BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Persediaan

Menurut Nasution dan Prasetyawan (2008) persediaan adalah sumber daya mengangur (*idle resources*) yang menunggu proses lebih lanjut. Yang dimaksud dengan proses lebih lanjut tersebut adalah berupa kegiatan produksi pada sistem manufaktur, kegiatan pemasaran pada sistem distribusi ataupun kegiatan konsumsi pangan pada sistem rumah tangga.

Sedangkan menurut Ristono (2013) persediaan dapat diartikan sebagai barang-barang yang disimpan untuk digunakan atau dijual pada masa atau periode yang akan datang. Persediaan terdiri dari persediaan bahan baku, persediaan bahan setengah jadi dan persediaan barang jadi. Persediaan bahan baku dan bahan setengah jadi disimpan sebelum digunakan atau dimasukkan ke dalam proses produksi, sedangkan persediaan barang jadi atau barang dagangan disimpan sebelum dijual atau dipasarkan. Dengan demikian setiap perusahaan yang melakukan kegiatan usaha umumnya memiliki persediaan.

Menurut Nasution dan Prasetyawan (2008) jika dilihat dari jenisnya, ada 4 macam persediaan secara umum yaitu :

1. Bahan baku (*raw materials*) adalah barang-barang yang dibeli dari pemasok (*supplier*) dan akan digunakan atau diolah menjadi produk jadi yang akan dihasilkan oleh perusahaan.
2. Bahan setengah jadi (*work in process*) adalah bahan baku yang sudah diolah atau dirakit menjadi komponen namun masih membutuhkan langkah-langkah lanjutan agar menjadi produk jadi.
3. Barang jadi (*finished goods*) adalah barang jadi yang telah selesai diproses, siap untuk disimpan di gudang barang jadi, dijual, atau didistribusikan ke lokasi-lokasi pemasaran.
4. Bahan-bahan pembantu (*supplies*) adalah barang-barang yang dibutuhkan untuk menunjang produksi, namun tidak akan menjadi bagian pada produk akhir yang dihasilkan perusahaan .

2.2 Masalah Umum Persediaan

Menurut Nasution dan Prasetyawan (2008) dua masalah umum yang dihadapi suatu sistem di dalam mengelola persediaannya adalah sebagai berikut :

1. Masalah kuantitatif, yaitu hal-hal yang berkaitan dengan penentuan kebijaksanaan persediaan, antara lain :
   - Berapa banyak jumlah barang yang akan dipesan/dibuat
   - Kapan pemesanan/pembuatan barang harus dilakukan
   - Berapa jumlah persediaan pengamannya
   - Metode pengendalian persediaan mana yang paling tepat

   Secara sepintas masalah-masalah ini mudah dijawab, misalnya dengan cara:
   - Menumpuk barang sebanyak mungkin sebelum permintaan barang datang. Penyelesaiaan dengan cara ini belum tentu merupakan jawaban terbaik karena semakin menumpuk barang sebagai persediaan berarti semakin banyak modal yang tertanam pada persediaan sehingga tidak dapat digunakan untuk keperluan yang lebih menguntungkan.
   - Menyediakan sejumlah barang tertentu pada saat tertentu pula. Resiko dengan cara ini akan memungkinkan terjadinya kekurangan persediaan pada saat diminta karena jumlah dan kedatangan permintaan tidak dapat diketahui secara pasti. Kekurangan persediaan ini dapat mengakibatkan kerugian sebagai berikut :
     - Keuntungan yang tak dapat diraih
     - Mesin dan pekerja akan mengangur
     - Kemungkinan kehilangan pelanggan/konsumen
2. Masalah kualitatif, yaitu hal-hal yang berkaitan dengan sistem pengoprasian persediaan yang akan menjamin kelancaran pengelolaan sistem persediaan seperti :
   - Jenis barang apa yang dimiliki
   - Dimana barang tersebut berada
   - Berapa jumlah barang yang sedang dipesan
   - Siapa saja yang menjadi pemasok (*supplier*) masing-masing item.

   Kinerja optimal suatu sistem persediaan akan ditunjang oleh sistem pengoperasian persediaan yang baik.

2.3 Tujuan Pengendalian Persediaan

Menurut Ristono (2013) yang dimaksud dengan pengelolaan persediaan adalah "kegiatan dalam memperkirakan jumlah persediaan (bahan baku/penolong) yang tepat, dengan jumlah yang tidak terlalu besar dan tidak pula kurang atau sedikit dibandingkan dengan kebutuhan atau permintaan". Dari pengertian tersebut, maka tujuan pengelolaan persediaan adalah sebagai berikut :

a). Untuk dapat memenuhi kebutuhan atau permintaan konsumen dengan cepat (memuaskan konsumen).

b). Untuk menjaga kontinuitas produksi atau menjaga agar perusahaan tidak mengalami kehabisan persediaan yang mengakibatkan terhentinya proses produksi, hal ini dikarenakan alasan :

- Kemungkinan barang (bahan baku dan penolong) menjadi langka sehingga sulit untuk diperoleh.
- Kemungkinan supplier terlambat mengirimkan barang yang dipesan.

c). Untuk mempertahankan dan bila mungkin meningkatkan penjualan dan laba perusahaan.

d). Menjaga agar pembelian secara kecil-kecilan dapat dihindari, karena dapat mengakibatkan ongkos pesan menjadi besar.

e). Menjaga supaya penyimpanan dalam emplacement tidak besar-besaran, karena akan mengakibatkan biaya menjadi besar.

2.4 Biaya Persediaan

Menurut Handoko (dalam Hasnah, 2017) dalam pembuatan setiap keputusan yang akan mempengaruhi besarnya (jumlah) persediaan, biaya-biaya variabel harus dipertimbangankan sebagai berikut:

a. Biaya Penyimpanan (*holding costs atau carrying costs*). Terdiri atas biaya-biaya yang bervariasi secara langsung dengan kuantitas persediaan. Biaya penyimpanan per periode akan semakin besar apabila kuantitas bahan yang dipesan semakin banyak, atau rata-rata persediaan semakin tinggi. Biaya-biaya yang termasuk sebagai biaya penyimpanan adalah:

1. Biaya fasilitas-fasilitas penyimpanan (termasuk, penerangan, pemanas atau pendingin)

2. Biaya modal (*opportunity cost of capital*, yaitu alternatif pendapatan atas dana yang diinvestasikan dalam persediaan)
3. Biaya keusangan
4. Biaya penghitungan phisik dan konsiliasi laporan
5. Biaya asuransi persediaan
6. Biaya pajak persediaan
7. Biaya pencurian, pengrusakan, atau perampokan
8. Biaya penanganan persediaan dan sebagainya

b. Biaya pemesanan (pembelian). setiap kali suatu bahan dipesan, perusahaan menanggung biaya pemesanan (*Order costs atau Procurement costs*). Biaya-biaya pemesanan secara terperinci meliputi:

1. Pemrosesan pesanan dan biaya ekspedisi
2. Upah
3. Biaya telephone
4. Pengeluaran surat menyurat
5. Biaya pengepakan dan penimbangan
6. Biaya pemeriksaan (*inspeksi*) penerimaan
7. Biaya pengiriman ke gudang
8. Biaya hutang lancar dan sebagainya

c. Biaya penyiapan (*manufacturing*). Bila bahan-bahan tidak di beli, tetapi diproduksi sendiri dalam pabrik perusahaan, perusahaan menghadapi biaya penyiapan (*setup costs*) untuk memproduksi komponen tertentu. Biaya-biaya ini terdiri dari:

1. Biaya mesin-mesin menganggur
2. Biaya persiapan tenaga kerja langsung
3. Biaya scheduling
4. Biaya ekspedisi dan sebagainya

d. Biaya kehabisan atau kekurangan bahan. Dari semua biaya-biaya yang berhubungan dengan tingkat persediaan, biaya kekurangan bahan (*shortage costs*) adalah yang paling sulit diperkirakan. Biaya ini timbul bilamana persediaan tidak mengcukupi adanya permintaan bahan. Biaya-biaya yang termasuk biaya kekurangan bahan adalah sebagi berikut:

1. Kehilangan penjualan
2. Kehilangan langganan
3. Biaya pemesanan khusus

2.5 Model-model Persediaan

Secara umum model persediaan dapat dikelompokkan menjadi 2 bagian (Taha, 2003) :

1. *Model Deterministik*, yaitu model yang menganggap bahwa semua parameter telah diketahui dengan pasti. Model ini dibagi lagi menjadi 2 yaitu *deterministic static* dan *deterministic dynamic*. Contoh model yang dipakai adalah model *Economic Order Quantity* (EOQ) dan pemesanan barang multi item dengan metode *langrange multiplier*.
2. *Model Scocastic (Probabilistik)*, yaitu model yang menganggap bahwa semua parameter mempunyai nilai-nilai yang tidak pasti dan satu atau lebih parameter tersebut merupakan variabel acak. Contoh dari model ini antara lain model persediaan P dan Q. Model ini dibagi lagi menjadi 2 yaitu *probabilistic static* dan *probabilistic dynamic*.

