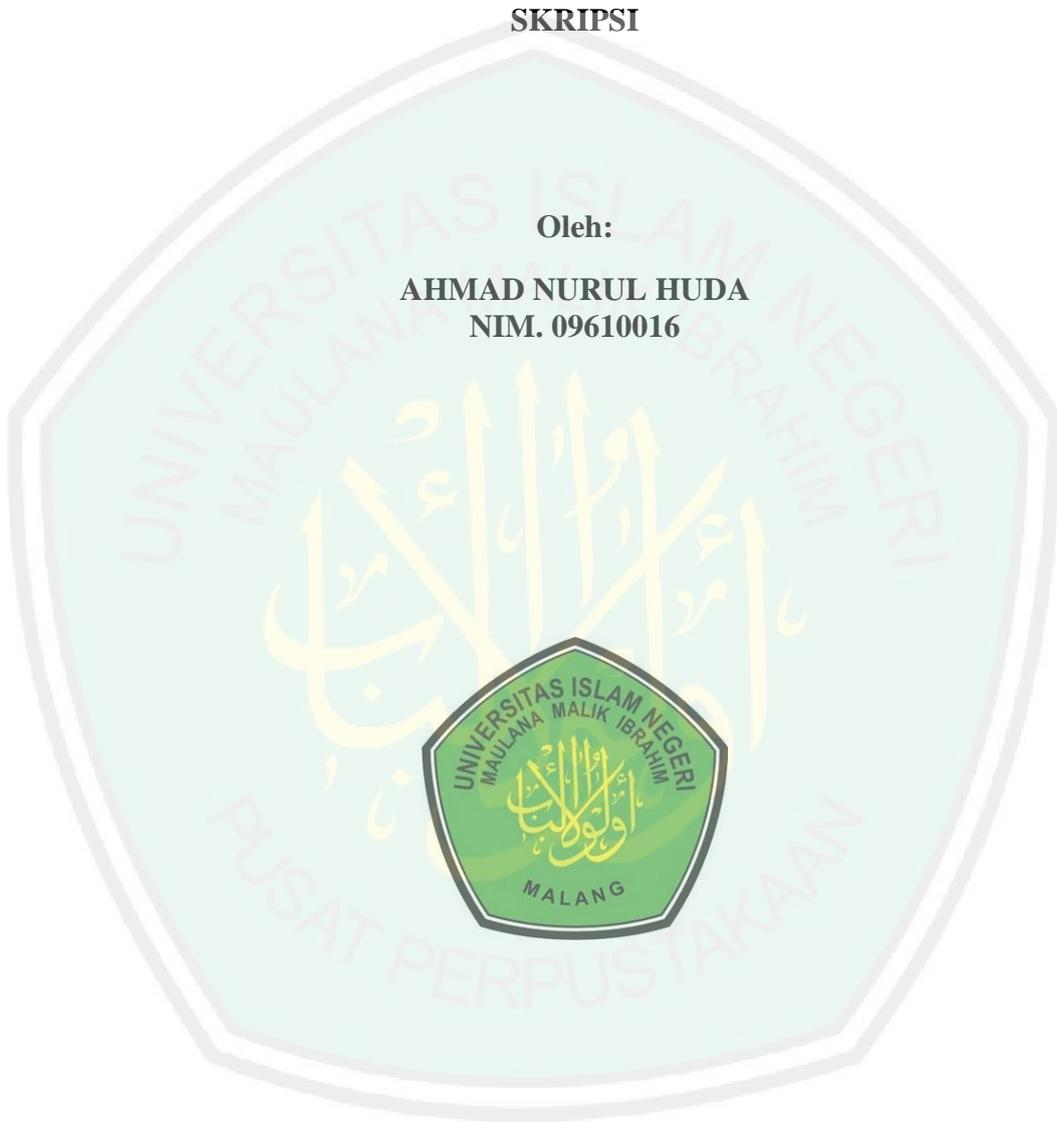


**ALGORITMA JARINGAN SYARAF TIRUAN *HOPFIELD* UNTUK
PRAKIRAAN CUACA DI WILAYAH MALANG**

SKRIPSI

Oleh:

**AHMAD NURUL HUDA
NIM. 09610016**



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2014**

**ALGORITMA JARINGAN SYARAF TIRUAN *HOPFIELD* UNTUK
PRAKIRAAN CUACA DI WILAYAH MALANG**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:
AHMAD MUNAWWIR
NIM. 08610046**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2014**

**ALGORITMA JARINGAN SYARAF TIRUAN *HOPFIELD* UNTUK
PRAKIRAAN CUACA DI WILAYAH MALANG**

SKRIPSI

**Oleh:
AHMAD NURUL HUDA
NIM. 09610016**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 12 Juni 2014

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Sri Harini, M.Si
NIP. 19731014 200112 2 002

Fachrur Rozi, M.Si
NIP. 19800527 200801 1 012

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Abdussakir, M.Pd
NIP. 19751006 200312 1 001

**ALGORITMA JARINGAN SYARAF TIRUAN *HOPFIELD* UNTUK
PRAKIRAAN CUACA DI WILAYAH MALANG**

SKRIPSI

**Oleh:
AHMAD NURUL HUDA
NIM. 09610016**

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 2Juli 2014

Penguji Utama : Mohammad Jamhuri, M.Si
NIP. 19810502 200501 1 004 _____

Ketua Penguji : Abdul Aziz, M.Si
NIP. 19760318 200604 1 002 _____

Sekretaris Penguji : Dr. Sri Harini, M.Si
NIP. 19731014 200112 2 002 _____

Anggota Penguji : FachrurRozi, M.Si
NIP. 19800527 200801 1 012 _____

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Abdussakir, M.Pd
NIP. 19751006 200312 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Nurul Huda

NIM : 09610016

Jurusan : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 11 Juni 2014
Yang membuat pernyataan,

Ahmad Nurul Huda
NIM. 09610016

MOTTO

“Setiap Niatan Pasti Ada Jalan”



Persembahan



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Karya ini penulis persembahkan kepada:

Ayahanda Ahmaḍi dan ibunda Siti Hamida
yang selalu memberikan dukungan, do'a, dan kasih sayangnya

Seluruh keluarga dan kerabat
yang selalu memberikan motivasi

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puja dan puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, taufiq, hidayah serta inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Selanjutnya penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membimbing, mengarahkan, dan menyumbangkan pemikiran sehingga skripsi ini selesai. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
 2. Dr. Hj. Bayyinatul M., drh., M.Si, selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
 3. Dr. Abdussakir, M.Pd, selaku ketua Jurusan Matematika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
 4. Dr. Sri Harini M.Si dan Fachrur Rozi, M.Si, selaku dosen pembimbing skripsi ini yang telah banyak memberikan arahan dan pengalaman yang sangat berharga.
 5. Segenap sivitas akademika Jurusan Matematika, terutama seluruh dosen.
- Terima kasih atas segenap ilmu dan bimbingannya.

6. Ayah dan Ibu serta keluarga penulis yang selalu memberikan do'a dan motivasi yang tiada henti kepada penulis.
7. Moh. Zainal Arifandi, Yusuf Arifudin, Azhar Efendi, Yudis Verdika, Lutfi Riyadi, Moh. Soleh, Moh. Dulasrip, Moh. Ulul Albab, Huda Khoirussoleh, Wahyu Pradana S.B., Ainun Rosyida, Fithrotul Maf'ula, Anis Safidah, Ayu Linda Kusmayasari, Ariska A. Tyara, dan Ika Rahmawati selaku sahabat penulis yang selama penulisan skripsi ini selalu memberikan dukungan.
8. Teman-teman Jurusan Matematika tahun angkatan 2009, terima kasih atas dukungannya serta telah memberikan kenangan dan pengalaman yang tidak terlupakan.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi. *Amin Ya Rabbal Alamin.*

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, Juni 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGAJUAN	
HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	
HALAMAN MOTTO	
HALAMAN PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
المخلص	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Batasan Masalah	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
1.6 Metode Penelitian	8
1.7 Sistematika Penulisan	9
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Jaringan Syaraf Tiruan	11
2.2 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan.....	14
2.3 Fungsi Aktivasi	16
2.4 Jaringan Syaraf Tiruan <i>Hopfield</i>	22
2.4.1 Jaringan Syaraf Tiruan <i>Hopfield</i> Diskrit.....	23
2.4.2 Jaringan Syaraf Tiruan <i>Hopfield</i> Kontinu.....	29
2.5 Cuaca.....	30
2.5.1 Suhu Udara.....	31
2.5.2 Angin.....	32
2.5.3 Radiasi dan Penyinaran Matahari.....	34
2.5.4 Perawanan	36
2.5.5 Kelembaban Udara.....	37
2.5.6 Tekanan Udara	39
2.5.7 Curah Hujan.....	40

BAB III PEMBAHASAN

3.1	Penentuan Nilai Fungsi Satlins Jaringan <i>Hopfield</i> untuk Prakiraan Cuaca.....	44
3.2	Algoritma Jaringan <i>Hopfield</i> untuk Prakiraan Cuaca di Wilayah Malang.....	46
3.2.1	Menentukan Nilai Fungsi <i>Input(x)</i> dan Nilai Target.....	46
3.2.2	Proses Kerja Jaringan.....	48
3.2.3	<i>Output</i> Jaringan	62
3.3	Arsitektur Jaringan <i>Hopfield</i> untuk Prakiraan Cuaca di Wilayah Malang.....	63
3.4	Kajian Agama.....	64

BAB IV PENUTUP

4.1	Kesimpulan	68
4.2	Saran.....	69

DAFTAR PUSTAKA	70
-----------------------------	----

LAMPIRAN	71
-----------------------	----

DAFTAR PUSTAKA	70
-----------------------------	----

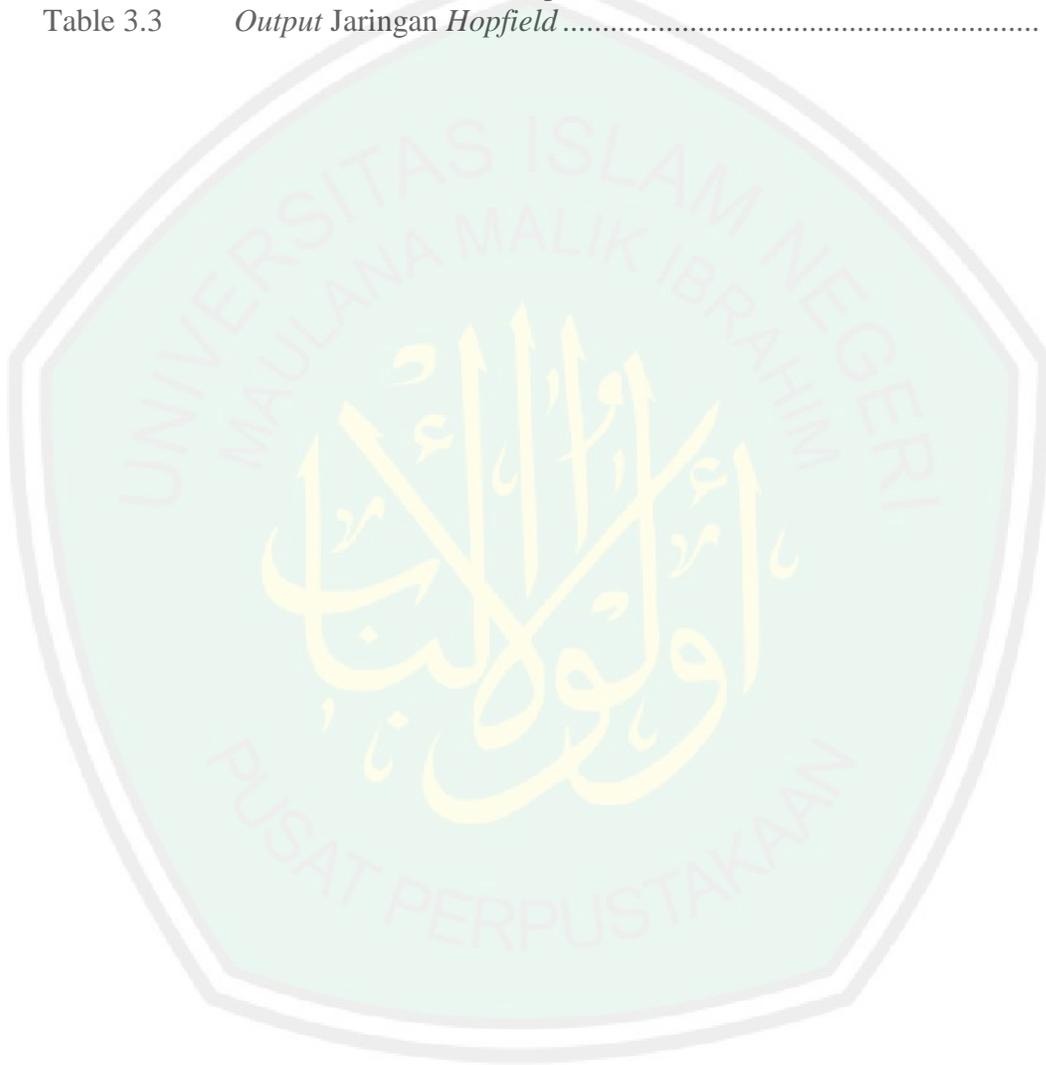
LAMPIRAN	71
-----------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jaringan dengan Lapisan Tunggal (<i>Single Layer Net</i>)	15
Gambar 2.2	Jaringan dengan Banyak Lapisan (<i>Multi Layer Net</i>).....	16
Gambar 2.3	Fungsi Undak Biner <i>Hard Limit</i>	16
Gambar 2.4	Fungsi Undak Biner <i>Threshold</i>	18
Gambar 2.5	Fungsi Bipolar <i>Symetric Hard Limit</i>	18
Gambar 2.6	Fungsi Bipolar <i>Threshold</i>	19
Gambar 2.7	Fungsi <i>Linear</i> (identitas).....	19
Gambar 2.8	Fungsi <i>Saturating Linear</i>	20
Gambar 2.9	Fungsi <i>Symetric Saturating Linear</i>	20
Gambar 2.10	Fungsi <i>Sigmoid</i> Biner.....	21
Gambar 2.11	Fungsi <i>Sigmoid</i> Bipolar.....	22
Gambar 2.12	Kondisi Jaringan <i>Hopfield</i>	24
Gambar 3.1	Arsitektur Jaringan <i>Hopfield</i> untuk Prakiraan Cuaca Di Wilayah Malang	64

DAFTAR TABEL

Table 3.1	Kriteria Unsur Cuaca.....	48
Table 3.2	Kriteria Unsur Cuaca Bipolar.....	48
Table 3.3	<i>Output Jaringan Hopfield</i>	62



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Unsur-unsur Cuaca	71
Lampiran 2	Data Nilai Fungsi <i>Satlins</i> (<i>Symetric Saturating Linear</i>)	72



ABSTRAK

Huda, Ahmad Nurul. 2014. **Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan *Hopfield* untuk Prakiraan Cuaca di Wilayah Malang**. Skripsi. Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Pembimbing: (I) Dr. Sri Harini, M.Si. (II) Fachrur Rozi, M.Si.

Kata Kunci: Jaringan Syaraf Tiruan, *Hopfield*, Unsur-Unsur Cuaca

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai fungsi *satlins* (*symetric saturating linear*) jaringan *Hopfield* pada prakiraan cuaca dan mengetahui model algoritma jaringan syaraf tiruan *Hopfield* pada prakiraan cuaca.

Jaringan syaraf tiruan merupakan sistem komputasi dimana arsitektur dan operasi diilhami dari pengetahuan tentang sel syaraf biologis di dalam otak, yang merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba menstimulasi proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Jaringan syaraf tiruan dapat digambarkan sebagai model matematis dan komputasi untuk fungsi aproksimasi non linear, klasifikasi dan cluster, dan regresi non parametrik atau sebuah simulasi dari koleksi model syaraf biologi. Jaringan *Hopfield* merupakan suatu metode jaringan syaraf tiruan yang terhubung penuh (*fully connected*), yaitu bahwa setiap unit terhubung dengan unit lainnya. Jaringan ini memiliki bobot-bobot yang simetris. Pada jaringan *Hopfield*, setiap unit tidak memiliki hubungan dengan dirinya sendiri, dengan demikian nilai bobot matrik model *Hopfield* memakai bobot matrik berdiagonal nol (0). Unsur-unsur adalah faktor terpenting dalam pengamatan prakiraan cuaca antara lain kecepatan angin, suhu udara, kelembaban udara dan tekanan udara. Pada jaringan *Hopfield*, *neuron input* yang digunakan adalah unsur-unsur cuaca tersebut yang diubah dalam bentuk fungsi *satlins* (*symetric saturating linear*) diproses sampai mencapai stabil/konvergen dengan fungsi aktivasi bipolar *threshold*.

Berdasarkan hasil penelitian fungsi *satlins* (*symetric saturating linear*) didapatkan berdasarkan nilai-nilai dari keempat unsur cuaca tersebut. Model jaringan yang optimal adalah model jaringan dengan empat *neuron input* yang terhubung dengan bobot-bobot lapisan yang simetris dan dua nilai *output* jaringan, yaitu kriteria cerah dengan nilai $[-1 \ 1 \ -1 \ 1]$ dan kriteria hujan dengan nilai $[1 \ -1 \ 1 \ -1]$.

ABSTRACT

Huda, Ahmad Nurul. 2014. **Hopfield Neural Network to Forecasting Weather in Malang Region**. Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology The State of Islamic University Maulana Malik Ibrahim Malang.
 Advisor: (I) Dr. Sri Harini, M.Si. (II) Fachrur Rozi, M.Si.

Keywords: Artificial Neural Network, Hopfield, Weather Elements

This study aims to determine the value of the function satlins (symetric linear saturating) the Hopfield network on the weather forecasting and identify model Hopfield neural network algorithm on the weather forecast.

