BAB II

KAJIAN TEORI

A. Inflasi

1. Pengertian Inflasi

Menurut Boediono (1999) inflasi adalah kecenderungan dari harga-harga untuk menaik secara menyeluruh dan terus menerus. Kenaikan harga dari satu atau dua barang saja tidak disebut inflasi, kecuali bila kenaikan tersebut meluas atau mengakibatkan kenaikan pada sebagian besar harga barang-barang lain yaitu harga makanan, harga makanan jadi, minuman, rokok, dan tembakau, harga sandang, harga kesehatan, harga pendidikan, rekreasi, dan olahraga, harga transportasi, komunikasi, dan jasa keuangan. Dari definisi tersebut, ada tiga komponen yang harus dipenuhi agar dapat dikatakan terjadi inflasi, yaitu :

a. Kenaikan harga, yaitu apabila harga suatu komoditas menjadi lebih tinggi dari harga periode sebelumnya.
b. Bersifat umum, yaitu kenaikan harga komoditas secara umum yang dikonsumsi masyarakat bukan merupakan kenaikan suatu komoditas yang tidak menyebabkan harga naik secara umum.
c. Berlangsung terus menerus, kenaikan harga yang bersifat umum juga belum akan memunculkan inflasi, jika terjadi sesaat misalnya kenaikan harga pada saat lebaran atau tahun baru bukan merupakan inflasi.

Kebalikan dari inflasi adalah deflasi. Deflasi adalah suatu keadaan dimana jumlah barang yang beredar melebihi jumlah uang yang beredar sehingga harga barang-barang menjadi turun, dan nilai uang menjadi naik.

2. Efek Inflasi

Menurut Nopirin (2010) inflasi dapat menimbulkan efek bagi pemerintahan maupun kondisi politik. Efek-efek inflasi tersebut adalah :

a. Efek terhadap pendapatan

Seseorang yang memperoleh pendapatan tetap akan dirugikan oleh adanya inflasi, demikian juga orang yang menumpuk kekayaan dalam bentuk uang kas akan menderita kerugian karena adanya inflasi. Sebaliknya pihak-pihak yang mendapatkan keuntungan dengan adanya inflasi adalah yang memperoleh kenaikan pendapatan dengan persentase yang lebih besar dari laju inflasi, atau mereka yang mempunyai kekayaan bukan uang dimana nilainya naik dengan persentase lebih besar dari laju inflasi. Misalnya, seseorang yang berprofesi sebagai Pegawai Negeri Sipil dengan gaji tetap Rp 3.000.000 dapat membelanjakan berbagai barang dan jasa, namun dengan adanya inflasi gaji tersebut hanya dapat dibelanjakan beberapa barang dan jasa.

b. Efek terhadap efisiensi

Permintaan terhadap barang tertentu mengalami kenaikan yang lebih besar dari barang lain karena inflasi, yang kemudian mendorong kenaikan produksi barang tersebut. Inflasi dapat mengakibatkan alokasi faktor produksi menjadi tidak efisien. Misalnya seseorang yang berprofesi sebagai produsen roti, sebelum adanya inflasi untuk memproduksi 1 roti hanya dibutuhkan biaya Rp 5000, namun dengan adanya inflasi yang mengakibatkan harga bahan baku roti mahal sehingga biaya Rp 5000 sudah tidak mencukupi untuk memproduksi 1 roti.

c. Efek terhadap *output*

Inflasi dapat menyebabkan terjadinya kenaikan produksi. Biasanya kenaikan harga barang mendahului kenaikan upah sehingga keuntungan pengusaha naik. Kenaikan keuntungan ini akan mendorong kenaikan produksi. Namun apabila laju inflasi cukup tinggi dapat mempunyai akibat sebaliknya, yakni penurunan *output*.

3. Kebijakan Mengatasi Inflasi

Menurut Sadono Sukirno (2011 : 354) beberapa kebijakan mengatasi inflasi adalah sebagai berikut :

a. Kebijakan fiskal yaitu dengan menambah pajak dan mengurangi pengeluaran pemerintah.
b. Kebijakan moneter yaitu dengan menaikkan suku bunga dan membatasi kredit.
c. Dasar segi penawaran, yaitu dengan melakukan langkah-langkah yang dapat mengurangi biaya produksi dan menstabilkan harga seperti mengurangi pajak impor, melakukan penetapan harga, menggalakkan pertambahan produksi dan menggalakkan perkembangan teknologi.

4. Faktor Inflasi

a. Nilai Tukar Rupiah terhadap Dollar Amerika

Menurut Sadono Sukirno (2011 : 21) kurs atau lebih dikenal dengan istilah nilai tukar merupakan sebuah istilah dalam bidang keuangan. Kurs memiliki pengertian sebagai nilai tukar mata uang suatu negara terhadap mata uang negara lain. Misalnya nilai tukar atau kurs rupiah terhadap dollar Amerika Serikat atau sebaliknya. Kurs atau nilai tukar terdiri atas dua bagian yaitu kurs jual dan kurs beli. Kurs jual adalah harga jual mata uang valuta asing oleh bank atau *money changer*, sedangkan kurs beli adalah kurs yang diberlakukan bank jika melakukan pembelian mata uang valuta asing.

Kurs mata uang asing mengalami perubahan nilai yang terus menerus dan relatif tidak stabil. Perubahan nilai ini dapat terjadi karena adanya perubahan permintaan dan penawaran atas suatu nilai mata uang asing pada masing-masing pasar pertukaran valuta (pasar valuta asing) dari waktu ke waktu. Sedangkan perubahan permintaan dan penawaran itu sendiri dipengaruhi oleh adanya kenaikan relatif tingkat bunga, baik secara bersama-sama maupun sendiri-sendiri terhadap negara.

Kurs mata uang menunjukkan harga mata uang apabila ditukarkan dengan mata uang lain. Penentuan nilai kurs mata uang suatu negara dengan mata uang negara lain ditentukan sebagaimana halnya barang yaitu oleh permintaan dan penawaran mata uang yang bersangkutan. Hukum ini juga berlaku untuk kurs rupiah, jika permintaan akan rupiah lebih banyak daripada penawarannya maka kurs rupiah akan terapresiasi, demikian pula sebaliknya. Apresiasi atau depresiasi akan terjadi apabila negara menganut kebijakan nilai tukar mengambang bebas (*free floating exchange rate*) sehingga nilai tukar akan ditentukan oleh mekanisme pasar.

b. Indeks Harga Konsumen

Menurut Mankiw, Quah & Wilson (2012), Indeks Harga Konsumen (IHK) adalah angka indeks yang menunjukkan tingkat harga barang dan jasa yang dibeli konsumen dalam suatu periode tertentu. Angka IHK diperoleh dengan menghitung harga barang-barang dan jasa utama yang dikonsumsi masyarakat dalam suatu periode tertentu. Masing-masing harga barang dan jasa tersebut diberi bobot (*weighted*) berdasarkan tingkat keutamaannya. Barang dan jasa yang dianggap paling penting diberi bobot yang paling besar.

c. Harga Bahan Bakar Minyak (BBM)

Harga Bahan Bakar Minyak (BBM) di Indonesia ditetapkan oleh pemerintah, sedangkan yang mensubsidi dan mengatur penjualan bahan bakar bensin, solar, dan minyak tanah secara eceran adalah PT Pertamina (Persero), (wikipedia.org). Harga BBM dapat mempengaruhi kinerja ekonomi di Indonesia, karena harga BBM sebagai komoditas penting yang digunakan hampir setiap orang. Harga bahan bakar minyak juga menjadi penentu bagi besar kecilnya defisit anggaran. Tetapi harga bahan bakar minyak pada sisi yang lain dapat membebani rakyat miskin, apabila penetapannya tergolong tinggi. Tak jarang penetapan harga bahan bakar minyak selalu diikuti kenaikan harga-harga bahan lainnya, walaupun tidak ada komando bagi kenaikannya sebagaimana kenaikan harga bahan bakar minyak.

d. **Tarif Tenaga Listrik (TTL)**

Tarif tenaga listrik atau biasa disingkat TTL, adalah tarif yang boleh dikenakan oleh pemerintah untuk para pelanggan Perusahaan Listrik Negara (PLN). PLN adalah satu-satunya perusahaan yang diperbolehkan untuk menjual listrik secara langsung kepada masyarakat Indonesia, maka TTL bisa dibilang adalah tarif untuk penggunaan listrik di Indonesia. Pada awal 2008 , diberlakukan tarif non subsidi untuk pelanggan listrik dengan daya 6600 Volt Ampere (VA) ke atas, dan sejak 1 Juli 2010, pemerintah memutuskan menaikkan TTL rata-rata 10%. Hal ini didasarkan pada Pasal 8 UU No.2 Tahun 2010 (wikipedia.org).

