



Ca/ AKOM
2006
018

MODEL REGRESI *FUZZY* DENGAN SISTEM POSIBILITAS LINIER

Oleh:

Budi Salmansyah

G06498034



DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

2006

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

ABSTRAK

BUDI SALMANSYAH. Model Regresi *Fuzzy* dengan Sistem Posibilitas Linier. (*Fuzzy Regression Model with Linear Possibility System*). Dibimbing oleh MARIMIN dan FAHREN BUKHARI

Pada tahun 1984 Tanaka *et al* mengembangkan suatu model regresi *fuzzy* yang memanipulasi data yang bersifat *fuzzy*. Model ini menggunakan teknik *linear programming* untuk membuat suatu model yang mirip dengan regresi linier. Beberapa penelitian telah dilakukan dengan menggunakan model regresi *fuzzy* dengan sistem posibilitas linier. Dalam penelitian tersebut tidak disebutkan penggunaan suatu perangkat lunak untuk menghitung koefisien-koefisien *fuzzy* model regresi.

Untuk mempermudah penerapan model tersebut perlu dibangun suatu perangkat lunak yang dapat menghitung koefisien *fuzzy* regresi. Penelitian ini mencoba membuat suatu perangkat lunak untuk menghitung koefisien *fuzzy* regresi. Perangkat lunak diuji coba dengan melakukan regresi terhadap data standar dan data *fuzzy*. Uji coba data standar dilakukan dengan membuat model regresi tarif angkutan di Kabupaten Bogor. Di lain pihak, untuk data *fuzzy* diuji coba dengan membuat model regresi fluktuasi kurs rupiah terhadap dolar Amerika.

Hasil uji coba menunjukkan bahwa model regresi *fuzzy* dengan sistem posibilitas linier dapat mengidentifikasi koefisien *fuzzy* dari model regresi *fuzzy*. Perangkat lunak yang telah dibuat dapat berfungsi sebagaimana mestinya dan dapat dipergunakan untuk keperluan penelitian lain mengenai model regresi *fuzzy* dengan sistem posibilitas linier.

Kata Kunci : Himpunan *fuzzy*, regresi *fuzzy*, sistem posibilitas linier, metode simpleks



MODEL REGRESI *FUZZY* DENGAN SISTEM POSIBILITAS LINIER

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Pertanian Bogor

Oleh:

Budi Salmansyah

G06498034



DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

2006

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Judul : Model Regresi *Fuzzy* dengan Sistem Posibilitas Linier
Nama : Budi Salmansyah
NRP : G06498034

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. Marimin, M.Sc.
NIP. 131 645 110

Ir. Fahren Bukhari, M.Sc.
NIP. 131 430 803

Mengetahui,



Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Ir. H. Yonny Koesmaryono, M.S.
NIP. 131 473 999

SN-

Tanggal Lulus :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di kota Bandung pada tanggal 2 Maret 1980 dari pasangan Saiful Zakaria dengan Juwita. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Umum di Sekolah Menengah Umum Negeri 1 Kotamadya Bogor. Tiga tahun menuntut ilmu di sana penulis melanjutkan studi ke jenjang perguruan tinggi di kota yang sama yaitu di Departemen Ilmu Komputer, Institut Pertanian Bogor. Penulis masuk ke Institut Pertanian Bogor melalui jalur PMDK. Pada tingkat akhir perkuliahan penulis berkesempatan untuk melakukan kerja praktek di PT. Bukaka untuk mengembangkan sistem informasi karyawan di bagian keuangan.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

PRAKATA

Tiada kata yang pantas diucapkan selain puja dan puji syukur kepada Allah SWT, yang telah memberikan karunia yang luar biasa kepada penulis. Sholawat dan salam semoga selalu terarah kepada baginda Rasulullah SAW beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya. Semoga kita termasuk di dalamnya.

Merupakan suatu kebahagiaan yang tak terkira akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat kelulusan studi di Ilmu Komputer IPB. Walaupun tidak dapat dituliskan satu persatu, namun penulis hendak menghaturkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang disebutkan di bawah ini:

1. Bapak Prof.Dr.Ir. Marimin M.Sc dan Bapak Ir. Fahren Bukhari M.Sc selaku dosen pembimbing yang dengan kesabarannya membimbing, memberikan saran dan dorongan kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Agus Sukarna yang telah membagi pengetahuannya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
3. Ayahanda dan Ibunda yang tak bosan-bosannya memberikan doa dan dukungan agar dapat secepatnya menyelesaikan tugas akhir ini yang telah tertunda sekian lama.
4. Rekan-rekan Ilkomerz 35 yang telah memberikan dorongan dan kekuatan agar tidak menyerah untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata semoga penelitian ini dapat bermanfaat sehingga menjadi suatu amalan yang tiada terputus bagi diri penulis dan semua pihak yang telah turut membantu. Amin

Bogor, Januari 2006

Budi Salmansyah



DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iii
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan	1
Ruang Lingkup	1
Output dan Manfaat	1
TINJAUAN PUSTAKA	1
Teori Himpunan <i>Fuzzy</i>	1
Model Regresi <i>Fuzzy</i>	2
Metode Simpleks	3
Model Penetapan Tarif Angkutan	3
METODE PENELITIAN	4
Kerangka Pemikiran	4
Pendekatan Sistem	4
Tahap Pengembangan Sistem	4
HASIL DAN PEMBAHASAN	6
Profil Penetapan Tarif Angkutan di Bogor	6
Hasil Regresi dengan Data Standar	6
Hasil Regresi dengan Data <i>Fuzzy</i>	9
Kompleksitas Sistem	11
Keunggulan sistem	11
Keterbatasan Sistem	11
KESIMPULAN DAN SARAN	12
Kesimpulan	12
Saran	12
DAFTAR PUSTAKA	12

DAFTAR TABEL

	Halaman
1 Data tarif, jarak angkutan, dan harga bahan bakar minyak yang digunakan sebagai input untuk uji coba regresi dengan data standar	7
2 Hubungan antara data tarif yang sebenarnya dan batas bawah, pusat, dan batas atas tarif yang diduga oleh model	8
3 Tarif dan hasil dugaan tarif pada bulan Oktober 2005	9
4 Data perdagangan luar negeri Indonesia dan kurs rupiah terhadap dolar Amerika yang digunakan dalam uji coba regresi dengan data <i>fuzzy</i>	10
5 Hubungan antara \underline{Y} , Y , dan \bar{Y}	11

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1 Himpunan <i>fuzzy</i> F dan himpunan klasik B	2
2 Contoh bilangan <i>fuzzy</i> segitiga	2
3 Contoh model regresi <i>fuzzy</i> posibilitas linier	3
4 Bagan alir pengembangan sistem	4

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada tahun 1984 Tanaka *et al* mengembangkan suatu model regresi *fuzzy* yang memanipulasi data yang bersifat *fuzzy*. Model ini menggunakan teknik *linear programming* untuk membuat suatu model yang mirip dengan regresi linier. Dengan menyelesaikan masalah *linear programming* tersebut bisa didapatkan koefisien-koefisien *fuzzy*.

