

**ANALISIS FUNGSI AKTIVASI JARINGAN SYARAF TIRUAN
UNTUK MENDETEKSI KARAKTERISTIK BENTUK
GELOMBANG SPEKTRA BABI DAN SAPI**

SKRIPSI

Oleh:
SHOFWAN ALI FAUJI
NIM. 08610081



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK BRAHIM
MALANG
2012**

**ANALISIS FUNGSI AKTIVASI JARINGAN SYARAF TIRUAN
UNTUK MENDETEKSI KARAKTERISTIK BENTUK
GELOMBANG SPEKTRA BABI DAN SAPI**

SKRIPSI

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

Oleh:
SHOFWAN ALI FAUJI
NIM. 08610081

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK BRAHIM
MALANG
2012**

**ANALISIS FUNGSI AKTIVASI JARINGAN SYARAF TIRUAN
UNTUK MENDETEKSI KARAKTERISTIK BENTUK
GELOMBANG SPEKTRA BABI DAN SAPI**

SKRIPSI

oleh:
SHOFWAN ALI FAUJI
NIM. 08610081

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal, 12 Januari 2012

Pembimbing I

Pembimbing II

Ari Kusumastuti, S.Si, M.Pd
NIP.19770521 200501 2 004

Ach. Nasichuddin, M.A
NIP.19730705 200003 1 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Abdussakir, M.Pd
NIP.19751006 200312 1 001

**ANALISIS FUNGSI AKTIVASI JARINGAN SYARAF TIRUAN
UNTUK MENDETEKSI KARAKTERISTIK BENTUK
GELOMBANG SPEKTRA BABI DAN SAPI**

SKRIPSI

oleh:
SHOFWAN ALI FAUJI
NIM. 08610081

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Tanggal, 21 Januari 2012

Susunan Dewan Penguji		Tanda Tangan
1. Penguji Utama	: <u>M. Faisal, MT</u> NIP. 19740510 200501 1 007	()
2. Ketua	: <u>Mohammad Jamhuri, M. Si</u> NIP. 1981052 200501 1 004	()
3. Sekretaris	: <u>Ari Kusumastuti, S.Si, M.Pd</u> NIP. 19770521 200501 2 004	()
4. Anggota	: <u>Ach. Nashichuddin, M.A</u> NIP. 19730705 200003 1 002	()

**Mengetahui dan Mengesahkan,
Ketua Jurusan Matematika**

Abdussakir, M.Pd
NIP.19751006 200312 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shofwan Ali Fauji
NIM : 08610081
Jurusan : Matematika
Fakultas : Sains dan Teknologi

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan 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, 12 Januari 2012

Yang Membuat Pernyataan,

Shofwan ali fauji
NIM. 08610081

MOTTO

”The Best is yet to Come”



PERSEMBAHAN

*Penulis persembahkan untuk semua orang yang telah
berbuat baik terhadap penulis*



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Rasa syukur yang begitu mendalam penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Selanjutnya penulis mengucapkan terima kasih seiring do'a dan harapan *jazakumullah ahsanul jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Imam Suprayogo, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Drs. Sutiman B. Sumitro, SU, DSc, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
3. Abdussakir, M.Pd, selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
4. Ari Kusumastuti, S.Si, M.Pd dan Ach. Nashichuddin, M.A selaku dosen pembimbing skripsi, yang telah memberikan banyak pengarahan dan pengalaman yang berharga.
5. Segenap civitas akademika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, terutama seluruh dosen, terima kasih atas segenap ilmu dan bimbingannya.
6. Ayahanda, Ibunda tercinta yang senantiasa memberikan do'a dan restunya kepada penulis dalam menuntut ilmu.

7. Saudara-saudara, terima kasih atas do'a dan motivasinya.
8. Sahabat-sahabat senasib seperjuangan mahasiswa Matematika 2008, terima kasih atas segala pengalaman berharga dan kenangan terindah saat menuntut ilmu bersama.
9. Sahabat-sahabat selama mengerjakan skripsi seperti Siti Tabiatul Hasanah, Khoirotul Isfiyanti, Lukman Hakim, Aulia Dewi Farizki dan teman-teman yang lain.
10. Semua pihak yang tidak mungkin penulis sebut satu persatu, terima kasih atas keikhlasan bantuan moral dan spiritual yang sudah diberikan pada penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan, dan 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, 16 Januari 2012

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGAJUAN	
HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	
MOTTO	
PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR SIMBOL.....	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
ملخص	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Metode Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 Matriks.....	8
2.2 Citra	11
2.3 Akuisisi Citra	13
2.4 Citra Warna (<i>True Color</i>).....	15
2.5 Citra Grayscale	16
2.6 Binerisasi	16
2.7 Penskalaan	17
2.8 Jaringan Syaraf Biologi	17
2.9 Jaringan Syaraf Tiruan.....	20
2.10 Jaringan Backpropagation	29
2.11 Konvergensi.....	37
2.12 Tes Rasio dan Deret Taylor	38
2.13 Spektroskopi Infra Merah.....	38
2.14 Kriteria Makanan Haram	41
2.14.1 Khabits	42
2.14.2 Organ Tubuh Manusia.....	46
BAB III PEMBAHASAN	48
3.1 Pendahuluan.....	48
3.2 Analisis Matematik.....	49
3.2.1 Interpolasi untuk Mendapatkan Grafik Pelatihan untuk Data Babi	49

3.2.2	Mencari Bentuk Kompleks dari Setiap Fungsi Aktivasi yang Akan Dibandingkan.....	54
3.2.3	Perbandingan Fungsi Aktivasi	58
3.2.4	Analisis Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner.....	84
3.2.5	Model JST	85
3.3	Simulasi Program	93
3.3.1	Kode Program	93
3.3.2	Uji Coba dengan Data	96
3.4	Aplikasi JST untuk Membantu Umat Islam dalam Mendeteksi Makanan yang Mengandung Babi	105
BAB IV PENUTUP		109
4.1	Kesimpulan	109
4.2	Saran	110
DAFTAR PUSTAKA		111