2.5.1 Model Statis EOQ

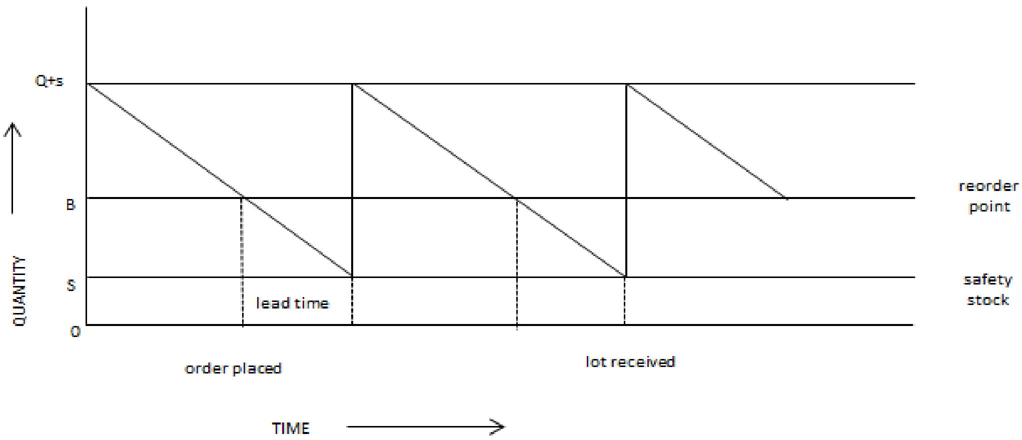
Tujuan model ini adalah untuk menentukan jumlah (Q) setiap kali pemesanaan (EOQ) sehingga meminimasi biaya total persediaan dimana :

Biaya Total Persediaan = *Ordering cost* + *Holding Cost* + *Purchasing cost*

Parameter-parameter yang dipakai dalam model ini adalah :

D = jumlah kebutuhan barang selama satu periode (misalnya : 1 tahun)
k = *ordering cost* setiap kali pesan
h = *holding cost* per satuan nilai persediaan per satuan waktu
c = *purchasing cost* per satuan nilai persediaan
t = waktu antara satu pemesanan ke pemesanan berikutnya

Berikut adalah gambar model persediaan ideal:



Gambar 2.1 Model Persediaan Yang Ideal

(sumber :Tersine, Richard J. Dalam Junaidi, 2017)

Dalam kaitannya dengan model persediaan tersebut, biaya-biaya yang relevan dengan model ini adalah biaya pemesanan dan biaya penyimpanan. Jika D adalah jumlah permintaan, Q adalah kuantitas pesanan dan S adalah biaya setiap kali pesan, maka biaya pemesanan per minggu dirumuskan:

Biaya pemesanan per minggu $= Cr\frac{D}{Q}$..(2.1)

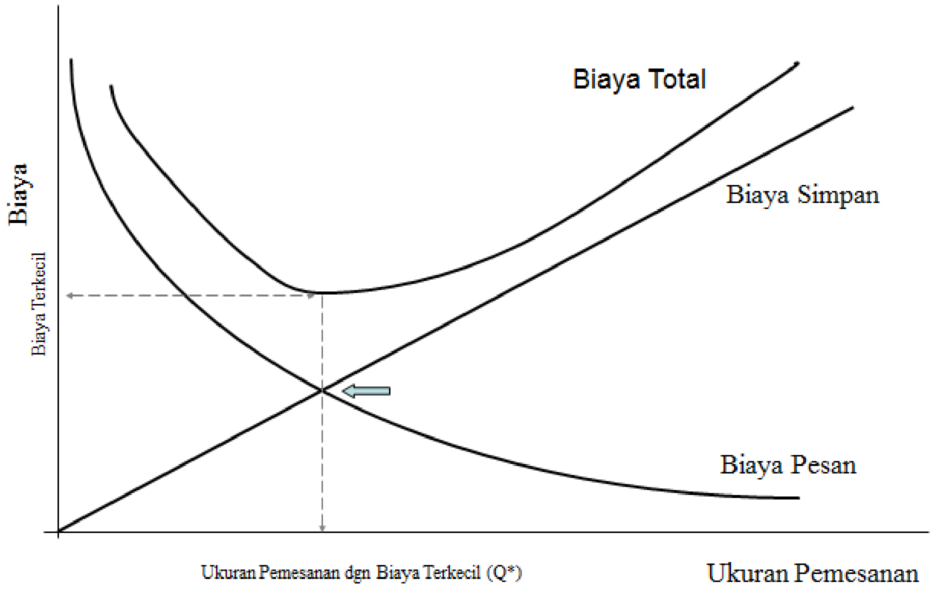
Biaya simpan mingguan dihitung dengan mencari rata-rata biaya penyimpanan tiap bulan yang dikonversi menjadi mingguan. Rata-rata persediaan dihitung sebanyak setengah kali kuantitas pesanan dikali biaya simpan per unit dan niai ini akan berkurang terus-menerus hingga mencapai nol, sehingga biaya simpan dapat dirumuskan:

Biaya penyimpanan $= Ch\frac{Q}{2}$.. (2.2)

Berdasarkan persamaan (2.1) dan persamaan (2.2) maka biaya yang muuncul dalam persediaan adalah hasil penjumlahaan biaya pemesahan dan biaya penyimpanan per periode waktu, dalam kasus ini adalah per minggu, dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

Biaya persediaan per minggu (TC) $= Cr\frac{D}{Q} + Ch\frac{Q}{2}$ ....(2.3)

Hubungan dari ketiga persamaan tersebut dapat dilihat dalam gambar 2.2



Gambar 2.2 Kurva Biaya Persediaan

Dari gambar 2.2 dapat diilustrasikan bahwa total biaya persediaan akan mencapai nilai minimum pada saat biaya simpan dan biaya pesan mencapai titik yang sama, sehingga titik minimal kurva biaya total dapat dicari dengan turunan TC terhadap Q sama dengan 0, yaitu:

$$\frac{\partial TC}{\partial Q} = 0 \quad \text{.........(2.4)}$$

$$\frac{\partial CrD}{\partial Q2} + \frac{\partial ChQ}{\partial Q.Q} = 0 \quad \text{.........(2.5)}$$

$$\frac{Ch}{2} - \frac{CrD}{Q^2} = 0 \quad \text{.........(2.6)}$$

$$\frac{Ch}{2} = \frac{CrD}{Q^2} \quad \text{.........(2.7)}$$

Sehingga diperoleh

$$Q^2 = \frac{2CrD}{ch} \quad \text{.........(2.8)}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2CrD}{ch}} \quad \text{.........(2.9)}$$

Keterangan:

D = jumlah permintaan per periode (unit)

Ch = biaya simpan per periode (Rp/unit/periode)

Cr = biaya pemesanan per periode (Rp/pesan)

Q = kuantitas pemesanan yang optimal (unit)

P = harga satuan unit (Rp/unit)

I = biaya simpan dalam persentase persediaan (%)

2.5.1.1 Model Statis EOQ Banyak Item dengan Keterbatasan Gudang

Model ini membahas sistem persediaan yang melibatkan banyak jenis barang (n>1) dimana barang-barang tersebut akan disimpan pada sebuah gudang yang luas ruangannya terbatas.