Beberapa penelitian telah dilakukan dengan menggunakan model regresi *fuzzy* dengan sistem posibilitas linier; contohnya adalah penelitian tentang harga rumah *prefabricated*, kurs yen dan kondisi bisnis (Terano *et al* 1987), serta penelitian tentang alternatif-alternatif skema transportasi urban (Kagaya & Shinada 2003).

Dalam penelitian tersebut tidak disebutkan penggunaan suatu perangkat lunak untuk menghitung koefisien-koefisien *fuzzy* model regresi. Untuk mempermudah penerapan model tersebut perlu dibuat suatu perangkat lunak yang dapat mengeluarkan output berupa koefisien-koefisien *fuzzy* model regresi dari data yang dijadikan sebagai input.

Pada penelitian ini dikembangkan suatu perangkat lunak yang dapat menghitung koefisien-koefisien *fuzzy* dari model regresi *fuzzy* sistem posibilitas linier. Diharapkan ketersediaan perangkat lunak ini dapat membantu penelitian-penelitian lainnya.

Tujuan

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah:

1. Untuk membuat alat bantu yang dapat menghitung koefisien-koefisien *fuzzy* model regresi dari data yang dijadikan data input.
2. Melakukan uji coba dengan membuat suatu model regresi dari beberapa data yang ada untuk mengetahui apakah model regresi *fuzzy* sistem posibilitas linier dapat mengidentifikasi koefisien-koefisien *fuzzy* dengan baik, sekaligus melakukan uji coba terhadap perangkat lunak yang telah dibangun.

Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada proses penghitungan koefisien regresi *fuzzy* dengan menggunakan model regresi *fuzzy* sistem posibilitas linier.

Model akan diujicobakan pada data tarif angkutan umum di Kabupaten Bogor dari tahun 2001 hingga tahun 2005 untuk kasus data standar. Di lain pihak, untuk kasus data *fuzzy* model akan diujicobakan pada data fluktuasi kurs rupiah terhadap dolar Amerika dengan perdagangan luar negeri Indonesia dari tahun 1991 hingga tahun 2001.

Output dan Manfaat

Output dari penelitian ini adalah perangkat lunak yang dapat menghitung koefisien-koefisien *fuzzy* model regresi dari data yang dijadikan sebagai input.

Regresi akan sangat bermanfaat untuk melakukan pemodelan terhadap suatu data, sehingga apabila didapat model yang dapat mewakili data maka dapat diambil langkah yang tepat berdasarkan perkiraan dari model.

TINJAUAN PUSTAKA

Teori Himpunan Fuzzy

Walaupun himpunan klasik telah terbukti sebagai suatu alat yang penting dalam bidang matematika dan ilmu komputer, namun himpunan klasik tidak merefleksikan konsep dan pola pikir manusia, yang cenderung abstrak, secara alami. Sebagai contoh, himpunan orang tinggi bisa diekspresikan sebagai kumpulan orang-orang dengan tinggi lebih dari 2 m. Dengan demikian orang dengan tinggi 2,001 m termasuk orang tinggi, sedangkan orang dengan tinggi 1,999 m tidak termasuk orang tinggi. Namun demikian, hal ini tidak merefleksikan konsep manusia tentang "orang tinggi" dengan baik. Hal ini dikarenakan adanya batasan yang kaku mengenai "termasuk himpunan" dan "tidak termasuk himpunan" dalam himpunan klasik.

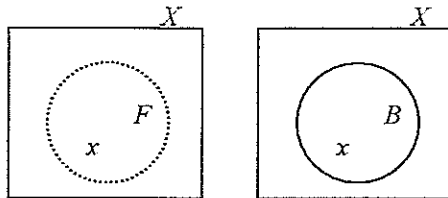
Di sisi lain, himpunan *fuzzy* adalah himpunan tanpa batasan yang kaku. Transisi dari "termasuk himpunan" ke "tidak termasuk himpunan" dilakukan secara bertahap yang diekspresikan oleh suatu fungsi keanggotaan. Jang (1997) mendefinisikan himpunan *fuzzy* dan fungsi keanggotaannya sebagai berikut: jika X adalah koleksi dari objek-objek yang dinotasikan sebagai x , maka suatu himpunan *fuzzy* F dalam X adalah himpunan dari pasangan nilai:

$$F = \{(x, \mu_F(x)) \mid x \in X\},$$

dengan $\mu_F(x)$ disebut sebagai fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* F yang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

memetakan tiap anggota himpunan ke suatu nilai keanggotaan yang berkisar antara 0 sampai 1. Gambar 1 memperlihatkan perbedaan himpunan *fuzzy* dan himpunan klasik.



Gambar 1 Himpunan *fuzzy* F dan himpunan klasik B

Suatu himpunan *fuzzy* F dikatakan normal jika untuk setiap $x \in X$ selalu terdapat $\mu_F(x) = 1$. Suatu himpunan *fuzzy* F dikatakan konveks jika dan hanya jika untuk tiap $x_1, x_2 \in X$ dan untuk tiap $\lambda \in [0, 1]$

$\mu_F(\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \geq \min\{\mu_F(x_1), \mu_F(x_2)\}$. Suatu bilangan *fuzzy* A adalah suatu himpunan *fuzzy* yang memenuhi kondisi normal dan konveks (Jang 1997).

Model Regresi *Fuzzy*

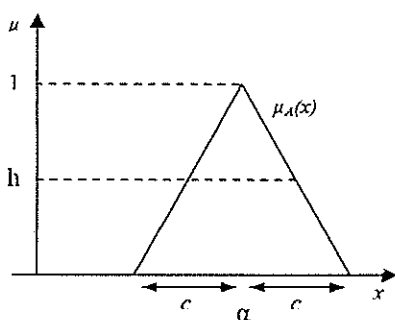
Didefinisikan suatu bilangan *fuzzy* A yang diekspresikan sebagai $A = (a, c)$, dengan fungsi keanggotaannya diekspresikan sebagai berikut:

$\mu_A(x) = L((x - a) / c); c > 0$, dengan $L(x)$ disebut sebagai *reference function* dan: (1) $L(x) = L(-x)$, (2) $L(0) = 1$, dan (3) $L(x)$ adalah fungsi yang menurun (Terano *et al* 1987).

Jika $L(x)$ adalah fungsi seperti:

$$L(x) = \max(0, 1 - |x|),$$

maka bilangan *fuzzy* A akan didapatkan sebagai bilangan *fuzzy* segitiga sebagai mana terlihat dalam Gambar 2.



