

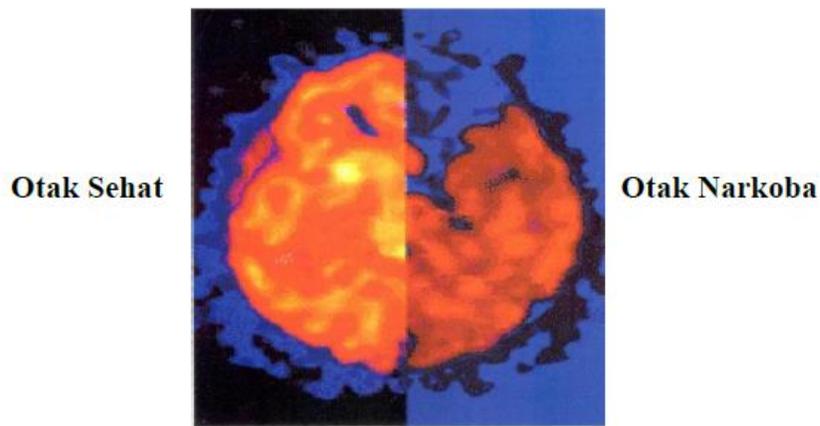
## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

Pada bab ini menjelaskan mengenai teori-teori penunjang tugas akhir. Adapun teori-teori penunjang tersebut yaitu narkoba, otak, *Brain Computer Interface* (BCI), EEG, ERP, EEG-P300, *bandpass* filter, *wavelet*, dan *Adaptive Neuro-Fuzzy Interference System* (ANFIS).

#### **II.1 Narkoba<sup>[1]</sup>**

Narkoba singkatan dari narkotika, psitropika, dan bahan adiktif berbahaya lainnya. Narkoba adalah bahan atau zat yang jika dimasukkan kedalam tubuh manusia dapat mengubah pikiran, suasana hati atau perasaan, perilaku seseorang, serta dapat mengubah fungsi dan struktur tubuh manusia. Narkoba dapat menimbulkan ketergantungan fisik dan psikologis. Penggunaan dari narkoba dapat menyerang seluruh sistem tubuh terutama pada otak. Bagian otak yang diberi pengaruh atau diserang oleh narkoba adalah otak bagian depan (*frontal lobe*), karena otak bagian depan bertanggung jawab atas kehidupan dari perasaan. Pada dasarnya akibat penyalahgunaan narkoba dapat dibagi menjadi akibat fisik dan psikis. Akibat yang terjadi tentu tergantung kepada jenis narkoba yang digunakan, cara penggunaan, dan lama penggunaan. Secara keseluruhan dampak yang diberikan narkoba pada otak manusia diperlihatkan pada Gambar II.1.



Gambar II.1 Perbedaan Otak Manusia Pemakai Narkoba dan Tidak<sup>[1]</sup>

## II.2 Otak

Otak adalah pusat sistem saraf yang terdiri dari milyaran sel yang disebut *neuron*. Setiap *neuron* saling berkomunikasi dan memancarkan gelombang listrik atau yang biasa disebut gelombang otak (*brainwave*)<sup>[1]</sup>. Gelombang otak dapat diukur dengan menggunakan *electroencephalogram* (EEG)<sup>[6]</sup>. Gelombang otak menghasilkan frekuensi yang bervariasi antara 0-30 Hz dan digolongkan menjadi gelombang delta, theta, alpha, dan beta. Setiap gelombang memiliki karakteristik berbeda-beda serta menandakan kondisi mental seseorang.

