

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Media Pembelajaran

Kata *media* berasal dari bahasa Latin *medius* yang secara harfiah berarti ‘tengah’, ‘perantara’ atau ‘pengantar’. Dalam bahasa Arab, media adalah perantara atau pengantar pesan dari pengirim kepada penerima pesan. (Arsyad, 2014:3)

Menurut Arsyad (2014:1) Belajar adalah suatu proses yang kompleks yang terjadi pada diri setiap orang sepanjang hidupnya. Proses belajar terjadi karena adanya interaksi antara seseorang dengan lingkungannya. Oleh karena itu, belajar dapat terjadi kapan saja dan dimana saja. Pertanda bahwa seseorang itu telah belajar adalah adanya perubahan tingkah laku pada diri orang itu yang mungkin disebabkan oleh terjadinya perubahan pada tingkat pengetahuan, keterampilan, atau sikapnya.

Sedangkan menurut Djamarah dan Aswan (2010:122), media adalah alat bantu dalam proses belajar mengajar dan gurulah yang mempergunakannya untuk membelajarkan anak didik demi tercapainya tujuan pengajaran. Sedangkan pembelajaran adalah proses, cara, perbuatan yang menjadikan orang atau makhluk hidup belajar (Kamus Besar Bahasa Indonesia, 2002:17). Jadi, media pembelajaran adalah media yang digunakan pada proses pembelajaran sebagai penyalur pesan antara guru dan siswa agar tujuan pengajaran tercapai.

Media pembelajaran yang baik harus memenuhi beberapa syarat. Penggunaan media mempunyai tujuan memberikan motivasi kepada siswa. Selain itu media juga harus merangsang siswa mengingat apa yang sudah dipelajari selain memberikan rangsangan belajar baru. Media yang baik juga akan mengaktifkan siswa dalam memberikan tanggapan, umpan balik dan juga mendorong siswa untuk melakukan praktik-praktik dengan benar.

2.1.1 Pengembangan Media Pembelajaran

Pengembangan media pembelajaran menjadi 4 bagian menurut Arsyad (2014:101) yaitu:

1) Media Berbasis Visual

Visualisasi pesan, informasi, atau konsep yang ingin disampaikan kepada siswa dapat dikembangkan dalam berbagai bentuk, seperti foto, gambar/ilustrasi, sketsa/gambar garis, grafik, bagan, *chart*, dan gabungan dari dua bentuk atau lebih. Foto menghadirkan ilustrasi melalui gambar yang hampir menyamai kenyataan dari sesuatu objek atau situasi. Sementara itu, grafik merupakan representasi simbolis dan artistik sesuatu objek atau situasi.

2) Media Audio-Visual

Media audio dan audio-visual merupakan bentuk media pembelajaran yang murah dan terjangkau. Sekali kita membeli tape dan peralatan seperti *tape recorder*, hampir tidak diperlukan lagi biaya tambahan karena *tape* dapat dihapus setelah digunakan dan di samping itu, tersedia pula materi audio yang dapat digunakan dan dapat disesuaikan dengan tingkat kemampuan siswa. Audio dapat menampilkan pesan yang memotivasi pesan baru dapat direkam kembali.

3) Media Berbasis Komputer

Kemajuan teknologi komputer sejak muncul pada tahun 1950-an hingga tahun 1960-an sangat lambat. Ruangan besar dan jumlah ruangan yang cukup banyak diperlukan untuk menjalankan komputer pada masa itu. Namun, sejak tahun 1975 ketika ditemukan prosesor kecil *microprocessor* keadaan tersebut menjadi berubah secara dramatis.

4) Media Proyeksi Diam

Media proyeksi diam (*still projected*) mempunyai persamaan dengan media grafis dalam arti menyajikan rangsangan-rangsangan visual. Selain itu bahan-bahan grafis banyak dipakai dalam media proyeksi diam. Perbedaan yang jelas diantara keduanya adalah bila pada

media grafis dapat secara langsung berinteraksi dengan pesan media yang bersangkutan pada media proyeksi, pesan tersebut harus diproyeksikan dengan proyektor agar dapat dilihat oleh sasaran, jenis ini adakalanya disajikan dengan disertai dengan rekaman audio.

2.2 Aplikasi

Menurut Jogiyanto (2004:4), aplikasi merupakan program yang berisikan perintah-perintah untuk melakukan pengolahan data. Jogiyanto menambahkan aplikasi secara umum adalah suatu proses dari cara manual yang ditransformasikan ke komputer dengan membuat sistem atau program agar data diolah lebih berdaya guna secara optimal.

Menurut Dhanta (2009:32), aplikasi (*application*) adalah *software* yang dibuat oleh suatu perusahaan komputer untuk mengerjakan tugas-tugas tertentu, misalnya *Microsoft Word*, dan *Microsoft Excel*. Sedangkan menurut Anisyah (2000:30), aplikasi adalah penerapan, penggunaan atau penambahan data.

Dari pengertian diatas, dapat disimpulkan bahwa aplikasi merupakan *software* yang ditransformasikan ke komputer yang berisikan perintah-perintah yang berfungsi untuk melakukan berbagai bentuk pekerjaan atau tugas-tugas tertentu seperti penerapan, penggunaan dan penambahan data.

2.3 Multimedia

Multimedia secara sederhana dapat diartikan sebagai lebih dari satu media, berupa kombinasi antara teks, grafik, animasi, suara, dan video. Definisi sederhana ini telah pula mencakup salah satu jenis kombinasi yang diuraikan pada bagian terdahulu, misalnya kombinasi *slide* dan *tape audio*. Namun, pada bagian ini perpaduan dan kombinasi dua atau lebih jenis media ditekankan kepada kendali komputer sebagai penggerak keseluruhan gabungan media itu. Dengan demikian, arti multimedia yang umumnya dikenal dewasa ini adalah berbagai macam kombinasi grafik, teks, suara, video, dan animasi. Penggabungan ini merupakan suatu kesatuan yang secara bersama-sama menampilkan informasi, pesan, atau isi pelajaran. (Arsyad, 2014:162)

Definisi yang lain dari Multimedia, yaitu dengan menempatkannya dalam konteks, seperti yang dilakukan oleh Hofstetter yang dikutip oleh Suyanto (2005:21), Multimedia adalah pemanfaatan komputer untuk membuat dan menggabungkan teks, grafik, audio, gambar bergerak (video dan animasi) dengan menggabungkan *link* dan *tool* yang memungkinkan pemakai melakukan navigasi, berinteraksi, berkreasi, dan berkomunikasi. Dalam definisi ini terkandung empat komponen penting multimedia, yaitu:

- 1) Harus ada komputer yang mengkoordinasikan apa yang dilihat dan didengar, yang berinteraksi dengan kita.
- 2) Harus ada link yang menggabungkan kita dengan informasi.
- 3) Harus ada alat navigasi yang memandu kita, menjelajah jaringan informasi yang saling terhubung.
- 4) Multimedia menyediakan tempat kepada kita untuk mengumpulkan, memproses, dan mengkomunikasikan informasi untuk kita sendiri.

Jika salah satu komponen tidak ada, maka bukan multimedia dalam arti yang luas namanya. Misalnya, jika tidak ada komputer untuk berinteraksi, maka itu namanya ide campuran, bukan multimedia. Jika tidak ada *link* yang menghadirkan sebuah struktur dan dimensi, maka namanya rak buku, bukan multimedia. Kalau tidak ada alat navigasi yang memungkinkan kita memilih jalannya suatu tindakan maka itu namanya film, bukan multimedia. (Suyanto, 2003:21)

2.3.1 Objek Multimedia

Multimedia terdiri dari beberapa objek, yaitu teks, grafik, *image*, animasi, *audio*, dan *video*. Berikut penjelasan di bawah ini:

1) Teks

Teks merupakan dasar dari pengolahan kata dan informasi berbasis multimedia. Menurut Hofstetter, sistem multimedia banyak dirancang dengan menggunakan teks karena teks merupakan sarana yang efektif untuk mengemukakan ide-ide dan menyediakan instruksi-instruksi kepada user (pengguna). Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah

penggunaan *hypertext*, *auto-hypertext*, *text style*, *import text*, dan *export text*.

2) *Images*

Secara umum *image* atau grafik berarti *still image* (gambar tetap) seperti foto dan gambar. Manusia sangat berorientasi pada *visual* (*visual-oriented*), dan gambar merupakan sarana yang sangat baik untuk menyajikan informasi. Semua objek yang disajikan dalam bentuk grafik adalah bentuk setelah dilakukan *encoding* dan tidak mempunyai hubungan langsung dengan waktu.

3) Animasi

Animasi adalah pembentukan gerakan dari berbagai media atau objek yang divariasikan dengan gerakan transisi, efek-efek, juga suara yang selaras dengan gerakan animasi tersebut atau animasi merupakan penayangan frame-frame gambar secara cepat untuk menghasilkan kesan gerakan. Konsep dari animasi adalah menggambarkan sulitnya menyajikan informasi dengan satu gambar saja, atau sekumpulan gambar.

4) *Audio*

Penyajian *audio* merupakan cara lain untuk lebih memperjelas pengertian suatu informasi. Suara dapat lebih menjelaskan karakteristik suatu gambar, misalnya musik dan suara efek (*sound effect*).

5) Video

Video merupakan elemen multimedia paling kompleks karena penyampaian informasi yang lebih komunikatif dibandingkan gambar biasa. Dalam video, informasi disajikan dalam kesatuan utuh dari objek yang dimodifikasi sehingga terlihat saling mendukung penggambaran yang seakan terlihat hidup.

2.3.2 Kriteria Kualitas Multimedia

Aspek media untuk mengetahui kriteria kualitas multimedia sebaiknya memiliki sembilan hal yang harus dipertimbangkan menurut *Newby et al* (2000:101), yaitu:

- 1) Melibatkan partisipasi siswa dengan penggunaan beberapa media yang ada.
- 2) Memberikan kebebasan terhadap gaya belajar siswa, misalnya; yang kurang jelas membaca dapat mendengarkan narasinya.
- 3) Dapat melatih hampir semua domain pembelajaran (kognitif, afektif, dan psikomotorik).
- 4) Memberikan contoh yang realistis dengan tampilan video yang diberikan.
- 5) Dapat membangkitkan motivasi dengan penggunaan komposisi warna, grafis, suara, musik, animasi, dan video yang tepat.
- 6) Lebih interaktif dengan penggunaan tombol-tombol yang disediakan dan memberikan respon pada siswa.
- 7) Mengarahkan pembelajaran individu dengan memberikan kebebasan siswa untuk belajar sesuai dengan tingkat kemampuannya.
- 8) Konsistensi penampilan.
- 9) Dapat dikontrol siswa sesuai dengan kecepatan berpikirnya.

