PEMODELAN TINGKAT INFLASI DI INDONESIA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM *FUZZY*

Oleh:
Agus Maman Abadi
(Staf pengajar di FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta)
Ali Muhson
(Staf Pengajar Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Yogyakarta)

Abstrak

Tujuan penulisan ini adalah untuk memperkirakan tingkat inflasi di Indonesia. Jika data-data tentang nilai tukar rupiah dan pendapatan nasional dipandang sebagai input data, kemudian tingkat inflasi di Indonesia dipandang sebagai output data, maka akan dibuat suatu model untuk output data berdasarkan input data tersebut dengan menggunakan sistem fuzzy. Model ini diujicobakan untuk data-data diluar sampel. Selanjutnya dengan pemilihan parameter yang tepat akan diperoleh model yang sesuai dengan tingkat kesalahan yang diinginkan.

Kata kunci: system fuzzy, inflasi

A. Latar belakang masalah

Inflasi merupakan gejala ekonomi yang keberadaannya diperlukan untuk mendukung petumbuhan ekonomi Indonesia. Jika inflasi tidak dapat dikendalikan dengan baik, maka dapat berdampak pada merosotnya perekonomian Indonesia. Oleh karena itu pengendalian inflasi harus dilakukan secara tepat. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi inflasi adalah jumlah uang yang beredar, nilai tukar rupiah, tingkat bunga dan pendapatan nasional. Kemudian berdasarkan penelitian Ali Muhson (1999), dengan analisis regresi model Cobb Douglas dengan metode *enter* diperoleh model hubungan antara tingkat inflasi dengan faktor-faktor tersebut yaitu secara bersama-sama terdapat hubungan yang signifikan antara jumlah uang yang beredar, nilai tukar rupiah, tingkat bunga, pendapatan nasional dan tingkat inflasi di Indonesia. Kemudian dengan analisis regresi metode *stepwise* ditemukan bahwa pendapatan nasional dan nilai tukar rupiah merupakan faktor yang mempengaruhi tingkat inflasi di Indonesia secara signifikan.

Ketidakpastian dari nilai tukar rupiah, pendapatan nasional dan faktor-faktor lain yang tidak diketahui menyebabkan estimasi tingkat inflasi menjadi kompleks. Salah satu cara untuk memodelkan tingkat inflasi di Indonsia berdasarkan faktor-faktor di atas adalah dengan sistem fuzzy. Sistem fuzzy adalah sistem yang terdiri dari fuzzifikasi, basis aturan fuzzy, mesin inferensi fuzzy dan defuzzifikasi. Fuzzifikasi adalah suatu pemetaan dari R^n ke himpunan fuzzy. Suatu basis aturan fuzzy terdiri dari himpunan aturan **jika-maka** fuzzy. Kemudian mesin inferensi fuzzy akan mengkombinasikan basis aturan fuzzy yang akan memetakan suatu himpunan fuzzy ke suatu himpunan fuzzy. Selanjutnya defuzzifikasi adalah suatu pemetaan dari himpunan fuzzy ke bilangan real.

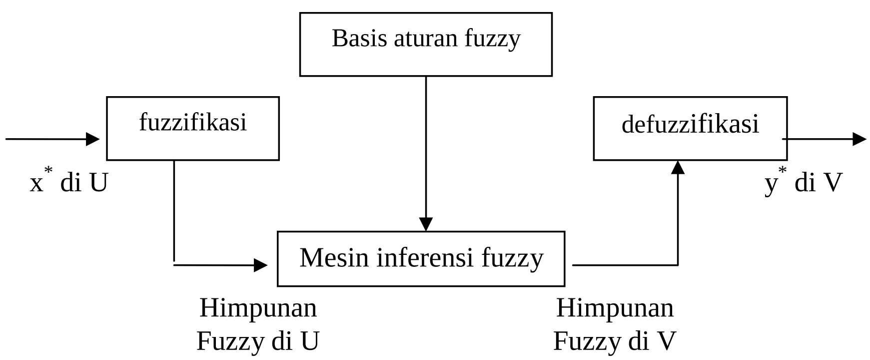
Berdasarkan uraian di atas, penulis akan memodelkan hubungan tingkat inflasi dengan nilai tukar rupiah dan pendapatan nasional dengan sistem fuzzy.

Suatu basis aturan fuzzy terdiri dari himpunan aturan *jika-maka* fuzzy yang berbentuk:

Jika x_1 adalah A_1^l dan x_2 adalah A_2^l ... dan x_n adalah A_n^l, maka y adalah B^l (1)

dengan A_i^l, B^l berturut-turut adalah himpunan fuzzy di $U_i \subset \mathbf{R}$ dan $V \subset \mathbf{R}$, ($x_1, x_2, ..., x_n$) dan y adalah variabel input output dari sistem fuzzy tersebut, l = 1, 2, ..., M yaitu banyaknya aturan dalam basis aturan fuzzy.

