

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Jantung

Jantung adalah organ berupa otot, berbentuk kerucut, berongga dan dengan basisnya di atas puncaknya di bawah. *Apex*-nya (puncak) miring ke sebelah kiri. Agar jantung berfungsi sebagai pemompa yang efisien, otot-otot jantung, rongga atas dan rongga bawah harus berkontraksi secara bergantian. Jantung merupakan organ manusia yang bertugas untuk memompa darah yang mengandung oksigen ke seluruh tubuh yang sangat berguna bagi semua sel tubuh. Jantung akan mulai berdetak ketika manusia masih dalam kandungan, dan tidak akan berhenti sampai manusia meninggal.

Jantung terdiri dari serabut-serabut otot khusus yang bekerja secara otomatis dan bersifat tetap. Selain itu, masih terdapat sistem saraf yang mengatur irama denyut jantung. Dengan sekali denyutan jantung, darah yang kaya oksigen dialirkan ke seluruh tubuh, sedangkan darah yang kurang oksigen dialirkan ke paru-paru agar bisa dilakukan pertukaran gas [5].

Jantung pada orang dewasa mempunyai panjang sekitar 12 cm, lebar 8 cm, dan tebal 6 cm. Beratnya sekitar 280-340 gram pada pria, dan 230-280 gram pada wanita. Jantung dibungkus oleh *pericardium* yang merupakan lapisan *fibro serosa*. Detak lapisan *fibro serosa* tersusun dari serabut kolagen yang membentuk *pericardium viscerale* yang melekat erat pada jantung. *Pericardium perietale* ini melekat pada *diafragma*, *sternum*, *vetebra*, dan *pleura*. Terdapat rongga (*cavum pericardium*) yang berisi cairan *pericardial* diantara lapisan *parietalis* dan *visceralis* [4].

Tiga lapisan yang menyusun jantung ialah sebagai berikut :

1. *Pericardium* ialah lapisan luar jantung yang merupakan membran yang membungkus jantung. Di dalamnya berisi cairan *pericardium*. Cairan ini berfungsi untuk mengurangi gesekan saat berdenyut.

2. *Miocardium* ialah lapisan otot jantung yang berfungsi untuk berkontraksi sehingga jantung berdetak selamanya.
3. *Endocardium* ialah lapisan dalam yang berupa selaput yang membatasi ruang jantung.

Sistem syaraf yang mengendalikan sistem kerja jantung diatur oleh sistem saraf tak sadar yang terletak di dalam *micardium*. Ada tiga jenis sistem saraf yang mengendalikan kerja jantung, yaitu sebagai berikut [10]:

1. Simpul yang terdapat pada dinding serambi di antara *vena* masuk ke serambi kanan disebut sistem *Keith-Flack (Nodus Sino Aurikularis)*.
2. Simpul yang berada pada sekat serambi dengan bilik disebut simpul *Tawara (Nodus Atrioventrikularis)*.
3. Saraf yang berada di sekat antara bilik jantung disebut berkas *His*.

2.1.1 Struktur Jantung

Jantung terdiri dari 4 rongga, dua di kanan yaitu *atrium* kanan dan *ventrikel* kanan, dan dua di kiri yaitu *atrium* kiri dan *ventrikel* kiri. Pada permukaan luar, atrium dan *ventrikel* terpisahkan oleh *selcus coronarius*, sementara kedua *ventrikel* dipisahkan oleh *sulcus longitudinalis anterior* di bagian depan dan *sulcus longitudinalis posterior* di bagian belakang. *Vasis cordis* dibentuk terutama oleh atrium kiri dan sebagian kecil atrium kanan bagian belakang. *Apex* jantung mengarah ke bawah depan kiri setinggi *intercostalis* kelima kiri, 8 cm dari *linea midsternalis*. Permukaan diafragmatik mengarah ke bawah dan belakang. *Margin* kanan jantung dibentuk oleh *atrium* diatas dan *ventrikel* di bawah sedangkan margin kiri dibentuk terutama oleh *ventrikel* kiri [4].

1. Atrium Kanan

Terdiri dari dua bagan yaitu rongga *sinus venarum* dan *auricula*. Dipermukaan dalam atrium terdapat beberapa lubang yaitu *orificium vena ca superior*, *vena cava inferior*, dan *sinus coronaria*. Untuk mencegah regurgitasi darah ke dalam *sinus* pada saat

kontraksi *atrium*, lubang-lubang tersebut dilengkapi dengan *valvula* yang merupakan lipatan *semicircularis*. *Foramina venarum miniarum* merupakan lubang-lubang kecil *venae cordis minimae* yang mengembalikan darah dari otot-otot jantung. *Orificium atrioventricularis/tricuspidalis* merupakan lubang oval yang menghubungkan *atrium* dan *ventrikel* kanan.

2. *Ventrikel Kanan*

Berbentuk trigular dengan permukaan atas yang berhadapan dengan tulang *sternum* dan *costa*, sedangkan permukaan bawah terletak di atas diafragma. Di permukaan dalam *ventrikel* kanan terdapat *orificium* untuk arteria *pulmonales* yang menuju paru-paru. Rongga *ventrikel* kanan mampu menampung hingga 85cc darah. Dinding *ventrikel* kanan lebih tipis dari yang kiri .

3. *Atrium Kiri*

Lebih kecil dari yang kanan namun dindingnya lebih tebal. *Atrium* kiri dipisahkan dari *atrium* kanan oleh *septum atrial*. *Auricula* mengarah ke depan kanan dan bertumpang tindih dengan arteria *pulmonalis*. *Vena pulmonalis* yang berjumlah empat buah bermuara ke atrium kiri. Dari atrium kiri darah masuk ke *ventrikel* kiri melalui *arificium atrioventricularis* yang mempunyai *valvula bicuspidalis* .

4. *Ventrikel Kiri*

Membentuk *apex* jantung dan merupakan bagian terbesar dari permukaan diafragmatika jantung. *Apex* jantung diproyeksikan ke dinding dada tinggi permukaan *intercostalis* 5 pada garis pertengahan *sternum*. Dindingnya tiga kali lebih tebal dari *ventrikel* kanan. Dipermukaan dalam terdapat *orificium atrioventricularis* kiri, dan *orificium aorticus*, dengan masing-masing *valvulanya*. *Sulcus interventricularis posterior*, sedangkan *sulcus interventrikularis posterior* terdapat pada permukaan *posterior* yang membatasi *ventrikel* kanan dan kiri .

5. Arteri Koroner

Arteri koroner adalah jaringan pembuluh darah yang membawa oksigen dan darah kaya nutrisi ke jaringan otot jantung. Darah meninggalkan ventrikel kiri keluar melalui aorta, yang arteri utama tubuh. Dua arteri koroner, disebut sebagai “Kiri” dan “Kanan” arteri koroner, muncul dari awal aorta di dekat bagian atas jantung. Segmen awal dari arteri koroner kiri disebut koroner utama kiri. Pembuluh darah adalah sekitar lebar dari jerami soda dan kurang dari satu inci panjang. Ini cabang-cabang menjadi dua arteri sedikit lebih kecil: anterior kiri turun arteri koroner dan arteri koroner kiri sirkumfleksa. Anterior kiri arteri koroner menurun tertanam di permukaan sisi depan jantung. Kiri lingkaran arteri koroner sirkumfleksa sekitar sisi kiri jantung dan tertanam di permukaan bagian belakang jantung.

6. Superior Vena Cava

Vena kava superior adalah salah satu dari dua pembuluh darah utama yang membawa darah ke oksigen dari tubuh ke jantung. Vena dari kepala dan tubuh bagian atas umpan ke vena kava superior yang bermuara di atrium kanan jantung.

7. Inferior Vena Cava

Vena kava inferior adalah salah satu dari dua pembuluh darah utama yang membawa darah ke oksigen dari tubuh ke jantung. Vena dari kaki dan dada rendah ke *vena kava inferior* yang bermuara di atrium kanan jantung.

