pada *fuzzy time series* $F_i(t-i)$, $i = 0, 1, 2, 3, \dots, n$, $k = 1, 2, \dots, m$ yang kontinu, normal dan lengkap, maka suatu aturan R^i : Jika $(x_1(t-n)$ adalah $A_{1,1}^i(t-n)$ dan ... dan $x_m(t-n)$ adalah $A_{m,m}^i(t-n)$ dan ... dan $(x_1(t-1)$ adalah $A_{1,1}^i(t-1)$ dan ... dan $x_m(t-1)$ adalah $A_{m,m}^i(t-1)$, maka $x_1(t)$ adalah $A_{1,1}^i(t)$ (2)

ekuivalen dengan relasi *fuzzy* (1) dan sebaliknya. Oleh karena itu (2) dapat dipandang sebagai relasi *fuzzy* pada $U \times V$ dengan $U = U_1 \times \dots \times U_m \subset R^n$, $V \subset R$ dan

$$\begin{aligned} \mu_A(x_1(t-n), \dots, x_1(t-1), \dots, x_m(t-n), \dots, x_m(t-1)) = \\ \mu_{A_{1,1}}(x_1(t-n)) \dots \mu_{A_{1,1}}(x_1(t-1)) \dots \mu_{A_{m,m}}(x_m(t-n)) \dots \mu_{A_{m,m}}(x_m(t-1)), \end{aligned}$$

dengan

$$A = A_{1,1}(t-n) \times \dots \times A_{1,1}(t-1) \times \dots \times A_{m,m}(t-n) \times \dots \times A_{m,m}(t-1).$$

Definisi relasi *fuzzy* pada $U \times V$ ini akan digunakan untuk menentukan langkah-langkah pemodelan data *fuzzy time series*.

Prosedur pemodelan data *fuzzy time series* multivariat dengan metode Wang

Jika diberikan N data *training*: $(x_{1,p}(t-1), x_{2,p}(t-1), \dots, x_{n,p}(t-1), x_p(t))$ $p = 1, 2, 3, \dots, N$, maka prosedur pembentukan model *fuzzy time series* order-1, m -faktor dengan metode Wang (Wang 1997) adalah sebagai berikut:

Langkah 1. Definisikan himpunan semesta untuk faktor utama dan faktor sekunder. Misalkan $U = [\alpha_i, \beta_i] \subset R$ adalah himpunan semesta untuk faktor utama dengan $x_{1,p}(t-1), x_{1,p}(t) \in [\alpha_i, \beta_i]$ dan himpunan semesta untuk faktor sekunder adalah $V_i = [\alpha_i, \beta_i] \subset R$, $i = 2, 3, \dots, m$, dengan $x_{i,p}(t-1) \in [\alpha_i, \beta_i]$.

Langkah 2. Definisikan himpunan fuzzy pada setiap himpunan semesta. Misalkan $A_{i,k}(t-i), \dots, A_{N_k,k}(t-i)$ adalah N_i himpunan fuzzy pada fuzzy time series $F_k(t-i)$ yang kontinu, normal dan lengkap di $[\alpha_k, \beta_k] \subset R, i = 0, 1, k = 1, 2, 3, \dots, m$.

Langkah 3. Tentukan relasi fuzzy berdasarkan data training. Untuk setiap pasang data training $(x_{1,p}(t-1), x_{2,p}(t-1), \dots, x_{m,p}(t-1); x_{1,p}(t))$, tentukan nilai keanggotaan dari $x_{k,p}(t-1)$ di $A_{i,k}(t-1)$ dan nilai keanggotaan dari $x_{1,p}(t)$ di $A_{i,1}(t)$. Untuk setiap $x_{k,p}(t-i)$, tentukan $A_{i,k}(t-i)$ sehingga $\mu_{A_{j,k}(t-i)}(x_{k,p}(t-i)) \geq \mu_{A_{i,k}(t-i)}(x_{k,p}(t-i)), j = 1, 2, \dots, N_k$. Akhirnya untuk setiap pasang data training dapat ditentukan relasi fuzzy $((A_{i,1}(t-1), A_{i,2}(t-1), \dots, A_{i,m}(t-1)) \rightarrow A_{i,1}(t))$.