Artificial neural networks are computing systems in which the architecture and operation inspired from the knowledge of biological nerve cells in the brain, which is one of the artificial representation of the human brain that is always trying to stimulate the learning process in the human brain. Neural network can be described as a mathematical and computational model for non- linear function approximation, classification and cluster and non- parametric regression or a simulation of a collection of biological neural models. Hopfield network is a neural network that is fully connected, namely that each unit is connected to the other units. These networks have symmetric weights. In the Hopfield network, each unit does not have a relationship with itself, thus the value of the weight matrix Hopfield models using diagonal matrix weighting of zero (0). The elements are the most important factor in weather observations include wind speed, air temperature, air humidity and air pressure. In neurons Hopfield network inputs are the elements of the weather that is converted into function satlins (symetric saturating linear) processed to achieve a stable/convergent with bipolar threshold activation function.

Based on the research results function satlins (symetric saturating linear) obtained based on the values of the four elements of the weather. Optimal network model is a network model with four input neurons are connected with weights and two symmetrical layers of network output value, which is criteria of bright with value $[-1 \ 1 \ -1 \ 1]$ and the criteria of the rain with the value $[1 \ -1 \ 1 \ -1]$.

الملخص

هد، احمد نزل. ٢٠١٤. **خوارزمية الشبكات العصبية خبفيل لتوقعات الطقس في المنطقة مالانج**. الأطروحة. قسم الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك ابراهيم مالانج. المؤدب: (١) الدكتور سري هارين، الماجستير. (٢) فخرالوازي، الماجستير. **كلمات البحث:** الشبكات العصبية الاصطناعية، خبفيل، عناصر الطقس

وتهدف هذه الدراسة الى تحديد قيمة وظيفة satlins (متماثل تشبع الخطية) شبكة خبفيل لتوقعات طقس و تحديد الصطنا خوارزمية الشبكة العصبية خبفيل لتوقعات الطقس. الشبكات العصبية الاصطناعية ونظم الحوسبة فيها الهندسة المعمارية وعملية مستوحاة من علم الخلايا العصبية البيولوجية في الدماغ. والتي هي واحدة من التمثيل الاصطناعي من الدماغ البشري الذي يسع دائما لتحفيز عملية التعلم في الدماغ البشري. ويمكن وصف الشبكات العصبية كنموذج الرياضية والحسابية من اجل وظيفة غير الخطية تقريب والتصنيف والعنقودية والانحدار غير المعيارية او محاكاة لمجموعة من نماذج العصبية البيولوجية. الشبكات خبفيل هو عبارة عن الشبكات العصبية متصلة بالكامل (مترابط تمام)، اي ان يتم توصيل كل وحدة الى وحدة اخرى. هذه الشبكات لها اوزان متماثل في الشبكة خبفيل، ليس لكل وحدة علاقة مع نفسه، وبالتالي فان قيمة نماذج خبفيل الوزن مصفوفة يرتدي قطري الترجيح مصفوفة من صفر (0). العناصر هي اهم عامل في الأرصاد الجوية وتشمل سرعة الرياح ، ودرجة حرارة الهواء، الرطوبة الهواء والضغط الجوي. في الخلايا العصبية مدخلات الشبكات خبفيل المستخدمة هي عناصر الطقس التي يتم تحويلها الى وظيفة satlins (متماثل تشبع الخطية) لتحقيق الاستقرار/متقاربة مع القطبين وظيفه التنشيط العتبة. نتاجا الإخراج شبكة لتصنيف أكثر إشراقا هو قيمها في معايير لتصنيف أكثر إشراقا و المطرفي قيم معايير المطر.

(متماثل تشبع الخطية) تم الحصول عليها على اساس القيم من satlins استادا الى نتائج البحوث وظيفه العنصرر الأربعة للطقس. نموذج الشبكة الأمثل هو نموذج الشبكة مع ترتبط مع الأوزان الأربعة الخلايا العصبية المدخلات وطبقتين متناظرة من قيمة الاننتاج الشبكة، الذي هو مشرق معايير

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Matematika merupakan penelaahan tentang bilangan-bilangan, bentuk-bentuk dan lambang-lambang. Berkaitan dengan definisi tersebut, matematikasingkali dibagi menjadi tiga cabang, yaitu aljabar, analisis dan geometri. Aljabar membahas tentang bilangan dan pengabstrakannya, analisis membahas kekonvergenan dan limit, sedangkan geometri membahas tentang bentuk dan konsep-konsep yang berkaitan (Kerami dan Cormetyna, 2003:158).

Keagungan Allah SWT di alam semesta ini dapat dilihat dari keteraturan bilangan, bentuk dan keharmonisan sistem kerja segala sesuatu yang ada di alam ini. Jika manusia menguasai sains khususnya matematika, ia akan mengetahui bagaimana alam akan bertingkah laku pada kondisi tertentu, ia akan dapat memprediksi bagaimana alam akan memberikan reaksi terhadap tindakan yang dilakukan kepadanya. Manusia juga dapat merekayasa kondisi yang ia pilih sedemikian rupa sehingga alam memberikan respons yang menguntungkannya. Singkatnya, matematika yang dikuasai manusia dijadikan sebagai sumber teknologi dalam memanfaatkan lingkungannya yang dikelolanya dengan baik hingga manusia pantas disebut sebagai *khalifah Allah fi al-ardh*.

Setiap manusia telah dianugerahkan akal yang menjadikannya mulia dibandingkan makhluk lainnya. Namun hanya orang yang selalu mengembangkan akallah yang senantiasa mengambil pelajaran dari segala sesuatu yang tercipta didunia ini. Pengembangan akal ini dapat dilakukan dengan cara selalu menambah

ilmu yang dimiliki, selalu berkeinginan untuk mendapatkan sesuatu pengetahuan baru. Manusia seperti ini selalu terbuka untuk menerima pendapat orang lain dan berpandangan tajam dalam berbagai hal. Hal ini termaktub dalam QS. Al-Baqaroh: 269

لَوْ اِلَّا يَذْكُرُوْا مَا كَثِيْرًا خَيْرًا اَوْ تِي فَقَدْ اَلْحِكْمَةَ يُوْتُوْنَ وَمِنْ بَشَاءٍ مِّنَ اَلْحِكْمَةِ يُوْتِي
 ۞ اَلْاَلْبَابُ ۞

Artinya: “Allah menganugerahkan Al Hikmah (kefahaman yang dalam tentang Al Quran dan As Sunnah) kepada siapa yang dikehendaki-Nya. dan Barangsiapa yang dianugerahi hikmah, ia benar-benar telah dianugerahi karunia yang banyak. dan hanya orang-orang yang berakallah yang dapat mengambil pelajaran (dari firman Allah)”

Selain pengembangan akal, seorang manusia juga harus dapat menajamkan pikirannya dalam setiap hal yang dipahami. Penajaman akal ini dapat dilakukan dengan merenung dan selalu berpikir untuk mengambil manfaat dari segala hal yang telah diketahui sebelumnya. Seperti yang telah dijelaskan dalam QS. Al- Jatsiah:13

فَكُرُوْا لِقَوْمٍ اَلَيْتِ ذٰلِكَ فِيْ اِنْ مِّنْهُ جَمِيْعًا اَلْاَرْضِ فِيْ وَمَا اَلْسَمٰوٰتِ فِيْ مَا لَكُمْ وَسَخَّرَ
 ۞ يٰۤاٰۤا ۞

Artinya: “dan Dia telah menundukkan untukmu apa yang di langit dan apa yang di bumi semuanya, (sebagai rahmat) daripada-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagikaum yang berpikir”

Dari penjelasan di atas maka manusia sebagai makhluk yang berakal dituntut agar menggunakan akalnya untuk berpikir. Selain itu manusia dapat menajamkan pikirannya dengan cara merenung dan berpikir, sehingga pemikiran tersebut dapat berkembang dan menciptakan suatu ilmu pengetahuan yang baru.

Dewasa ini banyak muncul pemikiran mengenai *forecasting*, salah satunya dalam bidang peramalan. *Forecasting* atau peramalan merupakan salah satu bagian dari ilmu statistika yang digunakan untuk meramalkan suatu kemungkinan yang akan terjadi di masa yang akan datang, berdasarkan pada data masa lampau yang dianalisis dengan menggunakan cara-cara tertentu. Salah satu perkembangan peramalan adalah pada jaringan syaraf tiruan. Jaringan syaraf tiruan merupakan sistem komputasi dimana arsitektur dan operasi diilhami dari pengetahuan tentang sel syaraf biologis di dalam otak, yang merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba menstimulasi proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Jaringan syaraf tiruan dapat digambarkan sebagai model matematis dan komputasi untuk fungsi aproksimasi non linear, klasifikasi dan cluster dan regresi non parametrik atau sebuah simulasi dari koleksi model syaraf biologi (Hermawan, 2006:36).

Jaringan syaraf tiruan terdiri atas sekumpulan *neuron-neuron* atau unit-unit yang saling berinteraksi. Pada neuron syaraf manusia, proses alami mengatur bagaimana sinyal *input* pada *dendrit* diproses dan kemudian diterjemahkan dalam aktivitas *axon*. Sedangkan pada *neuron* buatan, proses *learning* mengatur *input-input* yang digunakan untuk pemetaan *output*-nya. Jaringan syaraf tiruan adalah suatu grup pemrosesan elemen-elemen (*neuron-neuron*), dimana suatu subgroup (*layer*) melakukan komputasi yang *independent* dan meneruskan hasilnya ke subgroup selanjutnya. Pemrosesan elemen-elemen dalam subgroup elemen mempunyai tingkat aktivasi dari *input* yang diterimanya, kemudian mengirimkannya sebagai sinyal ke beberapa elemen yang lain.

Proses kerja dari jaringan syaraf tiruan adalah untuk menggambarkan dan mengelompokkan bentuk yang berbeda dari beberapa populasi yang telah diketahui, sehingga populasi tersebut terpisah dengan baik serta dapat menentukan fungsi pembeda antar kelompok dan mengklasifikasikan objek baru ke dalam kelas atau kelompok. Sesuai dengan sistem kerjanya diatas, struktur jaringan syaraf tiruan terdiri dari tiga lapisan yaitu lapisan masukan, lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran. Masing-masing lapisan diberikan pembobot yang akan mentransformasi nilai *input* menjadi nilai *output*. Setiap *layer* terdiri dari beberapa *neuron* dan antar *neuron-neuron* ini akan terhubung dengan *neuron-neuron* lain pada *layer* terdekat (Ripley, 1996:151).

Kelebihan dari jaringan syaraf tiruan ini adalah tidak perlu adanya asumsi bahwa data harus berdistribusi multivariat normal dan metode ini mempunyai iketelitian yang sangat tinggi serta dapat membantu dalam menyederhanakan berbagai permasalahan yang tidak bisa diselesaikan dengan menggunakan pendekatan matematis atau pendekatan numerik (Stern, 1996:128).

Safitri (2010) telah meneliti tentang penggunaan jaringan syaraf tiruan untuk pengklasifikasian status gizi mahasiswa UIN Maliki Malang angkatan 2009/2010 yang dalam penelitiannya mendapatkan hasil kemampuan jaringan syaraf tiruan dalam mengklasifikasikan status gizi, Devi (2011) penyelesaian sistem persamaan *linear* dengan metode jaringan syaraf tiruan *Hopfield* yang menghasilkan bahwa metode *Hopfield* reliabel dalam menyelesaikan masalah sistem persamaan *linear* yang diujikan, dan Efendi (2013) penggunaan *artificial neural network* untuk mendeteksi kelainan mata miopi pada manusia dengan metode *backpropagation*.

Jaringan syaraf tiruan *Hopfield* merupakan jaringan syaraf dengan pelatihan tak terbimbing (*unsupervised training*), berbeda dengan model-model jaringan syaraf yang lain, dimana jaringan syaraf dilatih dengan cara terbimbing (*supervised training*).

Dengan istilah-istilah yang jelas dan sederhana, John Hopfield menjabarkan bagaimana kemampuan komputasi dapat dibangun dari jaringan yang terdiri dari komponen-komponen yang menyerupai neuron. John Hopfield menggambarkan suatu *associative memory* yang dapat diterapkan dan kemudian mendemonstrasikan masalah optimasi yang dapat diselesaikan dengan jaringannya (Hermawan, 2006:57).

Salah satu aplikasi jaringan syaraf tiruan adalah pada pemodelan prakiraan cuaca. Cuaca merupakan sebuah aktivitas fenomena ini dalam waktu beberapa hari. Cuaca rata-rata dengan jangka waktu yang lebih lama dikenal sebagai iklim. Aspek cuaca ini diteliti lebih lanjut oleh ahli klimatologi, untuk tanda-tanda perubahan iklim. Unsur-unsur cuaca meliputi curah hujan, suhu udara, tekanan udara, kelembaban udara, dan awan. Cuaca terdiri dari seluruh fenomena yang terjadi di atmosfer Bumi atau sebuah planet lainnya.

Klasifikasi dari unsur-unsur cuaca dapat dijadikan pedoman keadaan cuaca pada suatu tempat. Pada penelitian ini tempat yang diambil adalah Malang. Dari unsur-unsur cuaca tersebut dapat diklasifikasikan ke dalam kriteria-kriteria cuaca, yaitu kriteria cerah, kriteria berawan, dan kriteria hujan. Jadi di dalam meteorologi diperlukan juga teknik statistik.

Jaringan syaraf tiruan *Hopfield* adalah salah satu metode yang tepat untuk dijadikan sarana memprediksi cuaca dari klasifikasi unsur-unsur cuaca/iklim

tersebut. Klasifikasi dari unsur-unsur cuaca bisa dijadikan pedoman keadaan cuaca pada suatu tempat. Jaringan ini menggunakan teknik klasifikasi, fungsi energi *lyapunov* (bobot simetris berdiagonal utama nol (0) untuk mendapatkan *output* agar mendekati atau sama dengan inputannya. Fungsi *lyapunov* adalah sebuah fungsi yang terbatas dan menurun untuk mendapatkan kestabilan pada aktivasinya. Berdasarkan uraian tersebut, penulis mengambil judul skripsi "Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan *Hopfield* untuk Prakiraan Cuaca di Wilayah Malang".

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang diatas, maka rumusan masalahnya yaitu:

1. Bagaimana menentukan nilai fungsi *satlins* (*symetric saturating linear*) jaringan *Hopfield* pada prakiraan cuaca di wilayah Malang?
2. Bagaimana memodelkan algoritma jaringan syaraf tiruan *Hopfield* pada prakiraan cuaca di wilayah Malang?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan nilai fungsi *satlins* (*symetric saturating linear*) jaringan *Hopfield* pada prakiraan cuaca di wilayah Malang.
2. Mendapatkan model algoritma jaringan syaraf tiruan *Hopfield* pada prakiraan cuaca di wilayah Malang.

1.4 Batasan Masalah

Untuk lebih jelas dan terarah pada sasaran yang diharapkan dalam pembahasan skripsi ini, maka diperlukan adanya pembatasan masalah yang akan dibahas. Batasan masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Model arsitektur jaringan syaraf tiruan yang digunakan adalah model *single layer net*.
2. Fungsi aktivasi yang digunakan adalah fungsi bipolar *threshold*.
3. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah suhu udara, kecepatan angin, kelembaban udara dan tekanan udara.
4. Alat bantu yang digunakan adalah Matlab.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penulisan skripsi ini adalah:

1. Bagi peneliti
 - a. Sebagai tambahan wawasan ilmu pengetahuan mengenai algoritma jaringan syaraf tiruan *Hopfield* untuk suatu permasalahan.
 - b. Sebagai referensi dalam penyelesaian suatu masalah prakiraan cuaca menggunakan metode *Hopfield* pada jaringan syaraf tiruan.
2. Bagi lembaga Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
 - a. Untuk bahan kepustakaan yang dijadikan sarana pengembangan wawasan keilmuan khususnya di jurusan matematika yang diaplikasikan ke dalam bidang ilmu yang lain.

- b. Meningkatkan peran serta Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dalam pengembangan wawasan keilmuan matematika.

3. Bagi Pembaca

Menambah pengetahuan pembaca tentang pengaplikasian jaringan syaraf tiruan.

1.6 Metode Penelitian

Penulis menggunakan jenis penelitian deskriptif kualitatif dengan metode penelitian kepustakaan (*library research*) atau kajian pustaka dalam penelitian ini, yakni melakukan penelitian untuk memperoleh data-data dan informasi serta objek yang digunakan dalam pembahasan masalah tersebut. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari BMKG Karangploso, Malang. Data tersebut merupakan data unsur-unsur cuaca, yaitu kecepatan angin, suhu udara, kelembaban udara, dan tekanan udara.

Adapun langkah-langkah yang akan digunakan oleh peneliti dalam membahas penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengubah data asli ke dalam bentuk fungsi *satlins* (*symetric saturating linear*).

2. Mengolah data ke dalam algoritma jaringan *Hopfield*, dengan algoritma:

Step 0. Inisialisasi Bobot W (gunakan aturan *Hebb*).

Jika aktivasi dari jaringan tidak konvergen, lakukan *steps* 1-7.

Step 1. Untuk setiap nilai vektor *input*, lakukan *steps* 2-6.

Step 2. Set inisialaktivasi dari jaringan sebagai vektor *input* eksternal,

$$y_i = x_i, (i = 1, \dots, n)$$

Step 3. Lakukan *Steps* 4-6 untuk masing-masing y_i .

Step 4. Hitung *input* jaringan,

$$y_{in_i} = x_i + \sum_{j=1}^n y_j w_{ij} \quad (1.1)$$

Step 5. Menentukan fungsi aktivasi (*output signal*),

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{jika } x > 0 \\ -1 & \text{jika } x \leq 0 \end{cases} \quad (1.2)$$

Step 6. Menyebarkan nilai y_i ke semua unit.

Step 7. Tes untuk konvergensi.

1.7 Sistematika Penulisan

Agar penulisan skripsi ini lebih terarah, mudah ditelaah, dan dipahami, maka digunakan sistematika penulisan yang terdiri dari empat bab. Masing-masing bab dibagi ke dalam beberapa subbab dengan rumusan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Dalam bab ini dijelaskan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II Kajian Pustaka

Dalam bab ini dikemukakan hal-hal yang mendasari dalam teori yang dikaji, yaitu memuat jaringan syaraf tiruan, jaringan *Hopfield*, dan cuaca.

Bab III Pembahasan

Merupakan pembahasan utama tentang algoritma jaringan syaraf tiruan *Hopfield* untuk prakiraan cuaca.