Definisikan A sebagai luas gudang maksimum yang tersedia untuk n jenis barang dan asumsikan bahwa luas gudang yang diperlukan setiap unit barang ke-i adalah a_i. Jika Q_i adalah jumlah order jenis barang ke-i maka persamaan pembatas gudang dapat ditulis sebagai berikut :

$$\sum_{i=1}^{n} a_i y_i \leq A \qquad (2.10)$$

Secara matematis fungsi tujuannya dapat ditulis sebagai berikut :

$$Minimasi\ TC(Q_1, \ldots \ldots, Q_n) = \sum_{i=1}^{n} \frac{D_i}{Q_i} k_i + h_i \frac{Q_i}{2} \qquad (2.11)$$

Sebelum menggunakan metode Langrange Multiplier diatas, langkah pertama kita adalah memeriksa apakah fungsi pembatas aktif dengan cara menguji apakah nilai bukan pembatas, yaitu :

$$Q_i optimal = \sqrt{\frac{2D_i k_i}{h_i}} \qquad (2.12)$$

Memenuhi pembatas luas gudang (A). Jika ‘ya’, maka fungsi pembatas tersebut diabaikan. Jika ‘tidak’, maka fungsi pembatas harus berlaku (aktif) dimana nilai optimal yang baru dari Q (Q_i^*) harus dicari sehingga memenuhi pembatas gudang, demikian juga kebalikannya.. Hasil ini diselesaikan dengan persamaan pertama fungsi langrangian sebagai berikut :

$$L(\lambda, Q_1, Q_2, \ldots \ldots, Q_n) = TC\ (Q_1, \ldots, Q_n) - \lambda\left(\sum_{i=1}^{n} a_i . Q_i - A\right) \qquad (2.13)$$

$$L(\lambda, Q_1, Q_2, \ldots \ldots, Q_n) = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{D_i}{Q_i} k_i + h_i \frac{Q_i}{2}\right) - \lambda\left(\sum_{i=1}^{n} a_i . Q_i - A\right) \qquad (2.14)$$

Dimana **λ** (<0) adalah Langarange Multiplier

Nilai optimal dari Q_i dan 1 dapat diperoleh dengan menderivatif parsial menjadi nol persamaan diatas sebagai berikut :

$$\frac{dL}{dQ_i} = -\frac{D_i}{{Q_i}^2} k_i + \frac{h_i}{2} - \lambda a_i = 0 \qquad (2.15)$$

$$\frac{dL}{dQ_i} = -\sum_{i=1}^{n} a_i . Q_i - A = 0 \qquad (2.16)$$

Dari kedua persamaan di atas, maka diperoleh:

$$Q_i^* = \sqrt{\frac{2D_i k_i}{h_i - 2\lambda^* a_i}} \quad \text{.......}(2.17)$$

Persamaan diatas menunjukkan bahwa Q_i^* tergantung dari nilai optimal dari ($\boldsymbol{\lambda}^*$), diman untuk $\boldsymbol{\lambda}^*=0$ maka Q_i^* akan memberikan penyelesaian tak terbatas. Nilai $\boldsymbol{\lambda}^*$ dapat diperoleh dengan cara trial error yang sistematik.

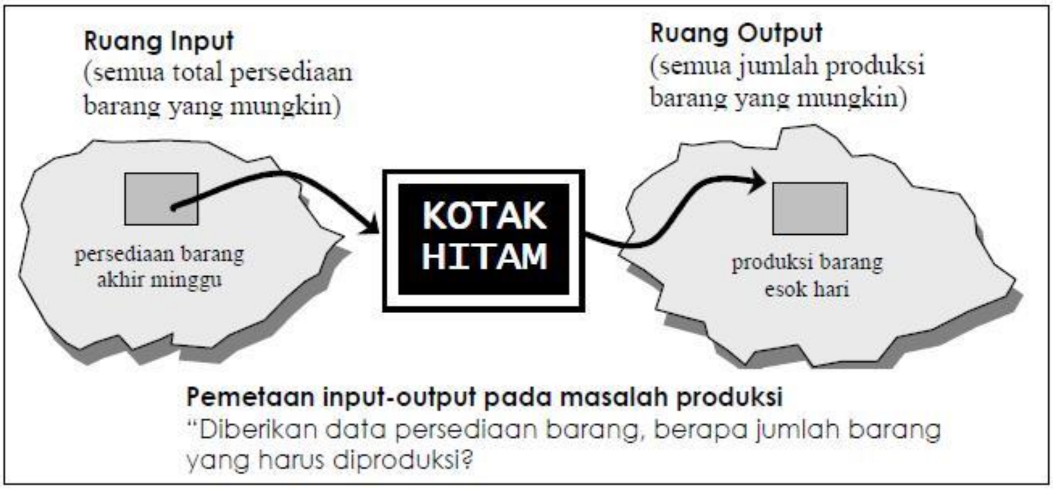
2.6 Logika Fuzzy

Orang yang belum pernah mengenal logika fuzzy pasti akan mengira bahwa logika fuzzy adalah sesuatu yang amat rumit dan tidak menyenangkan. Namun, sekali seseorang mulai mengenalnya, ia pasti akan sangat tertarik dan akan menjadi pendatang baru untuk ikut serta mempelajari logika fuzzy. Logika fuzzy dikatakan sebagai logika baru yang lama, sebab ilmu tentang logika fuzzy modern dan metodis baru ditemukan beberapa tahun yang lalu, padahal sebenarnya konsep tentang logika fuzzy itu sendiri sudah ada pada diri kita sejak lama (Kusumadewi dan Purnomo, 2004).

Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output. Sebagai contoh:

1. Manajer pergudangan mengatakan pada manajer produksi seberapa banyak persediaan barang pada akhir minggu ini, kemudian manajer produksi akan menetapkan jumlah barang yang harus diproduksi esok hari.
2. Pelayan restoran memberikan pelayanan terhadap tamu, kemudian tamu akan memberikan tip yang sesuai atas baik tidaknya pelayan yang diberikan;
3. Anda mengatakan pada saya seberapa sejuk ruangan yang anda inginkan, saya akan mengatur putaran kipas yang ada pada ruangan ini.
4. Penumpang taksi berkata pada sopir taksi seberapa cepat laju kendaraan yang diinginkan, sopir taksi akan mengatur pijakan gas taksinya.

Salah satu contoh pemetaan suatu input-output dalam bentuk grafis seperti terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Contoh pemetaan input output

Sumber : Kusumadewi dan Purnomo (2004)

Antara input dan output terdapat satu kotak hitam yang harus memetakan input ke output yang sesuai.

2.6.1 Alasan Digunakan Logika Fuzzy

Ada beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika fuzzy, antara lain (Kusumadewi dan Purnomo, 2004):

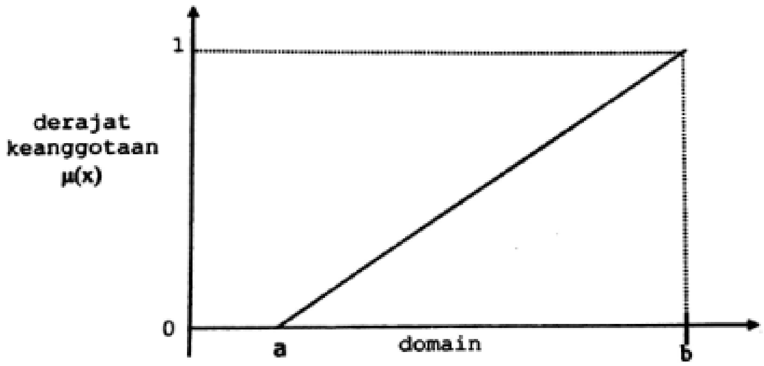
1. Konsep logika fuzzy mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika fuzzy sangat fleksibel.
3. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Logika fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.
5. Logika fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalamanpengalaman 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.

2.6.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi Keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan (Kusumadewi dan Purnomo, 2004).

a. Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada 2 keadaan himpunan fuzzy yang linear. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi



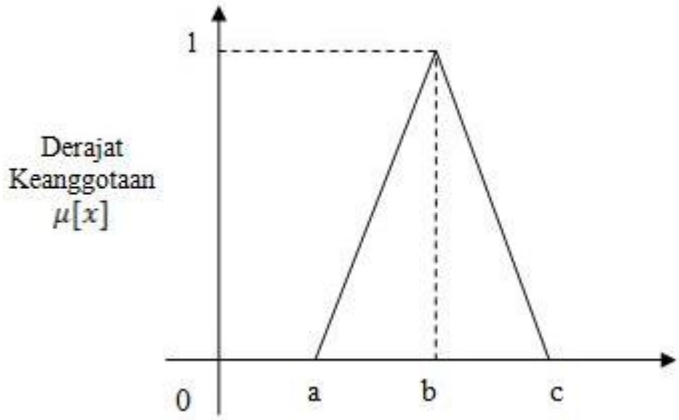
Gambar 2.4 Representasi Linear Naik

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \qquad \text{...(2.18)}$$

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear) seperti terlihat pada Gambar 2.5.