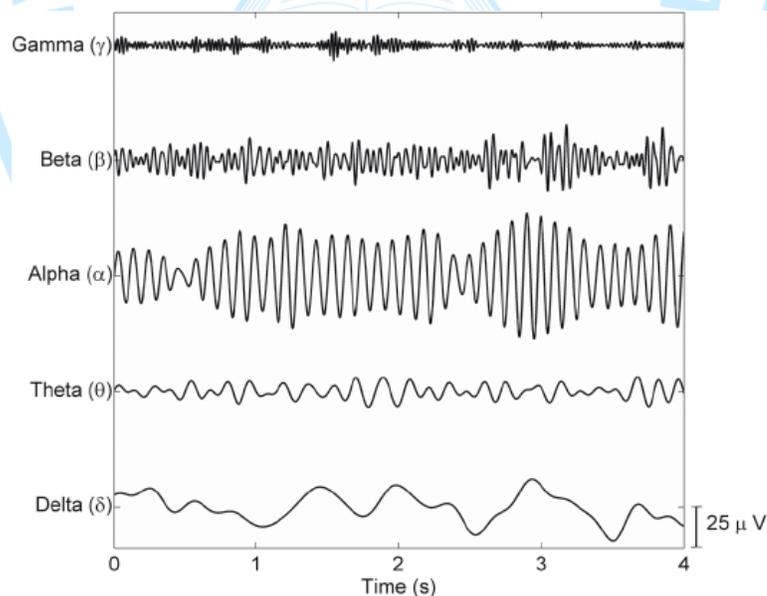


Gambar II.2 Ilustrasi Gelombang Otak (*Brainwave*)<sup>[7]</sup>

### II.2.1 Gelombang Otak<sup>[2]</sup>

Gelombang otak terbagi kedalam beberapa kelompok berdasarkan rentang frekuensi yang dapat dilihat pada Gambar II.3. Klasifikasi gelombang otak berdasarkan frekuensinya, yaitu:

- 1) Gelombang Delta, berada pada frekuensi 0.5 Hz-4 Hz. Terjadi pada saat Anda tertidur lelap tanpa mimpi, fase delta adalah fase istirahat bagi tubuh dan pikiran.
- 2) Gelombang Theta, berada pada frekuensi 4 Hz-8Hz. Terjadi pada saat seseorang mengalami tidur ringan atau sangat mengantuk, meditasi, berdoa, hypnosis.
- 3) Gelombang Alpha, berada pada frekuensi 8 Hz – 13 Hz. Terjadi pada orang dengan keadaan rileksasi atau mulai istirahat. Gelombang alpha dihasilkan setiap akan tidur, tepatnya masa peralihan antara sadar dan tidak sadar.
- 4) Gelombang Beta, berada pada frekuensi 13Hz-30Hz. Terjadi pada saat seseorang mengalami aktifitas yang terjaga penuh seperti keadaan berpikir, fokus, dan dalam menyelesaikan masalah.



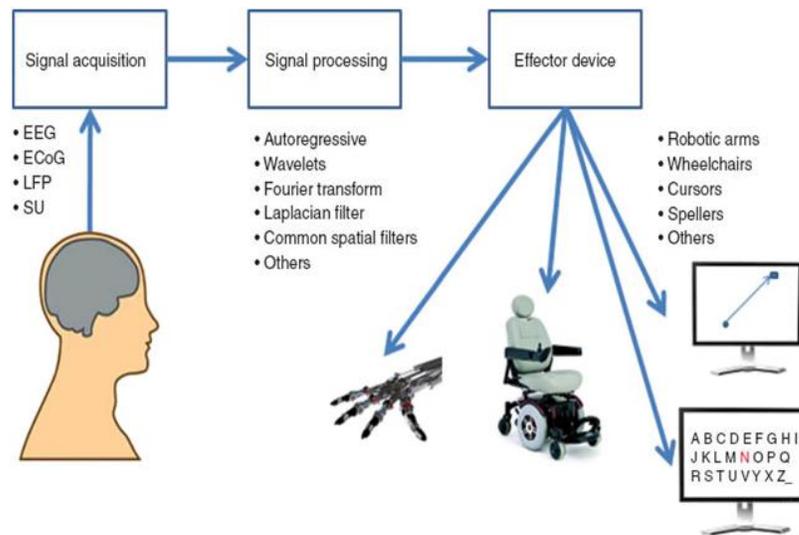
Gambar II.3 Klasifikasi Gelombang Otak Berdasarkan Frekuensinya<sup>[8]</sup>

### II.3 Brain Computer Interface<sup>[9]</sup>

*Brain Computer Interface* (BCI) adalah sistem yang memungkinkan manusia untuk memanfaatkan sinyal yang dibangkitkan oleh otak untuk mengirim perintah komputer atau mesin. Tujuan sistem ini adalah untuk membantu manusia yang memiliki kelainan fisiologis atau cacat fisik yang berhubungan dengan sistem saraf motorik. BCI memiliki beberapa metode yaitu metode *invasive*, metode *partially invasive*, dan metode *non-invasive*.

1. Metode *invasive* adalah metode yang memasukkan atau menanamkan sensor ke dalam otak.
2. Metode *partially invasive* adalah metode yang meletakkan sensor pada permukaan otak.
3. Metode *non-invasive* adalah metode yang meletakkan sensor pada kulit kepala tanpa melakukan pembedahan terhadap otak untuk mendapatkan gelombang otak yang diperlukan.