Teori-teori yang dipaparkan di atas, untuk mengetahui komponen-komponen kriteria kualitas multimedia yang baik dari aspek pembelajaran, materi, dan media, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Aspek Pembelajaran
 - a) Kejelasan tujuan umum pembelajaran.
 - b) Kejelasan tujuan khusus pembelajaran.
 - c) Kejelasan sasaran program.
 - d) Konsistensi antara tujuan, materi dan evaluasi.
 - e) Penyampaian materinya memberikan langkah-langkah yang logis dan alur navigasi yang bebas.
 - f) Penyampaiannya mengikuti *design* pembelajaran yang efektif dan prinsip-prinsip pembelajaran.
 - g) Kegiatan pembelajarannya dapat memotivasi siswa.
 - h) Diberikan latihan untuk pemahaman konsep.
 - i) Diberikan evaluasi untuk mengukur latihan siswa.

- j) Memberikan umpan balik hasil evaluasi.
- k) Membantu mengingat kemampuan dan pengetahuan sebelumnya.
- l) Memberikan contoh-contoh dalam penyajiannya.
- m) Memberikan penarik perhatian.
- n) Penyampaian materi yang menarik.
- o) Memberikan petunjuk belajar.
- p) Memberikan kesempatan siswa untuk berlatih sendiri.

2) Aspek Materi

- a) Kebenaran materi.
- b) Ketetapan materi.
- c) Pentingnya materi.
- d) Kedalaman materi.
- e) Keseimbangan materi.
- f) Kewajaran materi.
- g) Kecakupan materi.
- h) Kemenarikan materi.
- i) Kesesuaian materi dengan situasi siswa.
- j) Materinya mudah dipahami.
- k) Materi *up to date*.
- l) Kejelasan target hasil.
- m) Tujuan pembelajarannya mudah dipahami.
- n) Materinya didukung media yang tepat.
- o) Konsep yang dihasilkan dapat dilogika dengan jelas.
- p) Penggunaan bahasa yang tepat dan konsisten.
- q) Memberikan sumber lain untuk belajar.

3) Aspek Media

- a) Kemudahan menggunakan media.
- b) Kualitas tampilan.
- c) Keterbacaan.
- d) Kualitas pengelolaan program.
- e) Kualitas penanganan respon siswa.

- f) Penggunaan transisi layar.
- g) Konsistensi tombol.
- h) Navigasi yang memberikan siswa dalam menggunakannya.
- i) Media yang digunakan dapat membantu pemahaman materi.
- j) Media yang digunakan dapat membangkitkan motivasi siswa.
- k) Penggunaan jenis huruf, ukuran huruf dan spasi tulisan yang tepat.
- l) Komposisi dan kombinasi warna yang tepat dan serasi.
- m) Penggunaan animasi yang tepat.
- n) Dukungan musik yang sesuai.
- o) Penggunaan *sound effect* yang tepat.
- p) Penggunaan video yang mendukung pemahaman materi.
- q) Tampilan layar (*screen design*) serasi dan seimbang.
- r) Penggunaan narasi yang sesuai.

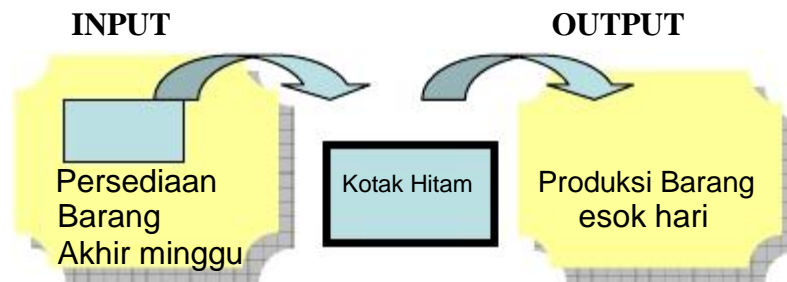
2.4 Fuzzy Logic

Logika fuzzy merupakan salah satu komponen pembentuk *soft computing*. Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*. Pada teori himpunan *fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau *membership function* menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika *fuzzy* tersebut. (Kusumadewi, 2010:1).

Dalam banyak hal, logika *fuzzy* digunakan sebagai suatu cara untuk memetakan permasalahan dari input menuju ke output yang diharapkan. Beberapa contoh yang dapat diambil antara lain:

- 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) Seorang pegawai melakukan tugasnya dengan kinerja yang sangat baik, kemudian atasan akan memberikan penghargaan yang sesuai dengan kinerja pegawai tersebut.

Salah satu contoh pemetaan suatu input-output dalam bentuk grafik seperti terlihat pada gambar 2.1:



Gambar 2.1 Contoh pemetaan Input-Output

Logika *fuzzy* dapat dianggap sebagai kotak hitam yang menghubungkan antara ruang input menuju ke ruang output. Kotak hitam tersebut berisi cara atau metode yang dapat digunakan untuk mengolah data input menjadi output dalam bentuk informasi yang baik.

2.5 Himpunan Fuzzy

Himpunan tegas (*crisp*), merupakan nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A , yang sering ditulis dengan $\mu_A [x]$, memiliki 2 kemungkinan menurut Kusumadewi S, Purnomo H, (2010:3) yaitu:

- 1) Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan, atau
- 2) Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Terkadang kemiripan antara keanggotaan *fuzzy* dengan probabilitas menimbulkan kerancuan. Keduanya memiliki nilai pada interval $[0,1]$, namun interpretasi nilainya sangat berbeda antara kedua kasus tersebut.

Keanggotaan *fuzzy* memberikan suatu ukuran terhadap pendapat atau keputusan, sedangkan probabilitas mengindikasikan proporsi terhadap keseringan suatu hasil bernilai benar dalam jangka panjang. Misalnya, jika nilai keanggotaan bernilai

suatu himpunan *fuzzy* USIA adalah 0,9; maka tidak perlu dipermasalahkan berapa seringnya nilai itu diulang secara individual untuk mengharapkan suatu hasil yang hampir pasti muda. Di lain pihak, nilai probabilitas 0,9 usia berarti 10% dari himpunan tersebut diharapkan tidak muda.

Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu:

- 1) Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: MUDA, PAROBAYA, TUA
- 2) Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 40, 25, 50, dsb.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy* menurut Kusumadewi S, Purnomo H, (2010:7) yaitu:

a) Variabel *Fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh: umur, temperatur, permintaan, dsb.

b) Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

c) Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Ada kalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.

Contoh:

- a. Semesta pembicaraan untuk variabel mahasiswa: [0 50]
- b. Semesta pembicaraan untuk variabel dosen: [0 50]

d) Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*.

Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif dan bilangan negatif.

Contoh domain himpunan *fuzzy*:

- a. Kurang Sekali = [0 15]
- b. Kurang = [5 25]
- c. Cukup = [15 35]
- d. Baik = [25 45]
- e. Baik Sekali = [35 50]

2.6 Fungsi Keanggotaan

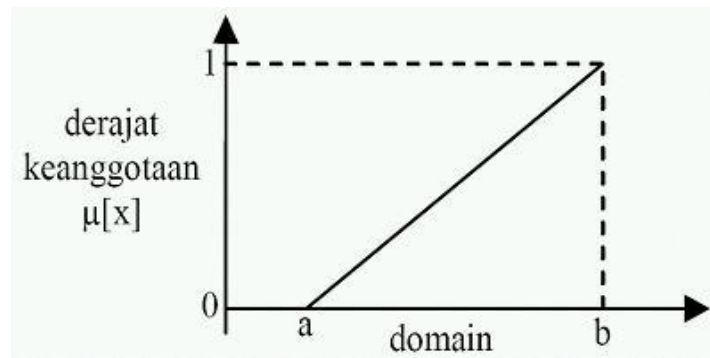
Fungsi Keanggotaan Menurut Wulandari, F (2005:3), yaitu : “Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data kedalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1”.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Apabila U menyatakan himpunan universal dan A adalah himpunan fungsi *fuzzy* dalam U , maka A dapat dinyatakan sebagai pasangan terurut. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan:

2.6.1 Representasi Linear

Representasi linear, merupakan pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya yang 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. Seperti terlihat pada gambar 2.2, sebagai berikut:

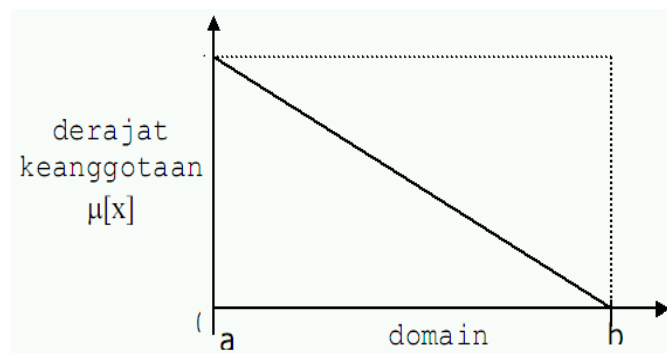


Gambar 2.2 Representasi Linier Naik

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 1 & x \geq b \end{cases} \quad (1)$$

Kedua, merupakan kebalikan dari yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah. Seperti terlihat pada gambar 2.3, sebagai berikut:



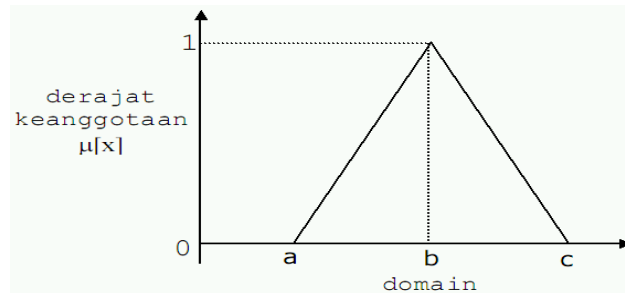
Gambar 2.3 Representasi Linier Turun

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} (b-x)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (2)$$

2.6.2 Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (*linear*). Seperti terlihat pada gambar 2.4, sebagai berikut:



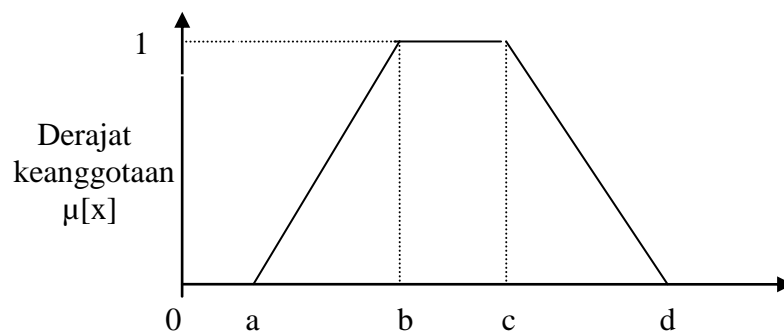
Gambar 2.4 Representasi Kurva Segitiga

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b); & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (3)$$

2.6.3 Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Seperti terlihat pada gambar 2.5, sebagai berikut:



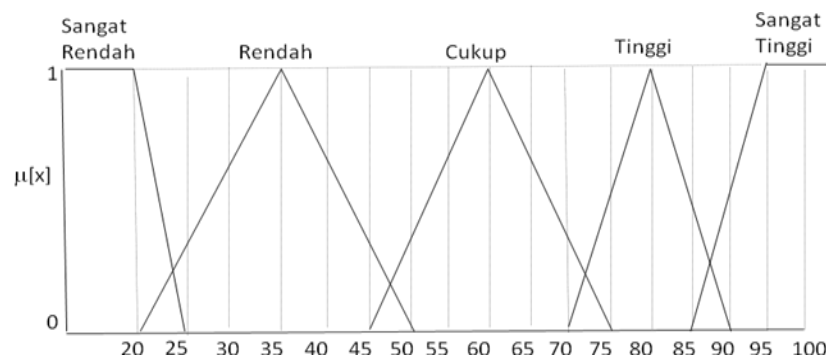
Gambar 2.5 Representasi Kurva Trapesium

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d-x)/(d-c); & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (4)$$

2.6.4 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, berikut gambar 2.6:



Gambar 2.6 Kurva Bentuk Bahu

2.7 Operator Dasar Zadeh Untuk Operasi Himpunan Fuzzy

Ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasikan dan memodifikasi himpunan fuzzy. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering dikenal dengan nama *firestrength* atau α -predikat.

Operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh untuk memodifikasi himpunan *fuzzy*. Kusumadewi, Purnomo H (2010:24), yaitu:

2.7.1 Operator AND

Operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan. *Firestrength* sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A x, \mu_B y)$$

2.7.2 Operator Or

Operator OR, operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan. *Firestrength* sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A x, \mu_B y)$$

2.7.3 Operator NOT

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan. α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator *not* diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

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

2.8 Penalaran Monoton

Metode penalaran secara monoton digunakan sebagai dasar untuk teknik implikasi *fuzzy*. Meskipun penalaran ini sudah jarang sekali digunakan untuk skala *fuzzy*. Jika 2 daerah *fuzzy* direlasikan dengan implikasi sederhana sebagai berikut:

IF x is A THEN y is B

Transfer fungsi:

$$Y = f((x,A),B)$$

2.9 Fungsi Implikasi

Tiap-tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan fuzzy akan berhubungan dengan suatu relasi fuzzy. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah:

IF x is A THEN y is B

Dengan x dan y adalah *scalar*, dan A dan B adalah himpunan *fuzzy*. Proposisi yang mengikuti IF disebut sebagai anteseden, sedangkan proposisi yang

mengikuti THEN disebut sebagai konsekuen. Proposisi ini dapat diperluas dengan menggunakan operator *fuzzy*.

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

- 1) Min (*minimum*). Fungsi ini akan memotong *output* himpunan *fuzzy*.
- 2) Dot (*product*). Fungsi ini akan menskala *output* himpunan *fuzzy*.

2.10 Sistem Inferensi Fuzzy

Aplikasi logika *fuzzy* yang telah berkembang saat ini adalah sistem inferensi *fuzzy*, yaitu suatu sistem yang bekerja atas dasar penalaran *fuzzy*. Dalam kasus penentuan jumlah produksi. Manajer pergudangan mengatakan pada manajer produksi seberapa banyak persediaan barang pada akhir bulan ini, kemudian manajer produksi akan menetapkan jumlah barang yang harus diproduksi pada bulan selanjutnya.

Sistem inferensi *fuzzy* akan berfungsi sebagai pengendali proses tertentu dengan menggunakan aturan-aturan inferensi berdasarkan logika *fuzzy*. Sistem inferensi memiliki beberapa metode, yaitu:

2.10.1. Metode Tsukamoto

Pada dasarnya, metode Tsukamoto mengaplikasikan penalaran monoton pada setiap aturannya. Pada penalaran monoton, sistem hanya memiliki satu aturan, pada metode Tsukamoto, sistem terdiri atas beberapa aturan menggunakan konsep dasar penalaran monoton maka setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF-THEN harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. *Output* hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Proses agregasi antar aturan dilakukan, dan hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan *defuzzy* dengan konsep rata-rata terbobot. (Kusumadewi, 2006:31).

Variabel masukan, yaitu x dan y , serta satu variabel keluaran yaitu z . Variabel x terbagi atas 2 himpunan yaitu A_1 dan A_2 , variabel y terbagi atas 2

himpunan juga, yaitu B1 dan B2, sedangkan variabel keluaran Z terbagi atas 2 himpunan yaitu C1 dan C2. Tentu saja himpunan C1 dan C2 harus merupakan himpunan yang bersifat monoton. Diberikan 2 aturan sebagai berikut:

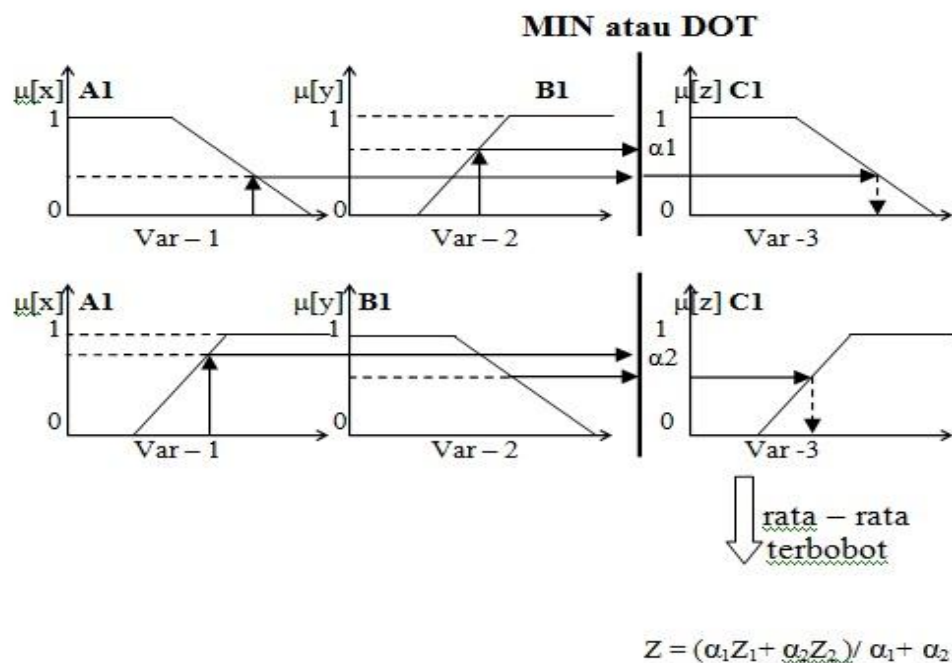
IF x is A1 **and** y is B2 **THEN** z is C1

IF x is A2 **and** y is B1 **THEN** z is C2

α -predikat untuk aturan pertama dan kedua, masing-masing adalah α_1 dan α_2 . dengan menggunakan penalaran monoton, diperoleh nilai Z_1 pada aturan pertama, dan Z_2 pada aturan kedua. Terakhir dengan menggunakan aturan terbobot, diperoleh hasil akhir dengan formula sebagai berikut:

$$Z = (\alpha_1 Z_1 + \alpha_2 Z_2) / \alpha_1 + \alpha_2 \quad (5)$$

Diagram blok proses inferensi dengan metode tsukamoto dapat dilihat pada gambar 2.7 sebagai berikut:



Gambar 2.7 *Inference* dengan Menggunakan Metode Tsukamoto

Sistem *fuzzy* memerlukan beberapa tahapan utama untuk menghasilkan output. Berikut penjelasan mengenai tahapan-tahapan yang meliputi fuzzifikasi, aplikasi fungsi implikasi, dan defuzzifikasi:

2.10.1.1. Fuzzifikasi

Tahap ini mendefinisikan himpunan *fuzzy* dan menentukan derajat keanggotaan dari crisp input pada sebuah himpunan *fuzzy*.

2.10.1.2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi aturan/*rule fuzzy* untuk menghasilkan output dari tiap *rule*. Metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy* adalah MIN dalam menentukan α -predikat minimum dari tiap-tiap aturan yang ditetapkan, maksudnya dari beberapa pernyataan IF tersebut diambil α -predikat atau nilai derajat keanggotaan terkecil dan hasil implikasi yang bernilai 0 diabaikan. Sehingga didapatkan daerah *fuzzy* pada variabel status gizi untuk masing – masing aturan.

2.10.1.3. Defuzzifikasi

Tahap defuzzifikasi adalah tahap perhitungan *crisp* output. Input dari tahap ini adalah himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan outputnya adalah suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Pada tahap defuzzifikasi ini dilakukan penghitungan rata-rata (*Weight Average / WA*) dari setiap predikat pada setiap variabel dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$Z = \frac{\alpha_{\text{predikat1}} * z_1 + \alpha_{\text{Predikat2}} * z_2 + \alpha_{\text{predikat 3}} * z_3 + \dots + \alpha_n z_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n} \quad (6)$$

Keterangan α_n = nilai predikat aturan ke-n

Z_n = indeks nilai output ke-n

2.10.2. Metode Mamdani

Sistem inferensi *fuzzy* Metode Mamdani dikenal juga dengan nama metode *Max-Min*. Metode Mamdani bekerja berdasarkan aturan-aturan linguistik. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim H. Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan *output* (hasil), diperlukan 4 tahapan:

1) Pembentukan himpunan *fuzzy*

Menentukan semua variabel yang terkait dalam proses yang akan ditentukan. Untuk masing-masing variabel input, tentukan suatu fungsi fuzzifikasi yang sesuai. Pada metode Mamdani, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

2) Aplikasi fungsi implikasi

Menyusun basis aturan, yaitu aturan-aturan berupa implikasi-implikasi *fuzzy* yang menyatakan relasi antara variabel *input* dengan variabel *output*. Pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah *Min*. Bentuk umumnya adalah sebagai berikut :

Jika a adalah A_i min b adalah B_i , maka c adalah C_i

dengan A_i , B_i , dan C_i adalah predikat-predikat *fuzzy* yang merupakan nilai linguistik dari masing-masing variabel. Banyaknya aturan ditentukan oleh banyaknya nilai linguistik untuk masing-masing variabel masukan.

