

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kanker Kolorektal

Kanker usus besar adalah tumor ganas yang ditemukan pada kolon atau rektum. Kanker usus besar disebut juga dengan kanker kolorektal atau kanker kolon. Kolon dan rektum merupakan bagian dari saluran pencernaan di mana fungsinya adalah untuk menghasilkan energi bagi tubuh dan membuang zat-zat yang tidak berguna. (Gontar Alamsyah, 2007:2). Sama halnya dengan kanker lainnya, awalnya kanker kolorektal bukan jaringan kanker yang membahayakan. Diperlukan sebuah proses untuk menjadi jaringan kanker yang membahayakan. Proses terjadinya kanker tersebut adalah sebagai berikut (Alteri *et al*, 2001:7):

- a. Kanker kolorektal dimulai dari jaringan yang kecil dan tentunya non kanker.
- b. Jaringan tersebut berbentuk gumpalan sel yang disebut dengan polip adenomatosa.
- c. Semakin berkembangnya waktu, polip tersebut berkembang menjadi kanker kolorektal.
- d. Polip mungkin tidak bergejala. Alasan tersebut yang membuat dokter harus melakukan tes *skrining* secara rutin untuk mengetahui seberapa besar polip di usus besar dan berapa besar potensinya untuk menjadi kanker kolorektal.
- e. Orang yang menderita polip namun tidak melakukan *skrining* tidak akan tahu jika polipnya sudah berkembang menjadi kanker.

Kanker kolorektal merupakan jenis kanker ketiga terbanyak di Indonesia, dengan jumlah kasus 1,8%/100.000 penduduk (Fitri A, 2015:2) dan

jumlah ini diperkirakan akan semakin meningkat seiring dengan perubahan pola hidup penduduk Indonesia.

1. Faktor Risiko Kanker Kolorektal

Setiap orang mempunyai risiko terkena kanker kolorektal. Banyak yang berkata jika buang air besar bisa menyehatkan usus, anggapan tersebut ada benarnya. Tinja yang sering ditahan bisa menyebabkan toksin yang berbahaya bagi usus besar. Berikut ini ada beberapa orang yang rentan terkena kanker kolorektal.

a. Mutasi genetik

Keturunan bisa menyebabkan kanker. Hal tersebut dikarenakan kanker bisa melakukan mutasi genetik. Misalnya gen dari ibu memiliki gen kanker. Gen kanker tersebut melakukan mutasi dan bisa berada pada gen keturunan dari sang ibu. Penyakit kanker kolorektal banyak menyerang gen orang Amerika, Afrika, dan juga Eropa Timur. Tidak heran jika kanker kolorektal dinobatkan sebagai pembunuh paling banyak di negara-negara tersebut. Angka kematian usus besar menjadi pembunuh nomor satu di Negara Amerika, Afrika, dan Eropa Timur (Alteri *et al*, 2001:9).

b. Berumur lebih dari 50 tahun

Wanita maupun pria bisa terkena penyakit ini. Orang dengan usia lebih dari 50 tahun dapat dengan rentan terkena penyakit kanker kolorektal. Hal tersebut dikarenakan pencernaan seseorang dengan usia lebih dari 50 tahun sudah berkurang fungsinya. Begitu pula dengan usus besar. Saat memakan makanan yang mengandung banyak lemak serta kolesterol tinggi, organ pencernaan tidak menguraikannya akibatnya adalah usus besar tidak

dapat menyerap sari-sari makanan dan tinja tidak dapat dibusukkan. Hal itulah yang menyebabkan orang dengan usia lebih dari 50 tahun rentan terkena diare (Gontar Alamsyah, 2007:11).

c. Pola makan yang tidak sehat

Pola makan yang tidak sehat berasal dari pola makan yang tidak teratur dan kaya lemak. Contoh makanan yang dapat menyebabkan kanker usus besar adalah makanan yang tinggi lemak, makanan cepat saji, makanan kaya minyak (gorengan), makanan mengandung bahan pengawet, makanan yang diolah kemudian diawetkan (sarden, kornet, dan *nugget*), daging olahan, dan daging merah kaya lemak (Alteri *et al*, 2001:10).

d. Pola hidup tidak sehat

Secara tidak sadar pola hidup seseorang bisa menyebabkan terkena kanker kolorektal. Namun banyak masyarakat yang tahu namun pura-pura tidak tahu serta ada masyarakat yang benar-benar tidak tahu. Kurangnya informasi hidup sehat yang diperoleh membuat masyarakat tidak tahu bagaimana cara melakukan pola hidup sehat. Pola hidup yang tidak sehat seperti merokok dan alkohol.

Merokok merupakan penyebab dari berbagai penyakit kronis. Selama ini bahaya tentang merokok terus digalakkan, namun banyak masyarakat yang mengindahkannya. Asap rokok yang masuk ke dalam tubuh tidak dapat diuraikan oleh usus akibatnya asap tersebut menjadi toksin yang menempel erat di dinding-dinding usus. Sedangkan alkohol memiliki kandungan zat yang sangat berbahaya. Jika alkohol dibarengi dengan merokok akan menciptakan

efek sinergis. Sehingga faktor risiko terkena kanker kolorektal semakin besar (Alteri *et al*, 2001:10).

e. Riwayat keluarga polip kolorektal

Riwayat warisan berupa polip kolorektal bisa menyebabkan seseorang terkena penyakit kanker kolorektal. Jika ada keluarga yang pernah mengalaminya, maka anggota keluarga yang lain juga memiliki risiko besar untuk terkena polip tersebut. Jika sudah terkena polip diharapkan untuk selalu melakukan tes *skrining* (Bostean *et al*, 2013:1494).

f. Riwayat keluarga kanker payudara

Ada jenis kanker tertentu yang dapat menjadi kanker tertentu. Di dalam keluarga ada yang pernah menderita kanker payudara, risiko untuk terkena kanker kolorektal sama besar. Sama halnya dengan riwayat keluarga kanker serviks, bisa berubah menjadi kanker rahim (Alteri *et al*, 2001:9).

g. Obesitas atau Kegemukan

Kelebihan berat badan atau obesitas dikaitkan dengan risiko yang lebih tinggi dari kanker kolorektal. Namun faktor risiko untuk pria lebih besar daripada wanita. Aktifitas fisik yang kurang karena kegemukan mengakibatkan sel kanker berkembang lebih cepat.

h. Buang air besar tidak teratur

Meskipun terdengar sepele, orang dengan buang air besar yang tidak teratur berisiko terkena kanker usus. Hal itu dikarenakan banyak tinja yang menumpuk di usus besar sehingga menimbulkan racun untuk usus besar.