8. Aorta

Aorta adalah pembuluh darah tunggal terbesar di tubuh kira-kira sekitar diameter ibu jari. Membawa darah yang kaya oksigen dari ventrikel kiri ke berbagai bagian tubuh,

9. Pulmonary Artery

Pulmonari artery (Arteri Paru) adalah pembuluh darah transportasi ke oksigen dari ventrikel kanan ke paru-paru.

10. Pulmonary Vena

Pulmonary Vena (Vena Paru) adalah pembuluh darah mengangkut oksigen dari paru-paru ke atrium kiri.

11. Otot Papiler

Otot-otot papiler melampirkan ke bagian bawah dinding bagian dalam ventrikel. Menyambung ke *korda tendinea* yang melekat pada katup *trikuspid* dalam ventrikel kanan dan katup *mitral* di ventrikel kiri. Kontraksi otot-otot papiler membuka katup-katup, ketika otot papiler santai katup-katup dekat.

12. Korda Tendinea

Korda tendinea adalah tendon yang menghubungkan otot papiler ke katup *trikuspid* dalam ventrikel kanan dan katup mitral di ventrikel kiri. Sebagai kontrak otot papilaris dan rileks, *korda tendinea* mengirimkan kenaikan dan penurunan tegangan ke masing-masing katup, menyebabkan katup-katup untuk membukan dan menutup.

13. Katup Trikuspid

Katup *trikuspid* yang memisahkan atrium kanan dan ventrikel kanan. Membukan untuk memungkinkan darah ke oksigen dikumpulkan di atrium kanan mengalir ke ventrikel kanan. Menutup sebagai kontak ventrikel kanan, mencegah darah kembali ke atrium kanan, demikian memaksa keluar untuk melalui katup paru-paru ke arteri paru-paru.

14. Mitral Vave

Katup mitral memisahkan atrium kiri dan ventrikel kiri. Membuka untuk memungkinkan darah beroksigen dikumpulkan di atrium kiri mengalir ke ventrikel kiri. Menutup sebagai kontrak ventrikel kiri, mencegah darah kembali ke atrium kiri. Demikian, memaksa untuk keluar melalui katup *aorta* ke dalam *aorta*.

15. *Pulmonary Valve*

Katup paru memisahkan ventrikel kanan dari arteri paru-paru. Sebagai kontrak ventrikel akan membuka untuk membiarkan dari ke oksigen dikumpulkan di ventrikel kanan mengalir ke paru-paru.

16. *Katup Aorta*

Katup *aorta* memisahkan ventrikel kiri dari *aorta*, sebagai kontrak ventrikel akan membuka untuk membiarkan darah beroksigen dan dikumpulkan di ventrikel kiri mengalir ke seluruh tubuh.

2.1.2 Cara Kerja Jantung

Setiap ruang jantung akan mengendur ketika jantung berdenyut. Akibatnya ruangan jantung akan terisi darah (*diastole*). Darah akan dipompa keluar ketika jantung berkontraksi (*sistol*). Serambi kanan dan serambi kiri akan relaksasi dan berkontraksi secara bersamaan. Bilik kanan dan bilik kiri juga akan berkontraksi dan relaksasi secara bersamaan.

Darah dari paru-paru yang masuk ke jantung melalui pembuluh balik paru-paru (*pulmonal*) yang kaya oksigen masuk ke serambi kiri. Darah akan masuk ke dalam bilik kiri melalui katup mitral ketika serambi kiri ini berkontraksi. Katup mitral ini akan menutup jika bilik kiri berkontraksi, dan katup aorta akan terbuka. Selanjutnya darah yang kaya oksigen akan diedarkan ke seluruh tubuh.

Darah kotor yang kaya karbondioksida akan masuk ke serambi kanan dari seluruh tubuh melalui *vena kava* (vene terbesar). Darah dari serambi kanan selanjutnya akan didorong masuk ke bilik kanan. Melalui *katup pulmoner*, darah akan mengalir dari bilik kanan menuju *arteri pulmonalis* untuk dibawa paru-paru. Melalui pembuluh yang sangat kecil, darah akan mengalir mengelilingi kantong udara di paru-paru untuk menyerap oksigen dan melepaskan karbondioksida.

Darah yang kaya oksigen akan mengalir ke serambi kiri melalui *vena pulmonalis*. Sirkulasi *pulmoner* merupakan peredaran darah di antara bagian kanan jantung, paru-paru dan serambi kiri. Dari serambi kiri, darah selanjutnya akan masuk ke bilik kiri untuk selanjutnya diedarkan ke seluruh tubuh melalui *aorta*.

Darah dalam tubuh manusia diedarkan melalui pembuluh darah peredaran manusia disebut juga peredaran darah tertutup. Peredaran darah manusia juga disebut peredaran darah ganda, sebab setiap kali siklus, darah mengalir melalui jantung sebanyak dua kali. Peredaran darah ganda terdiri dari [10]:

1. Peredaran darah besar (sistem *sirkulatoria magna*) merupakan peredaran darah yang mengalir dari bilik kiri jantung menuju ke seluruh tubuh, kecuali paru-paru dan kembali ke jantung masuk serambi kanan.
2. Peredaran darah kecil (sistem *airkulatori parva*) merupakan darah yang mengalir dari bilik kanan jantung menuju paru-paru dan kembali ke jantung melalui serambi kiri.

2.1.3 Fungsi jantung

Beberapa fungsi jantung diantaranya [4] :

1. Memompa darah dari *ventrikel* kiri ke seluruh tubuh melalui *aorta*. Kecepatan pemompaan diatur oleh sistem saraf otonom yang mengontrol *nodus sinoatrialis* menuju *nodus atrioventricularis* dan *bundle of His* untuk mengatur kontraksi *ventrikel* jantung.
2. Menyalurkan darah yang mengandung CO₂ dari *ventrikel dexter* menuju paru-paru melalui *arteria pulmonalis* untuk dibersihkan.
3. Berkontraksi dan relaksasi :
 - a. Kontraksi otot jantung untuk memompa darah keluar dari ventrikel disebut *systole*.
 - b. Relaksasi dinding otot jantung yang memungkinkan rongga jantung diisi oleh darah disebut *diastole*.

2.1.4 Serangan Jantung

Kematian akibat jantung koroner umumnya terjadi melalui sindrom koroner akut (SKA) yang lazim disebut serangan jantung. Sindrom koroner akut adalah sekumpulan gejala yang diakibatkan oleh terganggunya aliran darah pada pembuluh darah koroner di jantung secara akut. Gangguan pada aliran darah tersebut disebabkan oleh *trombosis* (pembekuan darah) yang terbentuk di dalam pembuluh sehingga menghambat aliran darah.

Sindrom koroner akut terbagi atas dua bagian, yakni *angina* tidak stabil dan *infark miokard* akut. *Angina* tidak stabil adalah keadaan di mana pembekuan darah tidak sampai menyebabkan sumbatan total pada pembuluh darah. Sedangkan *infark miokard* akut terjadi jika pembekuan darah menyebabkan aliran darah tersumbat total.

Namun yang paling penting dalam serangan jantung koroner adalah pada arteri *koronaria*. Arteri *koronaria* menjadi sempit (seperti pipa air yang tersumbat di dalamnya) sehingga otot-otot jantung kekurangan suplai darah dan oksigen. Akibatnya, kinerja jantung akan terganggu dan bahkan bila tidak ditangani segera akan langsung menyebabkan berhentinya kinerja jantung dan akan menyebabkan penderitanya meninggal.

Dalam penyakit jantung terdapat arteri koroner merupakan pembuluh darah yang mensuplai jantung dengan darah. Namun jika terjadi penyempitan arteri koroner yang biasa disebut *arteriosklerosis*, dan salah satu bentuk *arteriosklerosis* adalah penyempitan karena lemak jenuh, yang disebut *aterosklerosis*. Dalam proses ini, lemak-lemak terkumpul di dinding arteri dan penebalan ini menghasilkan permukaan yang kasar pada dinding arteri dan juga penyempitan arteri koroner. Hal ini membuat kemungkinan adanya penggumpalan darah pada bagian arteri yang menyempit. Jika darah terus menggumpal, maka tidak ada lagi darah yang bisa mengalir, karena darah telah diblok oleh gumpalan darah yang sudah keras.

