

Prediksi Arah Indeks Harga Saham Gabungan dengan Menggunakan *Fuzzy Logic*

Joni Fat

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Tarumanagara, Jakarta 11460, INDONESIA
Email: joni_fat@yahoo.com

Abstrak

Sistem rancangan dengan menggunakan metode fuzzy logic dalam penelitian ini memungkinkan prediksi arah gerak Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) walau pun dengan tingkat kebenaran yang masih rendah. Prediksi ini dilakukan dengan menghitung tingkat perubahan IHSG secara harian, dengan data berupa perubahan harga sehari sebelumnya ($d-1$), perubahan harga dua hari sebelumnya ($d-2$) dan perubahan harga tiga hari sebelumnya ($d-3$). Keluaran sistem adalah berupa angka di mana angka positif berarti kecenderungan arah gerak IHSG naik, sedangkan angka negatif berarti kecenderungan arah gerak IHSG turun.

Kata kunci: *fuzzy logic, IHSG, rancangan.*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Saham merupakan salah satu instrumen investasi. Perkembangan saham sebagai instrumen investasi mengalami perkembangan yang pesat, ini ditandai dengan naiknya volume transaksi di Bursa Efek Indonesia (BEI). Untuk periode yang sama pada tahun 2008 dan 2009, terjadi kenaikan volume transaksi harian mencapai 93,78% (*Press Realese PR No. 018/BEI.SPR/08-2009*). Volume transaksi yang meningkat ini mengindikasikan adanya peningkatan jumlah pelaku transaksi.

Perkembangan Internet membawa dampak yang sangat besar bagi transaksi saham. Internet bukan saja me-revolusi cara perolehan dan penyebaran informasi yang menjadi serba cepat, tetapi juga cara melakukan transaksi. Pada awal perkembangan bursa, transaksi dilakukan dalam bentuk *paper* (fisik saham) yang dipindahtangankan secara langsung.

Tetapi, sejak tahun 2000 dengan perkembangan teknologi Internet yang pesat, bursa memperkenalkan jenis transaksi *paperless/scriptless* (saham hanya dalam bentuk angka-angka elektronik tanpa wujud fisik). Bahkan sejak tahun 2002, BEI mulai menerapkan *remote trading* atau *online trading*. Dengan penerapan *online trading* ini, transaksi oleh para *trader* menjadi lebih sederhana dengan biaya yang juga menjadi cenderung turun. Perkembangan volume transaksi *online* ini juga menunjukkan kenaikan hingga lima kali lipat sepanjang tahun 2009 dibandingkan tahun sebelumnya.

Transaksi saham via *online* memberikan kemudahan bagi para *trader* ritel terutama yang berasal dari kalangan awam untuk turut berpartisipasi dalam bursa. Berdasarkan berbagai penelitian yang telah dilakukan (Hawkins dan Hawkins tahun 1986, Rose tahun 2001, Rose et al tahun 2004, Joni Fat tahun 2009) diperoleh fakta bahwa kebanyakan

investor pribadi/ritel tidak memahami dasar-dasar laporan keuangan dan melakukan investasi hanya berdasarkan rumor. Ini tentu saja hal yang cukup mengkhawatirkan karena dalam investasi yang beresiko tinggi, orang-orang mengambil keputusan hanya berdasarkan apa yang di-“dengar” (rumor) yang sering sekali tanpa memiliki dasar dan di-“hembuskan” untuk kepentingan pihak tertentu. Hal tersebut selain dapat menimbulkan kerugian bagi investor, juga mempersulit regulator (Joni Fat, 2009). Sebab bila timbul kerugian besar, seperti yang terjadi pada krisis global yang dampaknya masih terasa hingga tahun 2010 ini, para investor cenderung menyalahkan regulator.

Pada saat awal krisis terjadi, yaitu akhir tahun 2008, nilai Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) mengalami penurunan yang sangat tajam. Di penutupan tahun tersebut, nilai IHSG terpankaskan hingga 51,17%. Padahal berdasarkan himbauan pemerintah, Indonesia harusnya tidak mengalami dampak yang berarti dari krisis yang bermula di Amerika tersebut. Penurunan yang tajam ini, bahkan mendapat perhatian khusus dari pemerintah Indonesia, di mana secara khusus Presiden Republik Indonesia saat itu, memberikan pidato mengenai perlunya menjaga stabilitas pasar modal. Kenapa IHSG begitu mendapat perhatian? Sesuai dengan keterangan yang didapatkan pada situs www.idx.co.id (situs resmi BEI) disebutkan bahwa BEI memiliki dua peranan penting, yaitu sebagai sumber daya alternatif bagi perusahaan dan juga sebagai sarana investasi alternatif bagi para investor. Dengan demikian, jelas bahwa IHSG dapat menjadi salah satu indikator atau tolak ukur perkembangan perekonomian negara. Oleh sebab itu, Presiden pun memberikan pidato resmi

untuk menumbuhkan kembali kepercayaan investor.

Berdasarkan alasan tersebut, maka penulis akan mencoba untuk merancang suatu sistem yang diharapkan cukup handal, walau demikian cukup sederhana agar dapat memberikan gambaran besar bagi para pelaku investasi saham mengenai arah gerak pasar. Dengan demikian, sistem ini dapat dimanfaatkan oleh orang awam sekali pun untuk mendukung pengambilan keputusan investasinya. Ini akan dilakukan dengan memanfaatkan metode *fuzzy logic*. *Fuzzy logic* digunakan karena metode ini memungkinkan sistem untuk melakukan inferensi dengan menduplikasi kemampuan manusia sehingga proses perhitungan dan pembuatan model yang rumit dapat menjadi sederhana serta diharapkan dapat memberikan hasil sesuai yang diinginkan. Jadi, sistem rancangan diharapkan dapat menggantikan proses matematis menjadi lebih bersifat verbal.

1.2. Perumusan Masalah

Penelitian ini berupaya untuk menjawab permasalahan yang cukup sederhana namun spesifik, yaitu:

Apakah IHSG akan bergerak naik atau turun?