2. Gejala-gejala Kanker Kolorektal

Pada tahap awal, kanker kolorektal tidak menimbulkan gejala. Bahkan di Negara maju seperti Amerika, kanker kolorektal menjadi penyebab utama kematian seseorang yang diakibatkan oleh kanker. Memang kanker kolorektal merupakan kanker yang penyebarannya susah dihentikan. Adapun gejala-gejala kanker kolorektal adalah sebagai berikut (Tatsuo *et al*, 2006:325):

a. Kebiasaan buang air besar berubah

Saat kanker berada di dalam usus besar, kebiasaan buang air besar seseorang pun akan berubah. Hal ini dikarenakan tumor telah menghalangi usus besar seseorang. Frekuensi buang air besar seseorang pun akan semakin sedikit. Saat tumor menghalangi usus besar, orang akan susah buang air besar.

b. Sembelit

Sembelit merupakan ciri-ciri kanker kolorektal juga penyakit lainnya. Orang yang terkena sembelit pencernaannya akan terganggu. Untuk kasus usus besar, penyebab sembelit adalah karena tumor yang berada pada usus besar sehingga menahan tinja yang akan dikeluarkan. Sembelit akan muncul pada saat tumor sudah membesar.

c. Perut terasa penuh

Sembelit akan membuat perut terasa penuh, namun tidak bisa dikeluarkan.

d. Keluar darah saat buang air besar

Saat seseorang buang air besar disertai dengan adanya darah, seseorang itu patut khawatir dan curiga. Tinja yang disertai darah bisa menjadi indikasi kanker kolorektal. Namun perlu tes yang lebih spesifik untuk

mengetahui apakah darah yang dikeluarkan akibat kanker kolorektal, wasir, atau penyakit yang lainnya.

e. Diare

Pencernaan manusia ketika terkena kanker kolorektal akan menjadi bermasalah. Salah satunya adalah terkena diare secara terus menerus.

f. Berat badan menurun

Penderita kanker kolorektal akan mengalami penurunan berat badan secara tiba-tiba. Perut yang terasa penuh dan sembelit membuat nafsu makan mejadi menurun. Diare yang terus menerus juga yang mengakibatkan berat badan menurun drastis.

Dari sekian banyak uraian di atas, ciri-ciri kanker kolorektal yang paling perlu di waspadai adalah berupa tinja yang disertai dengan keluarnya darah dari anus, selain itu diare terus menerus tanpa jeda dan sembelit yang mengakibatkan turunnya berat badan secara drastis dan signifikan.

3. Deteksi Dini Kanker Kolorektal

Kanker kolorektal ditemukan lebih awal melalui pemeriksaan deteksi dini sehingga dapat disembuhkan. Deteksi dini juga dapat mencegah terjadinya kanker kolorektal karena polip atau pertumbuhan pra kanker dapat ditemukan serta diangkat sebelum menjadi kanker. Deteksi dini pada orang sehat dengan faktor risiko sedang, sebaiknya dilakukan secara teratur mulai usia 40 tahun. Deteksi dini untuk orang sehat dengan risiko tinggi sebaiknya dilakukan sebelum umur 40 tahun. Ada beberapa cara untuk mendeteksi dini kanker kolorektal yaitu *colonoscopy*, pemeriksaan colok dubur, tes darah samar pada feses, kadar CEA

(petanda tumor) dalam darah, DNA feses, dan M2-PK pada feses (Asril Zahari, 2011:103).

4. Klasifikasi Kanker Kolorektal

Stadium kanker kolorektal dimulai dari stadium 0 sampai dengan stadium IV. Stadium 0 disebut juga dengan stadium awal atau dini sedangkan stadium IV merupakan stadium akut (Yulianti Soleha, 2015). Ciri dan gejala setiap stadium kanker kolorektal berbeda-beda. (Gontar Alamsyah, 2007:14).

a. Kanker kolorektal stadium 0

Stadium kanker kolorektal dimulai dari angka 0, berbeda dengan kanker lainnya yang dimulai dengan tahap I. Dalam tahap 0 dikenal juga dengan karsinoma. Penyakit kanker kolorektal dalam stadium 0 sel kanker hanya berada di dalam lapisan usus besar atau di rektum saja. Gejala dan ciri kanker kolorektal di stadium 0 adalah seperti penyakit lambung biasa, rasa mual dan muntah, diare berlebihan, dan sembelit.

b. Kanker kolorektal stadium 1

Gejala yang dirasakan pun sama dengan stadium 0 namun yang berbeda adalah penderita mengalami penurunan berat badan yang sangat drastis dan diare akut.

c. Kanker kolorektal stadium 2

Dalam tahap ini penderita akan merasakan sembelit, diare, mual, dan muntah secara berkepanjangan. Tidak hanya itu saja, mulai dari tahap ini tinja atau feses akan bercampur dengan darah karena jaringan tumor sudah mempengaruhi tinja.

d. Kanker kolorektal stadium 3

Gejala yang akan dialami oleh pasien adalah perasaan mual dan muntah, berat badan berkurang drastis, sembelit dan juga tinja yang bercampur dengan darah. Tidak hanya itu saja penderita mengalami perut kembung dan nyeri.

e. Kanker kolorektal stadium 4

Jika sudah memasuki stadium IV, penyakit kanker kolorektal sudah memasuki tahapan akut. Penyebarannya sudah sampai ke organ-organ vital di dalam tubuh misalnya hati, paru-paru, dan juga ovarium atau indung telur.

B. Ekstraksi Citra

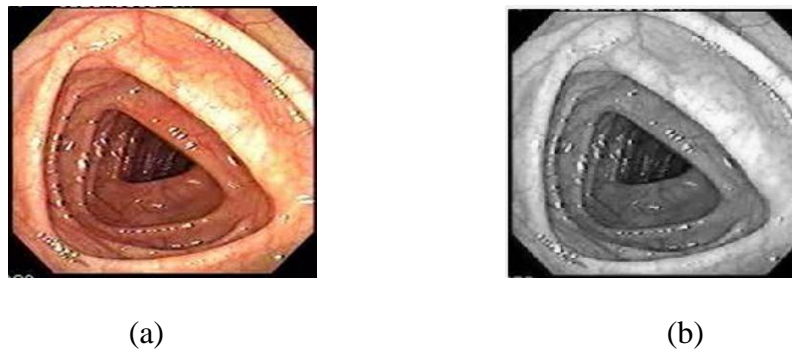
Citra adalah suatu representasi (gambaran), kemiripan, atau imitasi dari suatu objek. Citra sebagai keluaran suatu sistem perekaman data dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada monitor televisi, atau berupa digital yang dapat langsung disimpan pada suatu media penyimpanan. Citra yang dapat diolah oleh komputer disebut dengan citra digital.

Citra digital terbagi menjadi tiga jenis yakni citra warna RGB (*Red Green Blue*), citra bersekala keabuan (*grayscale*), dan citra biner. Citra warna RGB dideskripsikan oleh banyak warna seperti merah (R, *red*), hijau (G, *green*), dan biru (B, *blue*) dengan rentang intensitas setiap warna adalah 0 sampai 255. Citra *grayscale* adalah citra yang nilai pikselnya merupakan bayangan abu-abu yang memiliki nilai intensitas 0 (hitam) sampai 255 (putih). Sedangkan citra biner adalah citra dengan setiap pikselnya hanya dinyatakan dengan sebuah nilai dari dua kemungkinan, yaitu 0 menyatakan hitam dan 1 menyatakan putih (Sianipar,

2013:200). Piksel adalah istilah yang paling banyak digunakan untuk menggambarkan suatu elemen (titik) terkecil dari citra digital.

Data *input* yang digunakan pada penelitian ini berupa citra warna RGB yang diperoleh dari proses *colonoscopy*. Ekstraksi citra atau juga dikenal dengan sebutan *indexing*, merupakan suatu teknik pengambilan sifat-sifat khusus (fitur) dari sebuah citra.

Langkah pertama yang dilakukan sebelum proses ekstraksi citra ini adalah mengubah citra warna RGB menjadi citra abu-abu (*grayscale*). Tranformasi dari citra warna RGB (Gambar 2.2 (a)) ke citra abu-abu (Gambar 2.2 (b)) dilakukan menggunakan MATLAB R2010a.