Bab IV Penutup

Pada bab ini akan disajikan tentang kesimpulan dan saran.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Jaringan Syaraf Tiruan

Pada otak manusia terdapat 10^{11} (seratus miliar) sel syaraf atau *neuron*. *Neuron* berlaku sebagai unit pemroses (*processor*) terkecil pada otak. Masing-masing sel syaraf ini berhubungan satu dengan yang lainnya membentuk satu jaringan yang disebut jaringan syaraf. Proses yang terjadi dalam suatu sel syaraf merupakan proses elektrokimiawi (Hermawan,2006:2). Sehingga otak dapat mengenali pola, melakukan perhitungan, dan mengontrol organ-organ tubuh dengan kecepatan tinggi dibandingkan komputer. Sebagai perbandingan, pengenalan wajah seseorang yang sedikit berubah (misalnya memakai topi) akan lebih cepat dilakukan manusia dibandingkan komputer. Kerja otak yang luar biasa merupakan salah satu mahakarya dari Sang Pencipta, yang sesuai dengan penggalan ayat Al-Qur'an dalam QS. At-Tin ayat 4:

﴿تَقْوِيمًا حَسَنًا فِي الْإِنْسَانِ خَلَقْنَا لَقَدْ﴾

Artinya: "Sesungguhnya Kami telah menciptakan manusia dalam bentuk yang sebaik-baiknya".

Jaringan syaraf tiruan merupakan sistem komputasi di mana arsitektur dan operasi diilhami dari pengetahuan tentang sel syaraf biologis di dalam otak, yang merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba menstimulasi proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Jaringan syaraf tiruan dapat digambarkan sebagai model matematis dan komputasi untuk fungsi

aproksimasi non *linear*, klasifikasi dan cluster dan regresi non parametrik atau sebuah simulasi dari koleksi model syaraf biologi (Hermawan, 2006:36).

Jaringan syaraf tiruan itu sendiri merupakan suatu sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan syaraf manusia. JST dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari jaringan syaraf manusia, dengan asumsi bahwa:

- a. Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen sederhana (*neuron*).
- b. Sinyal dikirimkan diantara *neuron-neuron* melalui penghubung-penghubung.
- c. Penghubung antara *neuron* memiliki bobot yang memperkuat atau memperlemah sinyal.
- d. Untuk menentukan *output*, setiap *neuron* menggunakan fungsi aktivasi (biasanya bukan fungsi linier) yang dikenakan pada jumlahan *input* yang diterima. Besarnya *output* ini selanjutnya dibandingkan dengan suatu batas ambang atau target yang diinginkan (Siang, 2009:3).

Sejarah perkembangan jaringan syaraf tiruan (*artificial neural network*) secara garis besar telah dimulai sejak tahun 1940-an dengan mengasosiasikan cara kerja otak manusia dengan logika numerik yang diadaptasi peralatan komputer. Perkembangan selanjutnya mengalami banyak tahapan diantaranya pada tahun 1943, seorang ahli syaraf Warren McCulloch dan seorang ahli logika Walter Pitts merancang model formal yang pertama kali sebagai perhitungan dasar neurondan pada tahun 1949, Hebb mencoba mengkaji proses belajar yang dilakukan oleh neuron. Teori ini dikenal sebagai *Hebbian Law*.

Tahun 1958, Rosenblatt memperkenalkan konsep *perceptron* suatu jaringan yang terdiri dari beberapa lapisan yang saling berhubungan melalui

umpan maju (*feed forward*). Konsep ini dimaksudkan untuk memberikan ilustrasi tentang dasar-dasar intelegensi secara umum. Hasil kerja Rosenblatt yang sangat penting adalah *perceptron convergence theorem* (tahun 1962) yang membuktikan bahwa bila setiap *perceptron* dapat memilah-milah dua pola yang berbeda maka siklus pelatihannya dapat dilakukan dalam jumlah yang terbatas.

Tahun 1960 Widrow dan Hoff menemukan *ADALINE* (*Adaptive Linear Neuron*). Alat ini dapat beradaptasi dan beroperasi secara linier. Penemuan ini telah memperlebar aplikasi jaringan syaraf tiruan tidak hanya untuk pemilihan pola, tetapi juga untuk pengiriman sinyal khususnya dalam bidang *adaptive filtering*. Tahun 1969, Minsky dan Papert melontarkan suatu kritikan tentang kelemahan *perceptron*-nya Rosenblatt di dalam memilah-milah pola yang non linier. Sejak saat itu penelitian di bidang jaringan syaraf tiruan telah mengalami masa vakum untuk kurang lebih satu dasawarsa.

Tahun 1974, Werbos menemukan algoritma baru yang diberi nama algoritma *backpropagation* yang mana pada algoritma *backpropagation* ini sama seperti pada jaringan *perceptron*, hanya saja pada jaringan ini menambah satu layer pada jaringan *perceptron* yaitu layer tersembunyi atau *hidden layer*.

Tahun 1982, Hopfield telah memperluas aplikasi jaringan syaraf tiruan untuk memecahkan masalah-masalah optimasi. Hopfield telah berhasil memperhitungkan fungsi energi ke dalam jaringan syaraf tiruan yaitu agar jaringan memiliki kemampuan untuk mengingat atau memperhitungkan suatu objek dengan objek yang pernah dikenal atau diingat sebelumnya (*associative memory*). Konfigurasi jaringan yang demikian dikenal sebagai *recurrent network*.

Tahun 1986 Rumelhart, Hinton dan William menciptakan suatu algoritma belajar yang dikenal sebagai propagasi balik (*backpropagation*). Bila algoritma ini diterapkan pada *perceptron* yang memiliki lapisan banyak (*multi layer perceptron*), maka dapat dibuktikan bahwa pemilahan pola-pola yang non linier dapat diselesaikan sehingga dapat mengatasi kritikan yang dilontarkan oleh Minsky dan Papert (Kusumadewi, 2003:208-210). Melihat sejarah dan prinsip kerja dari jaringan syaraf tiruan tersebut berkaitan dengan betapa luasnya pengetahuan Allah SWT, yang tertulis dalam QS. An-Nisa' ayat 126:



Artinya: “kepunyaan Allah-lahapa yang di langit danapa yang di bumi, dan adalah (pengetahuan) Allah Mahameliputisegalasesuatu”.

2.2 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

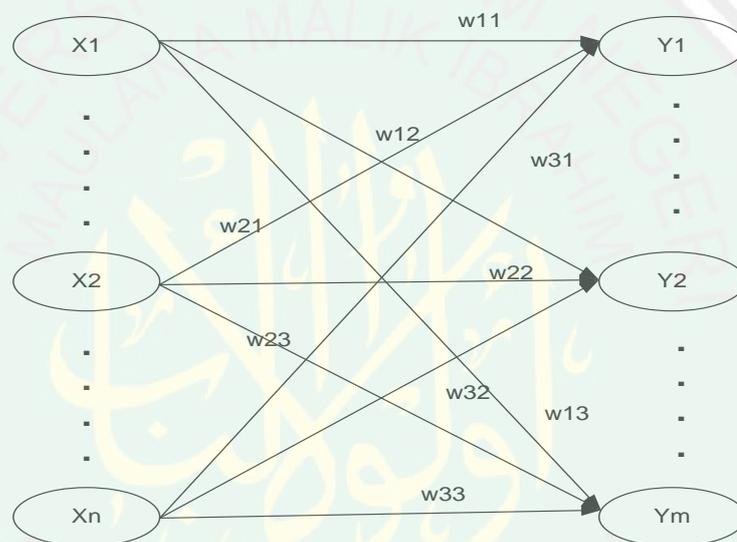
Jaringan syaraf tiruan dirancang dengan menggunakan suatu aturan yang bersifat menyeluruh (*general rule*) di mana seluruh model jaringan memiliki konsep dasar yang sama. Arsitektur sebuah jaringan akan menentukan keberhasilan target yang akan dicapai karena tidak semua permasalahan dapat diselesaikan dengan arsitektur yang sama (Hermawan, 2006:38).

1. Jaringan Dengan Lapisan Tunggal (*single layer net*)

Jaringan syaraf satu lapisan pertama kali dirancang oleh Widrow dan Holf pada tahun 1960. Jaringan dengan lapisan tunggal hanya memiliki satu lapisan dengan bobot terhubung. Jaringan ini hanya menerima input kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi *output* tanpa harus melalui lapisan tersembunyi (Hermawan, 2006:39).

Setiap simpul dihubungkan dengan simpul lainnya yang berada di atasnya dan dibawahnya, tetapi tidak dengan simpul yang berada pada lapisan yang sama. Model yang masuk kategori ini antara lain: *ADALINE*, *Hopfield*, *perceptron*, *LVQ*, dan lain-lain.

Pada gambar berikut diperlihatkan jaringan dengan n unit masukan (x_1, x_2, \dots, x_n) dan m keluaran (y_1, y_2, \dots, y_m).



Gambar 2.1 Jaringan Syaraf dengan Lapisan Tunggal/*single layer net*

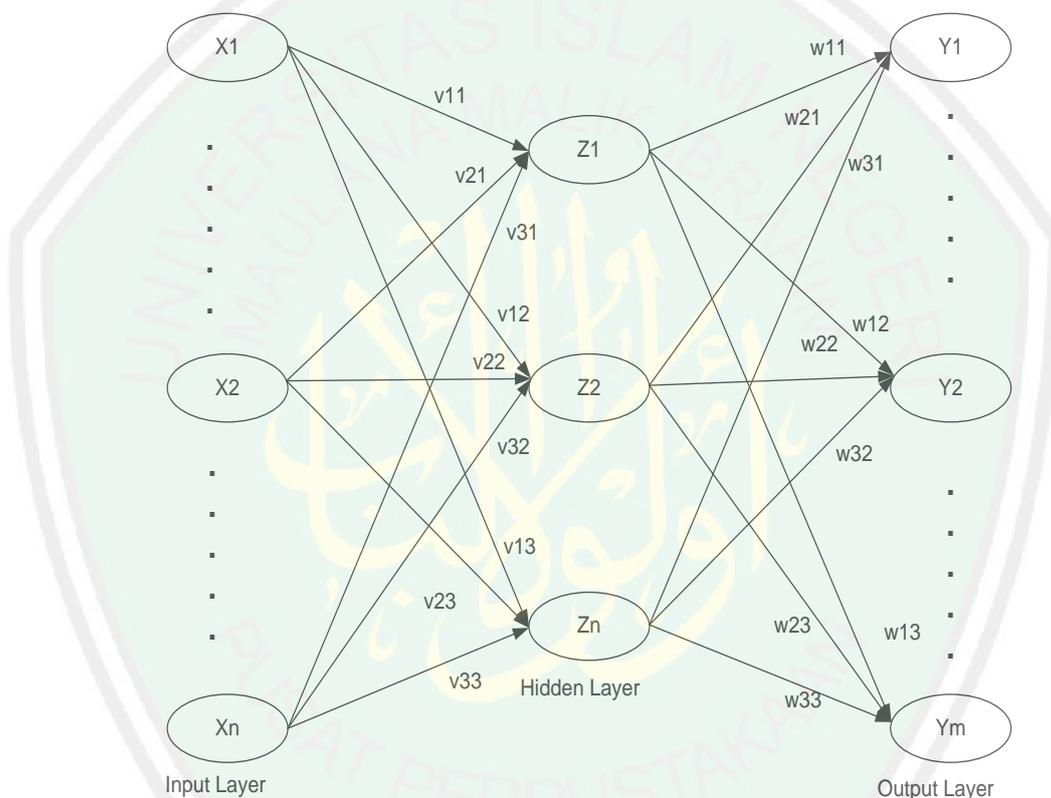
(Siang, 2009:24).

2. Jaringan Dengan Banyak Lapisan (*multilayer net*)

Jaringan dengan lapisan jamak memiliki ciri khas tertentu yaitu memiliki tiga jenis lapisan yakni *layer input*, *layer output*, dan *layer* tersembunyi (Fausett, 1994:12). Jaringan dengan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih kompleks dibandingkan jaringan dengan lapisan tunggal. Namun, proses pelatihan sering membutuhkan waktu yang cenderung lama tentu dengan pembelajaran yang lebih rumit. Akan tetapi, pada beberapa kasus pembelajaran pada jaringan yang mempunyai banyak

lapisan ini lebih sukses dalam menyelesaikan masalah. Model yang termasuk kategori ini antara lain: *MADALINE* dan *Backpropagation*.

Pada gambar berikut diperlihatkan jaringan dengan n unit masukan (x_1, x_2, \dots, x_n) dan layar tersembunyi yang terdiri dari m (y_1, y_2, \dots, y_m) dan 1 unit keluaran



Gambar 2.2 Jaringan Syaraf dengan Banyak Lapisan/*multilayer net*

(Siang, 2009:30-31).

2.3 Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi merupakan bagian penting dalam tahapan perhitungan keluaran dari suatu algoritma jaringan syaraf tiruan. Menurut Siang (2009) dalam jaringan syaraf tiruan, fungsi aktivasi digunakan untuk menentukan keluaran suatu

neuron. Argumen fungsi aktivasi adalah *net* masukan (kombinasi linier masukan dan bobotnya) yang dinyatakan sebagai berikut:

$$net = \sum x_i w_i \quad (2.1)$$

dengan fungsi aktivasi

$$F(net) = f(\sum x_i w_i) \quad (2.2)$$

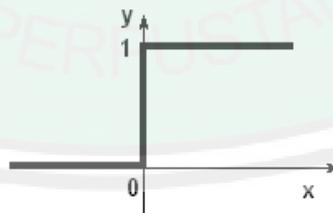
Berikut ini beberapa fungsi aktivasi yang dipergunakan dalam jaringan syaraf tiruan (Kusumadewi, 2003: 214-219):

a. Fungsi Undak Biner *Hard Limit*

Jaringan dengan lapisan tunggal sering menggunakan fungsi undak (*step function*) untuk mengkonversikan *input* dari suatu variabel yang bernilai kontinu ke suatu *output* biner (0 atau 1). Fungsi undak biner dirumuskan sebagai berikut,

$$y = \begin{cases} 0, & \text{jika } x \leq 0 \\ 1, & \text{jika } x > 0 \end{cases} \quad (2.3)$$

atau dengan gambar,



Gambar 2.3 Fungsi Undak Biner *Hard Limit*

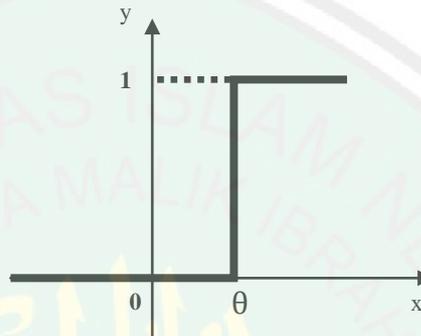
b. Fungsi Undak Biner *Threshold*

Fungsi undak biner dengan menggunakan nilai ambang sering juga disebut dengan nama fungsi nilai ambang (*threshold*) atau fungsi

Heaviside(Gambar 2.4). Fungsi undak biner (dengan nilai ambang 0) dirumuskan sebagai,

$$y = \begin{cases} 0, & \text{jika } x < \theta \\ 1, & \text{jika } x \geq \theta \end{cases} \quad (2.4)$$

atau dengan gambar,



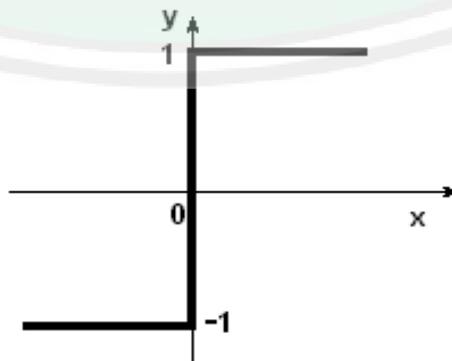
Gambar 2.4 Fungsi Undak *Biner Treshold*

c. Fungsi Bipolar *Symetric Hard Limit*

Fungsi bipolar sebenarnya hampir sama dengan fungsi undak biner, hanya saja *output* yang dihasilkan berupa 1, 0 atau -1 (Gambar 2.5). Fungsi bipolar *Symetric Hard Limit* dirumuskan sebagai,

$$y = \begin{cases} 1, & \text{jika } x > 0 \\ 0, & \text{jika } x = 0 \\ -1, & \text{jika } x < 0 \end{cases} \quad (2.5)$$

atau dengan gambar,



Gambar 2.5 Fungsi Undak Bipolar *Symetric Hard Limit*

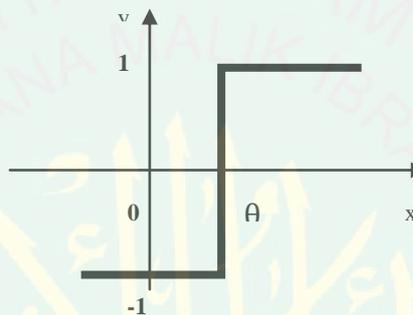
d. Fungsi Bipolar *Threshold*

Fungsi bipolar sebenarnya hampir sama dengan fungsi undak biner *threshold*, hanya saja *output* yang dihasilkan berupa 1, atau -1 (Gambar 2.6).

Fungsi bipolar *threshold* dirumuskan sebagai,

$$y = \begin{cases} 1, & \text{jika } x \geq \theta \\ -1, & \text{jika } x < \theta \end{cases} \quad (2.6)$$

atau dengan gambar,



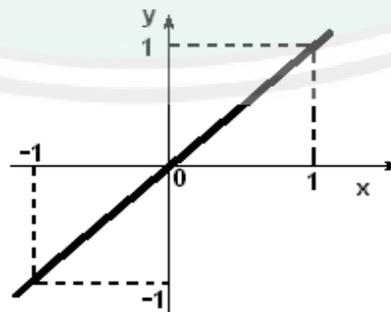
Gambar 2.6 Fungsi Undak Bipolar *Threshold*

e. Fungsi *Linear* (Identitas)

Fungsi *linear* memiliki nilai *output* yang sama dengan nilai *inputnya* (Gambar 2.7). Fungsi *linear* dirumuskan sebagai,

$$y = x \quad (2.7)$$

atau dengan gambar,



Gambar 2.7 Fungsi *Linear* (identitas)

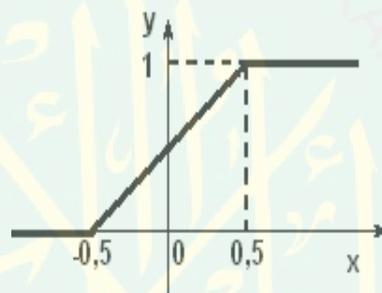
f. Fungsi *Saturating Linear*

Fungsi ini akan bernilai 0 jika *inputnya* kurang dari $-\frac{1}{2}$, dan bernilai 1 jika *inputnya* lebih dari $\frac{1}{2}$. Sedangkan jika nilai *input* terletak antara $-\frac{1}{2}$ dan $\frac{1}{2}$, maka *outputnya* akan bernilai sama dengan *input* ditambah $\frac{1}{2}$ (Gambar 2.7).