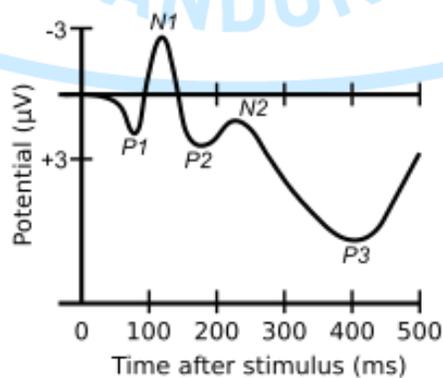
Sebuah sistem BCI terdiri dari pengukuran sinyal otak atau akuisisi sinyal (*signal acquisition*), dan kemudian dilakukan sistem pengolahan sinyal (*signal processing*) yang didalamnya termasuk *pre-processing*, *feature extraction*, dan *classification*.



Gambar II.4 Skema Kerja BCI<sup>[10]</sup>

#### II.4 *Event-Related Potential*<sup>[11]</sup>

*Event-Related Potential* (ERP) adalah salah satu jenis sinyal dari beberapa jenis sinyal yang terdapat pada EEG. ERP mencerminkan aktivitas biolistrik saraf yang berkaitan dengan proses pengolahan stimulus. Gelombang ERP terdiri dari beberapa komponen yaitu komponen positif diberi nama P1, P2, P3 atau sesuai masa latennya (P50, P100, P300). Setiap komponen mencerminkan aktivasi setiap neuron. Dalam berbagai literatur menunjukkan bahwa ERP memiliki sensitif yang tinggi terhadap stimulus, namun faktor psikologis juga dapat mempengaruhi kinerja.



Gambar II.5 Macam-macam Komponen ERP<sup>[12]</sup>

## II.5 Electroencephalogram

*Electroencephalogram* (EEG) merupakan alat yang didesain untuk mengukur, merekam, dan mendeteksi aktivitas listrik otak (pada umumnya dikenal gelombang otak) melalui elektroda yang diletakkan dikulit kepala<sup>[6]</sup>. Melalui pola gelombang otak pada EEG dapat diketahui aktivitas otak dan menginterpretasikan kelainan atau penyakit yang diderita pasien seperti epilepsi, kematian fungsi otak, tumor, gangguan tidur, dan yang lainnya<sup>[12]</sup>. EEG merekam aktivitas listrik pada otak selama kurun waktu tertentu. EEG mengukur perubahan tegangan yang dihasilkan oleh aliran ion pada *neuron* otak. Intensitas gelombang otak pada kulit berkisar 0 sampai 300  $\mu\text{V}$ , dan frekuensinya berkisar satu kali sampai lima puluh kali putaran per detik atau lebih. Sinyal gelombang ini sangat bergantung pada perubahan keadaan yaitu siaga, tidur, dan koma. Ada beberapa alat yang telah menerapkan sistem EEG, salah satunya yaitu mitsar EEG.

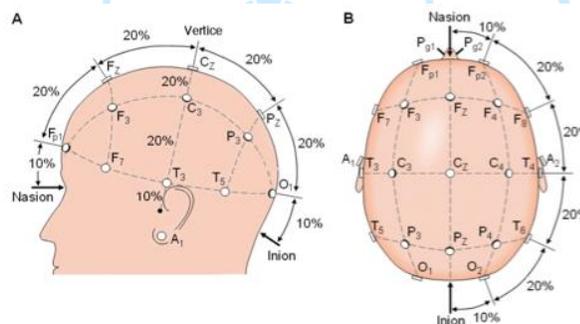
### II.4.1 Mitsar EEG-202<sup>[13]</sup>

Pada tugas akhir ini digunakan metode *non-invasive*. Tugas akhir ini melakukan analisis terhadap gelombang otak yang diperoleh dari hasil perekaman menggunakan alat EEG dengan menggunakan banyak sensor yaitu mitsar EEG-202 dengan 31 kanal.