Gambar 2.1 Citra RGB (a) dan Citra abu-abu (b)

Langkah selanjutnya setelah transformasi citra adalah ekstraksi citra. Terdapat banyak teknik ekstraksi gambar, salah satunya adalah dengan menggunakan metode *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM). Proses GLCM adalah metode pengekstrak gambar pada order kedua (Ray & Acharya, 2005: 183). Output dari GLCM adalah intensitas keabuan (p, i). Citra *grayscale* memiliki 256 tingkat keabuan dengan intensitas keabuan 0-255. Intensitas keabuan 0 untuk warna hitam, 255 untuk warna putih, dan 1-254 untuk warna

abu-abu. Parameter-parameter statistik dari hasil ekstraksi yang diperoleh antara lain:

1. Energi (E)

Energi adalah jumlah kuadrat elemen pada GLCM (Mohanaiah, Sathyanarayana & GuruKumar, 2013: 2). Rumus energi adalah sebagai berikut (Jain, Kasturi, & Schunk, 1995: 238):

$$E = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} \{p(i, j)\}^2 \quad (2.1)$$

2. Kontras (CON)

Kontras menunjukkan ukuran variasi antar derajat keabuan suatu daerah citra (Ray & Acharya, 2005: 184). Rumus kontras adalah sebagai berikut (Jain, Kasturi, & Schunk, 1995: 238):

$$CON = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} (i - j)^2 p(i, j) \quad (2.2)$$

3. Korelasi (COR)

Korelasi adalah nilai dari perhitungan derajat keabuan yang bergantung *linear* antara pixel satu di tempat tertentu terhadap pixel lain (Ray & Acharya, 2005: 184). Rumus korelasi adalah sebagai berikut (Soh & Tsatsoulis, 1999: 781):

$$COR = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} (ij)p(i, j) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y} \quad (2.3)$$

dengan

$$\mu_x = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} i \cdot p(i, j)$$

$$\mu_y = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} j \cdot p(i, j)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} (i - \mu_x)^2 \cdot p(i, j)}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} (i - \mu_y)^2 \cdot p(i, j)}$$

4. *Sum of squares (SS)*

Rumus *variance* adalah sebagai berikut (Haralick, Shanmungan & Dinstein, 1973: 619):

$$SS = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} (i - \mu)^2 p(i, j) \quad (2.4)$$

dengan

$$\mu \text{ adalah rata-rata dari } \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j)$$

5. *Inverse difference moment (IDM)*

Inverse difference moment (IDM) adalah tingkat kehomogenan citra (Mohanaiah, Sathyanarayana & GuruKumar, 2013: 2). Rumus IDM adalah sebagai berikut (Haralick, Shanmungan, & Dinstein, 1973: 619):

$$IDM = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} \frac{1}{1+(i-j)^2} p(i, j) \quad (2.5)$$

6. *Sum average (SA)*

Rumus *sum average* adalah sebagai berikut (Haralick, Shanmungan, & Dinstein, 1973: 619):

$$SA = \sum_{k=2}^{2N_g} k p_{x+y}(k) \quad (2.6)$$

dengan

$$p_{x+y}(k) = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j); i + j = k; k = 2, 3, \dots, 2N_g$$

7. *Sum entropy (SE)*

Rumus *sum entropy* adalah sebagai berikut (Haralick, Shanmungan, & Dinstein, 1973: 619):

$$SE = - \sum_{k=2}^{2N_g} p_{x+y}(k) \log\{p_{x+y}(k)\} \quad (2.7)$$

dengan

$$p_{x+y}(k) = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j); i + j = k; k = 2, 3, \dots, 2N_g$$

8. *Sum variance* (SV)

Rumus *Sum variance* adalah sebagai berikut (Haralick, Shanmungan, & Dinstein, 1973: 619):

$$SV = \sum_{k=2}^{2N_g} (i - SA)^2 p_{x+y}(k) \quad (2.8)$$

dengan

$$p_{x+y}(k) = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j); i + j = k; k = 2, 3, \dots, 2N_g$$

9. *Entropy* (EN)

Entropy adalah sebuah parameter statistic untuk mengukur keacakan dari intensitas citra. Rumus *entropy* adalah sebagai berikut (Jain, Kasturi, & Schunk, 1995: 238):

$$EN = - \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j) \log_2(p(i, j)) \quad (2.9)$$

10. *Diference variance* (DV)

Rumus *diference variance* adalah sebagai berikut (Haralick, Shanmungan, & Dinstein, 1973: 619):

$$DV = var(p_{x-y}(k)) \quad (2.10)$$

dengan

$$p_{x-y}(k) = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j); |i - j| = k; k = 0, 1, \dots, N_g - 1$$

11. *Diference entropy* (DE)

Rumus *diference etropy* (Gadkari, 2000: 15):

$$DE = - \sum_{i=0}^{N_g-1} p_{x-y}(k) \log(p_{x-y}(k)) \quad (2.11)$$

dengan

$$p_{x-y}(k) = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j); |i - j| = k; k = 0, 1, \dots, N_g - 1$$

12. Probabilitas maksimum (MP)

Probabilitas maksimum menunjukkan tingkat abu-abu yang memenuhi relasi pada persamaan *entropy*. Rumus probabilitas maksimum adalah sebagai berikut (Anami & Burkpalli, 2009: 11):

$$MP = \max_{i,j} (p(i, j)); i = 1, 2, \dots, N_g; j = 1, 2, \dots, N_g \quad (2.12)$$

13. Homogenitas (H)

Homogenitas menunjukkan keseragaman variasi intensitas dalam citra. Rumus homogenitas adalah sebagai berikut (Jain, Kasturi, & Schunk, 1995: 238):

$$H = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} \frac{p(i, j)}{i + |i - j|} \quad (2.13)$$

14. Dissmilarity (D)

Rumus *dissimilarity* adalah sebagai berikut (Anami & Burkpalli, 2009: 11):

$$D = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j) |i - j| \quad (2.14)$$

C. Himpunan Klasik

Pada dasarnya, teori himpunan *fuzzy* merupakan perluasan dari teori himpunan klasik. Pada teori himpunan klasik (*crisp*), keberadaan suatu elemen pada suatu himpunan, A, hanya akan memiliki dua kemungkinan keanggotaan, yaitu menjadi anggota A atau tidak menjadi anggota A (Lin & Lee, 1996:12). Suatu nilai yang menunjukkan seberapa besar tingkat keanggotaan suatu elemen (x) dalam suatu himpunan (A), sering dikenal dengan nama nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan, yang dinotasikan dengan $\mu_A(x)$. Pada himpunan klasik,

hanya ada dua nilai keanggotaan, yaitu $\mu_A(x) = 1$ untuk x menjadi anggota A ; dan $\mu_A(x) = 0$ untuk x bukan anggota dari A .

Contoh 2.1

Jika diketahui: $S=\{1, 3, 5, 7, 9\}$ adalah semesta pembicaraan; $A=\{1, 2, 3\}$ dan $B=\{3, 4, 5\}$, maka dapat dikatakan bahwa:

- a. Nilai keanggotaan 1 pada himpunan A , $\mu_A[1] = 1$, karena $1 \in A$
- b. Nilai keanggotaan 3 pada himpunan A , $\mu_A[3] = 1$, karena $3 \in A$
- c. Nilai keanggotaan 2 pada himpunan A , $\mu_A[2] = 0$, karena $2 \notin A$
- d. Nilai keanggotaan 4 pada himpunan A , $\mu_A[4] = 0$, karena $4 \notin A$

D. Logika *Fuzzy*

Logika *fuzzy* pertama kali dikembangkan pada tahun 1965 oleh Lotfi A. Zadeh seorang Profesor di bidang ilmu komputer, Universitas California, Berkeley melalui tulisannya tentang teori himpunan *fuzzy*. Lotfi Asker Zadeh adalah seorang ilmuwan Amerika Serikat berkebangsaan Iran.