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Turunan Kedua Spektra Infra Merah Sapi dan Babi Dengan Alat FTIR	2
Gambar 2. 1 Citra Grayscale yang Diambil dalam Kotak Kecil pada Gambar itu Disimpan dalam Bentuk Angka-Angka dalam Memori Komputer ..	12
Gambar 2. 2 Pencitraan dengan Scanner.....	14
Gambar 2. 3 Contoh Proses Akuisisi Citra Digital (a) Obyek Yang Diambil Gambarnya, (b) Sumber Cahaya, (c) Sistem Pencitraan, (d) Bidang Citra, (e) Citra Digital	14
Gambar 2. 4 Jaringan Syaraf Biologi	18
Gambar 2. 5 Jaringan Syaraf Tiruan Sederhana.....	21
Gambar 2. 6 <i>Single Layer</i> Jaringan Syaraf Tiruan	23
Gambar 2. 7 <i>Multilayer</i> Jaringan Syaraf Tiruan	24
Gambar 2. 8 Lapisan Kompetitif.....	24
Gambar 2. 9 Fungsi Step.....	26
Gambar 2. 10 Fungsi Ramp	26
Gambar 2. 11 Fungsi Gauss	27
Gambar 2. 12 Fungsi Sigmoid Unipolar	27
Gambar 2. 13 Fungsi Sigmoid Bipolar	28
Gambar 2. 14 Fungsi Sigmoid Biner	29
Gambar 2. 15 Arsitektur Jaringan Backpropagation.....	30
Gambar 2. 16 FTIR Spektra dari <i>Pure Lard</i> dan <i>Mutton Body Fat (MBF) Pure MBF</i>	40
Gambar 2. 17 Hasil Spektra Semua Sampel Analisa Lemak Babi Menggunakan FTIR	41
Gambar 3. 1 Gambar Gelombang Spektra Babi	52
Gambar 3. 2 Gambar Gelombang Spektra sapi.....	54
Gambar 3. 3 Arsitektur Jaringan Backpropagation.....	86
Gambar 3. 4 Flowcart Pelatihan Jaringan Backpropagation.....	94
Gambar 3. 5 Koding Program Dimasukkan ke dalam Matlab	96
Gambar 3. 6 Grafik 3 Unit Jaringan dalam Satu Lapisan Tersembunyi	97
Gambar 3. 7 Grafik 4 Unit Jaringan dalam Satu Lapisan Tersembunyi	97
Gambar 3. 8 Grafik 5 Unit Jaringan dalam Satu Lapisan Tersembunyi	98
Gambar 3. 9 Grafik 30 Unit Jaringan dalam Satu Lapisan Tersembunyi	98
Gambar 3. 10 Grafik 40 Unit Jaringan dalam Satu Lapisan Tersembunyi	99
Gambar 3. 11 Gambar Gelombang Spektra Babi yang Pertama.....	100
Gambar 3. 12 Gambar Gelombang Spektra Babi yang Kedua	100
Gambar 3. 13 Gambar Gelombang Spektra Babi yang Ketiga	100
Gambar 3. 14 Gambar Gelombang Spektra Sapi yang Pertama	101
Gambar 3. 15 Gambar Gelombang Spektra Sapi yang Kedua.....	101
Gambar 3. 16 Gambar Gelombang Spektra Babi yang Ketiga	101
Gambar 3. 17 Tata Cara Membaca Tebakan Program.....	102
Gambar 3. 18 Program Menebak bahwa Gambar Gelombang Spektra itu adalah Gelombang Spektra Babi	102

Gambar 3. 19 Program Menebak bahwa Gambar Gelombang Spektra itu adalah Gelombang Spektra Babi	103
Gambar 3. 20 Program Menebak bahwa Gambar Gelombang Spektra itu adalah Gelombang Spektra Babi	103
Gambar 3. 21 Program Menebak bahwa Gambar Gelombang Spektra itu adalah Gelombang Spektra Sapi.....	104
Gambar 3. 22 Program Menebak bahwa Gambar Gelombang Spektra itu adalah Gelombang Spektra Sapi.....	104
Gambar 3. 23 Program Menebak bahwa Gambar Gelombang Spektra itu adalah Gelombang Spektra Sapi.....	105



DAFTAR SIMBOL

Simbol-simbol yang digunakan dalam skripsi ini adalah:

- L : Tes rasio
 n : Jumlah unit masukan
 o_n : keluaran dari neuron ke n
 α : Laju Pelatihan
 p : Jumlah unit tersembunyi
 β : Faktor skala
 δ_k : Merupakan unit kesalahan yang akan dipakai dalam perubahan bobot lapisan di bawahnya
 w_{kj} : Merupakan bobot dari unit lapisan tersembunyi
 v_{ji} : Merupakan bobot garis dari unit masukan x_i ke unit lapisan tersembunyi z_j

ABSTRAK

Fauji, Shofwan Ali. 2012. **Analisis Fungsi Aktivasi Jaringan Syaraf Tiruan untuk Mendeteksi Karakteristik Bentuk Gelombang Spektra Babi dan Sapi**. Skripsi. Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
Pembimbing: (I) Ari Kusumastuti, S.Si., M.Pd
(II) Ach. Nashichuddin, M.A