Fungsi *Saturating linear* dirumuskan sebagai,

$$y = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \geq 0,5 \\ x + 0,5 & \text{jika } -0,5 \leq x \leq 0,5 \\ 0 & \text{jika } x \leq -0,5 \end{cases} \quad (2.8)$$

atau dengan gambar,



Gambar 2.8 Fungsi *Saturating Linear*

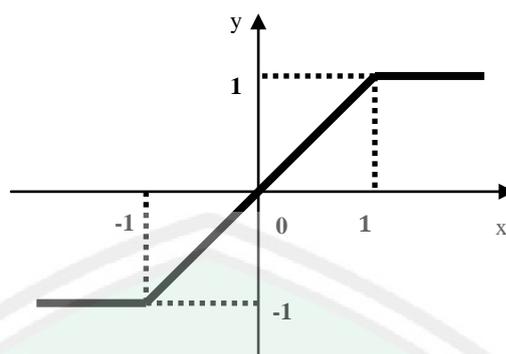
g. Fungsi *Symmetric Saturating Linear*

Fungsi ini akan bernilai -1 jika *inputnya* kurang dari -1, dan akan bernilai 1 jika *inputnya* lebih dari 1. Sedangkan jika nilai *input* terletak antara -1 dan 1, maka *outputnya* akan bernilai sama dengan *inputnya* (Gambar 2.9).

Fungsi *symetric saturating linear* dirumuskan sebagai,

$$y = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \geq 1 \\ x & \text{jika } -1 \leq x \leq 1 \\ -1 & \text{jika } x \leq -1 \end{cases} \quad (2.9)$$

atau dengan gambar,

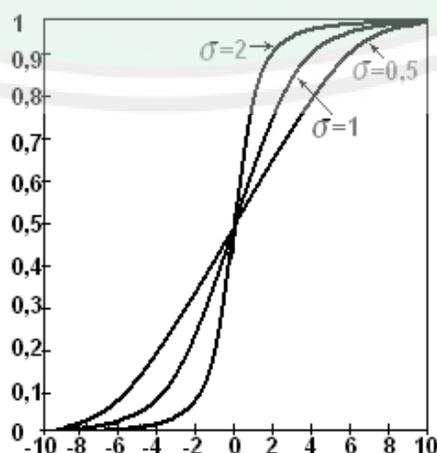
Gambar 2.9 Fungsi *Symmetric Saturating Linear*h. Fungsi *Sigmoid Biner*

Fungsi ini digunakan untuk jaringan syaraf yang dilatih dengan menggunakan metode *backpropagation*. Fungsi *sigmoid* biner memiliki nilai *range* 0 sampai 1. Oleh karena itu, fungsi ini sering digunakan untuk jaringan syaraf yang membutuhkan nilai *output* yang terletak pada interval 0 sampai 1. Namun, fungsi ini bisa juga digunakan oleh jaringan syaraf yang nilai *output*nya 0 atau 1 (Gambar 2.10). Fungsi *sigmoid* biner dirumuskan sebagai,

$$y = f(x) = \frac{1}{1+e^{-\sigma x}} \quad (2.10)$$

dengan $f'(x) = \sigma f(x)[1 - f(x)]$

atau dengan gambar,

Gambar 2.10 Fungsi *Sigmoid Biner*

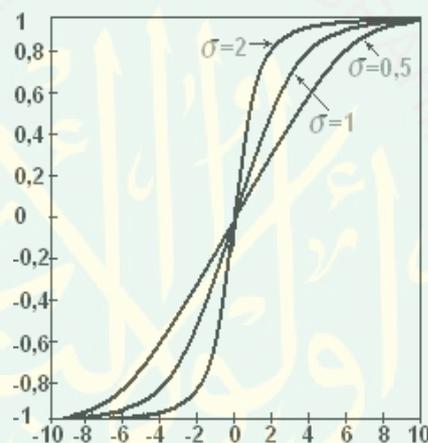
i. Fungsi *Sigmoid* Bipolar

Fungsi *sigmoid* bipolar hampir sama dengan fungsi *sigmoid* biner, hanya saja *output* dari fungsi ini memiliki *range* antara 1 sampai -1 (Gambar 2.11). Fungsi *sigmoid* bipolar dirumuskan sebagai:

$$y = f(x) = \frac{1 - e^{-x}}{1 + e^{-x}} \quad (2.11)$$

dengan $f'(x) = \frac{\sigma}{2} [1 + f(x)][1 - f(x)]$

atau dengan gambar,



Gambar 2.11 Fungsi *Sigmoid* Bipolar

2.4 Jaringan Syaraf Tiruan *Hopfield*

Berbeda dengan model-model jaringan syaraf yang lain, di mana jaringan syaraf dilatih dengan cara terbimbing (*supervised training*), *Hopfield* merupakan jaringan syaraf dengan pelatihan tak terbimbing (*unsupervised training*). *Hopfield* pertama kali diperkenalkan oleh John Hopfield pada tahun 1982.

Dengan istilah-istilah yang jelas dan sederhana, John Hopfield menjabarkan bagaimana kemampuan komputasi dapat dibangun dari jaringan yang terdiri dari komponen-komponen yang menyerupai *neuron*. John Hopfield

menggambarkan suatu *assosiatve memory* yang dapat diterapkan dan kemudian mendemonstrasikan masalah optimasi yang dapat diselesaikan dengan jaringannya (Hermawan, 2006:57).

2.4.1 Jaringan *Hopfield* Diskrit

Jaringan *Hopfield* diskrit merupakan jaringan syaraf tiruan yang terhubung penuh (*fully connected*), yaitu bahwa setiap unit terhubung dengan setiap unit lainnya. Jaringan ini memiliki bobot-bobot yang simetris. Pada jaringan *Hopfield*, setiap unit tidak memiliki hubungan dengan dirinya sendiri.

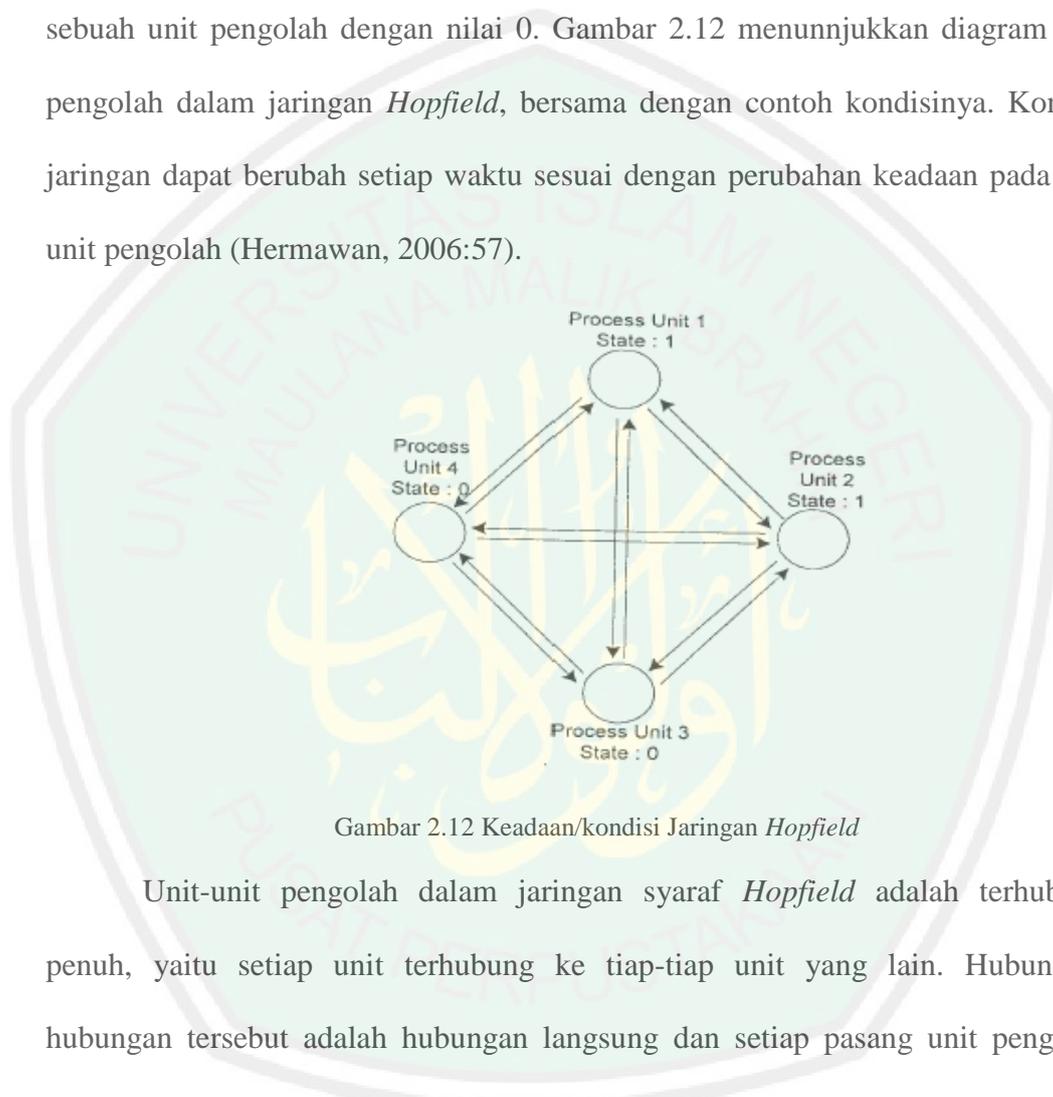
Jaringan syaraf tiruan merupakan kumpulan dari *neuron-neuron* (sel-sel syaraf) dimana suatu *neuron* berhubungan suatu *neuron* lainnya dengan cara mengirimkan informasi dalam bentuk fungsi aktivasi. Fungsi aktivasi yang digunakan dalam jaringan *Hopfield* adalah fungsi energi *Lyapunov*, yaitu sebuah fungsi yang terbatas dan menurun untuk mendapatkan kestabilan pada aktivasinya.

Jaringan syaraf *Hopfield* biner mempunyai unit pengolah. Setiap unit pengolah mempunyai sebuah nilai aktivasi atau kondisi (*state*) yang bersifat biner. Disini digunakan kondisi 0 dan 1. Jaringan juga dapat bekerja jika digunakan nilai +1 dan -1, hanya saja diperlukan sedikit perubahan dan persamaannya.

Keseluruhan jaringan mempunyai kondisi setiap saat. Kondisi tersebut dapat berupa vektor dari bilangan 0 dan 1. Setiap anggota vektor sesuai dengan unit pengolahan dalam jaringan. Jadi pada setiap kondisi jaringan dapat digambarkan dengan vektor sebagai berikut,

$$U = (u_1, u_2, u_3, \dots, u_n) = (+, +, \dots, +)$$

Vektor ini mencerminkan sebuah jaringan yang terdiri dari n unit pengolah, di mana elemen ke i mempunyai kondisi u_i . Dalam notasi ini, ‘+’ menggambarkan sebuah unit pengolah dengan nilai 1 dan ‘-’ menggambarkan sebuah unit pengolah dengan nilai 0. Gambar 2.12 menunjukkan diagram unit pengolah dalam jaringan *Hopfield*, bersama dengan contoh kondisinya. Kondisi jaringan dapat berubah setiap waktu sesuai dengan perubahan keadaan pada tiap unit pengolah (Hermawan, 2006:57).



Gambar 2.12 Keadaan/kondisi Jaringan *Hopfield*

Unit-unit pengolah dalam jaringan syaraf *Hopfield* adalah terhubung penuh, yaitu setiap unit terhubung ke tiap-tiap unit yang lain. Hubungan-hubungan tersebut adalah hubungan langsung dan setiap pasang unit pengolah mempunyai hubungan dalam dua arah seperti tampak pada gambar di atas. Topologi hubungan ini mempunyai jaringan bersifat *recursive* karena keluaran dari tiap unit memberikan masukan ke unit yang lain pada lapisan yang sama. Organisasi *recursive* ini akan menjadikan jaringan rileks dalam keadaan stabil karena tidak adanya masukan dari luar.

a. Prosedur pembelajaran

Dalam jaringan *Hopfield*, yang dipandang sebagai sistem pengingat asosiatif, proses belajar adalah proses penambahan ingatan (*memories*) dari pola yang dilatihkan. Dalam sistem ini prosedur pembelajaran adalah prosedur pembentukan bobot koneksi (Hermawan,2006:60-63).

Terdapat beberapa versi dari jaringan *Hopfield* diskrit. Deskripsi *Hopfield* yang pertama adalah menggunakan vektor *input* biner.

Untuk menentukan pola biner $s(p)$, $p=1, \dots, P$, dimana,

$$s(p) = (s_1(p), \dots, s_i(p), \dots, s_n(p)),$$

untuk menyimpan bobot matriks $W = \{w_{ij}\}$, dengan notasi,

$$w_{ij} = \sum_p [s_i(p) - 1][s_j(p) - 1] \text{ untuk } i \neq j \quad (2.12)$$

dan

$$w_{ii} = 0.$$

Deskripsi lain dari jaringan *Hopfield* adalah menggunakan vektor *input* bipolar.

Untuk menentukan pola bipolar $s(p)$, $p=1, \dots, P$, dimana,

$$s(p) = (s_1(p), \dots, s_i(p), \dots, s_n(p)),$$

untuk menyimpan bobot matriks $W = \{w_{ij}\}$, dengan notasi,

$$w_{ij} = \sum_p [s_i(p)s_j(p)] \text{ untuk } i \neq j \quad (2.13)$$

dan

$$w_{ii} = 0.$$

Algoritma untuk jaringan *Hopfield* diskrit:

Step 0. Inisialisasi Bobot W (gunakan aturan *Hebb*).

Jika aktivasi dari jaringan tidak konvergen, lakukan *steps* 1-7.

Step 1. Untuk setiap nilai vektor *input*, lakukan *steps* 2-6.

Step 2. Set inisial aktivasi dari jaringan sebagai vektor *input* eksternal:

$$y_i = x_i, (i = 1, \dots, n)$$

Step 3. Lakukan *Steps* 4-6 untuk masing-masing Y_i .

Step 4. Hitung *input* jaringan

$$y_in_i = x_i + \sum_{j=1}^n y_j w_{ij} \quad (2.14)$$

Step 5. Menentukan Fungsi aktivasi (*output signal*):

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{jika } y_in_i > 0 \\ 0, & \text{jika } y_in_i = 0 \\ 1, & \text{jika } y_in_i < 0 \end{cases} \quad (2.15)$$

Step 6. Menyebarkan nilai y_i ke semua unit.

Step 7. Tes untuk konvergensi (Fauset, 1994:136-137).

b. Konvergensi

Tiap kondisi dari jaringan *Hopfield* mempunyai sekumpulan energi. Nilai ini didefinisikan dengan,

$$E = -\frac{1}{2} \sum_j \sum_{i=1} T_{ji} u_j u_i \quad (2.16)$$

Persamaan ini dihubungkan dengan energi, meskipun ini tidak menggambarkan energi yang nyata seperti pada sistem fisika. Fungsi energi pada persamaan di atas adalah sebuah fungsi objektif yang diminimalkan oleh jaringan.

Pembaharuan dari jaringan *Hopfield* merupakan prosedur konvergen di mana energi dari keseluruhan jaringan akan semakin kecil. Pada akhirnya jaringan

akan berada pada kondisi stabil di mana pada kondisi ini energi berada pada nilai minimum. Nilai ini mungkin lokal ataupun global.

Dapat dibuktikan bahwa pada tiap saat unit pengolah diperbaharui, energi dari jaringan akan berkurang atau tetap. Sebagai hasilnya, prosedur pembaharuan ini akan selalu membuat energi dan jaringan untuk konvergen pada nilai minimum.

Berikut ini adalah uraian bahwa prosedur pembaharuan akan mengurangi energi atau membiarkannya tetap sama. Misalkan unit j adalah unit pengolah berikutnya yang akan diperbaharui. Bagian energi yang dipengaruhi oleh unit pengolah j adalah,

$$E = -\frac{1}{2} \sum_j \sum_{i=1} T_{ji} u_j u_i$$

dimana dapat ditata menjadi,

$$E = -\frac{1}{2} u_j \sum_j \sum_{i=1} T_{ji} u_i \quad (2.17)$$

Ketika unit j diperbaharui, jika tidak dapat perubahan kondisi, maka energi E_j akan tetap sama. Jika terjadi perubahan kondisi maka perbedaan energi E_j adalah,

$$\Delta E_j = E_{j \text{ baru}} - E_{j \text{ lama}} = -\frac{1}{2} \Delta u_j \sum_j T_{ji} u_j \quad (2.18)$$

dengan

$$\Delta u_j = u_{j \text{ baru}} - u_{j \text{ lama}}$$

Jika u_j berubah dari 0 ke 1, maka:

$$\Delta u_j = 1$$

dan setelah pembaharuan,

$$\sum_j T_{ji} u_j \geq 0$$

Dengan memasukkan nilai non-negatif ke dalam persamaan tersebut maka akan didapatkan,

$$\Delta E_j \leq 0$$

Jika u_j berubah dari 1 ke 0, maka:

$$\Delta u_j = -1$$

dan setelah pembaharuan,

$$\sum_j T_{ji} u_j < 0$$

dengan memasukkan dua nilai negatif tersebut ke dalam persamaan maka akan didapatkan,

$$\Delta E_j < 0$$

Karena ΔE_j adalah hasil dari perkalian tiga bilangan negatif. Jadi, perubahan energi E selalu negatif atau 0, tidak peduli bagaimana perubahan kondisi pada unit j . Jaringan dijamin akan konvergen dimana nilai E akan menjadi lebih rendah sampai jaringan mencapai kondisi yang tetap.