Meskipun logika *fuzzy* dikembangkan di Amerika, namun ia lebih populer dan banyak diaplikasikan secara luas oleh praktisi Jepang dengan mengadaptasikannya ke bidang kendali (*control*). Saat ini banyak dijual produk elektronik buatan Jepang yang menerapkan prinsip logika *fuzzy*, seperti mesin cuci, AC, dan lain sebagainya. *Fuzzy logic* sudah diterapkan pada banyak bidang, mulai dari teori kendali hingga inteligensia buatan.

Zadeh beranggapan bahwa logika benar salah tidak dapat mewakili setiap pemikiran manusia. Penggunaan logika *fuzzy* akhir-akhir ini sangat diminati di berbagai bidang karena logika *fuzzy* dapat mempresentasikan setiap keadaan atau mewakili pemikiran manusia. Perbedaan mendasar dari logika *crisp* dan

logika *fuzzy* adalah keanggotaan elemen dalam suatu himpunan, jika dalam logika *crisp* suatu elemen mempunyai dua pilihan yaitu terdapat dalam himpunan atau bernilai 1 dan tidak pada himpunan atau bernilai 0. Keanggotaan elemen pada logika *fuzzy* berada di selang $[0,1]$ (Sri Kusumadewi, 2010 : 158).

Beberapa proses logika *fuzzy* seperti himpunan *fuzzy*, fungsi keanggotaan, operasi dasar dalam himpunan *fuzzy* dan penalaran dalam himpunan *fuzzy*. Adapun beberapa alasan penggunaan logika *fuzzy* (Sri Kusumadewi, 2010:154), diantaranya:

- a. Logika *fuzzy* mudah dipahami dan konsep matematisnya sederhana. Kelebihan konsep logika *fuzzy* dibandingkan dengan konsep lain bukan pada kompleksitasnya, tetapi pada *naturalness* pendekatannya dalam memecahkan masalah.
- b. Sangat fleksibel sehingga mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan, ketidakpastian dan dapat dibangun dan dikembangkan dengan mudah tanpa harus memulainya dari “nol”.
- c. Memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat (kabur). Hal ini sangat cocok dengan fakta sehari-hari. Segala sesuatu di alam ini relatif tidak presisi, bahkan meskipun kita lihat atau amati secara lebih dekat dan hati-hati.
- d. Mampu memodelkan fungsi-fungsi non *linear* yang sangat kompleks.
- e. Dapat menerapkan pengalaman pakar secara langsung tanpa proses pelatihan. Jika menggunakan *fuzzy logic*, pengetahuan manusia bisa relatif lebih mudah dilibatkan dalam pemodelan sistem *fuzzy*.

- f. Dapat bekerja sama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional. *Fuzzy logic* dapat diterapkan dalam desain sistem kontrol tanpa harus menghilangkan teknik desain sistem kontrol konvensional yang sudah terlebih dahulu ada.
- g. Didasarkan pada bahasa alami atau bahasa sehari-hari sehingga dapat dengan mudah dimengerti.

1. Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu pengembangan lebih lanjut tentang konsep himpunan dalam matematika. Himpunan *fuzzy* adalah rentang nilai yang masing-masing nilai mempunyai derajat keanggotaan (*membership*) antara 0 sampai dengan 1.

Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A , yang sering ditulis dengan $\mu_A[x]$, memiliki 2 kemungkinan (Sri Kusumadewi & Hari Purnomo, 2010) 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.

Teori himpunan *fuzzy* dikenalkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Zadeh memberikan definisi tentang himpunan *fuzzy*, \tilde{A} , sebagai (Zimmermann, 1991:11):

Definisi 2.1

Jika X adalah koleksi dari objek-objek yang dinotasikan secara generik oleh x , maka suatu himpunan *fuzzy* \tilde{A} , dalam X adalah suatu himpunan pasangan berurutan (Zimmermann, 1991: 11-12):

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) | x \in X\} \quad (2.15)$$

dengan $\mu_{\tilde{A}}(x)$ adalah derajat keanggotaan x di \tilde{A} yang memetakan X ke ruang keanggotaan M yang terletak pada rentang $[0, 1]$.

Himpunan *fuzzy* mempunyai 2 atribut, yaitu (Sri Kusumadewi dan Sri Hartati, 2010:18):

a. Linguistik

Linguistik yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami. Seperti: MUDA, TUA, PAROBAYA.

b. Numeris

Numeris yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 50, 35, 45.

Dalam himpunan *fuzzy* terdapat beberapa hal yang perlu diketahui, diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Variabel *fuzzy*

Variable *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy* itu sendiri.

b. Himpunan *fuzzy*

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

c. Himpunan universal (semesta pembicaraan)

Himpunan universal atau semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang dapat dioperasikan dalam variabel *fuzzy*. Himpunan universal merupakan himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri kekanan. Nilai himpunan universal dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

Contoh 2.2

Semesta pembicaraan untuk variabel *input* klasifikasi stadium kanker kolorektal adalah [0.0533 75.74].

d. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Domain juga merupakan himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik atau bertambah secara monoton dari kiri ke kanan dan juga nilainya dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

Contoh 2.3

Domain untuk klasifikasi kanker kolorektal adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1. Domain pada klasifikasi kanker kolorektal

Himpunan <i>Fuzzy</i>	Domain
A1	[-37,79 ; 37,9]
A2	[0,0533 ; 75,74]
A3	[37,9 ; 113,6]

2. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai atau derajat

keanggotaannya yang memiliki interval 0 sampai dengan 1. Salah satu cara yang digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang digunakan (Sri Kusumadewi, 2010:155), diantaranya:

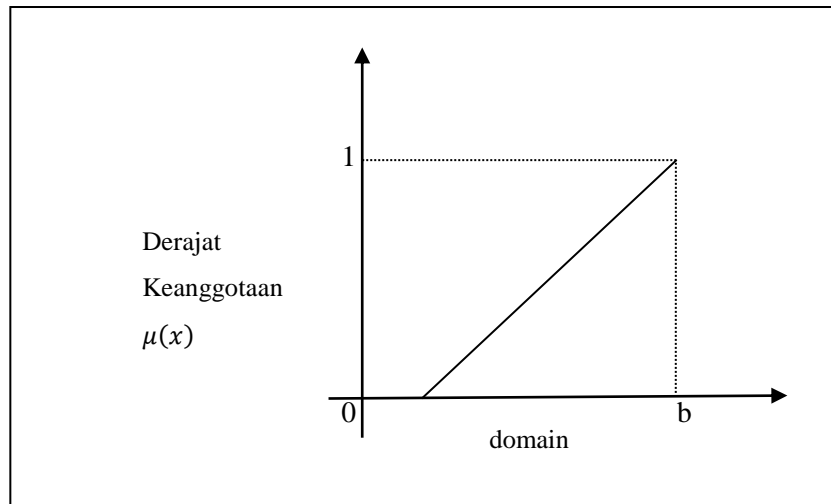
a. Representasi *linear*

Pada representasi *linear*, pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas.

Ada dua keadaan himpunan *fuzzy* yang *linear*. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai dominan yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai dominan yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.