Jika tidak ada lagi darah yang dapat mengalir melalui arteri koroner, akan mengalami serangan jantung. Pada tahap ini tidak dapat melanjutkan aktivitas dan akan jatuh lemas karena ada bagian dari otot jantung yang telah mati lantaran tidak mendapatkan cukup darah. Akan tetapi, jika bagian dari otot jantung yang mati sangatlah besar, maka dampak yang dialami akan sangat fatal dan bisa membawa kepada kematian [5].

2.1.5 Gejala Serangan Jantung

Gejala serangan koroner akut umumnya mudah dikenali. Gejala khasnya adalah rasa nyeri di dada dan ulu hati. Bila digambarkan, rasa nyeri seperti terjepit, kram, seperti diremas, atau rasa terbakar (*angina*).

Rasa sakit seperti ini berlangsung terus-menerus, makin sering, dan makin berat. Misalnya, bila semula sekali sehari, menjadi tiga hingga empat kali dalam sehari, dan berlangsung lebih dari 20 menit. Rasa nyeri ini biasanya dirasakan di bagian tengah atau kiri dada, dan dapat menular ke rahang bawah, leher, bahu, lengan, dan punggung. Rasa nyeri ini biasanya disertai dengan keringat dingin dan rasa sakit di perut. Jika tidak segera ditangani, serangan koroner akut bisa berakhir dengan kematian.

Kadang-kadang serangan jantung yang menjadi tanda pertama penyakit ini. Menurut penelitian *Framingham Heart* selama 50 tahun, dari 50% pria dan 63% wanita yang meninggal mendadak karena penyakit jantung koroner (serangan jantung) tidak mempunyai gejala sebelumnya.

Tidak semua nyeri dada disebabkan oleh penyakit jantung koroner. *Angina* atau nyeri dada karena penyakit jantung koroner timbul setelah melakukan aktivitas dan hilang ketika beristirahat. Rasa nyeri timbul karena otot jantung tidak mendapat oksigen cukup. Angina biasanya berlangsung selama 2-3 menit, dan tidak lebih dari 10 menit.

Tiga cara mengenali nyeri dada karena penyakit jantung koroner adalah sebagai berikut [5] :

1. Rasa nyeri tidak bertambah parah saat menarik nafas.
2. Biasanya terasa di tengah dada, bisa menyebar ke sisi kiri, kedua lengan, atau ke leher dan rahang.
3. Dada terasa sesak, terbakar, tertusuk-tusuk, atau tertekan.

2.1.6 Faktor-Faktor Resiko Penyakit Jantung

Beberapa faktor-faktor resiko penyakit jantung, diantaranya [12]:

1. Usia

Lebih dari 83% orang yang meninggal karena penyakit jantung berusia 65 tahun atau lebih, tapi resiko seseorang terhadap *atherosclerosis* (dan akhirnya menyerah pada serangan jantung yang fatal) mulai meningkat setelah usia 40.

2. Berat Badan

Obesitas dan penimbunan lemak di sekitar pembuluh darah: Penimbunan lemak di sekitar pembuluh darah jantung mengakibatkan kekakuan pembuluh darah dan memicu terbentuknya protein-protein bersifat jahat sehingga menimbulkan peradangan pembuluh darah jantung, dan pada akhirnya akan mengakibatkan *atesoklerosis* serta penyakit jantung koroner.

3. Ukuran Lingkar Pinggang

Lemak viskeral yang terletak di balik perut, membentuk perut buncit yang keras mengeluarkan hormon yang meningkatkan tekanan darah dan mengakibatkan peradangan. Resiko terhadap serangan jantung meningkat sebesar 300% jika seseorang memiliki perut buncit dan dua dari penyakit-penyakit berikut: ***trigliserida tinggi, HDL rendah, gula darah tinggi, atau tekanan darah tinggi.***

4. Tekanan Darah

Pada pemeriksaan tekanan darah akan didapat dua angka. Angka yang lebih tinggi diperoleh pada saat jantung berkontraksi (*sistolik*), angka yang lebih rendah diperoleh pada saat jantung berelaksasi (*diastolik*). Tekanan darah kurang dari 120/80 mmHg didefinisikan sebagai “normal”. Pada tekanan darah tinggi, biasanya terjadi kenaikan tekanan darah 140/90 mmHg atau ke atas, diukur di kedua lengan tiga kali dalam jangka beberapa minggu.

Tabel 2.1 Nilai Tekanan Darah

Kategori	Tekanan Darah Sistolik	Tekanan Darah Diastolik
Normal	< 120 mmHg	(dan) < 80 mmHg
Pre-Hipertensi	120-139 mmHg	(atau) 80-89 mmHg
Stadium 1	140-159 mmHg	(atau) 90-99 mmHg
Stadium 2	≥ 160 mmHg	(atau) ≥ 100 mmHg

5. Rokok

Zat-zat kimiawi di dalam rokok bereaksi seperti kertas ampelas bagi pembuluh darah dan memberi pegangan bagi plak untuk bertahan.

6. Olahraga

Dua jam olahraga aerobik dalam seminggu dapat mengurangi resiko terhadap serangan jantung sampai separuhnya, menurut para penelitian Kanada. Angkat beban selama tiga kali seminggu dapat menurunkan kadar diastolik dalam darah sebesar delapan poin yang dapat mengurangi resiko dari serangan jantung sebesar 15%.

7. *Low Density Lipoprotein* (LDL) Kolesterol

Merupakan *lipoprotein plasma* yang mengandung sedikit *trigliserida*, *fosfolipid* sedang, protein sedang, dan kolesterol tinggi. LDL mempunyai peran utama sebagai pencetus terjadinya penyakit sumbatan pembuluh darah yang mengarah ke serangan jantung, *stroke*, dan lain-lain.

Tabel 2.2 Nilai LDL Kolestrol

Kategori	Nilai
Ideal	100 mg/dl
Resiko Rendah Jantung Koroner	100-129 mg/dl
Resiko Sedang Jantung Koroner	130-159mg/dl
Resiko Tinggi Jantung Koroner	>160 mg/dl

8. *High Density Lipoprotein (HDL) Kolestrol*

Merupakan salah satu dari 3 komponen *lipoprotein* (kombinasi protein dan lemak), mengandung kadar protein tinggi, sedikit *trigliserida*, dan *fosfolipid* mempunyai sifat umum protein dan terdapat dalam plasma darah. HDL sering disebut lemak baik yang dapat membantu mengurangi penimbunan plak pada pembuluh darah.

Tabel 2.3 Nilai HDL Kolestrol

Kategori	Nilai
Normal pada Pria	>55 mg/dl
Normal pada Wanita	>65 mg/dl
Resiko Rendah Jantung Koroner	>60 mg/dl
Resiko Sedang Jantung Koroner	35-45 mg/dl
Resiko Tinggi Jantung Koroner	<35 mg/dl

9. *Trigliserida*

Trigliserida adalah bentuk kimiawi dari lemak dalam darah. Jika levelnya tinggi, hal ini dapat meningkatkan resiko pembentukan plak dalam dinding-dinding pembuluh darah.

Tabel 2.4 Nilai *Trigliserida*

Kategori	Nilai (mg/dL)
Normal	< 200
Ambang batas Tinggi	200-395
Tinggi	>400

10. Kadar Gula Darah

Pemeriksaan terhadap kadar gula darah dalam *vena* pada saat pasien puasa 12 jam sebelum pemeriksaan atau 2 jam setelah makan. Pada tahun 2007 International Diabetes Federation (IDF) merekomendasikan target HbA1Cnl adalah tidak boleh melebihi 6.5%. Sedangkan target nilai gula darah sesudah makan adalah tidak boleh melewati 140mg/dL.