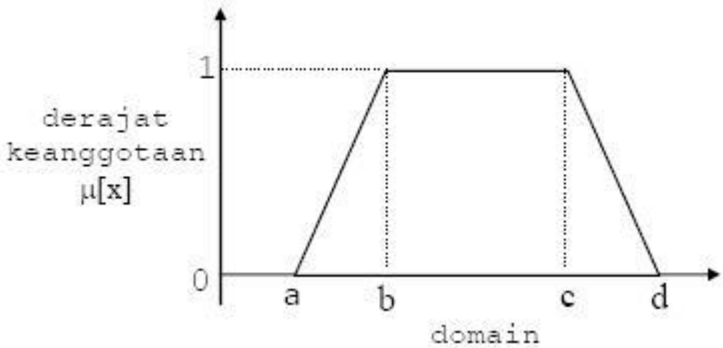
Gambar 2.5 Kurva segitiga

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \; atau \; x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad \text{........................(2.19)}$$

c. Representasi Kurva Trapesium

Kurva Trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 :



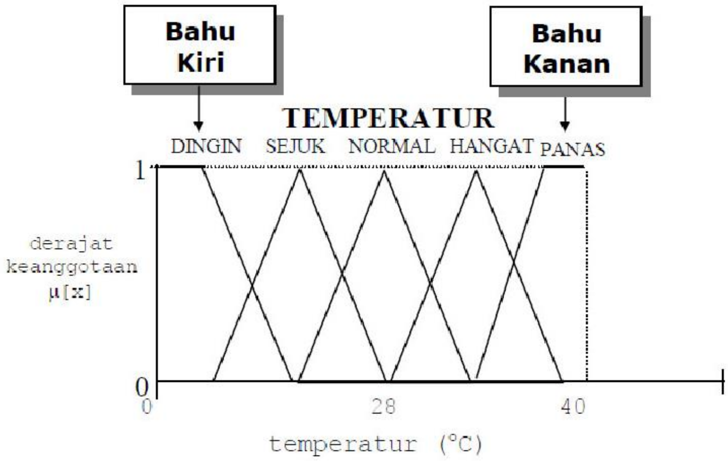
Gambar 2.6 Kurva Trapesium

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \; atau \; x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & c \leq x \leq d \end{cases} \quad \text{................................(2.20)}$$

d. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun (misalkan: DINGIN bergerak ke SEJUK bergerak ke HANGAT dan bergerak ke PANAS). Tetapi terkadang salah satu sisi dari variabel tersebut tidak mengalami perubahan. Sebagai contoh, apabila telah mencapai kondisi PANAS, kenaikan temperatur akan tetap berada pada kondisi PANAS. Himpunan fuzzy 'bahu', bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah fuzzy. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Gambar 2.7 menunjukkan variabel TEMPERATUR dengan daerah bahunya.

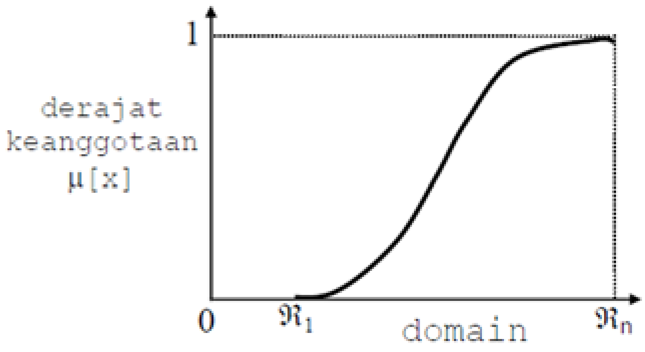


Gambar 2.7 Daerah bahu pada variabel TEMPERATUR

e. Representasi Kurva-S

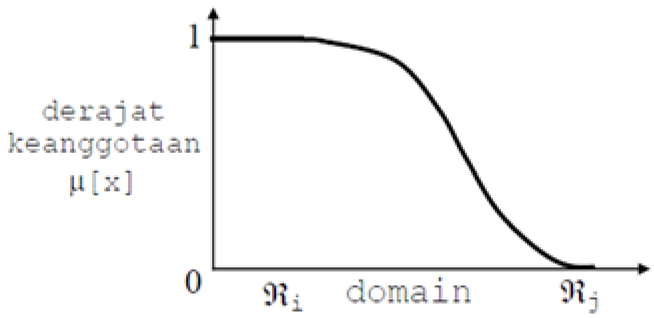
Kurva PERTUMBUHAN dan PENYUSUTAN merupakan kurva-S atau sigmoid yang berhubungan dengan kenaikan dan penurunan permukaan secara tak linear.

Kurva-S untuk PERTUMBUHAN akan bergerak dari sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0) ke sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1). Fungsi keanggotaannya akan tertumpu pada 50% nilai keanggotaannya yang sering disebut dengan titik infleksi (Gambar 2.8)



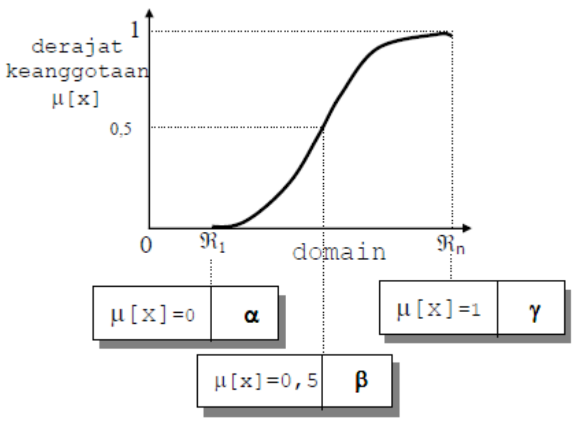
Gambar 2.8 Himpunan fuzzy dengan kurva-S; Pertumbuhan

Kurva-S untuk PENYUSUTAN akan bergerak dari sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1) ke sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0) seperti telihat pada (Gambar 2.9).



Gambar 2.9 Himpunan fuzzy dengan kurva-S; Penyusutan

Kurva-S didefinisikan dengan menggunakan 3 parameter, yaitu: nilai keanggotaan nol (α), nilai keanggotaan lengkap (γ), dan titik infleksi atau crossover (β) yaitu titik yang memiliki domain 50% benar. Gambar 2.10 menunjukkan karakteristik kurva-S dalam bentuk skema.



Gambar 2.10 Karakteristik fungsi kurva-S

Fungsi keanggotaan pada kurva PERTUMBUHAN adalah :

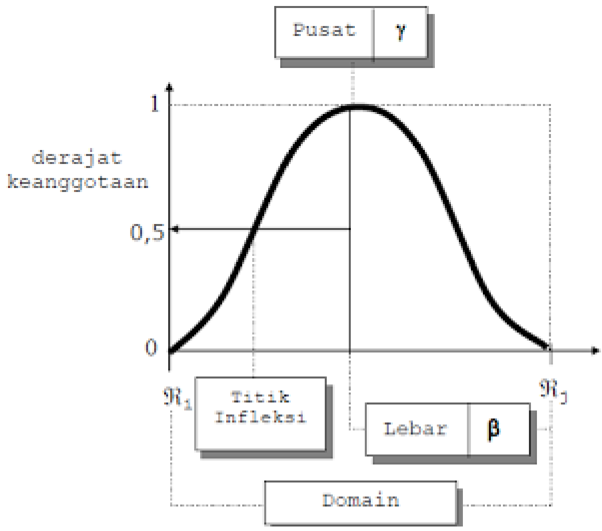
$$S(x;\alpha,\beta,\gamma) = \begin{cases} 0 & \rightarrow \quad x \leq \alpha \\ 2\left(\frac{(x-\alpha)}{(\gamma-\alpha)}\right)^2 & \rightarrow \quad \alpha \leq x \leq \beta \\ 1-2\left(\frac{(\gamma-x)}{(\gamma-\alpha)}\right)^2 & \rightarrow \quad \beta \leq x \leq \gamma \\ 1 & \rightarrow \quad x \geq \gamma \end{cases} \quad \text{...............(2.21)}$$

f. Representasi Kurva Bentuk Lonceng (Bell Curve)

Untuk merepresentasikan bilangan fuzzy, biasanya digunakan kurva berbentuk lonceng. Kurva berbentuk lonceng ini terbagi atas 3 kelas, yaitu: himpunan fuzzy PI, beta, dan Gauss. Perbedaan ketiga kurva ini terletak pada gradiennya.