1) Representasi *linear* naik

Representasi *linear* naik dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan yang lebih tinggi seperti pada Gambar 2.3 di bawah ini:



Gambar 2.2 Kurva Representasi *Linear Naik*

dengan fungsi keanggotaan kurva representasi *linear naik*:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a < x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2.17)$$

Contoh 2.4

Salah satu nilai himpunan *fuzzy* stadium kanker kolorektal adalah A1 dengan himpunan universal $U = [0.0533 \ 75.74]$ yang mempunyai fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{A1}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq -37,79 \\ \frac{(x-(-37,79))}{0,0533-(-37,79)}; & -37,79 < x \leq 0.0533 \\ 1; & x \geq 0.0533 \end{cases}$$

$$\mu_{A1}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq -37,79 \\ \frac{(x+37,79)}{37,84}; & -37,79 < x \leq 0,0533 \\ 1; & x \geq 0,0533 \end{cases}$$

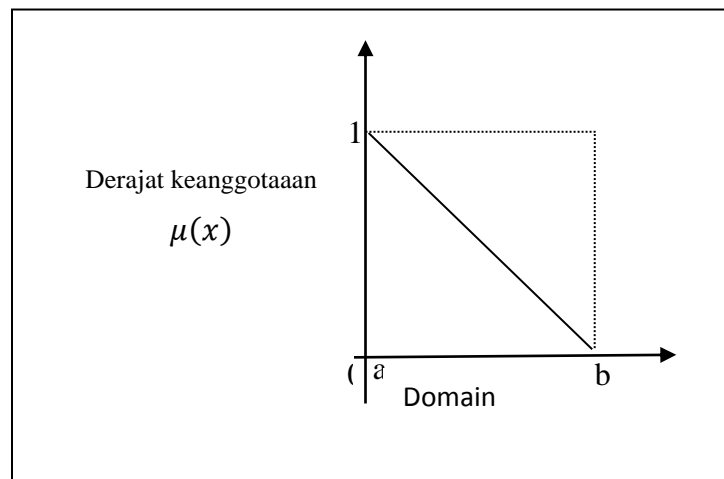
Berdasarkan fungsi keanggotaan tersebut, nilai x merupakan nilai dari data ekstraksi citra pertama pada variabel energi yang memiliki nilai $x=0,9986$. Sehingga nilai dari derajat keanggotaannya adalah sebagai berikut:

$$\mu_{A1}(0,9986) = \frac{0,9986+37,79}{37,84} = 1,025$$

Dapat diperoleh kesimpulan bahwa nilai derajat keanggotaan adalah sebesar 1,025 pada himpunan *fuzzy* A1.

2) Representasi *linear* turun

Representasi *linear* turun merupakan kebalikan dari representasi *linear* naik. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain dengan derajat keanggotaan yang lebih rendah. Seperti pada Gambar 2.3 di bawah ini:



Gambar 2.3 Kurva Representasi *Linear* Turun

dengan fungsi keanggotaan kurva representasi *linear* turun:

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{(b-x)}{(b-a)} ; & a \leq x \leq b \\ 0 ; & x \geq b \end{cases} \quad (2.18)$$

Contoh 2.5

Salah satu himpunan *fuzzy* nilai klasifikasi stadium kanker kolorektal adalah A2 dengan himpunan universal $U = [0.0533 \ 75.74]$ yang mempunyai fungsi keanggotaan:

$$\mu_{A2}(x) = \begin{cases} \frac{(37,9-x)}{(37,9-0,0533)} ; & 0,0533 \leq x \leq 37,9 \\ 0 ; & x \geq 37,9 \end{cases}$$

$$\mu_{A_2}(x) = \begin{cases} \frac{(37,9-x)}{37,8467} ; & 0,0533 \leq x \leq 37,9 \\ 0 ; & x \geq 37,9 \end{cases}$$

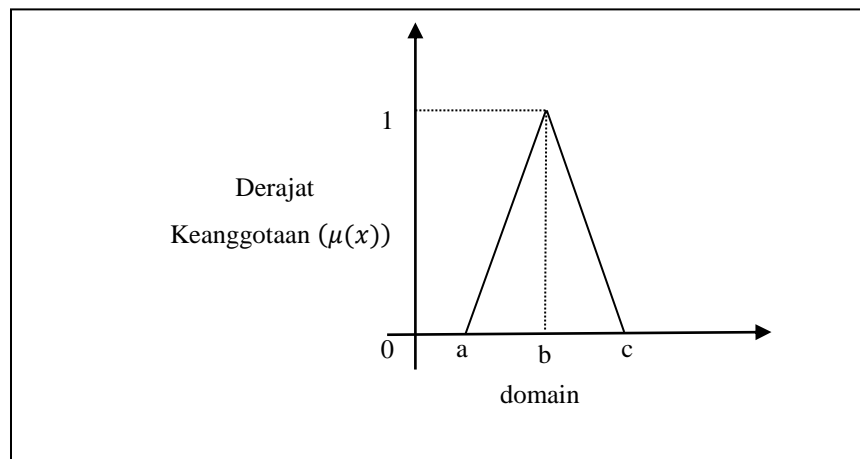
Berdasarkan fungsi keanggotaan tersebut, nilai x merupakan nilai dari data ekstraksi citra pertama pada variabel kontras yang memiliki nilai 0,5442, sehingga dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\mu_{A_2}(0,5442) = \frac{37,9-0,5442}{37,8467} = 0,9856$$

Dapat diperoleh kesimpulan bahwa nilai derajat keanggotaan adalah 0,9856 pada himpunan *fuzzy* A_2 .

b. Representasi kurva segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (*linear*) seperti pada gambar 2.5.



Gambar 2.4 Kurva Segitiga

dengan fungsi keanggotaan Kurva Segitiga:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ dan } x > c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a < x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)}; & b < x \leq c \end{cases} \quad (2.18)$$

Contoh 2.6

Salah satu himpunan *fuzzy* nilai klasifikasi stadium kanker kolorektal A1 dengan himpunan universal $U = [0.0533 \ 75.74]$ yang mempunyai fungsi keanggotaan:

$$\mu_{A1}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq -37,79 \text{ dan } x > 37,9 \\ \frac{(x-(-37,79))}{(0,0533-(-37,79))}; & -37,79 < x \leq 0,0533 \\ \frac{(37,9-x)}{(37,9-0,0533)}; & 0,0533 < x \leq 37,9 \end{cases}$$

$$\mu_{A1}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq -37,79 \text{ dan } x > 37,9 \\ \frac{(x+37,79)}{37,8433}; & -37,79 < x \leq 0,0533 \\ \frac{(37,9-x)}{37,8467}; & 0,0533 < x \leq 37,9 \end{cases}$$

Berdasarkan fungsi keanggotaan tersebut, sebagai contoh untuk menentukan nilai derajat keanggotaan dari salah satu variabel energi sebesar 0,78 adalah sebagai berikut:

$$\mu_{A1}(0,78) = \frac{37,9-0,78}{37,8467} = 0,9809$$

Dapat diperoleh kesimpulan bahwa nilai derajat keanggotaan 0,9809 pada himpunan *fuzzy* A1.

3. Operator-operator *Fuzzy*

Pada dasarnya ada 2 model operator *fuzzy*, yaitu operator-operator dasar yang dikemukakan oleh Zadeh; operator-operator alternatif yang dikembangkan dengan menggunakan konsep transformasi tertentu.

Beberapa operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh (Sri Kusumadewi & Hartati, 2010 : 175) yaitu:

a. Operator-operator Dasar Zadeh

Seperti himpunan konvensional, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan *fuzzy*. Nilai

keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering dikenal dengan nama *file strength* atau α – *predikat*. ada 3 operator dasar yang diciptaka oleh Zadeh, yaitu: AND, OR, dan NOT.

1) Operator AND

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

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x), \mu_B(y)) \quad (2.19)$$

2) Operator OR

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

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A(x), \mu_B(y)) \quad (2.20)$$

3) Operator NOT

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan α – *predikat* sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangkan nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A(x) \quad (2.21)$$

b. Operator-operator Alternatif

Terdapat 2 tipe operator alternatif yaitu operator alternatif yang didasarkan pada transformasi aritmetika, seperti: *mean*, *product*, dan *bounded*

sum; dan operator alternatif yang didasarkan pada transformasi fungsi yang lebih kompleks, seperti: Kelas Yager dan Sugeno.

