

PERBANDINGAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN *BACKPROPAGATION* DAN *LEARNING VECTOR QUANTIZATION* PADA PENGENALAN WAJAH

Maharani Dessy Wuryandari¹, Irawan Afrianto²

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika

Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Komputer Indonesia

Jl. Dipati Ukur No. 112-116 Bandung

E-mail : maharani_dessy_w@yahoo.co.id¹, irawan_afrianto@yahoo.com²

ABSTRAK

Pengenalan wajah merupakan suatu bidang yang masih terus diteliti dan dikembangkan untuk berbagai keperluan seperti absensi, pendataan penduduk, sistem keamanan dan lain-lain. Metode kecerdasan buatan khususnya jaringan syaraf tiruan (JST) *backpropagation* dan *learning vector quantization* adalah dua metode yang sering digunakan untuk aplikasi pengenalan wajah. Kedua metode tersebut merupakan metode pembelajaran terawasi yang biasa dipakai untuk pengenalan pola secara tipikal, yaitu mengelompokkan pola-pola ke dalam kelas-kelas pola, sehingga tepat untuk digunakan dalam aplikasi pengenalan wajah.

Dalam aplikasi ini, dilakukan *preprocessing* citra terhadap citra masukan sebelum citra tersebut diolah dalam dalam JST, diantaranya proses *scalling*, *grayscale*, *edgedetection* dengan metode *sobel* dan *thresholding*. Sedangkan metode JST yang digunakan untuk mengenali wajah antara lain metode *backpropagation* dan *learning vector quantization*.

Hasil penelitian ini adalah Perbandingan metode jaringan syaraf tiruan *backpropagation* dan *learning vector quantization* pada pengenalan wajah yang digunakan untuk dapat mengetahui perbedaan, kekurangan, kelebihan dan hasil optimal dari kedua metode tersebut untuk digunakan pada sistem pengenalan wajah.

Kata kunci : Artificial Intelligence, Jaringan Syaraf Tiruan, *Backpropagation*, *Learning Vector Quantization*, Pengenalan wajah.

1. PENDAHULUAN

Wajah merupakan salah satu bagian dari manusia yang memiliki ciri berbeda. Wajah dapat digunakan untuk mengenali seseorang, misalnya untuk absensi, pendataan penduduk dan sistem pengamanan, dengan menggunakan sistem pengenalan wajah. Karena wajah manusia merepresentasikan sesuatu

yang kompleks, sehingga pengembangan model komputasi yang ideal untuk pengenalan wajah adalah sesuatu hal yang sulit. Selain itu sistem pengenalan wajah juga mendapat kesulitan pada orientasi wajah yang berlainan, pencahayaan, potongan rambut, kumis atau jenggot, kacamata serta perbedaan kondisi misalnya orang tersebut dalam keadaan agak menoleh, menunduk atau menengadah.

Artificial Intelligence merupakan salah satu bagian ilmu komputer yang membuat agar mesin (komputer) dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik manusia. Contoh sistem berbasis *artificial intelligence* adalah sistem pengenalan gambar menggunakan jaringan syaraf tiruan. Terdapat 2 jenis metode pembelajaran pada jaringan syaraf tiruan, yaitu pembelajaran terawasi (*supervised learning*) dan pembelajaran tak terawasi (*unsupervised learning*). Untuk melakukan pengenalan wajah, pembelajaran terawasi lebih cocok karena menggunakan target keluaran, diantaranya yang termasuk metode pembelajaran terawasi adalah *backpropagation* dan *learning vector quantization*. [4]

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*)

Kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) adalah bagian dari ilmu komputer yang mempelajari bagaimana membuat mesin (komputer) dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik yang dilakukan oleh manusia bahkan bisa lebih baik daripada yang dilakukan manusia. [10]

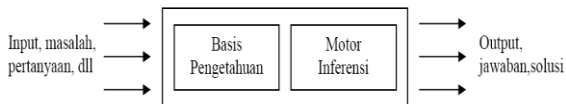
Menurut John McCarthy, 1956, AI :

“Untuk mengetahui dan memodelkan proses – proses berpikir manusia dan mendesain mesin agar dapat menirukan perilaku manusia.”