B. Penelitian Terdahulu

Penelitian untuk masalah prediksi nilai inflasi suatu negara telah lama dilakukan, antara lain Hafer & Hein (1990) memprediksi nilai inflasi di Amerika Serikat, Belgia, Kanada, Inggris, Perancis, dan Jerman menggunakan model *Interest-Rate* dan *Time Series*. Nakamura (2004) memprediksi nilai inflasi di Amerika Serikat menggunakan metode *Neural Network*. Haider & Hanif (2009) memprediksi nilai inflasi di Pakistan menggunakan model *Artificial Neural Network*. Enke & Mehdiyev (2014) memprediksi nilai inflasi di Amerika Serikat menggunakan model *Hybrid Neuro-Fuzzy*.

Penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan nilai inflasi di Indonesia antara lain, Diah Wahyuningsih (2008), memprediksi nilai inflasi di Indonesia dengan model *Artificial Neural Network* (ANN) dan analisis regresi linear berganda. Dalam model ini menganalisis variabel uang beredar, variabel nilai tukar rupiah, variabel tingkat suku bunga, variabel indeks harga saham gabungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variabel nilai tukar rupiah mempengaruhi tingkat inflasi di masa datang. Hal ini ditunjukkan oleh hasil *ploting*, dimana hanya variabel nilai mata uang yang memiliki pola hubungan linear dengan inflasi. Koefisien korelasi untuk model ANN adalah 0,83 dengan nilai *error testing* adalah 0,53 sedangkan untuk model regresi linear berganda adalah 0,16 dengan nilai *error testing* adalah 0,38.

Fitriani Sagala (2008), menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi laju inflasi menggunakan analisis regresi berganda. Pada penelitian ini, koefisien determinasi (R) sebesar 91%, artinya 91% laju inflasi dipengaruhi oleh ketiga faktor yaitu jumlah uang beredar, suku bunga bank, dan nilai tukar rupiah terhadap dollar Amerika. Pada analisis korelasi antara variabel bebas dengan variabel tak bebas, korelasi terkuat terjadi antara laju inflasi dengan suku bunga bank, yaitu sebesar 0,833.

Rio Jakaria (2010), menentukan *lag* dari kebijakan penetapan suku bunga 1 bulan terhadap pembentukan inflasi menggunakan *Autoregressive Intergrated Moving Average* (ARIMA) *Gomez-Maravall* pada metode identifikasi model fungsi transfer pemutihan Box dan Jenkins. Pemodelan otomatis dimaksud adalah bahwa pengerjaannya murni menggunakan komputer termasuk dalam penentuan orde differensi dan orde ARIMA dari model, baik reguler maupun *seasonal* sehingga dapat menghilangkan unsur subjektifitas yang biasa terjadi saat menelaah plot ACF (*Autocorrelation Coefficient Function*), PACF (*Partial Autocorrelation Coefficient Function*) dalam penentuan orde ARIMA.

Danny Prasetyo Hartanto (2011), membentuk model pergerakan inflasi pada 7 kota besar di Jawa Timur berdasarkan disagregasi inflasi yang melibatkan efek spasial dan sifat *autoregressive* menggunakan model *spatio-temporal Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR). Model yang diidentifikasi adalah model GSTAR(1_1) untuk *core inflation* dan GSTAR(2_1) untuk *administered price* dan *volatile food*. Peramalan GSTAR menunjukkan bahwa *core inflation* akan mengalami penurunan, sedangkan *administered price* dan *volatile food* mengalami fluktuasi di beberapa lokasi hingga terjadi deflasi dan inflasi ringan.

Aidatul Fitriah (2011), memprediksi nilai inflasi di Indonesia menggunakan model *Neuro Fuzzy* yaitu *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). Pada penelitian ini, data inflasi sebelumnya dan faktor-faktor yang mempengaruhi inflasi yaitu nilai tukar rupiah dan tingkat suku bunga dipandang sebagai *input* data, kemudian tingkat inflasi sekarang sebagai *output* data. Prediksi nilai inflasi dengan menggunakan model ANFIS mempunyai nilai MSE sebesar 0,9087 dan MAPE sebesar 193,11%.

Suparti (2013), mengkaji pemodelan data inflasi di Indonesia menggunakan metode nonparametrik, yaitu metode kernel dengan fungsi kernel Gauss dengan meminimumkan *Cross Validasi* (CV). CV minimum sebesar 0,003842475 dicapai pada bandwidth h optimal sebesar 23,6. Hasil prediksi menunjukkan bahwa inflasi mengalami sedikit naik turun namun tidak signifikan. Kenaikan angka inflasi dikarenakan pemerintah menaikkan harga Bahan Bakar Minyak (BBM) dan Tarif Tenaga Listrik (TTL) secara bertahap.

Dody Apriliawan (2013), mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap laju inflasi di Provinsi Jawa Tengah menggunakan regresi data panel melalui metode *Common Effect Model* (CEM) dengan pendekatan *Ordinary Least Squares* (*OLS) Weight Cross-section*. Hasil dari penelitian ini adalah variabel Indeks Harga Konsumen (IHK) dan pertumbuhan ekonomi berpengaruh signifikan dan berbanding lurus terhadap laju inflasi di Provinsi Jawa Tengah.

Suparti (2014), menganalisis data inflasi di Indonesia menggunakan model regresi polinomial lokal menggunakan data sebelum dan sesudah kenaikan BBM dan TTL. Regresi polinomial lokal ditentukan oleh titik lokal dan lebar bandwidth. Pada penelitian ini penentuan titik lokal dan lebar bandwidth optimal dengan meminimalkan *Generalized Cross Validation* (GCV). Hasil dari penelitian ini adalah prediksi nilai inflasi Indonesia tahun 2014 adalah 7%.

Alan Prahutama (2014), memodelkan inflasi di Indonesia berdasarkan harga-harga pangan menggunakan *Spline Multivariabel*. Hasil penelitian ini menunjukkan variabel-variabel perubahan harga beras, daging ayam, cabai rawit, dan tanaman sayur memberikan kontribusi terhadap nilai inflasi sebesar 93,94% dengan nilai MSE adalah 0,0581.

Clara Agustin Stephani (2015), memprediksi inflasi nasional berdasarkan faktor ekonomi makro menggunakan pendekatan *time series* klasik dan ANFIS. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa model *Autoregressive Intergrated Moving Average with Exogenous Variables* (ARIMAX) dan ANFIS tidak selalu menjadi model terbaik. Pemodelan terbaik didasarkan pada keterkaitan antara deret *input* jumlah uang beredar dan tingkat suku bunga, serta faktor-faktor variasi kalender dan interfensi yang digunakan terhadap tingkat inflasi di masing-masing kelompok.

C. *Time Series*

Time series merupakan serangkaian pengamatan terhadap suatu peristiwa, kejadian, gejala atau perubahan yang terjadi dari waktu ke waktu (Hanke & Winchern, 2005 : 58). Sebagai contoh yaitu data yang dikumpulkan terkait dengan satuan waktu yaitu jam, hari, minggu, bulan, tahun, maupun semester dan data yang diamati sepanjang waktu. Pola gerakan data dapat diketahui dengan adanya data *time series*. Pola data *time series* digunakan untuk menganalisis data masa lalu yang akan digunakan untuk meramalkan suatu nilai atau kejadian pada masa yang akan datang.

D. Prediksi

Prediksi (*forecasting*) secara umum didefinisikan sebagai salah satu cara memperkirakan apa yang akan terjadi di masa yang akan datang berdasarkan data historis yang ada. Hasil prediksi dipengaruhi oleh data sebelumnya. Teknik prediksi dibagi menjadi dua kategori utama yaitu prediksi didasarkan metode kualitatif dan kuantitatif (Hanke & Winchern, 2005 : 3). Metode kualitatif adalah metode prediksi yang didasarkan pada intuisi, pengetahuan, pengalaman dan *judment* dari orang yang melakukan prediksi. Metode kuantitatif adalah metode yang memiliki sifat yang obyektif karena didasarkan pada keadaan aktual data yang diolah dengan menggunakan metode-metode tertentu. Metode prediksi kuantitatif didefinisikan dengan prediksi deret waktu (*time series method*) dan prediksi kausal. Menurut

Hanke keakurasian yang tinggi terhadap prediksi dipengaruhi oleh metode yang digunakan dan prediksi yang akan datang terhadap waktu.

E. Logika *Fuzzy*

Logika *fuzzy* merupakan perluasan dari logika tegas. Pada logika tegas, keanggotaan elemen pada himpunannya hanya memiliki 2 pilihan yaitu bernilai 0 apabila elemen tidak terdapat pada himpunan serta bernilai 1 apabila elemen berada pada himpunan. Sedangkan pada logika *fuzzy*, keanggotaan elemen suatu himpunan berada pada interval [0,1] (Wang, 1997 : 73).