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. IHSG

IHSG merupakan indikator yang secara umum memperlihatkan kondisi bursa efek secara keseluruhan. IHSG merupakan salah satu komponen Indeks BEI. Walau demikian, IHSG merupakan indeks utama karena IHSG dapat dianggap sebagai harga rata-rata dari semua efek yang ditransaksikan di BEI.

IHSG dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut (*Fact Book BEI*, 1997):

$$IHSG = \frac{NP}{ND} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Dengan NP = Nilai Pasar, ND = Nilai Dasar.

2.2. Behavioral Finance

Dalam artikel *What Really Drives the Market?*, Marc Goedhart mengatakan bahwa bagaimana saham dinilai adalah sangat penting (M. H. Goedhart, 2005). Lebih lanjut, artikel tersebut mengatakan bahwa investor mendasarkan keputusan investasinya pada pandangan mereka terhadap *cash flow* perusahaan di masa yang akan datang. Jadi, dari hal tersebut jelas bahwa ada sisi subjektif dalam melakukan penilaian terhadap harga saham.

Sisi subjektif inilah yang membuat DeBond dan Thaller mengatakan bahwa kecenderungan investor adalah irasional. Inilah dasar dari *behavioral finance*. Dalam *behavioral finance* dikatakan bahwa valuasi dapat menyimpang dari nilai ekonomi fundamental yang ada. Kondisi ini dapat dikarenakan para investor bertindak secara irasional dengan menanggapi satu hal (berita atau rumor) dengan tingkat kepercayaan yang berlebihan (*overconfidence*) (Fischhoff, et. al.,1997). Walau pun menurut Goedhart, kondisi yang sebenarnya terjadi adalah adanya sekumpulan besar investor yang bukan saja berlaku secara irasional, tetapi juga secara sistematis dan hal tersebut membatasi kemungkinan investor rasional untuk mengambil posisi arbitrase guna memanfaatkan momentum itu.

Kelakuan irasional sistematis ini, dijelaskan oleh Fromlet melalui perilaku kelompok (*herd behavior*). Perilaku kelompok ini mengatakan bahwa bila ada sekelompok orang yang tidak saling mengenal membuat penafsiran, maka hasil penafsiran tersebut akan cenderung

dianggap benar. Dengan adanya anggapan kebenaran ini, maka seorang investor cenderung mengubah pandangannya untuk mengikuti perilaku kelompok ini.

Penelitian Kahneman dan Tversky (D. Kahneman and A. Tversky,1973) menunjukkan bahwa para investor cenderung menjadi bias terhadap kondisi saat ini dibandingkan terhadap memori pengalaman masa lampauya dan cenderung membuat perkiraan yang ekstrim. Dampak dari perilaku ini adalah para investor memiliki resiko yang lebih tinggi saat dihadapkan pada informasi yang cenderung sama di saat ini dibandingkan dengan pengalaman masa lampauya.

2.3. Fuzzy Logic

Berbeda dengan himpunan *crisp*, himpunan *fuzzy* memiliki derajat keanggotaan yang kabur. Kekaburan ini bukanlah berarti tidak terdefinisi dengan baik, tetapi lebih kepada nilai (derajat) keanggotaan anggota himpunan yang hanya terbatas pada nilai 0 atau 1. Kekaburan pada himpunan *fuzzy* terlihat pada derajat keanggotaan dari anggota himpunannya yang dapat menempati rentang nilai antara 0 dan 1. Oleh karena itu, nilai keanggotaan himpunan *fuzzy* memerlukan pemetaan. Pemetaan anggota himpunan ke derajat keanggotaan *fuzzy* menggunakan fungsi-fungsi yang disebut dengan *membership functions* atau fungsi-fungsi keanggotaan. Proses ini dinamakan fuzzifikasi.

Fungsi keanggotaan merupakan cara unik untuk merepresentasikan nilai ke domain *fuzzy*. Unik karena representasi nilai ini dilakukan dengan berbagai macam bentuk geometris, seperti segitiga, trapesium, *gauss*, dan sebagainya. Pemilihan bentuk ini disesuaikan dengan

jenis sebaran data dan tingkat kepentingan yang diinginkan.

Selain proses fuzzifikasi, *fuzzy* juga menggunakan aturan atau *rule*. Aturan-aturan ini digunakan untuk menghasilkan *output* yang diharapkan. Berbeda dengan metode lain (model matematika, jaringan saraf tiruan, sistem cerdas), aturan *fuzzy* lebih merupakan penalaran logis. Aturan *fuzzy* memanfaatkan variabel-variabel linguistik, seperti banyak, sedikit, sedang, cepat, lambat, dan sebagainya. Ini membuat penalaran dalam mendesain sistem *fuzzy* menjadi tidak kaku.

Bila perhitungan telah selesai dilakukan, nilai yang dihasilkan perlu dipetakan kembali ke domain asal. Ini dilakukan dengan proses defuzzifikasi. Proses defuzzifikasi pada dasarnya merupakan metode untuk menggabungkan hasil-hasil yang diperoleh dari setiap *rule*, dan memetakannya kembali ke domain asal. Proses defuzzifikasi yang sering digunakan antara lain metode *centroid*, metode *bisector*, metode *mean of maximum* (MOM), dan metode *sum of maximum* (SOM). Metode-metode ini akan memberikan hasil defuzzifikasi yang cukup berbeda.

2.4. Penelitian-Penelitian Sebelumnya

Penelitian yang menggunakan *fuzzy logic* untuk mengestimasi variabel-variabel ekonomi telah cukup banyak dilakukan, oleh karena metode ini terbukti memberikan hasil yang cukup memuaskan. Souto-Maior, *et. al.* (2006) menggunakan *fuzzy logic* untuk memprediksi nilai indeks IBOVESPA dengan *fuzzy logic*. Para penulis ini menggunakan *software* FuzzyTech® untuk menghasilkan model *fuzzy* yang digunakan. Penelitian tersebut menggunakan data indeks harian dari bulan Januari 1997 hingga Februari 2005.

Penelitian ini diklaim memberikan hasil non-eksak dengan probabilitas. Sebaliknya, hasil tersebut diklaim dapat digunakan untuk menerapkan strategi beli dan jual indeks untuk menghasilkan keuntungan selama periode pengujian.