Gambar II.6 Mitsar EEG-202, 31 Kanal<sup>[14]</sup>

Sinyal EEG direkam pada kanal yang tersedia menggunakan elektroda Ag/AgCl yang terpasang pada alat EEG ketika diberikan stimulus yang tersedia menggunakan elektroda Ag/AgCl yang terpasang pada alat EEG ketika diberikan stimulus. Elektroda tersebut dipasang pada kulit kepala seseorang untuk dapat merekam sinyal EEG, sedangkan posisi pemasangan elektroda mengacu kepada sistem peletakan elektroda 10-20. Disebut demikian karena berdasarkan 10% dan 20% toleransi terhadap empat pembagian kulit kepala, yaitu *nasion*, *inion*, *preauricular left*, dan *preauricular right*. Sementara itu berdasarkan aktifitas listrik pada otak, dibedakan atas set titik ukur, yaitu: *Frontal* (F) untuk pengontrolan, kemampuan bicara, perencanaan gerakan dan pengenalan; *Parietal* (P) untuk menerima informasi rangsangan setuhan, temperatur, getaran, dan posisi tubuh; *Occipital* (O) untuk menerima rangsangan visual dan arti tulisan; dan *Temporal* (T) untuk menerima informasi rangsangan dari telinga dan berkaitan dengan memori.

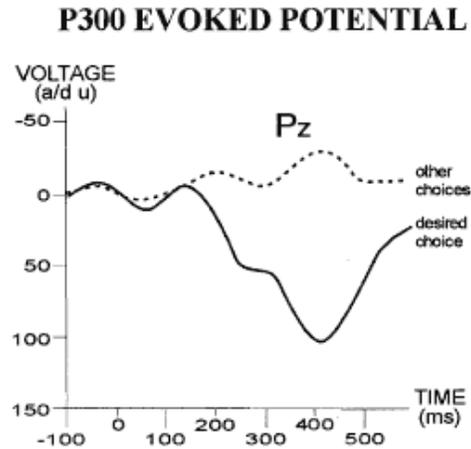


Gambar II.7 Sistem 10-20 Dilihat Dari Kiri Dan Atas Kepala<sup>[10]</sup>

## II.6 EEG-P300

EEG-P300 merupakan salah satu komponen ERP yang digunakan dalam tugas akhir ini. Istilah P300 diambil dari polaritas gelombang yang positif pada waktu 300 mili-detik setelah diberi stimulan<sup>[12]</sup>. P300 bergantung kepada durasi proses stimulus tetapi tidak bergantung kepada proses seleksi dan eksekusi respon. Komponen lebih mencerminkan proses kognitif pengolahan informasi stimulus. Pada tugas diskriminasi auditoris sederhana masa laten berkisar sekitar 300 mili-detik, sedangkan pada proses

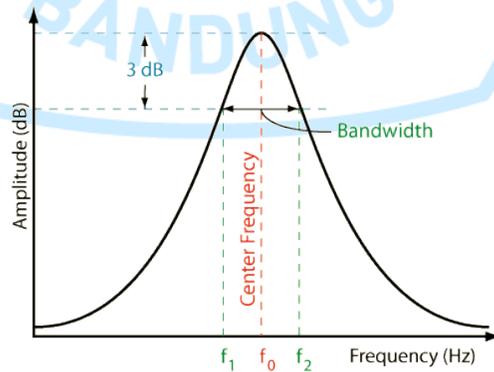
pengambilan keputusan yang kompleks masa laten dapat mencapai 400-800 mili-detik<sup>[12]</sup>.



Gambar II.8 Sinyal dari Komponen P300<sup>[15]</sup>

## II.7 Bandpass Filter<sup>[16]</sup>

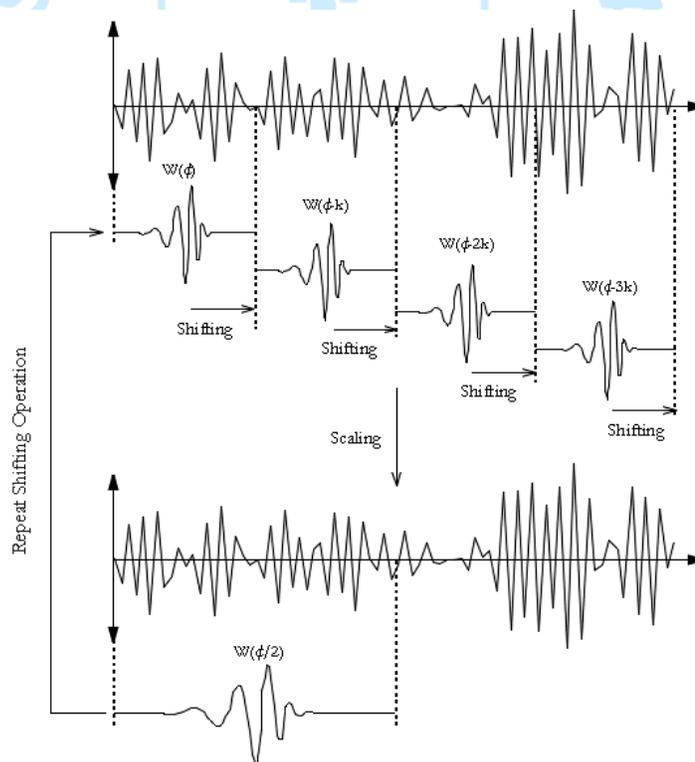
*Bandpass* filter adalah filter yang meloloskan pada frekuensi daerah tertentu, yaitu diatas frekuensi batas bawah ( $f_L$ ) dan dibawah frekuensi batas atas ( $f_H$ ). Frekuensi yang berada di bawah  $f_L$  dan di atas  $f_H$  akan dilemahkan. Bandpass filter memiliki 2 jenis yaitu bandpass filter bidang lebar dan bandpass filter sempit.