Fuzzifikasi adalah suatu pemetaan yang memetakan titik $x^* \in U \subset R^n$ ke suatu himpunan samar A di U. Ada tiga tipe fuzzifikasi yaitu singleton, Gaussian dan segitiga. Sedangkan defuzzifikasi adalah suatu pemetaan dari himpunan samar B di $V \subset$ R ke suatu titik bernilai real $y \in V$. Ada tiga tipe defuzzifikasi yaitu *center of gravity, center overage* dan maksimum. Kemudian dengan menggunakan logika fuzzy, mesin inferensi fuzzy mengkombinasikan aturan **jika – maka fuzzy** dengan suatu pemetaan dari himpunan A di U ke suatu himpunan samar B di V. Beberapa



Gambar 1. Basis Aturan Fuzzy

bentuk dari mesin inferensi fuzzy yang biasa digunakan dalam sistem fuzzy adalah mesin inferensi pergandaan, minimum, Lukasiewics, Sadeh, Dienes-Rescher. Mengingat jenis-jenis fizzifikasi, defuzzifikasi dan mesin inferensi fuzzy tersebut, maka ada 45 tipe sistem fuzzy yang merupakan kombinasi dari jenis-jenis tersebut (lihat Gambar 1).

Selanjutnya sistem fuzzy dalam tulisan ini menggunakan jenis fuzzifikasi sigleton, mesin inferensi pergandaan dan defuzzifikasi rata-rata pusat. Hal ini karena perhitungannya yang sederhana dan mempunyai sifat kontinuitas (Karyati dkk, 2003).

Definisi 1 (Wang, 1997): Suatu fuzzifikasi singleton memetakan suatu titik bernilai real x^* $\in U$ ke suatu singleton fuzzy A^l di U dengan nilai keanggotaan dari x^* pada A^l adalah 1 dan 0 untuk yang lainnya dengan fungsi keanggotaannya adalah

$$\mu_{A^l}(x) = \begin{cases} 1, & jika\ x = x^* \\ 0, & untuk\ x \neq x^* \end{cases} \qquad (2)$$

Definisi 2 (Wang, 1997): Suatu mesin inferensi pergandaan adalah berbentuk :

$$\mu_{B^l}(y) = \underset{l=1}{\overset{M}{mak}} \left[\sup_{x \in U} \left((\mu_{A^l}(x) \prod_{i=1}^{n} \mu_{A_i^l}(x_i) \mu_{B^l}(y)) \right) \right] \qquad (3)$$

dengan A^l adalah himpunan fuzzy di U dan B^l adalah himpunan fuzzy di V.

Definisi 3 (Wang, 1997): Misalkan B^l adalah gabungan atau irisan dari M himpunan fuzzy, $\bar{y}^l$ adalah pusat dari himpunan fuzzy ke-*l*, w_l adalah tingginya, maka defuzzifikasi rata-rata pusat akan menentukan y^* sebagai berikut :

$$y^* = \frac{\sum_{l=1}^{M} \bar{y}^l w_l}{\sum_{l=1}^{M} w_l} \qquad (4)$$

Jika himpunan fuzzy B^l adalah normal dengan pusat $\bar{y}^l$, maka menurut Wang (1997), sistem fuzzy dengan basis aturan fuzzy, mesin inferensi pergandaan, fuzzifikasi singleton dan defuzzifikasi rata-rata pusat adalah

$$f(x) = \frac{\sum_{l=1}^{M} \bar{y}^l \left(\prod_{i=1}^{n} \mu_{A_i^l}(x_i) \right)}{\sum_{l=1}^{M} \left(\prod_{i=1}^{n} \mu_{A_i^l}(x_i) \right)} \qquad (5)$$

dengan input x$\in U \subset R^n$ dan *f*(x) $\in$ V$\subset R$.