Salmeron (2009) menggunakan *fuzzy cognitive maps* (FCM) untuk membuat model yang dapat mendukung pengambilan keputusan dalam proyek *Research and Development* (R&D). Penulis ini memanfaatkan FCM untuk membuat sistem pengambilan keputusan dengan data dari *Executive Information Systems* (EIS) menjadi lebih dinamis. Penelitian ini menghasilkan sistem yang mampu memberikan perkiraan perbandingan antara berbagai macam proyek R&D yang diukur berdasarkan banyak faktor dan kaitan antara proyek-proyek tersebut.

Penelitian lain yang juga memanfaatkan *fuzzy logic* dilakukan oleh Malagoli dan Magni (2007). Penelitian ini melakukan kolaborasi lebih jauh antara *fuzzy logic* dengan *expert systems* untuk menilai dan menghitung harga perusahaan. Dalam hasil penelitian tersebut, penulis mengatakan bahwa sistem yang dikembangkan atas dasar *fuzzy* dan *expert systems* ini memiliki kemampuan baik dalam menghitung variabel-variabel baik yang bersifat kualitatif mau pun kuantitatif dari permasalahan keuangan, manajemen mau pun strategi.

2.5. Hipotesis Permasalahan

Fuzzy Logic dengan kelebihanannya yang mampu menangani variabel secara linguistik, membuat pemodelan sistem menjadi lebih sederhana. *Rules* yang terdapat dalam *fuzzy logic* memungkinkan penulis membangun model yang berfokus pada pemecahan masalah secara langsung, dalam hal ini menghasilkan arah gerak harian IHSG. Dasar perhitungan dalam

model ini adalah besarnya persentase perubahan IHSG dalam tiga hari sebelum hari perhitungan. Jadi, model ini pada prinsipnya dibangun berdasarkan pola perubahan IHSG.

3. HASIL PERANCANGAN

3.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data penutupan harian IHSG. Data penutupan yang dipakai adalah *adjustment closed*. Data ini digunakan karena *adjustment closed* telah disesuaikan dengan perubahan akibat dividen dan *stock splits*. Data diambil dari finance.yahoo.com dengan kode `^JKSE` (kode ini merupakan kode untuk IHSG di situs yahoo.com). Periode data yang digunakan adalah dari 1 Januari 2006 hingga 31 Desember 2009.

Data ini dikelompokkan jadi dua bagian, yaitu data untuk *training* (periode 1 Januari 2006 hingga 31 Desember 2007) dan data untuk *testing* (periode 1 Januari 2008 hingga 31 Desember 2009). Jumlah data yang digunakan untuk *training* adalah berjumlah 466 (pengelompokan data dapat dilihat pada Tabel 1), sedangkan untuk data *testing* adalah berjumlah 461. Walau pun periode yang digunakan adalah sama, yaitu dua tahun, terlihat bahwa ada selisih jumlah data. Hal ini terjadi karena pada tahun 2008, BEI ditutup secara paksa selama beberapa hari oleh regulator akibat krisis. Dengan demikian, selisih data ini dapat dipahami.

3.2. Variabel

Data *adjustment closed* tidak serta-merta digunakan langsung sebagai variabel bagi sistem. Variabel yang digunakan sebagai *input* mau pun *output*

sistem adalah data persentase perubahan *adjustment closed* secara harian. Variabel *input* adalah data persentase perubahan selama tiga hari sebelumnya, sedangkan variabel *output* adalah proyeksi kenaikan atau penurunan IHSG. Pemilihan variabel ini adalah sesuai dengan penelitian O'Connor, Remus dan Griggs (1997).

Persentase perubahan IHSG dihitung sesuai dengan rumus:

$$Var_d = \frac{(V_d - V_{d-1})}{V_{d-1}} \times 100\% \dots\dots (2)$$

Dengan:

- Var_d merupakan persentase perubahan IHSG pada hari ke- d ,
- V_d merupakan nilai IHSG pada hari ke- d ,
- V_{d-1} merupakan nilai IHSG pada hari ke- $(d-1)$.

Penggunaan rumus (2) sesuai dengan yang digunakan oleh C. D. Souto-Maior, *etal.* dalam penelitian untuk memperkirakan nilai indeks IBOVESPA.

Data *training* yang telah dihitung nilai persentase perubahannya dikelompokkan berdasarkan pola naik-turunnya. Pengelompokan ini dilakukan karena menurut O'Connor, Remus dan Griggs (1997) data menunjukkan kecenderungan naik dan turun setelah serangkaian pola. Pola tersebut adalah pola perubahan pada tiga hari sebelumnya. Pengelompokan data *training* selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Nilai *Turun* atau *Naik* ditentukan berdasarkan nilai negatif atau positif dari persentase perubahan pada variabel perhitungan. Bila persentase perubahan bernilai positif, maka variabel tersebut dikatakan *Naik*; sebaliknya bila persentase perubahan bernilai negatif, maka variabel disebut *Turun*.

Tabel 1 memperlihatkan kelompok data *input* yang akan di-*training*. Untuk data *output*, variabel yang digunakan adalah d yang merupakan variabel untuk menampung persentase perubahan pada

hari perhitungan. Pola variabel d yang timbul pada masing-masing kelompok yang diperlihatkan pada Tabel 1 adalah bersifat acak. Ini berarti variabel d pada masing-masing kelompok memiliki nilai *Turun* atau *Naik* secara bersamaan.

Tabel 1. Kelompok Data *Training*:
Variabel *Input*

Kelompok	$d-3^*$	$d-2^{**}$	$d-1^{***}$	Jumlah Data
1	Turun	Turun	Turun	36
2	Turun	Turun	Naik	47
3	Turun	Naik	Turun	35
4	Turun	Naik	Naik	75
5	Naik	Turun	Turun	48
6	Naik	Turun	Naik	65
7	Naik	Naik	Turun	76
8	Naik	Naik	Naik	84
Total				466

* Perubahan pada tiga hari sebelumnya.
 ** Perubahan pada dua hari sebelumnya.
 *** Perubahan pada satu hari sebelumnya.