Cerdas adalah memiliki pengetahuan dan pengalaman, penalaran yaitu bagaimana membuat keputusan dan mengambil tindakan, serta moral yang baik. Agar mesin bisa cerdas atau bertindak seperti dan sebaik manusia, maka harus diberi bekal pengetahuan dan mempunyai kemampuan untuk

menalar. Penerapan kecerdasan buatan digambarkan pada Gambar 1 Dua bagian utama yg dibutuhkan untuk aplikasi kecerdasan buatan adalah [10]:

- a. Basis pengetahuan (*knowledge base*): berisi fakta-fakta, teori, pemikiran dan hubungan antara satu dengan lainnya.
- b. Motor inferensi (*inference engine*) : kemampuan menarik kesimpulan berdasarkan pengetahuan.



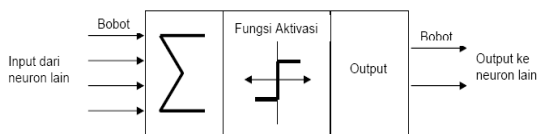
Gambar 1 Penerapan Kecerdasan Buatan

A. Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

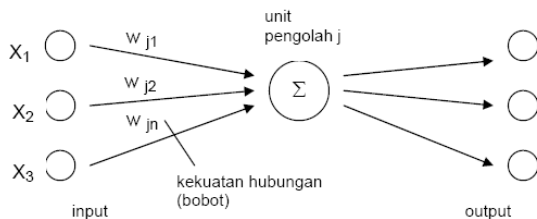
Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan suatu sistem pemrosesan informasi yang mempunyai karakteristik menyerupai jaringan syaraf biologi (JSB). JST tercipta sebagai suatu generalisasi model matematis dari pemahaman manusia (*human cognition*) yang didasarkan atas asumsi sebagai berikut :

1. Pemrosesan informasi terjadi pada elemen sederhana yang disebut neuron
2. Sinyal mengalir diantara sel saraf/neuron melalui suatu sambungan penghubung
3. Setiap sambungan penghubung memiliki bobot yang bersesuaian. Bobot ini akan digunakan untuk menggandakan / mengalikan sinyal yang dikirim melaluinya.
4. Setiap sel syaraf akan menerapkan fungsi aktivasi terhadap sinyal hasil penjumlahan berbobot yang masuk kepadanya untuk menentukan sinyal keluarannya.

Model struktur neuron jaringan syaraf tiruan dijelaskan pada Gambar 2 dan Gambar 3



Gambar 2 Model Struktur JST



Gambar 3 Model Struktur JST

Jaringan syaraf tiruan dapat belajar dari pengalaman, melakukan generalisasi atas contoh-contoh yang diperolehnya dan mengabstraksi karakteristik esensial masukan bahkan untuk data

yang tidak relevan. Algoritma untuk JST beroperasi secara langsung dengan angka sehingga data yang tidak numerik harus diubah menjadi data numerik. JST tidak diprogram untuk menghasilkan keluaran tertentu. Semua keluaran atau kesimpulan yang ditarik oleh jaringan didasarkan pada pengalamannya selama mengikuti proses pembelajaran. Pada proses pembelajaran, ke dalam JST dimasukkan pola-pola masukan (dan keluaran) lalu jaringan akan diajari untuk memberikan jawaban yang bisa diterima. Pada dasarnya karakteristik JST ditentukan oleh :

1. Pola hubungan antar neuron (disebut arsitektur jaringan)
2. Metode penentuan bobot-bobot sambungan (disebut dengan pelatihan atau proses belajar jaringan)
3. Fungsi aktivasi