Gambar 2 Contoh bilangan *fuzzy* segitiga

Diekspresikan model regresi *fuzzy* dengan sistem posibilitas linier menggunakan bilangan *fuzzy* segitiga $A_i = (a_i, c_i)$ sebagai:

$$Y = A_1 x_1 + \dots + A_n x_n.$$

Jika diberikan pasangan data $(y_i, x_{i1}, \dots, x_{in}), i = 1, \dots, N$, y_i adalah variabel tak bebas dari sampel ke i dan x_{ij} adalah variabel bebas ke j dari sampel ke i .

Koefisien-koefisien *fuzzy* dari model regresi bisa diperoleh dengan menyelesaikan permasalahan minimisasi sebagai berikut

$$\text{Min} \left[c_0 + \sum_{j=1}^n c_j + |x_{ij}| \right],$$

dengan batasan:

$$\begin{aligned} y_i &\leq \alpha_0 + \sum_{j=1}^n \alpha_j x_{ij} + (1-h) \left[c_0 + \sum_{j=1}^n c_j + |x_{ij}| \right], \\ y_i &\geq \alpha_0 + \sum_{j=1}^n \alpha_j x_{ij} - (1-h) \left[c_0 + \sum_{j=1}^n c_j + |x_{ij}| \right], \\ c &\geq 0, i = 1, \dots, N. \end{aligned}$$

Gambar 3 merupakan contoh model regresi *fuzzy* posibilitas linier dengan

$$Y_i = A_0 + A_1 X_{i1},$$

dengan $A_0 = (2, 1)$, $A_1 = (3, 0.5)$, $h = 0.5$. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3, model regresi *fuzzy* posibilitas linier meminimalisasi lebar total dari tiap-tiap koefisien-koefisien *fuzzy* yang ada.

Jika pasangan data yang digunakan adalah $(Y_i, x_i), i = 1, \dots, N$, dengan Y_i merefleksikan variabel tak bebas *fuzzy* dan diekspresikan sebagai $\bar{Y}_i = (v_i, e_i)$, ide dasarnya adalah mencari \underline{A} dan \bar{A} yang memenuhi:

$$\bar{Y}_i \supseteq_h Y_i \supseteq_h \underline{Y}_i,$$

$$\underline{Y}_i = \underline{A}_1 x_{i1} + \dots + \underline{A}_n x_{in},$$

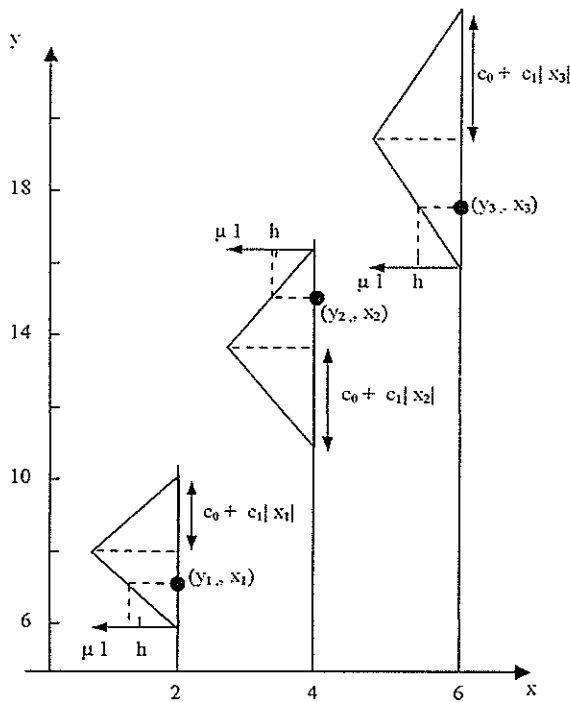
$$\bar{Y}_i = \bar{A}_1 x_{i1} + \dots + \bar{A}_n x_{in},$$

$$\underline{Y}_i = \underline{A}_1 x_{i1} + \dots + \underline{A}_n x_{in},$$

Untuk mencari koefisien-koefisien *fuzzy* \underline{A}_i bisa diperoleh dengan menyelesaikan permasalahan maksimisasi berikut

$$\text{Maks} \left[c_0 + \sum_{j=1}^n c_j + |x_{ij}| \right],$$

dengan batasan:



Gambar 3 Contoh model regresi fuzzy posibilitas linier

$$y_i + (1-h)e_i \geq \underline{\alpha}_0 + \sum_{j=1}^n \alpha_j x_{ij} + (1-h) \left[\underline{c}_0 + \sum_{j=1}^n \underline{c}_j |x_{ij}| \right],$$

$$y_i - (1-h)e_i \leq \bar{\alpha}_0 + \sum_{j=1}^n \bar{\alpha}_j x_{ij} - (1-h) \left[\bar{c}_0 + \sum_{j=1}^n \bar{c}_j |x_{ij}| \right],$$

$$c \geq 0, i = 1, \dots, N.$$

Di lain pihak, untuk mendapatkan koefisien-koefisien fuzzy A_i , maka harus diselesaikan permasalahan minimisasi berikut

$$\text{Min} \left[\bar{c}_0 + \sum_{j=1}^n \bar{c}_j |x_{ij}| \right],$$

dengan batasan:

$$y_i + (1-h)e_i \leq \bar{\alpha}_0 + \sum_{j=1}^n \bar{\alpha}_j x_{ij} + (1-h) \left[\bar{c}_0 + \sum_{j=1}^n \bar{c}_j |x_{ij}| \right],$$

$$y_i - (1-h)e_i \geq \underline{\alpha}_0 + \sum_{j=1}^n \underline{\alpha}_j x_{ij} - (1-h) \left[\underline{c}_0 + \sum_{j=1}^n \underline{c}_j |x_{ij}| \right],$$

$$c \geq 0, i = 1, \dots, N.$$

Metode Simpleks

Metode simpleks adalah suatu prosedur yang dikembangkan oleh G.B. Dantzig pada tahun 1963 untuk menyelesaikan masalah

linear programming dalam bentuk standar. Langkah pertama yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah linear programming adalah melakukan konversi masalah ke dalam bentuk standar.

Langkah-langkah umum dari metode simpleks adalah sebagai berikut:

1. Mulai dengan *basic feasible solution* awal yang didapat dari bentuk *canonical*. Bentuk *canonical* adalah bentuk dimana solusi dari sistem langsung didapatkan dengan memberikan nilai 0 kepada variabel nonbasis sehingga didapatkan nilai untuk variabel basis. Solusi sistem tersebut disebut *basic feasible solution* apabila nilai dari variabel basis tersebut nonnegatif
2. Perbaiki solusi awal jika memungkinkan dengan mencari *basic feasible solution* dengan fungsi tujuan yang lebih baik.
3. Lanjutkan mencari *basic feasible solution* yang membuat fungsi tujuan lebih baik. Ketika suatu *basic feasible solution* sudah tidak bisa dioptimalkan lagi, maka *basic feasible solution* tersebut menjadi solusi optimal dan metode simpleks berakhir.