Pengolahan data awal terhadap variabel *input* mau pun *output* dilakukan dengan menghitung statistik lima serangkai ditambah nilai rata-rata dan standar deviasi. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Statistik Variabel

Jenis	Nilai (%)
Nilai Minimum	-6.43537
Nilai Maksimum	6.965169
Nilai Tengah	0.244151
Kuartil Bawah	-0.46671
Kuartil Atas	0.928598
Rata-Rata	0.172986
Standar Deviasi	1.42433
Jangkauan Antar-Kuartil	1.395307

3.3. Fungsi Keanggotaan

Setiap variabel (*input*: $d-3$, $d-2$, $d-1$ dan *ouput*: d) memiliki fungsi keanggotaannya masing-masing. Fungsi keanggotaan ini yang akan memetakan nilai variabel dari domain asalnya ke domain *fuzzy*. Berdasarkan Tabel 1, setiap variabel memiliki setidaknya dua jenis fungsi keanggotaan, yaitu *Turun* dan *Naik*.

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, ternyata penambahan fungsi keanggotaan *Moderat* memberikan hasil yang lebih memuaskan. Penambahan fungsi keanggotaan *Moderat* ini diperlukan karena berdasarkan pengamatan terhadap data (Nilai Minimum dan Nilai Maksimum terhadap Jangkauan Antar-Kuartil, Tabel 2) terlihat bahwa data mengalami penyimpangan yang besar. Oleh karena itu, dalam sistem yang dibangun ini, tiap variabel *input* memiliki tiga jenis fungsi keanggotaan yaitu *Turun*, *Moderat* dan *Naik*. Fungsi keanggotaan *Moderat* ini diperlukan untuk mencakup 50% data (berdasarkan sifat Jangkauan Antar-Kuartil) sehingga probabilitas kesalahan perhitungan diharapkan dapat diminimumkan.

Fungsi keanggotaan *Turun* dan *Naik* menggunakan bentuk trapesium sebagai representasi, sedangkan fungsi keanggotaan *Moderat* menggunakan bentuk segitiga. Untuk variabel *output*, fungsi keanggotaan ada dua jenis, yaitu *Turun* dan *Naik*, yang masing-masing menggunakan bentuk trapesium.

Dari Tabel 2, diambil kesimpulan bahwa jangkauan data untuk tiap fungsi keanggotaan adalah dari Nilai Minimum hingga Nilai Maksimum (nilai dibulatkan ke atas menjadi dari -7% hingga 7%).

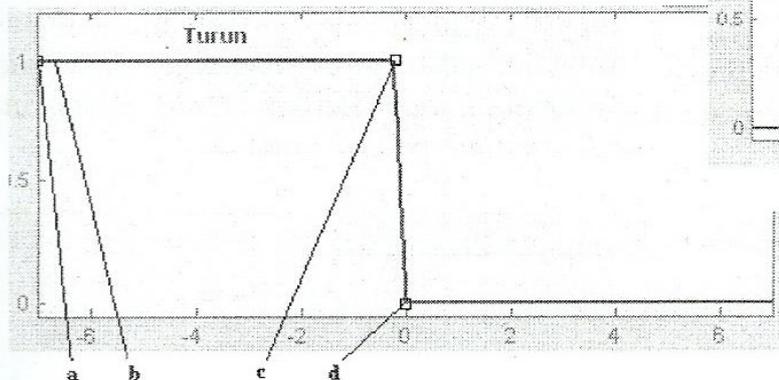
3.3.1. Fungsi Keanggotaan Variabel *Input* ($d-3$, $d-2$ dan $d-1$): *Turun*

Fungsi keanggotaan *Turun* direpresentasikan dengan bentuk trapesium. Pemilihan bentuk ini didasarkan pada percobaan, di mana bentuk trapesium ternyata memberikan hasil yang paling memuaskan dibandingkan bentuk yang lainnya.

Persamaan matematis untuk bentuk trapesium ini adalah sebagai berikut (*Matlab Help, Realease 14*):

$$f(x,a,b,c,d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases} \dots\dots (3)$$

Dengan nilai *a*, *b*, *c* dan *d* merupakan nilai-nilai batas trapesium. Untuk lebih jelas, posisi nilai variabel tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Fungsi Keanggotaan *Input: Turun* Bentuk Trapesium

Untuk variabel *Turun*, batas-batas nilai tersebut adalah sebagai berikut:

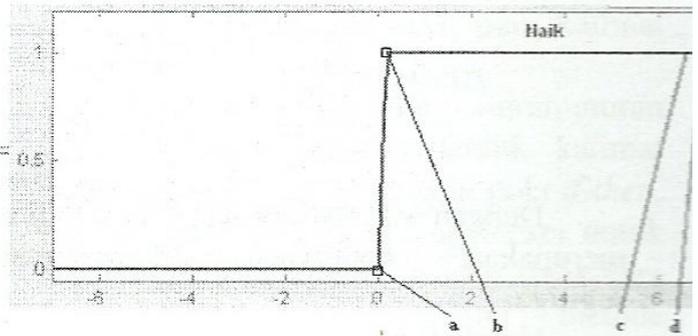
- Nilai *a* = -12%.
- Nilai *b* = -7%.
- Nilai *c* = -0.2%.
- Nilai *d* = 0%.

Berdasarkan data batas nilai tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa nilai penurunan di bawah -0.2% memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* yang maksimum yaitu 1. Untuk nilai-nilai penurunan di atas 0% memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* yang minimum yaitu 0.

3.3.2. Fungsi Keanggotaan Variabel *Input (d-3, d-2 dan d-1): Naik*

Fungsi keanggotaan *Naik* juga direpresentasikan dengan bentuk trapesium. Pemilihan bentuk ini juga didasarkan pada hasil percobaan, di mana bentuk ini memberikan hasil yang paling memuaskan pada perkiraan akhir.

Rumus perhitungan bentuk trapesium fungsi keanggotaan *Naik* ini juga mengikuti Persamaan (3) di atas. Posisi-posisi nilai variabel fungsi keanggotaan *Naik* dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Fungsi Keanggotaan *Input: Naik* Bentuk Trapesium

Untuk variabel *Naik*, batas-batas nilai tersebut adalah sebagai berikut:

- Nilai *a* = 0%.
- Nilai *b* = 0.2%.
- Nilai *c* = 7%.
- Nilai *d* = 12%.