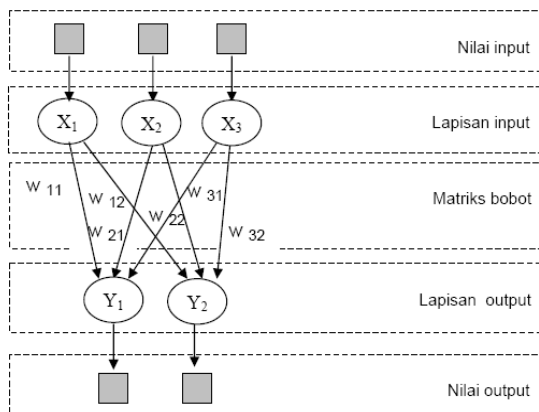
Arsitektur JST

Pada JST, neuron-neuron akan dikumpulkan dalam lapisan-lapisan (*layer*) yang disebut dengan lapisan neuron (*neuron layers*). Neuron-neuron pada satu lapisan akan dihubungkan dengan lapisan-lapisan sebelum dan sesudahnya. Informasi yang diberikan pada jaringan syaraf akan dirambatkan lapisan ke lapisan, mulai dari lapisan masukan sampai ke lapisan keluaran melalui lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Gambar berikut ini jaringan syaraf dengan 3 lapisan dan bukanlah struktur umum jaringan syaraf karena beberapa jaringan syaraf ada yang tidak memiliki lapisan tersembunyi.

Faktor terpenting dalam menentukan kelakuan suatu neuron adalah fungsi aktivasi dan pola bobotnya. Umumnya neuron-neuron yang terletak pada lapisan yang sama akan memiliki keadaan yang sama sehingga pada setiap lapisan yang sama neuron-neuron memiliki fungsi aktivasi yang sama. Bila neuron-neuron pada suatu lapisan (misal lapisan tersembunyi) akan dihubungkan dengan neuron-neuron pada lapisan lain (misal lapisan keluaran) maka setiap neuron pada lapisan tersebut (lapisan tersembunyi) juga harus dihubungkan dengan setiap neuron pada lapisan lainnya (lapisan keluaran). Terdapat 3 macam arsitektur JST, yaitu:

1. Jaringan dengan lapisan tunggal (*single layer net*)

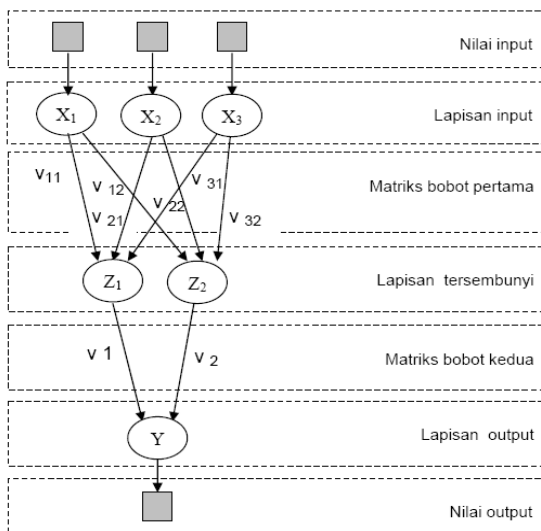
Jaringan ini hanya memiliki 1 lapisan dengan bobot-bobot terhubung. Jaringan ini hanya menerima masukan kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi keluaran tanpa harus melalui lapisan tersembunyi. Pada gambar berikut neuron-neuron pada kedua lapisan saling berhubungan. Seberapa besar hubungan antara 2 neuron ditentukan oleh bobot yang bersesuaian. Semua unit masukan akan dihubungkan dengan setiap unit keluaran seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Jaringan Dengan Lapisan Tunggal

2. Jaringan dengan banyak lapisan (*multilayer net*)

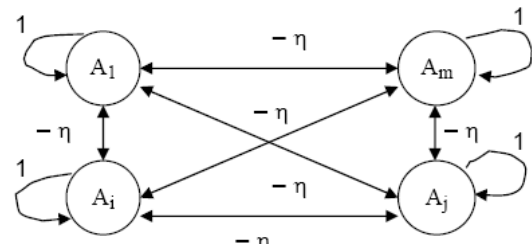
Jaringan ini memiliki 1 atau lebih lapisan yang terletak diantara lapisan masukan dan lapisan keluaran. Umumnya ada lapisan bobot-bobot yang terletak antara 2 lapisan yang bersebelahan seperti terlihat pada Gambar 5. Jaringan dengan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih sulit daripada lapisan tunggal, tentu saja dengan pembelajaran yang lebih rumit. Pada banyak kasus, pembelajaran pada jaringan dengan banyak lapisan ini lebih sukses dalam menyelesaikan masalah.