Jika ada relasi fuzzy yang antecedennya sama tetapi konsekuensinya berbeda, maka relasi fuzzy-relasi fuzzy tersebut dikatakan saling konflik. Jika demikian, dipilih satu relasi fuzzy yang mempunyai derajat maksimum. Derajat suatu relasi fuzzy yang dibangun oleh sepasang data training

$(x_{1,p}(t-1), x_{2,p}(t-1), \dots, x_{m,p}(t-1); x_{1,p}(t))$ didefinisikan sebagai $(\mu_{A_{i,1}(t-1)}(x_{1,p}(t-1)) \mu_{A_{i,2}(t-1)}(x_{2,p}(t-1)) \dots \mu_{A_{i,m}(t-1)}(x_{m,p}(t-1)) \mu_{A_{i,1}(t)}(x_{1,p}(t)))$

Berdasarkan langkah ini diperoleh M relasi fuzzy dalam bentuk:

$$(A_{i,1}^l(t-1), A_{i,2}^l(t-1), \dots, A_{i,m}^l(t-1)) \rightarrow A_{i,1}^l(t), l = 1, 2, 3, \dots, M. \tag{3}$$

Langkah 4. Tentukan fungsi keanggotaan untuk setiap relasi fuzzy yang dihasilkan dari langkah 3. Setiap relasi fuzzy dapat dipandang sebagai relasi pada $U \times V$ dengan $U = U_1 \times \dots \times U_m \subset R^m, V \subset R$, sehingga fungsi keanggotaan untuk relasi fuzzy (3) adalah $\mu_{R^l}(x_{1,p}(t-1), x_{2,p}(t-1), \dots, x_{m,p}(t-1); x_{1,p}(t)) =$

$$\mu_{A_{i,1}(t-1)}(x_{1,p}(t-1)) \mu_{A_{i,2}(t-1)}(x_{2,p}(t-1)) \dots \mu_{A_{i,m}(t-1)}(x_{m,p}(t-1)) \mu_{A_{i,1}(t)}(x_{1,p}(t))$$

Langkah 5. Jika diberikan input himpunan fuzzy $A^l(t-1)$ pada U , tentukan output himpunan fuzzy $A^l(t)$ pada V untuk setiap relasi fuzzy (3) yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu_{A^l}(x_1(t)) = \sup_{x \in U} (\mu_{A^l}(x(t-1)) \mu_{R^l}(x(t-1); x_1(t)))$$

dengan $x(t-1) = (x_1(t-1), \dots, x_m(t-1))$.

Langkah 6. Tentukan output himpunan fuzzy $A^l(t)$ sebagai kombinasi dari M himpunan fuzzy $A^1(t), A^2(t), A^3(t), \dots, A^M(t)$ dengan

$$\mu_{A^l(t)}(x_1(t)) = \max_{l=1}^M (\mu_{A^l(t)}(x_1(t), \dots, \mu_{A^l(t)}(x_1(t))) = \max_{l=1}^M (\sup_{x \in U} (\mu_{A^l}(x(t-1)) \mu_{R^l}(x(t-1); x_1(t)))) = \max_{l=1}^M (\sup_{x \in U} (\mu_{A^l}(x(t-1)) \prod_{j=1}^m \mu_{A_{j,j}(t-1)}(x_j(t-1)) \mu_{A^l}(x_1(t))))$$

Langkah 7. Tentukan perkiraan output. Berdasarkan langkah 6, jika diberikan input himpunan fuzzy $A^l(t-1)$, maka perkiraan outputnya adalah himpunan fuzzy $A^l(t)$ dengan

$$\mu_{A^l(t)}(x_1(t)) = \max_{l=1}^M (\sup_{x \in U} (\mu_{A^l}(x(t-1)) \prod_{j=1}^m \mu_{A_{j,j}(t-1)}(x_j(t-1)) \mu_{A^l}(x_1(t)))) \tag{4}$$