E. Neural Network

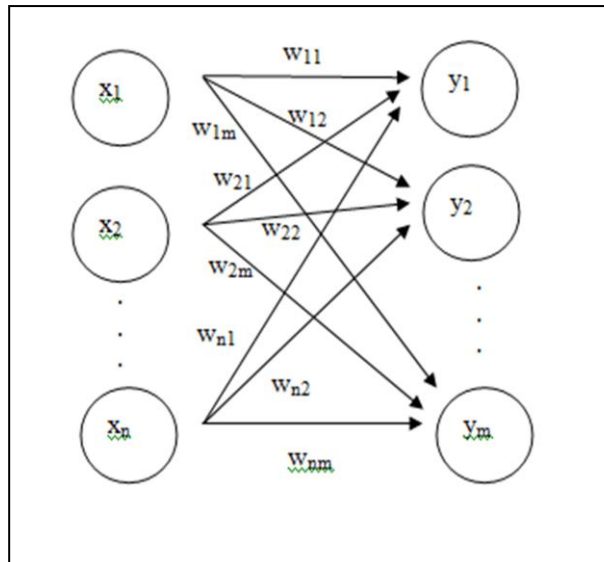
Neural network adalah sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan syaraf biologi. *Neural network* telah diaplikasikan dalam berbagai bidang di antaranya *pattern recognition*, *medical diagnostic*, *signal processing*, dan peramalan.

1. Arsitektur Jaringan

Arsitektur sebuah jaringan akan menentukan keberhasilan target yang akan dicapai karena tidak semua permasalahan dapat diselesaikan dengan arsitektur yang sama (Arif Hermawan, 2006 : 38). Beberapa arsitektur *neural network* yang sering dipakai dalam ANN antara lain (Fausett, 1994: 12-15)

a. Jaringan dengan Lapisan Tunggal (*Single Layer Network*)

Single layer network hanya terdiri dari lapisan *input* yang langsung terhubung ke lapisan *output* dan tidak ada lapisan yang tersembunyi. Jaringan ini hanya menerima *input* kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi *output* tanpa harus melalui lapisan tersembunyi. Dengan kata lain, ciri-ciri dari arsitektur jaringan saraf lapisan tunggal adalah hanya terdiri dari satu lapisan *input* dan satu lapisan *output*. Contoh arsitektur jaringan dengan lapisan tunggal dapat dilihat pada Gambar 2.5.

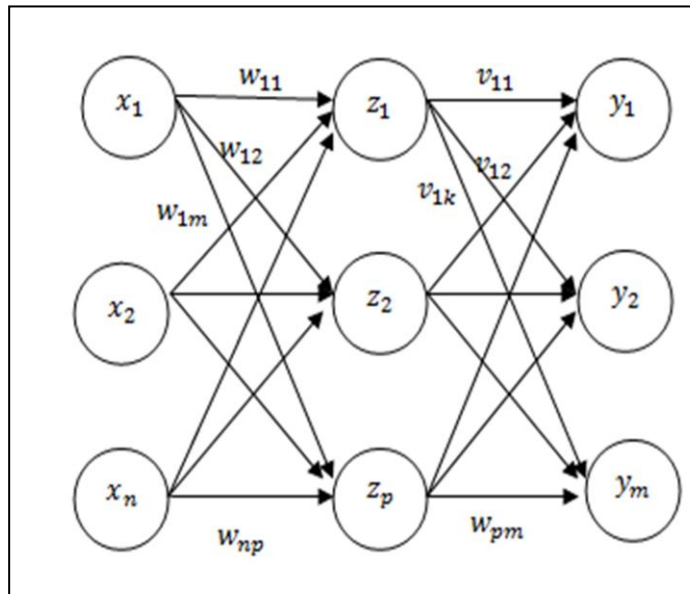


Gambar 2.5 *Single Layer Network*

Pada gambar 2.5 diperlihatkan arsitektur *single layer network* dengan n neuron input (x_1, x_2, \dots, x_n), dan m neuron output (y_1, y_2, \dots, y_m). w_{nm} adalah bobot yang menghubungkan neuron input ke- n dengan neuron output ke- m . Selama proses pelatihan bobot-bobot tersebut akan dimodifikasi untuk meningkatkan keakuratan hasil.

b. Jaringan dengan Lapisan Jamak (*Multi Layer Network*)

Jaringan ini merupakan perluasan dari jaringan layar tunggal dengan menambah satu atau lebih lapisan tersembunyi. *Multi Layer Network* dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih kompleks. Dalam jaringan ini, selain unit masukan dan keluaran, ada unit-unit lain (sering disebut layar tersembunyi). Gambar 2.6 Merupakan arsitektur *multi layer network* dengan satu lapisan tersembunyi.



Gambar 2.6 Arsitektur *Multi Layer Network*

Gambar 2.6 memperlihatkan arsitektur *multi layer network* dengan n *neuron input* (x_1, x_2, \dots, x_n), sebuah lapisan tersembunyi yang terdiri dari p *neuron* pada lapisan tersembunyi (z_1, z_2, \dots, z_p), dan m *neuron output* (y_1, y_2, \dots, y_m).

2. Pembelajaran pada *Neural Network*

Salah satu bagian terpenting dari konsep jaringan syaraf adalah terjadinya proses pembelajaran. Tujuan utama dari proses pembelajaran adalah melakukan pengaturan terhadap bobot-bobot pada ANN, sehingga diperoleh bobot akhir yang sesuai dengan pola data yang dilatih (Sri Kusumadewi & Sri Hartati, 2010: 84). Berdasarkan algoritma pembelajaran, ANN dapat dikelompokkan ke dalam dua jenis (Haykin, 1999, 63-66), yaitu:

a. Pembelajaran terawasi (*Supervised Learning*)

Pada proses pembelajaran terawasi, satu *input* yang telah diberikan pada satu *neuron* di lapisan *input* akan dijalankan di sepanjang jaringan syaraf

sampai ke *neuron* pada lapisan *output*. Hasil *output* yang diperoleh kemudian dicocokkan dengan target, jika terjadi perbedaan, maka akan muncul *error*. Jika nilai *error* cukup besar, akan dilakukan pembelajaran yang lebih banyak lagi.

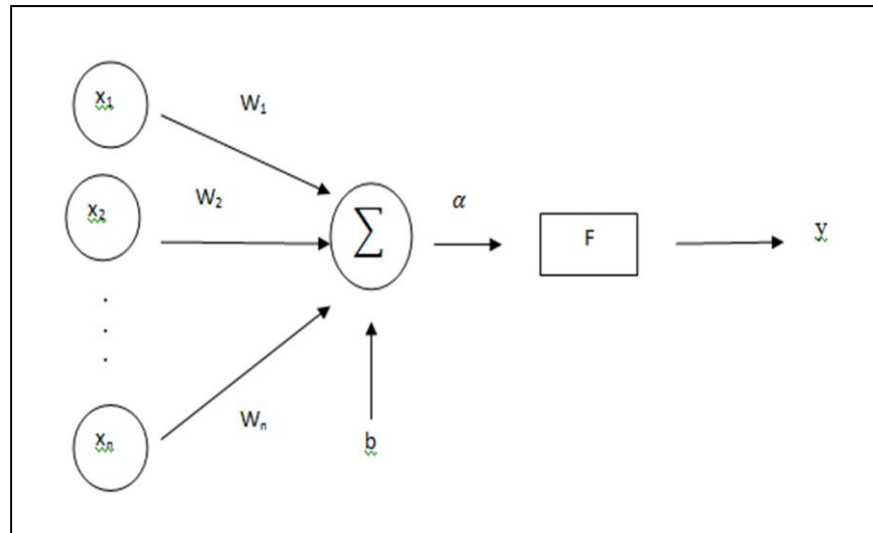
b. Pembelajaran Tak Terawasi (*Unsupervised Learning*)

Pembelajaran tak terawasi tidak memerlukan target *output* dan jaringan dapat melakukan *training* sendiri untuk mengekstrak fitur dari variabel independen (Sarle, 1994:6). Pada metode ini, tidak dapat ditentukan hasil *output*nya. Selama proses pembelajaran, nilai bobot disusun dalam suatu *range* tertentu sesuai dengan nilai *input* yang diberikan. Tujuan pembelajaran ini adalah untuk mengelompokkan unit-unit yang hampir sama ke dalam suatu area tertentu.