Logika *fuzzy* menjadi alternatif dari berbagai sistem yang ada dalam pengambilan keputusan karena logika *fuzzy* memiliki kelebihan sebagai berikut (Sri Kusumadewi & Hari Purnomo, 2013) :

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti dengan konsep matematis sebagai dasar dari penalaran *fuzzy* yang sangat sederhana sehingga mudah dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel, karena mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan dan ketidakpastian yang menyertai suatu permasalahan.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat. Jika diberikan sekelompok data yang cukup homogen, dan kemudian ada beberapa data yang "eksklusif", maka logika *fuzzy* memiliki kemampuan untuk mnangani data eksklusif tersebut.
4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.

6. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami atau bahasa sehari-hari, sehingga mudah dipahami.

F. Himpunan *Fuzzy*

1. Pengertian Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan perluasan dari himpunan tegas. Himpunan tegas mendefinisikan secara tegas untuk setiap elemen anggotanya dan hanya mempunyai dua kemungkinan derajat keanggotaan yaitu :

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, jika\ x \in A \\ 0, jika\ x\ \notin A \end{cases}$$

dengan μ_A adalah fungsi karakteristik dari himpunan A. Sedangkan pada himpunan *fuzzy* derajat keanggotaan untuk setiap elemennya terletak pada rentang [0,1] (Klir, Clair & Yuan, 1997).

Definisi 2.1 (Klir, Clair & Yuan, 1997 : 75**).** Himpunan *fuzzy* A pada himpunan *universal U* didefinisikan sebagai himpunan yang direpresentasikan dengan fungsi yang mengawankan setiap x ∈ U dengan bilangan real pada interval [0,1], dinotasikan dengan :

$$\mu_A(x) \rightarrow [0,1]$$

dengan $\mu_A(x)$ menyatakan derajat keanggotaan dari elemen x pada himpunan *fuzzy* A.

Apabila suatu elemen x dalam suatu himpunan A memiliki derajat keanggotaan *fuzzy* 0 atau dapat ditulis $\mu_A(x) = 0$ artinya x bukan anggota himpunan A, dan jika memiliki derajat keanggotaan *fuzzy* 1 atau $\mu_A(x) = 1$ artinya x merupakan anggota penuh dari himpunan A.

Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu :

a. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami.

Contoh 2.1 :

Misalkan pada variabel inflasi yang dapat dikategorikan menjadi 3 yaitu ringan, sedang, dan berat.

b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel.

Contoh 2.2 :

Misalkan pada variabel inflasi diperoleh data numeris seperti 0,5 dan 3,1 yang menunjukkan nilai inflasi dalam satuan persen (%).

2. Fungsi Keanggotaan *Fuzzy*

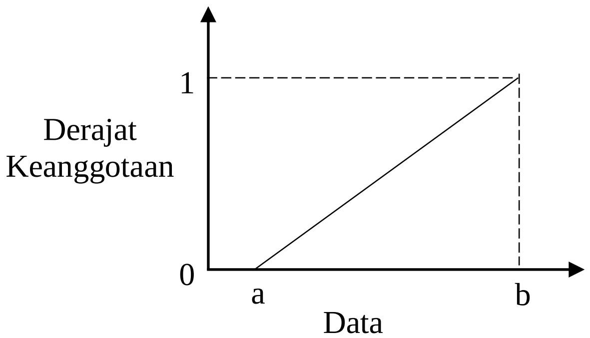
Fungsi keanggotaan (*membership function*) merupakan fungsi yang memetakan elemen suatu himpunan ke nilai keanggotaan dengan interval [0,1] (Sri Kusumadewi & Hari Purnomo, 2013). Salah satu cara untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan, yaitu :

a. Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan *input* ke derajat anggotanya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Terdapat 2 keadaan pada himpunan *fuzzy* yang linear, yaitu :

1) Representasi Linear Naik

Representasi linear naik dimulai pada nilai data yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai data yang memiliki derajat keanggotaan yang lebih tinggi, seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Grafik Representasi Linear Naik

Fungsi keanggotaan kurva representasi linear naik adalah :

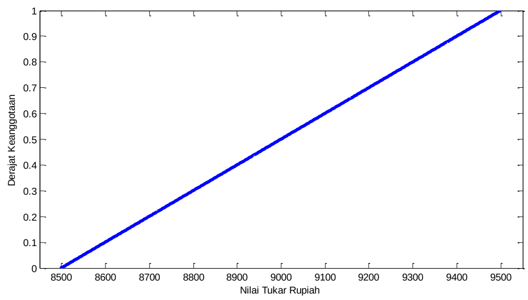
$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x \le a \\ \dfrac{(x-a)}{(b-a)} & , \quad a \le x \le b \\ 1 & , \quad x \ge b \end{cases}$$

Contoh 2.3 :

Fungsi keanggotaan linear naik untuk himpunan *fuzzy* N_2 pada variabel nilai tukar rupiah dengan himpunan *universal* $U = [8500,14500]$ yaitu :

$$\mu_{N_2}(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x \le 8500 \\ \dfrac{(x-8500)}{1000} & , \quad 8500 \le x \le 9500 \\ 1 & , \quad x \ge 9500 \end{cases}$$

Grafik representasi dari fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Representasi Linear Naik Himpunan *Fuzzy* N_2

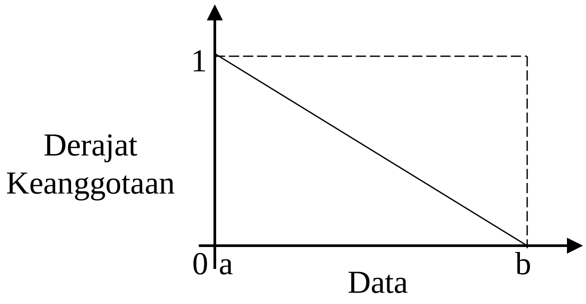
Berdasarkan fungsi keanggotaan pada Gambar 2.2, untuk menentukan derajat keanggotaan nilai tukar rupiah sebesar 9000 pada himpunan *fuzzy* N_2, perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\mu_{N_2}(9000) = \frac{9000 - 8500}{1000} = 0{,}5$$

Dapat diperoleh kesimpulan bahwa derajat keanggotaan nilai tukar rupiah sebesar 9000 adalah 0,5 pada himpunan *fuzzy* N_2 , sehingga nilai tukar rupiah sebesar 9000 merupakan anggota himpunan *fuzzy* N_2 dengan derajat keanggotaan sebesar 0,5.

2) Representasi Linear Turun

Representasi linear turun merupakan kebalikan dari representasi linear naik. Garis lurus dimulai dari nilai data dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai data dengan derajat keanggotaan yang lebih rendah, seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Grafik Representasi Linear Turun

Fungsi keanggotaan kurva representasi linear turun adalah :

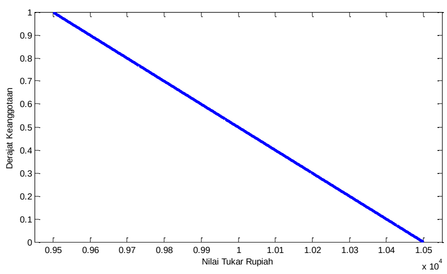
$$\mu(x) = \begin{cases} \dfrac{(b-x)}{(b-a)} & , a \le x \le b \\ 0 & , x \ge b \end{cases}$$

Contoh 2.4 :

Fungsi keanggotaan linear turun untuk himpunan *fuzzy* N_2 pada variabel nilai tukar rupiah dengan himpunan *universal* $U = [8500,14500]$ yaitu :

$$\mu_{N_2}(x) = \begin{cases} \dfrac{10500 - x}{1000} & , \quad 9500 \le x \le 10500 \\ 0 & , \quad x \ge 10500 \end{cases}$$

Grafik representasi linear turun dari fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Representasi Linear Turun Himpunan *Fuzzy* N_2

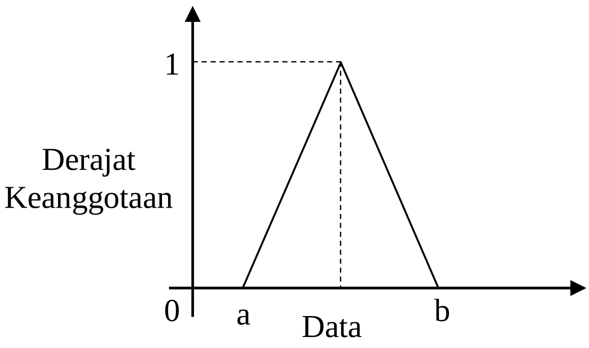
Berdasarkan fungsi keanggotaan pada Gambar 2.4, untuk menentukan derajat keanggotaan nilai tukar rupiah sebesar 10000 pada himpunan *fuzzy* N_2, perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\mu_{N_2}(10000) = \frac{(10500 - 10000)}{1000} = 0{,}5$$