Model Penetapan Tarif Angkutan

Berdasar Konsep Dasar Perhitungan Biaya Pokok Angkutan Penumpang Jalan Raya yang dikeluarkan oleh Departemen Perhubungan tarif angkutan dibagi menjadi dua bagian, yaitu angkutan kota dan angkutan antarkota.

Angkutan kota terbagi menjadi bus besar, bus sedang, mikrobus, dan mobil umum, sedangkan untuk angkutan antarkota hanya terdapat bus besar dan bus sedang. Pengelompokan ini dimaksudkan untuk membedakan asumsi-asumsi yang akan digunakan dalam penghitungan tarif misalnya kapasitas angkutan.

Tarif angkutan dihitung berdasar komponen-komponen pengeluaran pengusaha angkutan, yaitu komponen biaya langsung dan biaya tidak langsung. Yang termasuk biaya langsung yaitu: biaya penyusutan kendaraan, biaya bunga modal kendaraan, biaya awak angkutan, biaya bahan bakar minyak, biaya ban, biaya servis, biaya *overhaul*, biaya penambahan oli, biaya suku cadang dan *body*, biaya cuci, retribusi terminal, biaya STNK, biaya KIR, dan asuransi. Di samping itu, yang termasuk biaya tidak langsung adalah biaya pegawai selain awak angkutan dan biaya pengelolaan.

Masing-masing komponen pengeluaran tersebut dihitung berapa besar biaya produksi kendaraan per km per hari dengan menggunakan asumsi-asumsi untuk tiap golongan angkutan.

Biaya produksi kendaraan per km per hari tersebut kemudian dijumlahkan. Dari jumlah total tersebut diberikan keuntungan sebesar lima belas persen. Tarif angkutan per penumpang didapat dengan membagi hasil perhitungan tersebut dengan kapasitas angkutan.

METODE PENELITIAN

Kerangka Pemikiran

Regresi sering dilakukan untuk melihat ketergantungan suatu variabel terhadap variabel lainnya. Jika didapatkan model yang tepat dan dapat mewakili data maka langkah-langkah yang akan dilakukan akan tepat dan efisien.

Regresi *fuzzy* adalah regresi dengan pendekatan teori himpunan *fuzzy*. Ide dasar dari pendekatan yang dilakukan oleh Tanaka adalah meminimumkan *fuzziness* dari model dengan memilih lebar total dari koefisien-koefisien *fuzzy* yang terkecil, dengan batasan semua data yang diberikan (Shaphiro 2004).

Dengan melakukan regresi melalui pendekatan teori himpunan *fuzzy* maka dapat dilakukan regresi terhadap data yang bersifat *fuzzy* misalnya terhadap data dengan nilai output *fuzzy*.

Pendekatan Sistem

Pada tahap pendekatan sistem dilakukan proses analisis kebutuhan, formulasi masalah atau akuisisi pengetahuan dan identifikasi sistem.

1. Analisis Kebutuhan

Pada tahap analisis kebutuhan ditentukan tujuan pengembangan sistem, spesifikasi pemakai dan kebutuhan pemakai.

Tujuan pengembangan sistem yaitu membuat perangkat lunak yang dapat menghitung koefisien-koefisien *fuzzy* model regresi *fuzzy* sistem posibilitas linier.

Spesifikasi pemakai yaitu orang yang ingin menggunakan model regresi *fuzzy* dengan sistem posibilitas linier.

Kebutuhan pemakai yaitu perangkat lunak yang mudah digunakan dan dapat menghitung koefisien *fuzzy* dari model regresi dengan benar.

2. Akuisisi Pengetahuan

Pada tahap ini dilakukan akuisisi pengetahuan. Sumber pengetahuan untuk membangun sistem berasal dari buku referensi, jurnal, skripsi dan pakar dalam bidang lalu lintas.

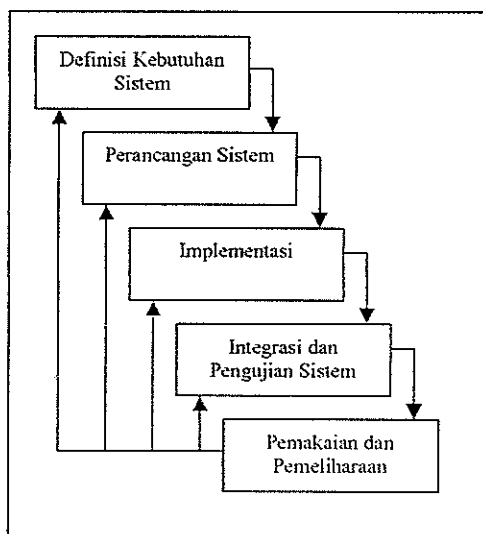
3. Identifikasi Sistem

Dalam tahap identifikasi sistem dilakukan identifikasi terhadap proses-proses yang perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai koefisien-koefisien *fuzzy* model regresi *fuzzy*.

Proses yang dilakukan adalah penyusunan data input menjadi masalah *linear programming* dari model regresi *fuzzy* sistem posibilitas linier, melakukan konversi masalah *linear programming* tersebut menjadi bentuk standar agar dapat diselesaikan dengan metode simpleks, menyelesaikan masalah *linear programming* tersebut dengan metode simpleks, kemudian menampilkan solusi yang didapatkan tersebut.

Tahap Pengembangan Sistem

Bagan alir pengembangan sistem dapat dilihat pada Gambar 4. Tahap pengembangan sistem dilakukan dengan mengikuti tahapan-tahapan sebagai berikut:



Gambar 4 Bagan alir pengembangan sistem

1. Definisi Kebutuhan Sistem

Pada tahap ini ditentukan spesifikasi fungsi dari sistem. Spesifikasi fungsi ditentukan berdasar atas kebutuhan pemakai yaitu perangkat lunak yang dapat

menghitung koefisien *fuzzy* model regresi *fuzzy* sistem posibilitas linier.

2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem didefinisikan sebagai proses dimana kebutuhan sistem telah didefinisikan pada tahap analisis kebutuhan lalu diterjemahkan ke dalam model presentasi perangkat lunak. Perancangan sistem dibagi menjadi tiga yaitu:

A. Perancangan Input

Perancangan input dilakukan dengan cara mengidentifikasi input yang dibutuhkan dalam proses penghitungan koefisien-koefisien *fuzzy*. Input yang dibutuhkan oleh sistem berupa variabel bebas dan variabel tak bebas.

B. Perancangan proses

Proses dirancang untuk menentukan urutan kejadian sampai diperolehnya output yang diinginkan berdasarkan data input yang ada. Proses yang terdapat pada sistem ini terbagi menjadi tiga yaitu:

a) Proses input

Pada proses input ini nilai input yang dimasukan divalidasi oleh sistem. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi kesalahan pada sistem saat proses penghitungan dilakukan.

b) Proses penghitungan

Proses penghitungan dimulai dengan menyusun nilai input yang akan diproses. Input-input berupa variabel bebas dan variabel tak bebas disusun menjadi masalah *linear programming* dari model regresi *fuzzy* sistem posibilitas linier. Agar dapat diselesaikan dengan metode simpleks maka masalah tersebut disusun kembali ke dalam bentuk standar. Setelah disusun menjadi bentuk standar maka dimulailah iterasi dalam metode simpleks. Jika ditemukan solusi yang optimal maka solusi tersebut nantinya akan ditampilkan.

c) Proses output

Pada proses ini hasil pengolahan data input harus dapat ditampilkan pada *window* agar user dapat dengan mudah membaca atau mengetahui hasil penghitungan yang dilakukan oleh sistem.