(i). Kurva PI

Kurva PI berbentuk lonceng dengan derajat keanggotaan 1 terletak pada pusat dengan domain (γ), dan lebar kurva (β) seperti terlihat pada Gambar 2.11. Nilai kurva untuk suatu nilai domain x diberikan sebagai:



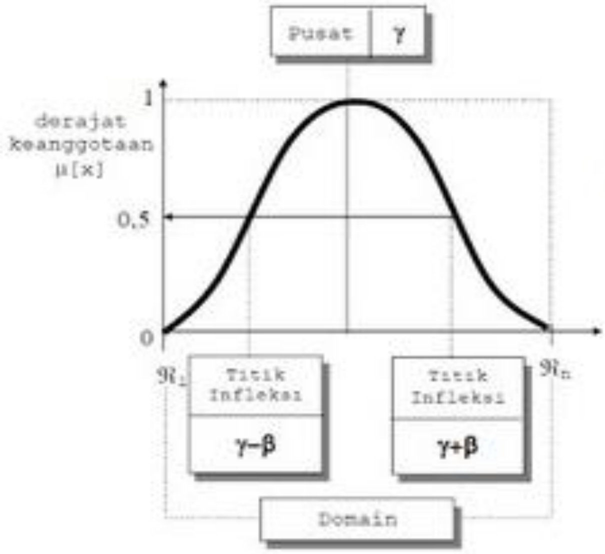
Gambar 2.11 Karakteristik fungsional kurva π.

Fungsi Keanggotaan :

$$\pi(x,\beta,\gamma) = \begin{cases} S\left(x;\gamma-\beta,\gamma-\frac{\beta}{2},\gamma\right) & \rightarrow \quad x \leq \gamma \\ 1-S\left(x;\gamma,\gamma+\frac{\beta}{2},\gamma+\beta\right) & \rightarrow \quad x > \gamma \end{cases} \quad \text{.............(2.22)}$$

(ii). Kurva BETA

Seperti halnya kurva PI, kurva BETA juga berbentuk lonceng namun lebih rapat. Kurva ini juga didefinisikan dengan 2 parameter, yaitu nilai pada domain yang menunjukkan pusat kurva (γ), dan setengah lebar kurva (β) seperti terlihat pada Gambar 2.12. Nilai kurva untuk suatu nilai domain x diberikan sebagai:



Gambar 2.12 Karakteristik fungsional kurva BETA

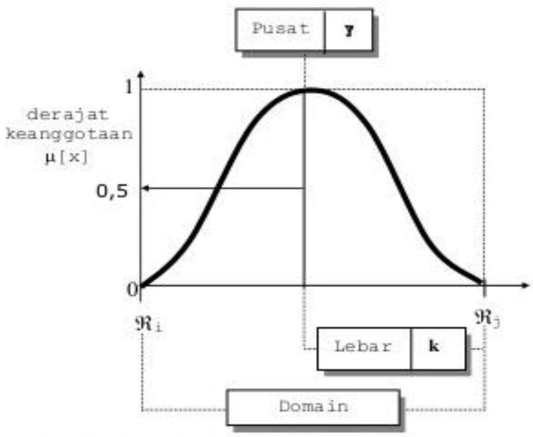
Fungsi Keanggotaan :

$$B(x;\gamma,\beta) = \frac{1}{1+\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^2} \quad \text{..(2.23)}$$

Salah satu perbedaan mencolok kurva BETA dari kurva PI adalah, fungsi keanggotaannya akan mendekati nol hanya jika nilai (β) sangat besar.

(iii). Kurva GAUSS

Jika kurva PI dan kurva BETA menggunakan 2 parameter yaitu (γ) dan (β), kurva GAUSS juga menggunakan (γ) untuk menunjukkan nilai domain pada pusat kurva, dan (k) yang menunjukkan lebar kurva (Gambar 2.13). Nilai kurva untuk suatu nilai domain x diberikan sebagai:



Gambar 2.13 Karakteristik fungsional kurva GAUSS

Fungsi Keanggotaan :

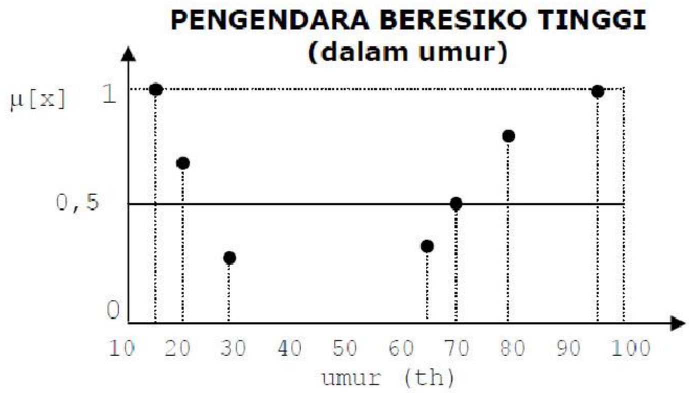
$G(x;k,\gamma) = e^{-k(\gamma-x)^2}$ ....(2.24)

7. Koordinat Keanggotaan

Himpunan fuzzy berisi urutan pasangan berurutan yang berisi nilai domain dan kebenaran nilai keanggotaannya dalam bentuk:

Skalar(i) / Derajat(i)

‘Skalar’ adalah suatu nilai yang digambar dari domain himpunan fuzzy, sedangkan ‘Derajat’ skalar merupakan derajat keanggotaan himpunan fuzzynya.

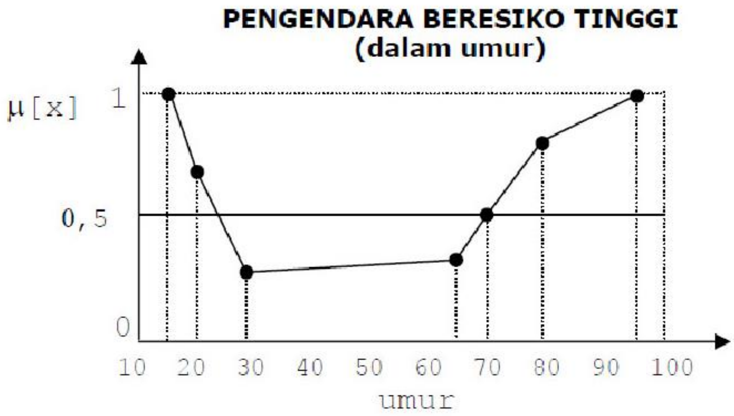


Gambar 2.14 Titik-titik koordinat yang menunjukkan PENGENDARA BERESIKO TINGGI

Gambar 2.14 merupakan contoh himpunan fuzzy yang diterapkan pada sistem asuransi yang akan menanggung resiko seorang pengendara kendaraan bermotor berdasarkan usianya, akan berbentuk ‘U’. Koordinatnya dapat digambarkan dengan 7 pasangan berurutan sebagai berikut:

16/1 21/.6 28/.3 68/.3 76/.5 80/.7 96/1

Gambar 2.14 memperlihatkan koordinat yang menspesifikasikan titik-titik sepanjang domain himpunan fuzzy. Semua titik harus ada di domain, dan paling sedikit harus ada satu titik yang memiliki nilai kebenaran sama dengan 1. Apabila titik-titik tersebut telah digambarkan, maka digunakan interpolasi linear untuk mendapatkan permukaan fuzzy-nya seperti terlihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Kurva yang berhubungan dengan PENGENDARA BERESIKO TINGGI

2.6.3 Operasi aritmatika bilangan fuzzy menggunakan metode α-cut

Berikut merupakan beberapa operasi aritmatika bilangan fuzzy menggunakan α-cut (Dutta, 2011) :

2.6.3.1 Pejumlahan Bilangan Fuzzy

Misalkan X = [a, b, c] dan Y = [p, q, r] adalah dua bilangan fuzzy yang fungsi keanggotaannya :

$$\mu_x(x) = \begin{cases} \dfrac{x-a}{b-a}, a \le x \le b \\ \dfrac{c-x}{c-b}, b \le x \le c \end{cases}$$

$$\mu_y(x) = \begin{cases} \dfrac{x-p}{q-p}, p \le x \le q \\ \dfrac{r-x}{r-q}, q \le x \le r \end{cases}$$

Kemudian ${}^{\alpha}X = [(b-a)\alpha + a, c-(c-b)\alpha]$ dan ${}^{\alpha}Y = [(q-p)\alpha + p, r-(r-q)\alpha]$ adalah potongan bilangan α-cuts dari masing-masing bilangan fuzzy X dan Y. Untuk menghitung penjumlahan dari bilangan fuzzy X dan Y pertama kita tambahkan α-cuts dari X dan Y menggunakan interval aritmatika.

$${}^{\alpha}X + {}^{\alpha}Y = [(b-a)\alpha + a, c-(c-b)\alpha] + [(q-p)\alpha + p, r-(r-q)\alpha]$$

$$= [a+p+(b-a+q-p)\alpha, c+r-(c-b+r-q)\alpha] \quad \text{.........(2.25)}$$

Untuk menemukan fungsi keangotaan $\mu_{X+Y}(x)$ kita samakan antara komponen pertama dan kedua di atas yang memberi