Tabel 2.5 Nilai Kadar Gula Darah

Kategori Normal	Nilai
Pra-Makan (dewasa)	82-110 mg/dL
Pasca-makan (dewasa)	110-140 mg/dL

2.1.7 Diagnosa Penyakit Jantung

Berdasarkan gejala-gejala yang dirasakan, seorang dokter dapat membuat perkiraan yang nalar tentang apakah gejala-gejala tersebut mengisyaratkan serangan jantung atau tidak. Kecurigaannya mungkin diperkuat oleh penampilan si penderita, tingkat tekanan darah dan bunyi detak jantung. Dokter mungkin akan mengirimnya ke pemeriksaan ECG (*elektrokardiografi*) dan uji darah, tetapi bila masih merasakan nyeri, dokter barangkali akan memberi suntikan penghilang rasa nyeri sebelum pemeriksaan. Ini karena nyeri yang menakutkan dapat membawa ke jurang yang lebih dalam, yang dapat menyebabkan gejala jantung. Nyeri itu juga dapat menimbulkan dampak *psikologis* jangka panjang. ECG (*elektrokardiografi*) pertama mungkin tidak menunjukkan tanda-tanda serangan jantung dan mungkin pemeriksaan itu harus diulang.

Terkadang uji yang kedua pun masih tidak menunjukkan perubahan, dan selama ini diagnosa akan bergantung pada pemeriksaan darah. Jantung seperti semua sel tubuh lain, mengandung bahan-bahan kimia khusus yang disebut enzim. Ketika sel-sel jantung mengalami

kerusakan, enzim-enzim yang dilepaskan beredar bersama aliran darah. Setelah sebuah serangan jantung kadar sebagian enzim langsung naik, tetapi selanjutnya enzim-enzim tersebut lekas mengurai dan karena tidak terdeteksi lagi setelah sehat atau dua hari ada enzim yang baru dilepaskan beberapa jam atau beberapa hari kemudian tetap tinggal dalam darah selama beberapa hari atau bahkan beberapa minggu [12].

2.2 *Fuzzy C-Means*

Fuzzy C-Means adalah suatu teknik *pengclusteran* data yang mana keberadaan tiap-tiap titik data dalam suatu *cluster* ditentukan oleh derajat keanggotaan. Konsep dasar FCM, pertama kali adalah menentukan pusat *cluster*, yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap-tiap *cluster*. Pada kondisi awal, pusat *cluster* masih belum akurat. Tiap-tiap titik data memiliki derajat keanggotaan untuk tiap-tiap *cluster*. Dengan cara memperbaiki pusat *cluster* dan derajat keanggotaan tiap-tiap titik data secara berulang, maka akan dapat dilihat bahwa pusat *cluster* akan bergerak menuju lokasi yang tepat. Perulangan ini didasarkan pada minimasi fungsi obyektif yang menggambarkan jarak dari titik data yang diberikan ke pusat *cluster* yang terbobot oleh derajat keanggotaan titik data tersebut.

Output dari FCM bukan merupakan *fuzzy inference system*, namun merupakan deretan *cluster* dan beberapa derajat keanggotaan untuk tiap-tiap titik data. Informasi ini dapat digunakan untuk membangun suatu *fuzzy inference system* [5].

2.2.1 Algoritma *Fuzzy C-Means*

Algoritma *Fuzzy C-Means* (FCM) sebagai berikut [3] :

1. *Input* data yang akan *dicluster* X , berupa matriks berukuran $n \times m$ (n = jumlah sampel data, m = atribut setiap data). X_{ij} = data sampel ke- i ($i=1,2,\dots,n$), atribut ke- j ($j=1,2,\dots,m$).
2. Tentukan:
 - a. Jumlah *cluster* $= c$;

- b. Pangkat $= w$;
- c. Maksimum Iterasi $= \text{MaxIter}$;
- d. *Error* terkecil yang diharapkan $= \xi$;
- e. Fungsi obyektif awal $= P_0 = 0$;
- f. Iterasi awal $= t = 1$;

3. Bangkitkan elemen bilangan *random* μ_{ik} , $i=1,2,\dots,n$; $k=1,2,\dots,c$; sebagai elemen-elemen matriks partisi awal U.

Hitung jumlah setiap kolom (atribut):

$$Q_j = \sum_{k=1}^c \mu_{ik} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan $j=1,2,\dots,m$.

Hitung:

$$\mu_{ik} = \frac{\mu_{ik}}{Q_j} \dots\dots\dots(2.2)$$

4. Hitung pusat *cluster* ke-k; V_{kj} , dengan $k=1,2,\dots,c$; dan $j=1,2,\dots,m$.

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n ((\mu_{ik})^{w*} X_{ij})}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^w} \dots\dots\dots(2.3)$$

5. Hitung fungsi obyektif pada iterasi ke-t, P_t :

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c ([\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2] (\mu_{ik})^w) \dots\dots\dots(2.4)$$

6. Hitung perubahan matriks partisi:

$$\mu_{ik} = \frac{[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2]^{-\frac{1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c [\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2]^{-\frac{1}{w-1}}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan: $i = 1,2,\dots,n$; dan $k = 1,2,\dots,c$.

7. Cek kondisi berhenti:

- a. Jika: $(|P_t - P_{t-1}| < \xi)$ atau $(t > \text{MaxIter})$ maka berhenti;
- b. Jika tidak: $t = t+1$, ulangi langkah ke-4.

2.2.2 Contoh Kasus *Fuzzy C-Means*

Contoh perhitungan menggunakan metode *Fuzzy C-Means* akan dijelaskan dibawah ini. Pada contoh ini akan dilakukan pengelompokan 10 data 2 dimensi menggunakan *Fuzzy C-Means*. Fitur yang digunakan adalah x dan y. Pengukuran jarak yang akan digunakan adalah jarak Euclidean. Berikut adalah data yang akan digunakan.

Tabel 2.6 Data Contoh Perhitungan

Data ke-i	Fitur x	Fitur y
1	1	1
2	4	1
3	6	1
4	1	2
5	2	3
6	5	3
7	2	5
8	3	5
9	2	6
10	3	8

Jumlah *cluster* (K) : 3 w : 2

Ambang batas (T) : 0,1 nilai fungsi objektif : 1000

a. Inisialisasi

Langkah awal yang dilakukan adalah inisialisasi matriks *fuzzy pseudo-partition* dengan memberikan nilai sembarang dalam jangkauan [0,1] dengan jumlah untuk setiap data (baris) adalah 1.

Tabel 2.7 Matriks *Fuzzy Pseudo-Partition*

Data ke-i	u ₁	u ₂	u ₃
1	0,5714	0,1429	0,2857
2	0,5000	0,3000	0,2000
3	0,1000	0,3000	0,6000
4	0,3000	0,3000	0,4000
5	0,2727	0,6364	0,0909
6	0,1905	0,3810	0,4286
7	0,6250	0,2500	0,1250
8	0,2500	0,5000	0,2500
9	0,1667	0,6667	0,1667
10	0,3333	0,5000	0,1667

b. Proses Iterasi

Hitung centroid untuk setiap *cluster*.

*Cluster 1***Tabel 2.8** Perhitungan Centroid *Cluster 1*

Data ke-i	$(u_{i1})^w$	$(u_{i1})^w \cdot x_{i1}$	$(u_{i1})^w \cdot x_{i2}$
1	0,3265	0,3265	0,3265
2	0,2500	1,0000	0,2500
3	0,0100	0,0600	0,0100
4	0,0900	0,0900	0,1800
5	0,0744	0,1487	0,2231
6	0,0363	0,1815	0,1089
7	0,3906	0,7813	1,9531
8	0,0625	0,1875	0,3125
9	0,0278	0,0556	0,1667
10	0,1111	0,3333	0,8887
	$\sum_{i=1}^n (u_{i1})^w$ = 1,3792	$\sum_{i=1}^n (u_{i1})^w \cdot x_{i1}$ = 3,1643	$\sum_{i=1}^n (u_{i1})^w \cdot x_{i2}$ = 4,4195