Mencari fungsi energi minimum dapat dianalogikan dengan mencari daerah terendah pada pegunungan. Nilai fungsi energi tercermin dalam tinggi rendahnya grafik. Jika kondisi pada jaringan berubah maka perubahan yang sesuai juga dibuat pada posisi koordinat x dari grafik. Perubahan ini menghasilkan pergerakan menuju lembah sampai pada salah satu posisi minimum.

Kondisi awal dari jaringan dapat dibayangkan seperti pemain ski yang dijatuhkan pada posisi acak pada daerah pegunungan. Prosedur pembaharuan

membawa pemain ski tersebut bergerak menuruni bukit sampai mencapai daerah terendah dari lembah yang mungkin didatangi. Lembah tersebut mungkin pada lokal ataupun global minimum. Pada kenyataannya prosedur konvergensi *Hopfield* mencari kondisi minimum dalam daerah yang menyerupai daerah pegunungan multidimensi.

Dalam jaringan *Hopfield* tidak ada cara untuk mencapai global minimum dan lokal minimum. Paradigma jaringan yang lain, seperti *Boltzman Machine*, harus digunakan. *Boltzman Machine* menggunakan derau untuk mengocok kondisi jaringan keluar dari lokal minimum. Akan tetapi jaringan *Hopfield* dapat diulangi lagi dengan kondisi awal yang lain, di mana mungkin bisa membuat jaringan untuk mencapai global minimum (Hermawan,2006:63-65).

2.4.2 Jaringan *Hopfield* Kontinu

Pada tahun 1984 John Hopfield mengembangkan rancangan jaringan biner untuk membolehkan unit-unit pengolah yang dapat memperhitungkan kontinu. Pengembangan dari jaringan *Hopfield* biner ini adalah jaringan *Hopfield* kontinu. Kerja jaringan ini menyerupai kerja jaringan biner tetapi jaringan ini mempunyai kemampuan lebih karena unit-unitnya tidak dibatasi pada nilai biner (0 dan 1) dan arsitekturnya lebih kompleks.

Jaringan *Hopfield* kontinu mempunyai topologi yang sama dengan topologi jaringan *Hopfield* biner. Persamaan bobot simetris $T_{ji} = T_{ij}$ juga tetapsama. Perbedaannya adalah digunakannya fungsi *sigmoid*, bukan lagi fungsi ambang seperti persamaan berikut,

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (2.19)$$

Dalam jaringan *Hopfield* kontinu, arsitektur dari jaringan ditentukan sehingga perubahan unit-unitnya setiap saat digambarkan secara kontinu. Unit-unit pengolah ditentukan oleh persamaan,

$$C_j \frac{d u_j}{d t} = \sum_j T_{ji} V_i - \frac{u_j}{R_j} + I_j \quad (2.20)$$

dengan:

C_j : konstanta > 0

R_j : unit kontrol terhadap kerusakan

u_j : masukan dari luar ke unit j

V_j : keluaran unit i setelah fungsi *sigmoid* diterapkan

Persamaan energinya adalah:

$$E = -\frac{1}{2} \sum_j \sum_i T_{ji} u_j u_i - \sum_j u_j I_j \quad (2.21)$$

dengan I_j : masukan prasikap

Dalam penerapannya T_{ji} dan I_j dipilih yang sesuai sehingga E menggambarkan fungsi yang diperkecil untuk menyelesaikan masalah dalam aplikasinya (Hermawan,2006:66-67).

2.5 Cuaca

Cuaca adalah keadaan atmosfer pada saat yang pendek dan di tempat tertentu. Keadaan atmosfer merupakan gabungan dari berbagai unsur seperti suhu udara, tekanan udara, angin, kelembaban udara dan hujan. Cuaca adalah keadaan fisis atmosfer pada suatu tempat pada suatu saat. Keadaan fisis atmosfer dinyatakan atau diungkapkan dengan hasil pengukuran berbagai unsur cuaca

seperti suhu udara, curah hujan, tekanan, kelembaban, laju serta arah angin, perawanan, radiasi dan penyinaran matahari dan lainnya (Prawiwardoyo, 1996:197).

2.5.1 Suhu Udara

Suhu merupakan unsur cuaca yang paling banyak dibicarakan orang. Suhu dapat didefinisikan secara mikroskopik berkaitan dengan gerakan molekul sedemikian rupa sehingga makin besar kecepatan molekul makin tinggi suhu. Secara makroskopik suhu suatu benda dapat didefinisikan sebagai tingkat atau derajat kepanasan benda tersebut. Di kebanyakan negara suhu di dalam meteorologi dinyatakan dengan satuan yang dinamakan dengan derajat celcius, yang menggunakan lambang °C. Di beberapa negara untuk keperluan meteorologis masih digunakan satuan derajat Fahrenheit dengan lambang °F. Untuk keperluan pertukaran pelaporan internasional secara resmi telah disepakati digunakan skala Celcius. Skala suhu Celcius dan skala suhu Fahrenheit masing-masing didefinisikan dengan menggunakan skala suhu Kelvin, yang merupakan skala suhu dasar di dalam ilmu pengetahuan (Prawiwardoyo, 1996:133).

a. Faktor yang Mempengaruhi Suhu Udara

Tempat-tempat di permukaan Bumi memiliki suhu udara yang berbeda-beda dan bersifat menyebar. Suhu permukaan Bumi menyebar secara horizontal dan vertikal. Persebaran secara horizontal menunjukkan suhu udara tertinggi terdapat di daerah tropis (ekuator) dan semakin ke arah kutub suhu udara semakin dingin. Sedang persebaran secara vertikal menunjukkan,

semakin tinggi tempat, maka suhu udara semakin dingin. Perbedaan suhu udara di banyak tempat dipengaruhi faktor-faktor sebagai berikut:

- 1) Letak lintang.
- 2) Ketinggian tempat.
- 3) Jenis permukaan.
- 4) Kelembapan udara.
- 5) Tutupan awan di angkasa.
- 6) Arus samudra.
- 7) Jarak dari laut.

b. Pengukuran Suhu Udara

Suhu udara diukur dengan termometer. Pada umumnya, termometer yang digunakan adalah termometer maksimum–minimum. Sesuai dengan namanya, alat pengukur suhu udara ini terdiri atas termometer maksimum dan termometer minimum. Termometer lain yang dapat digunakan untuk mengukur suhu udara adalah termometer gabungan berbentuk ”U” yang disebut termometer *six*. Termometer ini berisi alkohol dan air raksa. Suhu udara dapat diukur secara harian, bulanan, dan tahunan (Anjani dan Haryanto, 2009:149).

2.5.2 Angin

Perpindahan udara dari lokasi yang bertekanan relatif tinggi ke lokasi yang bertekanan lebih rendah dinamai angin. Sebab utama gerakan massa udara yaitu perbedaan-perbedaan suhu yang mengakibatkan perbedaan-perbedaan tekanan udara. Pada umumnya gerakan massa udara yang mendatar (horizontal) adalah gerakan angin.

Yang terpenting dalam gerakan angin ialah arah dan kecepatannya. Kecepatan angin diukur dengan kilometer atau knot per jam, atau meter per detik. Skala kecepatan angin yang masih baku yakni skala *Beaufort*. Arah angin yang dimaksudkan ialah arah datangnya angin. Jadi, jika dikatakan angin barat, maka angin tersebut datangnya dari barat. Arah angin dapat dilihat dari bendera angin atau kantong angin seperti kebanyakan yang dipakai dilapangan pesawat terbang. Arah angin dinyatakan dengan skala derajat angin TL (Timur Laut) dinyatakan dengan 45^0 , angin T (Timur) dengan 90^0 , angin TG (Tenggara) dengan 135^0 , angin S (Selatan) dengan 180^0 , angin BD (Barat Daya) dengan 225^0 , angin B (Barat) dengan 270^0 , angin BL (Barat Laut) dengan 315^0 , dan angin U (utara) dengan 360^0 . Hal-hal yang berkaitan dengan angin antara lain kecepatan, arah, dan sistem angin (Rafi'i, 1995:123).

Anometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur laju angin atau laju dan arah angin. Alat ini memberikan tanggapan atas gaya dinamik yang berasal dari angin yang bekerja pada alat tersebut. Ada dua jenis anemometer yang biasa dipakai pada stasiun pengamatan, yaitu jenis mangkok dan jenis baling-baling (Prawirowardoyo, 1996:143)

Penempatan baku suatu anemometer untuk pengukuran klimatologis ialah di atas lapangan terbuka pada ketinggian sepuluh meter di atas tanah, yang dimaksud dengan lapangan terbuka ialah lapangan yang jarak antara anemometer dan tiap penghalang sekitarnya paling sedikit sepuluh kali tinggi penghalang tersebut (Prawirowardoyo, 1996:145).

2.5.3 Radiasi dan Penyinaran Matahari

Radiasi adalah proses energi dipindahkan oleh gelombang elektromagnetik dari benda yang satu ke benda yang lain tanpa adanya medium perantara. Kalau ada medium perantara maka medium tadi harus transparan, paling sedikit parsial, agar perpindahan radiasi dapat berlangsung. Fluk radiasi adalah banyaknya energi radiasi yang melewati permukaan tiap satuan waktu tiap satuan luas permukaan.

Radiasi yang terdapat di dalam atmosfer dapat dibagi dalam tiga golongan, yaitu radiasi matahari, radiasi langit dan radiasi total. Masing-masing radiasi tersebut dibagi lagi menjadi beberapa bagian seperti berikut ini.

Radiasi matahari dibedakan menjadi:

- a. Radiasi matahari langsung ialah radiasi matahari yang berlangsung datang dari matahari
- b. Radiasi langit adalah radiasi matahari yang telah mengalami hamburan atau pemantulan di dalam perjalanannya di dalam atmosfer.
- c. Radiasi matahari global merupakan jumlah dari radiasi matahari langsung dan radiasi langit.

Perbandingan antara radiasi langit dan radiasi matahari global tidaklah tetap, sama dengan satu pada waktu langit tertutup awan dan kurang dari 0,1 pada keadaan langit sangat cerah.

Pengamatan radiasi dapat digolongkan dalam dua golongan, yaitu pengukuran energi radiasi dan perekaman penyinaran matahari. Pengukuran energi radiasi matahari dapat dilakukan dengan menggunakan salah satu dari tiga gejala berikut ini:

- a. Kenaikan suhu permukaan yang di jauhi radiasi.

- b. Tanggapan suatu sel fotoelektronik terhadap radiasi yang jatuh.
- c. Proses fotokimia yang ditimbulkan radiasi.

Alat pengukur energi radiasi pada umumnya dinamakan radiometer. Adapun radiometer yang biasa digunakan di stasiun pengamatan berupa piranometer, pirheliometer dan difusometer.

Piranometer atau solarimeter digunakan untuk mengukur energi radiasi matahari, dari semua panjang gelombang, yang jatuh pada suatu permukaan horizontal yang datang dari semua arah. Dengan kata lain untuk mengukur energi radiasi global, yang merupakan jumlah dari radiasi matahari langsung dari radiasi langit, yang jatuh pada suatu permukaan horizontal.

Pirheliometer adalah yang paling akurat diantara radiometer lainnya. Oleh karena itu alat ini biasanyadigunakan sebagai alat baku untuk menglibrasi alat pengukur radiasi yang lain.

Difusometer adalah alat yang digunakan hanya untuk mengukur radiasi matahari difusi atau radiasi langit dan tidak mengukur radiasi matahari langsung. Alat ini tidak lain daripada piranometer biasa yang dilengkapi dengan suatu alat lain untuk menghalangi radiasi matahari langsung.

Alat radiasi tersebut tadi merupakan alat yang rumit dan mahal. Oleh karena itu alat tersebut biasanya tidak digunakan di stasiun pengamatan. Sebagai gantinya, radiasi matahari yang jatuh biasanya ditaksir dengan menggunakan alat perekam penyinaran matahari Cambell-Stokes. Alat ini mengukur durasi atau lamanya penyinaran matahari yang cerah terdiri dari sebuah bola pejal yang terbuat dari gelas. Sinar matahari akan difokuskan atau dipusatkan oleh bola gelas

tadi pada suatu kertas tebal yang peka dan khusus (Prawirowardoyo, 1996:151-155).

2.5.4 Perawanan

Awan adalah suatu kumpulan partikel air yang tampak di atmosfer. Partikel air tersebut dapat berupa tetes air cair atau kristal es. Awan tetes adalah awan yang sebagian besar partikelnya terdiri dari tetes air, sedangkan awan yang sebagian besar partikelnya terdiri dari kristal es disebut awan es. Tetes air ini di dalam awan berasal dari kondensasi uap air pada inti kondensasi yang ada di dalam udara. Untuk kondensasi mutlak perlu adanya inti kondensasi dan kelembapan yang cukup besar bagi inti kondensasi tersebut (Prawirowardoyo, 1996:167).

Secara internasional telah disetujui bahwa untuk penamaan awan digunakan nama latin. Awan yang berbentuk berserat dinamakan awan sirus, yang berarti rambut. Awan yang berbentuk lapisan disebut stratus, yang berarti lapisan, dan kumululus yang berarti gumpalan, digunakan untuk nama awan yang berbentuk gumpalan. Disamping digunakan pula kata latin nimbus, yang berarti awan hujan, untuk awan yang memberikan hujan, dan kata alto yang berasal dari kata latin altum yang berarti tinggi.

Berdasarkan ketinggiannya, awan dapat dibedakan sebagai berikut:

a. Awan rendah (ketinggian kurang dari 2 km).

Contoh: nimbostratus, stratus, dan stratocumulus.

b. Awan menengah, mempunyai ketinggian dasar awan antara 2–6 km.

Contoh: altostratus dan altocumulus.

c. Awan tinggi (ketinggian di atas 6 km).

Contoh: cirrostratus, cirrocumulus, dan cirrus.

d. Awan menjulang vertikal (ketinggian 0,5–18 km).

Contoh: cumulonimbus dan cumulus (Anjani dan Haryanto, 2009:161).

2.5.5 Kelembaban Udara

Udara terasa sejuk karena mengandung banyak uap air atau tingkat kelembabannya tinggi. Sedang udara terasa kering karena kandungan uap air sedikit atau tingkat kelembabannya rendah. Perlu diingat bahwa semakin tinggi suhu udara, kemampuan menyimpan uap air semakin banyak, dan sebaliknya. Jadi, kelembaban udara dipengaruhi suhu. Kelembaban udara dibedakan menjadi kelembaban mutlak atau absolut, dan kelembaban relatif atau nisbi.

a. Kelembaban Mutlak atau Absolut

Kelembaban mutlak adalah jumlah uap air aktual dalam volume udara tertentu dan pada suhu udara tertentu. Udara hangat lebih berpotensi menahan uap air daripada udara dingin. Dengan demikian, kelembaban mutlak lebih tinggi di daerah tropis dibanding di daerah sedang yang dingin. Kelembaban absolut lebih sulit ditentukan atau diukur dibanding kelembaban relatif.

b. Kelembaban Relatif atau Nisbi

Kelembaban relatif secara langsung dipengaruhi oleh perubahan suhu udara. Bila suhu udara naik, maka jumlah uap air yang dapat dikandung juga meningkat sehingga kelembaban relatifnya turun. Dan sebaliknya, bila suhu udara turun, kelembaban relatifnya naik, karena kapasitas udara menyimpan uap air berkurang. Kelembaban relatif menunjukkan perbandingan jumlah uap

air aktual di udara dengan jumlah maksimum uap air yang dapat dikandung udara pada suhu tertentu (Anjani dan Haryanto, 2009:164).

Kelembaban udara atau banyaknya lengas atau uap air di dalam udara dapat ditunjukkan dengan beberapa besaran yaitu kelembaban mutlak, perbandingan campuran, kelembaban spesifik, kelembaban nisbi, suhu titik embun, dan tekanan uap air. Diantara berbagai besaran tersebut, kelembaban nisbi merupakan ukuran yang paling populer digunakan. Karena kelembaban nisbi lebih mudah dimengerti dan ditentukan. Kelembaban nisbi yang dinyatakan dengan persen, didefinisikan sebagai perbandingan antara tekanan uap air di udara dengan tekanan uapair jenuh pada suhu yang sama.

Metode pengukuran kelembaban udara yang umumnya digunakan ada empat macam, yaitu:

- a. Metode termodinamik. Alat pengukuran berdasarkan metode ini dinamakan psikrometer.
- b. Metode berdasarkan perubahan ukuran atau dimensi bahan higroskopik. Alat pengukurannya disebut higrometer, sebagai contoh higrometer rambut
- c. Metode absorpsi. Metode ini memanfaatkan pengaruh banyaknya kandungan air di dalam suatu bahan terhadap sifat kelistrikannya, misalnya konduktivitas atau tahanan listriknnya. Alat yang berdasarkan metode ini dinamakan higrometer absorpsi listrik.
- d. Metode titik embun. Kondensai atau pengembunan pada suatu permukaan benda terjadi pada suhu sama atau lebih renda dari titik embun udara yang menyentuhnya. Dengan mengukur suhu titik embun ini dapat ditemukan (dengan menggunakan tabel) besarnya tekanan uap air sebagai ukuran

kelembapan. Alat yang berdasarkan metode ini disebut higrometrik titik embun.

Dua metode terakhir kebanyakan digunakan untuk pengukuran lapisan udara atas. Sedangkan stasiun permukaan biasanya menggunakan alat pengukur berdasarkan dua metode terdahulu (Prawiwardoyo, 1996:137).

2.5.6 TekananUdara

Atmosfer adalah lapisan yang melindungi bumi. Lapisan ini meluas hingga 1000 km ke atas bumi dan memiliki massa 4.5×10^{18} kg. Massa atmosfer yang menekan permukaan inilah yang disebut dengan tekanan atmosferik. Tekanan atmosferik di permukaan laut adalah 76 cmHg.

Tekanan udara adalah tekanan yang diberikan oleh udara, karena gerakannya tiap 1 cm^2 bidang mendatar dari permukaan bumi sampai batas atmosfer. Satuannya : $1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg}$. Tekanan 1 atm disebut sebagai tekanan normal. Tekanan udara makin berkurang dengan penambahan tinggi tempat. Sebagai ketentuan, tiap naik 300 m tekanan udara akan turun $1/30x$. Tekanan udara mengalir dari tempat yang mempunyai tekanan tinggi ke tempat yang memiliki tekanan lebih rendah, dapat secara vertikal atau horizontal.