Gambar 5 Jaringan Dengan Banyak Lapisan

3. Jaringan dengan lapisan kompetitif (*competitive layer net*)

Pada jaringan ini sekumpulan neuron bersaing untuk mendapatkan hak menjadi aktif. Umumnya hubungan antar neuron pada lapisan kompetitif ini tidak diperlihatkan pada diagram arsitektur. Gambar 6 menunjukkan salah satu contoh arsitektur jaringan dengan lapisan kompetitif yang memiliki bobot $-\eta$.

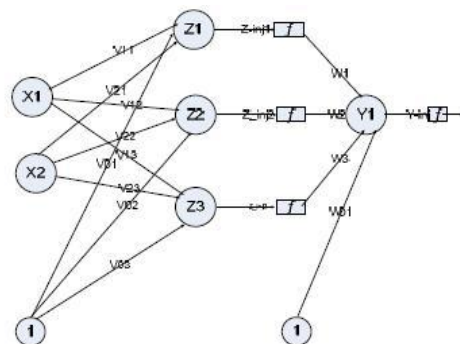


Gambar 6 Jaringan dengan lapisan kompetitif

A. *Backpropagation*

Salah satu arsitektur jaringan saraf tiruan yang sangat populer adalah *multilayer feedforward networks*. Secara umum, jaringan seperti ini terdiri dari sejumlah unit neuron sebagai lapisan masukan, satu atau lebih lapisan simpul-simpul neuron komputasi lapisan tersembunyi, dan sebuah lapisan simpul-simpul neuron komputasi keluaran. Sinyal masukan dipropagasikan ke arah depan (arah lapisan keluaran), lapisan demi lapisan. Jenis jaringan ini adalah hasil generalisasi dari arsitektur *perceptron* satu lapisan, jadi biasa disebut sebagai *multilayer perceptron* (MLPs). *Error back propagation* adalah algoritma MLPs yang menggunakan prinsip pembelajaran terawasi. Propagasi balik (ke arah lapisan masukan) terjadi setelah jaringan menghasilkan keluaran yang mengandung *error*.

Pada fase ini seluruh bobot *synaptic* (yang tidak memiliki aktivasi nol) dalam jaringan akan disesuaikan untuk mengkoreksi/memperkecil *error* yang terjadi (*error correction rule*). Untuk pelatihan jaringan, pasangan fase propagasi ke depan dan balik dilakukan secara berulang untuk satu set data latihan, kemudian diulangi untuk sejumlah *epoch* (satu sesi lewatan untuk seluruh data latihan dalam sebuah proses pelatihan jaringan) sampai *error* yang terjadi mencapai batas kecil toleransi tertentu atau nol. Jaringan *backpropagation* dapat dilihat pada Gambar 7.



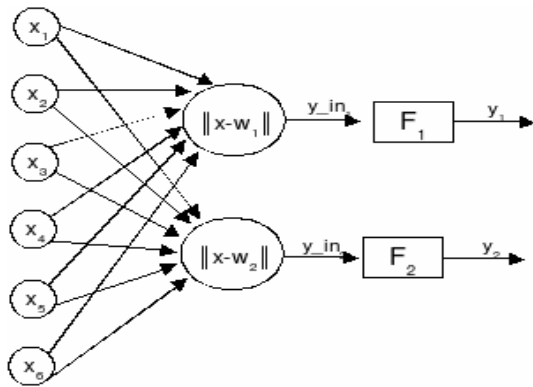
Gambar 7 *Backpropagation*

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa yang bertindak sebagai dendrit adalah X1 dan X2, yaitu data masukan pada jaringan tersebut. Terdapat 2 sinapsis atau bobot yaitu V dan W, sedangkan Z dan Y merupakan bagian dari soma atau badal sel dari

jaringan tersebut. Dan yang bertindak sebagai aksion atau data keluaran adalah Y.

B. Learning vector quantization (LVQ)

LVQ merupakan jaringan syaraf dengan tipe arsitektur jaringan lapis-tunggal umpan-maju (*Single Layer Feedforward*) yang terdiri atas unit masukan dan unit keluaran. Suatu lapisan kompetitif akan secara otomatis belajar untuk mengklasifikasikan vektor-vektor masukan. Kelas-kelas yang didapatkan sebagai hasil dari lapisan kompetitif ini hanya tergantung pada jarak antara vektor vektor masukan. Jika 2 vektor masukan mendekati sama, maka lapisan kompetitif akan meletakkan kedua vektor masukan tersebut ke dalam kelas yang sama. Arsitektur jaringan *learning vector quantization* seperti terlihat pada Gambar 8



Gambar 8 Learning vector quantization

Gambar 8 memperlihatkan bahwa yang bertindak sebagai dendrit atau data masukan adalah X_1-X_6 , yang bertindak sebagai sinapsis atau bobot adalah W , sedangkan soma atau badan sel dari jaringan ini adalah perhitungan $\|X-W\|$. Dan yang bertindak sebagai aksion atau data keluaran adalah Y .