Berdasarkan data batas nilai tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa nilai kenaikan di atas 0.2% memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* yang maksimum yaitu 1. Untuk nilai kenaikan di bawah 0% memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* yang minimum yaitu 0.

3.3.3. Fungsi Keanggotaan Variabel *Input (d-3, d-2 dan d-1): Moderat*

Fungsi keanggotaan *Moderat* menggunakan bentuk representasi segitiga. Penggunaan bentuk ini karena bentuk ini terlihat paling baik dalam penekanan nilai moderat yaitu nilai yang sifatnya tidak menyimpang terlalu jauh dari nilai 0. Ada beberapa macam bentuk selain segitiga yang dapat menjadi kandidat bagi representasi ini, yaitu bentuk *gauss*, *gauss* orde 2, dan bentuk *bell*. Berdasarkan

percobaan yang telah dilakukan, ternyata bentuk segitiga memberikan hasil perkiraan akhir yang paling baik.

Persamaan matematis untuk bentuk segitiga adalah sebagai berikut (*Matlab Help, Realease 14*):

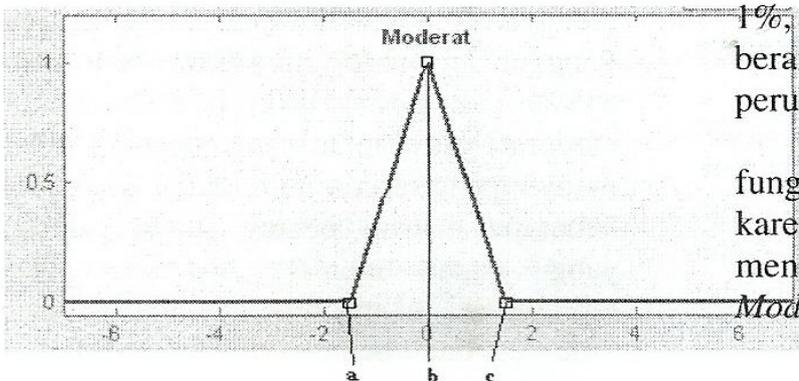
$$f(x,a,b,c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \dots\dots (4)$$

Dengan variabel-variabel *a*, *b* dan *c* merupakan batas-batas pembentuk segitiga.

Untuk fungsi keanggotaan *Moderat*, nilai-nilai batas tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 berikut. Batas-batas nilai tersebut adalah sebagai berikut:

- Nilai *a* = -1.5%.
- Nilai *b* = 0%.
- Nilai *c* = 1.5%.

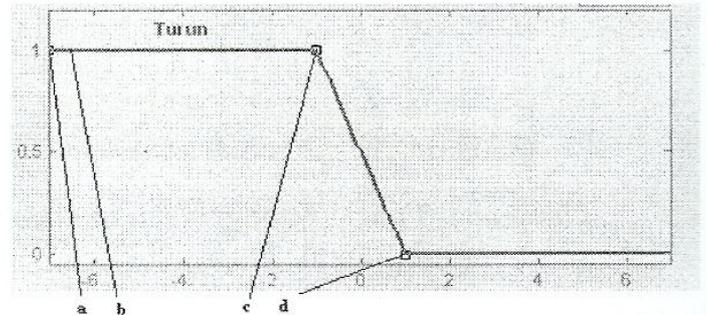
Nilai batas ini didapatkan berdasarkan data dari Tabel 2, yaitu dari pembulatan nilai Rata-Rata + Standar Deviasi. Representasi bentuk segitiga ini berarti nilai kenaikan yang melebihi 1.5%, demikian juga penurunan yang melebihi -1.5% memiliki nilai keanggotaan 0 dari fungsi keanggotaan *Moderat*. Sebaliknya, nilai perubahan antara -1.5% hingga 1.5% memiliki nilai keanggotaan yang dapat dihitung berdasarkan Persamaan (4), dengan nilai maksimum fungsi keanggotaan adalah pada nilai perubahan 0% yaitu 1.



Gambar 3. Fungsi Keanggotaan *Input: Moderat* Bentuk Segitiga

3.3.4. Fungsi Keanggotaan Variabel *Output (d): Turun*

Fungsi keanggotaan *Turun* variabel *output* juga direpresentasikan dengan bentuk trapesium, dengan perhitungan yang mengikuti Persamaan (3). Tetapi, fungsi keanggotaan ini memiliki batas yang berbeda dengan yang digunakan pada variabel *input*. Bentuk representasi ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan *Output: Turun* Bentuk Trapesium

Batas-batas nilai fungsi keanggotaan ini adalah sebagai berikut:

- Nilai *a* = -12%.
- Nilai *b* = -7%.
- Nilai *c* = -1%.
- Nilai *d* = 1%.

Berdasarkan Gambar 4, dapat diambil kesimpulan bahwa fungsi keanggotaan maksimum (1) memiliki batas perubahan nilai penurunan hingga -1%, setelah itu nilai fungsi keanggotaan berangsur turun hingga 0 (untuk nilai perubahan yang lebih besar dari 1%).

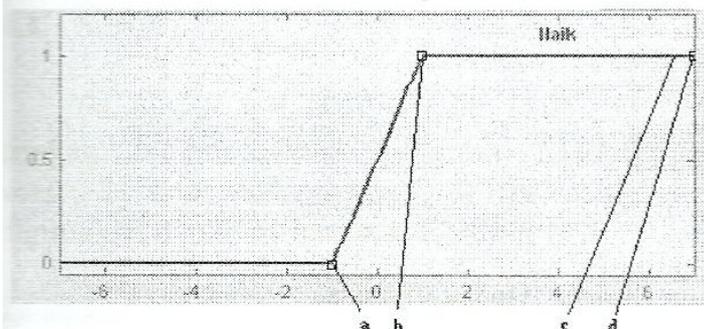
Batas nilai *c* dan *d* berbeda dengan fungsi keanggotaan *Turun* variabel *input* karena batas ini berguna untuk mengompensasi nilai fungsi keanggotaan *Moderat* variabel *input*.