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) sedikit demi sedikit mulai mampu menggantikan tugas seorang pakar, bahkan dengan JST mampu dibuat alat untuk menggantikan seorang dokter. Salah satu jenis JST adalah jaringan *Backpropagation*, jaringan ini bisa digunakan untuk melakukan pelatihan agar program mampu mengenali apakah itu gelombang spektra babi atau sapi. Untuk menentukan keluaran dalam pelatihan *backpropagation* dibutuhkan fungsi aktivasi yang cocok. Karena itu pada penelitian ini akan dibandingkan beberapa fungsi aktivasi yang bisa digunakan dalam pelatihan. Fungsi aktivasi-fungsi aktivasi itu di uji coba dengan tes rasio untuk mengetahui interval kekonvergenannya. Dan setelah di uji coba dengan tes rasio didapatkan bahwa fungsi aktivasi $\tanh z$ adalah fungsi aktivasi yang paling bagus untuk dipakai pelatihan jaringan *backpropagation*, karena memiliki rentang bobot yang bisa memenuhi metode-metode yang dipakai dalam penentuan bobot. Dan setelah diuji coba dengan data, fungsi aktivasi $\tanh z$ mampu mengenali data uji coba dengan tepat semua. Dan diharapkan pada penelitian selanjutnya untuk meneliti interval bobot yang membuat pelatihan mencapai konvergensi dengan cepat dan errornya sedikit.

Kata Kunci: Jaringan Backpropagation, fungsi sigmoid biner, gelombang spektra sapi dan babi

ABSTRACT

Fauji, Shofwan Ali. 2012. **Analysis of the Activation Functions of Artificial Neural Network for Detecting Wave spectra characteristic Shape of Pigs and Cows**. Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, State Islamic University Malang Maulana Malik Ibrahim.

Supervisor: (I) Ari Kusumastuti, S.Si., M.Pd
(II) Ach. Nashichuddin, M.A

Artificial Neural Network (ANN) is beginning little by little to replace the task of an expert, even with the ANN can be a tool to replace a doctor. One of kind of ANN is Backpropagation networks, this network can be used to training programs in order to be able to recognize whether it is pig or cow wave spectra. To determine the output in backpropagation training required suitable activation functions. Therefore, in this research will be compared to some of the activation function that can be used in training. Activation functions will be tested with the ratio test to determine the interval convergence. And after tested with the ratio test it was found that the activation function $\tanh z$ was the best activation function to use the backpropagation network training, because it has a weight range that can meet the methods used in the determination of weights. And when tested with the data, the activation function $\tanh z$ is able to recognize correctly all trial datas. And expected in future research to examine the weight that makes the interval training to achieve fast convergence and the error bit.

Keyword: Backpropagation Networks, binary sigmoid function, wave spectra in the case of cows and pigs

ملخص

فوزي, صفوان علي. **تحليل وظيفة التفعيل الشبكات العصبية الاصطناعية في إكتشاف خصائص موجة الأطياف من الخنزير والبقر. الأطروحة.** قسم الرياضيات بكلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم بالانج.
مرشد: (١) أرى كو سوما ستوتى، الماجستير
(٢) أحمد نصيح الدين , الماجستير

بدأت الشبكات العصبية الاصطناعية شيئاً فشيئاً يستبدل وظيفة الخبير. بل ممكن أن جعلت الألة لإستبدال الطبيب. وفي مسألة تعريف موجة الأطياف من الخنزير والبقر. كانت شبكة باكروبيقيشن مستعملة لتجريب البرنامج لأجل تعرّف ما هي موجة الأطياف من الخنزير والبقر. لتعيين المحصول في تجريب فتحتاج وظيفة التفعيل المناسبة. ولذلك سوف يكون في هذه الدراسة مقارنة لبعض من وظيفة التنشيط التي يمكن استخدامها في التدريب. تم اختبار تنشيط وظيفة تنشيط وظيفة مع اختبار لتحديد نسبة فا صل تقارب. وبعد التجارب مع اختبار نسبة وجد أن وظيفة التنشيط $\tanh z$ كانت وظيفة أفضل لاستخدام التنشيط والتدريب ، لأنه يحتوي على مجموعة الوزن التي يمكن أن تلبي الأساليب المستخدمة في تحديد الأوزان. وعند اختبارها مع البيانات ، وتفعيل وظيفة $\tanh z$ هو قادرا على التعرف بشكل صحيح جميع التجارب. ويتوقع في الدراسات المستقبلية لفحص الوزن الذي يجعل فترة التدريب لتحقيق تقارب سريع و بت خطأ.

كلمات الرئيسية: شبكة باكروبيقيشن, وظيفة سيقمود بينر, موجة الأطياف من الخنزير والبقر

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

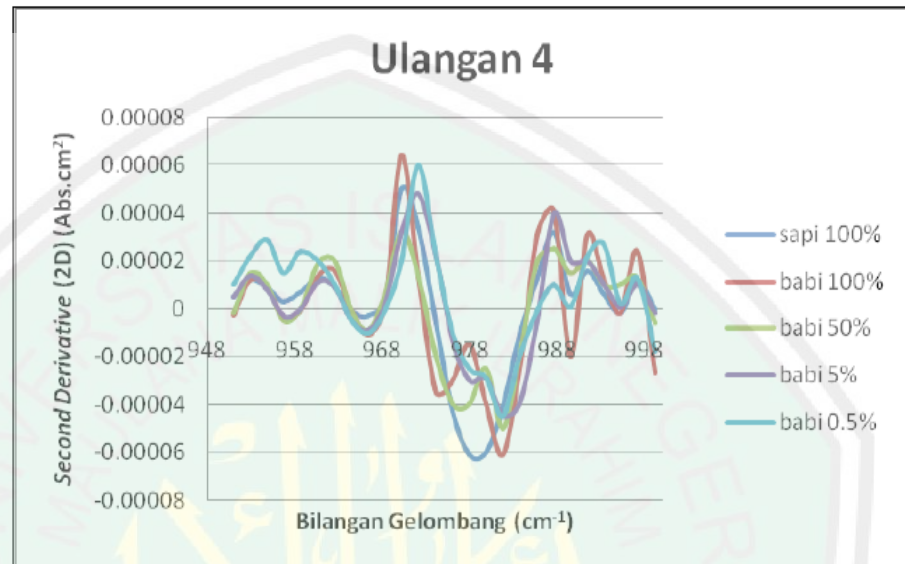
Babi adalah hewan yang haram dimakan. Berbagai penelitian ilmiah dan medis membuktikan bahwa dibandingkan hewan-hewan yang lain, babi tergolong paling berpotensi membawa virus dan bakteri yang membahayakan tubuh manusia (Ahmad, 2008:187). Semua jenis makanan yang diharamkan Allah SWT selalu bersifat kotor dan semua yang kotor mencakup semua obyek yang dapat merusak kehidupan, kesehatan, harta dan moral manusia (Ahmad, 2008:190). Haramnya babi bisa dilihat pada surat al-An'am ayat 145 di bawah ini.