Dapat diperoleh kesimpulan bahwa derajat keanggotaan nilai tukar rupiah sebesar 10000 adalah 0,5 pada himpunan *fuzzy* N_2. Sehingga nilai tukar rupiah sebesar 10000 merupakan anggota himpunan *fuzzy* N_2 dengan derajat keanggotaan sebesar 0,5.

b. Representasi Kurva Segitiga

Representasi kurva segitiga pada dasarnya terbentuk dari gabungan 2 garis linear, yaitu linear naik dan linear turun. Dalam penelitian Mandal, Choudhury, Chaudhuri (2012) fungsi keanggotaan segitiga menghasilkan *error* paling kecil, sehingga dapat digunakan untuk memprediksi data *time series* pada kasus lain. Berdasarkan hasil penelitian dari Zhao & Bose (2002), mengindikasikan bahwa fungsi keanggotaan segitiga merupakan hasil terbaik, karena fungsi keanggotaan segitiga terdiri dari ruas garis lurus sederhana yang sangat mudah untuk diimplementasikan pada logika *fuzzy*. Representasi kurva segitiga dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan untuk representasi kurva segitiga adalah :

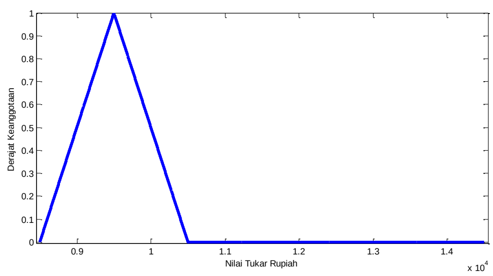
$$\mu(x) = \begin{cases} \dfrac{x-a}{b-a} & , \quad a \le x < b \\ \dfrac{c-x}{c-b} & , \quad b \le x \le c \\ 0 & , \quad x < a \; atau \; x > c \end{cases}$$

Contoh 2.5

Salah satu himpunan *fuzzy* nilai tukar rupiah adalah N_2 dengan himpunan *universal* $U = [8500,14500]$ yang mempunyai fungsi keanggotaan yaitu :

$$\mu_{N_2}(x) = \begin{cases} \dfrac{x-8500}{1000} & , \quad 8500 \le x < 9500 \\ \dfrac{10500-x}{1000} & , \quad 9500 \le x \le 10500 \\ 0 & , \quad x < 8500 \; atau \; x > 10500 \end{cases}$$

Grafik representasi dari fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.6 :



Gambar 2.6 Representasi Kurva Segitiga Himpunan *Fuzzy* N_2

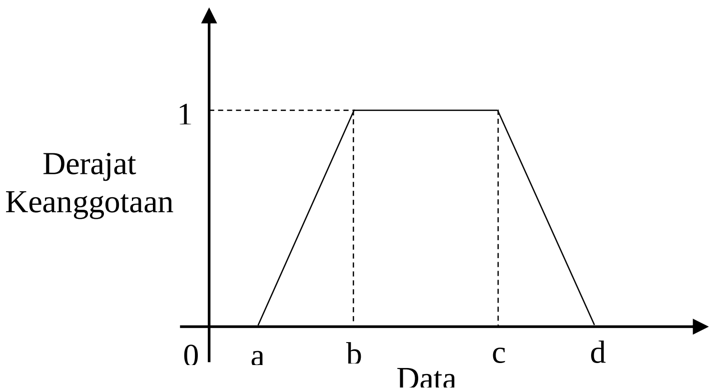
Berdasarkan fungsi keanggotaan pada Gambar 2.6, untuk menentukan derajat keanggotaan nilai tukar rupiah sebesar 10000 dapat dilakukan perhitungan :

$$\mu_{N_2}(10000) = \frac{(10500 - 10000)}{1000} = 0{,}5$$

Dapat diperoleh kesimpulan bahwa derajat keanggotaan nilai tukar rupiah sebesar 10000 adalah 0,5 pada himpunan *fuzzy* N_2. Sehingga nilai tukar rupah sebesar 10000 merupakan anggota himpunan *fuzzy* N_2 dengan derajat keanggotaan sebesar 0,5.

c. Representasi Kurva Trapesium

Representasi kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga. Perbedaannya yaitu pada kurva trapesium titik dengan interval [b,c] memiliki nilai keanggotaan 1. Representasi kurva trapesium dapat dilihat Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Representasi Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan untuk representasi kurva trapesium adalah :

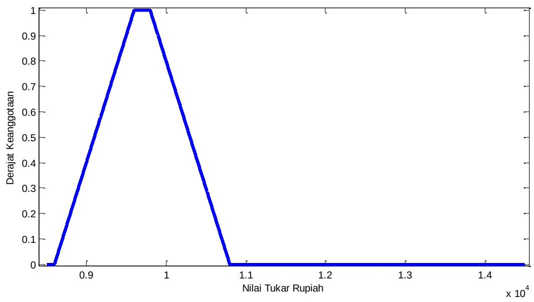
$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x < a \; atau \; x > d \\ \dfrac{x-a}{b-a} & , \quad a \le x \le b \\ 1 & , \quad c \le x \le d \\ \dfrac{d-x}{d-c} & , \quad x \ge d \end{cases}$$

Contoh 2.6

Salah satu himpunan *fuzzy* nilai tukar rupiah adalah N_2 dengan himpunan *universal* $U = [8500,14500]$ yang mempunyai fungsi keanggotaan :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x < 8600 \; atau \; x > 10800 \\ \dfrac{x-8600}{1000} & , \quad 8600 \le x \le 9600 \\ 1 & , \quad 9600 \le x \le 9800 \\ \dfrac{10800-x}{1000} & , \quad x \ge 10800 \end{cases}$$

Grafik representasi dari fungsi keanggotaan tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Representasi Kurva Trapesium Himpunan *Fuzzy* N_2

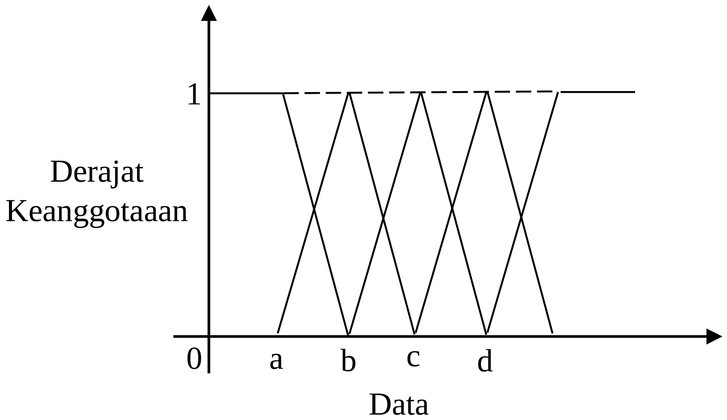
Berdasarkan fungsi keanggotaan pada Gambar 2.8, untuk menentukan derajat keanggotaan nilai tukar rupiah sebesar 9700 dapat dilakukan perhitungan :

$$\mu_{N_2}(9700) = 1$$

Dapat diperoleh kesimpulan bahwa derajat keanggotaan nilai tukar rupiah sebesar 9700 adalah 1 pada himpunan *fuzzy* N_2. Sehingga nilai tukar rupiah sebesar 9700 merupakan anggota himpunan *fuzzy* N_2 dengan derajat keanggotaan sebesar 1.

d. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Representasi fungsi keanggotaan *fuzzy* dengan menggunakan kurva bahu pada dasarnya adalah gabungan dari kurva segitiga dan kurva trapesium. Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun. Namun terkadang salah satu sisi dari variabel tidak mengalami perubahan. Representasi kurva bahu digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah *fuzzy*, dimana bahu kiri bergerak dari benar ke salah dan bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Representasi kurva bentuk bahu dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Representasi Kurva Bentuk Bahu

Contoh 2.7

Terdapat 4 himpunan *fuzzy* nilai tukar rupiah antara lain N_1, N_2, N_3 dan N_4 dengan himpunan *universal* $U = [8500{,}14500]$ yang mempunyai fungsi keanggotaan :

