

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN PRODUKSI

Proses produksi adalah interaksi antara bahan baku, bahan pendukung, tenaga kerja dan mesin-mesin serta alat-alat perlengkapan yang dipergunakan untuk menghasilkan output (produk). Interaksi-interaksi tersebut harus diatur dengan baik untuk memperbaiki tingkat efektifitas dan efisiensi produksi. Efisien adalah bahwa proses produksi dapat berjalan dengan memakan ongkos atau biaya yang rendah dan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Sedangkan efektif berarti dengan sumber daya yang ada dapat diperoleh hasil yang sebesar-besarnya, dalam arti jumlah output yang dihasilkan bertambah besar.¹

2.1.2 Fungsi Perencanaan Produksi

Dalam melakukan pengawasan dan pengamatan dalam jalannya proses produksi harus didukung dengan laporan-laporan data yang baik. Data-data atau rekaman-rekaman dari aliran-aliran input ke proses dan

¹ Indriyo Gitosudarmo. *Sistem Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. (Yogyakarta:BPFE, 1998), p.1

selanjutnya ke output sering disebut dengan informasi di depan (*Feed Forward Information*), sedangkan data-data atau laporan-laporan tentang output atau proses ke input sering disebut informasi balik (*Feed Back Information*). Untuk keperluan pengamatan tersebut dilakukan tiga fungsi, yaitu :

1. Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan adalah merupakan perkiraan terhadap masa depan, apa yang akan terjadi. Peramalan di bidang produksi tentunya berhubungan dengan peramalan terhadap permintaan. Hasil dari peramalan akan mempengaruhi terhadap rencana apa yang akan kita lakukan.

2. Perencanaan (*Planning*)

Perencanaan adalah dasar bagi kita untuk menentukan sasaran/tujuan dan bagaimana membuat langkah-langkah untuk mencapai sasaran/tujuan tersebut. Adapun perencanaan yang berhubungan dengan proses produksi ada 3, yaitu :

a). Perencanaan tentang pabrik

Perencanaan ini terdiri dari beberapa macam, antara lain :

- Letak pabrik
- Lay out pabrik
- Luas pabrik

- Bentuk pabrik
- Jenis mesin yang dipakai
- Lingkungan kerja

b). Manufacturing Planning

Adalah proses perencanaan yang berhubungan dengan produksi pembuatan barang , atau proses penciptaan kegunaan bentuk (*form utility*). Perencanaan ini terdiri dari beberapa macam, antara lain :

Route aliran proses produksi

- Metode kerja
- Alat-alat pembantu yang dipakai
- Waktu yang dipakai
- Jenis dan jumlah bahan yang dibutuhkan
- Bagian-bagian yang harus dibeli dari perusahaan lain
- Standardisasi, spesialisasi dan simplifikasi dan sebagainya.

c). Production Planning

Adalah perencanaan yang berhubungan dengan produksi. Perencanaan ini lebih banyak merencanakan masalah-masalah produksi dalam aspek software, sedangkan perencanaan

tentang pabrik dan *manufacturing planning* banyak berhubungan dengan perencanaan produksi dalam aspek hardware (fisik). Perencanaan ini terdiri dari :

- Design baru
- Metode penyediaan bahan
- Metode penyediaan barang jadi
- Pola produksi
- Jadwal produksi
- Pengaturan tenaga kerja dan komunikasi
- Pengendalian kualitas
- Pengendalian biaya
- Operation Research dan sebagainya

Metode logika samar (*fuzzy*) yang digunakan pada penelitian ini merupakan salah satu sistem yang digunakan untuk membantu dalam proses perencanaan produksi.

2.1.3 Proses Perencanaan Produksi

Dalam hal ini, proses perencanaan produksi adalah suatu proses tentang bagaimana rencana program produksi itu kita rencanakan. Ada 3 pendekatan yang dapat dilakukan dalam merencanakan produksi yaitu :

1. Pendekatan perkembangan yang menguntungkan (Profitable Growth Approach).

Fasilitas dan sarana yang kita miliki harus diseimbangkan dengan kebutuhan lingkungan masyarakat. Hal ini dimaksudkan untuk mencapai perkembangan yang menguntungkan bagi perusahaan atau organisasi. Jika digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.1 Proses Perencanaan dengan Pendekatan Perkembangan Yang Menguntungkan.

Perusahaan dapat memiliki ketidakseimbangan, baik itu miring ke kiri maupun miring ke kanan. Apabila perusahaan mengalami keadaan di mana sarana produksinya lebih besar dibandingkan dengan kebutuhan lingkungannya maka perusahaan terganggu keseimbangannya, yang berarti akan miring ke kanan, begitu pula jika perusahaan memiliki kebutuhan lingkungan yang lebih banyak dibandingkan dengan sarana yang dimilikinya maka keseimbangan pun terganggu dan akan cenderung miring ke kiri. Berikut ini beberapa

ciri dimana perusahaan memiliki sarana yang lebih besar dibandingkan dengan kebutuhannya :

- Persediaan barang menumpuk
- Banyak mesin-mesin yang menganggur
- Modal yang tersedia berlebih
- Semangat karyawan menjadi lesu
- Pasar/market rendah

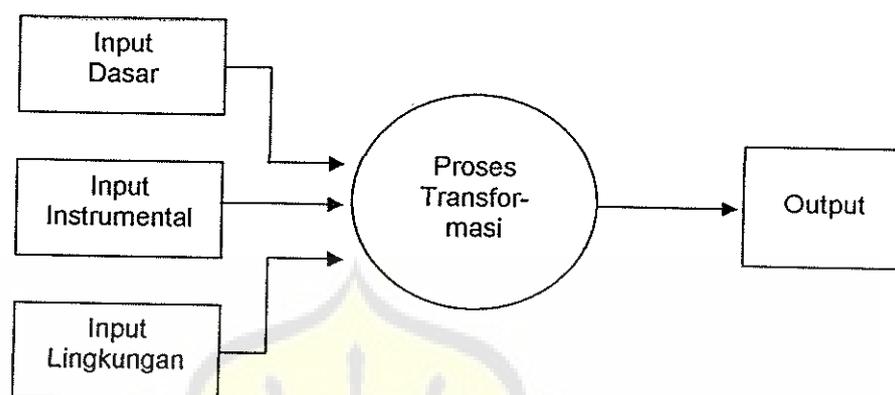
Sedangkan untuk perusahaan yang memiliki kebutuhan yang lebih besar dari sarana yang dimilikinya, maka akan mempunyai ciri-ciri sebagai berikut :

- Sering menolak order
- Sering terjadi kerusakan produk
- Sering terjadi kerusakan pada mesin-mesin
- Sering terjadi kecelakaan kerja
- Sering terjadi keterlambatan waktu penyelesaian kerja
- Kekurangan modal usaha

2. Pendekatan Sistem (*System Approach*).

Hampir dalam kehidupan di dunia ini dapat dikatakan sebagai sistem, sistem adalah suatu agregasi (kumpulan) elemen yang dinamis, yang berhubungan satu sama lain dan saling tergantung, dan berjalan

sesuai dengan hukum-hukum tertentu.² Keuntungan dari pendekatan sistem ialah bahwa pendekatan itu memungkinkan kita melihat variabel-variabel dan kendala-kendala kritis serta interaksi mereka satu sama lain. Pendekatan sistem ini dapat dilihat pada gambar 2.2.