قُلْ لَا أَجِدُ فِي مَا أُوحِيَ إِلَيَّ مُحَرَّمًا عَلَى طَاعِمٍ يَطْعَمُهُ إِلَّا أَنْ يَكُونَ مَيْتَةً أَوْ
دَمًا مَسْفُوحًا أَوْ لَحْمَ خَنزِيرٍ فَإِنَّهُ رِجْسٌ أَوْ فِسْقًا أُهْلًا لِغَيْرِ اللَّهِ بِهِ ۚ فَمَنِ
اضْطُرَّ غَيْرَ بَاغٍ وَلَا عَادٍ فَإِنَّ رَبَّكَ غَفُورٌ رَحِيمٌ ﴿١٤٥﴾

Katakanlah: "Tiadalah aku peroleh dalam wahyu yang diwahyukan kepadaKu, sesuatu yang diharamkan bagi orang yang hendak memakannya, kecuali kalau makanan itu bangkai, atau darah yang mengalir atau daging babi - karena Sesungguhnya semua itu kotor - atau binatang yang disembelih atas nama selain Allah. Barangsiapa yang dalam Keadaan terpaksa, sedang Dia tidak menginginkannya dan tidak (pula) melampaui batas, Maka Sesungguhnya Tuhanmu Maha -Pengampun lagi Maha Penyayang". (QS. Al-An'am [6]: 145)

Sebagai makhluk hidup babi juga memiliki protein, dari protein itulah dapat diketahui gelombang spektra babi. Untuk membandingkannya maka

digunakan gelombang spektra makanan yang halal dan sering dipakai sebagai bahan makanan masyarakat luas, yaitu sapi. Berikut gambar gelombang spektra sapi dan babi yang digambar dengan alat fourier transform (FTIR).



Gambar 1. 1 Turunan Kedua Spektra Infra Merah Sapi dan Babi Dengan Alat FTIR

Gambar di atas dianalisis dengan metode *second derivation*. Metode ini termasuk solusi statistik yang biasa digunakan rekayasawan dalam bekerja. Pada gambar itu tidak terlihat perbedaan yang jelas antara gelombang babi dan sapi sehingga otak manusia kesusahan untuk membedakan anatara gelombang sapi dan babi. Dalam skripsi Lhoppy Yulia Dwi Habsari yang berjudul *Identifikasi Pola Khas Spektra Infra Merah Protein Daging Sapi dan Babi Rebus Menggunakan Metode Second Derivative (2d)*, telah didapatkan bentuk khas antara gelombang spektra khas babi dan sapi dalam suatu interval bilangan gelombang. Sehingga otak manusia mampu membedakan antara gelombang spektra khas babi dan sapi.

Selanjutnya dalam penelitian ini akan dikaji kaitan jaringan syaraf tiruan (JST) dalam pendeteksian makanan yang mengandung babi atau tidak.

JST sangat menarik untuk dicoba dalam mendeteksi gelombang spektra daging sapi dan babi, untuk membedakan apakah itu daging sapi atau daging babi.

JST dipilih karena JST sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan syaraf biologi (Siang, 2009:2). Seperti halnya otak manusia, JST juga terdiri beberapa neuron dan ada hubungan antara neuron-neuron tersebut. Neuron-neuron tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya menuju ke neuron-neuron yang lain. Pada JST informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu yang disebut bobot. JST dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari jaringan syaraf biologi, dengan asumsi bahwa:

- a. Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen sederhana (*neuron*).
- b. Sinyal dikirimkan di antara neuron-neuron melalui penghubung-penghubung.
- c. Penghubung antar neuron memiliki bobot yang akan memperkuat dan memperlemah sinyal.
- d. Untuk menentukan keluaran, setiap neuron menggunakan fungsi aktivasi (biasanya non linier) yang dikenakan pada jumlahan masukan yang diterima. Besarnya keluaran ini selanjutnya dibandingkan dengan suatu batas ambang (Siang, 2009:2-3).

Dalam perkembangannya, JST juga telah banyak diterapkan pada bidang kedokteran (Suhartono, 2007:2-5). Aplikasi JST pada bidang ini antara lain untuk diagnosa *myocardial Infarction*, klasifikasi signal EEG, scan PET dan prediksi mekanisme efek perkembangan obat kanker.

Isu yang sampai sekarang masih merupakan pertanyaan terbuka dan banyak peneliti lakukan dalam penerapan JST untuk pemodelan runtun waktu adalah dalam rangka menjawab beberapa pertanyaan berikut :

- a. Bagaimana prosedur identifikasi yang tepat untuk menentukan variabel masukan awal sebagai kandidat yang sesuai?
- b. Bagaimana cara menentukan variabel masukan yang tepat?
- c. Bagaimana sifat-sifat estimator (parameter-parameter) pada JST?