Tekanan udara merupakan tenaga yang bekerja untuk menggerakkan massa udara dalam setiap satuan luas tertentu. Diukur dengan menggunakan barometer. Satuan tekanan udara adalah milibar (mb). Garis yang menghubungkan tempat-tempat yang sama tekanan udaranya disebut sebagai isobar. Tekanan udara memiliki beberapa variasi. Tekanan udara dibatasi oleh ruang dan waktu. Artinya pada tempat dan waktu yang berbeda, besarnya juga berbeda.

Udara mempunyai massa/berat besarnya tekanan diukur dengan barometer. *Barograf* adalah alat pencatat tekanan udara. Tekanan udara dihitung dalam milibar. Garis pada peta yang menghubungkan tekanan udara yang sama disebut *isobar*. Barometer aneroid sebagai alat pengukur ketinggian tempat dinamakan *altimeter* yang biasa digunakan untuk mengukur ketinggian pesawat terbang.

Tekanan atmosfer tidaklah seragam di semua tempat. Tidak semata terjadi permukaan yang cepat dengan naiknya ketinggian, tetapi pada suatu ketinggian tertentu ada varian dari suatu tempat ke tempat yang lain serta dari waktu ke waktu yang lainnya, meskipun tidak sebesar variasi yang disebabkan oleh ketinggian yang berbeda.

Tekanan udara antara lokasi yang satu dengan lokasi yang lain dan pada lokasi tertentu dapat berubah secara dinamis dari waktu ke waktu. Perbedaan atau perubahan tekanan udara ini terutama disebabkan oleh pergeseran garis edar matahari, keberadaan bentang laut dan ketinggian tempat (Prawiwardoyo, 1996:110-112).

2.5.7 Curah Hujan

Yang dimaksud dengan curahan adalah endapan atau deposit air, dalam bentuk cair maupun padat, yang berasal dari atmosfer. Hal ini berarti curahan mencakup antara lain: tetes hujan, salju, batu es, embun, embun kristal. Embun kristal adalah kristal-kristal es yang terbentuk pada permukaan, misalnya pada tanaman, yang disebabkan oleh rendahnya suhu, yaitu lebih rendah dari 0°C. Di beberapa daerah di Indonesia embun kristal ini disebut embun upas. Akan tetapi hanya hujan dan salju merupakan bagian terbesar dari curahan. Di daerah tropik, termasuk Indonesia, istilah curah hujan dapat dipertukarkan atau sinonim dengan

curahan karena pada umumnya salju tidak dijumpai di daerah ini kecuali hanya di puncak-puncak gunung yang tinggi, misalnya di Irian.

Banyaknya curah hujan yang mencapai tanah atau permukaan bumi dalam selang waktu tertentu dinyatakan dengan ketebalan ketinggian air hujan tadi seandainya menutupi proyeksi horizontal permukaan bumi tersebut dan tidak ada yang hilang karena penguapan, limpasan, dan infiltrasi atau peresapan. Oleh karena itu biasanya banyaknya curah hujan dinyatakan dengan satuan milimeter (mm).

Curah hujan diamati atau diukur dengan menggunakan alat yang disebut penakar hujan. Ada dua macam penakar hujan, yaitu penakar hujan non rekam dan penakar hujan rekam.

Penakar hujan non rekam pada dasarnya terdiri atas kaleng penadah atau kolektor berbentuk corong silinder yang menghadap ke atas sehingga lubang corong, yang mempunyai luas tertentu, letaknya horizontal di atas permukaan tanah. Pada penakar hujan rekam, selain kolektor, terdapat pula suatu mekanisme untuk mengukur volume atau berat air hujan yang masuk ke dalam kolektor secara kontinyu dengan waktunya (Prawiwardoyo, 1996:130-131).

Hujan terjadi karena ada penguapan air dari permukaan Bumi seperti laut, danau, sungai, tanah, dan tanaman. Pada suhu udara tertentu, uap air mengalami proses pendinginan yang disebut dengan kondensasi. Selama kondensasi berlangsung uap air yang berbentuk gas berubah menjadi titik-titik air kecil yang melayang di angkasa. Kemudian, jutaan titik-titik air saling bergabung membentuk awan. Ketika gabungan titik-titik air ini menjadi besar dan berat maka akan jatuh ke permukaan Bumi. Proses ini disebut dengan presipitasi atau hujan.

Hujan memiliki ukuran butir yang berbeda-beda. Hal ini sudah dijelaskan dalam Al-Qur'an QS. An-Nur ayat 43:

خِلْدَلِهِ مِنْ تَخْرُجُ الْوَدْقِ فَتَرَى رُكَّامًا مَجْعَلُهُ ثُمَّ بَيْنَهُ يُؤَلَّفُ سَحَابًا يُزَجِّي اللَّهُ أَنْ تَرَأَلْمَ
 مَا يَكَادُ إِشَاءٌ مَنْ عَنَ وَيَصْرِفُهُ إِشَاءٌ مَنْ بِهِ فَيُصِيبُ بَرْدٍ مِنْ فِيهَا جِبَالٍ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ وَيُنزِلُ
 بِالْأَبْصَرِ يَذْهَبُ بَرَقَهُ سَدَ

Artinya: “tidaklah kamu melihat bahwa Allah mengarak awan, kemudian mengumpulkan antara (bagian-bagian)nya, kemudian menjadikannya bertindih-tindih, Maka kelihatanlah olehmu hujan keluar dari celah-celahnya dan Allah (juga) menurunkan (butiran-butiran) es dari langit, (yaitu) dari (gumpalan-gumpalan awan seperti) gunung-gunung, Maka ditimpakan-Nya (butiran-butiran) es itu kepada siapa yang dikehendaki-Nya dan dipalingkan-Nya dari siapa yang dikehendaki-Nya. Kilauan kilat awan itu Hampir-hampir menghilangkan penglihatan”

Berdasarkan ukuran butirannya, hujan dibedakan sebagai berikut:

1. Hujan gerimis (*drizzle*), diameter butir-butir air hasil kondensasi kurang dari 0,5 mm.
2. Hujan salju (*snow*), terdiri atas kristal-kristal es dengan suhu udara berada di bawah titik beku.
3. Hujan batu es, merupakan curahan batu es yang turun di dalam uap panas dari awan dengan suhu udara di bawah titik beku.
4. Hujan deras (*rain*), yaitu curahan air yang turun dari awan dengan suhu udara di atas titik beku dan diameter butirannya kurang lebih 5 mm.

Hujan terjadi ketika uap air membentuk awan di angkasa dan jatuh ke permukaan Bumi setelah mengalami kondensasi. Turunnya hujan melalui beberapa proses dan menurut keadaan wilayah yang berbeda-beda. Di wilayah

yang luas, hujan turun tidak merata dengan jumlah tidak sama (Anjani dan Haryanto, 2009:166).



BAB III

PEMBAHASAN

3.1 Penentuan Fungsi *Satlins* (*Symmetric Saturating Linear*) Jaringan *Hopfield* untuk Prakiraan Cuaca di Wilayah Malang

Jaringan *Hopfield* merupakan jaringan syaraf tiruan yang terhubung penuh (*fully connected*), yaitu bahwa setiap unit terhubung dengan unit lainnya. Jaringan ini memiliki bobot-bobot yang simetris. Pada jaringan *Hopfield*, setiap unit tidak memiliki hubungan dengan dirinya sendiri, dengan demikian nilai bobot matriks model *Hopfield* memakai bobot matriks berdiagonal nol (0). Secara matematika hal ini memenuhi $W_{ij} = W_{ji}$ untuk $i \neq j$ dan $W_{ij} = 0$ untuk $i=j$.

Dalam penentuan fungsi ini, jaringan *Hopfield* dirancang untuk melakukan klasifikasi pola *satlins* (*symetric saturating linear*), dengan unsur-unsur sebagai berikut:

a. Kecepatan Angin

Berdasarkan pengamatan dari data-data sebelumnya, kecepatan angin pada keadaan cerah berada dikisaran kurang dari 5 knot/jam. Pada saat hujan biasanya kecepatan angin lebih dari 8 knot/jam. Kecepatan angin pada keadaan berawan berada diantara 5 knot/jam - 8 knot/jam. Dari nilai tersebut selanjutnya dibuat model matematis fungsi *satlins* (*symetric saturating linear*) untuk jaringan *Hopfield* dari kecepatan angin, $x_1(v)$ sebagai berikut,

$$x_1(v) = \begin{cases} -1, & \text{jika } v \leq 5 \text{ knot/jam} \\ 0, & \text{jika } 5 \text{ knot/jam} < v < 8 \text{ knot/jam} \\ 1, & \text{jika } v \geq 8 \text{ knot/jam} \end{cases} \quad (3.1)$$

b. Suhu Udara

Sama halnya dengan hasil pengamatan kecepatan angin, suhu udara pada keadaan cerah berada dikisaran lebih dari 26°C. Pada saat hujan biasanya suhu udara kurang dari 23°C. Suhu udara pada keadaan berawan berada diantara 23°C - 26°C. Dari nilai tersebut selanjutnya dibuat model matematis fungsi satlins (*symetric saturating linear*) untuk jaringan *Hopfield* dari suhu udara $x_2(t)$ sebagai berikut,

$$x_2(t) = \begin{cases} -1, & \text{jika } t \leq 23^\circ\text{C} \\ 0, & \text{jika } 23^\circ\text{C} < t < 26^\circ\text{C} \\ 1, & \text{jika } t \geq 26^\circ\text{C} \end{cases} \quad (3.2)$$

c. Kelembaban Udara

Kelembaban udara pada saat cerah kurang dari 75%. Untuk hujan kelembaban udara mencapai lebih dari 85%. Sedangkan untuk berawan antara 75% - 85%. Dari nilai tersebut selanjutnya dibuat model matematis fungsi *satlins* (*symetric saturating linear*) untuk jaringan *Hopfield* dari kelembaban udara, $x_3(k)$ sebagai berikut,

$$x_3(k) = \begin{cases} -1, & \text{jika } k \leq 75\% \\ 0, & \text{jika } 75\% < k < 85\% \\ 1, & \text{jika } k \geq 85\% \end{cases} \quad (3.3)$$

d. Tekanan Udara

Pada saat hujan tekanan udara kurang dari 950 mb (milibar). Sedangkan pada saat cerah tekanan udara berada pada kisaran lebih dari 955 mb (milibar). Dan berawan berada diantaranya yaitu 950 mb - 955 mb. Dari nilai tersebut selanjutnya dibuat model matematis fungsi *satlins* (*symetric saturating linear*) untuk jaringan *Hopfield* dari tekanan udara, $x_4(p)$ sebagai berikut,

$$x_4(p) = \begin{cases} -1, & \text{jika } p \leq 950 \text{ mb} \\ 0, & \text{jika } 950 \text{ mb} < p < 955 \text{ mb} \\ 1, & \text{jika } p \geq 955 \text{ mb} \end{cases} \quad (3.4)$$

Dari penjelasan di atas maka akan dapat ditentukan nilai fungsi *input* dalam penentuan prakiraan cuaca dengan menggunakan jaringan *Hopfield*.

3.2 Algoritma Jaringan *Hopfield* untuk Prakiraan Cuaca di Wilayah Malang

Algoritma jaringan *Hopfield* untuk prakiraan cuaca adalah suatu algoritma jaringan syaraf tiruan dengan fungsi *input*, proses kerja dan *output* jaringan yang dapat digambarkan sebagai berikut:

3.2.1 Menentukan Nilai Fungsi *Input* (x) dan Nilai Target

a. Nilai Fungsi *Input* (x)

Fungsi *input* yang digunakan adalah nilai data asli yang telah diubah dalam bentuk fungsi *satlins* (*symetric saturating linear*) dengan persamaan (3.1), (3.2), (3.3), dan (3.4).

b. Menentukan Nilai Target

Pada algoritma jaringan *Hopfield* untuk prakiraan cuaca, nilai target yang akan dicapai adalah [-1 1 -1 1] untuk kriteria cerah dan [1 -1 1 -1] untuk kriteria hujan. Nilai target tersebut ditentukan berdasarkan kriteria unsur-unsur cuaca, yaitu sebagai berikut:

1. Kecepatan angin

Kecepatan angin pada keadaan cerah berada dikisaran kurang dari 5 knot/jam. Pada saat hujan biasanya kecepatan angin lebih dari 8 knot/jam. Dari nilai tersebut selanjutnya dibuat model matematis fungsi

bipolar untuk jaringan *Hopfield* dari kecepatan angin (v) sebagai berikut,

$$y = \begin{cases} -1, & \text{jika } v < 5 \text{ knot/jam} \\ 1, & \text{jika } v \geq 8 \text{ knot/jam} \end{cases} \quad (3.5)$$

2. Suhu udara

Suhu udara pada keadaan cerah berada dikisaran lebih dari 26°C . Pada saat hujan biasanya suhu udara kurang dari 23°C . Dari nilai tersebut selanjutnya dibuat model matematis fungsi bipolar untuk jaringan *Hopfield* dari suhu udara (t) sebagai berikut,

$$y = \begin{cases} -1, & \text{jika } t < 23^{\circ}\text{C} \\ 1, & \text{jika } t \geq 26^{\circ}\text{C} \end{cases} \quad (3.6)$$

3. Kelembaban Udara

Kelembaban udara pada saat cerah kurang dari 75%. Untuk hujan kelembaban udara mencapai lebih dari 85%. Dari nilai tersebut selanjutnya dibuat model matematis fungsi bipolar untuk jaringan *Hopfield* dari kelembaban udara (k) sebagai berikut,

$$y = \begin{cases} -1, & \text{jika } k < 75\% \\ 1, & \text{jika } k \geq 85\% \end{cases} \quad (3.7)$$

4. Tekanan Udara

Pada saat hujan tekanan udara kurang dari 950 mb (milibar). Sedangkan pada saat cerah tekanan udara berada pada kisaran lebih dari 955 mb (milibar). Dari nilai tersebut selanjutnya dibuat model matematis fungsi bipolar untuk jaringan *Hopfield* dari tekanan udara (p) sebagai berikut,

$$y = \begin{cases} -1, & \text{jika } p < 950 \text{ mb} \\ 1, & \text{jika } p \geq 955 \text{ mb} \end{cases} \quad (3.8)$$

Dari empat variabel tersebut, maka dapat dibuat tabel kriteria cuaca sebagai berikut.

Tabel 3.1 Kriteria Unsur Cuaca

Unsur Cuaca	Keadaan Cuaca	
	Cerah	Hujan
Kecepatan Angin	< 5 knot/jam	> 8 knot/jam
Suhu Udara	> 26°C	< 23°C
Kelembaban Udara	< 75%	> 85%
Tekanan Udara	> 955 mb	< 950 mb

Dari data asli tersebut diubah menjadi fungsi bipolar, yaitu suatu fungsi yang bernilai 1 dan -1. Berikut adalah tabel untuk kriteria cuaca dalam bentuk bipolar.

Tabel 3.2 Kriteria Unsur Cuaca Bipolar

Unsur Cuaca	Keadaan Cuaca	
	Cerah	Hujan
Kecepatan Angin	-1	1
Suhu Udara	1	-1
Kelembaban Udara	-1	1
Tekanan Udara	1	-1

3.2.2 Proses Kerja Jaringan

a. Menentukan Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi yang digunakan adalah fungsi bipolar *Threshold*, yaitu:

$$y = \begin{cases} 1, & \text{jika } x > 0 \\ -1, & \text{jika } x \leq 0 \end{cases} \quad (3.9)$$

b. Pemilihan Fungsi Bobot

Pada penelitian digunakan empat buah *neuron* yang terhubung satu sama lain, sehingga bobot yang digunakan adalah bobot simetris dengan ukuran 4 x 4 dan nilai diagonal nol (0). Berikut bobot-bobot tersebut digambarkan dalam vektor W ,

$$W = \begin{bmatrix} 0 & w_{12} & w_{13} & w_{14} \\ w_{21} & 0 & w_{23} & w_{24} \\ w_{31} & w_{32} & 0 & w_{34} \\ w_{41} & w_{42} & w_{43} & 0 \end{bmatrix}$$

Bobot-bobot yang terletak pada diagonal utamanya adalah nol(0), yang menunjukkan bahwa *neuron-neuron* pada jaringan *Hopfield* tidak memiliki hubungan dengan dirinya sendiri, $W_{ij} = 0$ untuk $i=j$ dan $W_{ij} = W_{ji}$ untuk $i \neq j$, sehingga $w_{12} = w_{21}$, $w_{13} = w_{31}$, $w_{14} = w_{41}$, $w_{23} = w_{32}$, $w_{24} = w_{42}$, $w_{34} = w_{43}$.

c. Inisialisasi Bobot

Inisialisasi bobot untuk menyimpan pola bipolar digunakan notasi $s(p)$, $p=1, \dots, P$, dimana,

$$s(p) = (s_1(p), \dots, s_i(p), \dots, s_n(p))$$

untuk menyimpan bobot matriks $W = \{w_{ij}\}$, dengan notasi:

$$w_{ij} = \sum_p [s_i(p)s_j(p)] \text{ untuk } i \neq j$$

dan

$$w_{ii} = 0$$

dengan pola yang akan dikenali adalah 1 -1 1 -1 untuk kriteria hujan dan -1 1 -1 1 untuk kriteria cerah, maka:

$$s(1) = [1 \ -1 \ 1 \ -1]$$

$$s(2) = [-1 \ 1 \ -1 \ 1]$$

$$\begin{aligned} w_{12} &= \sum_{p=1}^2 s_1(p) \cdot s_2(p) \\ &= s_1(1) \cdot s_2(1) + s_1(2) \cdot s_2(2) \\ &= 1 \times (-1) + (-1) \times 1 \\ &= (-1) + (-1) = -2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w_{13} &= \sum_{p=1}^2 s_1(p) \cdot s_3(p) \\ &= s_1(1) \cdot s_3(1) + s_1(2) \cdot s_3(2) \\ &= 1 \times 1 + (-1) \times (-1) \\ &= 1 + 1 = 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w_{14} &= \sum_{p=1}^2 s_1(p) \cdot s_4(p) \\ &= s_1(1) \cdot s_4(1) + s_1(2) \cdot s_4(2) \\ &= 1 \times (-1) + (-1) \times 1 \\ &= (-1) + (-1) = -2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w_{23} &= \sum_{p=1}^2 s_2(p) \cdot s_3(p) \\ &= s_2(1) \cdot s_3(1) + s_2(2) \cdot s_3(2) \\ &= (-1) \times 1 + 1 \times (-1) \\ &= (-1) + (-1) = -2 \end{aligned}$$

$$w_{34} = \sum_{p=1}^2 s_1(p) \cdot s_2(p)$$

$$\begin{aligned}
 &= s_2(1) \cdot s_4(1) + s_2(2) \cdot s_4(2) \\
 &= 1 \times (-1) + (-1) \times 1 \\
 &= (-1) + (-1) = -2
 \end{aligned}$$

sehingga didapatkan bobot sebagai berikut,

$$W = \begin{bmatrix} 0 & -2 & 2 & -2 \\ -2 & 0 & -2 & 2 \\ 2 & -2 & 0 & -2 \\ -2 & 2 & -2 & 0 \end{bmatrix}$$

Nilai *satlins* unsur-unsur cuaca di atas merupakan vektor *input* yang kemudian dikalikan dengan bobot-bobot. Hasil yang diperoleh kemudian dijadikan nilai bipolar.

d. Klasifikasi

Vektor *input* yang akan diuji adalah $[-1 \ 1 \ -1 \ 0]$, $[0 \ 0 \ -1 \ 0]$, $[0 \ 1 \ -1 \ 0]$, $[1 \ 0 \ 0 \ -1]$ dan $[0 \ -1 \ 1 \ 0]$.