Proses Pembelajaran Jaringan

Paradigma/metode pembelajaran/pelatihan JST adalah sebagai berikut :

- a. Pembelajaran terawasi (*supervised learning*)
 Pada pembelajaran ini kumpulan data masukan yang digunakan, data keluarannya telah diketahui. Perbedaan antara keluaran-keluaran aktual dengan data keluaran yang diinginkan digunakan untuk mengoreksi bobot JST agar JST dapat menghasilkan jawaban sedekat (semirip) mungkin dengan jawaban yang benar yang telah diketahui oleh JST.
- b. Pembelajaran tak terawasi (*unsupervised learning*)
 Pada pembelajaran ini, JST mengorganisasi dirinya sendiri untuk membentuk vektor-vektor masukan yang serupa, tanpa menggunakan data atau contoh-contoh pelatihan. Struktur menggunakan dasar data atau korelasi antara pola-pola data yang dieksplorasi. Paradigma

pembelajaran ini mengorganisasi pola-pola ke dalam kategori-kategori berdasarkan korelasi yang ada.

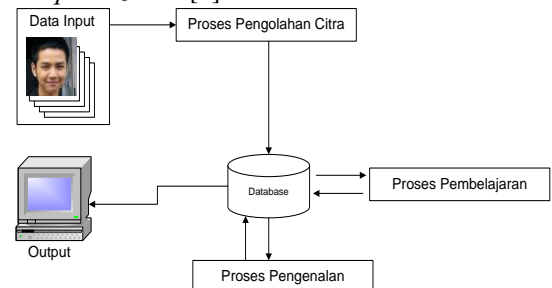
- c. Gabungan pembelajaran terawasi dan tak terawasi (*hybrid*)
 Merupakan kombinasi dari kedua pembelajaran tersebut. Sebagian dari bobot-bobotnya ditentukan melalui pembelajaran terawasi dan sebagian lainnya melalui pembelajaran tak terawasi.

3. ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Analisis Sistem

Wajah merupakan salah satu bagian dari manusia yang memiliki ciri berbeda. Wajah dapat digunakan untuk mengenali seseorang, misalnya untuk absensi, pendataan penduduk dan sistem pengamanan, dengan menggunakan sistem pengenalan wajah. Karena wajah manusia merepresentasikan sesuatu yang kompleks, sehingga pengembangan model komputasi yang ideal untuk pengenalan wajah adalah sesuatu hal yang sulit. Selain itu sistem pengenalan wajah juga mendapat kesulitan pada orientasi wajah yang berlainan, pencahayaan, potongan rambut, kumis atau jenggot, kacamata serta perbedaan kondisi misalnya orang tersebut dalam keadaan agak menoleh, menunduk atau menengadahkan.

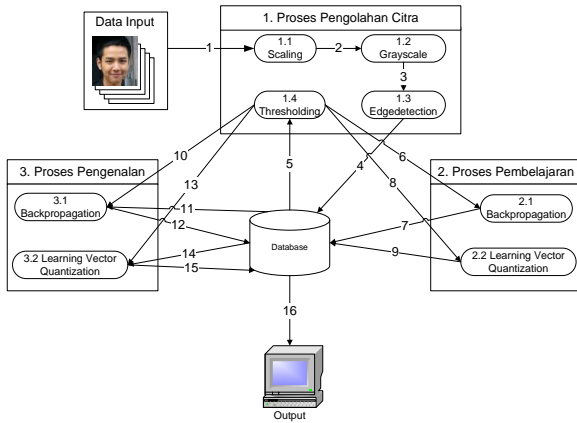
Artificial Intelligence merupakan salah satu bagian ilmu komputer yang membuat agar mesin (komputer) dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik manusia. Contoh sistem berbasis *artificial intelligence* adalah sistem pengenalan gambar menggunakan jaringan syaraf tiruan. Terdapat 2 jenis metode pembelajaran pada jaringan syaraf tiruan, yaitu pembelajaran terawasi (*supervised learning*) dan pembelajaran tak terawasi (*unsupervised learning*). Untuk melakukan pengenalan wajah, pembelajaran terawasi lebih cocok karena menggunakan target keluaran, diantaranya yang termasuk metode pembelajaran terawasi adalah *backpropagation* dan *learning vector quantization*. [4]