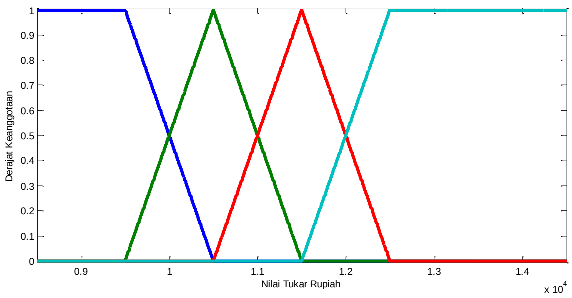
$$\mu_{N_1}(x) = \begin{cases} 1 & , \quad x \le 9500 \\ \dfrac{10500 - x}{1000} & , \quad 9500 \le x \le 10500 \\ 0 & , \quad x > 10500 \end{cases}$$

$$\mu_{N_2}(x) = \begin{cases} \dfrac{x - 8500}{1000} & , \quad 8500 \le x < 9500 \\ \dfrac{10500 - x}{1000} & , \quad 9500 \le x \le 10500 \\ 0 & , \quad x < 8500 \; atau \; x > 10500 \end{cases}$$

$$\mu_{N_3}(x) = \begin{cases} \dfrac{x - 9500}{1000} & , \quad 9500 \le x < 10500 \\ \dfrac{11500 - x}{1000} & , \quad 10500 \le x \le 11500 \\ 0 & , \quad x > 11500 \end{cases}$$

$$\mu_{N_4}(x) = \begin{cases} \dfrac{x - 10500}{1000} & , \quad 10500 \le x < 11500 \\ 1 & , \quad x \ge 11500 \\ 0 & , \quad x \le 10500 \end{cases}$$

Grafik representasi dari fungsi keanggotaan tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Representasi Kurva Bentuk Bahu Himpunan *Fuzzy* Nilai Tukar Rupiah

Berdasarkan fungsi keanggotaan pada Gambar 2.10, untuk menentukan derajat keanggotaan nilai tukar rupiah sebesar 10000 dapat dilakukan perhitungan :

$$\mu_{N_1}(10000) = \frac{10500 - 10000}{1000} = 0{,}5$$

$$\mu_{N_2}(10000) = \frac{10500 - 10000}{1000} = 0{,}5$$

$$\mu_{N_3}(10000) = \frac{10000 - 9500}{1000} = 0{,}5$$

$$\mu_{N_4}(10000) = 0$$

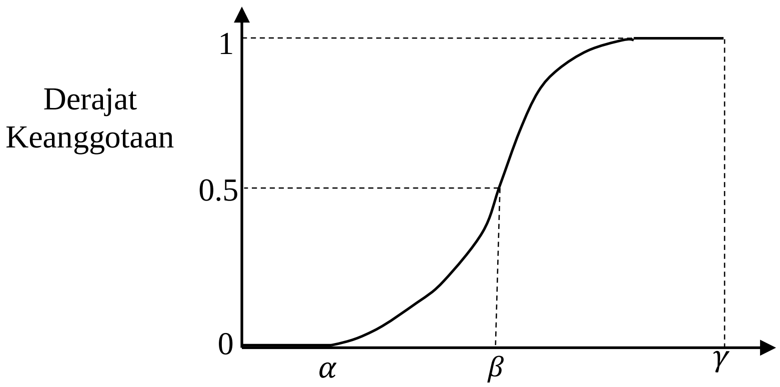
Dapat diperoleh kesimpulan bahwa derajat keanggotaan nilai tukar rupiah sebesar 10000 adalah 0,5 pada himpunan *fuzzy* N_1, N_2 dan N_3 dan 0 pada himpunan *fuzzy* N_4.

e. Representasi Kurva-S

Kurva-S atau *sigmoid* terdiri dari kurva pertumbuhan dan penyusutan yang merupakan kurva berbentuk huruf S dan digunakan untuk menghubungkan kenaikan dan penurunan permukaan yang tidak linear. Definisi kurva S menggunakan 3 parameter, yaitu nilai keanggotaan nol (α), nilai keanggotaan satu (γ), dan titik infleksi (β) yaitu titik dengan data yang memiliki derajat keanggotaan sebesar 0,5

1) Kurva-S untuk Pertumbuhan

Kurva-S untuk pertumbuhan akan bergerak dari sisi paling kiri dengan nilai keanggotaan 0 ke sisi paling kanan dengan nilai keanggotaan 1. Fungsi keanggotaan akan tertumpu pada 50% nilai keanggotaan yang sering disebut dengan titik infleksi. Representasi kurva-S untuk pertumbuhan dapat dilihat pada Gambar 2.11



Gambar 2.11 Representasi Kurva-S Pertumbuhan

Fungsi keanggotaan untuk representasi kurva-S pertumbuhan yaitu :

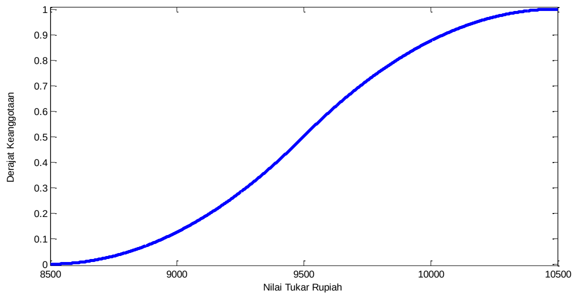
$$S(x;\alpha,\beta,\gamma) = \begin{cases} 0, & x < \alpha \\ 2\left(\dfrac{x-\alpha}{\gamma-\alpha}\right)^2, & \alpha \le x < \beta \\ 1-2\left(\dfrac{\gamma-x}{\gamma-\alpha}\right)^2, & \beta \le x < \gamma \\ 1, & x > \gamma \end{cases}$$

Contoh 2.8

Salah satu himpunan *fuzzy* nilai tukar rupiah adalah N_2 dengan himpunan *universal* $U = [8500{,}14500]$ yang mempunyai fungsi keanggotaan :

$$S(x;\alpha,\beta,\gamma) = \begin{cases} 0, & x < 8500 \\ 2\left(\dfrac{x-8500}{2000}\right)^2, & 8500 \le x < 5600 \\ 1-2\left(\dfrac{10500-x}{2000}\right)^2, & 9500 \le x < 10500 \\ 1, & x > 10500 \end{cases}$$

Grafik representasi dari fungsi keanggotaan tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Representasi Kurva S-Pertumbuhan
Himpunan *Fuzzy* N_2

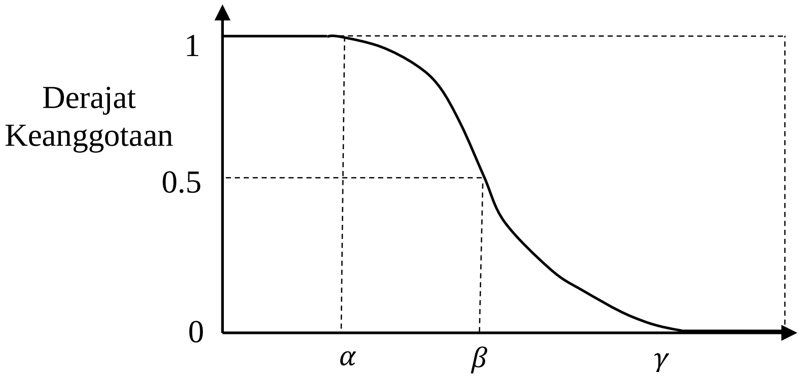
Berdasarkan fungsi keanggotaan pada Gamabr 2.12, untuk menentukan derajat keanggotaan nilai tukar rupiah sebesar 10000 dapat dilakukan perhitungan :

$$S(10000; 8500, 9500, 10500) = 1 - 2\left(\frac{10500 - 10000}{2000}\right)^2 = 0{,}5$$

Dapat diperoleh kesimpulan bahwa derajat keanggotaan nilai tukar rupiah sebesar 10000 adalah 0,5 pada himpunan *fuzzy* N_2. Sehingga nilai tukar rupiah sebesar 10000 merupakan anggota himpunan *fuzzy* N_2 dengan derajat keanggotaan sebesar 0,5.