Sistem fuzzy pada persamaan (5) adalah pemetaan tak linear yang memetakan $x \in U \subset R^n$ ke $f(x) \in V \subset R$. Jika dipilih fungsi keanggotaan $\mu_{A_i^l}$ dan μ_{B^l} yang berbeda-beda maka diperoleh sistem fuzzy yang berbeda-beda pula. Misalkan $\mu_{A_i^l}$ dan μ_{B^l} adalah fungsi keanggotaan Gaussian, yaitu :

$$\mu_{A_i^l}(x_i) = a_i^l \exp\left(-\left(\frac{x_i - \bar{x}_i^l}{\sigma_i^l}\right)^2\right) \text{ dan} \quad \text{......} (6)$$

$$\mu_{B^l}(x_i) = \exp\left(-(y - \bar{y}^l)^2\right) \quad \text{......} (7)$$

dengan $a_i^l \in (0, 1]$, $\sigma_i^l \in (o, \infty)$, $\bar{x}_i^l$, $\bar{y}^l \in R$, maka sistem fuzzy (5) menjadi :

$$f(x) = \frac{\sum_{l=1}^{M} \bar{y}^l \left(\prod_{i=1}^{n} a_i^l \exp\left(-\left(\frac{x_i - \bar{x}_i^l}{\sigma_i^l}\right)^2\right)\right)}{\sum_{l=1}^{M}\left(\prod_{i=1}^{n} a_i^l \exp\left(-\left(\frac{x_i - \bar{x}_i^l}{\sigma_i^l}\right)^2\right)\right)} \quad \text{......} (8)$$

C. Pembentukan sistem fuzzy

Misalkan ada N pasang *input-output* (x_0^l, y_0^l), l = 1, 2,3,...,N untuk N kecil. Selanjutnya akan dibentuk sistem fuzzy $f(x)$ yang sesuai dengan semua pasang N untuk sembarang ketepatan yang diinginkan yaitu untuk setiap $\varepsilon > 0$, $\left| f(x_0^l) - y_0^l \right| < \varepsilon$ dengan l = 1, 2, 3, ..., N.

Jika dipilih $a_i^l = 1$, $\sigma_i^l = \sigma$ dan $\left| x - x_0^l \right|^2 = \sum_{i=1}^{s} \left(x_i - x_{0i}^l \right)^2$, maka sistem fuzzy (8) menjadi

$$f(x)=\frac{\sum_{l=1}^{N} y_0^l \, exp\left(-\frac{\left|x-x_0^l\right|^2}{\sigma^2}\right)}{\sum_{l=1}^{N} exp\left(-\frac{\left|x-x_0^l\right|^2}{\sigma^2}\right)} \quad \text{...(9)}$$

dengan y_0^l adalah pusat dari himpunan samar B^l.

Teorema 1: Untuk setiap $\varepsilon > 0$, terdapat $\sigma^* > 0$ sehingga sistem fuzzy (9) dengan $\sigma = \sigma^*$ mempunyai sifat $\left|f(x_0^l) - y_0^l\right| < \varepsilon$, untuk *l* = 1, 2, ...,N.

Bukti: jika diambil sembarang $\varepsilon > 0$, maka dengan mengambil $\sigma^* = \sigma > 0$ dan untuk *k* = 1, 2,..., N, maka $f(x_0^k)$ pada sistem fuzzy (9) menjadi

$$f(x_0^k)=\frac{\sum_{l=1}^{N} y_0^l \, exp\left(-\frac{\left|x_0^k-x_0^l\right|^2}{\sigma^2}\right)}{\sum_{l=1}^{N} exp\left(-\frac{\left|x_0^k-x_0^l\right|^2}{\sigma^2}\right)} = \frac{y_0^k + \sum_{l=1,\, l\neq k}^{N} y_0^l \, exp\left(-\frac{\left|x_0^k-x_0^l\right|^2}{\sigma^2}\right)}{1+\sum_{l=1,\, l\neq k}^{N} exp\left(-\frac{\left|x_0^k-x_0^l\right|^2}{\sigma^2}\right)}$$

maka $$\left|f(x_0^k) - y_0^k\right| = \frac{\sum_{l=1,\, l\neq k}^{N} (y_0^l - y_0^k)\, exp\left(-\frac{\left|x_0^k-x_0^l\right|^2}{\sigma^2}\right)}{1+\sum_{l=1,\, l\neq k}^{N} exp\left(-\frac{\left|x_0^k-x_0^l\right|^2}{\sigma^2}\right)}.$$

Jika $x_0^k \neq x_0^l$, untuk $l \neq k$, maka $exp\left(-\frac{\left|x_0^k-x_0^l\right|^2}{\sigma^2}\right)$ akan mendekati 0, untuk σ cukup kecil sehingga $\left|f(x_0^k) - y_0^k\right| < \varepsilon$ dan dengan cara yang sama jika $x_0^k = x_0^l$ untuk suatu $l \neq k$, maka $\left|f(x_0^k) - y_0^k\right| < \varepsilon$.