*Cluster 2***Tabel 2.9** Perhitungan Centroid *Cluster 2*

Data ke-i	$(u_{i2})^w$	$(u_{i2})^w \cdot x_{i1}$	$(u_{i2})^w \cdot x_{i2}$
1	0,0204	0,0204	0,0204
2	0,0900	0,3600	0,0900
3	0,0900	0,5400	0,0900
4	0,0900	0,0900	0,1800
5	0,4050	0,8100	1,2150
6	0,1452	0,7258	0,4355
7	0,0625	0,1250	0,3125
8	0,2500	0,7500	1,2500
9	0,4445	0,8890	2,6669
10	0,2500	0,7500	2,0000
	$\sum_{i=1}^n (u_{i2})^w$ = 1,8476	$\sum_{i=1}^n (u_{i2})^w \cdot x_{i1}$ = 5,0598	$\sum_{i=1}^n (u_{i2})^w \cdot x_{i2}$ = 8,2598

Cluster 3

Tabel 2.10 Perhitungan Centroid Cluster 3

Data ke-i	$(u_{i3})^w$	$(u_{i3})^w \cdot x_{i1}$	$(u_{i3})^w \cdot x_{i2}$
1	0,0816	0,0816	0,0816
2	0,0400	0,1600	0,0400
3	0,3600	2,1600	0,3600
4	0,1600	0,1600	0,3200
5	0,0083	0,0165	0,0248
6	0,1837	0,9185	0,5511
7	0,0156	0,0313	0,0781
8	0,0625	0,1875	0,3125
9	0,0278	0,0556	0,1667
10	0,0278	0,0834	0,2223
	$\sum_{i=1}^n (u_{i3})^w$ = 0,9673	$\sum_{i=1}^n (u_{i3})^w \cdot x_{i1}$ = 3,8543	$\sum_{i=1}^n (u_{i3})^w \cdot x_{i2}$ = 2,1570

Centroid yang didapat adalah sebagai berikut :

Tabel 2.11 Centroid Iterasi Ke-1

Centroid	Fitur x	Fitur y
1	2,2943	3,2045
2	2,7388	4,4710
3	3,9847	2,2300

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai derajat keanggotaan setiap data pada setiap *cluster* (matriks *pseudo-partition*). Berikut adalah contoh perhitungan nilai derajat keanggotaan untuk data ke-i :

$$D(x_1, c_1) = \sqrt{(x_{11} - c_{11})^2 + (x_{12} - c_{12})^2} = \sqrt{(1 - 2,2943)^2 + (1 - 3,2045)^2} = 2,5564$$

$$D(x_1, c_2) = \sqrt{(x_{11} - c_{21})^2 + (x_{12} - c_{22})^2} = \sqrt{(1 - 2,7388)^2 + (1 - 4,4710)^2} = 3,8822$$

$$D(x_1, c_3) = \sqrt{(x_{11} - c_{31})^2 + (x_{12} - c_{32})^2} = \sqrt{(1 - 3,9847)^2 + (1 - 2,2300)^2} = 3,2282$$

Hasil lengkap $D(x_i, c_k)$ seperti di bawah ini :

Tabel 2.12 Nilai Jarak Data Ke Centroid

Data ke-i	Jarak Ke Centroid		
	1	2	3
1	2,5564	3,8821	3,2282
2	2,7873	3,6929	1,2302
3	4,3118	4,7626	2,3611
4	1,7681	3,0214	2,9935
5	0,3584	1,6460	2,1288
6	2,7134	2,6975	1,2742
7	1,8194	0,9087	3,4075
8	1,9292	0,5900	2,9397
9	2,8109	1,6982	4,2604
10	4,8471	3,5387	5,8534

$$u_{11} = \frac{D(x_1, c_1)^{\frac{-2}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c D(x_1, c_k)^{\frac{-2}{w-1}}} = \frac{2,5564^{\frac{-2}{2-1}}}{2,5564^{\frac{-2}{2-1}} + 3,8822^{\frac{-2}{2-1}} + 3,2282^{\frac{-2}{2-1}}} = 0,4852$$

$$u_{12} = \frac{D(x_1, c_2)^{\frac{-2}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c D(x_1, c_k)^{\frac{-2}{w-1}}} = \frac{3,8822^{\frac{-2}{2-1}}}{2,5564^{\frac{-2}{2-1}} + 3,8822^{\frac{-2}{2-1}} + 3,2282^{\frac{-2}{2-1}}} = 0,2104$$

Didapatkan nilai keanggotaan semua data dalam matriks *pseudo-partition* sebagai berikut :

Tabel 2.13 Nilai Derajat Keanggotaan Matriks Iterasi Ke-1

Data ke-i	u_{i1}	u_{i2}	u_{i3}
1	0,4853	0,2104	0,3043
2	0,1492	0,0850	0,7658
3	0,1940	0,1590	0,6470
4	0,5913	0,2025	0,2063
5	0,9296	0,0441	0,0264
6	0,1528	0,1546	0,6927
7	0,1889	0,7572	0,0539
8	0,0825	0,8820	0,0355
9	0,2395	0,6562	0,1043
10	0,2807	0,5267	0,1925

Nilai fungsi objektif adalah sebagai berikut :

Tabel 2.14 Nilai Fungsi Objektif Iterasi Ke-1

Data ke-i	$(u_{i1})^w \cdot D(x_i, c_1)^2$	$(u_{i2})^w \cdot D(x_i, c_2)^2$	$(u_{i3})^w \cdot D(x_i, c_3)^2$
1	1,5389	0,6673	0,9651
2	0,1729	0,0985	0,8876
3	0,6997	0,5735	2,3335
4	1,0929	0,3743	0,3813
5	0,1110	0,0053	0,0031
6	0,1718	0,1738	0,7790
7	0,1181	0,4735	0,0337
8	0,0253	0,2708	0,0109
9	0,4533	1,2419	0,1973
10	1,8518	3,4743	1,2699

Nilai fungsi objektif yang didapat (J) = 20,4501

Perubahan fungsi objektif = $1000 - 20,4501 = 979,5499$

Karena perubahan nilai fungsi objektif masih diatas ambang batas, maka proses dilanjutkan ke iterasi selanjutnya. Pada iterasi selanjutnya, dilakukan perhitungan sama halnya dengan iterasi ke-1. Namun untuk matriks yang digunakan adalah matriks baru yang didapat pada iterasi ke-1 yaitu matriks pada tabel 2.13. Contoh kasus ini akan berhenti pada iterasi ke-5, sehingga akan dilanjutkan pada proses kondisi berhenti. Berikut ini adalah hasil centroid yang akan disajikan pada tabel 2.15, nilai derajat keanggotaan yang akan disajikan pada tabel 2.16 dan nilai fungsi objektif yang akan disajikan pada tabel 2.17 untuk proses iterasi ke-5.

Tabel 2.15 Centroid Iterasi Ke-5

Centroid	Fitur x	Fitur y
1	1,3317	1,9888
2	2,4574	5,9088
3	5,0381	1,6165

Tabel 2.16 Nilai Derajat Keanggotaan Matriks Iterasi Ke-5

Data ke-i	u_{i1}	u_{i2}	u_{i3}
1	0,9036	0,0375	0,0589
2	0,1458	0,0446	0,8097
3	0,0525	0,0326	0,9150
4	0,9871	0,0062	0,0066
5	0,7685	0,1302	0,1013
6	0,1049	0,1018	0,7933
7	0,0939	0,8629	0,0432
8	0,0811	0,8574	0,0616
9	0,0129	0,9796	0,0075
10	0,0980	0,8171	0,0849

Tabel 2.17 Nilai Fungsi Objektif Iterasi Ke-5

Data ke-i	$(u_{i1})^w \cdot D(x_i, c_1)^2$	$(u_{i2})^w \cdot D(x_i, c_2)^2$	$(u_{i3})^w \cdot D(x_i, c_3)^2$
1	0,8881	0,0368	0,0579
2	0,1720	0,0526	0,9556
3	0,0626	0,0389	1,0928
4	0,1073	0,0007	0,0007
5	0,8676	0,1470	0,1144
6	0,1594	0,1547	1,2053
7	0,0839	0,7708	0,0386
8	0,0779	0,8235	0,0591
9	0,0027	0,2088	0,0016
10	0,3737	3,1161	0,3239

Nilai fungsi objektif yang didapat (J) = 11,9953

Perubahan fungsi objektif = 12,0681-11,9953= 0,0728

Karena perubahan nilai fungsi objektif pada iterasi ke-5 sudah mencapai di bawah ambang batas yang ditentukan, maka proses dihentikan dan *cluster* yang didapat dinyatakan sudah konvergen. Hasil akhir dinyatakan pada tabel 2.18, sementara untuk centroid setiap *cluster* dinyatakan pada tabel 2.15.