3.3.5. Fungsi Keanggotaan Variabel Output (d): Naik

Fungsi keanggotaan *Naik* untuk variabel *output* juga direpresentasikan dengan bentuk trapesium. Perhitungan nilai keanggotaan *fuzzy* fungsi keanggotaan ini mengikuti Persamaan (3). Batas-batas nilai fungsi keanggotaan *Naik* dapat dilihat pada Gambar 5.

Batas-batas nilai fungsi keanggotaan ini adalah sebagai berikut:

- Nilai $a = -1\%$.
- Nilai $b = 1\%$.
- Nilai $c = 7\%$.
- Nilai $d = 12\%$.



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Output: Naik Bentuk Trapesium

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa nilai keanggotaan *fuzzy* maksimum (1) memiliki batas kenaikan di atas 1%, sedangkan nilai keanggotaan minimum (0) bila batas kenaikan di bawah -1%. Untuk batas kenaikan antar -1% hingga 1%, nilai keanggotaan akan berangsur-angsur naik dari 0 hingga 1.

3.3.6. Rules

Rules atau aturan-aturan *fuzzy* digunakan sebagai cara menyimpulkan

pada metode *fuzzy*. Aturan-aturan ini menganut prinsip yang sama dengan cara manusia menarik kesimpulan, yaitu dengan menggunakan variabel-variabel linguistik. Aturan dalam *fuzzy logic* dapat dibuat dengan berbagai macam kalimat, baik kalimat pernyataan tunggal, kalimat pernyataan majemuk mau pun kalimat berkondisi.

Pada penelitian ini, aturan-aturan yang digunakan dalam bentuk kalimat pernyataan berkondisi dengan pola *if-then*. Matlab menyediakan berbagai cara untuk membuat aturan-aturan tersebut, baik cara manual mau pun melalui metode pembelajaran. Setelah melakukan serangkaian percobaan, penelitian ini memilih metode manual untuk menentukan aturan-aturan yang diperlukan oleh sistem. Dasar pembentukan aturan-aturan ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Dari Tabel 3, terlihat bahwa setiap kelompok memiliki variasi pola kenaikan atau penurunan. Ini menunjukkan bahwa untuk melakukan estimasi terhadap pola data demikian, tidak dapat menggunakan metode linear atau model matematika biasa yang kaku. Data pada Tabel 3 tidak semuanya memiliki tingkat kepentingan yang sama. Data dengan probabilitas 100% atau 0% dapat diabaikan, karena probabilitas tersebut tidak didukung oleh tingkat kecukupan data yang memadai.

Berdasarkan Tabel 3 dan percobaan yang telah dilakukan, didapatkan 24 aturan dalam sistem *fuzzy logic* ini. Aturan-aturan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Probabilitas Turun-Naik IHSG dalam Tiap Kelompok Data Training

Kelompok	Pola	Probabilitas Naik (%)	Kelompok	Pola	Probabilitas Naik (%)
1	et-et-et	66.7	5	en-et-et	60
	et-et-mt	33.3		en-et-mt	80
	et-mt-et	33.3		en-mt-et	66.7
	et-mt-mt	100		en-mt-mt	50
	mt-et-et	85.7		mn-et-et	33.3
	mt-et-mt	33.3		mn-et-mt	0
	mt-mt-et	0		mn-mt-et	100
	mt-mt-mt	100		mn-mt-mt	53.3
2	et-et-en	46.7	6	en-et-en	75
	et-et-mn	71.4		en-et-mn	50
	et-mt-en	75		en-mt-en	86.7
	et-mt-mn	0		en-mt-mn	50
	mt-et-en	87.5		mn-et-en	71.4
	mt-et-mn	66.7		mn-et-mn	100
	mt-mt-en	66.7		mn-mt-en	70
	mt-mt-mn	50		mn-mt-mn	100
3	et-en-et	42.6	7	en-en-et	72.2
	et-en-mt	62.5		en-en-mt	50
	et-mn-et	0		en-mn-et	75
	et-mn-mt	75		en-mn-mt	70
	mt-en-et	25		mn-en-et	62.5
	mt-en-mt	50		mn-en-mt	80
	mt-mn-et	25		mn-mn-et	30
	mt-mn-mt	50		mn-mn-mt	100
4	et-en-en	50	8	en-en-en	53.6
	et-en-mn	28.6		en-en-mn	61.3
	et-mn-en	42.6		en-mn-en	77.8
	et-mn-mn	60		en-mn-mn	80
	mt-en-en	55		mn-en-en	44.4
	mt-en-mn	0		mn-en-mn	66.7
	mt-mn-en	25		mn-mn-en	44.4
	mt-mn-mn	50		mn-mn-mn	80

Keterangan: e=ekstrem, m=moderat, t=turun, n=naik

Tabel 4. Aturan-Aturan Inferensi Fuzzy Logic

No	Aturan	Bobot
1	Jika d-3 turun dan d-2 turun dan d-1 turun maka d naik	1
2	Jika d-3 turun dan d-2 turun dan d-1 moderat maka d naik	1
3	Jika d-3 turun dan d-2 turun dan d-1 naik maka d naik	1
4	Jika d-3 turun dan d-2 moderat dan d-1 turun maka d naik	1
5	Jika d-3 turun dan d-2 moderat dan d-1 moderat maka d naik	1
6	Jika d-3 turun dan d-2 moderat dan d-1 naik maka d naik	1
7	Jika d-3 turun dan d-2 naik dan d-1 turun maka d turun	1
8	Jika d-3 turun dan d-2 naik dan d-1 moderat maka d naik	1
9	Jika d-3 turun dan d-2 naik dan d-1 naik maka d naik	1
10	Jika d-3 moderat dan d-2 turun dan d-1 turun maka d turun	0.5
11	Jika d-3 moderat dan d-2 turun dan d-1 moderat maka d naik	0.5
12	Jika d-3 moderat dan d-2 turun dan d-1 naik maka d naik	0.5
13	Jika d-3 moderat dan d-2 moderat dan d-1 turun maka d turun	0.5
14	Jika d-3 moderat dan d-2 moderat dan d-1 moderat maka d naik	0.5
15	Jika d-3 moderat dan d-2 moderat dan d-1 naik maka d naik	0.5
16	Jika d-3 naik dan d-2 turun dan d-1 turun maka d naik	1
17	Jika d-3 naik dan d-2 turun dan d-1 moderat maka d turun	1
18	Jika d-3 naik dan d-2 turun dan d-1 naik maka d naik	1
19	Jika d-3 naik dan d-2 moderat dan d-1 turun maka d turun	1
20	Jika d-3 naik dan d-2 moderat dan d-1 moderat maka d naik	1
21	Jika d-3 naik dan d-2 moderat dan d-1 naik maka d naik	1
22	Jika d-3 naik dan d-2 naik dan d-1 turun maka d naik	1
23	Jika d-3 naik dan d-2 naik dan d-1 moderat maka d naik	1
24	Jika d-3 naik dan d-2 naik dan d-1 naik maka d naik	1