Tabel 1. Nilai tukar rupiah, pendapatan nasional dan tingkat inflasi dari tahun 1980 sampai dengan tahun 1999

Tahun	Nilai Tukar Rupiah terhadap US $	Pendapatan Nasional (miliar rupiah)	Tingkat Inflasi (%)
1980	627.00	40795.95	17.90
1981	644.00	42318.28	12.10
1982	692.50	44468.75	9.50
1983	994.00	46559.10	11.80
1984	1074.00	49595.25	10.40
1985	1125.00	50875.55	4.70
1986	1641.00	53589.85	5.80
1987	1650.00	55989.75	9.20
1988	1731.00	59256.90	8.00
1989	1797.00	63704.39	6.50
1990	1701.00	68318.06	12.40
1991	1992.00	73066.28	9.40
1992	2062.00	77785.84	7.50
1993	2110.00	82839.19	9.70
1994	2200.00	88660.20	8.53
1995	2308.00	95941.90	9.43
1996	2383.00	103442.30	8.03
1997	4650.00	108523.80	11.05
1998	10487.50	93679.75	77.60
1999	8658.50	94018.75	2.01

Berdasarkan Teorema 1, Semakin kecil σ , semakin kecil kesalahan $\left| f(x_0^l) - y_0^l \right|$ tetapi grafik *f*(x) menjadi tidak halus. Jika grafik *f*(x) tidak halus, maka *f*(x) mungkin tidak dapat digunakan untuk mengeneralisasi data-data diluar sampel. Oleh karena itu perlu dicari σ sehingga *f*(x) dapat mewakili data-data diluar sampel dan juga meminimalkan kesalahan dari data-data sampel. Parameter σ berdimensi satu sehingga biasanya tidak sulit untuk menentukan σ yang sesuai untuk masalah sesungguhnya.

Tabel 2. Perkiraan tingkat inflasi untuk σ^2 =1000 dan σ^2 =1000000

Tahun	Nilai tukar rupiah thd US $ (x_1)	Pendapatan Nasional (Miliar Rp) (x_2)	Inflasi (%) (yang sebenarnya)	Perkiraan inflasi (dari $f(x)$) untuk		$\lvert f(x)-y \rvert$ utk σ^2 =1000000
				σ^2 = 1000	σ^2 =1000000	
1980	627.00	40795.95	17.90	17.90	17.3800	0,5200
1981	644.00	42318.28	12.10	12.10	12.5925	0,4925
1982	692.50	44468.75	9.50	9.50	9.5509	0,0509
1983	994.00	46559.10	11.80	11.80	11.7736	0,0264
1984	1074.00	49595.25	10.40	10.40	9.4755	0,9245
1985	1125.00	50875.55	4.70	4.70	5.6248	0,9248
1986	1641.00	53589.85	5.80	5.80	5.8101	0,0101
1987	1650.00	55989.75	9.20	9.20	9.1893	0,0107
1988	1731.00	59256.90	8.00	8.00	8.0000	0,0000
1989	1797.00	63704.39	6.50	6.50	6.5000	0,0000
1990	1701.00	68318.06	12.40	12.40	12.4000	0,0000
1991	1992.00	73066.28	9.40	9.40	9.4000	0,0000
1992	2062.00	77785.84	7.50	7.50	7.5000	0,0000
1993	2110.00	82839.19	9.70	9.70	9.7000	0,0000
1994	2200.00	88660.20	8.53	8.53	8.5300	0,0000
1995	2308.00	95941.90	9.43	9.43	9.4300	0,0000
1996	2383.00	103442.30	8.03	8.03	8.0300	0,0000
1997	4650.00	108523.80	11.05	11.05	11.0500	0,0000
1998	10487.50	93679.75	77.60	77.60	75.2970	2,3030
1999	8658.50	94018.75	2.01	2.01	2.0100	0,0000

D. Pemodelan tingkat inflasi

Di dalam tulisan ini pemodelan tingkat inflasi hanya berdasarkan faktor nilai tukar rupiah dan pendapatan nasional. Selanjutnya nilai tukar rupiah dan pendapatan nasional berturut-turut sebagai input1(x_1) dan input2(x_2) dan tingkat inflasi sebagai output ($f(x_1, x_2)$) dari sistem fuzzy. Data-data nilai tukar rupiah, pendapatan nasional dan tingkat inflasi dari tahun 1980 sampai dengan tahun 1999 diambil dari Laporan Tahunan Bank Indonesia dalam terbitan beberapa tahun (Lihat Tabel 1).