Tabel 2.18 Hasil *Clustering*

Data ke-i	u_{i1}	u_{i2}	u_{i3}	Terbesar	Cluster yang diikuti
1	0,9036	0,0375	0,0589	0,9036	1
2	0,1458	0,0446	0,8097	0,8097	3
3	0,0525	0,0326	0,9150	0,9150	3
4	0,9871	0,0062	0,0066	0,9871	1
5	0,7685	0,1302	0,1013	0,7685	1
6	0,1049	0,1018	0,7933	0,7933	3
7	0,0939	0,8629	0,0432	0,8629	2
8	0,0811	0,8574	0,0616	0,8574	2
9	0,0129	0,9796	0,0075	0,9796	2
10	0,0980	0,8171	0,0849	0,8171	2

2.3 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syarat Tiruan (JST) merupakan buatan dari otak manusia yang mencoba mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia. Jaringan syaraf tiruan terdiri dari beberapa simpul (*node*) yang merupakan elemen pemroses. Setiap simpul tersebut memodelkan sebuah sel saraf biologis (*neuron*), hubungan antar simpul dicapai dengan bobot koneksi (*weight*). Perubahan yang terjadi selama proses pembelajaran adalah perubahan nilai bobot. Secara skematis, model tiruan untuk sebuah sel jaringan syaraf (*neuron*) [7].

Jaringan syaraf tiruan dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari jaringan syaraf biologi, dengan asumsi bahwa [2]:

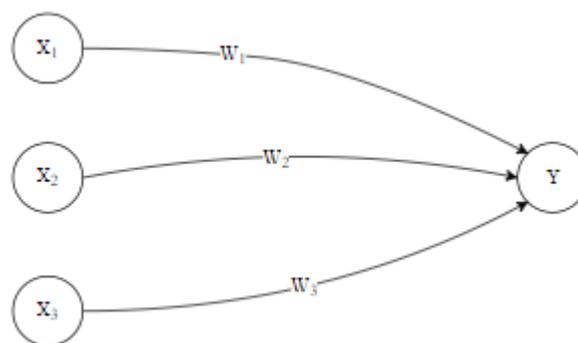
1. Pemrosesan informasi terjadi pada banayak elemen sederhana (*neuron*).
2. Sinyal dikirimkan diantara *neuron-neuron* melalui penghubung-penghubung.
3. Penghubung antara *neuron* memiliki bobot yang akan memperkuat atau memperlemah sinyal.

4. Untuk menentukan *output*, setiap *neuron* menggunakan fungsi aktivitas (biasanya bukan fungsi linear) yang dikenakan pada jumlahan inputan yang diterima. Besarnya *output* ini selanjutnya dibandingkan dengan suatu batas ambang.

Jaringan syaraf tiruan ditentukan oleh 3 (tiga) hal, diantaranya [2]:

1. Pola hubungan antar *neuron* (disebut arsitektur jaringan).
2. Metode untuk menentukan bobot penghubung (disebut metode *training/learning/algorithm*).
3. Fungsi aktivitas.

Perhatikan *neuron* Y pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Jaringan *Neuron*

Y menerima input dari *neuron* X_1 , X_2 , X_3 dengan bobot hubungan masing-masing adalah W_1 , W_2 , dan W_3 . Ketiga implus *neuron* yang ada dijumlahkan. Besarnya implus yang diterima oleh Y mengikuti fungsi aktivitas $y = f(\text{net})$. Apabila nilai fungsi aktivasi cukup kuat, maka sinyal akan diteruskan. Nilai fungsi aktivasi (keluaran model jaringan) juga dapat dipakai sebagai dasar untuk merubah bobot [2].

Jaringan syaraf tiruan tidak diprogram untuk menghasilkan keluaran tertentu. Dengan kata lain, penyelesaian masalah dengan jaringan syaraf tiruan tidak memerlukan pemrograman. Semua keluaran atau kesimpulan yang ditarik oleh jaringan syaraf tiruan didasarkan pada pengalaman selama mengikuti proses pembelajaran melalui contoh-contoh yang diberikan. Selama proses pembelajaran, pola-pola *input* dan *output* yang diinginkan.

Sebagai tanggapan atas pola-pola *input* dan *output* yang disajikan tertentu, jaringan akan menyesuaikan nilai bobotnya. Jika pelatihan akan memberikan tanggapan atau jawaban yang benar terhadap input yang diberikan [9].

Adapun beberapa aplikasi jaringan syaraf tiruan adalah sebagai berikut [12]:

1. Pengenalan Pola (*Pattern Recognition*)

Jaringan syaraf tiruan dapat dipakai unruk mengenali pola (misal huruf, angka, suara, atau tanda tangan) yang sudah sedikit berubah. Hal ini mirip dengan otak manusia yang masih mampu mengenali orang yang sudah beberapa waktu tidak dijumpai (misal wajah/bentuk tubuh yang sudah sedikit berubah).

2. *Signal Processing*

Jaringan syaraf tiruan (model ADALINE) dapat dipakai untuk menekan *noise* dalam saluran telepon.

3. Peramalan

Jaringan syaraf tiruan juga dapat dipakai untuk meramalkan apa yang terjadi di masa yang akan datang berdasarkan pola kejadian yang ada di masa yang lampau. Dapat dilakukan mengingat kemampuan jaringan syaraf tiruan untuk mengingat dan membuat generalisasi dari apa yang sudah ada sebelumnya.

2.3.1 Keunggulan dan Kelemahan Jaringan Saraf Tiruan

Sebagai alat pemecahan masalah, jarigan saraf tiruan memiliki keunggulan-keunggulan dan kelemahan-kelemahan. Beberapa keunggulan yang dimiliki oleh jaringan saraf tiruan di antaranya [8] :

1. Mampu memecahkan masalah yang sukar disimulasikan dengan menggunakan teknik anatikal logika seperti pada sistem pakar dan teknologi software standar.

Sebagai contoh, jaringan saraf tiruan memiliki kemampuan untuk menganalisa data (data jumlah besar) di mana aturannya tidak diketahui. Sebagai ganti dari aturan yang tidak diketahui tersebut,

data yang ada tadi digunakan/diolah oleh jaringan saraf tiruan untuk membangun pola.

2. Mampu memahami data yang dimasukkan meskipun data tersebut tidak lengkap (*incomplete data*) atau data yang terkena gangguan (*noisy data*).
3. Jaringan saraf tiruan memiliki kelebihan yang sulit diciptakan dengan pendekatan simbolik/logika dari teknik tradisional *artificial intelligence*, yaitu bahwa jaringan saraf tiruan mampu belajar dari pengalaman.
4. Hemat biaya dan lebih nyaman bila dibandingkan dengan harus menulis program seperti *software* standar.
5. Jaringan saraf tiruan terbuka untuk digabungkan dengan teknologi lain untuk menghasilkan sistem *hibrida* yang memiliki kemampuan memecahkan masalah dengan lebih baik lagi. Misalnya, jaringan saraf tiruan dengan *expert system*, dengan logika samar (*fuzzy*), dengan algoritma genetika, atau diintegrasikan dengan *database*.

Beberapa kelemahan yang dimiliki oleh jaringan saraf tiruan adalah [8]:

1. Jaringan saraf tiruan kurang sesuai untuk aritmatika dan pengilangan data.
2. Jaringan saraf tiruan masih membutuhkan campur tangan untuk memasukkan pengetahuan dan menguji data.
3. Belum ditentukan cara terbaik untuk mempresentasikan data *input*, memiliki arsitektur, serta jumlah *node*, dan jumlah lapisan. Cara yang digunakan hingga saat ini masih dengan cara coba-coba (*trial-and-error*).