Langkah 8. Defuzzifikasi output. Jika output model yang diinginkan adalah himpunan fuzzy, maka berhenti di Langkah 7. Jika output yang diinginkan adalah suatu bilangan riil, maka dilakukan defuzzifikasi. Di dalam penelitian ini, digunakan fungsi keanggotaan Gaussian

$$\mu_{A^l(t-1)}(x(t-1)) = \exp\left(-\sum_{i=1}^n \frac{(x_i(t-1) - x_i^*(t-1))^2}{a_i^2}\right)$$

untuk input himpunan fuzzy $A^l(t-1)$ dan dengan defuzzifier rata-rata pusat, maka perkiraan output riilnya adalah

$$x_1(t) = f(x_1(t-1), \dots, x_m(t-1)) = \frac{\sum_{j=1}^M y_j \exp\left(-\sum_{i=1}^n \frac{(x_i(t-1) - x_i^*(t-1))^2}{a_i^2 + \sigma_{i,j}^2}\right)}{\sum_{j=1}^M \exp\left(-\sum_{i=1}^n \frac{(x_i(t-1) - x_i^*(t-1))^2}{a_i^2 + \sigma_{i,j}^2}\right)} \tag{5}$$

dengan y_j adalah pusat dari himpunan fuzzy $A_{i,1}^j(t)$. Prosedur pemodelan data fuzzy time series dapat dilihat pada Gambar 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut Kustono *et al.* (2006), faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat suku bunga SBI adalah tingkat suku bunga SBI sebelumnya, tingkat suku bunga deposito, nilai tukar rupiah terhadap dollar Amerika, jumlah deposito, tingkat inflasi dan jumlah uang beredar. Di dalam penelitian ini akan ditentukan model peramalan tingkat suku bunga SBI berdasarkan data fuzzy time series multivariat dengan pengembangan metode Wang yaitu akan diprediksi tingkat suku bunga SBI bulan ke- k berdasarkan tingkat suku bunga SBI, tingkat suku bunga deposito, nilai tukar rupiah terhadap dollar Amerika, jumlah deposito, tingkat inflasi dan jumlah uang beredar pada bulan ke- $(k-1)$.

Data dari Januari 1999 sampai Januari 2002 digunakan untuk training dan data dari

Tabel 1. Relasi *fuzzy* yang dibangun berdasarkan data *fuzzy time series* order-1, 6-faktor untuk tingkat suku bunga SBI dengan metode Wang.

rule	$((x_1(t-1), x_2(t-1), x_3(t-1), x_4(t-1), x_5(t-1), x_6(t-1))) \rightarrow x_1(t)$	rule	$((x_1(t-1), x_2(t-1), x_3(t-1), x_4(t-1), x_5(t-1), x_6(t-1))) \rightarrow x_1(t)$
1	(A14, B14, C7, D12, E11, F1) → A15	19	(A3, B1, C7, D3, E8, F4) → A3
2	(A15, B14, C6, D13, E8, F2) → A15	20	(A3, B2, C6, D2, E6, F4) → A3
3	(A15, B14, C6, D13, E5, F2) → A14	21	(A3, B2, C7, D3, E4, F4) → A3
4	(A14, B13, C6, D15, E4, F2) → A10	22	(A3, B2, C8, D6, E7, F4) → A3
5	(A10, B11, C5, D16, E4, F2) → A7	23	(A3, B2, C8, D7, E8, F5) → A3
6	(A7, B8, C2, D13, E4, F2) → A4	24	(A3, B2, C8, D7, E9, F7) → A3
7	(A4, B5, C3, D13, E3, F2) → A3	25	(A3, B2, C8, D9, E6, F5) → A3
8	(A3, B3, C4, D11, E3, F2) → A3	26	(A3, B3, C9, D11, E7, F5) → A4
9	(A3, B2, C6, D10, E4, F2) → A3	27	(A4, B3, C10, D13, E7, F5) → A4
10	(A3, B2, C3, D4, E5, F3) → A3	28	(A4, B3, C12, D15, E6, F5) → A4
11	(A3, B2, C4, D9, E5, F2) → A2	29	(A4, B3, C11, D14, E7, F6) → A4
12	(A2, B2, C3, D6, E8, F4) → A2	30	(A4, B3, C12, D14, E8, F6) → A5
13	(A2, B2, C4, D7, E8, F3) → A2	31	(A5, B3, C8, D10, E9, F6) → A5
14	(A2, B2, C4, D7, E5, F3) → A2	32	(A5, B3, C7, D10, E5, F7) → A5
15	(A2, B1, C4, D7, E4, F3) → A1	33	(A5, B5, C8, D12, E6, F7) → A5
16	(A1, B1, C5, D7, E6, F3) → A2	34	(A5, B5, C10, D16, E6, F7) → A5
17	(A2, B1, C6, D8, E7, F3) → A2	35	(A5, B5, C10, D17, E8, F8) → A5
18	(A2, B1, C6, D4, E6, F4) → A3	36	(A5, B5, C10, D18, E8, F8) → A5