Langkah-langkah untuk memodelkan tingkat inflasi adalah sebagai berikut:

a. Menentukan input dan output data

Berdasarkan Tabel 1, $(x_{01}^l, x_{02}^l, y_{ol})$ adalah pasangan input-output data ke-l dengan input x_{01}^l dan x_{02}^l berturut-turut adalah nilai tukar rupiah dan pendapatan nasional serta output y_{0l} adalah tingkat inflasi, untuk l = 1, 2, 3, ..., 20.

b. Membentuk fuzzifikasi

Fuzzifikasi yang digunakan dalam pemodelan ini adalah fuzzifikasi singleton.

c. Menentukan basis aturan fuzzy

Basis aturan fuzzy berbentuk:

Jika x_1 adalah A_1^l dan x_2 adalah A_2^l, maka y adalah B^l

dengan A_i^l, B^l berturut-turut adalah himpunan fuzzy di $U_i \subset \mathbf{R}$ dan $V \subset \mathbf{R}$, (x_1, x_2) dan y adalah berturut-turut variabel input dan output, i = 1, 2, dan l = 1, 2, ..., 20 yaitu banyaknya aturan dalam basis aturan fuzzy. Jadi dalam pemodelan ini terdapat sebanyak 20 aturan fuzzy.

d. Menentukan mesin inferensi fuzzy

Mesin inferensi fuzzy yang digunakan dalam pemodelan ini adalah mesin inferensi pergandaan dalam berbentuk (3).

e. Membentuk defuzzifikasi

Defuzzifikasi yang digunakan dalam pemodelan ini adalah defuzzifikasi rata-rata pusat dalam bentuk (4).

f. Membentuk model fuzzy

Berdasarkan jenis fuzzifikasi, basis aturan fuzzy, mesin inferensi fuzzy dan defuzzifikasi yang dipilih, dibentuk sistem fuzzy sebagai berikut:

$$f(x) = f(x_1, x_2) = \frac{\sum_{i=1}^{20} y_{0i} \exp\left(-\frac{\left(x_1 - x_{01}^i\right)^2 + \left(x_2 - x_{02}^i\right)^2}{\sigma^2}\right)}{\sum_{i=1}^{20} \exp\left(-\frac{\left(x_1 - x_{01}^i\right)^2 + \left(x_2 - x_{02}^i\right)^2}{\sigma^2}\right)}$$

Kemudian dengan menggunakan Matlab, perkiraan tingkat inflasi yang merupakan nilai dari fungsi $f(x_1, x_2)$ untuk σ^2 =1000 dan σ^2 =1000000 dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa untuk σ^2 =1000, $|f(x) - y| = 0$ dan untuk σ^2 =1000000, $|f(x) - y| \leq 2{,}3030$ untuk 20 sampel. Hal ini berarti untuk σ^2 =1000 fungsi *f*(*x*) tidak mempunyai kesalahan untuk 20 sampel yang ada, tetapi jika diterapkan untuk data di luar sampel, tingkat kesalahan *f*(*x*) untuk σ^2 =1000 lebih besar dibandingkan tingkat kesalahan *f*(*x*) untuk σ^2 =1000000. Untuk mendapatkan model yang sesuai harus dicari nilai-nilai dari σ sehingga model *f*(*x*) mempunyai tingkat kesalahan yang diinginkan untuk data sampel maupun untuk data di luar sampel.

E. Kesimpulan

Pemodelan fuzzy untuk tingkat inflasi di Indonesia didasarkan pada nilai tukar rupiah dan pendapatan nasional. Data nilai tukar rupiah dan pendapatan nasional serta inflasi selama 20 tahun digunakan sebagai input-output data. Berdasarkan data ini dibuat sistem fuzzy yang merupakan model untuk memperkirakan tingkat inflasi di Indonesia jika diketahui nilai tukar rupiah dan pendapatan nasional. Pemilihan σ yang sesuai harus dilakukan untuk mendapatkan model dengan tingkat kesalahan yang diinginkan. Pemilihan σ ini dilakukan dengan coba-coba. Selanjutnya perlu diteliti tentang pemilihan σ secara analisis.

Daftar pustaka

Agus. 2003. *Penggunaan sistem samar untuk pendekatan suatu fungsi*. Makalah dalam seminar Nasional Matematika tanggal 18 Maret 2003 di UNS.

Ali Muhson. 1999. *Faktor-faktor yang mempengaruhi inflasi di Indonesia*. Laporan penelitian DIK FIS UNY.

Karyati, dkk. 2003. *Konstruksi fuzzifier dan defuzzifier suatu sistem samar*. Research Grant Due-Like Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY Yogyakarta

Wang., LX. 1997. *A course in fuzzy systems and control*. New Jersey : Prentice-Hall, Inc.