Untuk mempresentasikan data *input* dan *output* dalam jaringan saraf tiruan, semua harus diubah ke dalam bentuk nilai antar 0 dan 1. Hal ini tentu saja membutuhkan pra-pemrosesan manipulasi data input yang membawa dampak perlu tambahan waktu, kekuatan CPU, dan konsumsi ruang *harddisk*. Biasanya *tool-tool* jaringan saraf tiruan

menyediakan *histogram* untuk mengamati nilai-nilai kategorikal dan bisa secara otomatis mengubah nilai-nilai numerik ke dalam kisaran 0 sampai 1.

4. Jaringan saraf tiruan kurang dapat menjelaskan hasil. Ini adalah kritik besar yang sering dilontarkan tentang jaringan saraf tiruan. Untuk domain aplikasi di mana aturan-aturan penjelasan merupakan hal yang penting, misalkan seperti penolakan aplikasi pinjaman di bank, jaringan saraf tiruan mungkin bukan *tool* yang tepat untuk menjelaskan. Akan lebih tepat jika menggunakan *expert system* lengkap dengan fasilitas penjelasan penarikan inferensi. Sebaliknya jika aplikasi lebih membutuhkan hasil, bukan pada pemahaman penarikan inferensi seperti pada prediksi pola-pola pasar saham, maka jaringan saraf tiruan adalah *tool* yang tepat.

2.4 Normalisasi

Pada atribut cenderung memiliki nilai dengan rentang yang bervariasi dan jenis data masukkan berupa *string*. Misalnya nilai jangkauan data yang besar akan memiliki pengaruh besar dalam menentukan jarak perhitungan dibandingkan nilai jangkauan data yang kecil. Untuk itu dilakukan proses normalisasi data dengan menggunakan persamaan 2.6

$$\text{Rumus Normalisasi Data} = \frac{(\text{Nilai} - \text{Nilai Min})}{(\text{Nilai Max} - \text{Nilai Min})} \dots\dots\dots (2.6)$$

2.5 *Learning Vector Quantization (LVQ)*

Learning Vector Quantization (LVQ) merupakan salah satu jenis jaringan saraf tiruan yang berbasis *Competitive Learning* atau *Winner Take All*, dimana dari nilai keluaran yang diberikan *neuron* dalam *layer* keluaran hanya *neuron* pemenang (*neuron* yang mempunyai nilai terkecil) saja yang diperhatikan. *Neuron* pemenang tersebut yang akan mengalami pembaharuan bobot. Pembaharuan bobot yang dilakukan pada *neuron* pemenang ini bisa menambah atau mengurangi.

LVQ menggunakan konsep kuantitas perbedaan antara vektor masukan dengan bobot yang dimiliki oleh setiap neuron. LVQ tidak seperti *perceptron* dimana dalam *perceptron* setiap kelas diwakili hanya 1 (satu) neuron. Dalam LVQ satu kelas dapat diwakili hanya oleh 1 (satu) neuron. Itulah sebabnya LVQ tidak butuh *layer* tersembunyi seperti pada *Multi-Layer Perceptron* (MLP). Operasi yang dilakukan antara vektor dengan bobot tidak menggunakan *inner-product*, melainkan menggunakan kuantitas perbedaan *euclidean* kuadrat. Kuantitas untuk vektor x dengan neuron ke- j seperti dinyatakan dalam persamaan 2.7 [6].

$$d_j = \sum_{i=1}^r (x_i - w_{ij})^2 \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana : d_j = vektor pelatihan
 r = jumlah vektor yang digunakan
 x_i = nilai atribut yang digunakan
 w_{ij} = bobot yang digunakan

Sedangkan untuk pembaharuan bobot pada *neuron* pemenang menggunakan formula pada persamaan 2.8.

$$w_{ij}(\text{baru}) = \begin{cases} w_{ij}(\text{lama}) + \eta (x_i - w_{ij}(\text{lama})), & \text{jika } \omega_{wj} = \omega_x \\ w_{ij}(\text{lama}) - \eta (x_i - w_{ij}(\text{lama})), & \text{jika } \omega_{wj} \neq \omega_x \\ \text{tidak ada update, neuron lainnya} & \end{cases} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana : w_{ij} = bobot
 x_i = nilai atribut yang digunakan
 η = laju pembelajaran
 ω_{wj} = kelas target
 ω_x = kelas *neuron*

Untuk ω_{wj} menyatakan label kelas yang diwakili oleh neuron ke- j (*neuron* pemenang), sedangkan ω_x adalah label kelas yang sebenarnya diwakili oleh

vektor x . Untuk *neuron* selain *neuron* pemenang tidak mengalami perubahan apa-apa [6].

2.5.1 Proses Pembelajaran LVQ

Pada proses awal pengenalan, vektor input akan mengalami proses pembelajaran yang dilakukan melalui beberapa *epoch* sampai batas *epoch* maksimal tersapai. LVQ melakukan pembelajaran pada lapisan kompetitif yang terawasi. Suatu lapisan kompetitif akan secara otomatis belajar untuk mengklasifikasikan vektor-vektor input. Kelas-kelas yang didapatkan sebagai hasil dari lapisan kompetitif ini hanya tergantung pada jarak antar vektor *input* dengan vektor bobot dari masing-masing kelas dan vektor *input* akan masuk ke dalam kelas yang memiliki jarak terdekat. Algoritma pembelajaran pada LVQ bertujuan mencari nilai bobot yang sesuai untuk mengelompokkan vektor-vektor *input* ke dalam kelas yang sesuai dengan yang telah diinisialisasi pada saat pembentukan jaringan LVQ.

2.5.2 Algoritma Pelatihan LVQ

Berikut ini adalah langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam menerapkan metode LVQ dalam pengolahan data [6].

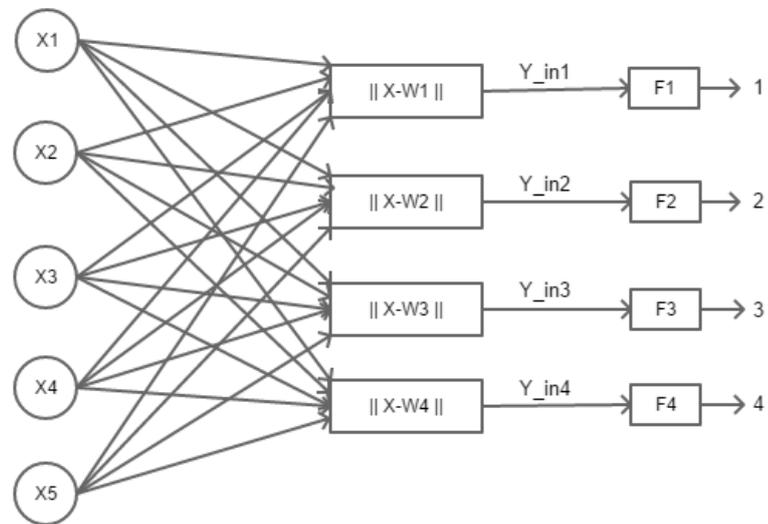
1. Inisialisasi, tentukan jumlah *neuron* untuk mengkategorikan semua data latih. Tentukan bobot awal *neuron* dengan memberikan nilai tengah dari jangkauan nilai setiap fitur. Tentukan laju pembelajaran (η). Tentukan fungsi pembelajaran. Tentukan jumlah iterasi.
2. Lakukan langkah 3 sampai 7 hingga mencapai jumlah iterasi atau nilai laju pembelajaran sudah menjadi sangat kecil.
3. Untuk setiap vektor latih masukan, lakukan langkah 4 sampai 5.
4. Hitung kuantitas vektor (d) pada semua *neuron* menggunakan persamaan 2.7, kemudian pilih yang paling kecil. Neuron dengan kuantitas paling kecil menjadi pemenang.
5. Perbaharui bobot *neuron* pemenang menggunakan persamaan 2.8.
6. Perbaharui laju pembelajaran dengan fungsi pembelajaran.