C. Perancangan Output

Output dirancang agar pengguna dapat dengan mudah memahami dan memperoleh output dari sistem. Output sistem ditampilkan dalam bentuk model regresi dan koefisien-koefisien *fuzzy* penyusun model regresi.

3. Implementasi

Spesifikasi perangkat keras yang digunakan adalah prosesor Intel Pentium IV 2,4 GH, memori 256 MB, *harddisk* dengan kapasitas 20 GB. Di samping itu, spesifikasi perangkat lunak yang digunakan adalah sistem operasi Microsoft Windows XP Professional dan untuk membangun perangkat lunak digunakan Microsoft Visual Basic 6.0.

4. Integrasi dan Pengujian Sistem

Untuk mengetahui apakah perangkat lunak dapat berfungsi dengan baik dan model regresi *fuzzy* dengan sistem posibilitas linier dapat mengidentifikasi koefisien-koefisien *fuzzy* maka dilakukan uji coba dengan melakukan regresi. Proses yang dilakukan terbagi dalam dua bagian yaitu untuk data standar dan untuk data *fuzzy*.

1. Data standar

Pada percobaan ini dilakukan regresi pada data tarif angkutan umum di Kabupaten Bogor dengan harga bahan bakar minyak (BBM) pada saat itu. Dalam Konsep Dasar Perhitungan Biaya Pokok Angkutan Penumpang Jalan Raya untuk menetapkan tarif angkutan umum seharusnya dilakukan penelitian terhadap komponen biaya langsung dan tak langsung yang dikeluarkan oleh pengelola angkutan kemudian diberikan keuntungan sebesar lima belas persen dari total pengeluaran tersebut yang kemudian akan dibebankan kepada seluruh penumpang.

Namun pada prakteknya, di Bogor kenaikan tarif lebih sering dipicu oleh protes para pengelola angkutan umum terhadap kenaikan BBM.

Dengan melakukan regresi terhadap tarif angkutan dan BBM diharapkan model yang diperoleh dapat memperkirakan kenaikan tarif akibat kenaikan BBM dengan tepat.

2. Data *fuzzy*

Pada percobaan ini variabel tak bebas yang akan diregresikan berupa bilangan *fuzzy*, sedangkan variabel bebas berupa bilangan standar.

Perdagangan luar negeri memiliki pengaruh terhadap fluktuasi kurs rupiah. Hal ini disebabkan karena transaksi perdagangan luar negeri memerlukan mata uang asing.

Impor yang dilakukan oleh pengusaha Indonesia dapat memperlemah kurs rupiah karena pengusaha harus menukarkan rupiah untuk membeli barang. Sebaliknya, ekspor

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

yang dilakukan dapat memperkuat kurs karena pengusaha akan menukarkan keuntungan yang didapatnya dengan rupiah.

Nilai ekspor dan impor Indonesia akan diregresikan dengan fluktuasi kurs rupiah tiap tahunnya. Perubahan kurs rupiah didefinisikan sebagai bilangan *fuzzy* segitiga dengan lebarnya berupa setengah dari selisih kurs maksimum dan minimum dan pusat berupa titik tengah dari rentang kurs maksimum dan minimum.

5. Pemakaian dan Pemeliharaan

Pada tahapan ini sistem telah siap digunakan. Pemeliharaan sistem dilakukan dengan cara menguji apakah sistem yang ada masih dapat memenuhi kebutuhan pengguna. Jika sudah tidak dapat memenuhi kebutuhan pengguna, maka sistem dapat diubah atas permintaan pengguna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil Penetapan Tarif Angkutan di Bogor

Rancangan kenaikan tarif disusun oleh Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Raya (DLAJR) kabupaten Bogor yang kemudian diajukan kepada Dewan Perwakilan Rakyat Daerah (DPRD) Bogor. Apabila rancangan kenaikan tarif telah disetujui oleh DPRD Bogor, maka kemudian akan disahkan melalui keputusan yang dikeluarkan oleh bupati Bogor.

Kenaikan tarif angkutan umum biasanya dipicu oleh protes dari awak angkutan umum terhadap kenaikan harga BBM. Oleh karena itu, biasanya tarif ditentukan berdasar besarnya kenaikan harga BBM tanpa dilakukan survey terhadap besarnya pengeluaran pengelola angkutan umum.

Hasil Regresi dengan Data Standar

Pada bagian ini akan dibuat model regresi *fuzzy* sistem posibilitas linier tarif angkutan umum di Kabupaten Bogor. Data input yang akan dipergunakan sebagai variabel bebas adalah sebagai berikut:

x_1 = jarak tempuh angkutan umum,

x_2 = harga bahan bakar minyak.

Di samping itu, data input yang akan dipergunakan sebagai variabel tak bebas adalah:

y = tarif angkutan umum.

Data yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1. Dengan menggunakan data tersebut diasumsikan model regresi posibilitas linier

yang memberikan nilai tarif angkutan umum adalah sebagai berikut:

$$y_i = A_0 + A_1 x_{i1} + A_2 x_{i2}.$$

Dengan menyelesaikan masalah *linear programming* berikut koefisien *fuzzy* A_i bisa didapatkan:

$$\text{Min} \left[c_0 + \sum_{j=1}^n c_j + |x_{ij}| \right],$$

dengan batasan:

$$y_i \leq \alpha_0 + \sum_{j=1}^n \alpha_j x_{ij} + (1-h) \left[c_0 + \sum_{j=1}^n c_j |x_{ij}| \right],$$

$$y_i \geq \alpha_0 + \sum_{j=1}^n \alpha_j x_{ij} - (1-h) \left[c_0 + \sum_{j=1}^n c_j |x_{ij}| \right],$$

$$c \geq 0, i = 1, \dots, N.$$

Solusi dari permasalahan minimisasi tersebut dengan nilai $h = 0,5$ adalah:

$$A_0 = (-3316,667, 0),$$

$$A_1 = (66,667, 0),$$

$$A_2 = (2,891, 1.115).$$

Pada Tabel 2 dapat dilihat data tarif (y_i) yang sebenarnya dengan nilai tarif hasil dugaan model. Tarif perkiraan dihitung dengan menggunakan nilai-nilai x_1 dan x_2 yang digunakan untuk menyusun model regresi.

Seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2, nilai y yang sebenarnya terletak dalam kisaran batas atas dan batas bawah dari hasil dugaan y oleh model regresi posibilitas linier. Dengan mengambil data 1 sebagai contoh maka dapat dikatakan tarif yang mungkin dari data 1 adalah antara -674,3 sampai 1890,2 dengan nilai tengah (pusat) 607,9 dan data y_i yang sebenarnya yaitu 600 dapat dikatakan sebagai data yang dipilih dari berbagai kemungkinan yang ada.

Jika memakai pusat sebagai data yang dipilih untuk menduga nilai tarif angkutan, nilai dugaan cukup mendekati nilai tarif yang sebenarnya dengan selisih terbesar sebesar 975,92.

Model akan dicoba untuk menghitung besarnya tarif angkutan pada bulan Oktober 2005. Pada bulan ini harga BBM mengalami kenaikan menjadi Rp 4500 per liter.

Nilai tarif angkutan yang sebenarnya dan tarif hasil dugaan model dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 1 Data tarif, jarak angkutan, dan harga bahan bakar minyak yang digunakan sebagai input untuk uji coba regresi dengan data standar

No	Bulan	Tahun	Harga BBM (Rp/Ltr)	Jurusan	Jarak (Km)	Tarif (Rp)
1	Oktober	2000	1150	02c	9	600
2	Juni	2001	1450			800
3	Januari	2002	1600			1300
4	Mei	2002	1750			1500
5	Maret	2005	1810			1700
6	Oktober	2000	1150	117	17	950
7	Juni	2001	1450			1200
8	Januari	2002	1600			2700
9	Mei	2002	1750			3000
10	Maret	2005	1810			3600
11	Oktober	2000	1150	38	23	2000
12	Juni	2001	1450			2500
13	Januari	2002	1600			3200
14	Mei	2002	1750			3600
15	Maret	2005	1810			3800
31	Oktober	2000	1150	11	11	600
32	Juni	2001	1450			800
33	Januari	2002	1600			1300
34	Mei	2002	1750			1500
35	Maret	2005	1810			1700
16	Oktober	2000	1150	19	19	1200
17	Juni	2001	1450			1500
18	Januari	2002	1600			2150
19	Mei	2002	1750			2500
20	Maret	2005	1810			2800
21	Oktober	2000	1150	111	20	1100
22	Juni	2001	1450			1400
23	Januari	2002	1600			3200
24	Mei	2002	1750			3600
25	Maret	2005	1810			3600
26	Oktober	2000	1150	22	15	900
27	Juni	2001	1450			1150
28	Januari	2002	1600			3200
29	Mei	2002	1750			3600
30	Maret	2005	1810			3600

Tabel 2 Hubungan antara data tarif yang sebenarnya dan batas bawah, pusat, dan batas atas tarif yang diduga oleh model

No	Jurusan	Data Y_i	Batas Bawah	Pusat	Batas Atas	Y_i^* (MLS)
1	02c	600	-674,3	607,9	1890,2	-65,5
2		800	-141,5	1475,3	3092,0	867,5
3		1300	124,9	1908,9	3692,9	1334
4		1500	391,3	2342,6	4293,8	1800,5
5		1700	497,9	2516,0	4534,2	1987,1
6	117	950	-140,9	1141,3	2423,6	950,5
7		1200	391,9	2008,6	3625,4	1883,5
8		2700	658,3	2442,3	4226,3	2350
9		3000	924,7	2875,9	4827,2	2816,5
10		3600	1031,2	3049,4	5067,5	3003,1
11	38	2000	259,1	1541,3	2823,6	1712,5
12		2500	791,9	2408,6	4025,4	2645,5
13		3200	1058,3	2842,3	4626,3	3112
14		3600	1324,7	3275,9	5227,2	3578,5
15		3800	1431,2	3449,4	5467,5	3765,1
16	11	600	-540,9	741,3	2023,6	188,5
17		800	-8,1	1608,6	3225,4	1121,5
18		1300	258,2	2042,3	3826,3	1588
19		1500	524,7	2475,9	4427,2	2054,5
20		1700	631,2	2649,4	4667,5	2241,1
21	19	1200	-7,6	1274,7	2556,9	1204,5
22		1500	525,2	2141,9	3758,7	2137,5
23		2150	791,6	2575,6	4359,6	2604
24		2500	1058,0	3009,3	4960,5	3070,5
25		2800	1164,6	3182,7	5200,9	3257,1
26	111	1100	59,1	1341,3	2623,6	1331,5
27		1400	591,9	2208,6	3825,4	2264,5
28		3200	858,3	2624,3	4426,3	2731
29		3600	1124,7	3075,9	5027,2	3197,5
30		3600	1231,2	3249,4	5267,5	3384,1
31	22	900	-274,3	1007,9	2290,2	696,5
32		1150	258,5	1875,3	3492,0	1629,5
33		3200	524,9	2308,9	4092,9	2096
34		3600	791,3	2742,6	4693,8	2562,5
35		3600	897,9	2916,0	4934,2	2749,1

Tabel 3 Tarif dan hasil dugaan tarif pada bulan Oktober 2005

No	Jurusan	Tarif (Yi)	Batas bawah	Pusat	Batas atas	Tarif (MLS)
1	02C	2400	5275,3	10292,8	15310,3	10353
2	117	5050	5808,7	10826,2	15843,7	11369
3	38	5300	6208,7	11226,2	16243,7	12131
4	11	2400	5408,7	10426,2	15443,7	10607
5	19	3900	5942,0	10959,5	15977,0	11623
6	111	5050	6008,7	11026,2	16043,7	11750
7	22	5050	5675,3	10692,8	15710,3	11115

Ternyata nilai tarif angkutan yang sebenarnya tidak masuk dalam kisaran batas bawah dan batas atas nilai tarif dugaan model.

Oleh karena itu, model linier ini gagal memperkirakan kenaikan tarif pada bulan Oktober 2005 dengan tepat. Hal ini bisa disebabkan karena adanya faktor lain yang mempengaruhi besaran tarif angkutan yang tidak dimasukkan sebagai variabel bebas, atau distribusi data yang tidak linier.

Sebagai pembandingan akan dilakukan regresi dengan menggunakan metode *least squares* dengan menggunakan model linier

$$y_i = a_0 + a_1 x_{i1} + a_2 x_{i2},$$

didapatkan koefisien-koefisien regresi sebagai berikut:

$$a_0 = -4785,$$

$$a_1 = 127,$$

$$a_2 = 3,11.$$

Nilai tarif dugaan pada bulan Oktober 2005 dengan metode *least squares* dapat dilihat pada Tabel 3. Seperti yang terlihat dalam Tabel 3 nilai tarif angkutan bulan Oktober 2005 yang diduga oleh metode *least squares* juga jauh lebih tinggi dari nilai tarif sebenarnya.

Tarif dugaan dengan menggunakan metode *least squares* dapat dilihat pada Tabel 2. Jika diambil pusat sebagai pembandingan dengan nilai tarif dugaan metode *least squares*, terlihat nilai tarif dugaan dengan model regresi *fuzzy* sistem posibilitas linier lebih mendekati nilai tarif yang sesungguhnya.