Gambar 9 Analisis Sistem

Analisis Proses

Pada penjelasan analisis sistem telah dijelaskan bahwa sistem ini memiliki 3 proses utama, setiap proses memiliki sub proses yang memiliki peranan dalam pengenalan wajah. Gambaran analisis proses digambarkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Analisis Proses

Alur proses dari sistem ini adalah:

1. Gambar masukan sebanyak 5 buah melalui proses *scaling* untuk diubah ukurannya, sehingga ukuran setiap gambar menjadi sama.
2. Setelah melalui proses *scaling*, gambar masukan melalui proses *grayscale* untuk mengubah warna gambar menjadi keabu-abuan.
3. Setelah gambar masukan berwarna keabu-abuan, kemudian melalui proses *edgedetection* (deteksi tepi), untuk mendapatkan tepi dari setiap gambar.
4. Kemudian gambar masukan disimpan kedalam *database*, yang disimpan berupa keterangan gambar, gambar asli hasil proses *scaling* dan gambar hasil proses *edge detection*.
5. Proses ke-5 yaitu *thresholding* dilakukan ketika gambar masukan yang telah melalui proses *edgedetection* akan digunakan untuk proses pembelajaran (proses 6 dan 8) dan pengenalan (proses 10 dan 12). Proses ini mengubah gambar hasil *edgedetection* menjadi matriks representasi gambar tersebut dengan isi nilai biner 1 atau 0.
6. Proses ini merupakan proses pembelajaran menggunakan metode *backpropagation*. Setiap matriks gambar *learning* akan dipelajari dan menghasilkan 3 jenis nilai bobot berupa matriks dan array. Kemudian dilanjutkan pada proses 7.
7. Setelah 3 nilai bobot *backpropagation* didapatkan, bobot-bobot tersebut disimpan ke dalam *database*.
8. Proses 8 merupakan proses pembelajaran menggunakan metode *learning vector quantization*. Setiap matriks gambar *learning* akan dipelajari dan menghasilkan 1 matriks nilai bobot. Kemudian dilanjutkan pada proses 9.

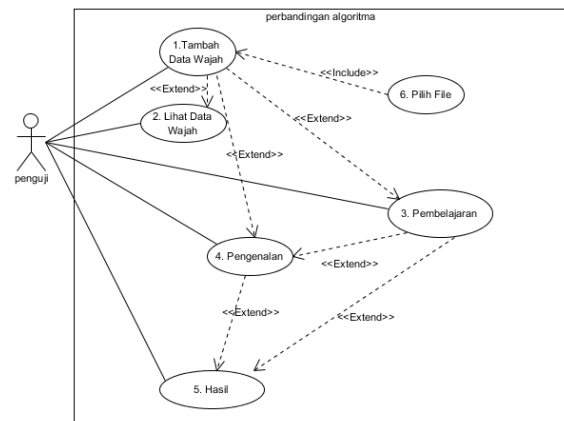
9. Matriks bobot hasil pembelajaran *learning vector quantization* disimpan ke dalam *database*.
10. Proses ini merupakan proses pengenalan gambar *test* menggunakan metode *backpropagation*. Gambar *test* hasil proses *thresholding* menjadi data masukan ke dalam proses ini.
11. Mengambil nilai bobot hasil pembelajaran *backpropagation* yang telah disimpan di dalam *database* untuk proses pengenalan *backpropagation*. Hasil pengenalan berupa nilai kelas gambar yang cocok. Kemudian dilanjutkan pada proses 12.
12. Data pengenalan dan hasilnya disimpan ke dalam *database*.
13. Proses 13 merupakan proses pengenalan gambar *test* menggunakan metode *learning vector quantization*. Gambar *test* hasil proses *thresholding* menjadi data masukan ke dalam proses ini.
14. Mengambil nilai bobot hasil pembelajaran *learning vector quantization* yang telah disimpan di dalam *database* untuk melakukan pengenalan *learning vector quantization*. Hasil pengenalan berupa nilai kelas gambar yang cocok. Kemudian dilanjutkan pada proses 15.
15. Data pengenalan dan hasilnya disimpan ke dalam *database*.
16. Data-data masukan, hasil pembelajaran dan hasil pengenalan ditampilkan melalui layar komputer.