2) Kurva-S untuk Penyusutan

Kurva-S untuk penyusutan bergerak dari sisi paling kanan dengan nilai keanggotaan 1 ke sisi paling kiri dengan nilai keanggotaan 0. Seperti pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Representasi Kurva-S Penyusutan

Fungsi keanggotaan untuk kurva-S penyusutan adalah :

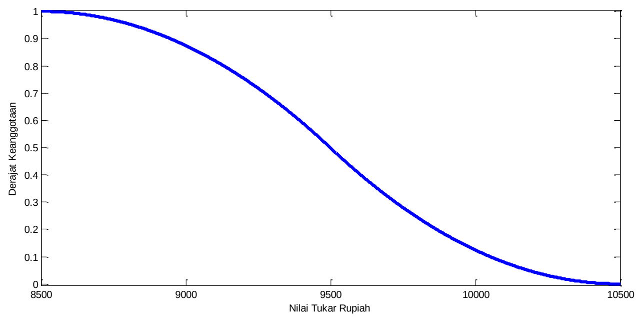
$$S(x;\alpha,\beta,\gamma) = \begin{cases} 1, & x < \alpha \\ 1 - 2\left(\dfrac{x-\alpha}{\gamma-\alpha}\right)^2, & \alpha \le x < \beta \\ 2\left(\dfrac{\gamma - x}{\gamma-\alpha}\right)^2, & \beta \le x < \gamma \\ 0, & x > \gamma \end{cases}$$

Contoh 2.9

Salah satu himpunan *fuzzy* nilai tukar rupiah adalah N_2 dengan himpunan *universal* $U = [8500,14500]$ yang mempunyai fungsi keanggotaan :

$$S(x;8500,9500,10500) = \begin{cases} 1, & x < 8500 \\ 1 - 2\left(\dfrac{x-8500}{2000}\right)^2, & 8500 \le x < 9500 \\ 2\left(\dfrac{10500 - x}{2000}\right)^2, & 9500 \le x < 10500 \\ 0, & x > 10500 \end{cases}$$

Grafik representasi dari fungsi keanggotaan tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Representasi Kurva S-Penyusutan
Himpunan *Fuzzy* N_2

Berdasarkan fungsi keanggotaan pada Gambar 2.14, untuk menentukan derajat keanggotaan nilai tukar rupiah sebesar 10000 dapat dilakukan perhitungan :

$$S(10000; 8500{,}9500{,}10500) = 2\left(\frac{10500 - 10000}{2000}\right)^2 = 0{,}0125$$

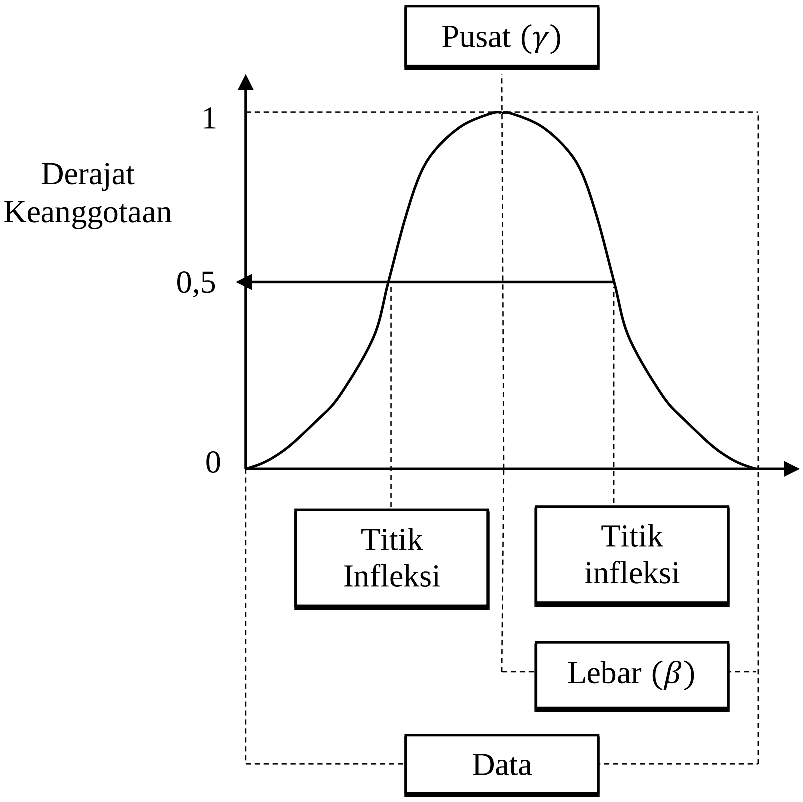
Dapat diperoleh kesimpulan bahwa derajat keanggotaan nilai tukar rupiah sebesar 10000 adalah 0,0125 pada himpunan *fuzzy* N_2. Sehingga nilai tukar rupiah sebesar 10000 merupakan anggota himpunan *fuzzy* N_2 dengan nilai kepercayaan 0,0125.

f. Representasi Kurva Bentuk Lonceng (*Bell Curve*)

Representasi fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* dapat menggunakan kurva berbentuk lonceng yang terbagi menjadi 3 kelas, yaitu kurva Pi, Beta dan Gauss. Perbedaan dari ketiga kurva tersebut terletak pada gradiennya.

1) Kurva Pi

Kurva Pi berbentuk lonceng dengan derajat keanggotaan 1 yang terletak pada pusat data (γ) dan dengan lebar kurva (β) seperti terlihat pada Gambar 2.15



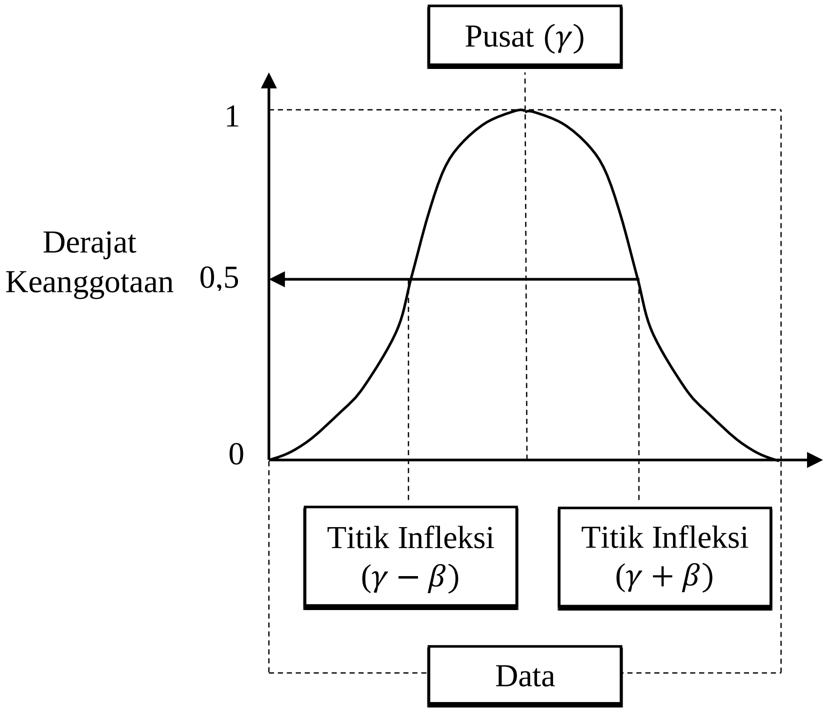
Gambar 2.15 Representasi Kurva Pi

Fungsi keanggotaan untuk representasi kurva Pi adalah :

$$\Pi(x,\beta,\gamma) = \begin{cases} S\left(x;\gamma-\beta,\gamma-\frac{\beta}{2},\gamma\right), & x \le \gamma \\ 1 - S\left(x;\gamma,\gamma+\frac{\beta}{2},\gamma+\beta\right), & x \ge \gamma \end{cases}$$

2) Kurva Beta

Kurva Beta masih seperti kurva Pi yang berbentuk lonceng, namun lebih rapat daripada kurva Pi. Kurva ini juga didefinisikan menggunakan 2 parameter, yaitu nilai pada data yang menunjukkan pusat kurva (γ) dan setengah lebar kurva (β) seperti terlihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Representasi Kurva Beta

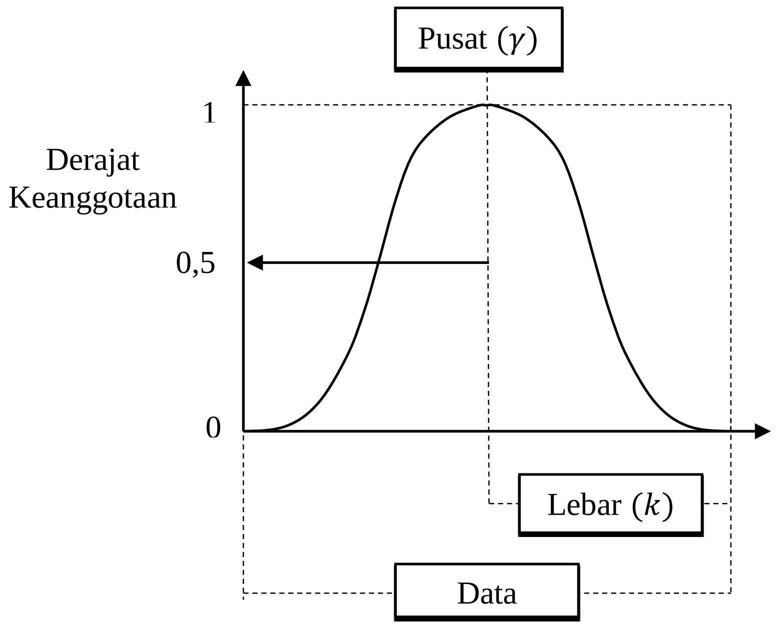
Fungsi keanggotaan untuk representasi kurva Beta adalah :

$$B(x;\gamma,\beta) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^2}$$

Perbedaan kurva Beta dan kurva Pi adalah untuk kurva Beta fungsi keanggotaannya akan mendekati nol hanya jika nilai (β) sangat besar.