Gambar II.9 *Bandpass* Filter<sup>[16]</sup>

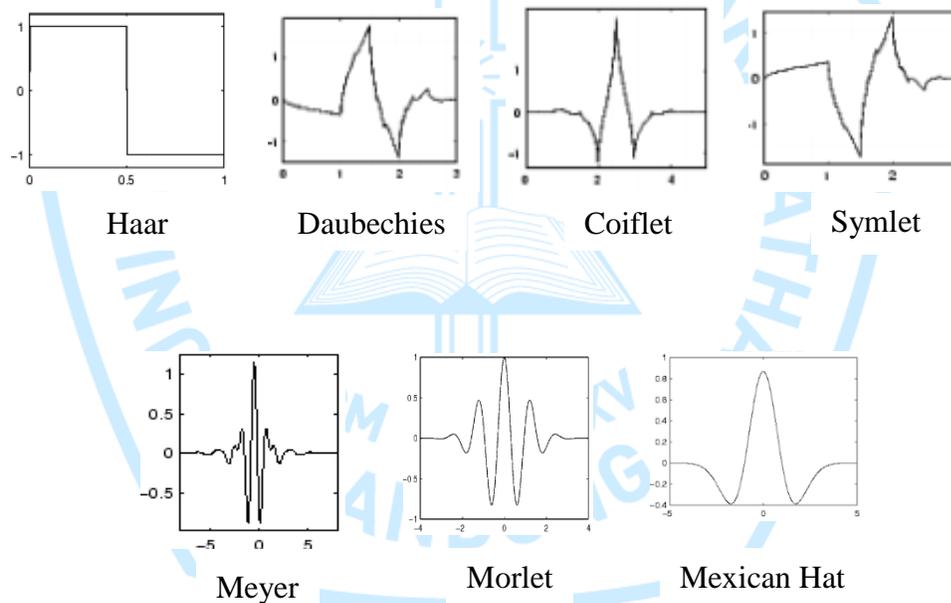
## II.8 Wavelet

Transformasi *wavelet* merupakan metode pemrosesan sinyal dengan cara kerja menyerupai analisis sinyal menggunakan Transformasi Fourier<sup>[17]</sup>, yaitu dengan memecah sinyal yang akan dianalisis menjadi beberapa bagian. Perbedaannya, Transformasi Fourier memberitahu informasi frekuensi dari sebuah sinyal, tetapi tidak dengan informasi waktunya namun transformasi *wavelet* mentransformasi sinyal dalam domain waktu menjadi sinyal dalam waktu dan frekuensi dalam hal ini dibentuk menjadi domain *translation* dan *scale*<sup>[18]</sup>. *Translation* (translasi) adalah sebuah bentuk transformasi dari domain waktu. *Translation* terkait dengan lokasi dari *window function*, dimana *window* dipindah-pindahkan sepanjang sinyal yang masuk. *Scale* (skala) adalah bentuk transformasi dari frekuensi, dimana nilai *scale* berbanding terbalik dengan nilai frekuensi. Gambar II.9 ditunjukkan proses *translation* dan *scale* pada transformasi *wavelet*.