Permasalahan terbuka yang ada berkaitan dengan JST, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan umum untuk mempelajari JST dalam kerangka analisis.

Sesuai uraian di atas, sebagai bentuk kepekaan peneliti masalah yang ada, maka peneliti akan mengkaji tentang *Analisis Fungsi Aktivasi Jaringan Syaraf Tiruan untuk Mendeteksi Karakteristik Bentuk Gelombang Spektra Babi dan Sapi*.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana analisis fungsi aktivasi JST dan simulasi program JST dalam mendeteksi gelombang spektra babi dan sapi?

1.3 Tujuan

Mendapatkan analisis fungsi aktivasi JST dan simulasi JST program dalam mendeteksi gelombang spektra babi dan sapi.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Untuk menerapkan konsep fungsi aktivasi JST untuk efektifitas program pengenalan pola.
2. Mendapatkan fungsi aktivasi yang cocok dan interval bobot yang membuat pelatihan JST dalam mendeteksi gelombang spektra babi dan sapi berhasil.
3. Dapat dijadikan alat pendeteksi makanan yang mengandung babi atau tidak.

1.5 Batasan Masalah

1. Analisis matematik meliputi analisis bobot, analisis kekonvergenan bobot dan algoritma program.
2. Pendeteksian gelombang dengan cara membuat citra (berupa gambar) spektra gelombang sapi dan babi.
3. Jaringan syaraf tiruan diaplikasikan untuk pengenalan pola citra babi dan sapi.
4. Jaringan syaraf tiruan yang dipakai pada penelitian ini adalah jaringan Backpropagation, dengan satu lapisan tersembunyi dan fungsi aktivasinya adalah fungsi sigmoid biner.

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian dalam tulisan ini adalah menganalisis secara matematik JST gelombang sapi dan babi terlebih dahulu, baru kemudian mengimplementasikan hasil analisis tadi ke dalam program. Karena dalam

pembuatan program biasanya terjadi banyak kesalahan sehingga pembuatan program menjadi lama. Oleh karena itu sebelum membuat program, teori-teori dalam JST dianalisis secara matematik agar didapatkan teori-teori baru agar program berhasil dengan cepat pembuatannya.

1. Menganalisis konsep matematik JST gelombang sapi dan babi, di antaranya:
 - a. Uji interval bobot, kekonvergenan bobot
 - b. Menganalisis secara matematik proses pelatihan program
2. Mengimplementasikan analisa konsep matematik JST gelombang sapi dan babi ke dalam program, dengan langkah-langkah:
 - a. Akuisisi data
 - b. Pengolahan citra
 - c. Membuat program training JST
 - d. Training data dengan JST
 - e. Uji coba hasil training
 - f. *Release* program

Jika dalam *release* program, program gagal mengenali citra gelombang. Maka metode akan kembali lagi ke awal untuk memperbaiki kesalahan yang terjadi dalam pembuatan program, sampai program berhasil mengenali citra dengan sempurna.

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis menggunakan sistematika penulisan yang terdiri dari 4 bab, dan masing-masing bab dibagi dalam subbab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini meliputi beberapa sub bahasan yaitu latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini penulis menjelaskan beberapa teori-teori yang berhubungan dengan penelitian, di antaranya adalah Citra, Matriks, kekonvergenan dan Jaringan *Backpropagation*.

BAB III PEMBAHASAN

Pada bab ini penulis menjelaskan perbandingan fungsi aktivasi, dengan cara meneliti interval kekonvergenan tiap-tiap fungsi aktivasi yang diteliti dari menguji coba program dengan data, data yang dipakai adalah gambar yang dihasilkan dari interpolasi.

BAB IV PENUTUP

Pada bab ini penulis memberikan kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan yang dilengkapi dengan saran-saran yang berkaitan dengan hasil penelitian ini.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Matriks

Matriks adalah jajaran elemen berbentuk empat persegi panjang (Purwanto, 2005: 21-22). Bentuk (ukuran) matriks ditentukan oleh banyaknya baris dan kolom. Untuk selanjutnya matriks matriks yang mempunyai m baris dan n kolom dituliskan sebagai matriks berukuran $m \times n$ (misalnya matriks A berukuran 3×4), dan ukuran ini biasa disebut dengan ordo matriks. Berikut ini adalah beberapa contoh matriks.

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 1 & 4 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 6 \\ 7 \end{bmatrix} \quad C = [5 \quad 4 \quad 8]$$

Matriks-matriks di atas ber-ordo, $A = 2 \times 2$, $B = 2 \times 1$ dan $C = 1 \times 3$. Matriks yang mempunyai hanya satu baris dinamakan matriks baris seperti matriks C , sedangkan matriks yang hanya mempunyai satu kolom disebut matriks kolom seperti matriks B , atau sering juga disebut dengan vektor.

Diberikan suatu sistem persamaan linier umum yang terdiri dari m persamaan dan n variabel sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 a_{1,1} * x_1 + a_{1,2} * x_1 + a_{1,3} * x_1 + \cdots + a_{1,n} * x_1 &= d_1 \\
 a_{2,1} * x_2 + a_{2,2} * x_2 + a_{2,3} * a_2 + \cdots + a_{2,n} * x_2 &= d_2 \\
 \vdots & \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \ddots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\
 a_{m,1} * x_n + a_{m,2} * x_1 + a_{m,3} * x_1 + \cdots + a_{m,n} * x_n &= d_m
 \end{aligned}$$

Bilangan $a_{m,n}$ merupakan koefisien dari variabel ke- n pada persamaan ke- m , sedangkan bilangan d_m menyatakan bilangan konstanta di ruas kanan pada persamaan ke- m .