3.3.7. Operator

Operator-operator fuzzy yang digunakan dalam sistem ini untuk menggantikan operator logika himpunan *crisp* adalah sebagai berikut:

- Operator AND: *min*.
- Operator OR: *max*.
- Operator Implikasi: *min*.
- Operator Agregasi: *max*.

Operator-operator ini adalah pengganti operator logika yang digunakan dalam pernyataan aturan mau pun dalam proses inferensi sistem fuzzy. Jadi, dalam aturan fuzzy kata AND atau *dan* berarti proses perhitungan akan menggunakan perbandingan minimum terhadap setiap variabel yang terlibat; sedangkan kata OR atau *atau* berarti proses perhitungan menggunakan perbandingan maksimum. Proses implikasi dalam sistem ini menggunakan perbandingan minimum. Proses agregasi atau penggabungan dari hasil implikasi dilakukan menggunakan perbandingan maksimum.

3.3.8. Defuzzifikasi

Proses fuzzifikasi memetakan variabel ke himpunan fuzzy dalam bentuk nilai keanggotaan fuzzy. Setelah proses inferensi dilakukan, sistem menghasilkan nilai yang masih dalam domain himpunan fuzzy. Nilai ini perlu dipetakan kembali ke domain asalnya. Di sinilah perlunya penggunaan defuzzifikasi.

Proses defuzzifikasi dapat dilakukan dengan berbagai macam metode, seperti *Centroid*, *Bisector*, *Largest of Maximum* (LOM), *Smallest of Maximum* (SOM), *Middle of Maximum* (MOM), dan sebagainya. Setiap metode akan memberikan hasil yang berbeda.

Dalam sistem ini, metode defuzzifikasi yang digunakan adalah *Centroid*. Metode *Centroid* menghitung titik pusat dari bangun yang terbentuk setelah proses agregasi. Metode ini dipilih dalam sistem ini karena dibandingkan metode

yang lain, metode *Centroid* memberikan hasil estimasi yang lebih baik.

Hasil agregasi dari hasil implikasi adalah suatu bentuk geometris. Dari bentuk geometris ini, hasil defuzzifikasi didapatkan. Dengan metode *Centroid*, sistem akan berupaya menghitung titik pusat dari bentuk geometris tersebut. Perhitungan dilakukan dengan menghitung momen dari masing-masing bagian. Dari perhitungan momen inilah didapatkan titik pusat atau *center* dari bentuk geometris itu. Nilai titik pusat inilah yang merupakan hasil pemetaan kembali ke domain asal sistem.

4. PENGUJIAN

4.1. Script

Pengujian terhadap sistem dilakukan dengan memanfaatkan program Matlab versi 7 dan Ms. Excel. *Script* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 6.

```

D:\Elkro\Penelitian\Forecasting_index_with_fuzzy_logic\Data\FIS\index4-ok.fis')
D:\Elkro\Penelitian\Forecasting_index_with_fuzzy_logic\Data\Data Training\test.dat')
readfis('data.fis')
    
```

Gambar 6. *Script* Pengujian Sistem

Gambar 6 menunjukkan adanya pemakaian fungsi *readfis*. Fungsi ini akan membaca sistem *fuzzy* yang ingin dievaluasi dari file “.fis” dan me-load-nya ke variabel *fis*. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 7. Data yang di-load ke variabel *fis* adalah nama sistem *fuzzy*, tipe penalaran sistem yaitu *mamdani*, berbagai operator yang digunakan, serta banyaknya variabel *input*, *output* dan aturan yang digunakan sistem.

Fungsi selanjutnya yang diperlihatkan pada Gambar 6 adalah *load*. Fungsi ini akan membaca data yang akan digunakan untuk pengujian dan me-load-nya ke variabel *data*. Untuk mengevaluasi sistem *fuzzy* dengan data yang telah di-load digunakan fungsi *evalfis*. Hasil pengujian ditampung pada variabel *y*.

```

fis =
    name: 'index4'
    type: 'mamdani'
    andMethod: 'min'
    orMethod: 'max'
    defuzzMethod: 'centroid'
    impMethod: 'min'
    aggMethod: 'max'
    input: [1x3 struct]
    output: [1x1 struct]
    rule: [1x24 struct]
    
```

Gambar 7. Hasil Fungsi *readfis*

4.2. Hasil Pengujian

Hasil pengujian sistem dapat dilihat pada Tabel 5. Jumlah data total terlihat sedikit berbeda dengan data yang dijelaskan pada Subbab 4.1 ini terjadi karena dalam pengujian ini, perubahan nilai 0% diabaikan.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sistem

Data	Sebenarnya	Pengujian
2008		
Jumlah total data	227	227
Banyaknya perubahan naik	116	196
Banyaknya perubahan turun	111	31
Tingkat kebenaran arah (%)		54,19
Tingkat keuntungan tahunan (%)		43,23
2009		
Jumlah total data	234	234
Banyaknya perubahan naik	133	204
Banyaknya perubahan turun	101	30
Tingkat kebenaran arah (%)		59,40
Tingkat keuntungan tahunan (%)		72,68
Total		
Jumlah total data	461	461
Banyaknya perubahan naik	249	400
Banyaknya perubahan turun	212	61
Tingkat kebenaran arah (%)		56,83
Tingkat keuntungan tahunan (%)		115,92