Februari 2002 sampai Januari 2003 digunakan untuk *testing*. Selanjutnya peramalan tingkat suku bunga SBI dilakukan dengan menggunakan prosedur pemodelan data *fuzzy time series* di atas. Himpunan semesta untuk tingkat suku bunga SBI, tingkat suku bunga deposito, nilai tukar rupiah terhadap dollar Amerika, jumlah deposito, tingkat inflasi dan jumlah uang beredar berturut-turut adalah [10, 40], [10, 40], [6000, 12000], [360000, 460000], [-2, 4], [40000, 90000]. Selanjutnya didefinisikan himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan Gaussian pada setiap himpunan semesta. Di dalam penelitian ini didefinisikan 16 himpunan *fuzzy* A_1, A_2, \dots, A_{16} pada himpunan semesta dari tingkat suku bunga SBI, 16 himpunan *fuzzy* B_1, B_2, \dots, B_{16} pada himpunan semesta dari tingkat suku bunga deposito, 13 himpunan *fuzzy* C_1, C_2, \dots, C_{13} pada [6000, 12000], 21 himpunan *fuzzy* D_1, D_2, \dots, D_{21} pada [360000, 460000], 13 himpunan *fuzzy* E_1, E_2, \dots, E_{13} pada [-2, 4], 11 himpunan *fuzzy* F_1, F_2, \dots, F_{11} pada [40000, 90000]. Kemudian berdasarkan data *training* dan langkah 3, diperoleh sebanyak 36 relasi *fuzzy* yang berbentuk:

$$(A'_s(t-1), B'_s(t-1), C'_s(t-1), D'_s(t-1), E'_s(t-1), F'_s(t-1)) \rightarrow A'_s(t)$$

Relasi *fuzzy* yang dibangun dari data *training* dapat dilihat pada Tabel 1. Kemudian dengan menerapkan Langkah 4 sampai Langkah 8 serta dengan persamaan (5) diperoleh perkiraan

tingkat suku bunga SBI dari bulan Februari 2002 sampai Januari 2003 seperti terlihat pada Tabel 2.

Ketepatan model *fuzzy* diukur dengan nilai *mean square error* (*MSE*) yaitu

$$MSE = \frac{\sum_{t=37}^{48} (x_1(t) - f(x(t-1)))^2}{12} \text{ dan persentase}$$