Hasil Regresi dengan Data Fuzzy

Untuk data *fuzzy* akan dilihat hubungan antara fluktuasi kurs rupiah terhadap dolar Amerika dengan perdagangan luar negeri yaitu ekspor dan impor Indonesia.

Menurut Sadono Sukirno (1976) dalam Kardiman (2002) perdagangan luar negeri merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pasar uang karena untuk melakukan transaksi perdagangan luar negeri diperlukan dua mata uang yang berbeda.

Data input yang digunakan sebagai variabel bebas adalah sebagai berikut:

x_1 = nilai ekspor minyak dan gas(migas),

x_2 = nilai ekspor non migas,

x_3 = nilai impor migas,

x_4 = nilai impor non migas.

Data input sebagai variabel tak bebas merupakan data fluktuasi kurs rupiah terhadap dolar Amerika yang ditampilkan sebagai bilangan *fuzzy* segitiga berupa pusat dan lebar perubahan kurs rupiah, yaitu y dan e . Data yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.

Dengan menggunakan data tersebut diasumsikan model regresi yang memberikan nilai kurs rupiah adalah sebagai berikut:

$$Y_i = A_0 + A_1 x_{i1} + A_2 x_{i2} + A_3 x_{i3} + A_4 x_{i4}.$$

Sama halnya ketika dengan data standar, koefisien A akan digunakan sebagai bilangan *fuzzy* segitiga.

Untuk mendapatkan nilai koefisien A adalah dengan menyelesaikan masalah:

1. untuk mencari A_i dilakukan dengan menyelesaikan masalah *linear programming* sebagai berikut

$$\text{Maks} \left[c_0 + \sum_{j=1}^n c_j + |x_{ij}| \right].$$

dengan batasan:

$$y_i + (1-h)c_i \geq \alpha_0 + \sum_{j=1}^n \alpha_j x_{ij} + (1-h) \left[c_0 + \sum_{j=1}^n c_j + |x_{ij}| \right].$$

Tabel 4 Data perdagangan luar negeri Indonesia dan kurs rupiah terhadap dolar Amerika yang digunakan dalam uji coba regresi dengan data *fuzzy*

No	Tahun	Nilai Ekspor Migas	Nilai Ekspor Non Migas	Nilai Impor Migas	Nilai Impor non Migas	Kurs Rupiah (Pusat, Lebar)
1	1991	10,8949	18,2475	2,3102	23,5586	1952,0, 40,0
2	1992	10,6709	23,2961	2,1151	25,1645	2033,0, 29,0
3	1993	9,7458	27,0772	2,1705	26,1573	2088,0, 22,0
4	1994	9,6936	30,3598	2,3674	29,6161	2161,0, 39,0
5	1995	10,4644	34,9536	2,9108	37,7179	2257,5, 50,5
6	1996	11,7219	38,0929	3,5955	39,3330	2347,0, 36,0
7	1997	11,6226	41,8210	3,9241	37,7557	3523,0, 1127,0
8	1998	7,8722	40,9754	2,6537	24,6832	9000,0, 3800,0
9	1999	9,7924	38,8732	3,6811	20,3222	7838,0, 1112,0
10	2000	14,3696	47,7544	6,0195	27,4953	8510,0, 1085,0
11	2001	12,6363	43,6846	5,4718	25,4903	10270,0, 1405,0

$$y_i - (1-h)e_i \leq \alpha_0 + \sum_{j=1}^n \alpha_j x_{ij} - (1-h) \left[c_0 + \sum_{j=1}^n c_j |x_{ij}| \right],$$

$$c \geq 0, i = 1, \dots, N.$$

2. untuk mencari \bar{A}_i dilakukan dengan menyelesaikan masalah *linear programming* sebagai berikut

$$\text{Min} \left[c_0 + \sum_{j=1}^n c_j |x_{ij}| \right],$$

dengan batasan:

$$y_i + (1-h)e_i \leq \bar{\alpha}_0 + \sum_{j=1}^n \bar{\alpha}_j x_{ij} + (1-h) \left[\bar{c}_0 + \sum_{j=1}^n \bar{c}_j |x_{ij}| \right],$$

$$y_i - (1-h)e_i \geq \bar{\alpha}_0 + \sum_{j=1}^n \bar{\alpha}_j x_{ij} - (1-h) \left[\bar{c}_0 + \sum_{j=1}^n \bar{c}_j |x_{ij}| \right],$$

$$c \geq 0, i = 1, \dots, N.$$

Menurut Terano *et al* (1987) jika nilai e cukup besar maka solusi untuk permasalahan minimisasi bisa dipastikan ada. Namun, untuk permasalahan maksimisasi tidak bisa dipastikan ada. Oleh karena itu, kedua permasalahan tersebut perlu diperiksa.

Jika \bar{Y} , \underline{Y} dan \bar{Y} memenuhi hubungan

$$\underline{Y}_i \supseteq \bar{Y}_i \supseteq \bar{Y}_i,$$

maka solusi dapat mengidentifikasi koefisien-koefisien *fuzzy*.

Solusi untuk permasalahan minimisasi dengan $h = 0,1$ adalah:

$$A_0 = (0, 0),$$

$$A_1 = (829,497, 0),$$

$$A_2 = (546,957, 92,739),$$

$$A_3 = (-2157,626, 0),$$

$$A_4 = (-575,941, 0).$$

Solusi untuk permasalahan maksimisasi adalah:

$$A_0 = (3991,488, 0),$$

$$A_1 = (-229, 0),$$

$$A_2 = (115,503, 0),$$

$$A_3 = (1555,103, 0,0029),$$

$$A_4 = (-221,536, 0).$$

Dalam Tabel 5 dapat dilihat nilai \underline{Y} dan \bar{Y} untuk tiap-tiap nilai Y . Seperti yang diperlihatkan oleh Tabel 5 hubungan antara Y , \underline{Y} dan \bar{Y} memenuhi

$$\underline{Y}_i \supseteq \bar{Y}_i \supseteq \bar{Y}_i.$$

Oleh karena itu, solusi memenuhi sistem posibilitas linier.

Model akan dicoba untuk menghitung fluktuasi kurs rupiah pada tahun 2004 dengan menggunakan data input perdagangan luar negeri Indonesia pada tahun 2004.