Step 0. Inisialisasi bobot

$$W = \begin{bmatrix} 0 & -2 & 2 & -2 \\ -2 & 0 & -2 & 2 \\ 2 & -2 & 0 & -2 \\ -2 & 2 & -2 & 0 \end{bmatrix}$$

i. Pola $[-1 \ 1 \ -1 \ 0]$

Step 1. Pola yang akan diuji yaitu $x = [-1 \ 1 \ -1 \ 0]$

Step 2. $y = [-1 \ 1 \ -1 \ 0]$

Step 3. Pilih unit y_1 untuk mengubah aktivasi

Step 4.

$$y_{in1} = x_1 + \sum_{j=1}^4 y_j(w_{1j})$$

$$y_{in_1} = x_1 + (y_1 w_{11} + y_2 w_{12} + y_3 w_{13} + y_4 w_{14})$$

$$y_{in_1} = -1 + ((-1) \times 0 + 1 \times (-2) + (-2) \times 1 + 0 \times (-2))$$

$$y_{in_1} = -1 + (0 - 2 - 2 - 0)$$

$$y_{in_1} = -1 - 4$$

$$y_{in_1} = -5$$

Step 5. $y_{in_1} < 0$, maka $y_1 = -1$

$$\text{Step 6. } y = [-1 \ 1 \ -1 \ 0]$$

Step 3. Pilih unit y_2 untuk mengubah aktivasi

Step 4.

$$y_{in_2} = x_2 + \sum_{j=1}^4 y_j (w_{2j})$$

$$y_{in_2} = x_2 + (y_1 w_{21} + y_2 w_{22} + y_3 w_{23} + y_4 w_{24})$$

$$y_{in_2} = 1 + ((-1) \times (-2) + 1 \times 0 + (-1) \times (-2) + 0 \times 2)$$

$$y_{in_2} = 1 + (2 + 0 + 2 + 0)$$

$$y_{in_2} = 1 + 4$$

$$y_{in_2} = 5$$

Step 5. $y_{in_2} > 0$, maka $y_2 = 1$

$$\text{Step 6. } y = [-1 \ 1 \ -1 \ 0]$$

Step 3. Pilih unit y_3 untuk mengubah aktivasi

Step 4.

$$y_{in_3} = x_3 + \sum_{j=1}^4 y_j (w_{3j})$$

$$y_{in_3} = x_3 + (y_1 w_{31} + y_2 w_{32} + y_3 w_{33} + y_4 w_{34})$$

$$y_{in3} = -1 + ((-1) \times 2 + 1 \times (-2) + (-1) \times 0 + 0 \times (-2))$$

$$y_{in3} = -1 + (-2 - 2 - 0 - 0)$$

$$y_{in3} = -1 - 4$$

$$y_{in3} = -5$$

Step 5. $y_{in3} < 0$, maka $y_3 = -1$

$$Step 6. y = [-1 \ 1 \ -1 \ 0]$$

Step 3. Pilih unit y_4 untuk mengubah aktivasi

Step 4.

$$y_{in4} = x_4 + \sum_{j=1}^4 y_j(w_{2j})$$

$$y_{in4} = x_4 + (y_1w_{41} + y_2w_{42} + y_3w_{43} + y_4w_{44})$$

$$y_{in4} = 1 + ((-1) \times (-2) + 1 \times 2 + (-1) \times (-2) + 0 \times 0)$$

$$y_{in4} = 1 + (2 + 2 + 2 + 0)$$

$$y_{in4} = 1 + 6$$

$$y_{in4} = 7$$

Step 5. $y_{in4} > 0$, maka $y_4 = 1$

$$Step 6. y = [-1 \ 1 \ -1 \ 1]$$

Didapatkan nilai *output* yaitu $[-1 \ 1 \ -1 \ 1]$, berarti masuk dalam kriteria cerah.

ii. Pola $[0 \ 0 \ -1 \ 0]$

Step 1. Pola yang akan diuji yaitu $x = [0 \ 0 \ -1 \ 0]$

Step 2. $y = [0 \ 0 \ -1 \ 0]$

Step 3. Pilih unit y_1 untuk mengubah aktivasi

Step 4.

$$y_{in_1} = x_1 + \sum_{j=1}^4 y_j(w_{1j})$$

$$y_{in_1} = x_1 + (y_1w_{11} + y_2w_{12} + y_3w_{13} + y_4w_{14})$$

$$y_{in_1} = 0 + (0 \times 0 + 0 \times (-2) + (-2) \times 1 + 0 \times (-2))$$

$$y_{in_1} = 0 + (0 + 0 - 2 + 0)$$

$$y_{in_1} = 0 - 2$$

$$y_{in_1} = -2$$

Step 5. $y_{in_1} < 0$, maka $y = -1$

$$Step 6. y = [-1 \ 0 \ -1 \ 0]$$

Step 3. Pilih unit y_2 untuk mengubah aktivasi

Step 4.

$$y_{in_2} = x_2 + \sum_{j=1}^4 x_j(w_{2j})$$

$$y_{in_2} = x_2 + (y_1w_{21} + y_2w_{22} + y_3w_{23} + y_4w_{24})$$

$$y_{in_2} = 0 + ((-1) \times (-2) + 0 \times 0 + (-1) \times (-2) + 0 \times 2)$$

$$y_{in_2} = 0 + (2 + 0 + 2 + 0)$$

$$y_{in_2} = 0 + 4$$

$$y_{in_2} = 4$$

Step 5. $y_{in_2} > 0$, maka $y_2 = 1$

$$Step 6. y = [-1 \ 1 \ -1 \ 0]$$

Step 3. Pilih unit y_3 untuk mengubah aktivasi

Step 4.

$$y_{in3} = x_3 + \sum_{j=1}^4 y_j(w_{3j})$$

$$y_{in3} = x_3 + (y_1w_{31} + y_2w_{32} + y_3w_{33} + y_4w_{34})$$

$$y_{in3} = -1 + ((-1) \times 2 + 1 \times (-2) + (-1) \times 0 + 0 \times (-2))$$

$$y_{in3} = -1 + (-2 - 2 - 0 - 0)$$

$$y_{in3} = -1 - 4$$

$$y_{in3} = -5$$

Step 5. $y_{in3} < 0$, maka $y_3 = -1$

$$Step 6. y = [-1 \ 1 \ -1 \ 0]$$

Step 3. Pilih unit y_4 untuk mengubah aktivasi

Step 4.

$$y_{in4} = x_4 + \sum_{j=1}^4 x_j(w_{4j})$$

$$y_{in4} = x_4 + (y_1w_{41} + y_2w_{42} + y_3w_{43} + y_4w_{44})$$

$$y_{in4} = 0 + ((-1) \times (-2) + 1 \times 2 + (-2) \times (-2) + 0 \times 0)$$

$$y_{in4} = 0 + (2 + 2 + 2 + 0)$$

$$y_{in4} = 0 + 6$$

$$y_{in4} = 6$$

Step 5. $y_{in4} > 0$, maka $y_4 = 1$

$$Step 6. y = [-1 \ 1 \ -1 \ 1]$$

Didapatkan nilai *output* yaitu $[-1 \ 1 \ -1 \ 1]$, berarti masuk dalam kriteria cerah.

iii. Pola $[0 \ 1 \ -1 \ 0]$

Step 1. Pola yang akan diuji yaitu $x = [0 \ 1 \ -1 \ 0]$

Step 2. $y = [0 \ 1 \ -1 \ 0]$

Step 3. Pilih unit y_1 untuk mengubah aktivasi

Step 4.

$$y_{in_1} = x_1 + \sum_{j=1}^4 y_j(w_{1j})$$

$$y_{in_1} = x_1 + (y_1w_{11} + y_2w_{12} + y_3w_{13} + y_4w_{14})$$

$$y_{in_1} = -1 + (0 \times 0 + 1 \times (-2) + (-2) \times 1 + 0 \times (-2))$$

$$y_{in_1} = -1 + (0 - 2 - 2 - 0)$$

$$y_{in_1} = -1 - 4$$

$$y_{in_1} = -5$$

Step 5. $y_{in_1} < 0$, maka $y_1 = -1$

Step 6. $y = [-1 \ 1 \ -1 \ 0]$

Step 3. Pilih unit y_2 untuk mengubah aktivasi

Step 4.

$$y_{in_2} = x_2 + \sum_{j=1}^4 y_j(w_{2j})$$

$$y_{in_2} = x_2 + (y_1w_{21} + y_2w_{22} + y_3w_{23} + y_4w_{24})$$

$$y_{in_2} = 1 + ((-1) \times (-2) + 1 \times 0 + (-2) \times (-1) + 0 \times 2)$$

$$y_{in_2} = 1 + (2 + 0 - 2 + 0)$$

$$y_{in_2} = 1 + 0$$

$$y_{in_2} = 1$$

Step 5. $y_{in_2} > 0$, maka $y_2 = 1$

Step 6. $y = [-1 \ 1 \ -1 \ 0]$

Step 3. Pilih unit y_3 untuk mengubah aktivasi

Step 4.

$$y_{in_3} = x_3 + \sum_{j=1}^4 y_j(w_{3j})$$

$$y_{in_3} = x_3 + (y_1 w_{31} + y_2 w_{32} + y_3 w_{33} + y_4 w_{34})$$

$$y_{in_3} = -1 + ((-1) \times 2 + 1 \times (-2) + (-1) \times 0 + 0 \times (-2))$$

$$y_{in_3} = -1 + (-2 - 2 - 0 - 0)$$

$$y_{in_3} = -1 - 4$$

$$y_{in_3} = -5$$

Step 5. $y_{in_3} < 0$, maka $y_3 = -1$

Step 6. $y = [-1 \ 1 \ -1 \ 0]$

Step 3. Pilih unit y_4 untuk mengubah aktivasi

Step 4.

$$y_{in_4} = x_4 + \sum_{j=1}^4 y_j(w_{4j})$$

$$y_{in_4} = x_4 + (y_1 w_{41} + y_2 w_{42} + y_3 w_{43} + y_4 w_{44})$$

$$y_{in_4} = 1 + ((-1) \times (-2) + 1 \times 1 + (-1) \times (-2) + 0 \times 0)$$

$$y_{in_4} = 1 + (2 + 2 + 2 + 0)$$

$$y_{in_4} = 1 + 6$$

$$y_{in_4} = 7$$

Step 5. $y_{in4} > 0$, maka $y_4 = 1$

Step 6. $y = [-1 \ 1 \ -1 \ 1]$

Didapatkan nilai *output* yaitu $[-1 \ 1 \ -1 \ 1]$, berarti masuk dalam kriteria cerah.

iv. Pola $[1 \ 0 \ 0 \ -1]$

Step 1. Pola yang akan diuji yaitu $x = [1 \ 0 \ 0 \ -1]$

Step 2. $y = [1 \ 0 \ 0 \ -1]$

Step 3. Pilih unit y_1 untuk merubah aktivasi

Step 4.

$$y_{in1} = x_1 + \sum_{j=1}^4 y_j(w_{1j})$$

$$y_{in1} = x_1 + (y_1w_{11} + y_2w_{12} + y_3w_{13} + y_4w_{14})$$

$$y_{in1} = 1 + (1 \times 0 + 0 \times (-2) + 0 \times 2 + (-1) \times (-2))$$

$$y_{in1} = 1 + (0 + 0 + 0 + 2)$$

$$y_{in1} = 1 + 2$$

$$y_{in1} = 3$$

Step 5. $y_{in1} > 0$, maka $y_1 = 1$

Step 6. $y = [1 \ 0 \ 0 \ -1]$

Step 3. Pilih unit y_2 untuk mengubah aktivasi

Step 4.

$$y_{in2} = x_2 + \sum_{j=1}^4 y_j(w_{2j})$$

$$y_{in2} = x_2 + (y_1w_{21} + y_2w_{22} + y_3w_{23} + y_4w_{24})$$

$$y_{in_2} = 0 + (1 \times (-2) + 0 \times 0 + 0 \times (-2) + (-1) \times 2)$$

$$y_{in_2} = 0 + (-2 + 0 + 0 - 2)$$

$$y_{in_2} = 0 - 2$$

$$y_{in_2} = -2$$

Step 5. $y_{in_2} < 0$, maka $y_2 = -1$

$$Step 6. y = [1 \ -1 \ 0 \ -1]$$

Step 3. Pilih unit y_3 untuk mengubah aktivasi

Step 4.

$$y_{in_3} = x_3 + \sum_{j=1}^4 y_j (w_{3j})$$

$$y_{in_3} = x_3 + (y_1 w_{31} + y_2 w_{32} + y_3 w_{33} + y_4 w_{34})$$

$$y_{in_3} = 0 + (1 \times 2 + (-1) \times (-2) + 0 \times 0 + (-1) \times (-2))$$

$$y_{in_3} = 0 + (2 + 2 + 0 + 2)$$

$$y_{in_3} = 0 + 6$$

$$y_{in_3} = 6$$

Step 5. $y_{in_3} > 0$, maka $y_3 = 1$

$$Step 6. y = [1 \ -1 \ 1 \ -1]$$

Didapatkan nilai *output* yaitu $[1 \ -1 \ 1 \ -1]$, berarti masuk dalam kriteria hujan.

v. Pola $[0 \ -1 \ 1 \ 0]$

Step 1. Pola yang akan diuji yaitu $x = [0 \ -1 \ 1 \ 0]$

Step 2. $y = [0 \ -1 \ 1 \ 0]$

Step 3. Pilih unit y_1 untuk mengubah aktivasi

Step 4.

$$y_{in1} = x_1 + \sum_{j=1}^4 y_j(w_{1j})$$

$$y_{in1} = x_1 + (y_1w_{11} + y_2w_{12} + y_3w_{13} + y_4w_{14})$$

$$y_{in1} = 0 + (0 \times 0 + (-1) \times (-2) + 1 \times 2 + 0 \times (-2))$$

$$y_{in1} = 0 + (0 + 2 + 2 + 0)$$

$$y_{in1} = 0 + 4$$

$$y_{in1} = 4$$

Step 5. $y_{in1} > 0$, maka $y_1 = 1$

$$Step 6. y = [1 \ -1 \ 1 \ 0]$$

Step 3. Pilih unit y_2 untuk mengubah aktivasi

Step 4.

$$y_{in2} = x_2 + \sum_{j=1}^4 y_j(w_{2j})$$

$$y_{in2} = x_2 + (y_1w_{21} + y_2w_{22} + y_3w_{23} + y_4w_{24})$$

$$y_{in2} = -1 + (1 \times (-2) + (-1) \times 0 + 1 \times (-2) + 0 \times 2)$$

$$y_{in2} = -1 + (-2 + 0 - 2 + 0)$$

$$y_{in2} = -1 - 4$$

$$y_{in2} = -5$$

Step 5. $y_{in2} < 0$, maka $y_2 = -1$

$$Step 6. y = [1 \ -1 \ 1 \ 0]$$

Step 3. Pilih unit y_3 untuk mengubah aktivasi

Step 4.

$$y_{in_3} = x_3 + \sum_{j=1}^4 y_j(w_{3j})$$

$$y_{in_3} = x_3 + (y_1w_{31} + y_2w_{32} + y_3w_{33} + y_4w_{34})$$

$$y_{in_3} = 1 + (1 \times 2 + (-1) \times (-2) + 1 \times 0 + 0 \times (-2))$$

$$y_{in_3} = 1 + (2 + 2 + 0 + 0)$$

$$y_{in_3} = 1 + 4$$

$$y_{in_3} = 5$$

Step 5. $y_{in_3} > 0$, maka $y_3 = 1$

$$Step\ 6.\ y = [1 - 1\ 1\ 0]$$

Step 3. Pilih unit y_4 untuk mengubah aktivasi

Step 4.

$$y_{in_4} = x_4 + \sum_{j=1}^4 y_j(w_{2j})$$

$$y_{in_4} = x_4 + (y_1w_{41} + y_2w_{42} + y_3w_{43} + y_4w_{44})$$

$$y_{in_4} = 0 + (1 \times (-2) + (-1) \times 2 + 1 \times (-2) + 0 \times 0)$$

$$y_{in_4} = 0 + (-2 - 2 - 2 + 0)$$

$$y_{in_4} = 0 - 6$$

$$y_{in_4} = -6$$

Step 5. $y_{in_4} < 0$, maka $y_4 = 1$

$$Step\ 6.\ y = [1 - 1\ 1 - 1]$$

Didapatkan nilai *output* yaitu $[1 - 1\ 1 - 1]$, berarti masuk dalam kriteria hujan.

Perhitungan yang sama dilanjutkan untuk data yang lainnya.