$x = a + p + (b - a + q - p)\alpha$ dan $x = c + r - (c + r - b - q)\alpha$

Sekarang, ekspresikan α dalam hal x dan menyesuaikan α = 0 dan α = 1 pada (2.25) kita mendapat α bersama dengan domain dari x,

$$\alpha = \frac{x - (a + p)}{(b + q) - (a + p)}, (a + p) \leq x \leq (b + q)$$

dan

$$\alpha = \frac{(c + r) - x}{(c + r) - (b + q)}, (b + q) \leq x \leq (c + r)$$

Yang memberi

$$\mu_{x+Y}(x) = \begin{cases} \dfrac{x - (a + p)}{(b + q) - (a + p)}, (a + p) \leq x \leq (b + q) \\ \dfrac{(c + r) - x}{(c + r) - (b + q)}, (b + q) \leq x \leq (c + r) \end{cases}$$

2.6.3.2 Pengurangan Bilangan Fuzzy

Misalkan X = [a, b, c] dan Y = [p, q, r] adalah dua bilangan fuzzy. Kemudian ${}^{\alpha}X = [(b - a)\alpha + a, c - (c - b)\alpha]$ dan ${}^{\alpha}Y = [(q - p)\alpha + p, r - (r - q)\alpha]$ adalah potongan bilangan α-cuts dari masing-masing bilangan fuzzy X dan Y. Untuk menghitung pengurangan dari bilangan fuzzy X dan Y pertama kita kurangkan α-cuts dari X dan Y menggunakan interval aritmatika.

$${}^{\alpha}X - {}^{\alpha}Y = [(b - a)\alpha + a, c - (c - b)\alpha] - [(q - p)\alpha + p, r - (r - q)\alpha]$$

$$=[(b - a)\alpha + a - (r - r - q)\alpha), c - (c - b)\alpha - ((q - p)\alpha + p)]$$

$$= [(a - r) + (b - a + r - q)\alpha, (c - p) - (c - b + q - p)\alpha] \quad \text{.......(2.26)}$$

Untuk menemukan fungsi keangotaan $\mu_{X-Y}(x)$ kita samakan antara komponen pertama dan kedua di (2.26) yang memberi

$x = (a - r) + (b - a + r - q)\alpha$ dan $x = (c - p) - (c - b + q - p)\alpha$

Sekarang, ekspresikan α dalam hal x dan menyesuaikan α = 0 dan α = 1 pada (2.26) kita mendapat α bersama dengan domain dari x,

$$\alpha = \frac{x-(a-r)}{(b-q)-(a-r)}, (a-r) \le x \le (b-q)$$

dan

$$\alpha = \frac{(c-p)-x}{(c-p)-(b-q)}, (b-q) \le x \le (c-p)$$

Yang memberi

$$\mu_{X-Y}(x) = \begin{cases} \dfrac{x-(a-r)}{(b-q)-(a-r)}, (a-r) \le x \le (b-q) \\ \dfrac{(c-p)-x}{(c-p)-(b-q)}, (b-q) \le x \le (c-p) \end{cases}$$

2.6.3.3 Perkalian Bilangan Fuzzy

Misalkan X = [a, b, c] dan Y = [p, q, r] adalah dua bilangan fuzzy. Kemudian ${}^{\alpha}X = [(b-a)\alpha + a, c-(c-b)\alpha]$ dan ${}^{\alpha}Y = [(q-p)\alpha + p, r-(r-q)\alpha]$ adalah potongan bilangan α-cuts dari masing-masing bilangan fuzzy X dan Y. Untuk menghitung pengalian dari bilangan fuzzy X dan Y pertama kita kalikan α-cuts dari X dan Y menggunakan interval aritmatika.

$${}^{\alpha}X * {}^{\alpha}Y = [(b-a)\alpha + a, c-(c-b)\alpha] * [(q-p)\alpha + p, r-(r-q)\alpha]$$
$$=[(b-a)\alpha + a) * ((q-p)\alpha + p, c-(c-b)\alpha * (r-(r-q)\alpha] \quad \text{.......} (2.27)$$

Untuk menemukan fungsi keangotaan $\mu_{XY}(x)$ kita samakan antara komponen pertama dan kedua di (2.27) yang memberi

$x = (b-a)(q-p)\alpha^2 + \big((b-a)p + (q-p)a\big)\alpha + ap$ dan $x = (c-b)(r-q)\alpha^2 + \big((r-q)c + (c-b)r\big)\alpha + cr$

Sekarang, ekspresikan α dalam hal x dan menyesuaikan α = 0 dan α = 1 pada (2.27) kita mendapat α bersama dengan domain dari x,

$$\alpha = \frac{-\big((b-a)p+q-p\big)a) + \sqrt{\big((b-a)p+q-p\big)a)^2 - 4(b-a)(q-p)(ap-x)}}{2(b-a)-(q-p)}, ap \le x \le bq$$

dan

$$\alpha = \frac{-\big((r-q)c+(c-b)r\big) + \sqrt{\big((r-q)c+(c-b)r\big)^2 - 4(c-b)(r-q)(cr-x)}}{2(b-a)-(q-p)}, bq \le x \le cr$$

Yang memberi

$$\mu_{XY}(x) = \begin{cases} \dfrac{-\big((b-a)p+q-p\big)a) + \sqrt{\big((b-a)p+q-p\big)a)^2 - 4(b-a)(q-p)(ap-x)}}{2(b-a)-(q-p)}, ap \le x \le bq \\ \dfrac{-\big((r-q)c+(c-b)r\big) + \sqrt{\big((r-q)c+(c-b)r\big)^2 - 4(c-b)(r-q)(cr-x)}}{2(b-a)-(q-p)}, bq \le x \le cr \end{cases}$$

2.6.3.4 Pembagian Bilangan Fuzzy

Misalkan X = [a, b, c] dan Y = [p, q, r] adalah dua bilangan fuzzy. Kemudian ${}^{\alpha}X = [(b-a)\alpha + a, c-(c-b)\alpha]$ dan ${}^{\alpha}Y = [(q-p)\alpha + p, r-(r-q)\alpha]$ adalah potongan bilangan α-cuts dari masing-masing bilangan fuzzy X dan Y. Untuk menghitung pembagian dari bilangan fuzzy X dan Y pertama kita bagikan α-cuts dari X dan Y menggunakan interval aritmatika.

$$\frac{{}^{\alpha}X}{{}^{\alpha}Y} = \frac{[(b-a)\alpha + a, c-(c-b)\alpha]}{[(q-p)\alpha + p, r-(r-q)\alpha]}$$

$$= \left[\frac{(b-a)\alpha+a)}{(r-(r-q)\alpha}, \frac{c-(c-b)\alpha}{(q-p)\alpha+p}\right] \quad \text{....................(2.28)}$$

Untuk menemukan fungsi keangotaan $\mu_{X/Y}(x)$ kita samakan antara komponen pertama dan kedua di (2.28) yang memberi :

$x = \frac{(b-a)\alpha+a)}{(r-(r-q)\alpha}$ dan $x = \frac{c-(c-b)\alpha}{(q-p)\alpha+p}$

Sekarang, ekspresikan α dalam hal x dan menyesuaikan α = 0 dan α = 1 pada (2.28) kita mendapat α bersama dengan domain dari x,

$$\alpha = \frac{xr - a}{(b-a) - (q-r)x}, a/r \leq x \leq b/q$$

dan

$$\alpha = \frac{c - px}{(b-a) + (q-r)x}, a/r \leq x \leq b/q$$

Yang memberi

$$\mu_{X/Y}(x) = \begin{cases} \dfrac{xr - a}{(b-a) - (q-r)x}, a/r \leq x \leq b/q \\ \dfrac{c - px}{(b-a) + (q-r)x}, a/r \leq x \leq b/q \end{cases}$$

2.6.3.5 Pengakaran Bilangan Fuzzy

Misalkan X = [a, b, c] dan Y = [p, q, r] adalah dua bilangan fuzzy. Kemudian ${}^{\alpha}X = [(b-a)\alpha + a, c - (c-b)\alpha]$ dan ${}^{\alpha}Y = [(q-p)\alpha + p, r - (r-q)\alpha]$ adalah potongan bilangan α-cuts dari masing-masing bilangan fuzzy X dan Y. Untuk menghitung pengakaran dari bilangan fuzzy X dan Y pertama kita akarkan α-cuts dari X dan Y menggunakan interval aritmatika.