Analisis Kebutuhan Fungsional

Analisis kebutuhan fungsional menjelaskan proses-proses yang terjadi di dalam aplikasi ini. Proses-proses tersebut dijelaskan dalam usecase diagram, skenario diagram, activity diagram, sequence diagram dan class diagram.

Use Case Diagram

Use case diagram menggambarkan proses yang ada di dalam aplikasi ini. Use case diagram aplikasi ini digambarkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Use Case Diagram Aplikasi Perbandingan Algoritma

4. PENGUJIAN SISTEM

Pengujian dijalankan dengan melakukan pengenalan wajah dengan menggunakan beberapa hasil pembelajaran yang dilakukan dengan parameter yang berbeda-beda. Tabel 1.

Tabel 1 Tabel parameter pengujian algoritma

Parameter	Nilai
Maksimal Perulangan	10, 50, 100
Rasio Pembelajaran	0.1, 0.5, 1
Minimal Error	0.1, 0.01, 0.001

- A = Maksimum Perulangan (Epoch)
- B = Rasio Pembelajaran
- C = Minimum Error
- D = Dikenali
- E = Tidak Dikenali

Adapun hasil pengujian dilakukan dengan menggunakan parameter pada tabel 1 dengan banyaknya pengujian 25 kali untuk setiap parameter.

Tabel 2 Tabel Hasil Pengujian

No	A	B	C	LVQ		BP	
				D	E	D	E
1	10	0,1	0,1	17	8	0	25
2	10	0,1	0,01	15	10	0	25
3	10	0,1	0,001	15	10	0	25
4	10	0,5	0,1	12	13	0	25
5	10	0,5	0,01	14	11	0	25
6	10	0,5	0,001	14	11	0	25
7	10	1	0,1	0	25	0	25
8	10	1	0,01	0	25	24	1
9	10	1	0,001	0	25	25	0
10	50	0,1	0,1	15	10	0	25
11	50	0,1	0,01	15	10	0	25
12	50	0,1	0,001	15	10	0	25
13	50	0,5	0,1	14	11	0	25
14	50	0,5	0,01	14	11	17	8
15	50	0,5	0,001	14	11	25	0
16	50	1	0,1	0	25	0	25
17	50	1	0,01	0	25	24	1
18	50	1	0,001	0	25	25	0
19	100	0,1	0,1	15	10	0	25
20	100	0,1	0,01	15	10	5	20
21	100	0,1	0,001	15	10	23	2

22	100	0,5	0,1	14	11	0	25
23	100	0,5	0,01	7	18	11	14
24	100	0,5	0,001	14	11	25	0
25	100	1	0,1	0	25	0	25
26	100	1	0,01	0	25	25	0
27	100	1	0,001	0	25	0	25

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian, analisis, perancangan, pembuatan hingga pengujian sistem perbandingan metode jaringan syaraf tiruan *backpropagation* dan *learning vector quantization* pada pengenalan wajah ini, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode jaringan syaraf tiruan *backpropagation* dan *learning vector quantization* dapat digunakan untuk pengenalan wajah.
2. Terdapat 252 (37,33%) hasil pengenalan cocok dengan menggunakan metode *backpropagation* dan 254 (37,63%) hasil pengenalan cocok dengan menggunakan metode *learning vector quantization* dari total pengenalan sebanyak 675 kali terhadap 25 gambar wajah dengan menggunakan 27 jenis kombasi parameter pembelajaran. Rata-rata waktu pengenalan 130 milisecond dengan menggunakan metode *backpropagation* dan 32 milisecond dengan menggunakan metode *learning vector quantization*.
3. Tingkat kecocokan hasil pengenalan tergantung pada kombinasi nilai parameter yang digunakan dalam proses pembelajarannya. Dari hasil pengujian, maka didapatkan kombinasi parameter terbaik dari *learning vector quantization* yaitu maksimal perulangan 10, rasio pembelajaran 0,1 dan minimal error 0,1. Sedangkan parameter terbaik dari *backpropagation* yaitu maksimal perulangan 50, rasio pembelajaran 0,5 dan minimal error 0,001.
4. Dari hasil pengujian, dapat direkomendasikan dari segi akurasi dan waktu, metode *learning vector quantization* lebih baik dibandingkan dengan *backpropagation*. Dengan tingkat akurasi pengenalan 37,63 % dan rata-rata waktu pengenalan 32 milisecond.