3.2.3 Output Jaringan

Berdasarkan proses kerja algoritma jaringan *Hopfield* untuk prakiraan cuaca di dapatkan *output* jaringan yaitu berupa kriteria cuaca. Penentuan kriteria cuaca tersebut berdasarkan hasil nilai *output* (Y). Untuk mempermudah dalam menyajikannya, maka dibuat tabel *output* jaringan sebagai berikut.

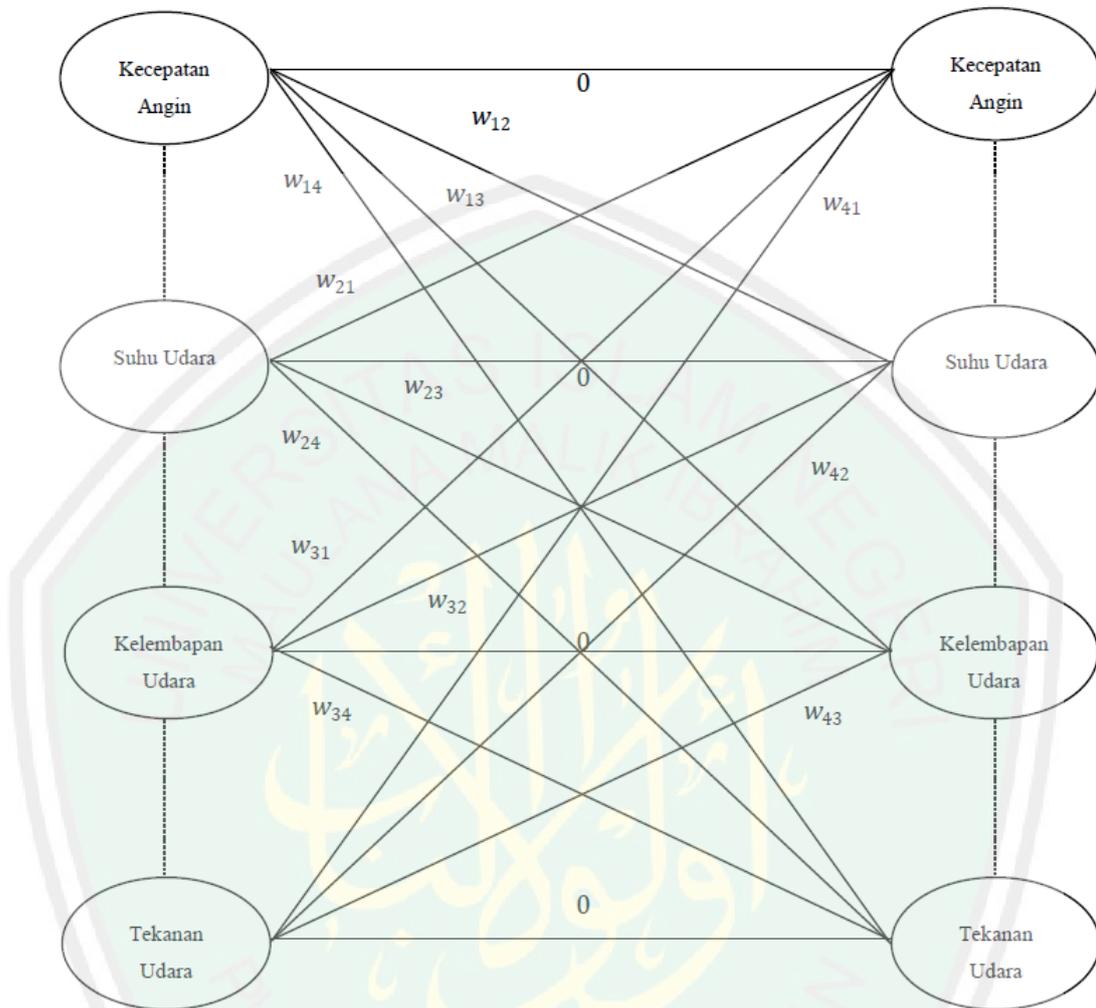
Tabel 3.1 *Output* Jaringan *Hopfield*

Nilai <i>Input</i> (X)	Nilai <i>Output</i> (Y)	Kriteria Cuaca
-1 1 -1 0	-1 1 -1 1	Cerah
-1 1 -1 0	-1 1 -1 1	Cerah
0 0 -1 0	-1 1 -1 1	Cerah
0 1 -1 0	-1 1 -1 1	Cerah
-1 1 -1 1	-1 1 -1 1	Cerah
-1 0 0 0	-1 1 -1 1	Cerah
-1 1 0 1	-1 1 -1 1	Cerah
-1 0 -1 0	-1 1 -1 1	Cerah
-1 1 0 0	-1 1 -1 1	Cerah
-1 0 -1 0	-1 1 -1 1	Cerah
1 0 1 0	1 -1 1 -1	Hujan
1 0 -1 1	1 -1 1 -1	Hujan
-1 1 0 0	-1 1 -1 1	Cerah
1 0 1 -1	1 -1 1 -1	Hujan
1 0 0 -1	1 -1 1 -1	Hujan
1 -1 0 -1	1 -1 1 -1	Hujan
1 -1 1 -1	1 -1 1 -1	Hujan
1 0 1 -1	1 -1 1 -1	Hujan
1 0 -1 0	1 -1 1 -1	Hujan
0 -1 1 0	1 -1 1 -1	Hujan

Pada tabel 3.1 terdapat kolom nilai *input*, nilai *output* dan kriteria cuaca. Berdasarkan hasil penelitian, dari 20 data tersebut terdapat 11 data termasuk dalam kriteria cerah dan 9 data termasuk dalam kriteria hujan.

3.3 Arsitektur Jaringan *Hopfield* untuk Prakiraan Cuaca di Wilayah Malang

Arsitektur jaringan syaraf tiruan *Hopfield* untuk prakiraan cuaca di wilayah Malang ini terdapat empat *neuron* yang simetris, dimana empat *neuron* tersebut merupakan empat unsur cuaca. Setiap unit *neuron* tidak memiliki hubungan dengan dirinya sendiri atau bernilai nol (0) jika berhubungan dengan dirinya sendiri. Hubungan antara *neuron* dengan *neuron* yang lain memiliki bobot positif atau negatif. Kriteria cuaca dapat ditentukan setelah nilai *output* didapatkan. *Output* yang menjadi target harus sama dengan *input*. *Output* dijadikan *inputan* kembali, namun diteruskannya jaringan tidak pada dirinya sendiri tetapi ke *neuron* yang lain, agar mencapai konvergen. Proses ini berjalan terus-menerus sampai dicapai kondisi yang stabil. Berikut adalah gambar arsitekturnya:



Gambar 3.1 Arsitektur Jaringan *Hopfield* untuk Prakiraan Cuaca di Wilayah Malang

3.4 Kajian Agama

Setiap insan manusia memiliki tingkat kesulitan masing-masing. Dengan seiring berjalannya waktu kesulitan tersebut akan terpecahkan dengan suatu cara untuk mengatasinya. Pernyataan ini terdapat dalam Firman Allah SWT, QS. An-Nasyirah ayat 5 yang berbunyi:

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٥﴾

Artinya: “ karena Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan ”

Tujuan awal penelitian ini yakni memberikan kemudahan dalam memprakirakan cuaca. Pada proses prakiraan cuaca ini digunakan satu metode yakni jaringan syaraf tiruan. Proses tersebut adalah suatu usaha untuk memecahkan suatu permasalahan atau mempermudah dalam menyelesaikan suatu permasalahan. Allah SWT berfirman dalam QS. Al-Baqarah ayat 185:

﴿ ١٨٥ ﴾ ... يُرِيدُ اللَّهُ بِكُمُ الْيُسْرَ وَلَا يُرِيدُ بِكُمُ الْعُسْرَ ...

Artinya: “Allah menghendaki kemudahan bagimu, dan tidak menghendaki kesukaran bagimu”

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah SWT menghendaki kemudahan untuk setiap ummat-Nya, dan tidak menghendaki kesukaran bagi ummat-Nya. Dengan demikian Allah SWT menghendaki kemudahan setiap usaha yang dilakukan oleh ummat-Nya, terlebih usaha tersebut untuk kebaikan bersama.

Jaringan syaraf tiruan merupakan sistem komputasi dimana arsitektur dan operasi diilhami dari pengetahuan tentang sel syaraf biologis di dalam otak, yang merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba menstimulasi proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Dapat dikatakan bahawa jaringan syaraf tiruan terinspirasi dari jaringan syaraf manusia. Metode ini diciptakan karena jaringan syaraf manusia memiliki keunggulan yang dapat mengenali sesuatu dengan cepat misalnya mengenali suatu benda, wajah seseorang, atau mengingat suatu kejadian. Hal tersebut terkandung dalam Al-Qur'an, QS. Al-Baqarah ayat 33:

قَالَ يَتَعَادَمُ أَنْبَهُمْ بِأَسْمَائِهِمْ^ط فَلَمَّا أَنْبَاهُمْ بِأَسْمَائِهِمْ قَالَ أَلَمْ أَقُلْ لَكُمْ إِنِّي أَعْلَمُ
 غَيْبَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَأَعْلَمُ مَا تُبْدُونَ وَمَا كُنْتُمْ تَكْتُمُونَ ﴿٤٨﴾

Artinya: "Allah berfirman: "Hai Adam, beritahukanlah kepada mereka Nama-nama benda ini." Maka setelah diberitahukannya kepada mereka Nama-nama benda itu, Allah berfirman: "Bukankah sudah Ku katakan kepadamu, bahwa Sesungguhnya aku mengetahui rahasia langit dan bumi dan mengetahui apa yang kamu lahirkan dan apa yang kamu sembunyikan?"

Dalam penelitian ini jaringan syaraf tiruan digunakan sebagai metode untuk memperkirakan suatu cuaca. Pada jaringan syaraf tiruan terdiri atas sekumpulan *neuron-neuron* atau unit-unit yang saling berinteraksi.

Unsur-unsur cuaca pada metode ini digunakan sebagai *neuron-neuron* yang saling berinteraksi. Dalam pengamatan cuaca faktor yang sangat berpengaruh adalah unsur-unsur cuaca. Unsur-unsur cuaca yang digunakan dalam penelitian adalah kecepatan angin, suhu udara, kelembaban udara dan tekanan udara. Dari keempat unsur tersebut diolah sedemikian sehingga didapatkan suatu kriteria cuaca. Pengaruh unsur-unsur cuaca ini telah terkandung dalam Al-Qur'an, QS. Ar-Rum ayat 48:

اللَّهُ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيحَ فَتُثِيرُ سَحَابًا فَيَبْسُطُهُ فِي السَّمَاءِ كَيْفَ يَشَاءُ وَيَجْعَلُهُ
 كِسْفًا فَنَرَى الْوَدْقَ سَخِرُجًا مِنْ خِلَالِهِ^ط فَإِذَا أَصَابَ بِهِ مِنْ يَشَاءُ مِنْ عِبَادِهِ إِذَا هُمْ
 يَسْتَبْشِرُونَ ﴿٤٨﴾

Artinya: "Allah, Dialah yang mengirim angin, lalu angin itu menggerakkan awan dan Allah membentangkannya di langit menurut yang dikehendaki-Nya, dan menjadikannya bergumpal-gumpal; lalu kamu Lihat hujan keluar dari celah-celahnya, Maka apabila hujan itu turun mengenai hamba-hamba-Nya yang dikehendakiNya, tiba-tiba mereka menjadi gembira"

Ayat di atas menjelaskan angin dan awan (unsur-unsur cuaca) merupakan faktor penyebab turunnya hujan. Hujan adalah salah satu dari kriteria cuaca. Dengan penjelasan ayat-ayat di atas patutnya setiap manusia menyadari bahwa betapa maha kuasanya Allah SWT, pencipta seluruh alam semesta.



BAB IV

PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan pembahasan di atas maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil penentuan fungsi *satlins* (*symetric saturating linear*) untuk prakiraan cuaca di wilayah Malang adalah sebagai berikut:

- a. Kecepatan Angin

$$x_1(v) = \begin{cases} -1, & \text{jika } v \leq 5 \text{ knot/jam} \\ 0, & \text{jika } 5 \text{ knot/jam} < v < 8 \text{ knot/jam} \\ 1, & \text{jika } v \geq 8 \text{ knot/jam} \end{cases}$$

- b. Suhu Udara

$$x_2(t) = \begin{cases} -1, & \text{jika } t \leq 23^\circ\text{C} \\ 0, & \text{jika } 23^\circ\text{C} < t < 26^\circ\text{C} \\ 1, & \text{jika } t \geq 26^\circ\text{C} \end{cases}$$

- c. Kelembaban Udara

$$x_3(k) = \begin{cases} -1, & \text{jika } k \leq 75\% \\ 0, & \text{jika } 75\% < k < 85\% \\ 1, & \text{jika } k \geq 85\% \end{cases}$$

- d. Tekanan Udara

$$x_4(p) = \begin{cases} -1, & \text{jika } p \leq 950 \text{ mb} \\ 0, & \text{jika } 950 \text{ mb} < p < 955 \text{ mb} \\ 1, & \text{jika } p \geq 955 \text{ mb} \end{cases}$$

2. Model jaringan *Hopfield* untuk prakiraan cuaca yang optimal adalah model jaringan dengan empat *neuron input* yang terhubung dengan bobot-bobot lapisan yang simetris dan dua nilai *output* jaringan, yaitu kriteria cerah dengan nilai [-1 1 -1 1] dan kriteria hujan dengan nilai [1 -1 1 -1]

dengan fungsi aktivasi bipolar *threshold*. Nilai *output* dijadikan nilai *input* kembali jika belum mencapai stabil/konvergen.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka penulis memberikan beberapa saran yang perlu menjadi bahan pertimbangan, yaitu sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dari penelitian ini, sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan fungsi yang kontinu.
2. Ada baiknya suatu saat nanti dilakukan penelitian untuk membandingkan metode jaringan syaraf tiruan yang lain.



DAFTAR PUSTAKA

- Al-Banna, A.S.. 2010. *Tafsir Hasan Al-Banna*. Jakarta: Suara Agung.
- Anjani, E. dan Hariyanto, T.. 2009. *Geografi*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Devi, F. M.. 2011. Penyelesaian Sistem Persamaan Nonlinear dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan *Hopfield*. *Skripsi* Tidak Dipublikasikan. Jakarta: Program Sarjana Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Efendi, A.. 2013. Penggunaan *Artificial Neural Network* untuk Mendeteksi Kelainan Mata Miopi pada Manusia dengan Metode *Backpropagation*. *Skripsi* Tidak Dipublikasikan. Malang: Program Sarjana Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Fausett, L.. 1994. *Fundamentals of Neural Networks*. New Jersey: Prentice Hall.
- Hermawan, A.. 2006. *Teknik Jaringan Syaraf Tiruan*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Kerami, D. dan Cormetyna, S.. 2003. *Kamus Matematika*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Kristanto, A.. 2004. *Jaringan Syaraf Tiruan; Konsep Dasar, Algoritma dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Gava Media.
- Kusumadewi, S.. 2003. *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S.. 2004. *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Matlab dan Excel Link*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Prawirowardoyo, S.. 1996. *Meteorologi*, Bandung: Penerbit ITB
- Puspitaningrum, D.. 2006. *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Rafi'i, S.. 2010. *Meteorologi dan Klimatologi*. Bandung: Angkasa
- Ripley, B.D.. 1996. *Pattern Recognition and Neural Network*. Cambridge: University Press.
- Safitri, I.. 2010. Penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Pengklasifikasian Status Gizi. *Skripsi* Tidak Dipublikasikan. Malang: Program Sarjana Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Siang, J.J.. 2009. *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemogramannya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Stern, H.S.. 1996. Neural Network in Applied Statistics. *Technometrics*. Vol. 38 No. 3 Hal 205-214
- Turmudi dan Harini, S..2008. *Metode Statistika (Pendekatan Teoritis dan Aplikatif)*. Malang: UIN-Malang Press.

Lampiran1.Data Unsur-unsurCuaca

Data yang digunakan adalah data harian yang diambil 2 sampel dalam satu hari. Pada setiap musim diambil data sebanyak 5 hari.

Musim	Tanggal	Jam	Kecepatan Angin	Suhu Udara	Kelembaban Udara	Tekanan Udara
K E M A R A U	1 Agustus 2013	09.00	3	26.0	70	954.1
	1 Agustus 2013	15.00	3	28.3	68	953.6
	2 Agustus 2013	09.00	7	25.2	72	954.0
	2 Agustus 2013	15.00	6	27.0	74	952.3
	3 Agustus 2013	09.00	5	26.4	75	956.2
	3 Agustus 2013	15.00	3	25.0	77	954.9
	4 Agustus 2013	09.00	4	26.8	80	955.1
	4 Agustus 2013	15.00	0	25.4	73	953.8
	5 Agustus 2013	09.00	4	26.8	82	954.6
	5 Agustus 2013	15.00	5	24.9	72	954.9
H U J A N	1 Maret 2014	09.00	8	24.1	85	953.2
	1 Maret 2014	15.00	7	23.5	75	955.0
	2 Maret 2014	09.00	5	26.0	84	950.4
	2 Maret 2014	15.00	9	24.1	93	950.3
	3 Maret 2014	09.00	8	23.4	80	949.5
	3 Maret 2014	15.00	8	22.8	84	948.0
	4 Maret 2014	09.00	10	22.6	87	949.7
	4 Maret 2014	15.00	9	24.1	90	950.0
	5 Maret 2014	09.00	8	23.6	75	950.1
	5 Maret 2014	15.00	6	23.0	91	950.5

Satuan variabel: kec. Angin= knot/jam
 Suhu udara= °C (derajat celsius)
 Kelembapan udara= % (persen)
 Tekanan udara= mb (milibar)

Lampiran 2. Data Fungsi *Satlins* (*Symmetric Saturating Linear*)

Kecepatan Angin	Suhu Udara	Kelembapan Udara	Tekanan Udara
-1	1	-1	0
-1	1	-1	0
0	0	-1	0
0	1	-1	0
-1	1	-1	1
-1	0	0	0
-1	1	0	1
-1	0	-1	0
-1	1	0	0
-1	0	-1	0
1	0	1	0
1	0	-1	1
-1	1	0	0
1	0	1	-1
1	0	0	-1
1	-1	0	-1
1	-1	1	-1
1	0	1	-1
1	0	-1	0
0	-1	1	0