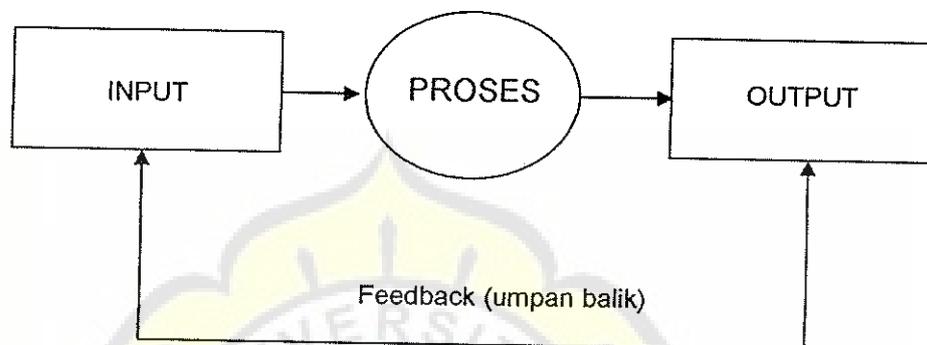
Gambar 2.2 Konsep Sistem dengan Beberapa Jenis Input

Pada proses transformasi akan terjadi interaksi antara beberapa input, yang kemudian hasil dari proses tersebut akan menghasilkan sesuatu situasi yang baru yang disebut dengan output. Hasil dari output dapat berupa rencana-rencana kerja atau perintah-perintah kerja.

Dalam pendekatan sistem terdapat dua macam sistem, yaitu : sistem tertutup dan sistem terbuka. Sistem tertutup ialah apabila interaksi di dalam sistem tidak dipengaruhi oleh faktor-faktor dari luar, contohnya : mobil, sepeda motor, televisi, dll. Sedangkan sistem terbuka ialah sistem di mana dipengaruhi oleh faktor-faktor dari sistem yang lain,

² Ibid.,38.

contohnya : pelayanan orang sakit, sistem pendidikan, pengadaan bahan baku, dll. Ciri khusus dari sistem terbuka adalah memiliki prinsip *cybernetic*, prinsip *cybernetic* adalah prinsip umpan balik (*feedback*). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3 Konsep Sistem dengan Beberapa Jenis Input

Konsep sistem terbuka memiliki beberapa karakteristik, antara lain :

- Adanya pertukaran energi, benda, atau informasi antara sistem dengan lingkungannya.
- Sistem terbuka mempunyai kecenderungan untuk menjaga keadaan yang seimbang (*steady state*). Hal ini dapat dicapai kalau rasio konstan antara komponen dalam sistem tersebut selalu dijaga.

- Sistem terbuka mempunyai mekanisme untuk mengatur diri (*self regulating*). Hal ini merupakan penerapan dari prinsip *cybernetic*.

2.1.4 Pengendalian Persediaan Bahan Baku

Apabila penggunaan bahan baku bersifat tetap dan kontinyu maka akan mudah bagi kita untuk merencanakan pembelian bahan baku tersebut, misalnya : suatu pabrik menggunakan bahan terigu setiap hari sebanyak 1000 kg, maka penggunaan bahan baku dalam satu bulan adalah $1000 \text{ kg} \times 25 \text{ hari} = 25\,000 \text{ kg}$. Bagaimana jika penggunaan bahan baku menjadi tidak teratur penggunaannya. 2 faktor yang mempengaruhi besar kecilnya biaya dalam pengadaan bahan baku ::

1. Faktor biaya pembelian
2. Faktor biaya penyimpanan

Berikut ini beberapa manfaat yang didapat perusahaan apabila dapat melakukan perhitungan pembelian bahan baku dengan baik :

1. Hubungan dengan supplier dapat berlangsung secara kontinyu, yang dapat menimbulkan ketepatan kedatangan bahan dan mutu yang baik.
2. Harga bahan dapat ditekan lebih rendah dari harga normal, karena pembelian yang terus-menerus

3. Pengurusan pembelian lebih mudah dan tidak berbelit-belit, karena sudah terbiasa dan saling percaya.

Dalam hal penjualan dan penyediaan bahan baku perlu juga diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Standardisasi bahan baku
- Supplier bahan baku
- Syarat pembelian
- Cara penyimpanan
- Kemasan/Bungkus
- Spesifikasi bahan

Keputusan dari suatu perusahaan apabila ingin membuat sendiri memperhitungkan beberapa faktor :

1. Terdapat ketidakpastian penawaran (supply) bahan.
2. Kualitas yang dibeli sering tidak baik, sehingga sering mengganggu kelancaran proses produksi.
3. Terdapat keharusan untuk merahasiakan proses produk produksi.
4. Terdapat pengangguran kapasitas mesin yang dapat digunakan untuk keperluan tersebut.
5. Kebutuhan untuk mempertahankan dan memperoleh hubungan baik terhadap tenaga kerja.

Dan suatu perusahaan memutuskan untuk membeli bahan dengan memperhitungkan factor-faktor :

1. Tidak tersedia dana/capital yang dibutuhkan untuk memproduksi bahan tersebut.
2. Tidak memiliki pengalaman untuk membuat bahan tersebut.
3. Terdapat alternative penggunaan bahan lain yang cukup baik, dari segi kualitas maupun biaya yang dikeluarkan.

PT. Lion Metal Works, Tbk. Merupakan salah satu perusahaan yang memilih untuk membeli bahan baku dalam pengadaannya. Salah satu bahan baku utama dari perusahaan ini adalah coil (gulungan pelat baja).

Bahan Baku Coil

Berdasarkan prosesnya coil terdiri dari 2 jenis, yaitu coil HRC (Hot Rolled Coil) dan coil CRC (Cold Rolled Coil). HRC adalah baja lembaran panas yang berupa coil yang diperoleh dari proses pengerolan panas, baja ini sering disebut juga dengan "baja hitam". Ketebalan pelat baja lembaran panas berkisar antara 0,18mm s/d 25mm dan lebarnya antara 600mm hingga 2060mm. Berikut ini beberapa contoh penggunaan dari baja lembaran panas:

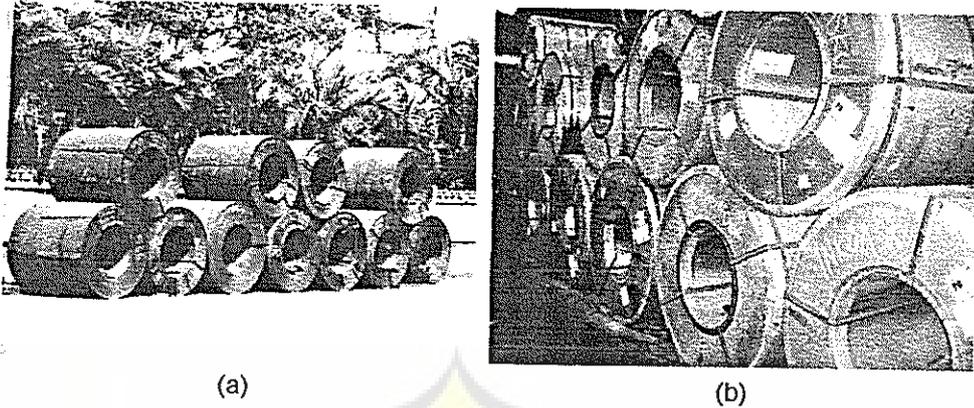
1. Untuk konstruksi umum dan las
2. Pipa dan tabung
3. Komponen dan rangka otomotif

4. Jalur pipa untuk minyak dan gas
5. Casing dan tubing pipa sumur minyak
6. Tabung gas
7. Baja tahan korosi cuaca
8. Rerolling
9. Konstruksi kapal
10. Boiler dan pressurized container

CRC adalah baja lembaran dingin yang berupa coil yang diperoleh dari proses pengerolan dingin atau biasa disebut dengan “baja putih”. Baja lembaran dingin mempunyai sifat tipikal yang berbeda secara signifikan dengan baja lembaran panas. Baja lembaran dingin memiliki kualitas permukaan yang lebih baik, lebih tipis dan dengan ukuran yang lebih presisi, serta mempunyai sifat mekanis yang baik dan formability yang sangat bagus. Baja jenis ini umumnya dimanfaatkan dalam proses pembentukan karena material ini memiliki formability, weldability, dan kualitas roughness yang lebih baik. Ketebalan baja ini berkisar antara 0,2mm s/d 2,0mm. Berikut ini beberapa contoh penggunaan baja lembaran dingin.