Gambar II.9 Proses *Translation* dan *Scale* Pada Transformasi *Wavelet*<sup>[19]</sup>

Berbeda dengan sinyal sinusoida pada transformasi Fourier yang bersifat halus dan tidak teringga, *wavelet* memiliki sifat tidak teratur dan semakin menghilang pada kedua ujungnya (*compactly supported*). Transformasi *wavelet* dibagi menjadi dua, yaitu Transformasi *wavelet* kontinu (CWT) dan Transformasi *wavelet* diskrit (DWT). Semua fungsi yang digunakan dalam transformasi CWT dan DWT diturunkan dari *mother wavelet* melalui pergeseran dan penskalaan. *Mother wavelet* merupakan fungsi dasar yang digunakan dalam transformasi *wavelet*. Karena *mother wavelet* menghasilkan semua fungsi *wavelet* yang digunakan dalam transformasi melalui translasi dan penskalaan, maka *mother wavelet* juga akan menentukan karakteristik dari transformasi *wavelet* yang dihasilkan. Fungsi-fungsi yang termasuk dalam keluarga *wavelet* ditunjukkan pada Gambar II.10.



Gambar II.10 Jenis-jenis *Wavelet*<sup>[17]</sup>

### II.8.1 *Continuous Wavelet Transform (CWT)*<sup>[17]</sup>

*Continuous Wavelet Transform* didefinisikan sebagai penjumlahan antara seluruh spektrum sinyal dikalikan dengan versi *wavelet* induk yang telah ter-kompresi

dan ter-translasi. Dalam CWT, sinyal dianalisis menggunakan seperangkat fungsi dasar yang saling berhubungan dengan penskalaan dan translasi sederhana. CWT secara matematika dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\gamma(s, \tau) = \int f(t) \psi^*_{s,\tau}(t) dt \quad (\text{II.1})$$

Keterangan:  $\gamma(s, \tau)$  adalah fungsi sinyal setelah transformasi, dengan variable  $s$  (skala) dan  $\tau$  (translasi) sebagai dimensi baru.  $f(t)$  sinyal asli sebelum transformasi. Fungsi dasar  $\psi^*_{s,\tau}(t)$  disebut sebagai wavelet, dengan  $*$  menunjukkan konjugasi kompleks.

### II.8.2 Discrete Wavelet Transform (DWT)<sup>[17]</sup>

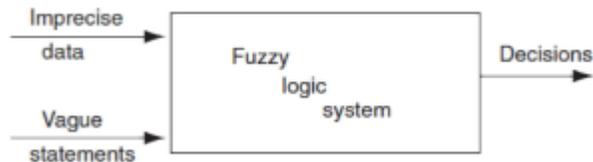
Dalam DWT, penggambaran sebuah skala waktu sinyal digital diperoleh dengan menggunakan teknik filterisasi digital. Sinyal pertama dilewatkan pada rangkaian *high-pass filter* dan *low-pass filter*, kemudian setengah dari masing-masing keluaran diambil sebagai sample melalui operasi sub-sampling. Proses ini disebut proses dekomposisi satu tingkat. Keluaran dari *low-pass filter* digunakan sebagai masukan di proses dekomposisi tingkat berikutnya dan diulang sampai tingkat proses dekomposisi yang diinginkan. Gabungan dari keluaran-keluaran *high-pass filter* dan satu keluaran *low-pass filter* yang terakhir, disebut sebagai koefisien wavelet, yang berisi informasi sinyal hasil transformasi yang telah terompresi.

### II.9 Adaptive Neuro-Fuzzy Interference System (ANFIS)<sup>[20]</sup>

*Adaptive Neuro-Fuzzy Interference System* (ANFIS) adalah salah satu metode *artificial intelegent* (AI) yang menggabungkan antara *Fuzzy logic* dan jaringan saraf tiruan (JST).

### II.9.1 Fuzzy Logic<sup>[21]</sup>

Konsep Fuzzy ini disusun oleh Lotfi Zadeh. Secara Bahasa, *fuzzy* didefinisikan sebagai ‘*blured*’ (kabur, tidak jelas, remang-remang). *Fuzzy Logic* adalah sebuah metodologi berhitung dengan variabel kata-kata (*linguistic variable*), sebagai pengganti berhitung dengan bilangan.