3) Komposisi aturan

Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan kolerasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu :

a. Metode Max (*Maximum*)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakan nilai tersebut untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator OR (gabungan). Jika semua proporsi telah dievaluasi, maka

output akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proporsi. Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu(x_i) = \max(\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(x_i))$$

dengan :

$\mu_{sf}(x_i)$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-*i*

$\mu_{kf}(x_i)$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-*i*

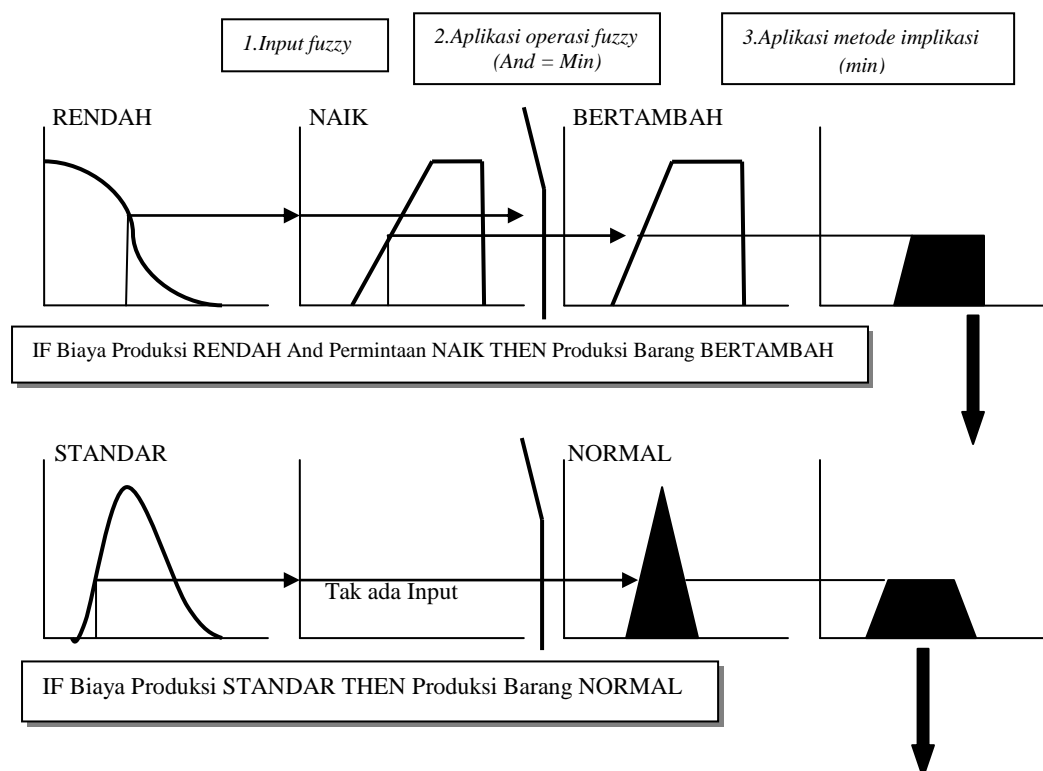
misalkan ada 3 aturan (proposisi) sebagai berikut:

[R1] IF Biaya produksi rendah and permintaan NAIK
THEN produksi barang BERTAMBAH;

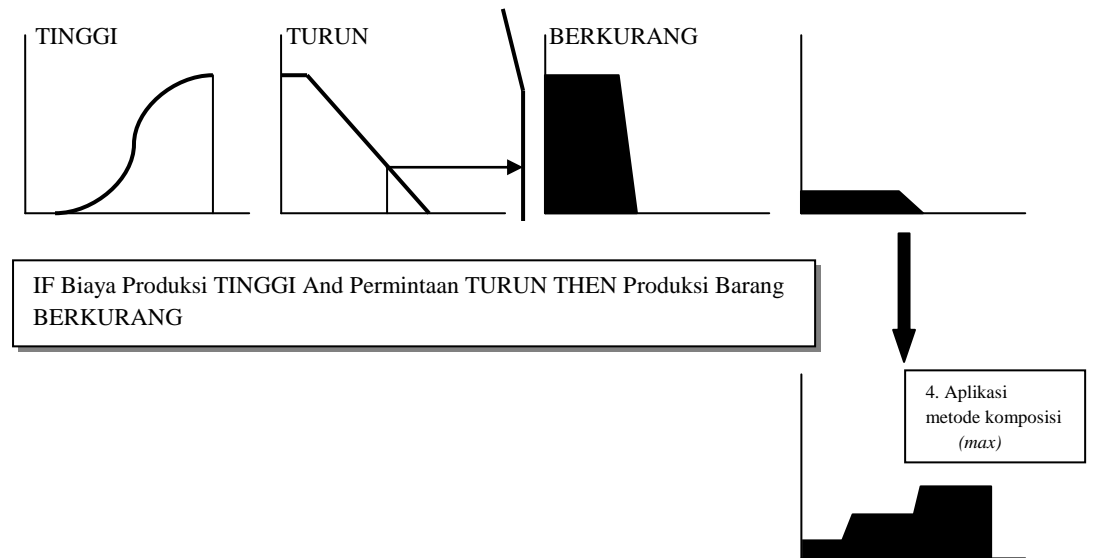
[R2] IF Biaya produksi STANDAR
THEN produksi barang NORMAL;

[R3] IF Biaya produksi TINGGI and permintaan TURUN
THEN produksi barang BERKURANG;

Apabila digunakan fungsi implikasi MIN, maka metode komposisi ini sering disebut dengan nama MAX-MIN atau MIN-MAX atau MAMDANI. Berikut gambar komposisi aturan *fuzzy* Metode Max dapat dilihat pada gambar 2.8:



Lanjutan Gambar 2.8



Gambar 2.8 Komposisi Aturan *Fuzzy*: Metode MAX

b. Metode *Additive (Sum)*

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan penjumlahan terhadap semua *output* daerah *fuzzy*.

Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}(X_i) = \text{Min}(1, \mu_{sf}(X_i) + \mu_{kf}(X_i)) \quad (7)$$

dengan:

$\mu_{sf}(X_i)$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-*i*;

$\mu_{kf}(X_i)$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-*i*;

c. Metode *Probabilistik (Probor)*

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan perkalian terhadap semua *output* daerah *fuzzy*.

$$\mu_{sf}(X_i) = (\mu_{sf}(X_i) + \mu_{kf}(X_i)) - (\mu_{sf}(X_i) * \mu_{kf}(X_i)) \quad (8)$$

dengan:

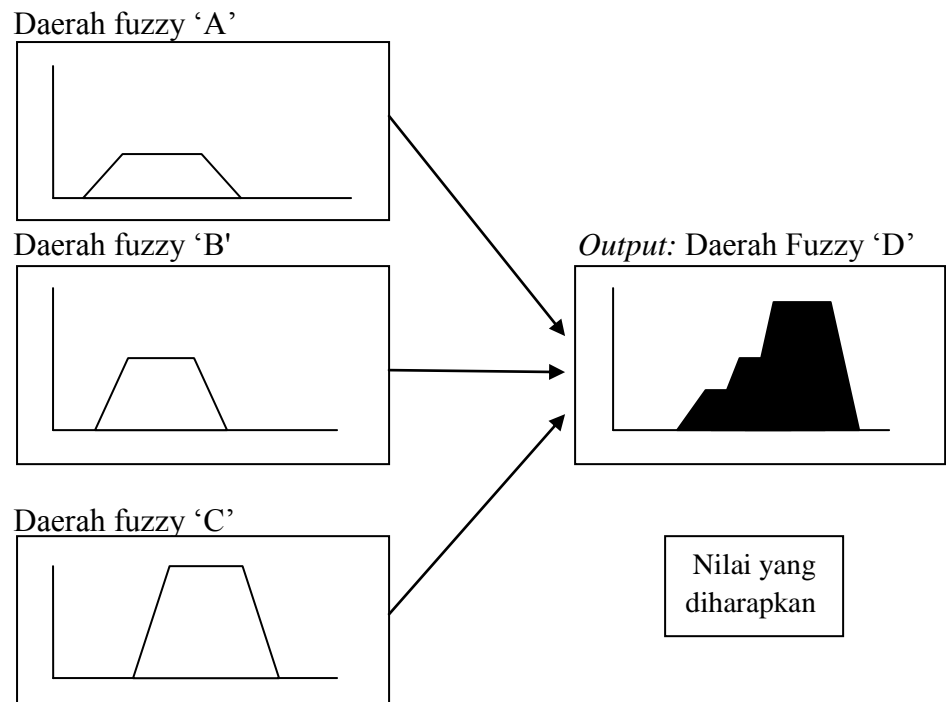
$\mu_{sf}(X_i)$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-*i*;

$\mu_{kf}(X_i)$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-*i*;

4) Defuzzifikasi

Input dari proses penegasan adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output*

yang dihasilkan merupakan suatu bilangan *real* yang tegas. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai tegas tertentu sebagai *output* seperti terlihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9 Proses Defuzzifikasi

Ada beberapa cara metode penegasan yang biasa dipakai pada komposisi aturan Mamdani, adalah:

a) Metode *Centroid (Composite Moment)*

Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n d_i \mu_{\bar{A}_i}(d_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_{\bar{A}_i}(d_i)} \quad (9)$$

untuk domain diskret, dengan d_i adalah nilai keluaran pada aturan ke- i dan adalah derajat keanggotaan nilai keluaran pada aturan ke- i

sedangkan n adalah banyaknya aturan yang digunakan.

dan

$$Z_0 = \frac{\int_a^b z \cdot \mu(z) dz}{\int_a^b \mu(z) dz} \quad (10)$$

untuk domain kontinu, dengan Z_0 adalah nilai hasil defuzzifikasi dan $\mu(z)$ adalah derajat keanggotaan titik tersebut, sedangkan Z adalah nilai domain ke- i .

b) Metode Bisektor

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

$$Z_p \text{ sedemikian hingga } \int_{R_1}^p \mu(z) dz = \int_p^{R_n} \mu(z) dz \quad (11)$$

c) Metode *Mean of Maximum* (MOM)

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

d) Metode *Largest of Maximum* (LOM)

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

e) Metode *Smallest of Maximum* (SOM)

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

2.10.3. Metode Sugeno

Penalaran metode Sugeno ini hampir sama dengan penalaran Mamdani, hanya saja *output* sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985. Perbedaan antara Metode Mamdani dan

Metode Sugeno ada pada konsekuen. Metode Sugeno menggunakan konstanta atau fungsi matematika dari variabel input:

$$\text{Jika } a \text{ adalah } A_i \text{ dan } b \text{ adalah } B_i, \text{ maka } c \text{ adalah } C_i = f(a,b)$$

Dengan a , b dan c adalah variabel linguistik ; A_i dan B_i himpunan *fuzzy* ke- i untuk a dan b , dan $f(a,b)$ adalah fungsi matematik.

Untuk mendapatkan *output* (hasil), maka terdapat 4 langkah / tahapan sebagai berikut:

1) Pembentukan himpunan *fuzzy*

Langkah ini sama seperti langkah pertama mamdani, jadi tidak perlu ditulis kembali.