1. Untuk otomotif
2. Galvanized sheet
3. Pipa dan tabung
4. Porcelain enamelware

5. Tin mill black plate
6. Dan penggunaan umum lainnya.



Gambar 2.4 Bahan Baku Coil HRC (a) dan CRC (b)

2.1.5 Pengawasan (*control*)

Perencanaan yang telah dibuat harus dikendalikan dan diawasi pelaksanaannya. Pengawasan pada hakekatnya adalah pengamatan terhadap kegiatan yang dilakukan apakah telah dilaksanakan sesuai dengan rencana atau tidak. Informasi mengenai penyimpangan yang terjadi harus dapat disajikan secara data ataupun bahasa lisan, untuk selanjutnya dilakukan tindakan-tindakan yang mengarah pada perbaikan.

2.2 LOGIKA SAMAR (*FUZZY*)

2.2.1 Pendahuluan

Dalam kehidupan sehari-hari, kita tidak dapat memutuskan sesuatu masalah dengan jawaban sederhana yaitu "Ya" atau "Tidak". Sebagai contoh,

untuk menyatakan orang berbadan "Tinggi", amat bersifat relatif. Demikian juga untuk mengatakan warna "abu-abu" yang merupakan campuran antara warna hitam dengan putih.

Teori logika fuzzy dikembangkan oleh Prof. Lotfi Zadeh pada sekitar tahun 1960-an dengan penentuan himpunan fuzzy. Sebelum munculnya teori logika fuzzy (*fuzzy logic*), dikenal sebuah logika tegas (*crisp logic*) yang memiliki nilai benar atau salah secara tegas. Sebaliknya logika fuzzy merupakan sebuah logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar dan salah³. Dalam teori logika fuzzy sebuah nilai bisa bernilai benar dan salah secara bersamaan namun berapa besar dan kesalahan suatu nilai tergantung kepada bobot keanggotaan yang dimilikinya.

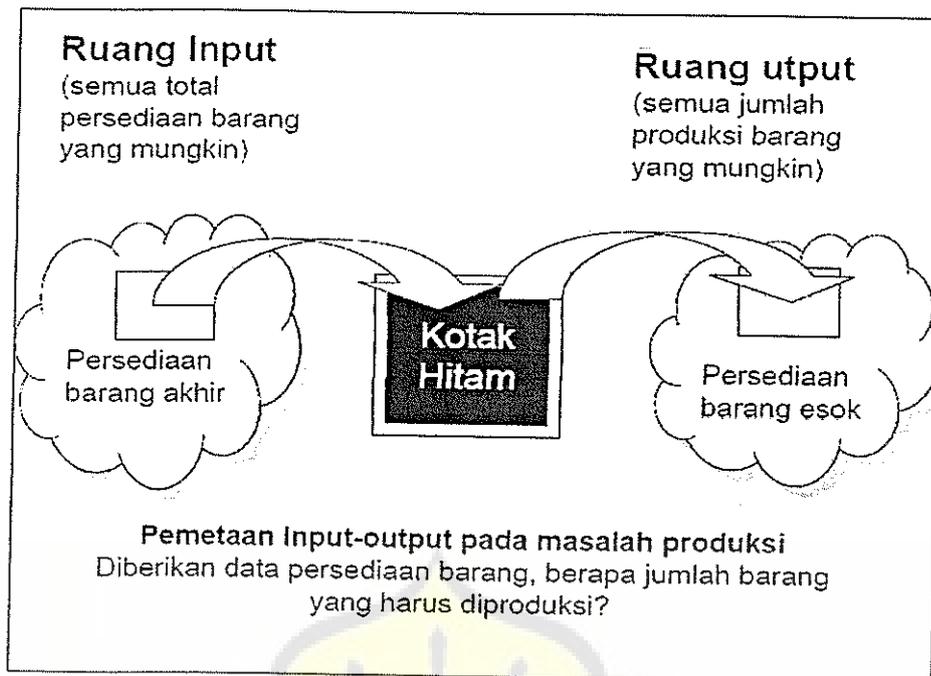
Kelebihan dari teori logika fuzzy adalah kemampuan dalam proses penalaran secara bahasa (*linguistic reasoning*), sehingga dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematik dari objek yang akan dikendalikan.

2.2.2 Apa Logika Fuzzy Itu ?

Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output⁴. Seperti terlihat pada gambar 2.5.

³ http://k12008.widyagam.pdf.a.ac.id/ai/diktatpdf/Logika_Fuzzy, *Logika Fuzzy*, p.3-6 (04 Mei 2009)

⁴ Sri Kusumadewi, *Analisis dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Tool Box Matlab*. (Yogyakarta: Graha Ilmu, 2002), p.2



Gambar 2.5. Contoh pemetaan input-output

Antara input dan output terdapat satu kotak hitam yang harus memetakan input ke output yang sesuai. Selama ini, ada beberapa cara yang mampu bekerja pada kotak hitam tersebut, antara lain :

1. Sistem fuzzy
2. Sistem linear
3. Sistem pakar
4. Jaringan syaraf
5. Persamaan differensial
6. Tabel interpolasi multi-dimensi, dll.

Meskipun ada cara yang mampu bekerja dalam kotak hitam tersebut, namun fuzzy akan memberikan solusi yang paling baik. Sebagaimana dikatakan oleh

Lotfi A. Zadeh, bapak dari logika fuzzy: "Pada hampir semua kasus kita dapat menghasilkan suatu produk tanpa menggunakan logika fuzzy, namun menggunakan fuzzy akan lebih cepat dan lebih murah".⁵

2.2.3 Keunggulan Logika Fuzzy

Logika fuzzy memiliki beberapa keunggulan sebagai berikut :

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 non linear yang sangat kompleks
5. Logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik teknik kendali secara konvensional.
6. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami.

2.3 FUZZYIFIKASI DAN DEFUZZYFIKASI

2.3.1 Fuzzyfikasi

Untuk menyelesaikan setiap masalah samar (*fuzzy*) yang menggunakan beberapa aturan samar (*fuzzy*), yang masing-masing berbentuk implikasi samar (*fuzzy*).

⁵ Ibid.,3

If (x_1 adalah A_1). (x_2 adalah A_2)..... (x_n adalah A_n) Then Y adalah B dengan \cdot adalah bentuk operator AND atau OR, dan untuk kasus proposisi dengan anteseden yang mempunyai komponen yang banyak, maka posisi kalimat Y adalah B ditentukan dengan menggabungkan keseluruhan nilai anteseden, maka setiap komponen anteseden dan konsekuen setiap aturan direpresentasikan dalam himpunan-himpunan samar yang sesuai.

Terdapat tiga metode inferensi dasar dalam sistem samar (*fuzzy*) yaitu : *Metode Max, Metode Additif, dan Metode Probar* .