Tabel 5 memperlihatkan pada masing-masing tahun pengujian (2008 dan 2009) tingkat kebenaran yang dihasilkan lebih dari 50%. Ini berarti sistem dapat memperkirakan arah gerak IHSG dengan ketepatan lebih dari setengah. Pada tabel juga terlihat bahwa dengan tingkat kebenaran tersebut, sistem dapat

memberikan keuntungan yang cukup signifikan, yaitu masing-masing 43,23% dan 72,68%. Tingkat kebenaran mau pun tingkat keuntungan tahun 2008 relatif lebih rendah dibandingkan tahun 2009, ini mungkin terjadi karena pada tahun 2008, pasar memiliki volatilitas yang sangat tinggi akibat permulaan krisis. Pada tahun tersebut, persentase pergerakan IHSG mengalami penyimpangan yang sangat besar.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini telah mengeksplorasi berbagai macam model yang dimungkinkan dalam penerapan *Fuzzy Logic*. Pada sistem yang dipaparkan dalam penelitian ini, walau pun penulis menganggap telah memberikan hasil yang cukup baik, tetapi pada kenyataannya hanya dapat memberikan ketepatan perkiraan arah yang sedikit lebih dari 50% dari data pengujian selama dua tahun, yaitu tepatnya 56,83%. Hal yang cukup menggembirakan dari sistem ini adalah imbal hasil yang mungkin didapatkan apabila dipadukan dengan metode *trading* yang sederhana, yaitu melakukan *open position* saat *market* buka sesuai dengan arah peramalan oleh sistem dan melikuidasi posisi saat *market* menjelang tutup. Imbal hasil yang diperoleh dengan data dua tahun pengujian tersebut adalah sebesar 115,92%. Nilai ini dapat dipastikan lebih besar dari imbal hasil yang didapatkan dari imbal hasil acuan, misalnya SBI mau pun suku bunga deposito perbankan.

Dari hasil-hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, dapat dikatakan bahwa penerapan metode *Fuzzy Logic* dalam bidang ekonomi (untuk peramalan arah gerak IHSG) telah berhasil dilakukan walau pun ada beberapa catatan yang perlu diperhatikan, seperti hasil yang memadai namun mungkin belum maksimal. Oleh

karena itu, sistem ini masih terbuka untuk diperbaiki sehingga diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih memuaskan, baik dari persentase tingkat kebenaran mau pun imbal hasil yang dapat dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. A. W. Lo and C. Mackinlay, *Stock Market Prices Do Not Follow Random Walks: Evidence from a Simple Specification Test*, Review of Financial Studies, Vol. 1 (1), 1988, pp. 41-66.
2. C. D. Souto-Maior, F. D. Murcia, J. A. Borba and N. D. Costa Jr, *Forecasting IBOVESPA Index with Fuzzy Logic*, Social Science Research Network, March 2006.
3. D. Kahneman and A. Tversky, *On The Psychology of Prediction*, Psychology Review, Vol. 80, 1973.
4. Fischhoff, et. al., *Knowing With Certainty: The Appropriateness of Extreme Confidence*, Journal of Experimental Psychology, 1997.
5. H. Fromlet, *Behavioral Finance-Theory and Practical Application*, Business Economics, 2001.
6. J. A. Busse and T. C. Green, *Market Efficiency in Real Time*, Journal of Financial Economics, Vol. 65, 2002.
7. J. Fat, *Peran Cyber Gossip Dalam Pengambilan Keputusan Investasi Saham di Bursa Efek Indonesia*, Tesis Magister Ilmu Ekonomi, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia, 2009.
8. J. L. Salmeron, *Supporting Decision Makers With Fuzzy Cognitive Maps*, Industrial Research Institute, Inc. Mei-Juni 2009.
9. J. M. Patell and M. A. Wolfson, *The Intraday Speed of Adjustment of Stock Prices to Earnings and Dividend Announcements*, Journal of Financial Economics, Vol. 13, 1984.

PROSIDING SEMINAR NASIONAL RITEKTRA 2010

ISBN: 978-602-97094-0-7

10. *Lelang Sertifikat BI*, Tersedia di http://www.bi.go.id/web/id/Moneter/Lelang+Sertifikat+BI/SBI>List_ID.htm, (12 Mei 2010).
11. Matlab Help, *Fuzzy Logic Toolbox*, Release 14.
12. M. H. Goedhart, T. M. Koller dan D. Wessels, *What Really Drives The Market?*, Vol. 41, No. 1, MIT Sloan Management Review, Fall 2005.
13. M. O'Connor, W. Remus and K. Griggs, *Going up-Going down: How Good Are People at Forecasting Trends and Changes in Trends?*, Journal of Forecasting, Vol. 16, 1997.
14. M. T. Bradshaw, *The Use of Target Prices to Justify Sell-Side Analysts' Stock Recommendations*, Accounting Horizons, Vol. 16 No. 1, Maret 2002.
15. *Pasar Modal Indonesia, Restropeksi Lima Tahun Swastanisasi BEJ*, Fact Book BEJ, 1997.
16. *Press Realese PR No. 018/BEI.SPR/08-2009*, Bursa Efek Indonesia, *Peran BEI dalam Pengembangan Pasar Modal Indonesia*, Tersedia di <http://www.idx.co.id/NewsAnnouncements/EventsPressRelease/tabid/124/articleType/ArticleView/articleId/529/Default.aspx>, (12 Agustus 2009).
17. R. Aggarwal and A. Demaskey, *Using Derivatives in Major Currencies for Cross-hedging Currency Risks in Asian Emerging Markets*, Journal of Futures Markets, Vol. 17, 1997.
18. S. Malagoli and C. A. Magni, *The Use of Fuzzy Logic and Expert Systems for Rating and Pricing Firms*, Managerial Finance, Vol. 33 No. 11, 2207.
19. T. S. Robeiro and A. L. C. Silva, *Do Artificial Neural Networks Provide Better Forecasts? Evidence From Latin American Stock Indexes*, XXIX Enampad, Brasilia, 2005.