2) Aplikasi fungsi implikasi

Menyusun basis aturan, yaitu aturan-aturan berupa implikasi-implikasi *fuzzy* yang menyatakan relasi antar variabel input dengan variabel output. Pada metode mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah min. bentuk umumnya adalah sebagai berikut :

$$\text{Jika } a \text{ adalah } A_i \text{ dan } b \text{ adalah } B_i, \text{ maka } c \text{ adalah } C_i = f(a,b)$$

Dengan a , b , dan c adalah predikat fuzzy yang merupakan variabel linguistik A_i dan B_i himpunan *fuzzy* ke- i untuk a dan b , dan $f(a,b)$ adalah fungsi matematik. Banyaknya aturan ditentukan oleh banyaknya nilai linguistik untuk masing-masing variabel input.

3) Komposisi aturan

Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu:

a. Metode Max

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakan nilai tersebut untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operato OR (gabungan). Jika semua proporsi telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan

fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proporsi. Secara umum dapat dituliskan :

$$\mu(x_i) = \max(\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(x_i)) \quad (12)$$

keterangan :

$\mu_{sf}(x_i)$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-*i*

$\mu_{kf}(x_i)$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-*i*

4) Penegasan

Masukan dari proses penegasan adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu himpunan *fuzzy* dalam range tertentu, maka dapat diambil suatu nilai tegas tertentu sebagai output. Apabila komposisi aturan menggunakan metode sugeno maka defuzzifikasi (Z^*) dilakukan dengan cara mencari nilai rata-rata terpusatnya.

$$Z^* = \frac{\sum_{l=1}^n d_l \mu_{\bar{A}_l}(d_l)}{\sum_{l=1}^n \mu_{\bar{A}_l}(d_l)} \quad (13)$$

Dengan d_i adalah nilai keluaran pada aturan ke-*i* dan $\mu_{\bar{A}_i}(d_i)$ adalah derajat keanggotaan nilai keluaran pada aturan ke-*i* sedangkan n adalah banyaknya aturan yang digunakan.

2.11 Fuzzy MADM

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah MADM, antara lain:

2.11.1 Simple Additive Weighting Method (SAW)

Metode SAW sering juga dikenal istilah metode penjumlahan terbobot. Konsep dasar metode SAW adalah mencari penjumlahan terbobot dari rating kinerja pada setiap alternatif pada semua atribut (Fishburn, 1967) (MacCrimmon, 1968). Metode SAW membutuhkan proses normalisasi matriks keputusan (X) ke suatu skala yang dapat diperbandingkan dengan semua rating alternatif yang ada.

Dimana r_{ij} adalah rating kinerja ternormalisasi dari alternatif A pada atribut C_j ; $i=1,2,\dots,m$ dan $j=1,2,\dots,n$. nilai preferensi untuk setiap alternatif (V_i) diberikan sebagai:

$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij} \quad (14)$$

Nilai V_i yang lebih besar mengindikasikan bahwa alternatif A_i lebih terpilih.

2.11.2 *Weighted Product (WP)*

Metode WP menggunakan perkalian untuk menghubungkan rating atribut, dimana rating setiap atribut harus dipangkatkan dulu dengan bobot atribut yang bersangkutan (Yoon, 1989). Proses ini sama halnya dengan proses normalisasi. Preferensi untuk alternatif A diberikan sebagai berikut:

$$S_i = \prod_{j=1}^n x_{ij}^{w_j}; \text{ dengan } i=1,2,\dots,m. \quad (15)$$

dimana $\sum w_j = 1$. w_j adalah pangkat yang bernilai positif untuk atribut keuntungan, dan bernilai negatif untuk atribut biaya.

Preferensi relatif dari setiap alternatif, diberikan sebagai:

$$V_i = \frac{\prod_{j=1}^n x_{ij}^{w_j}}{\prod_{j=1}^n (x^*_j)^{w_j}}; \text{ dengan } i=1,2,\dots,m. \quad (16)$$

2.11.3 *Technique for Order Preference by similarity to Ideal Solution (TOPSIS)*

TOPSIS didasarkan pada konsep dimana alternatif terpilih yang terbaik tidak hanya memiliki jarak terpendek dari solusi ideal positif, namun juga memiliki jarak terpanjang dari solusi ideal negatif (Hwang, 1981) (Zeleny, 1982). Konsep ini banyak digunakan pada beberapa model MADM untuk menyelesaikan masalah keputusan secara praktis (Hwang, 1993)

(Liang, 1999) (Yeh, 2000). Hal ini disebabkan: konsepnya sederhana dan mudah dipahami komputasinya efisien juga memiliki kemampuan untuk mengukur kinerja relatif dari alternatif-alternatif keputusan dalam bentuk matematis yang sederhana.

Secara umum, prosedur TOPSIS mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Membuat matriks keputusan yang ternormalisasi.
- 2) Membuat matriks keputusan yang ternormalisasi yang terbobot.
- 3) Menentukan matriks solusi ideal positif & matriks solusi ideal negatif.
- 4) Menentukan nilai preferensi untuk setiap alternatif.

TOPSIS membutuhkan rating kinerja setiap alternatif A_i pada setiap kriteria C_j yang ternormalisasi, yaitu:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}; \text{ dengan } i=1,2,\dots,m; \text{ dan } j=1,2,\dots,n. \quad (17)$$

Solusi ideal positif A^+ dan solusi ideal negatif A^- dapat ditentukan berdasarkan rating bobot ternormalisasi (y_{ij}) sebagai:

$$y_{ij} = w_i r_{ij}; \quad \text{ dengan } i=1,2,\dots,m; \text{ dan } j=1,2,\dots,n. \quad (18)$$

$$A^+ = (y^+_1, y^+_2, \dots, y^+_n);$$

$$A^- = (y^-_1, y^-_2, \dots, y^-_n);$$

Dengan

$$y^+_j = \begin{cases} \max_i y_{ij}; \text{ jika } j \text{ adalah atribut keuntungan} \\ \min_i y_{ij}; \text{ jika } j \text{ adalah atribut biaya} \end{cases} \quad (19)$$

$$y^-_j = \begin{cases} \min_i y_{ij}; \text{ jika } j \text{ adalah atribut keuntungan} \\ \max_i y_{ij}; \text{ jika } j \text{ adalah atribut biaya} \end{cases} \quad (20)$$

Jarak antara alternatif A_i dengan solusi ideal positif dirumuskan sebagai:

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{j=1} (y_{1j}^+ - y_{ij})^2}; \quad i=1,2,\dots,m. \quad (21)$$

Jarak antara alternatif A_i dengan solusi ideal negatif dirumuskan sebagai:

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{j=1} (y_{ij} - y_{i-}^-)^2}; \quad i=1,2,\dots,m. \quad (22)$$

Nilai preferensi untuk setiap alternatif (V_i) diberikan sebagai:

$$V_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+}; \quad i=1,2,\dots,m. \quad (23)$$

Nilai V_i yang lebih besar menunjukkan bahwa alternatif A_i lebih dipilih.

2.12 Metode MADM klasik untuk penyelesaian FMADM

Berdasarkan tipe data yang digunakan pada setiap kinerja alternatif-alternatifnya, FMADM dapat dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu: semua data yang digunakan adalah data *fuzzy*, data *crisp* atau data yang digunakan merupakan campuran antara data *fuzzy* dan *crisp*.

Salah satu mekanisme untuk menyelesaikan masalah MADM adalah dengan mengaplikasikan metode MADM klasik (seperti SAW, WP, atau TOPSIS) untuk melakukan perankingan setelah terlebih dahulu dilakukan konversi terlebih dahulu ke bentuk bilangan *fuzzy*, baru kemudian dikonversi lagi ke bilangan *crisp*.

Kasus 1

Suatu stasiun televisi di Yogyakarta ingin menempatkan pemancarnya pada suatu lokasi. Ada 3 lokasi yang akan menjadi alternatif, yaitu: $A_1 =$ Kota Baru, $A_2 =$ Kaliurang, dan $A_3 =$ Piyungan. Ada 5 atribut (kriteria) pengambilan keputusan, yaitu: $C_1 =$ ketinggian Lokasi, $C_2 =$ kepadatan bangunan di sekitar lokasi, $C_3 =$ kedekatan dari pusat kota, $C_4 =$ kondisi keamanan lokasi, $C_5 =$ kedekatan dengan pemancar lain yang sudah ada. Tabel keputusan diberikan sebagai berikut terlihat pada tabel 2.1

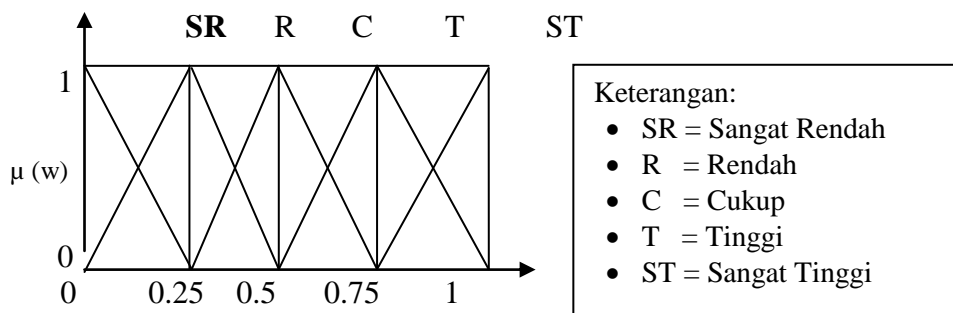
Tabel 2.1 Hubungan alternatif dengan atribut pada kasus 1

Alternatif	Atribut				
	Ketinggian Lokasi (C ₁)	Kepadatan bangunan di sekitar lokasi (C ₂)	Kedekatan dari pusat kota (C ₃)	Kondisi keamanan (C ₄)	Kedekatan pemancar lain yang sudah ada (C ₅)
Kota Baru (A ₁)	Rendah	Sangat Padat	Dekat	Aman	Sedang
Kaliurang (A ₂)	Sangat tinggi	Cukup	Jauh	Aman	Jauh
Piyungan (A ₃)	Tinggi	Jarang	Jauh	Cukup	Dekat

Bobot setiap atribut-atribut diberikan sebagai:

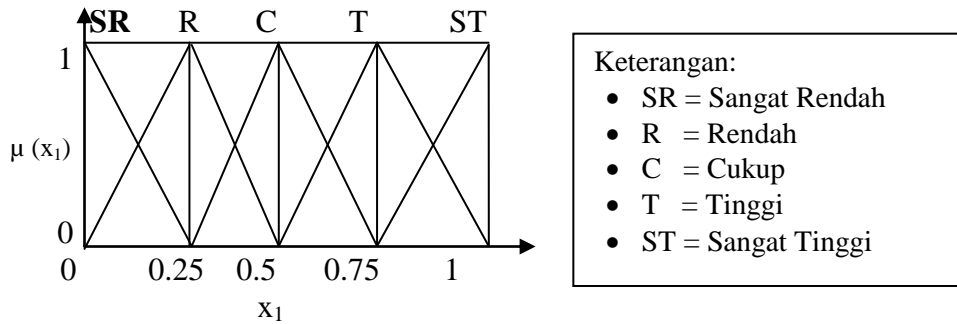
$$W = [\text{Sangat Tinggi, Tinggi, Cukup, Rendah, Tinggi}]$$

Dengan bilangan fuzzy seperti terlihat pada gambar 2.10. dari gambar tersebut, bilangan-bilangan fuzzy dapat dikonversikan ke bilangan crisp: SR = 0, R = 0.25, C = 0.5, T = 0.75, dan ST = 1. Berikut gambar 2.10:



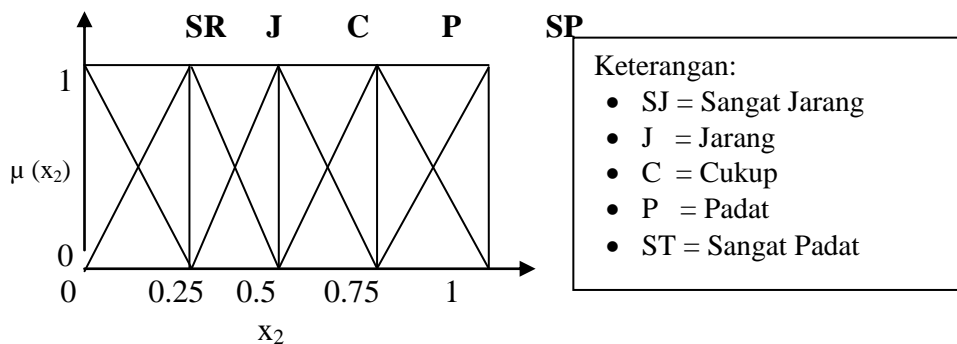
Gambar 2.10 Bilangan Fuzzy untuk bobot

Pada variabel ketinggian lokasi terbagi atas 5 bilangan *fuzzy*, yaitu sangat rendah (SR), rendah (R), cukup (C), tinggi (T), dan sangat tinggi (ST) seperti terlihat pada gambar 2.11. Dari gambar tersebut, bilangan-bilangan *fuzzy* dapat dikonversikan ke bilangan *crisp* SR = 0, R = 0.25, C = 0.5, T = 0.75, dan ST = 1.



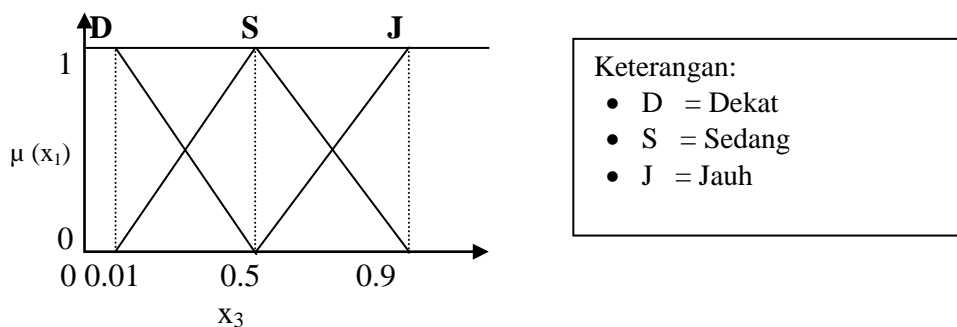
Gambar 2.11 Bilangan Fuzzy untuk variabel ketinggalan lokasi

Pada variabel kepadatan bangunan terbagi atas 5 bilangan *fuzzy*, yaitu sangat Jarang (SJ), Jarang (J), Cukup (C), Padat (P), dan Sangat Padat (SP) seperti terlihat pada gambar 2.12. Dari gambar tersebut, bilangan-bilangan *fuzzy* dapat dikonversikan ke bilangan *crisp*. SJ = 0, J = 0.25, C = 0.5, P = 0.75, dan SP = 1.



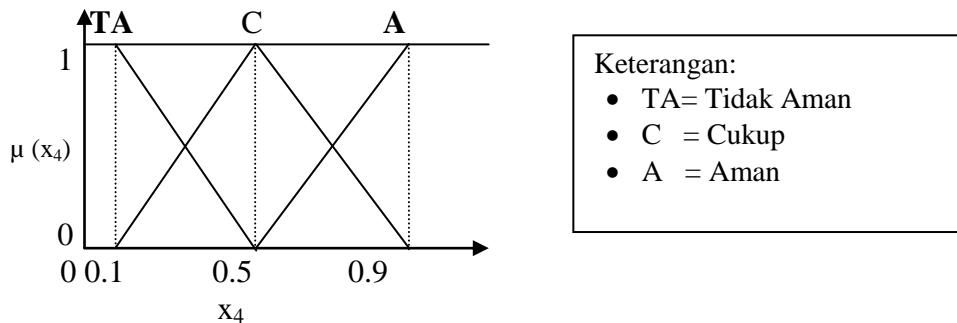
Gambar 2.12 Bilangan *Fuzzy* untuk variabel kepadatan bangunan di sekitar lokasi

Pada variabel kedekatan dari pusat kota terbagi atas 3 bilangan *fuzzy*, yaitu sangat Dekat (D), Sedang (S) dan Jauh (J) seperti terlihat pada gambar 2.13. dari gambar tersebut, bilangan-bilangan *fuzzy* dapat dikonversikan ke bilangan *crisp* D = 0.1, S = 0.5, dan J = 0.9.



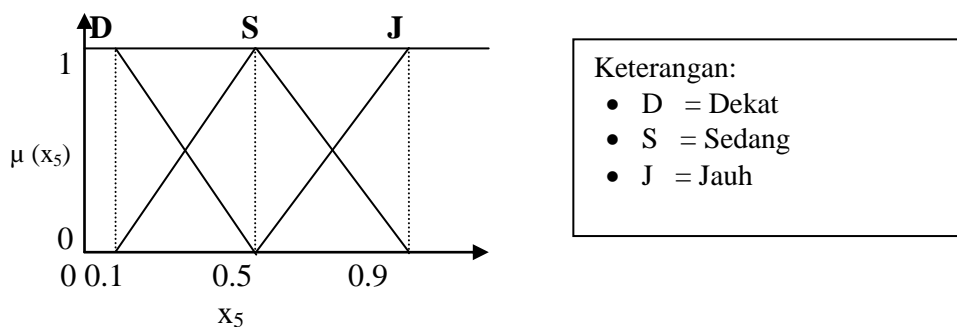
Gambar 2.13 Bilangan *Fuzzy* untuk variabel kedekatan dari pusat kota.

Pada variabel kedekatan dari pusat kota terbagi atas 3 bilangan *fuzzy*, yaitu sangat Tidak Aman (TA), Cukup (C), dan Aman (A) seperti terlihat pada gambar 2.14. Dari gambar tersebut, bilangan-bilangan *fuzzy* dapat dikonversikan ke bilangan *crisp* TA = 0.1, C = 0.5, dan A = 0.9.



Gambar 2.14 Bilangan fuzzy untuk variabel kondisi keamanan lokasi

Pada variabel kedekatan dengan pemancar lain yang sudah ada terbagi atas 3 bilangan *fuzzy*, yaitu sangat Dekat (D), Sedang (S) dan Jauh (J) seperti terlihat pada gambar 2.15. dari gambar tersebut, bilangan-bilangan *fuzzy* dapat dikonversikan ke bilangan *crisp* D = 0.1, S = 0.5, dan J = 0.9.



Gambar 2.15 Bilangan fuzzy untuk variabel kedekatan dengan pemancar lain

Sehingga dengan mengacu pada tabel 2.1, dapat dibentuk matriks keputusan X sebagai berikut:

$$X = \left\{ \begin{array}{ccccc} 0,25 & 1,00 & 0,10 & 0,90 & 0,50 \\ 1,00 & 0,50 & 0,90 & 0,90 & 0,90 \\ 0,75 & 0,25 & 0,90 & 0,50 & 0,10 \end{array} \right\}$$

Dan vektor bobot;

$$W = (1.00; 0.75; 0.50; 0.50; 0.25; 0.75)$$

a) Penyelesaian dengan SAW

Matriks ternormalisasi R sebagai berikut:

$$R = \left\{ \begin{array}{ccccc} 0.2500 & 0.2500 & 1.0000 & 1.0000 & 0.2000 \\ 1.0000 & 0.5000 & 0.1111 & 1.0000 & 0.1111 \\ 0.7500 & 1.0000 & 0.1111 & 0.5556 & 1.0000 \end{array} \right\}$$

Hasil perankingan diperoleh: $V_1 = 1.3375$; $V_2 = 1.7639$; dan $V_3 = 2.4444$.

Nilai terbesar ada pada V_3 sehingga alternatif A_3 (Piyungan) adalah alternatif yang terpilih sebagai alternatif terbaik.

b) Penyelesaian dengan WP

Normalisasi vektor bobot, W diperoleh:

$$W = (0.3077; 0.2308; 0.1138; 0.0769; 0.2308)$$

Kemudian vektor S diperoleh vector V sebagai: $V_1 = 0.2483$; $V_2 = 0.2779$; dan $V_3 = 0.4378$. nilai terbesar ada pada $V_3 =$ sehingga alternatif Piyungan adalah alternatif yang terpilih sebagai alternatif terbaik.

c) Penyelesaian dengan TOPSIS

Matriks ternormalisasi R:

$$R = \left\{ \begin{array}{ccccc} 0.1961 & 0.8729 & 0.0783 & 0.6581 & 0.4834 \\ 0.7845 & 0.4364 & 0.1111 & 0.6581 & 0.8701 \\ 0.5883 & 0.2182 & 0.1111 & 0.3656 & 1.0967 \end{array} \right\}$$

Matriks Y:

$$Y = \left\{ \begin{array}{ccccc} 0.1961 & 0.6547 & 0.0392 & 0.1645 & 0.3625 \\ 0.7845 & 0.3273 & 0.3525 & 0.1645 & 0.6525 \\ 0.5883 & 0.1637 & 0.3525 & 0.0914 & 0.0725 \end{array} \right\}$$

Solusi ideal positif A^+ ;

$$A^+ = (0.7845; 0.1637; 0.0392; 0.1645; 0.0725)$$

Solusi ideal negatif A^- ;

$$A^- = (0.1961; 0.6547; 0.3525; 0.0914; 0.6525)$$

Jarak antara nilai terbobot setiap alternatif terhadap solusi ideal positif, adalah $D_{1+} = 0.8194$; $D_{2+} = 0.6793$; $D_{3+} = 0.3768$. jarak antara nilai terbobot setiap alternatif terhadap solusi ideal negatif, adalah: $D_{1-} = 0.4332$; $D_{2-} = 0.4332$; $D_{3-} = 0.8552$. kedekatan setiap alternatif terhadap solusi ideal: $V_1 = 0.3458$; $V_2 = 0.4993$; $V_3 = 0.6042$. dari nilai V ini dapat dilihat bahwa $V_3 =$ memiliki nilai yang terbesar, sehingga dapat disimpulkan bahwa alternatif A_3 (Piyungan) yang akan lebih dipilih.