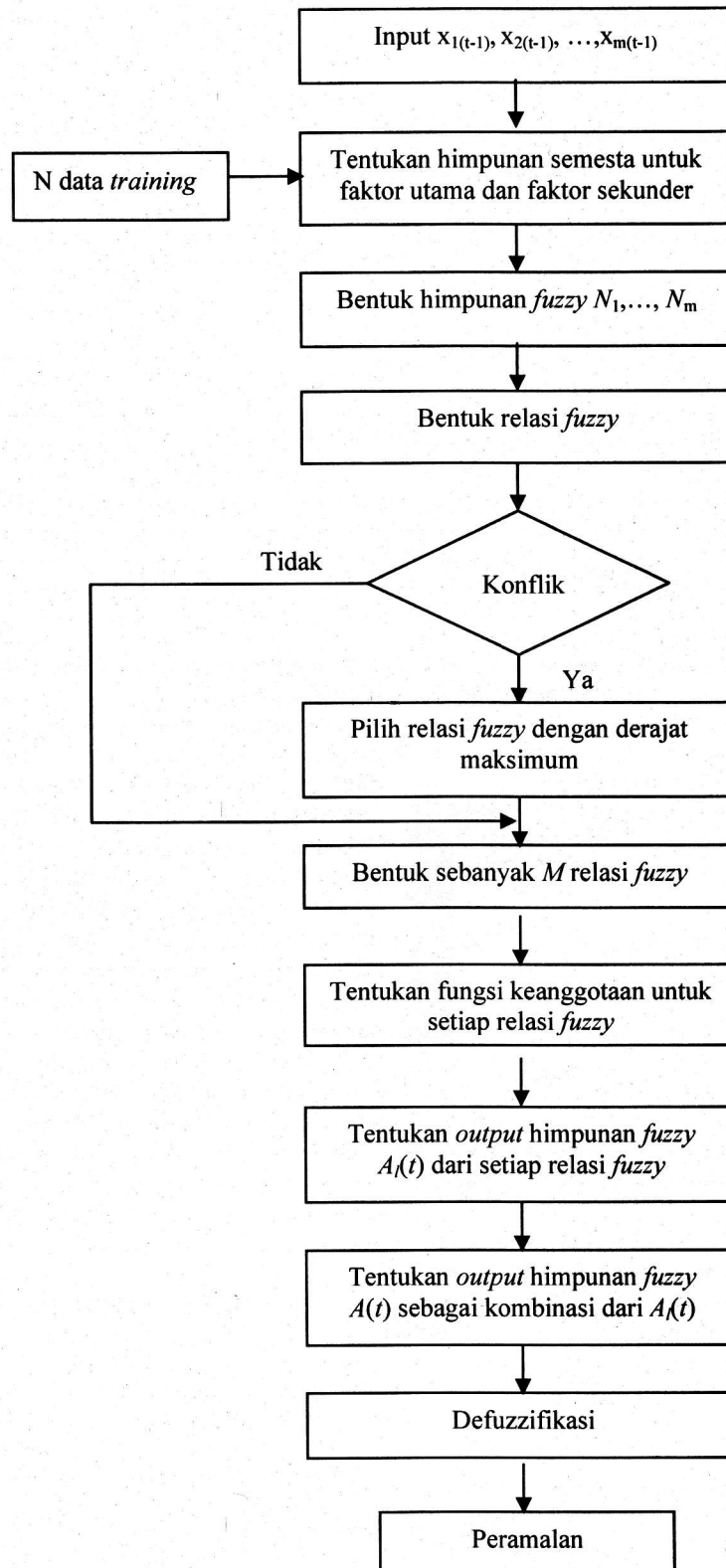
rata-rata kesalahan peramalan untuk data

$$\text{testing yaitu } \frac{1}{12} \sum_{t=37}^{48} \left| \frac{x_1(t) - f(x(t-1))}{x_1(t)} \right| \times 100\%$$

dengan $x_1(t)$ adalah tingkat suku bunga SBI bulan ke- t dan $f(x(t-1))$ adalah perkiraan tingkat suku bunga SBI bulan ke- t berdasarkan model *fuzzy time series* dengan

$$x(t-1) = (x_1(t-1), x_2(t-1), x_3(t-1), x_4(t-1), x_5(t-1), x_6(t-1))$$

Berdasarkan Tabel 2, peramalan tingkat suku bunga SBI dengan model *fuzzy time series* mempunyai persentase rata-rata kesalahan peramalan sebesar 3,1256% dan nilai $MSE = 0,2699$. Hasil ini lebih baik jika dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dengan metode *neural network* yang dilakukan oleh Kustono et al. (2006) dengan persentase rata-rata kesalahan peramalan sebesar 6,561% dan nilai $MSE = 1,5109$. Perbandingan hasil peramalan tingkat suku bunga SBI dengan metode *neural network* dan model *fuzzy time series* dapat dilihat pada Tabel 2.