Adapun kelebihan NN adalah mampu melakukan pembelajaran, dapat melakukan generalisasi, dan model cenderung stabil, sedangkan kelemahan NN adalah ketidakmampuan menginterpretasi secara fungsional dan kesulitan untuk menentukan banyak *neuron* serta banyak layer pada lapisan tersembunyi (Vieira *et al*, 2003:2)

3. Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi akan menentukan *output* suatu *neuron* yang akan dikirim ke *neuron* lain (Fausett, 1994: 17). Fungsi aktivasi digunakan untuk menentukan *output* suatu *neuron*. Gambar 2.7 menunjukkan ANN dengan fungsi aktivasi F.



Gambar 2.7 Fungsi aktivasi pada ANN Sederhana

x_1, x_2, \dots, x_n adalah *neuron* yang masing-masing memiliki bobot (w_1, w_2, \dots, w_n) dan bobot bias b pada lapisan *input*. *Neuron* akan mengolah *n input*, dengan rumus:

$$\alpha = \sum_{i=1}^n x_i w_i + b \quad (2.22)$$

kemudian fungsi aktivasi F akan mengaktivasi α menjadi *output* jaringan y .

Setiap *neuron* mempunyai keadaan internal yang disebut level aktivasi atau level aktivitas yang merupakan fungsi *input* yang diterima. Secara tipikal suatu *neuron* mengirimkan aktivitasnya ke beberapa *neuron* lain sebagai sinyal. Yang perlu diperhatikan adalah bahwa *neuron* hanya dapat mengirimkan satu sinyal sesaat, walaupun sinyal tersebut dapat dipancarkan ke beberapa *neuron* yang lain. Terdapat beberapa fungsi aktivasi yang sering digunakan, antara lain:

a. Fungsi Sigmoid Biner

Fungsi ini digunakan untuk jaringan syaraf yang dilatih dengan menggunakan metode *backpropagation*. Fungsi sigmoid biner memiliki nilai pada *range* 0 sampai 1. Fungsi ini sering digunakan untuk jaringan syaraf yang

membutuhkan nilai *output* yang terletak pada interval 0 sampai 1. Definisi fungsi sigmoid biner adalah sebagai berikut:

$$Y = f(x) = \frac{1}{1+e^{-\sigma x}} \quad -\infty < x < \infty \quad (2.23)$$

dengan turunan fungsinya adalah:

$$f'(x) = \frac{e^{-x}}{1+2e^{-x}+e^{-2x}} \quad -\infty < x < \infty \quad (2.24)$$

Bukti:

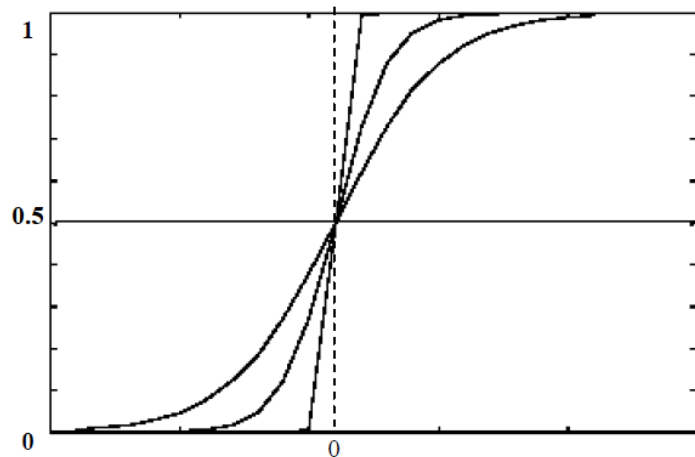
$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-\sigma x}}$$

$$f'(x) = \frac{(1+e^{-\sigma x})(0) - 1(-\sigma e^{-\sigma x})}{(1+e^{-\sigma x})^2}$$

$$= \frac{0 + \sigma e^{-\sigma x}}{(1+e^{-\sigma x})^2}$$

$$= \frac{\sigma e^{-\sigma x}}{(1+2e^{-\sigma x}+e^{-2\sigma x})} \quad (\text{Terbukti untuk } \sigma = 1)$$

berikut ini ilustrasi fungsi sigmoid biner:



Gambar 2.8 Fungsi Sigmoid Biner (*Logsig*)

b. Fungsi Sigmoid Bipolar

Fungsi sigmoid bipolar hampir sama dengan fungsi sigmoid biner, hanya saja *output* dari fungsi ini memiliki range antara 1 sampai -1. Definisi fungsi sigmoid bipolar adalah sebagai berikut:

$$y = f(x) = \frac{1 - e^{-2x}}{1 + 2e^{-x} + e^{-2x}} \quad -\infty < x < \infty \quad (2.25)$$

dengan turunan fungsinya adalah:

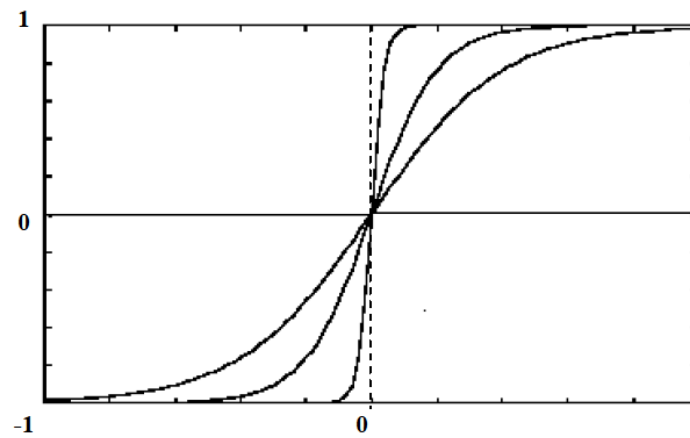
$$f'(x) = \frac{2e^{-x}}{1 + 2e^{-x} + e^{-2x}} \quad -\infty < x < \infty \quad (2.26)$$

Bukti:

$$f(x) = \frac{1 - e^{-2x}}{1 + 2e^{-x} + e^{-2x}}$$

$$\begin{aligned} f'(x) &= \frac{2e^{-2x}(1 + 2e^{-x} + e^{-2x}) - (1 - e^{-2x})(-2e^{-x} - 2e^{-2x})}{(1 + 2e^{-x} + e^{-2x})^2} \\ &= \frac{2e^{-2x}(1 + 2e^{-x} + e^{-2x}) - (-2e^{-x} - 2e^{-2x} + 2e^{-3x} + 2e^{-4x})}{(1 + 2e^{-x} + e^{-2x})^2} \\ &= \frac{2e^{-2x} + 4e^{-3x} + 2e^{-4x} + 2e^{-x} + 2e^{-2x} - 2e^{-3x} - 2e^{-4x}}{(1 + 2e^{-x} + e^{-2x})^2} \\ &= \frac{2e^{-x}(1 + 2e^{-x} + e^{-2x})}{(1 + 2e^{-x} + e^{-2x})^2} \\ &= \frac{2e^{-x}}{1 + 2e^{-x} + e^{-2x}} \quad (\text{Terbukti}) \end{aligned}$$

Berikut ini adalah ilustrasi fungsi sigmoid bipolar:



Gambar 2.9 Fungsi Sigmoid Bipolar (*Tansig*)

c. Fungsi *Linear*

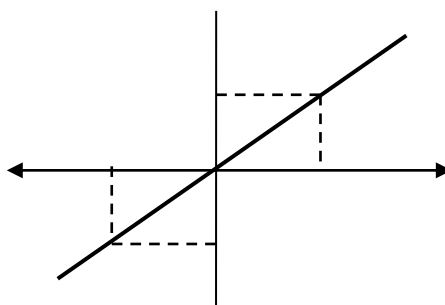
Fungsi *linear* mempunyai nilai *output* yang sama dengan nilai inputnya.