Saran

Dari hasil penelitian, analisis, perancangan, pembuatan hingga pengujian sistem ini, penguji memberikan saran sebagai berikut:

1. Aplikasi pengenalan wajah dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan lebih baik dijalankan pada

- komputer yang memiliki spesifikasi *hardware* tinggi.
2. Data gambar wajah untuk pengenalan lebih baik gambar yang memiliki kualitas tinggi.
 3. Aplikasi ini dapat dikembangkan dengan menambahkan pengenalan yang lebih spesifik, misalnya pada ekspresi wajah atau posisi wajah.
 4. Untuk hasil yang lebih spesifik dapat ditambahkan proses ekstraksi ciri terlebih dahulu sebelum proses pembelajaran dan pengenalan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Admin2, *Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Delta Bar*, http://digilib.ittelkom.ac.id/index.php?option=com_content&view=article&id=505:jaringan-syaraf-tiruan-backpropagation-delta-bar-delta&catid=20:informatika&Itemid=14, 16 Maret 2011 13.30
2. Alexander, Chris, *Visual Studio 2010 Beta*, <http://chris-alexander.co.uk/1496>, 16 Maret 2011 14.15
3. Ambler, Scott W. (2008), *The Elements of UML 2.0 Style*. New York: Cambridge University Press.
4. Güter, Marifi (1994), *The neuron as a computational unit*, <http://eee.metu.edu.tr/~vision/books/alife/ch2.html>, 17 Maret 2011 19.00
5. Hesthiningsih, Idhawati. 2008. *Pengolahan Citra*.
6. Idhan (2007), *Kecerdasan Buatan*, 31-37
7. Jauhari, nurdin, *Edge Linking Detection dan Perbandingan dari 3 Metodenya*, <http://ahtovicblogs.blog.ugm.ac.id/?p=80>, 17 Maret 2011 20.25
8. Jose, Stephane, *Why Should I Care About SQL Server*, <http://blog.iweb.com/en/2010/06/why-should-i-care-about-sql-server/4772.html>, 17 Maret 2011 19.30
9. Kusumadewi, Sri. 2003. *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta : Graha Ilmu
10. Kvanicku, Haykina, *Feedforward Neural Networks*, <http://smecnet.itchybit.org/wiki/cogsci/ui>, 17 Maret 2011 20.00
11. Martiana, Entin (2008), *Bab 8 Jaringan Syaraf Tiruan (Neural Network)*, 1 – 42
12. Mubarak, Roy, *Konsep OOP-Sejarah OOP*, <http://roymubarak.wordpress.com/2008/12/09/konsep-oop-paradigma-pemrograman/>, 16 Maret 2011 19.00
13. Riyanto (2006), *Deteksi Tepi (Edge detection)*, 1 – 16
14. Sabariah, Mira K. (2009), *Basis Data / Pendahuluan*, Bandung, 1 – 6
15. Sabariah, Mira K (2009), *Basis Data / Model Entity-Relationship*, Bandung, 1 – 6
16. Siang, Jong Jek. (2009), *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan MATLAB*, ANDI, Yogyakarta, 1 – 118
17. Stellment, Andrew (2007), *Head First C#*, O'Reilly Media, Inc, Unaited State of America, 33 – 152
18. Suhari, Yohanes (2009), *Pengenalan Pola*, 1 – 8
19. Yudiantika, Aditya Rizki, *Cara Kerja Face Recognition*, <http://soulofmyheart.blogspot.com/2009/04/cara-kerja-face-recognition.html>, 16 Maret 2011 20.15