3) Kurva Gauss

Kurva Gauss menggunakan parameter (γ) untuk menunjukkan nilai data pada pusat kurva dan (k) yang menunjukkan lebar kurva seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.17.



Gamabr 2.17 Representasi Kurva Gauss

Fungsi keanggotaan untuk representasi kurva Gauss adalah :

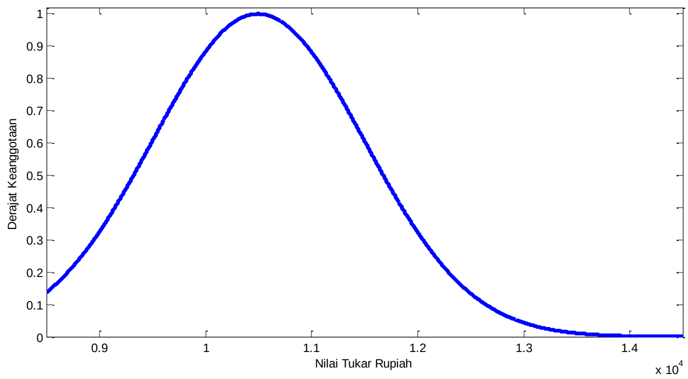
$$G(x; k, \gamma) = e^{-k(\gamma - x)^2}$$

Contoh 2.10

Salah satu himpunan *fuzzy* nilai tukar rupiah adalah N_2 dengan himpunan *universal* $U = [8500,14500]$ yang mempunyai fungsi keanggotaan :

$$G(x; 1000; 10500) = e^{-\frac{(10500-x)^2}{2(1000)^2}}$$

Grafik representasi dari fungsi keanggotaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.18



Gambar 2.18 Representasi Kurva Gauss
Himpunan *Fuzzy* N_2

Berdasarkan fungsi keanggotaan pada Gambar 2.18, untuk menentukan derajat keanggotaan nilai tukar rupiah sebesar 10000 dapat dilakukan perhitungan :

$$G(10000\,;1000;10500) = e^{-\frac{(10500-10000)^2}{2(1000)^2}} = 0,9$$

Dapat diperoleh kesimpulan bahwa derajat keanggotaan nilai tukar rupiah sebesar 10000 adalah 0,9 pada himpunan *fuzzy* N_2. Sehingga nilai tukar rupiah sebesar 10000 merupakan anggota himpunan *fuzzy* N_2 dengan derajat keanggotaan sebesar 0,9.

3. Operator *Fuzzy*

Seperti halnya himpunan tegas, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan *fuzzy*. *Fire strength* (α-predikat) adalah nilai keanggotaan hasil dari operasi 2 himpunan. Ada 3 operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh (Sri Kusumadewi & Hari Purnomo, 2013), yaitu :

a. Operator AND

Operator AND berhubungan dengan operasi interaksi pada himpunan. α-predikat sebagai hasil operasi dengan operator AND yang diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan. Misalkan A dan B adalah himpunan *fuzzy* pada U, maka himpunan *fuzzy* $A \cap B$ didefinisikan sebagai berikut :

$$\alpha_{A\cap B} = \min\big(\mu_A(x), \mu_B(y)\big), \forall x, y \in U$$

Contoh 2.11

Diketahui derajat keanggotaan nilai tukar rupiah 8867 pada himpunan N_1 adalah 0,633 dan derajat keanggotaan nilai inflasi 0,13 adalah 0,863 pada himpunan I_2, maka

$$\begin{aligned} \alpha_{N_1\cap I_2} &= \min(\mu_{N_1}(8867), \mu_{I_2}(0{,}13)) \\ &= \min(0{,}633; 0{,}577) \\ &= 0{,}577 \end{aligned}$$

b. Operator OR

Operator OR berhubungan dengan operasi union pada himpunan. α-predikat sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan. Misalkan A dan B adalah himpunan *fuzzy* pada U, maka himpunan *fuzzy* $A \cup B$ didefinisikan sebagai berikut :

$$\alpha_{A\cup B} = \max\big(\mu_A(x), \mu_B(y)\big), \forall x, y \in U$$

Contoh 2.12

Diketahui derajat keanggotaan nilai tukar rupiah 8867 pada himpunan N_1 adalah 0,633 dan derajat keanggotaan nilai inflasi 0,13 adalah 0,863 pada himpunan I_2, maka

$$\begin{aligned}\alpha_{N_1 \cup I_2} &= \max(\,\mu_{N_1}(8867), \mu_{I_2}(0{,}13))\\ &= \max(0{,}633; 0{,}577)\\ &= 0{,}633\end{aligned}$$

c. Operator NOT

Operator NOT berhubungan dengan operasi komplemen atau negasi himpunan yang berisi semua elemen yang tidak berada pada himpunan tersebut. α-predikat sebagai hasil operasi dengan operator NOT yang diperoleh dengan mengurangkan nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1. Misalkan A adalah himpunan *fuzzy* pada U, sedangkan A' merupakan komplemen dari suatu himpunan *fuzzy* A, maka himpunan *fuzzy* A' didefinisikan dengan fungsi keanggotaan berikut :

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A(x)$$

Contoh 2.13

Diketahui derajat keanggotaan nilai tukar rupiah 8867 pada himpunan N_1 adalah 0,633, maka komplemen derajat keanggotaan nilai tukar rupiah pada himpunan *fuzzy* N_1 adalah :

$$\mu_{N_1}{}'(8867) = 1 - \mu_{N_1}(8867) \quad , \forall x \in U$$

$$\mu_{N_1}{}'(8867) = 1 - 0{,}633$$

$$\mu_{N_1}{}'(8867) = 0{,}327$$

G. Fungsi Implikasi

Tiap-tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan *fuzzy* akan berhubungan dengan suatu relasi *fuzzy* (Sri Kusumadewi & Hari Purnomo, 2013). Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah :

$$IF\ antesenden\ THEN\ konsekuen$$

Proposisi ini dapat diperluas dengan menggunakan operator *fuzzy* seperti :

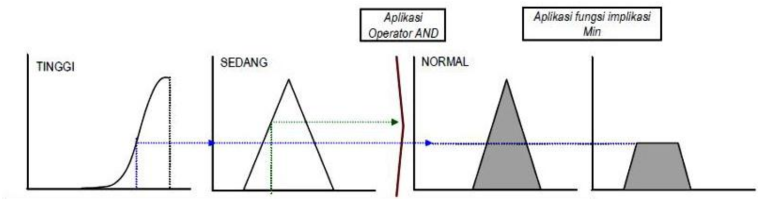
$$IF\ (x_1\ is\ A_1) \circ (x_2\ is\ A_2) \circ (x_3\ is\ A_3)\ \circ \ldots \circ (x_n\ is\ A_n)\ THEN\ y\ is\ B$$

dengan $\circ$ adalah operator (misal : OR atau AND)

Secara umum, terdapat 2 fungsi implikasi yang dapat digunakan, yaitu :

1. Min (minimum)

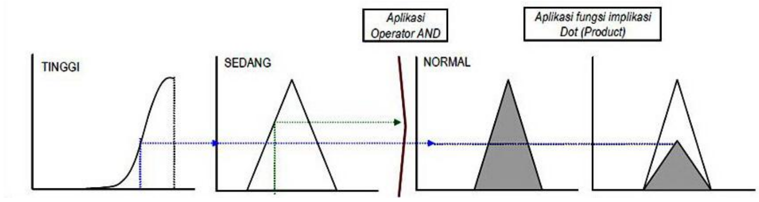
   Fungsi ini akan memotong *output* himpunan *fuzzy*. Pengambilan keputusan pada fungsi ini yaitu dengan cara mencari nilai minimum berdasarkan aturan ke-i. Gambar penggunaan fungsi implikasi Min dapat dilihat pada Gambar 2.19.