Fungsi *linear* dirumuskan sebagai berikut:

$$y = f(x) = x \quad -\infty < x < \infty \quad (2.27)$$

Dengan turunan fungsi:

$$f'(x) = 1 \quad (2.28)$$



Gambar 2.10 Fungsi *Linear* (Identitas)

4. **Algoritma *Backpropagation Neural Network***

Jaringan syaraf tiruan dengan algoritma pembelajaran *backpropagation* terdiri dari 3 tahap yaitu perambatan maju (*feedforward*), perambatan mundur (*backward*) dan penyesuaian bobot. Pada tahap

feedforward neuron-neuron *input* dirambatkan dari lapisan *input* ke lapisan *output* menggunakan fungsi aktivasi tertentu untuk memperoleh error.

Fungsi aktivasi yang digunakan pada algoritma *backpropagation* harus memenuhi beberapa syarat yakni fungsi aktivasi tersebut kontinu, terdifferensial, dan monoton naik contohnya seperti *sigmoid biner*, *sigmoid bipolar* dan *linier* (Fausett, 1994: 292-293).

Algoritma *backpropagation* untuk jaringan dengan satu lapisan tersembunyi menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid biner* adalah sebagai berikut (Fausset, 1994: 294-296):

Langkah 0 : Inisiasi bobot dengan mengambil bobot awal menggunakan nilai random terkecil.

Langkah 1 : Menetapkan parameter pembelajaran seperti maksimum *epoch*, *target error*, dan *learning rate*. Inisialisasi *epoch*=0 dan MSE=1

Fase I : *Feedforward*

Langkah 2 : Setiap *neuron input* ($x_i, i = 1, 2, \dots, n$) menerima sinyal x_i dan meneruskan sinyal tersebut ke semua *neuron* yang ada di lapisan tersembunyi.

Langkah 3 : Setiap *neuron* pada lapisan tersembunyi ($z_j, j = 1, 2, \dots, p$) menjumlahkan sinyal-sinyal *input* berbobot

$$z_in_j = w_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i w_{ij} \quad (2.29)$$

Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal *inputnya*,

$$z_j = f(z_in_k) = \frac{1}{1+e^{-z_in_j}} \quad (2.30)$$

dan mengirimkan sinyal tersebut ke semua unit di lapisan yang terdapat unit-unit *output*.

Langkah 4 : Setiap unit *output* ($y_k, k = 1, 2, \dots, m$) menjumlahkan sinyal-sinyal *input* berbobot.

$$y_{in_k} = b_0 \sum_{j=1}^p z_j v_{jk} \quad (2.31)$$

Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal *outputnya*.

Fase II : Backpropagation

Langkah 5 : Setiap unit *output* ($y_k, k = 1, 2, \dots, m$) menerima target pola yang berhubungan dengan pola input pembelajaran dengan *error*.

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{in_k}) = (t_k - y_k) y_k (1 - y_k) \quad (2.32)$$

δ_k merupakan unit error yang akan dipakai dalam perubahan bobot lapis dibawahnya (langkah 6).

Hitung koreksi bobot (yang akan dipakai nanti untuk mengubah bobot w_{jk}) dengan laju pembelajaran α .

$$\Delta v_{jk} = \alpha, \delta_k, z_j \quad (2.33)$$

$$(k = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, p)$$

Hitung koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai v).

$$\Delta v_{0k} = \alpha, \delta_k$$

Langkah 6 : Setiap unit tersembunyi ($z_j, j = 1, 2, \dots, p$) menjumlahkan hasil perubahan *inputnya* dari unit-unit di lapisan atasnya.

$$\delta_{in_j} \sum_{k=1}^p \delta_k w_{kj} \quad (2.34)$$

Faktor δ unit tersembunyi:

$$\delta_j = \delta_{in_j}, f'(z_{in_j}) = \delta_{in_j} \cdot z_j(1 - z_j) \quad (2.35)$$

Hitung koreksi bobot (yang nantinya akan dipakai untuk memperbaiki nilai v_{ij})

$$\Delta w_{ij} = \alpha \cdot \delta_j$$

Fase III : Perubahan bobot dan bias

Langkah 7 : Hitung semua perubahan bobot. Perubahan bobot yang menuju ke *output* unit:

$$v_{jk}(\text{baru}) = v_{jk}(\text{lama}) + \Delta v_{jk} \quad (2.36)$$

$$(k = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, p)$$

Perubahan bobot garis menuju ke lapisan tersembunyi:

$$w_{ij}(\text{baru}) = w_{ij}(\text{lama}) + \Delta w_{ij} \quad (2.37)$$

$$(j = 1, 2, \dots, p; i = 1, 2, \dots, n)$$

Langkah 8 : Selesai.

Arsitektur jaringan yang digunakan algoritma *backpropagation* adalah jaringan *feedforward*. Pada MATLAB, untuk membangun jaringan *feedforward* digunakan instruksi *newff*.

Fungsi yang digunakan adalah:

$$\text{net} = \text{newff}(P_n), [S_1 \ S_2 \ \dots \ S_q], \{\text{TF1} \ \text{TF2} \ \dots \ \text{TFn}\}, \text{BTF}, \text{PF}$$

Sebelum melakukan pembelajaran, parameter pembelajaran harus diatur terlebih dahulu. Terdapat beberapa fungsi pembelajaran untuk bobot-bobot yang menggunakan *gradient descent* (*traingd*) dan *gradient descent* dengan momentum (*traingdm*).

Dalam tugas akhir ini akan digunakan *gradient descent* dengan *adaptive learning rate* dan momentum (*traingdx*). *Traingdx* merupakan gabungan dari *traingda* dan *traingdm*.

Pada jaringan *feedforward*, pembelajaran dilakukan untuk melakukan pengaturan bobot, sehingga pada akhir pembelajaran akan diperoleh bobot-bobot yang baik. Pada MATLAB, ada dua cara untuk mengimplementasikan fungsi pembelajaran *gradient descent*, yaitu *incremental mode* dan *batch mode*. Dalam tugas akhir skripsi ini akan digunakan *batch mode*. Pembelajaran *backpropagation* menggunakan fungsi *train*.

Syntax: `[net, tr]=train(net, Pn, Tn)`

F. Pengukuran Ketepatan Klasifikasi

Hasil pembelajaran dapat memberikan hasil klasifikasi yang tidak tepat. Tingkat ketepatan hasil klasifikasi dapat dihitung menggunakan sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi. Akurasi adalah ukuran ketepatan sistem dalam mengenali masukkan yang diberikan sehingga menghasilkan keluaran yang benar. Secara umum dapat dituliskan sebagai berikut:

$$akurasi = \frac{\text{jumlah data yang diklasifikasi benar}}{\text{jumlah data keseluruhan}} \times 100\% \quad (2.29)$$

(Nithya, R dan Santhi, B, 2011).