2.3.1.1 Metode Inferensi MAX

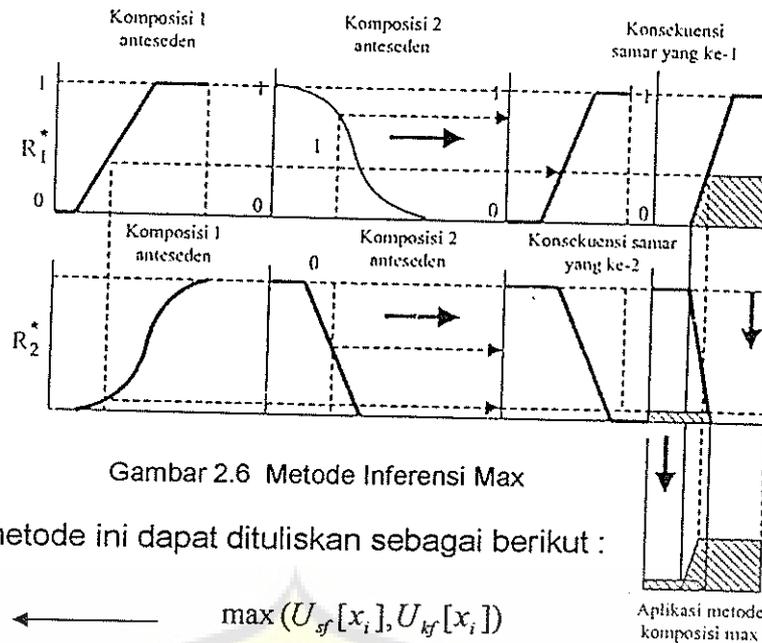
Pada metode ini, solusi himpunan samar diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah samar, dan mengaplikasikannya ke keluaran dengan menggunakan operator union.

Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka keluaran akan berisi suatu himpunan samar yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi.

Apabila digunakan fungsi implikasi minimum, maka metode komposisi ini sering disebut metode Min-Max atau Max-Min atau metode Mamdani.

Scara umum, metode ini dapat digambarkan sebagai berikut :

Misal ada dua aturan :



Secara umum, metode ini dapat dituliskan sebagai berikut :

$$U_{sf}[x_i] \longleftarrow \max(U_{sf}[x_i], U_{kf}[x_i])$$

dengan

$U_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi samar sampai aturan ke - i

$U_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen samar aturan ke - i

2.3.1.2 Metode Additif

Pada metode ini, solusi himpunan samar diperoleh dengan cara melakukan jumlah terbatas (bounded-sum) semua keluaran daerah samar.

Secara umum, metode ini dapat dituliskan sebagai berikut :

$$U_{sf}[x_i] \longleftarrow \max(1, U_{sf}[x_i] + U_{kf}[x_i])$$

dengan

$U_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi samar sampai aturan ke - i

$U_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen samar aturan ke - i

2.3.1.3 Metode Probabilistik OR

Pada metode ini, solusi himpunan samar diperoleh dengan cara melakukan penjumlahan aljabar semua keluaran daerah samar, dengan rumus sebagai berikut :

$$U_{sf}[x_i] \longleftarrow (U_{sf}[x_i] + U_{kf}[x_i] - (U_{sf}[x_i] \cdot U_{kf}[x_i]))$$

dengan

$U_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi samar sampai aturan ke - i

$U_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen samar aturan ke - i

Di antara tiga metode ini, yang banyak digunakan adalah metode Max.

2.3.2 Metode Penegasan (*Defuzzyfikasi*)

Metode penegasan (*defuzzyfikasi*) digunakan untuk menghasilkan nilai variabel solusi yang diinginkan dari suatu daerah konsekuen samar (*fuzzy*).

Defuzzyfikasi adalah komponen penting dalam pemodelan sistem samar. Terdapat beberapa tipe *defuzzyfikasi* dalam pemodelan sistem samar, misalnya : *Metode Centroid*, *Metode Bisektor*, *Metode Mean Of Maximum (MOM)*, dan beberapa metode lainnya.

Pemilihan fungsi penegasan (*defuzzyfikasi*) biasanya ditentukan oleh beberapa kriteria :

1. Masuk Akal (*plausibility*) : artinya secara intuitif bilangan tegas Z dapat diterima sebagai bilangan yang mewakili himpunan samar kesimpulan dari semua himpunan samar keluaran untuk setiap aturan.
2. Perhitungan Sederhana (*computational Simplicity*) : artinya diharapkan perhitungan untuk menentukan bilangan penegasan kesimpulan dari semua aturan adalah sederhana.
3. Kontinuitas (*continuity*) : artinya perubahan kecil pada himpunan samar kesimpulan tidak mengakibatkan perubahan besar pada bilangan penegasan.

2.3.2.1 Metode Centroid

Dengan metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah samar secara umum dirumuskan sebagai berikut :

$$a). \quad Z = \frac{\sum_{i=1}^n d_i U_{A_i}(d_i)}{\sum_{i=1}^n U_{A_i}(d_i)},$$

Untuk domain diskret, dengan :

Z = nilai hasil penegasan (*defuzzyfikasi*)

d_i = nilai keluaran pada aturan ke – i

$U_{A_i}(d_i)$ = derajat keanggotaan nilai keluaran pada aturan ke – i

n = banyak aturan yang digunakan

$$b). \quad Z_0 = \frac{\int_a^b Z.U_{(z)}.dz}{\int_a^b U_{(z)}.dz},$$

untuk domain kontinyu, dengan :

Z = nilai domain ke – i,

$U_{(z)}$ = derajat keanggotaan titik tersebut,

Z_0 = nilai hasil penegasan (*defuzzyfikasi*).

2.3.2.2 Metode Bisektor

Dengan metode ini, solusi penegasan diperoleh dengan cara mengambil nilai domain samar yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah samar kesimpulan.

Secara umum, dituliskan :

$$U_{(d)} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n U_{A_i}(d_i),$$

dengan : d = nilai hasil penegasan (*defuzzyfikasi*)

d_i = nilai keluaran pada aturan ke - i

$U_{A_i}(d_i)$ = derajat keanggotaan nilai keluaran pada aturan ke – i

n = banyak aturan yang digunakan.

Atau secara umum dinyatakan dengan rumus :

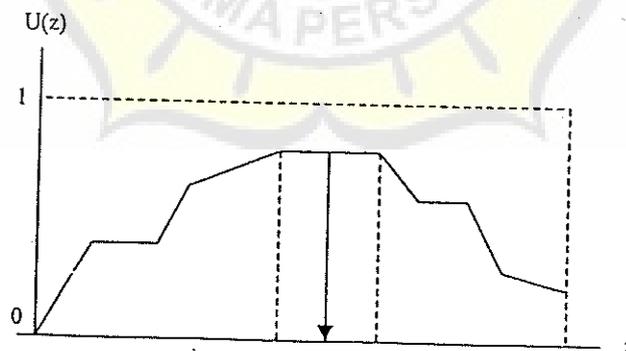
$$d \text{ adalah nilai defuzzyfikasi} \Leftrightarrow \int_{R_1}^d U(Z).dZ = \int_d^{R_n} U(Z).dZ$$

dengan :

- $[R_1, R_n]$ = domain himpunan samar kesimpulan,
- d = nilai hasil defuzzyfikasi,
- Z = variabel pada himpunan samar kesimpulan,
- $U(Z)$ = derajat keanggotaan variabel Z .

2.3.2.3 Metode Mean Of Maximum (MOM)

Metode ini menentukan solusi fuzzy dengan cara mengambil rata-rata nilai maksimum daerah fuzzy. Jika nilai maksimum daerah fuzzy berada pada titik tunggal (pada domain variable solusi), maka nilai tersebut adalah nilai yang diinginkan (nilai hasil defuzzyfikasi).