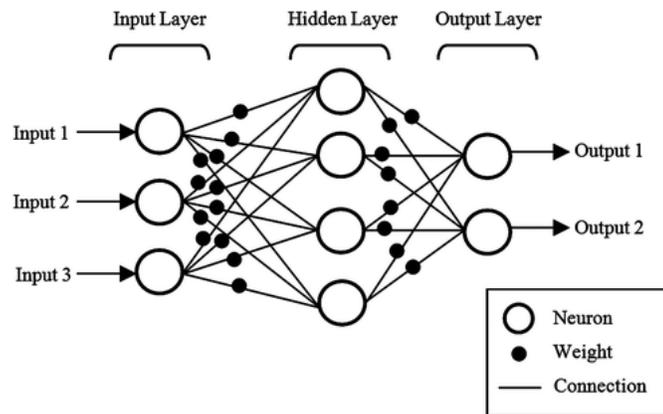


Gambar II.11 Logika Sistem Fuzzy<sup>[18]</sup>

### II.9.2 Artificial Neural Networks (ANN)<sup>[22]</sup>

ANN merupakan suatu jaringan saraf tiruan yang dibangun untuk meniru cara kerja otak manusia. Dengan jaringan saraf tiruan dapat memberikan semacam kecerdasan pada sistem, dimana sistem tersebut akan diberikan waktu untuk ‘belajar’ dan kemudian diharapkan dari proses belajar, sistem dapat memberi solusi dari suatu kasus.

ANN biasanya dijalankan dalam lapisan atau layer yang terdiri dari sejumlah titik yang saling berhubungan. Pola dimasukkan ke dalam jaringan melalui *in-out layer*, yang berkomunikasi dengan satu atau lebih *hidden layer* dan proses dilakukan melalui sistem koneksi berbobot yang kemudian *hidden layer* akan dilanjutkan ke *output layer*.



Gambar II.12 Ilustrasi Cara Kerja Sistem ANN<sup>[20]</sup>

### II.9.3 Arsitektur ANFIS<sup>[21]</sup>

ANFIS adalah suatu model yang mana dalam melakukan penyetelan aturan digunakan algoritma pembelajaran terhadap sekumpulan data. Pada ANFIS memungkinkan aturan-aturan untuk beradaptasi. Agar jaringan dengan fungsi basis radial ekuivalen dengan *fuzzy* berbasis aturan model Tagaki-Sugeno-Kang (TSK) orde satu, diperlukan batasan:

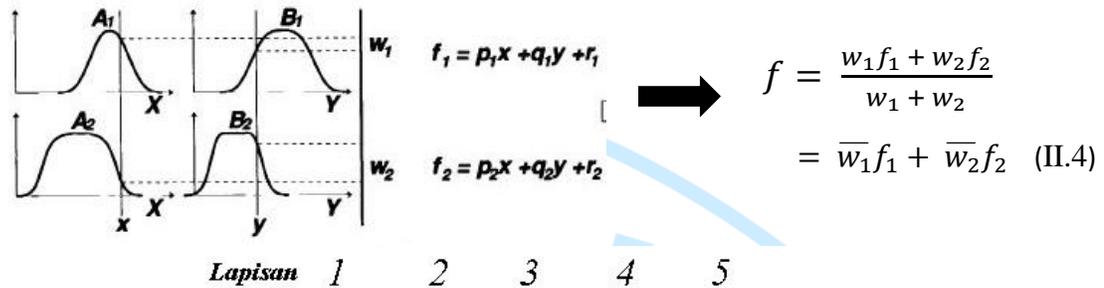
- 1) Aturan-aturan harus memiliki metode agregasi yang sama (rata-rata terbobot atau penjumlahan terbobot) untuk menghasilkan outputnya.
- 2) Jumlah fungsi aktivasi harus sama dengan jumlah aturan *fuzzy* (*if-then*).
- 3) Jika ada beberapa input pada basis aturannya, maka tiap-tiap fungsi aktivasi harus sama dengan fungsi keanggotaan tiap-tiap inputnya,
- 4) Fungsi aktivasi dan aturan-aturan *fuzzy* harus memiliki fungsi yang sama untuk neuron-neuron dan aturan-aturan yang ada pada sisi outputnya.

Salah satu contoh ilustrasi mekanisme interferensi fuzzy TSK orde satu dengan dua masukan  $x$  dan  $y$ . Ada dua aturan pada basis aturan model TSK, yaitu:

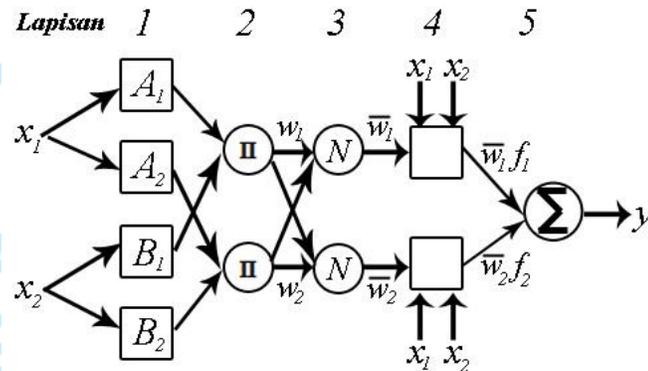
$$\text{If } x \text{ is } A1 \text{ and } y \text{ is } B1 \text{ then } f1 = p_1x + q_1x + r_1 \quad (\text{II.2})$$

$$\text{If } x \text{ is } A_2 \text{ and } y \text{ is } B_2 \text{ then } f_2 = p_2x + q_2y + r_2 \quad (\text{II.3})$$