Koefisien tersebut dapat ditulis ke dalam bentuk matriks berikut:

$$\begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & a_{1,3} & \cdots & a_{1,n} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & a_{2,3} & \cdots & a_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m,1} & a_{m,2} & a_{m,3} & \cdots & a_{m,n} \end{bmatrix}$$

Bentuk matriks di atas disebut matriks koefisien (koefisien dari variabel yang tidak muncul bernilai nol). Konstanta di ruas kanan juga ditulis sebagai matriks kolom:

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_m \end{bmatrix}$$

Matriks disebut matriks konstanta. Matriks ini biasanya dituliskan bersamaan dengan matriks koefisien yaitu dengan menambahkan satu kolom terakhir. Matriks konstanta yang digabung dengan matriks koefisien disebut dengan matriks yang diperbesar atau matriks lengkap. Dengan demikian matriks lengkap dari sistem persamaan linier di atas adalah:

$$\begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & a_{1,3} & \cdots & a_{1,n} & d_1 \\ a_{2,1} & a_{2,2} & a_{2,3} & \cdots & a_{2,n} & d_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ a_{m,1} & a_{m,2} & a_{m,3} & \cdots & a_{m,n} & d_m \end{bmatrix}$$

Seperti halnya bilangan riil, matriks-matriks juga bisa ditambahkan, dikurangkan dan dikalikan dengan cara yang berguna (Anton, 2000:47-50).

Definisi. Dua matriks didefinisikan sama jika keduanya mempunyai ukuran yang sama dan unsur-unsurnya berpadanan sama.

Dalam notasi matriks, $A = [a_{ij}]$ dan $B = [b_{ij}]$ mempunyai ukuran yang sama, maka $A = B$ jika dan hanya jika $a_{ij} = b_{ij}$ untuk semua i dan j . Contohnya adalah:

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 4 \\ 6 & 5 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 3 & 4 \\ 6 & 5 \end{bmatrix}$$

Dari contoh itu terlihat bahwa matriks A dan B sama secara ukuran dan unsur-unsurnya.

Definisi. Jika A dan B adalah matriks-matriks berukuran sama, maka jumlah $A + B$ adalah matriks yang diperoleh dengan menambahkan unsur-unsur matriks A dengan unsur-unsur B yang berpadanan. $A - B$ adalah matriks yang diperoleh dengan mengurangkan unsur-unsur A dengan unsur-unsur B yang berpadanan. Matriks-matriks berukuran berbeda tidak bisa ditambahkan atau dikurangkan.

Definisi. Jika A adalah sebarang matriks dan c adalah sebarang skalar, maka hasil kali cA adalah matriks yang diperoleh dengan mengalikan setiap unsur A dan c .

Definisi. Jika A adalah sebuah matriks $m \times r$ dan B adalah sebuah matriks $r \times n$, maka hasil kali AB adalah matriks $m \times n$ yang unsur-unsurnya didefinisikan sebagai berikut. Untuk mencari unsur dalam baris i dan kolom j dari AB , pilih baris i dari matriks A dan kolom j dari matriks

***B.** Kalikan unsur-unsur yang berpadanan dari baris dan kolom secara bersama-sama dan kemudian jumlahkan hasil kalinya.*

Definisi. Perkalian matriks mensyaratkan bahwa jumlah kolom matriks **A** sama dengan jumlah baris matriks **B** untuk membentuk hasil kali **AB**. Jika syarat ini tidak terpenuhi, hasil kalinya tidak terdefinisi.

2.2 Citra

Citra adalah suatu representasi (gambaran), kemiripan, atau imitasi dari suatu objek (Sutoyo, 2009:9). Citra sebagai keluaran suatu sistem perekaman data dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal video seperti gambar pada monitor televisi atau bersifat digital yang dapat langsung disimpan pada suatu media penyimpanan. Citra dapat dibagi menjadi dua, yaitu citra analog dan citra digital.

Citra analog adalah citra yang bersifat kontinu, seperti gambar pada monitor televisi, foto sinar X, foto yang tercetak di kertas foto, lukisan, pemandangan alam, hasil CT scan dan lain sebagainya (Sutoyo, 2009:9). Citra analog tidak dapat dipresentasikan dalam komputer sehingga tidak bisa diproses di komputer secara langsung. Oleh sebab itu, agar citra ini dapat diproses di komputer, proses konversi analog ke digital harus dilakukan terlebih dahulu. Citra analog dihasilkan dari alat-alat analog di antaranya adalah video kamera analog, kamera foto analog dan CT scan.

Citra digital adalah citra yang dapat diolah oleh komputer (Sutoyo, 2009:9). Perhatikan Gambar 2.1. Sebuah citra grayscale berukuran 165×220 piksel diambil sebagian kecil dengan ukuran 22×23 piksel yaitu yang terlihat

pada kotak kecil. Jadi sebagian kecil itu adalah contoh bahwa citra digital disimpan memori komputer dalam bentuk angka-angka yang menunjukkan besar intensitasnya pada masing-masing piksel tersebut.