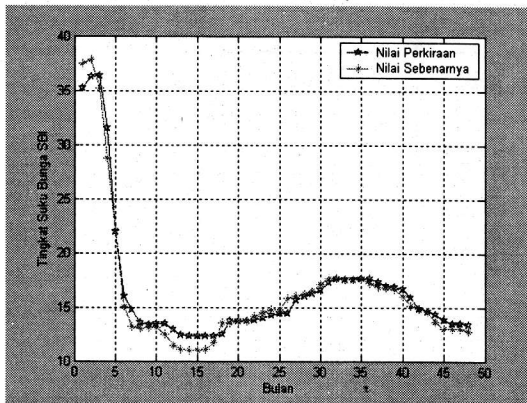


Gambar 1. Prosedur peramalan data *fuzzy time series* multivariat dengan menggunakan metode Wang.

Tabel 2. Perbandingan hasil peramalan tingkat suku bunga SBI dengan metode *neural network* dan model *fuzzy time series*.

No.	Bulan	Tingkat suku bunga SBI sebenarnya (%)	Peramalan tingkat suku bunga SBI (%)	
			Metode <i>neural network</i>	Model <i>fuzzy time series</i>
1.	Februari 2002	16,89	16,263	17,349
2.	Maret 2002	16,82	16,699	16,998
3.	April 2002	16,67	15,579	16,869
4.	Mei 2002	16,03	15,083	16,684
5.	Juni 2002	15,14	14,460	15,963
6.	Juli 2002	14,88	13,751	14,852
7.	Agustus 2002	14,62	13,214	14,569
8.	September 2002	13,64	13,360	14,341
9.	Oktober 2002	13,06	13,253	13,844
10.	November 2002	13,07	13,313	13,459
11.	Desember 2002	13,00	9,847	13,464
12.	Januari 2003	12,79	11,446	13,404
Rata-rata persentase kesalahan peramalan (%)			6,561	3,1256
MSE			1,5109	0,2699

Gambaran tingkat suku bunga SBI yang sebenarnya dengan nilai perkiraannya berdasarkan model *fuzzy time series* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tingkat suku bunga SBI yang sebenarnya dan nilai perkiraannya dengan model *fuzzy time series*.

KESIMPULAN

Pemodelan tingkat suku bunga SBI berdasarkan data *fuzzy time series* multivariat mempunyai kelebihan dibandingkan pemodelan dengan *neural network* sebab proses pemodelan data *fuzzy time series* menggunakan informasi dalam bentuk aturan yang didasarkan pada data sampel dan pengetahuan ahli serta transparan dalam

pengambilan keputusan sehingga mudah untuk diuji dan dipahami.

Peramalan tingkat suku bunga SBI dilakukan dengan metode Wang yang didasarkan pada data *fuzzy time series* order-1 dan 6-faktor. Berdasarkan persentase rata-rata kesalahan peramalan dan nilai MSE, peramalan tingkat suku bunga SBI berdasarkan data *fuzzy time series* multivariat mempunyai tingkat keakuratan yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode *neural network*.