2.13 Adobe Air

Pramono (2012:3) mendefinisikan *Adobe Air* adalah *cross platform runtime system* yang memungkinkan *web developer* untuk mengembangkan dan menjalankan RIA (*Rich Internet Application*) layaknya aplikasi desktop. Istilah AIR sendiri merupakan singkatan dari *Adobe Integrated Runtime*. Dengan Adobe AIR web developer bisa membangun aplikasi dengan HTML, *JavaScript*, *Flex* dan *Flash*. Aplikasi AIR memiliki kemampuan untuk mengakses data yang tersimpan.

2.14 Adobe Flash CS6

Pramono (2012:2) juga mendefinisikan Adobe Flash CS6 adalah salah satu aplikasi pembuat animasi yang cukup dikenal saat ini. Berbagai fitur dan kemudahan yang dimiliki menyebabkan Adobe Flash CS6 menjadi program animasi favorit dan cukup populer. Tampilan *interface*, fungsi dan pilihan *pallette* yang beragam, serta kumpulan *tool* yang sangat lengkap sangat membantu dalam pembuatan karya animasi yang menarik.

2.15 Action Script

Penuturan Pramono (2012:37) mengenai *ActionScript*, merupakan salah satu kelebihan Adobe Flash CS6 dibanding perangkat lunak animasi yang lain yaitu adanya *ActionScript*. *ActionScript* adalah bahasa pemrograman Adobe Flash CS6 yang digunakan untuk membuat animasi atau interaksi. *ActionScript* mengizinkan untuk membuat intruksi berorientasi *action* (lakukan perintah) dan instruksi berorientasi *logic* (analisis masalah sebelum melakukan perintah).

Sama dengan bahasa pemrograman yang lain, *ActionScript* berisi banyak elemen yang berbeda serta strukturnya sendiri. Kita harus merangkainya dengan benar agar *ActionScript* dapat menjalankan dokumen sesuai dengan keinginan. Jika tidak merangkai semuanya dengan benar, maka hasil yang didapat akan berbeda atau *file* flash tidak akan bekerja sama sekali. *ActionScript* juga dapat diterapkan untuk *action* pada *frame*, tombol, *movie clip*, dan lain-lain. *Action frame* adalah *action* yang diterapkan pada *frame* untuk mengontrol navigasi *movie, frame*, atau objek lain-lain.

Salah satu fungsi *ActionScript* adalah memberikan sebuah konektivitas terhadap sebuah objek, yaitu dengan menuliskan perintah-perintah didalamnya. Tiga hal yang harus diperhatikan dalam *ActionScript* yaitu:

1) *Event*

Event merupakan peristiwa atau kejadian untuk mendapatkan aksi sebuah objek. Event pada Adobe Flash CS6 ada empat, yaitu:

a) *Mouse event*

Event yang berkaitan dengan penggunaan *mouse*.

b) *Keyboard Event*

Kejadian pada saat menekan tombol *keyboard*.

c) *Frame Event*

Event yang diletakkan pada *keyframe*.

d) *Movie Clip Event*

Event yang disertakan pada *movie clip*.

2) Target

Target adalah objek yang diberikan perintah. Sebelum diberikan perintah, sebuah objek harus dikonversi menjadi sebuah simbol dan memiliki nama instan. Penulisan nama target pada skrip harus menggunakan tanda petik ganda (" ").

3) Action

Pemberian *action* merupakan langkah terakhir dalam pembuatan interaksi antar objek. Action dibagi menjadi dua antara lain:

- a) *Action Frame*: adalah *action* yang diberikan pada *keyframe*. Sebuah *keyframe* akan ditandai dengan huruf a bila pada *keyframe* tersebut terdapat sebuah *action*.
- b) *Action Objek*: adalah *action* yang diberikan pada sebuah objek, baik berupa tombol maupun *movie clip*.

ActionScript diketikkan pada panel *actions* yang tersedia pada *software*. *ActionScript* hanya dapat dituliskan pada objek yang bertipe *Movie Clip*, *keyframe*, *Button*, dan objek *components*. *ActionScript* tidak dapat digunakan pada objek tulisan atau gambar lain yang bukan bertipe *Movie Clip*. Bila ingin menggunakan *ActionScript* pada suatu objek, objek tersebut harus diubah menjadi *Movie Clip* terlebih dahulu. Untuk membuka panel *Actions*, klik tulisan *Action* yang ada pada jendela panel.

2.16 UML (*Unified Modeling Language*)

2.16.1 Pengertian UML

Renayasa (2012:17) menjelaskan UML merupakan bahasa untuk membangun dan mendokumentasikan *artifacts* (bagian dari informasi yang digunakan atau dihasilkan oleh proses pembuatan perangkat lunak, *artifact* tersebut dapat berupa model, deskripsi atau perangkat lunak) dari sistem perangkat lunak, seperti pada pemodelan bisnis dan sistem non perangkat lunak. Selain itu UML adalah bahasa pemodelan yang menggunakan konsep orientasi object. UML dibuat oleh Grady Booch, James Rumbaugh, dan Ivar Jacobson di bawah bendera *Rational Software Corp*. UML menyediakan notasi-notasi yang membantu memodelkan sistem dari berbagai perspektif.

UML tidak hanya digunakan dalam pemodelan perangkat lunak, namun hampir dalam semua bidang yang membutuhkan pemodelan.

2.16.2 Bagian-bagian UML

Bagian-bagian utama dari UML adalah *view*, diagram, model element, dan *general mechanism*. Diagram berbentuk grafik yang menunjukkan simbol elemen model yang disusun untuk mengilustrasikan bagian atau aspek tertentu dari sistem. Sebuah diagram merupakan bagian dari suatu *view* tertentu dan ketika digambarkan biasanya dialokasikan untuk *view* tertentu. Adapun jenis diagram antara lain:

1. Use Case Diagram

Use case adalah abstraksi dari interaksi antara sistem dan aktor. *Use case* bekerja dengan cara mendeskripsikan tipe interaksi antara user sebuah sistem dengan sistemnya sendiri melalui sebuah cerita bagaimana sebuah sistem dipakai. *Use case* merupakan konstruksi untuk mendeskripsikan bagaimana sistem akan terlihat di mata user. Sedangkan *use case* diagram memfasilitasi komunikasi diantara analis dan pengguna serta antara analis dan *client*.

2. Class Diagram

Class adalah dekripsi kelompok obyek-obyek dengan *property*, perilaku (operasi) dan relasi yang sama. Sehingga dengan adanya *class diagram* dapat memberikan pandangan global atas sebuah system. Hal tersebut tercermin dari *class-class* yang ada dan relasinya satu dengan yang lainnya. Sebuah sistem biasanya mempunyai beberapa *class diagram*. *Class diagram* sangat membantu dalam visualisasi struktur kelas dari suatu sistem.

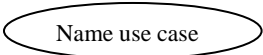


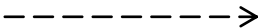
3. Activity Diagram

Menggambarkan rangkaian aliran dari aktivitas, digunakan untuk mendeskripsikan aktifitas yang dibentuk dalam suatu operasi sehingga dapat juga digunakan untuk aktifitas lainnya seperti *use case* atau interaksi.


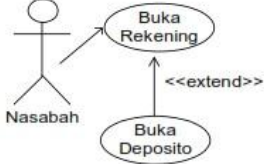
2.16.3 Simbol-simbol pada UML

Simbol-simbol yang terdapat dalam diagram UML dapat dilihat pada tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Simbol Pada Diagram Use Case

Simbol	Deskripsi
<p data-bbox="512 600 635 629">Use Case</p> 	<p data-bbox="847 600 1361 831">Fungsionalitas yang disediakan sistem sebagai unit-unit yang saling bertukar pesan antar unit atau aktor, biasanya akan diterangkan dengan menggunakan kata kerja di awal di awal frase nama use case</p>
<p data-bbox="536 884 611 913">Aktor</p>  <p data-bbox="485 1108 646 1137">Nama Aktor</p>	<p data-bbox="847 884 1361 1350">Orang, proses, atau sistem lain yang berinteraksi dengan sistem informasi yang akan dibuat diluar system informasi yang akan dibuat itu sendidri, jadi walaupun simbol dari aktor adalah orang, tapi aktor belum tentu merupakan orang, biasanya akan dinyatakan menggunakan kata benda di awal frase nama aktor.</p>
<p data-bbox="520 1406 627 1435">Asosiasi</p> 	<p data-bbox="847 1406 1361 1603">Komunikasi antara actor dan <i>use case</i> yang berpartisipasi pada <i>use case</i> atau <i>use case</i> memiliki interaksi dengan aktor.</p>
<p data-bbox="523 1668 624 1697">Include</p> 	<p data-bbox="879 1722 1329 1809">Menspesifikasikan bahwa <i>use case</i> sumber secara eksplisit</p>




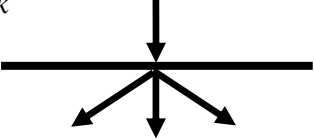
Lanjutan Tabel 2.2

<p><i>Extend</i></p> 	<p>Case tambahan memiliki nama depan yang sama dengan <i>use case</i> yang ditambahkan, contoh:</p> 
--	--

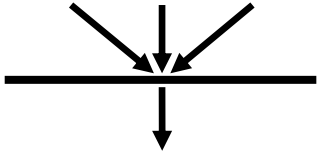

2.16.4 Activity Diagram

Diagram aktivitas digunakan untuk menggambarkan alur kerja suatu sistem informasi. Sebuah Diagram aktivitas menunjukkan suatu alur kegiatan secara berurutan. Berikut adalah simbol-simbol yang ada pada diagram aktifitas:

Tabel 2.3 Simbol – Simbol Diagram *Activity*

Simbol	Deskripsi
Status awal 	Status awal aktifitas sistem, sebuah diagram aktifitas memiliki status awal.
Aktivitas 	Aktifitas yang dilakukan sistem. Aktifitas biasanya diawali dengan kata kerja.
Percabangan / <i>decision</i> 	Asosiasi penggabungan dimana lebih dari satu aktifitas.
<i>Fork</i> 	Digunakan untuk menunjukkan kegiatan yang dilakukan secara paralel.