Gambar 2. 1 Citra Grayscale yang Diambil dalam Kotak Kecil pada Gambar itu Disimpan dalam Bentuk Angka-Angka dalam Memori Komputer

Seperti dijelaskan di atas bahwa citra grayscale yang diambil dalam kotak kecil pada gambar itu disimpan dalam bentuk angka-angka dalam memori komputer. Angka-angka itu adalah suatu matriks yang terdiri dari n kolom dan m baris, dan perpotongan antara kolom dan baris disebut piksel yaitu elemen terkecil dari sebuah citra (Sutoyo, 2009:20). Piksel mempunyai dua parameter yaitu koordinat dan intensitas (warna) dari piksel. Nilai yang terdapat pada koordinat (x, y) adalah $f(x, y)$, yaitu besar intensitas (warna) dari piksel di titik itu. Oleh sebab itu, citra digital dapat ditulis dalam bentuk matriks berikut.

$$f(x) = \begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,2) & \cdots & f(1,n) \\ f(2,1) & f(2,2) & \cdots & f(2,n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(m,1) & f(m,2) & \cdots & f(m,n) \end{bmatrix}$$

Berdasarkan gambaran tersebut, secara matematis citra digital dapat dituliskan sebagai fungsi intensitas $f(x, y)$, dan harga x (baris) dan y (kolom) merupakan koordinat posisi dan $f(x, y)$ adalah nilai fungsi pada setiap titik (x, y) yang menyatakan besar intensitas citra atau tingkat keabuan atau warna dari piksel di titik tersebut. Contohnya adalah matriks pada Gambar 2.1, jika di ambil baris ke-1 dan kolom ke-23, maka $f(1,23) = 209$.

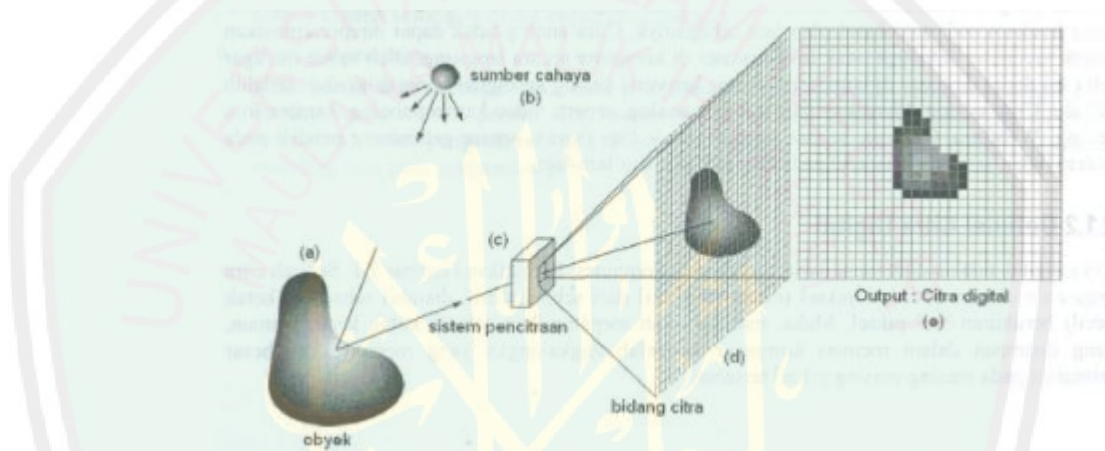
2.3 Akuisisi Citra

Akuisisi citra adalah tahap awal untuk mendapatkan citra digital (Sutoyo, 2009: 7). Tujuan akuisisi citra adalah untuk menentukan data yang diperlukan dan memilih metode perekaman citra digital. Tahap ini dimulai dari objek yang akan diambil gambarnya, persiapan alat-alat, sampai pada pencitraan. Pencitraan adalah proses untuk mentransformasi citra analog menjadi citra digital. Beberapa alat yang dapat digunakan untuk pencitraan di antaranya adalah video kamera, kamera digital, scanner dan sinar infra merah. Hasil dari akuisisi citra ini ditentukan oleh kemampuan sensor untuk mendigitalisasi sinyal yang terkumpul pada sensor tersebut. Kemampuan digitalisasi alat ditentukan oleh resolusi gambar alat tersebut. Salah satu contoh adalah Gambar 2.2 berikut ini



Gambar 2. 2 Pencitraan dengan Scanner

Proses akuisisi citra dapat digambarkan pada Gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2. 3 Contoh Proses Akuisisi Citra Digital (a) Obyek Yang Diambil Gambarnya, (b) Sumber Cahaya, (c) Sistem Pencitraan, (d) Bidang Citra, (e) Citra Digital

Proses akuisisi citra diawali dari sebuah objek yang diambil gambarnya untuk dijadikan citra digital. Sumber cahaya diperlukan untuk menerangi objek, yang berarti ada intensitas cahaya yang diterima oleh objek (Sutoyo, 2009:11). Oleh objek, intensitas cahaya ini sebagian diserap dan sebagian lagi dipantulkan ke lingkungan sekitar objek radial. Sistem pencitraan menerima sebagian dari intensitas cahaya yang dipantul oleh objek tadi. Di dalam sistem pencitraan terdapat sensor optik yang digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya yang masuk ke dalam sistem. Dalam hal ini sensor optik atau cahaya adalah sensor yang mendeteksi perubahan cahaya dari sumber cahaya, pantulan cahaya ataupun bias cahaya yang mengenai

benda atau ruangan. Keluaran dari sensor ini berupa arus yang besarnya sebanding dengan intensitas cahaya yang mengenainya. Arus tersebut kemudian dikonversi menjadi data digital yang kemudian dikirimkan ke unit penampil atau unit pengolah lainnya. Secara keseluruhan hasil keluaran sistem pencitraan berupa citra digital.