Pada tulisan ini, banyaknya himpunan *fuzzy* yang dibangun ditetapkan terlebih dahulu. Banyaknya himpunan *fuzzy* yang didefinisikan pada faktor utama dan faktor sekunder mempengaruhi keakuratan model *fuzzy* yang dihasilkan. Oleh karena itu pada penelitian selanjutnya, akan dikembangkan metode untuk menentukan banyaknya himpunan *fuzzy* yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi AM, Subanar, Widodo & Saleh S. 2007. Forecasting Interest Rate of Bank Indonesia Certificate Based on Univariate Fuzzy Time Series. *International Conference on Mathematics and Its applications SEAMS. Gadjah Mada University.*
- Abadi AM, Subanar, Widodo & Saleh S. 2008a. Constructing Complete Fuzzy Rules of Fuzzy Model Using Singular Value Decomposition. *Proceedings of The International Conference on Mathematics, Statistics and Applications (ICMSA). Syiah Kuala University. 1: 61-66.*

- Abadi AM, Subanar, Widodo & Saleh S. 2008b. *Designing Fuzzy Time Series Model and Its Application to Forecasting Inflation Rate*. 7th World Congress in Probability and Statistics. National University of Singapore.
- Abadi AM, Subanar, Widodo & Saleh S. 2008c. *A New Method for Generating Fuzzy Rule from Training Data and Its Application in Financial Problems*. The Proceedings of The 3rd International Conference on Mathematics and Statistics (ICoMS-3). Institut Pertanian Bogor.
- Abadi AM, Subanar, Widodo & Saleh S. 2009. *Designing Fuzzy Time Series Model Using Generalized Wang's Method and Its Application to Forecasting Interest Rate of Bank Indonesia Certificate*. Proceedings of The First International Seminar on Science and Technology. Islamic University of Indonesia.
- Chen SM. 1996. Forecasting Enrollments Based on Fuzzy Time Series. *Fuzzy Sets and Systems*. **81**: 311-319.
- Chen SM. 2002. Forecasting Enrollments Based on High-order Fuzzy Time Series. *Cybernetics and Systems Journal*. **33**: 1-16.
- Chen SM & Hsu CC. 2004. A New Method to Forecasting Enrollments Using Fuzzy Time Series. *International Journal of Applied Sciences and Engineering*. **2**(3): 234-244.
- Huang K. 2001. Heuristic Models of Fuzzy Time Series for Forecasting. *Fuzzy Sets and Systems*. **123**: 369-386.
- Hwang JR, Chen SM & Lee CH. 1998. Handling Forecasting Problems Using Fuzzy Time Series. *Fuzzy Sets and Systems*. **100**: 217-228.
- Jilani TA, Burney SMA & Ardil C. 2007. Multivariate High Order Fuzzy Time Series Forecasting for Car Road Accidents. *International Journal of Computational Intelligence*. **4**(1): 15-20.
- Kustono, Supriyadi & Sukisno T. 2006. *Peramalan Suku Bunga Sertifikat Bank Indonesia dengan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan*. [Laporan penelitian dosen muda, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta].
- Lee LW, Wang LH, Chen SM & Leu YH. 2006. Handling Forecasting Problems Based on Two-factors High Order Fuzzy Time Series. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. **14**(3): 468 - 477.
- Sah M & Degtiarev KY. 2004. Forecasting Enrollments Model Based on First-order Fuzzy Time Series. *Transaction on Engineering, Computing and Technology VI. Enformatika*. **VI**: 375-378.
- Song Q & Chissom BS. 1993a. Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series, Part I. *Fuzzy Sets and Systems*. **54**: 1-9.
- Song Q & Chissom BS. 1993b. Fuzzy Time Series and Its Models. *Fuzzy Sets and Systems*. **54**: 269-277.
- Song Q & Chissom BS. 1994. Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series, Part II. *Fuzzy Sets and Systems*. **62**: 1-8.
- Wang LX. 1997. *A Course in Fuzzy Systems and Control*. Upper Saddle River: Prentice-Hall, Inc.