7. Tes kondisi berhenti jika: $(\alpha < \text{Min}\alpha$ atau $\text{iterasi} > \text{Max Iterasi})$.
Maka berhenti, jika tidak : $\text{iterasi} = \text{iterasi} + 1$, ulangi langkah ke-4.

2.5.3 Arsitektur LVQ

Arsitektur LVQ terdiri dari lapisan *input* (*input layer*), lapisan kompetitif (terjadi kompetisi pada *input* untuk masuk ke dalam suatu kelas berdasarkan kedekatan jaraknya) dan lapisan *output* (*output layer*). Lapisan *input* dihubungkan dengan lapisan kompetitif oleh bobot. Dalam lapisan kompetitif, proses pembelajaran dilakukan secara terawasi. *Input* akan bersaing untuk dapat masuk ke dalam suatu kelas. Hasil dari lapisan kompetitif ini berupa kelas, yang kemudian akan dihubungkan dengan lapisan *output* oleh fungsi aktivasi. Fungsi aktivasi yang digunakan adalah fungsi *linear* dengan tujuan kelas yang diperoleh pada lapisan *output* sesuai dengan kelas yang dimasukkan ke lapisan *output*.

Misalkan ada lima variabel dari vektor *input* pada contoh jaringan LVQ berikut, $X = (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5)$ dengan neuron keluaran Y_1, Y_2, Y_3 , dan Y_4 dengan empat vektor bobot yaitu $W_{1j} = (W_{11}, W_{12}, W_{13}, W_{14}, W_{15}, W_{16})$, $W_{2j} = (W_{21}, W_{22}, W_{23}, W_{24}, W_{25}, W_{26})$, $W_{3j} = (W_{31}, W_{32}, W_{33}, W_{34}, W_{35}, W_{36})$, $W_{4j} = (W_{41}, W_{42}, W_{43}, W_{44}, W_{45}, W_{46})$ maka arsitektur jaringan LVQ pata dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Arsitektur LVQ

Keterangan :

X = vektor maksimal ($X_1, \dots, X_n, \dots, X_n$)

W = vektor bobot atau vektor perwakilan

$|X-W|$ = selisih nilai jarak *Euclidean* antara vektor *input* dengan bobot

F = lapisan kompetitif (fungsi aktivasi)

Y = keluaran (*output*)

Ketika hasil pemrosesan jaringan memberikan hasil klasifikasi yang sama dengan informasi kelas yang diberikan awal, maka vektor perwakilan akan disesuaikan agar lebih dekat dengan vektor masukan. Sebaliknya ketika hasil klasifikasi tidak sama dengan informasi kelas yang diberikan awal, maka vektor perwakilan akan disesuaikan agar menjauhi vektor masukan. Dalam pengenalan metode LVQ terdapat dua proses, yaitu proses pembelajaran dan proses pengujian.

2.6 Evaluasi

Tujuan evaluasi percobaan pada klasifikasi yaitu untuk mengukur keefektifan apakah sistem mengklasifikasi secara benar.

Untuk mengukur nilai akurasi yang didapat dari hasil pengujian menggunakan rumus 2.14. Sedangkan untuk mengukur tingkat kesalahannya menggunakan rumus 2.15.

$$Akurasi = \frac{Jumlah\ data\ yang\ diprediksi\ secara\ benar}{Jumlah\ prediksi\ yang\ dilakukan} \times 100\% \dots\dots\dots (2.14)$$

$$Laju\ error = \frac{Jumlah\ data\ yang\ diprediksi\ secara\ salah}{Jumlah\ prediksi\ yang\ dilakukan} \times 100\% \dots\dots\dots (2.15)$$

Sensitivitas akan mengukur proporsi positif asli yang dikenali (diprediksi) secara benar sebagai positif asli. Rumus perhitungannya menggunakan rumus 2.16. Sedangkan spesifisitas akan mengukur proporsi negatif asli yang dikenali (diprediksi) secara benar sebagai negatif asli. Rumus perhitungannya menggunakan rumus 2.17.

$$Sensitivitas = \frac{TP}{TP + FN} \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan :

TP : Kelas acc yang diprediksi secara benar sebagai Kelas acc

FN : Kelas acc yang diprediksi secara salah sebagai Kelas tolak

$$Spesifisitas = \frac{TN}{FP + TN} \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan :

TN : Kelas tolak yang diprediksi secara benar sebagai Kelas tolak

FP : Kelas tolak yang diprediksi secara salah sebagai Kelas acc

2.7 Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nurjanah, Andi Farmadi, dan Fatma Indriani (2014) dengan judul Implementasi Metode *Fuzzy C-Means* Pada Sistem Clustering data Varietas Padi. Mutasi dengan sinar gamma yang dilakukan terhadap lima varietas padi lokal pasang surut kalimantan selatan menghasilkan tersedianya banyak data. Agar data-data tersebut tidak hanya menjadi kuburan data yang tidak berguna dibutuhkan metode yang bisa digunakan untuk menggali informasi-informasi tersembunyi dari data tersebut. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode *Fuzzy C-Means* dan *Simple Additive Weighting* (SAW), dengan memanfaatkan data

varietas paada hasil mutasi dengan sinar gamma dilakukan proses penggalian data dengan cara mengelompokkan data umur panen, anakan produktif, dan bobot 1000 menjadi 4 klaster menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means*. Dari informasi 4 klaster tersebut, dilakukan perangkingan klaster menggunakan metode *Simple Additive Weighting* dan diperoleh pengetahuan tentang varietas unggul berdasarkan umur panen, anakan produktif, dan bobot 1000.

Penelitian selanjutnya pernah dilakukan oleh Endah Purwanti, dkk (2013) dengan judul Desain Sistem Klasifikasi Kelainan Jantung Menggunakan *Learning Vector Quantization (LVQ)*. Salah satu perangkat bioinstrumen yang digunakan untuk mendeteksi adanya kelainan jantung adalah *electrocardiograph (ECG)*. Salah satu cara yang banyak dilakukan untuk mengidentifikasi ada tidaknya kelainan jantung adalah dengan menggunakan bantuan komputer untuk mengetahui karakteristik dari sinyal EKG. Seiring dengan semakin pesatnya perkembangan metode komputasi, penelitian mengenai ekstraksi pola sinyal EKS dan klasifikasi kelainan jantung. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode *Learning Vector Quantization (LVQ)*, dengan sekumpulan berkas citra EKG pasien kondisi jantung normal, kelainan bradikardi, kelainan takikardi, dan kelainan aritmia. Pada proses pelatihan jaringan LVQ berjalan cukup baik dengan tingkat akurasi jaringan sebesar 94,74% pada laju pelatihan (α) sebesar 0,1 dan pengurangan laju pelatihan ($\text{dec } \alpha$) sebesar 0,1. Pada hasil pengujian, jaringan LVQ mampu mengklasifikasi kelainan bradikardi sebesar 100%, kelainan aritmia sebesar 100%, kondisi jantung normal sebesar 78% dan kelainan takikardi sebesar 88%. Tingkat keberhasilan sistem klasifikasi secara keseluruhan data uji adalah sebesar 89%.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Mochammad Tamam dari Fakultas Teknik Jurusan Informatika (2012) dengan judul Implementasi Metode *Naïve Bayes* Sebagai Penentu Resiko Penyakit Jantung. Faktor gejala yang terdiagnosa sebagai penyakit jantung diantaranya adalah jenis sakit dada (*chest pain*), tekanan darah tinggi (*tresbps*), kolestrol (*chol*), nilai tes EKG (*Resting Electrodiagraphic (restecg)*), denyut jantung (*thalach*), dan kadar

gula (*Fasting Blood Sugar (FBS)*). Metode yang digunakan yaitu *Naïve Bayes*, metode ini cukup efisien dengan menentukan nilai peluang pada tiap atribut. Dengan menggunakan 270 data pasien penyakit jantung dapat diperoleh tingkat akurasi dari pekerjaan sistem terhadap mengimplementasikan metode *Naïve Bayes* dengan nilai akurasi 80,74% dan nilai error 19,26%.