Gambar 2.7 Metode Mean Of Maximum

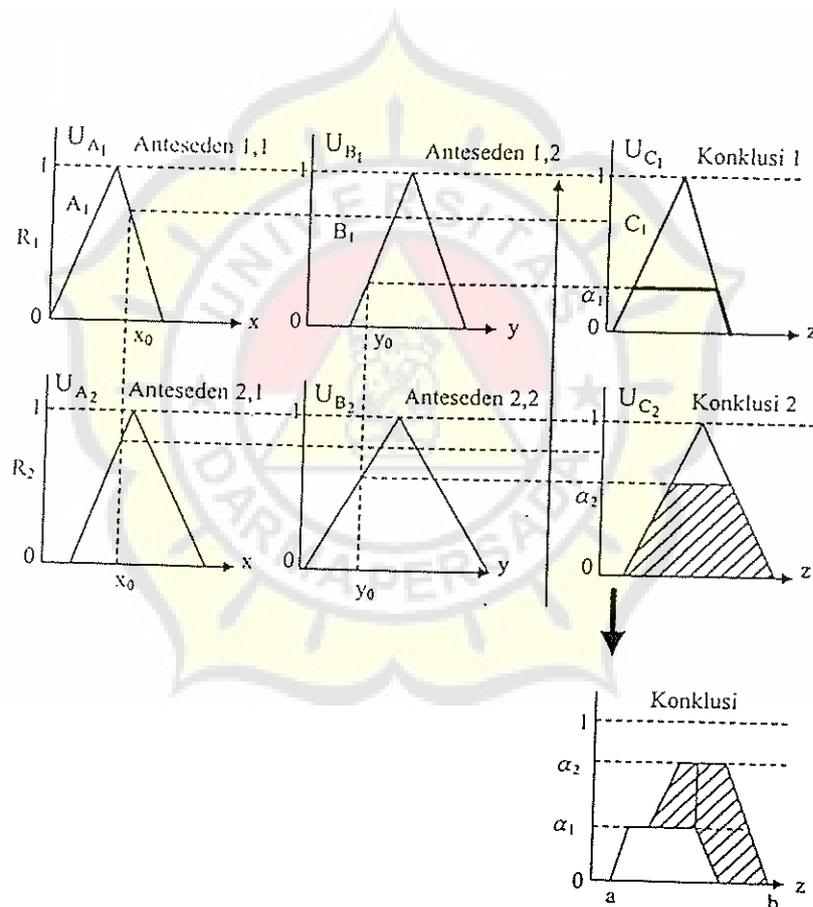
2.3.3 Metode Sistem Inferensi Samar

2.3.3.1 Metode Min-Max/Metode Mamdani

Dijelaskan dengan gambar sebagai berikut. (misal hanya ada 2 aturan)

: Digunakan metode Centroid, yaitu :

$$Z_0 = \frac{\int_a^b U_{(z)} Z \cdot dZ}{\int_a^b U_{(z)} \cdot dZ} \text{ untuk grafik ini}$$



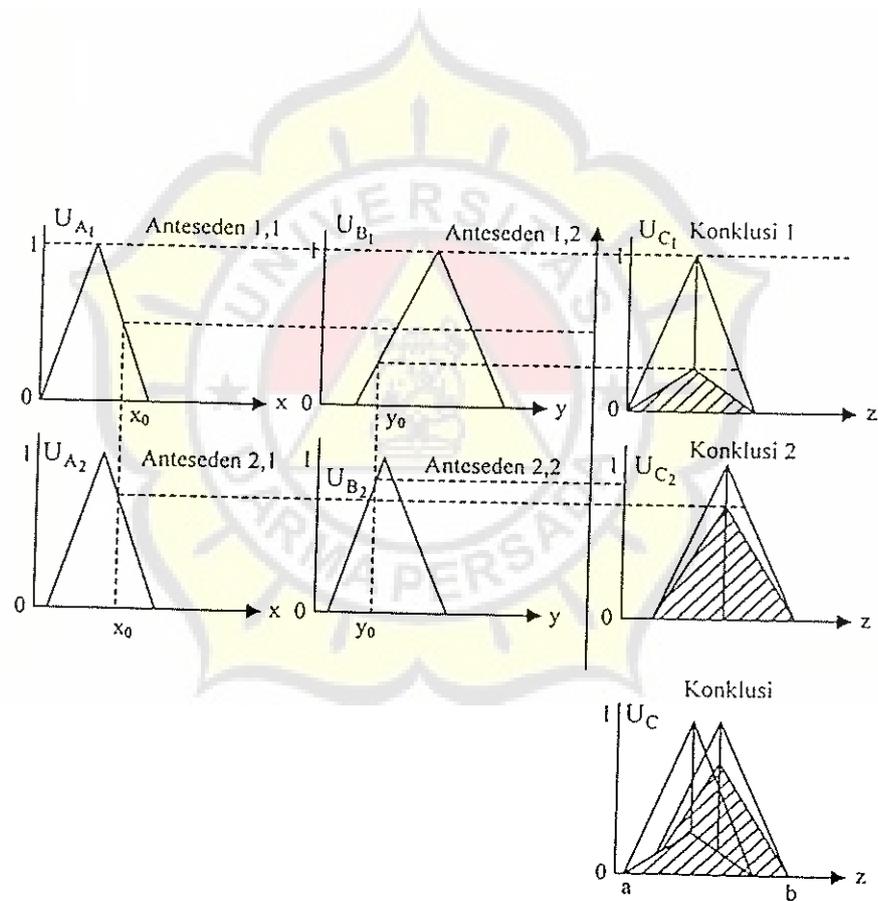
Gambar 2.8 Grafik Metode Mamdani

2.3.3.2 Metode Larsen

Dijelaskan dengan gambar sebagai berikut (missal hanya ada 2 aturan R_1, R_2) :

Digunakan metode Centroid, yaitu :

$$Z_0 = \frac{\int_a^b U(z) \cdot Z \cdot dZ}{\int_a^b U(z) \cdot dZ}$$



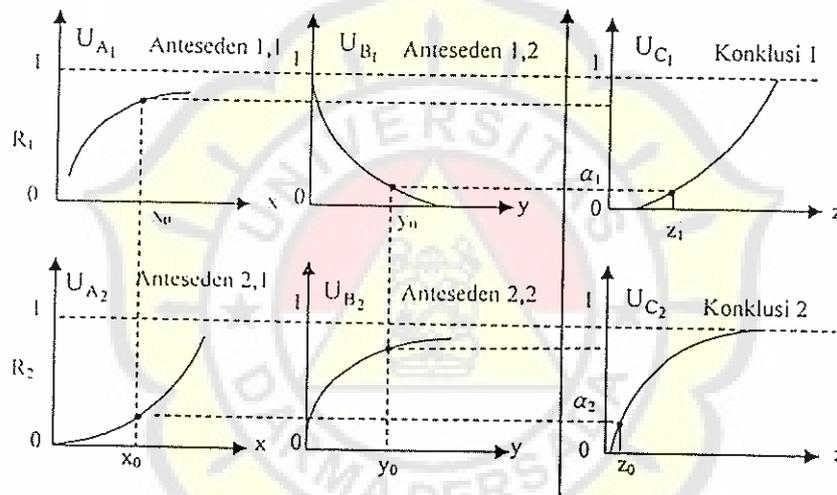
Gambar 2.9 Grafik Metode Larsen

2.3.3.3 Metode Tsukamoto

Dijelaskan dengan gambar sebagai berikut (missal hanya ada 2 aturan R_1, R_2):