JURNAL ILMU DASAR GUIDLINES FOR AUTHORS

1. The scientific journal "Jurnal ILMU DASAR" is published twice a year, every January and July.
2. The submitted manuscript must neither had been published nor to be published in other scientific journals.
3. The scopes of the topics are basics sciences including Mathematics, Physics, Chemistry, and Biology.
4. The manuscripts, originated from research dissemination, are preferable.
5. The manuscripts must be written in good scientific English.
6. The manuscripts must be submitted in the form of 3 exemplars of print out (on A4 paper, 1 ½ line spacing, 12 pt new times roman) using Microsoft Word or compatible, not more than 15 pages), and file on CD, to:

Dewan Editor

Jurnal ILMU DASAR

Fakultas MIPA Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

E-mail : jurnallilmudasar@gmail.com

at least two months before the schedule of publication.

7. Authors must attach their brief c.v.s (auto biography), and statement that the manuscript is really author (s)' manuscript.
8. The manuscripts will be examined by two reviewers (expert on the corresponding fields), with criteria including: originality, quality, validity, clearness, and benefit for academic society.
9. Authors must revise their manuscripts according to reviewers' comments, no later than specified interval time.
10. Dewan Editor is allowed to chose appropriate figures from the manuscript as cover illustration.
11. Rejected manuscripts will be returned to the authors together with reasons for rejections.
12. Manuscript must be written according to the following JID structure:

Title: English title consists of around 10 words.

Authors: The name and the complete postal address of authors' institution must be clearly written.

Abstract: It must be written clearly and concisely, consists of objectives and scope of research, methods, results and conclusion, must not be more than 300 words. References, figures, table are not allowed in abstract.

Keywords: It consists of terms in English that can be used to search the article.

Introduction: Background, theoretical review, and objectives of research, must be included implicitly in the introduction.

Methods: All important methods, including important materials, applied the research should be described here.

Results and Discussion: This part describes results, illustrations, interpretation, generalisation of the results and its relationship with previous related research.

Conclusion: It briefly describes the important finding of the research and must be based on the fact.

References: References must be written as follows.

- a. Cross-referencing in the text must be consistent with references, both for authors name and year of publications.
- b. Cross-referencing in the text are as follows: "(Author_Name Year)", or "Author_Name (Year)". Notation "&" is used instead of "and" to separate two authors of the same publication. For author more than 2, must be written as "Author_Name1 *et al.* Year).
- c. References
 - i. Reference items must be ordered alphabetically (A-Z) based on Author1_Name and year of publications.
 - ii. Similar authors must be written completely (not using -----)
 - iii. All authors must be written completely in the form " Family_Name Initial_Name.Year of publication."
 - iv. Reference from books: "Author_name. Year. *Book Title (italics)*. City:Publisher".
 - v. Reference from journals: "Author_name. Year. Article title. *Journal Title (italics)*. **Vol./No (bold)**: pages.
 - vi. Reference from unpublished works (thesis, report, dissertations): "Author_name. Year. *Work Title (italics)*. [unpublished type of work, name of institutions]
 - vii. Reference from Internets: Author_name. Year. *Paper Title (italics)*. Web_address [Date of access]

Examples:

Cross-references:

(Stoker & Gustafson 2003, Linsey 2007); (Hoppe *et al.* 1998)

References:

- Heather AF. 2000. *The Magnetic and Electrical Properties of Permalloy-Carbon Thin Film Multilayer*. [unpublished Thesis, Collage of William and Mary, Virginia].
- Heather AF. 2002. *The Magnetic and Electrical Properties ...* Virginia.
- Hoppe HG, Giesenhagen HC & Gocke K. 1998. Changing Patterns of Bacterial Substrate Decomposition in a Eutrophication Gradient. *Aquatic Microbial Ecology* **15**:1-13.
- Hoppe HG, Giesenhagen HC & Gocke K. 1998. Changing Patterns of Bacterial Substrate Decomposition in a Eutrophication Gradient. *Aquatic Microbial Ecology*. **15**:1-13.
- Lindsey J.K. *On h-likelihood, random effect and penalised likelihood*. <http://luc.be/~jlindsey/hglm.ps> [25 Oktober 2007]
- Stoecker DK & Gustafson DE. 2003. Cell-surface proteolytic activity of photosynthetic dinoflagellates. *Aquatic Microbial Ecology* **30**:175-183.