Jika  $\alpha$  predikat untuk aturan kedua adalah  $w_1$  dan  $w_2$ , maka dapat dihitung rata-rata terbobot:



$$f = \frac{w_1 f_1 + w_2 f_2}{w_1 + w_2} = \bar{w}_1 f_1 + \bar{w}_2 f_2 \quad (\text{II.4})$$



Gambar II.13 Struktur ANFIS dengan 2 Input

Jaringan ANFIS (Gambar II.13) terdiri dari lapisan-lapisan sebagai berikut:

1). Lapisan 1

Semua simpul pada lapisan ini adalah simpul adaptif (parameter dapat berubah), *output* simpul ke  $i$  pada lapisan 1 disimbolkan dengan  $O_{1,i}$ , maka fungsi simpul adalah:

$$O_{1,i} = \mu_{A_i}(x) \quad \text{untuk } i=1, 2 \quad (\text{II.5})$$

Dengan  $x$  dan  $y$  adalah masukan pada simpul  $i$  dan  $A_i$  adalah fungsi keanggotaan masing-masing simpul dan memiliki nilai  $\mu$  tertentu. Simpul  $O_{1,i}$  berfungsi untuk menyatakan derajat keanggotaan tiap masukan terhadap himpunan fuzzy  $A$  dan  $B$ .

Fungsi keanggotaan  $\mu$  yang digunakan adalah fungsi Generalized-Bell dengan nilai maksimum 1 dan nilai minimum 0, dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c_i}{a_i} \right|^{2b_i}} \quad (\text{II.6})$$

Dimana  $\{a_i, b_i, c_i\}$  adalah himpunan parameter, parameter  $a_i$  dan  $c_i$  dapat diubah nilainya pada input awal. Jika parameter berubah, maka kurva *bell* akan berubah. Parameter pada lapisan ini disebut parameter premis.

#### 2).Lapisan 2

Semua simpul pada lapisan ini adalah nonadaptif (parameter tetap). Fungsi simpul ini adalah mengalikan setiap sinyal masukan yang datang, dengan fungsi simpul:

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{A_i}(x) * \mu_{B_i}(y) \quad \text{untuk } i=1,2 \quad (\text{II.7})$$

Tiap keluaran simpul menyatakan derajat pengaktifan (*firing strength*) tiap aturan *fuzzy*. Banyak simpul pada lapisan ini menunjukkan banyaknya aturan yang dibentuk.

#### 3). Lapisan 3

Semua simpul pada lapisan ini adalah simpul nonadaptif yang menampilkan fungsi derajat pengaktifan ternormalisasi (*normalized firing strength*) yaitu rasio keluaran simpul ke-*i* pada lapisan sebelumnya terhadap seluruh keluaran lapisan sebelumnya, dengan fungsi simpul:

$$O_{3,i} = w_i = \frac{w_i}{w_1+w_2} \quad \text{untuk } i=1,2 \quad (\text{II.8})$$

Apabila dibentuk lebih dari dua aturan, fungsi dapat diperluas dengan membagi  $w_i$  dengan jumlah total  $w$  untuk semua aturan.

#### 4). Lapisan 4

Setiap simpul pada lapisan ini adalah simpul adaptif dengan fungsi simpul:

$$O_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i x + r_i) \quad (\text{II.9})$$

dengan  $i$  adalah derajat pengaktifan ternormalisasi yaitu rasio keluaran simpul ke- $i$  terhadap keluaran dari lapisan 3 dan parameter  $p, q, r$  menyatakan himpunan parameter konsekuen.

#### 5). Lapisan 5

Pada lapisan ini hanya terdapat satu simpul tetap yang berfungsi menjumlahkan semua masukan, dengan fungsi simpul:

$$Output = O_{5,i} = \Sigma \bar{w}_i f_i = \frac{\Sigma \bar{w}_i f_i}{\Sigma \bar{w}_i} \quad (II.10)$$

Jaringan adaptif dengan lima lapisan tersebut ekuivalen dengan sistem inferensi fuzzy TSK.