Digunakan metode rata-rata terpusat Fuzzyfikasi, yaitu :

$$Z_0 = \frac{\alpha_1 \cdot Z_1 + \alpha_2 \cdot Z_2}{\alpha_1 + \alpha_2}$$

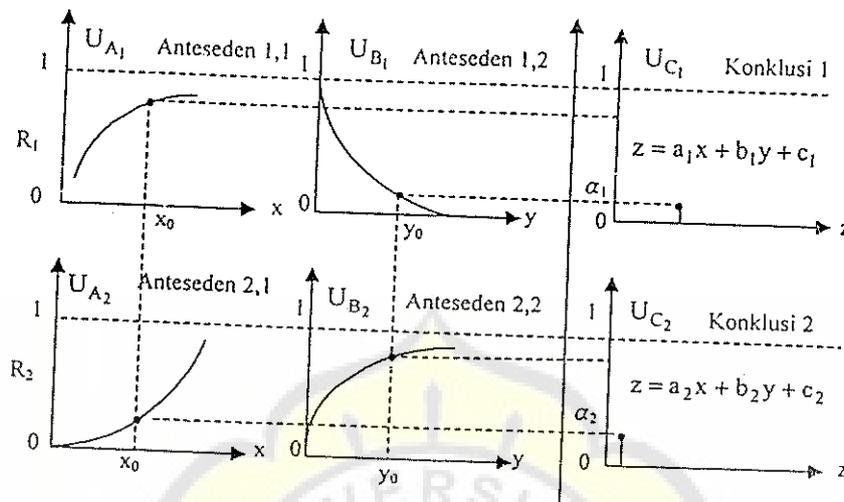


Gambar 2.10 Grafik Metode Tsukamoto

2.3.3.4 Metode Takagi-Sugeno

Dijelaskan dengan gambar sebagai berikut. (misal hanya ada 2 aturan R_1 dan R_2).

$$Z_0 = \frac{\alpha_1 \cdot Z_1 + \alpha_2 \cdot Z_2}{\alpha_1 + \alpha_2}$$
, yaitu digunakan metode rata-rata terpusat Fuzzyfikasi.



Gambar 2.11 Grafik Metode Takagi – Sugeno

2.4 METODOLOGI DESAIN SISTEM FUZZY

2.4.1 Mendefinisikan Karakteristik Data Secara Fungsional dan Operasional

Pada bagian ini, diperhatikan semua karakteristik yang dimiliki oleh sistem yang ada. Kemudian dirumuskan karakteristik-karakteristik operasi-operasi yang akan digunakan dalam model samar. Ditentukan pula batasan-batasan model, berupa : perbendaharaan himpunan fuzzy, hedge, dan definisi dari beberapa variabel.

2.4.2 Melakukan Dekomposisi Variabel Model Menjadi Himpunan-Himpunan Samar

Dari variabel-variabel yang telah dirumuskan, dilakukan pembentukan himpunan-himpunan samar yang berhubungan dengan setiap variabel. Dalam membentuk himpunan samar, perlu diperhatikan domain yang juga telah ditentukan pada langkah pertama.

2.4.3 Membuat Aturan Samar (Jika.....,maka...)

Aturan pada suatu model fuzzy menunjukkan bagaimana suatu sistem beroperasi. Secara umum aturan dituliskan sebagai :

IF $(x_1 \text{ is } A_1) \cdot (x_2 \text{ is } A_2) \cdot (x_3 \text{ is } A_3) \cdot \dots \cdot (x_n \text{ is } A_n)$ THEN $y \text{ is } B$

Dengan \cdot adalah operator (misal : OR atau AND), x_i adalah skalar dan A_i adalah variabel linguistik. Apabila sistem tidak menggunakan hedge, maka variabel linguistiknya sama dengan himpunan fuzzy.

Untuk menulis aturan perlu diperhatikan hal-hal berikut ini :

1. Kelompokkan semua aturan yang memiliki solusi pada variabel yang sama
2. Urutkan aturan sehingga mudah dibaca
3. Gunakan identitas untuk memperlihatkan struktur aturan.
4. Gunakan penamaan yang umum untuk mengidentifikasi variabel-variabel pada kelas yang berbeda.

5. Gunakan komentar untuk mendeskripsikan tujuan dari suatu atau sekelompok aturan
6. Berikan spasi antar aturan
7. Tulis variabel dengan huruf besar-kecil, himpunan fuzzy dengan huruf besar, dan elemen-elemen bahasa lainnya dengan huruf kecil.

2.4.4 Melakukan Fuzzyfikasi

Pada tahap pengambilan kesimpulan, himpunan-himpunan samar yang merepresentasikan keluaran pada tiap aturan, dikombinasikan menjadi satu himpunan samar tunggal. Masukan dari proses ini adalah daftar dari fungsi keluaran terpotong yang dihasilkan pada proses implikasi tiap aturan.

2.4.5 Melakukan Defuzzyfikasi

Hasil dari fuzzyfikasi kemudian dilakukan perhitungan tahap penegasan (defuzzyfikasi), yang merupakan tahap pemilihan nilai dari beberapa kondisi samar yang ada. Metode yang akan digunakan dalam proses defuzzyfikasi ini adalah metode centroid, karena metode ini paling masuk akal, sederhana dan kontnyu.

2.5 APLIKASI LOGIKA FUZZY

Pada kenyataannya, saat ini logika fuzzy banyak diaplikasikan dalam berbagai disiplin ilmu, mulai dari ekonomi, teknik elektro, teknik industri,

sampai pada bidang kedokteran, sebagai contoh aplikasi logika fuzzy sebagai berikut :

1. Pada tahun 1990 pertama kali dibuat mesin cuci dengan logika fuzzy di Jepang (Matsushita Electric Industrial Company). Sistem fuzzy digunakan untuk menentukan putaran yang tepat secara otomatis berdasarkan jenis dan banyaknya kotoran serta jumlah yang akan dicuci. Input yang digunakan adalah : seberapa kotor, jenis kotoran, dan banyaknya yang dicuci. Mesin ini menggunakan sensor optic, mengeluarkan cahaya ke air dan mengukur bagaimana cahaya tersebut sampai ke ujung lainnya. Makin kotor, maka sinar yang sampai makin redup. Di samping itu, sistem juga dapat menentukan jenis kotoran (daki atau minyak).
2. Transmisi otomatis pada mobil. Mobil Nissan telah menggunakan sistem fuzzy pada transmisi otomatis, dan mampu menghemat bensin 12-17%.
3. Kereta bawah tanah Sendai mengontrol pemberhentian otomatis pada area tertentu.
4. Teknik Industri, seperti Penjadwalan mesin dengan fuzzy⁶, tata letak pabrik yang didasarkan pada logika fuzzy, sistem pembuat keputusan yang didasarkan pada logika fuzzy, menentukan jumlah produksi

⁶ Rosnani Ginting, *Penjadwalan Mesin*. (Yogyakarta: Graha Ilmu, 2009), p. 155

dengan logika fuzzy⁷, pengalokasian rantai pasokan sayuran kepada pelanggan dengan logika fuzzy⁸

5. Ilmu Kedokteran dan biologi, seperti system diagnosis yang didasarkan pada logika fuzzy, penelitian kanker, manipulasi peralatan prostetik yang didasarkan pada logika fuzzy.
6. Ilmu Ekonomi, pemodelan fuzzy pada system pemasaran yang kompleks
7. Psikologi, untuk menganalisis kelakuan masyarakat, pencegahan dan investigasi kriminal, dll.
8. Ilmu-ilmu sosial, terutama untuk pemodelan informasi yang tidak pasti.
9. Ilmu lingkungan, seperti kendali kualitas air, prediksi cuaca, dll.
10. Teknik, seperti perancangan jaringan komputer, prediksi adanya gempa bumi, dll.

2.6 STUDI KASUS (MAMDANI)

Suatu perusahaan soft drink akan memproduksi minuman jenis X. Pada 3 bulan terakhir biaya produksi untuk minuman jenis tersebut rata-rata sekitar Rp 500,- per kemasan, dan maksimum mencapai Rp 1000,- per kemasan. Banyaknya permintaan per hari rata-rata mencapai 30000 kemasan

⁷ Setiadji, Himpunan dan Logika Samar Serta Aplikasinya, (Yogyakarta: Graha Ilmu, 2009), p.195

⁸ Rika Ampuh Hadiguna, *Alokasi Pasokan Berdasarkan Produk Unggulan Untuk Rantai Pasok Sayuran Segar*,

<http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/ind/article/viewFile/16709/16701>

(Diakses :05 Juli 2009)

dan maksimum hingga mencapai 60000 kemasan. Sampai saat ini, perusahaan baru mampu memproduksi barang maksimum 100000 kemasan per hari. Apabila proses produksi perusahaan tersebut menggunakan 3 aturan fuzzy sbb :

(R1) IF Biaya Produksi RENDAH And Permintaan NAIK THEN Produksi Barang BERTAMBAH ;

(R2) IF Biaya Produksi Sesuai STANDAR
THEN Produksi Barang NORMAL ;

(R3) IF Biaya Produksi TINGGI And Permintaan TURUN THEN Produksi Barang BERKURANG ;

Berapa jumlah minuman jenis X yang harus diproduksi, jika biaya untuk memproduksi jenis minuman tersebut diperkirakan sejumlah Rp 800 per kemasan, dan permintaan diperkirakan mencapai 25000 kemasan per hari.