Data perdagangan luar negeri Indonesia yang digunakan sebagai input adalah sebagai berikut:

$$x_1 = 19,98195,$$

$$x_2 = 57,28248,$$

$$x_3 = 8,536224,$$

$$x_4 = 42,87186,$$

dengan menggunakan data tersebut didapatkan

Tabel 5 Hubungan antara \underline{Y} , Y , dan \bar{Y}

No	\underline{Y}	Y	\bar{Y}
1	1977,6, 0,0067	1952,0, 40,0	465,1, 1687,4
2	1952,8, 0,0061	2033,0, 29,0	2536,7, 2154,2
3	2467,6, 0,0063	2088,0, 22,0	3146,1, 2503,8
4	2398,6, 0,0069	2161,0, 39,0	2481,4, 2807,4
5	1802,8, 0,0084	2257,5, 50,5	-205,2, 3232,2
6	2584,4, 0,0104	2347,0, 36,0	147,4, 3522,5
7	3898,2, 0,0113	3523,0, 1127,0	2303,6, 3867,2
8	5579,9, 0,0076	9000,0, 3800,0	9000,2, 3788,9
9	7461,2, 0,0106	7838,0, 1112,0	9738,1, 3594,6
10	9486,1, 0,0175	8510,0, 1085,0	9215,8, 4415,9
11	9005,4, 0,0159	10270,0, 1405,0	7888,5, 4039,5

$$\underline{Y} = (9808,967, 0,248),$$

$$Y = (4796,380, 5312,320),$$

sedangkan fluktuasi kurs rupiah terhadap dolar Amerika pada tahun 2004 berkisar

$$Y = (9170, 760).$$

Ternyata hubungan antara Y , \underline{Y} , dan \bar{Y} masih memenuhi hubungan

$$\underline{Y}_i \supseteq_h Y_i \supseteq_h \bar{Y}_i.$$

Kompleksitas Sistem

Kompleksitas sistem bergantung pada operasi metode simpleks yang digunakan untuk menyelesaikan masalah *linear programming*. Jika banyaknya batasan adalah m dan banyaknya variabel adalah n , maka banyaknya iterasi yang diperlukan bervariasi antara m dan $3m$ dengan rata-rata iterasi sebesar $2m$, sedangkan untuk waktu komputasi metode simpleks sebesar m^3 .

Karena faktor yang berpengaruh dalam menentukan banyaknya iterasi maupun lamanya waktu komputasi adalah banyaknya batasan maka penambahan variabel pada proses pembentukan masalah *linear programming* dan pada proses penyusunan bentuk standar sebesar $3n + 3$ tidak mempengaruhi banyaknya iterasi dan waktu komputasi sistem.

Pada proses tersebut selain terjadi proses penambahan variabel, banyaknya batasan pun mengalami perubahan menjadi $2m$. Oleh karena itu, banyaknya iterasi yang diperlukan menjadi antara $2m$ dan $6m$.

sedangkan lamanya waktu komputasi sistem menjadi $8m^3$. Dalam hal ini, fungsi kompleksitas sistem adalah $O(n^3)$.

Keunggulan sistem

Antar muka sistem dirancang agar mudah digunakan oleh pemakai yaitu dengan menggunakan tabel untuk memasukan data. Pemasukan data melalui tabel dapat memudahkan pengguna ketika memasukan data input.

Secara keseluruhan baik berupa data standar maupun data *fuzzy*, sistem mampu menghitung koefisien-koefisien *fuzzy* dari model regresi *fuzzy* posibilitas linier dengan tepat.

Keterbatasan Sistem

Karena sistem mengaplikasikan model regresi *fuzzy* posibilitas linier, maka sistem memiliki keterbatasan yang diturunkan dari model ini.

Metode ini hanya dapat melakukan regresi dengan model linier. Untuk data yang memiliki sifat non linier, metode ini tidak dapat menyusun model yang dipakai untuk melakukan regresi.

Model regresi *fuzzy* posibilitas linier sangat sensitif dengan *outliers* (Sephro 2004).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang bisa diperoleh dari hasil penelitian ini adalah:

1. Model regresi *fuzzy* dengan sistem posibilitas linier dapat mengidentifikasi model linier dari data yang dimasukan.
2. Pada uji coba dengan data standar, model linier dari regresi *fuzzy* berhasil diidentifikasi. Namun model tersebut ternyata tidak dapat menduga kenaikan tarif angkutan bulan November yang baru saja terjadi.
3. Pada uji coba dengan data standar, model linier dari regresi *fuzzy* berhasil diidentifikasi. Model tersebut ternyata dapat menduga fluktuasi kurs rupiah pada tahun 2004.
4. Perangkat lunak yang telah dibuat dapat berfungsi sebagaimana mestinya dan dapat dipergunakan untuk keperluan penelitian lain yang menggunakan model regresi *fuzzy* sistem posibilitas linier.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya dapat disarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Melakukan penelitian dengan menggunakan metode regresi yang lainnya dan membandingkannya dengan model regresi *fuzzy* posibilitas linier.
2. Antarmuka perangkat lunaknya dapat dibuat yang lebih menarik dan lebih mudah dipakai untuk pemasukan data yang lebih besar.
3. Penambahan fasilitas untuk membuka data yang dibuat oleh aplikasi-aplikasi lainnya misalnya Microsoft Excell.
4. Penambahan suatu indikator yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar model dapat mewakili suatu data seperti halnya koefisien determinasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Celminš, A. 1987. *Least Squares Model Fitting to Fuzzy Vector Data*. *Fuzzy Sets and Systems* 22: 245-269
- Dagi, W., & Marimin. 2002. *Aplikasi Fuzzy Regresi pada Integrasi Budaya Perusahaan dalam Rumusan Strategi Bersaing Agroindustri Sawit*. *Management Journal VII*(13): 56-71
- Departemen Perhubungan. 2000. *Konsep Dasar Perhitungan Biaya Pokok Angkutan Penumpang Jalan Raya*
- Diamond, P. 1988. *Fuzzy Least Squares*. *Information Sciences* 46: 141-157
- Hajagos, J.G. 2004. *A Short Primer on FuzzyRegression*.
<http://creativelimits.net/research/papers/fuzzyregression.pdf>
- Jang, J.S.R., C.T.Sun., & E.Mizutani. 1997. *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*. Prentice Hall International Inc. USA
- Kagaya, S., & C. Shinada. 2003 *An Use of Conjoint Analysis With Fuzzy Regression for Evaluation of Alternatives of Urban Transportation Schemes*.
http://www.iasi.rm.cnr.it/ewgt/13conference/21_kagaya.pdf
- Kardiman. 2002. *Analisis Pengaruh Gejala Politik dan Regulasi Terhadap Gejala Ekonomi Moneter di Indonesia*. Makalah Falsafah Sains Program Pasca Sarjana S3. Institut Pertanian Bogor
- Ravindran, A., D.T. Philips., & J.J. Solberg. 1991. *Operation Research Principle and Practice Second Edition*. John Wiley and Sons. New York
- Shapiro, A. F. 2004. *Fuzzy Regression and the Term Structure of Interest Rates Revisited*.
http://afir2004.soa.org/afir04_15.pdf
- Smith. Peter. J. 1998. *Into Statistic Second Edition*. Springer. Singapura
- Terano, T., K. Asai., & M. Sugeno. 1987. *Fuzzy System Theory*. Academic Press Inc. San Diego.