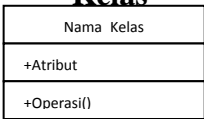
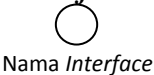


Lanjutan Tabel 2.3 Simbol – Simbol Diagram *Activity*

<p>Penggabungan / <i>Join</i></p> 	<p>Ditunjukan untuk menunjukkan kegiatan yang digabungkan.</p>
<p>End Point</p> 	<p>Mengakhiri aktifitas sistem.</p>

2.16.5 Class Diagram

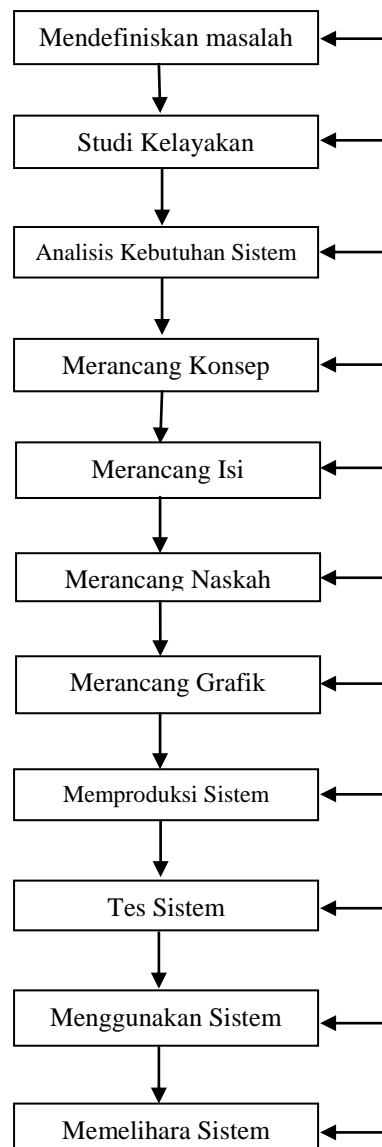
Diagram kelas menggambarkan struktur sistem dari segi pendefinisian kelas-kelas yang akan dibuat untuk membangun sistem. Kelas memiliki atribut yaitu variabel-variabel yang dimiliki oleh suatu kelas dan operasi atau metode yaitu fungsi-fungsi yang dimiliki oleh suatu kelas.

Tabel 2.4 Bagan *Class Diagram*

Simbol	Keterangan
<p>Kelas</p> 	<p>Kelas pada struktur</p>
<p>Interface</p> 	<p>Metode pada <i>interface</i> yang digunakan pada suatu kelas sama persis dengan yang ada pada <i>interface</i>.</p>
<p>Asosiasi</p> 	<p>Relasi antara kelas dengan makna umum.</p>
<p>Asosiasi Berarah</p> 	<p>Relasi antara kelas dengan makna kelas yang satu digunakan pada kelas lain.</p>

2.17 Pengembangan Sistem Multimedia

Pengembangan sistem multimedia menurut Suyanto (2003:353), harus mengikuti tahap pengembangan sistem multimedia, yaitu mendefinisikan masalah, studi kelayakan, melakukan analisis kebutuhan, merancang konsep, merancang isi, menulis naskah, memproduksi sistem, melakukan tes pemakai, menggunakan sistem dan memelihara. Berikut pada gambar 2.18:



Gambar 2.18 Siklus Hidup Pengembangan Sistem Multimedia

Untuk memudahkan pengembangan sistem multimedia, dapat menggunakan tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.5 Siklus Hidup Pengembangan Sistem Multimedia

Tahap	Pertanyaan Kunci	Patokan
Pendefinisian Masalah	Apakah masalah yg harus diselesaikan dengan multimedia ?	Pernyataan sasaran dan batasan sistem
Studi Kelayakan	Apakah solusinya dengan multimedia layak ?	- Analisis biaya/manfaat secara kasar - Batasan sasaran dan sistem
Analisis Kebutuhan Sistem	Apakah yang harus dikerjakan untuk memecahkan masalah ?	- Model secara logika sistem - Diagram arus data - Kamus data - Algoritma
Merancang konsep	Apakah konsep tersebut merupakan solusi terbaik ?	- Sasaran dan batasan sistem - Strategi kreatif - Ringkasan kreatif - Struktur arus/aliran data
Merancang isi	Bagaimanakah mengimplementasikan strategi kreatif dalam isi multimedia	- Implementasi strategi kreatif (daya tarik, gaya, nada dan kata)
Merancang Naskah	Bagaimanakah merancang naskah dan story board yang efektif ?	- Istilah-istilah dalam naskah multimedia - Story Board
Memproduksi Sistem	Apakah sistem multimedia dapat diproduksi ?	- Peralatan produksi - Praproduksi - Produksi - Pasca produksi
Tes Sistem	Apakah sistem multimedia tidak ada kesalahan ?	- Rencana pengetesan - Tes sistem secara
Menggunakan Sistem	Apakah sistem multimedia sudah dapat digunakan ?	- Pendekatan system - Konversi sistem - Instalasi sistem
Memelihara Sistem	Apakah sistem multimedia perlu diperbaiki ?	- Penggantian sistem - Pengkajian ulang - Dukungan secara berkesinambungan
Merancang Grafik	Bagaimanakah merancang grafik yang efektif ?	- Prinsip-prinsip merancang grafik

2.18 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.6 berikut ini adalah tabel dari penelitian terdahulu terkait dengan media pembelajaran berbasis multimedia:

Tabel 2.6. Tabel Penelitian Terdahulu

Nama	Judul/Tahun	Terbit	Ket
<p>Andika Sapta Agung (08502241020)</p>	<p>MEDIA PEMBELAJARAN TRAINER PENGUAT AUDIO UNTUK MATA PELAJARAN TEKNIK AUDIO DI SMKN 3 YOGYAKARTA / 2014</p>	<p>2014</p>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui desain, unjuk kerja, dan tingkat kelayakan Media Pembelajaran Penguat <i>Audio</i> sebagai media pembelajaran mata pelajaran teknik audio pada jurusan Teknik <i>Audio Video</i> di SMK Negeri 3 Yogyakarta. Penelitian ini merupakan penelitian <i>Research and Development</i>. Objek penelitian ini adalah Media Pembelajaran Penguat <i>Audio</i> yang dilengkapi modul pembelajaran. Tahap pengembangan produk meliputi 1). Studi identifikasi, 2). Desain, 3). Validasi, 4). Revisi, 5). Ujicoba, dan 6). Produksi. Metode yang digunakan dalam pengumpulan data meliputi 1). Pengujian dan pengamatan unjuk kerja, 2). Angket penelitian. Adapun validasi media pembelajaran melibatkan dua ahli materi pembelajaran dan dua ahli media pembelajaran dan ujicoba pemakaian dilakukan oleh 33 siswa.</p>
<p>Efi Rochmatika (09520244002)</p>	<p>APLIKASI MEDIA PEMBELAJARAN <i>ORIGAMI</i> BERBASIS <i>FLASH</i> MENGGUNAKAN <i>ADOBE FLASH CS5</i> / 2015</p>	<p>2015</p>	<p>Tujuan penelitian ini adalah untuk: (1) menghasilkan produk aplikasi media pembelajaran <i>Origami</i> berbasis multimedia yang menarik dan interaktif, (2) mengetahui tingkat kelayakan aplikasi media pembelajaran <i>Origami</i> berbasis multimedia, (3) mengetahui tanggapan pengguna tentang aplikasi <i>Origami</i>. Penelitian ini menggunakan pendekatan <i>Research and Development</i>. Tahapan dalam penelitian ini meliputi tahap analisis, desain, pengembangan, dan evaluasi. Pengujian awal dilakukan oleh peneliti dengan metode <i>Black Box Testing</i> untuk mengetahui kesalahan yang terdapat pada media pembelajaran. Validasi dilakukan untuk mengetahui kelayakan mediana.</p>

Lanjutan Tabel 2.6

Irvan Rizkiansyah	<p style="text-align: center;">PENGEMBANGAN APLIKASI PEMBELAJARAN INTERAKTIF TEKNIK BERMAIN PIANO BERBASIS MULTIMEDIA DI LEMBAGA KURSUS MUSIK “ETHNICTRO” YOGYAKARTA / 2013</p>	2013	<p>Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran perakitan PC berbasis <i>macromedia flash</i> bagi siswa SMK dan mengetahui kelayakan hasil pengembangan media pembelajaran perakitan PC berbasis <i>macromedia flash</i> bagi siswa SMK yang ditinjau dari aspek materi dan media. Model penelitian yang digunakan adalah pendekatan <i>Research and Development (R & D)</i>. Dalam penelitian ini produk yang dikembangkan berupa software media pembelajaran dalam bentuk <i>Compact Disc (CD)</i> untuk SMK dengan materi perakitan PC. Obyek dalam penelitian ini adalah media pembelajaran menggunakan <i>macromedia flash</i>, subyek dalam penelitian ini adalah ahli materi dan ahli media baik dari dosen dan guru mata pelajaran perakitan PC.</p>
Rahman E Harahap & Septilia Arfida	<p style="text-align: center;">IMPLEMENTASI MEDIA PEMBELAJARAN TEKNIK PENGKODEAN BARCODE BERBASIS MULTIMEDIA DALAM MENINGKATKAN KUALITAS KEGIATAN BELAJAR MENGAJAR</p>	2014	<p>Ilmu pengetahuan teknologi informasi dan komunikasi terutama penggunaan komputer saat ini berkembang pesat setiap tahunnya. Salah satunya adalah penerapan dalam multimedia. Multimedia telah mengubah cara manusia berinteraksi dengan komputer. Aplikasi multimedia dapat dengan cepat menarik perhatian seseorang, untuk dimanfaatkan sesuai kebutuhan masing-masing. Dewasa ini, fungsi multimedia banyak dilibatkan dalam berbagai bidang kegiatan. Tidak hanya dalam dunia hiburan tetapi juga digunakan dalam proses belajar mengajar. Media pembelajaran berbasis multimedia merupakan salah satu aplikasi yang dapat digunakan bagi pelajar dalam dunia pendidikan saat ini. Karena dapat memberikan materi pelajaran secara interaktif dengan didukung berbagai aspek seperti audio, video, animasi, teks, dan grafik. Metode pengembangan perangkat lunak media pembelajaran ini menggunakan Siklus Hidup Pengembangan Multimedia. Pengembangan multimedia ini dilakukan berdasarkan sebelas tahap, yaitu mendefinisikan masalah, studi kelayakan, analisis kebutuhan sistem, merancang konsep, merancang isi.</p>