$$\sqrt{{}^{\alpha}A} = \sqrt{[(b-a)\alpha + a, c - (c-b)\alpha]}$$

$$= \left[\sqrt{(b-a)\alpha + a}, \sqrt{c - (c-b)\alpha}\right] \quad ....(2.29)$$

Untuk menemukan fungsi keangotaan $\mu_{\sqrt{X}}(x)$ kita samakan antara komponen pertama dan kedua di (2.29) yang memberi :

$x = \sqrt{(b-a)\alpha + a}$ dan $x = \sqrt{c - (c-b)\alpha}$

Sekarang, ekspresikan α dalam hal x dan sesuaikan α = 0 dan α = 1 pada (2.28) kita mendapat α bersama dengan domain dari x,

$$\alpha = \frac{x^2 - a}{b - a}, \sqrt{a} \leq x \leq \sqrt{b}$$

dan

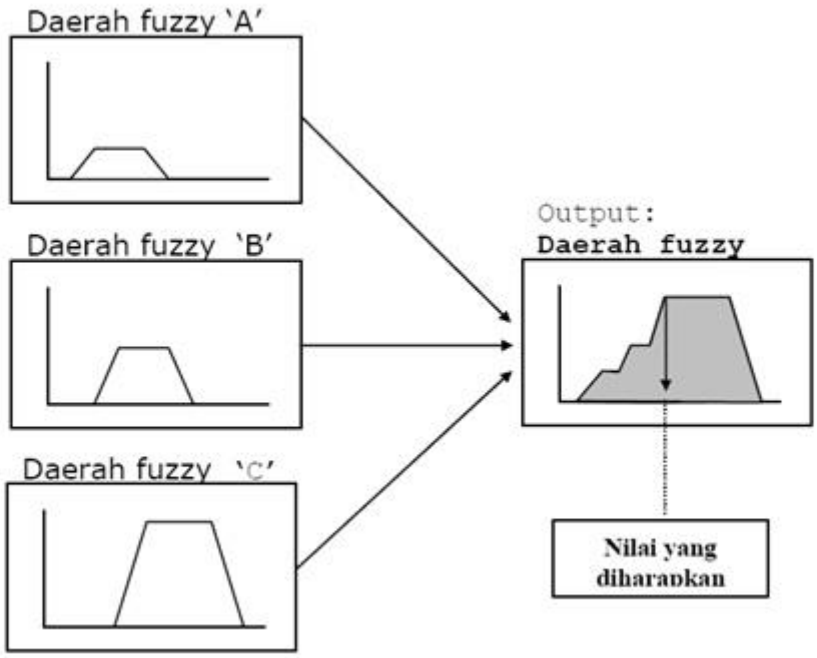
$$\alpha = \frac{c - x^2}{c - b}, \sqrt{b} \leq x \leq \sqrt{c}$$

Yang memberi

$$\mu_{\sqrt{x}}(x) = \begin{cases} \dfrac{x^2 - a}{b - a}, \sqrt{a} \le x \le \sqrt{b} \\ \dfrac{c - x^2}{c - b}, \sqrt{b} \le x \le \sqrt{c} \end{cases}$$

2.6.4 Penegasan (defuzzy)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crsip tertentu sebagai output seperti terlihat pada Gambar 2.16 (Kusumadewi dan Purnomo, 2004).



Gambar 2.16 Proses defuzzifikasi

Ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan MAMDANI, antara lain:

1. *Metode Centroid (Composite Moment)*

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z*) daerah fuzzy. Secara umum dirumuskan:

$$z^* = \frac{\int_z z\mu(z)dz}{\int_z \mu(z)dz} \qquad (2.30)$$

Untuk variabel kontinu, atau

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^{n} z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^{n} \mu(z_j)} \quad \text{...(2.31)}$$

Untuk variabel diskret.

2. *Metode Bisektor*

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan separo dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

Z_p sedemikian sehingga $\int_{R1}^{P} \mu(z)dz = \int_{p}^{Rn} \mu(z)dz$ ....(2.32)

3. *Metode Mean of Maximum* (MOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

4. *Metode Largest of Maximum* (LOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

5. *Metode Smallest of Maximum* (SOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

2.7 ***Fuzzy Economic Order Quantity* (EOQ)**

Menurut Tersine (dalam Efendi, 2015) untuk menentukan ukuran pemesanan yang ekonomis diperlukan data tentang permintaan, biaya persediaan dan lead time. Dengan asumsi bahwa ketiga variabel tersebut diketahui atau dapat dihitung dengan pasti. Pada kenyataannya asumsi untuk ketiga variabel tersebut sangat jarang sekali terjadi. Ketidakpastian yang melingkupi variabel tersebut dapat disebabkan karena ketidakadaan informasi atau kurangnya informasi sehingga dapat menimbulkan ketidakjelasan, samar, atau informasi yang didapat bermakna ganda atau mungkin informasinya berupa linguistic (Zimmerman dalam Dahdah, 2009). Seperti jika ingin ditentukan permintaan produk baru atau jika perusahaan tidak mempunyai data yang cukup untuk menentukan variabel tersebut. Untuk mengatasi ketidapastian variabel yang mempunyai pola tersebut digunakan angka fuzzy untuk membantu mengatasi permasalahan tersebut sehingga memunculkan model fuzzy untuk penentuan ukuran pemesanan yang ekonomis atau yang dikenal dengan *Fuzzy Economic Order Quantity* (Dahdah, 2009).

Dalam keadaan data permintaan tidak diketahui dengan pasti atau bersifat estimasi subjektif, perumusan penentuan ukuran pemesanan yang ekonomis dapat dimodelkan dengan Fuzzy (Dahdah, 2009). Model ini lebih fleksibel dari pada model persediaan biasa dalam penentuan kuantitas pemesanan dan reorder point, model *Stokastik* EOQ tidak dapat menangani fluktuasi ketersediaan persediaan yang ekstrim dengan mempertimbangkan service level tinggi jadi biaya kekurangan menjadi tinggi berbeda dengan Fuzzy model dengan tidak ada biaya kekurangan. Situasi ini terjadi karena didalam *Stokastik* model EOQ,dalam mengatasi kondisi ketidakpastian tidak memperhitungkan ketersediaan persediaan akan tetapi memungkinkan terjadinya kehabisan persediaan sehingga ada penambahan biaya kekurangan persediaan. Sedangkan Fuzzy model dapat mengontrol titik pemesanan kembali dan kuantitas pemesanan ketika keduanya dibutuhkan. Jadi Fuzzy model lebih fleksibel dari pada stokasitik model disemua *service level* (Tanthatemee dan Phruksapharnat, 2012). Selain itu dalam *Stokastik* EOQ untuk mengurangi kekurangan persediaan yang mengakibatkan biaya bertambahnya biaya kekurangan akan ditentukan *Safety stock*, hal ini akan mengakibatkan semakin bertambahnya biaya penyimpanan (Kamal dan Sculfort, 2007).

Ada beberapa definisi Fuzzy untuk membentuk Fuzzy EOQ (Dahdah, 2009).

Definisi 1.

Sebuah himpunan fuzzy $\tilde{r}$ didefinisikan sebagai fungsi keanggotaan dari $\mu\tilde{r}(r)$ yang mana memetakan masing-masing dan setiap elemen dari R ke rentang antara 0 sampai 1, atau dapat dituliskan dengan $\mu\tilde{r}(r) \rightarrow [0, 1]$

Dimana R adalah himpunan universal.

Diartikan secara sederhana, Himpunan fuzzy adalah himpunan yang tidak mempunyai batasan secara tegas. Disisi yang lain, Sebuah himpunan fuzzy adalah himpunan yang memiliki elemen dengan karakteristik seperti pada fungsi keanggaotaan diatas.

Definisi 2.

Bilangan Fuzzy $\tilde{r}$ adalah sebuah himpunan fuzzy yang didefinisikan dalam R yang mempunyai tingkat keanggotaan $\mu\tilde{r}(r)$, dimana $r \in R$ dengan asumsi :

a. *Convex*

b. *Normalized fuzzy set*

c. *Piecewise Continuous*

Definisi 3.

Misalkan $\tilde{r}$ adalah bilangan fuzzy, $\alpha - cut$ dari $\tilde{r}$ dinotasikan dengan $\tilde{r}\alpha$ adalah himpunan bilangan nyata yang mana fungsi keanggotaan $\tilde{r}$ tidak lebih kecil dari α. Dapat dituliskan dalam bentuk

$\tilde{r}\alpha = \{r \mid \mu\tilde{r}(r) \geq \alpha,\ r \in R\}$……………………………………….………….(2.33)

Definisi 4.