Gambar 2.19 Penggunaan Fungsi Implikasi Min

2. Dot (*product*)

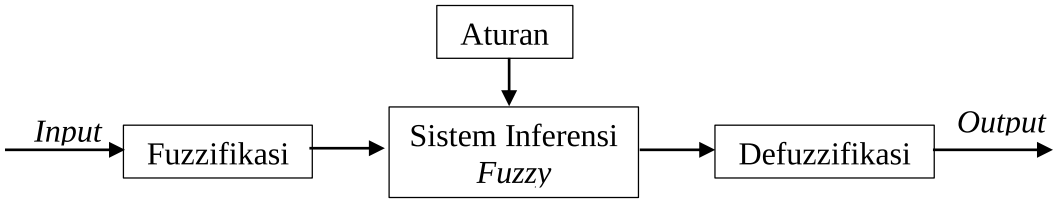
   Fungsi ini akan menskala *output* himpunan *fuzzy*. Pengambilan keputusan pada fungsi ini didasarkan pada aturan ke-i. Gambar penggunaan fungsi implikasi Dot dapat dilihat pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20 Penggunaan Fungsi Implikasi Dot

H. Sistem *Fuzzy*

Sistem *fuzzy* merupakan serangkaian proses untuk membuat model berdasarkan logika *fuzzy*. Susunan sistem *fuzzy* dapat digambarkan pada Gambar 2.21



Gambar 2.21 Sistem *Fuzzy* (Wang, 1997)

Sistem *fuzzy* terdiri dari 3 tahapan, yaitu : (Wang, 1997)

1. Fuzzifikasi

   Fuzzifikasi merupakan tahap pertama dari perhitungan *fuzzy*, yaitu mengubah masukan (*input*) yang berupa derajat keanggotaan. Sehingga, tahap ini mengambil nilai-nilai *crisp* dan menentukan derajat dimana nilai-nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan *fuzzy* yang sesuai. Selain itu, untuk menentukan ukuran/rentang pada himpunan *universal*, kemudian membuat bentuk untuk fungsi keanggotaannya.

2. Inferensi

   Inferensi adalah melakukan penalaran menggunakan *fuzzy input* dan aturan *fuzzy* yang telah ditentukan sehingga menghasilkan *fuzzy output*.

Secara sintaks, suatu aturan *fuzzy* dituliskan sebagai berikut :

$$IF\ antecedent\ THEN\ consequent$$

3. Defuzzifikasi

   Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada data himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga, jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*.

I. Sistem Inferensi *Fuzzy (Fuzzy Inference System/FIS)*

Salah satu aplikasi logika *fuzzy* yang telah berkembang amat luas dewasa ini adalah sistem inferensi *fuzzy* (*Fuzzy Inference System/FIS*), yaitu sistem komputasi yang bekerja atas dasar prinsip penalaran *fuzzy*. FIS telah berhasil diaplikasikan dalam berbagai bidang, seperti kontrol otomatis, peramalan, klasifikasi data, analisis keputusan, dan sistem pakar. (Agus Naba, 2009 : 29). Ada beberapa metode dalam sistem inferensi *fuzzy* yang biasa digunakan, yaitu :

1. Metode Mamdani

   Metode Mamdani sering dikenal dengan nama Metode Max-Min. Metode Mamdani diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. *Output* sistem inferensi *fuzzy* Mamdani berupa himpunan *fuzzy*, sehingga *output* tersebut harus diubah ke dalam bentuk himpunan *crisp*.

2. Metode Tsukamoto

Metode Tsukamoto didasarkan pada konsep penalaran monoton. Pada konsep penalaran monoton, nilai *crisp* pada daerah konsekuen dapat diperoleh secara langsung berdasarkan *fire strenght* pada daerah anteseden.

3. Motode *Fuzzy* Sugeno

Metode *fuzzy* Sugeno diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985. Metode Sugeno hampir sama dengan metode Mamdani, hanya saja *output* sistem tidak berupa himpunan *fuzzy* melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Metode Sugeno mempunyai 2 macam model, yaitu :

a. Model Sugeno orde nol

Secara umum bentuk Model Sugeno orde nol adalah :

$$if\ x_1\ is\ A_1 \circ\ x_2\ is\ A_2\ \circ \ldots \circ\ x_i\ is\ A_i\ then\ z = k$$

dengan,

x_i : variabel *input* ke-i, i=1,2,…,n

A_i : himpunan *fuzzy* ke-i sebagai antesenden

k : konstanta tegas sebagai konsekuen

$\circ$: operator *fuzzy*

Karakteristik model Sugeno orde nol yaitu pada konsekuen menggunakan fungsi keanggotaan yang disebut *singleton*. Pada fungsi singleton, setiap nilai linguistik memiliki satu nilai crisp tunggal (konstanta) yang bernilai 1 dan yang lain bernilai 0 (Haris Sisko, 2012).

b. Model Sugeno orde satu

Secara umum bentuk model *fuzzy* Sugeno orde satu adalah

$$if\ x_1\ is\ A_1 \circ \dots \circ\ x_i\ is\ A_i\ then\ z = p_1 x_1 + \cdots + p_i x_i + q$$

dengan,

x_i : variabel *input* ke-i, i=1,2,…,n

A_i : himpunan *fuzzy* ke-i pada variabel x_i sebagai anteseden

p_i : konstanta tegas ke-i pada variabel x_i

q : konstanta tegas sebagai konsekuen

$\circ$: operator *fuzzy*

Pada metode *fuzzy* Sugeno, untuk mendapatkan nilai *output* dari sistem inferensi *fuzzy* diperlukan 4 tahap (Suwandi, Muhammad Isa Irmawan & Imam Mukhlas, 2011), yaitu :

a. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses mentransformasikan data pengamatan ke dalam bentuk himpunan *fuzzy*

b. Pembentukan aturan dasar data *fuzzy*

Aturan dasar *fuzzy* mendefinisikan hubungan antara fungsi keanggotaan dan bentuk fungsi keanggotaan hasil. Pada metode Sugeno *output* sistem tidak berupa himpunan *fuzzy* akan tetapi berupa konstanta atau persamaan linear.

c. Inferensi *fuzzy*

Secara umum inferensi *fuzzy* atau fungsi implikasi yang digunakan adalah sebagai berikut : (Muhammad Arsyad, 2014)

1) MIN (*minimum*)

Fungsi ini akan memotong *output* himpunan *fuzzy*, yaitu dengan mengambil derajat keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan yang bersangkutan.

2) DOT (*product*)

Fungsi ini akan menskala *output* himpunan *fuzzy*.

d. Defuzzifikasi (Penegasan)

Defuzzifikasi adalah komponen penting dalam pemodelan sistem *fuzzy*. Defuzzifikasi digunakan untuk menghasilkan nilai variabel solusi yang diinginkan dari suatu daerah konsekuen *fuzzy* (Setiadji, 2009 : 187). Pada metode Sugeno orde nol defuzzifikasi dilakukan dengan perhitungan *Weight Average (WA)*

$$WA = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2 + \alpha_3 z_3 + \cdots + \alpha_n z_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \cdots + \alpha_n}$$

dengan,

WA : hasil defuzzifikasi

α_n : nilai predikat (hasil inferensi) pada aturan ke-n

z_n : nilai *output* (konstanta) pada aturan ke-n

J. Pengukuran Kesalahan Prediksi

Prediksi merupakan hal yang mengandung ketidakpastian, maka diperlukan suatu kriteria untuk menentukan keakuratan model prediksi. Keakuratan tersebut berdasarkan nilai *error* prediksi. Beberapa metode lebih ditentukan untuk meringkas kesalahan yang dihasilkan oleh fakta (keterangan) pada teknik prediksi. Pengukuran kesalahan (*error*) melibatkan rata-rata beberapa fungsi dari perbedaan antara nilai aktual dan prediksinya. Beberapa metode untuk menghitung kesalahan prediksi (Hanke & Wichern, 2005 : 79) adalah sebagai berikut :

1. *Mean Absolute Deviation* (MAD) atau yang sering disebut dengan *Mean Absolute Error* (MAE), yaitu rata-rata dari kesalahan peramalan mutlak. MAD menyatakan penyimpangan ramalan dalam unit yang sama pada data, dengan merata-ratakan nilai *absolut error* (penyimpangan) seluruh hasil peramalan. Nilai *absolut* berguna untuk menghindari nilai penyimpangan positif dan penyimpangan negatif saling meniadakan. Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$MAD = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}|Y_t - Y_t{}^*|$$

   dengan :

   n : banyaknya data

   Y_t : nilai data sebenarnya pada waktu ke t

   $Y_t{}^*$: nilai peramalan pada waktu ke t

2. *Mean Square Deviation* (MSD) atau yang sering disebut dengan *Mean Square Error* (MSE), yaitu rata-rata dari kesalahan peramalan yang dikuadratkan. MSD merupakan ukuran penyimpangan ramalan dengan merata-ratakan kuadrat *error* (penyimpangan semua ramalan). Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}(Y_t - Y_t{}^*)^2$$

3. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), yaitu rata-rata dari kesalahan peramalan mutlak dibagi data asli. MAPE merupakan ukuran ketepatan relatif

yang digunakan untuk mengetahui persentase penyimpangan hasil peramalan, dengan persamaan sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\frac{|Y_t - {Y_t}^*|}{Y_t}$$

Dalam hal ini, diasumsikan bahwa prediksi yang baik adalah prediksi dengan nilai MAPE kurang dari 3,5%.