Solusi :

1. Membuat himpunan dan input fuzzy

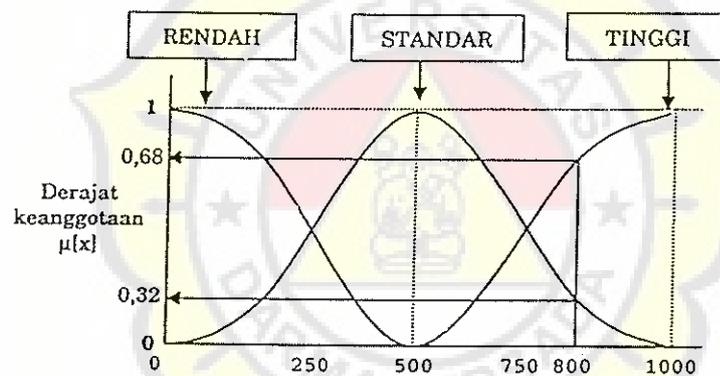
Ada 3 variabel fuzzy yang akan dimodelkan, yaitu :

- Biaya produksi ; terdiri atas 3 himpunan fuzzy, yaitu : RENDAH, STANDAR, dan TINGGI.
- Permintaan Barang ; terdiri atas 3 himpunan fuzzy, yaitu : TURUN, BIASA, dan NAIK.

- Produksi Barang ; terdiri atas 3 himpunan fuzzy, yaitu : BERKURANG, NORMAL, dan BERTAMBAH.

A. Variabel Biaya Produksi

Untuk merepresentasikan variabel Biaya Produksi digunakan kurva berbentuk S (untuk himpunan fuzzy RENDAH & TINGGI) dan kurva bentuk π (untuk himpunan fuzzy STANDAR) seperti terlihat pada gambar 2.12 di bawah ini.



Gambar 2.12 Representasi Variabel : Biaya Produksi.

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu_{BP_{Rendah}}[x] = \begin{cases} 1 - 2(x/500)^2 & x \leq 250 \\ 2((500 - x)/500)^2; & 250 \leq x \leq 500 \\ 0; & x \geq 500 \end{cases}$$

$$\mu_{BPS\text{ standar}}[x] = \begin{cases} 2(x/500)^2; & x \leq 250 \\ 1 - 2((500 - x)/500)^2; & 250 \leq x \leq 500 \\ 1 - 2((x - 500)/500)^2; & 500 \leq x \leq 750 \\ 2((1000 - x)/500)^2; & 750 \leq x \leq 1000 \end{cases}$$

$$\mu_{BPT\text{ tinggi}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 500 \\ 2((x - 500)/500)^2; & 500 \leq x \leq 750 \\ 1 - 2((1000 - x)/500)^2; & 750 \leq x \leq 1000 \\ 1; & x \geq 1000 \end{cases}$$

Jika biaya produksi sebesar Rp 800,- maka nilai keanggotaan fuzzy pada tiap-tiap himpunan adalah :

- Himpunan fuzzy RENDAH, $\mu_{BP\text{ Rendah}}[800] = 0,0$.
- Himpunan fuzzy STANDAR, $\mu_{BPS\text{ standar}}[800] = 0,32$.

diperoleh dari :

$$\begin{aligned} \pi(800;500,500) &= S(800;500,750,1000) \\ &= 2[(1000 - 800)/(1000 - 500)]^2 \\ &= 0,32 \end{aligned}$$

- Himpunan fuzzy TINGGI, $\mu_{BPT\text{ tinggi}}[800] = 0,68$.

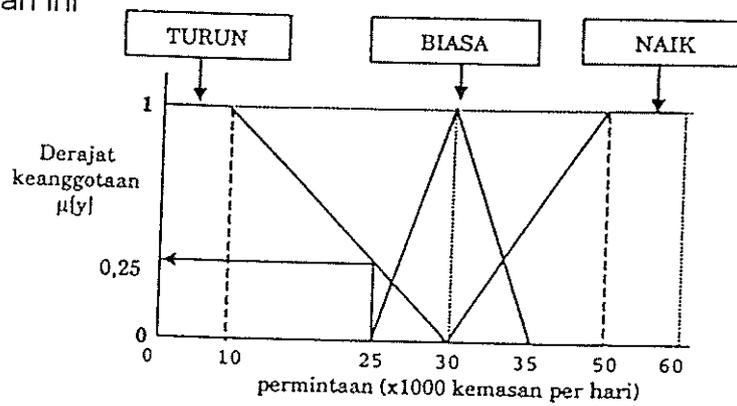
diperoleh dari :

$$\begin{aligned} S(800;500,750,1000) &= 1 - S(800;500,750,1000) \\ &= 1 - 2[(1000 - 800)/(1000 - 500)]^2 \\ &= 0,68 \end{aligned}$$

B. Variabel Permintaan

Untuk merepresentasikan variabel Pemasaran digunakan kurva berbentuk bahu (untuk himpunan fuzzy TURUN & NAIK) dan kurva bentuk

segitiga (untuk himpunan fuzzy BIASA) seperti terlihat pada gambar 2.13 di bawah ini



Gambar 2.13 Representasi Varibel : Permintaan

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu_{PmtTurun}[y] = \begin{cases} 1; & y \leq 10 \\ (30 - y)/20; & 10 \leq y \leq 30 \\ 0; & y \geq 30 \end{cases}$$

$$\mu_{PmtBiasa}[y] = \begin{cases} 0; & y \leq 25 \text{ atau } y \geq 35 \\ (x - 25)/5; & 25 \leq y \leq 30 \\ (35 - y)/5; & 30 \leq y \leq 35 \end{cases}$$

$$\mu_{PmtNaik}[y] = \begin{cases} 0; & y \leq 30 \\ (y - 30)/20; & 30 \leq y \leq 50 \\ 1; & y \geq 50 \end{cases}$$

Jika permintaan sebanyak 25000 kemasan per hari, maka nilai keanggotaan fuzzy pada tiap-tiap himpunan adalah :

- Himpunan fuzzy TURUN $\mu_{PmtTurun}[25] = 0,25$.

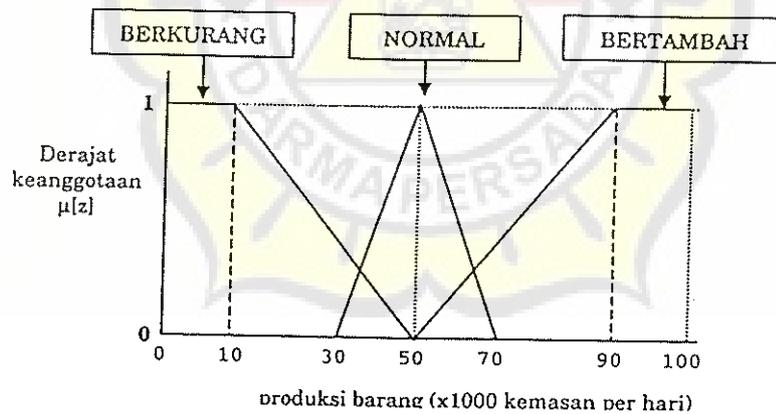
diperoleh dari

$$\begin{aligned} f(25) &= (30-25)/20 \\ &= 0,25 \end{aligned}$$

- Himpunan fuzzy BIASA, $\mu_{PmtBiasa}[25] = 0$
- Himpunan fuzzy NAIK, $\mu_{PmtNaik}[25] = 0$

C. Variabel Produksi Barang

Untuk merepresentasikan variabel Produksi Barang digunakan kurva berbentuk bahu (untuk himpunan fuzzy BERKURANG & BERTAMBAH) dan kurva bentuk segitiga (untuk himpunan fuzzy NORMAL) seperti terlihat pada gambar 2.15 di bawah ini.