Support dari satu himpunan fuzzy adalah sebuah himpunan bagian bilangan crisp (tegas) dari himpunan dasar R. Dapat dituliskan dalam bentuk

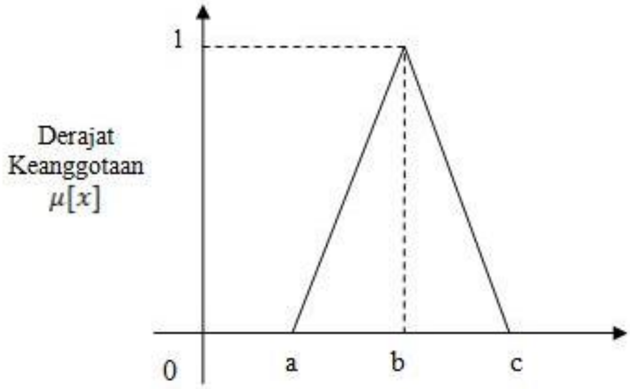
$Supp\ (\tilde{r}) = \{r \mid \mu\tilde{r}(r) \geq 0, r \in R\}$ ……………………….………….........(2.34)

Definisi 5.

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan nilai data input (domain) ke nilai keanggotaannya dengan cara mendakati dengan suatu bentuk fungsi. Salah satu fungsi keanggotaan (kurva) adalah triangular/segitiga (triangular fuzzy number). Bentuk kurva ini seperti pada gambar, dimana r ditujukan dengan (a,b,c), dimana $a \leq b \leq c$ dan fungsi keanggotaan didefinisikan sebagi berikut :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a\ atau\ x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \end{cases} \qquad \text{...(2.35)}$$

Dimana, a, b,c $\in R$



Gambar 2.17 Kurva segtiga

Keterangan:

a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol

r = nilai input yang akan di ubah ke dalam bilangan fuzzy

Definisi 6.

Dengan menggunakan konsep definisi 3, apabila diberikan koefisien confidence α bilangan fuzzy segitiga akan didefinisikan sebagai himpunan dengan interval tertutup. Interval tersebut adalah

$\tilde{r}_{\alpha} = (\tilde{r}_{\alpha-L}\,;\,\tilde{r}_{\alpha-U}) = \{a + \alpha(b - a); c - \alpha(c - b)\}\ \forall\alpha \in [0\,,1]$……………..…(2.36)

Definisi 7.

Proses penegasan (de-fuzzifikasi) keluaran dari suatu aturan-aturan fuzzy merupakan domain himpunan fuzzy yang harus dapat dirubah menjadi bilangan tegas (crisp). Ada beberapa metode yang digunakan untuk proses defuzzifikasi salah satu yang didigunakan pada metode ini adalah metode pusat gravitasi (*centre of gravity*) atau *centroid* yang meruapakan metode yang paling terkenal dan efisien (Sinha dan Sarmah). $\tilde{r}$ diubah menjadi bilangan tegas dengan rumusan

$r = Defuzzifikasi\ \tilde{r} = \frac{\int_R r.\mu_{\tilde{r}}(r)dr}{\int_R \mu_{\tilde{r}}(r)dr}$ ....……………………….………(2.37)

Dalam kaitan dengan penggunaan fuzzy pada penentuan ukuran pemesanan yang ekonomis, dengan variabel permintaan yang bersifat deterministik akan diubah menjadi fuzzy permintaan maka akan mengakibatkan berubahnya bentuk ukuran pemesanan yang ekonomis menjadi fuzzy ukuran pemesanan yang ekonomis $\tilde{Q}^*$. Rumusan akan berubah menjadi (Dahdah, 2009).

$$\tilde{Q}^* = \sqrt{\frac{2.c.\tilde{D}}{h}} \qquad (2.38)$$

Dimana $\tilde{D}$ adalah bilangan fuzzy permintaan dengan fungsi keanggotaan merepresentasikan kurva segitiga (*triangular*). Sebuah bilangan fuzzy $\tilde{D}$ didefinikan dengan support $[D_i;D_u]$ dengan titik D_m merupakan maksimal derajat keanggotaan. Dimana $\tilde{D} = [D_i ;D_m ;D_u]$ dan $D_i ;D_m ;D_u \in R$, dimaa D_i adalah batas bawah permintaan, D_m adalah nilai tengah permintaan dan D_u adalah batas pemintaan. Derajat keanggotaan D_i dan D_u adalah 0 dan derajat keanggotaan Dm mencapai angka 1.

Begitu halnya dengan biaya persediaan yang akan berubah menjadi

$$\widetilde{TIC} = h.\frac{Q}{2} + c.\frac{\tilde{D}}{Q} \qquad (2.39)$$

Jika ukuran pemesanan yang optimal tidak diikutkan dalam perhitungan maka didapat rumus;

$$\widetilde{TIC} = \sqrt{2.h.c.\tilde{D}} \qquad (2.40)$$

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian tugas akhir yang dilakukan merupakan aplikasi pengembangan dari penelitian sebelumnya dengan menggabungkan aspek permasalahan yang baru. Referensi penelitian yang dilakukan oleh Ayu Tri Septadianti, dkk (2013) dengan judul “ Sistem Pengendalian Persediaan Dengan Permintaan Dan Pasokan Tidak Pasti”. Menyatakan bahwa dalam sistem pengendalian persediaan, permintaan maupun pasokan yang tidak pasti merupakan salah satu fenomena nyata yang pasti akan terjadi. Hal ini tentu saja dapat mengganggu proses produksi dan mengakibatkan kerugian pada perusahaan. Model *Economic Order Quantity Back Order* atau *EOQ Back Order* hanya digunakan untuk mengatasi permintaan yang tidak pasti dengan adanya kemungkinan terjadinya kehabisan persediaan (stockout) sehingga diperlukan persediaan cadangan. Model *EOQ Back Order* tidak memperhitungkan ketersediaan pasokan bahan baku, dimana kondisi tersebut pasti akan sering dialami oleh sebuah perusahaan manufaktur. Model pengendalian persediaan Fuzzy (*Fuzzy Inventory Control*) dapat digunakan dalam sistem persediaan dengan kondisi permintaan dan pasokan tidak pasti yang bertujuan untuk mendapatkan jumlah pemesanan yang optimal dan titik pemesanan ulang sehingga biaya total persediaan minimum. Studi kasus yang dilakukan pada PT.XYZ, model pengendalian persediaan fuzzy mampu menghasilkan biaya total persediaan paling minimum diantara model EOQ dan model kebijakan yang digunakan oleh perusahaan.

Tri Wahyu Ningsih, dkk (2014) dengan judul "Pengendalian Persediaan Bahan Baku Semen Dengan Kendala Kapasitas Gudang Menggunakan Model Probabilistik Q". Penelitian tersebut bertujuan untuk mengoptimalkan jumlah pemesanan bahan baku dengan menggunakan model inventori probabilistik Q *backorder policy* dengan kendala kapasitas gudang bahan baku sehingga persediaan akan bahan baku dapat terpenuhi. Model inventori probabilistik Q *backorder policy* merupakan solusi dari permasalahan pengendalian inventori yang digunakan untuk menetapkan jumlah pemesanan optimal, jumlah *reorder point* dan *safety stock* untuk bahan baku pembuatan semen pada PT. XYZ .

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Hepi Dwi Efendi (2015) dengan judul "Perencanaan Persediaan Multi-Item Packaging Material dengan Kendala Keterbatasan Kapasitas Penyimpanan Menggunakan Metode *Multi Item Fuzzy Economic Order Quantity*". Menyatakan bahwa dalam manajemen persediaan, permintaan yang tidak pasti merupakan salah satu fenomena nyata yang pasti akan terjadi. Hal ini tentu saja dapat menggangu proses produksi dan mengakibatkan kerugian pada perusahaan. *Muliti item EOQ With Storage Limitation* adalah model persediaan dengan jumlah item lebih dari satu (n>1), dengan permintaan bersifat tidak pasti dan tidak memakai teori probabilistik maka ukuran pemesanan yang ekonomis diselesaikan dengan menggunakan aturan aritmatika fuzzy, sehinggga menjadi *Muliti item Fuzzy EOQ With Storage Limitation.* Dimana hasil pemesanan tersebut tidak sampai melebihi kapasitas gudang dan menghasilkan biaya persediaan yang paling kecil jika dibandingkan dengan sistem persediaan perusahaan.