Gambar 2.14 Representasi Variabel : Produksi Barang

Nilai keanggotaan fuzzy pada tiap-tiap himpunan dirumuskan :

- Himpunan fuzzy BERKURANG :

$$\mu_{PBBerkurang}[z] = \begin{cases} 1; & z \leq 10 \\ (50 - z) / 40; & 10 \leq z \leq 50 \\ 0; & z \geq 50 \end{cases}$$

- Himpunan fuzzy NORMAL :

$$\mu_{PBNormal}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 30 \text{ atau } z \geq 70 \\ (z - 30) / 20; & 30 \leq z \leq 50 \\ (70 - z) / 20; & 50 \leq z \leq 70 \end{cases}$$

- Himpunan fuzzy BERTAMBAH :

$$\mu_{PBBertambah}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 50 \\ (z - 50) / 40; & 50 \leq z \leq 90 \\ 1; & z \geq 90 \end{cases}$$

2. Aplikasi operator fuzzy

Aturan ke-1 :

(R1) IF Biaya Produksi RENDAH And Permintaan NAIK THEN Produksi Barang BERTAMBAH ;

Operator yang digunakan adalah AND, sehingga :

$$\begin{aligned} \alpha_1 = \mu_{Pr edikatR1} &= \min(\mu_{BP Rendah}[800], \mu_{Pmt Naik}[25]) \\ &= \min(0, 0) \\ &= 0 \end{aligned}$$

Aturan ke-2 :

(R2) IF Biaya Produksi sesuai STANDAR THEN Produksi Barang NORMAL;

Tidak menggunakan operator, sehingga :

$$\begin{aligned}\alpha_2 = \mu_{\text{Pr edikatR2}} &= \mu_{\text{BPS tan dar}}[800] \\ &= 0,32\end{aligned}$$

Aturan ke-3 :

(R3) IF Biaya Produksi TINGGI And Permintaan TURUN THEN Produksi Barang BERKURANG ;

Operator yang digunakan adalah AND, sehingga :

$$\begin{aligned}\alpha_3 = \mu_{\text{Pr edikatR3}} &= \min(\mu_{\text{BPTinggi}}[800], \mu_{\text{PmtTurun}}[25]) \\ &= \min(0,68; 0,25) \\ &= 0,25\end{aligned}$$

3. Aplikasi fungsi implikasi

Semua aturan menggunakan fungsi implikasi MIN

Aturan ke-1 :

Tidak ada daerah hasil i implikasi ($\mu_{\text{KFR1}} = 0$).

Aturan ke-2 :

Pada saat $\mu_{\text{PBNormal}}[z] = 0,32$ nilai z dapat ditentukan sbb :

$$\begin{aligned}0,32 &= (z-30)/20 \\ \Leftrightarrow 0,05z &= 1,82 \\ \Leftrightarrow z &= 36,4\end{aligned}$$

atau

$$\begin{aligned}0,32 &= (70-z)/20 \\ \Leftrightarrow 0,05z &= 3,18 \\ \Leftrightarrow z &= 63,6\end{aligned}$$

Sehingga :

$$\mu_{KFR_2}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 30 \text{ atau } z \geq 70 \\ (50 - z)/20; & 30 \leq z \leq 36,4 \\ 1; & 36,4 \leq z \leq 63,6 \\ (70 - z)/20; & 63,6 \leq z \leq 70 \end{cases}$$

Aturan ke-3 :

Pada saat $\mu_{PB\text{Berkurang}}[z] = 0,25$ nilai z dapat ditentukan sbb :

$$\begin{aligned} 0,25 &= (50-z)/40 \\ \Leftrightarrow 0,025z &= 1,00 \\ \Leftrightarrow z &= 40 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\mu_{KFR_3}[z] = \begin{cases} 0,25; & z \leq 40 \\ (50 - z)/40; & 40 \leq z \leq 50 \\ 0; & z \geq 50 \end{cases}$$

4. Komposisi semua output

Untuk melakukan komposisi semua output fuzzy dilakukan dengan menggunakan metode MAX

Titik potong antara aturan-2 dan aturan-3 terjadi saat $\mu_{PB\text{Normal}}[z] =$

$\mu_{PB\text{Berkurang}}[z]$, yaitu :

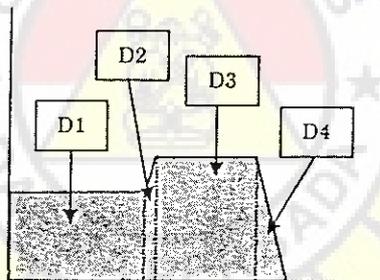
$$\begin{aligned} 0,25 &= (z-30)/20 \\ \Leftrightarrow 0,05z &= 1,75 \\ \Leftrightarrow z &= 35 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\mu_{SF}[z] = \begin{cases} 0,25; & z \leq 35 \\ (z - 30)/20; & 35 \leq z \leq 36,4 \\ 0,32; & 36,4 \leq z \leq 63,6 \\ (70 - z)/20; & 63,6 \leq z \leq 70 \\ 0; & z \geq 70 \end{cases}$$

5. Defuzzy

Defuzzyfikasi dilakukan dengan menggunakan metode Centroid. Gambar di bawah ini menunjukkan daerah solusi fuzzy. Untuk menentukan nilai crisp z , dilakukan dengan membagi daerah menjadi 4 bagian (D1, D2, D3, dan D4) dengan luas masing-masing : A1, A2, A3, dan A4. momen terhadap nilai keanggotaan masing-masing adalah : M1, M2, M3 dan M4.



Gambar 2.15 Solusi Daerah Fuzzy

Menghitung Momen :

$$M1 = \int_0^{35} (0,25)z \, dz = 0,125z^2 \Big|_0^{35} = 153,125$$

$$M2 = \int_{35}^{36,4} (0,05z - 1,5)z dz = \int_{35}^{36,4} (0,05z^2 - 1,5z) dz = 0,0167z^3 - 0,75z^2 \Big|_{35}^{36,4} = 153,125$$

$$M3 = \int_{36,4}^{63,6} (0,32)z dz = 0,16z^2 \Big|_{36,4}^{63,6} = 435,2$$

$$M4 = \int_{63,6}^{70} (-0,05z + 3,5)z dz = \int_{63,6}^{70} (-0,05z^2 + 3,5z) dz = -0,0167z^3 + 1,75z^2 \Big|_{63,6}^{70} = 64,45292$$

Menghitung luas :

$$A1 = 35 \cdot 0,25 = 8,75$$

$$A2 = (0,25 + 0,32) \cdot (36,4 - 35) / 2 = 0,399$$

$$A3 = (63,6 - 36,4) \cdot 0,32 = 8,704$$

$$A4 = (70 - 63,6) \cdot 0,32 / 2 = 1,024$$

Menghitung titik pusat (terhadap z) :

$$z = \frac{153,125 + 14,43418 + 435,2 + 64,45292}{8,75 + 0,399 + 8,704 + 1,024} = 35,345$$

Jadi jumlah minuman yang harus diproduksi tiap harinya sebanyak 35345 kemasan.