2.4 Citra Warna (*True Color*)

Sebelum membahas mengenai citra warna, ditunjukkan terlebih dahulu perbandingan gradasi warna dengan jumlah bit seperti di bawah ini.

$$1 \text{ bit} = 2^1 = 2 \text{ variasi warna}$$

$$2 \text{ bit} = 2^2 = 4 \text{ variasi warna}$$

$$3 \text{ bit} = 2^3 = 16 \text{ variasi warna}$$

$$4 \text{ bit} = 2^4 = 16 \text{ variasi warna}$$

$$8 \text{ bit} = 2^8 = 256 \text{ variasi warna}$$

$$16 \text{ bit} = 2^{16} = 65536 \text{ variasi warna}$$

$$24 \text{ bit} = 2^{24} = 16777216 \text{ variasi warna}$$

$$32 \text{ bit} = 2^{32} = 4294967296 \text{ variasi warna}$$

Setiap piksel pada citra warna yang merupakan kombinasi tiga warna dasar (RGB= *Red* (merah), *Green* (hijau), *Blue* (biru)) sehingga citra warna disebut juga warna RGB (Sutoyo, 2009:22-23). Setiap warna dasar menggunakan penyimpanan 8 bit = 1 *byte*, yang mempunyai kombinasi warna sebanyak $2^8 \cdot 2^8 \cdot 2^8 = 2^{24} = 16$ juta warna lebih. Itulah sebabnya format ini dinamakan *true color* karena mempunyai jumlah warna yang cukup besar sehingga bisa dikatakan hampir semua warna di alam.

Karena setiap piksel citra warna merupakan kombinasi tiga warna maka setiap piksel citra warna disimpan dalam memori komputer dalam 3 matriks yaitu matriks merah, matriks hijau dan matriks biru.

2.5 Citra Grayscale

Tiga matriks dalam citra warna dapat dirubah menjadi 1 matriks grayscale dan hasilnya disebut citra grayscale agar lebih mudah dalam penghitungan selanjutnya dalam pengolahan citra. Dalam citra ini hanya mengandung warna hitam, keabuan dan putih (Putra, 2010:40).

2.6 Binerisasi

Sebelum membahas binerisasi, dibahas dulu mengenai citra biner. Citra biner adalah citra digital yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai piksel yaitu hitam dan putih (Putra, 2010:40). Pada pengolahan citra digital membutuhkan memori komputer yang jauh lebih besar dibanding pengolahan teks (Sutoyo, 2009:133). Selanjutnya untuk menghemat kebutuhan memori, citra grayscale yang diubah ke tingkat yang hanya mengandung informasi hitam dan putih pada piksel-piksel penyusunannya, yaitu dengan citra biner. Sehingga operasi dapat tetap dijalankan walaupun memori yang tersedia relatif kecil.

Untuk melakukan binerisasi dapat menggunakan teknik *dithering*. Secara definisi, *dithering* adalah teknik untuk mensimulasikan tampilan gradasi warna yang tinggi, padahal gradasi warna yang ditampilkan sebenarnya bukan dari gradasi warna citra tersebut (Sutoyo, 2009:145).

Parameter yang akan diubah sebenarnya adalah besarnya titik dan kerapatan titik. Hal ini dilakukan untuk memperoleh kualitas citra yang hampir sama dengan citra aslinya. Sebagai contoh, bila citranya berwarna (ukuran file citra relatif besar), dithering melakukannya dengan cara mengurangi jumlah warna (ukuran file citra menjadi relatif kecil), dan menyusun kembali piksel-piksel tetangga yang gradasi warnanya rendah tadi menjadi pola-pola piksel yang mampu mensimulasikan gradasi warna tinggi. *Dithering* memiliki beberapa metode, di antaranya adalah *Thresholding*, *patterning*, *random dither*, *ordered dither* dan *error diffusion*. Dan disini metode yang digunakan adalah metode *otsu*.

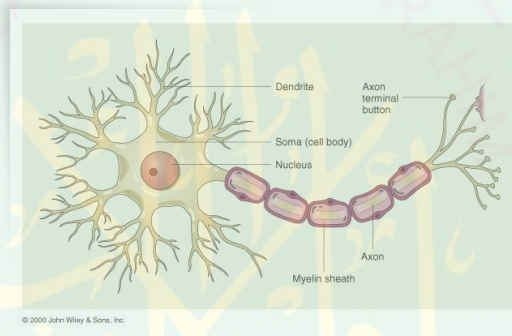
2.7 Penskalaan

Penskalaan adalah sebuah operasi geometri yang memberikan efek memperbesar atau memperkecil ukuran citra masukan sesuai variabel penskalaan citra-nya (Putra, 2010:159). Ukuran baru hasil penskalaan didapat melalui perkalian antara ukuran citra masukan dengan variabel penskalaan. Dan penskalaan yang digunakan adalah interpolasi bikubik.

2.8 Jaringan Syaraf Biologi

Jaringan syaraf biologi terdiri atas banyak elemen pemroses sederhana yang disebut neuron, sel, unit atau simpul (Putra, 2010:344). Sebagai bahan perbandingan, otak seekor cacing diperkirakan memiliki 1000 neuron dan otak manusia memiliki sekitar 100 miliar. Setiap sel syaraf berhubungan dengan sel syaraf lainnya memakai saluran komunikasi yang teratur dengan suatu bobot

penghubung. Neuron bekerja berdasarkan impuls atau sinyal yang diberikan pada neuron (Siang, 2009:1-2). Neuron meneruskannya pada neuron lain. Diperkirakan manusia memiliki 10^{12} neuron dan $6,10^{18}$ sinapsis. Dengan jumlah yang begitu banyak, otak mampu mengenali pola, melakukan perhitungan dan mengontrol organ-organ tubuh dengan kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan komputer digital. Sebagai perbandingan, pengenalan wajah seseorang yang sedikit berubah (misal memakai topi, memiliki jenggot, dan lain-lain) akan lebih cepat dilakukan manusia dibandingkan komputer.



Gambar 2. 4 Jaringan Syaraf Biologi

Gambar 2.4 adalah contoh jaringan syaraf biologi atau lebih tepatnya neuron yang ada dalam otak manusia. Pada waktu lahir, otak mempunyai struktur yang menakjubkan karena kemampuannya membentuk sendiri aturan-aturan atau pola berdasarkan pengalaman yang diterima. Jumlah dan kemampuan neuron berkembang seiring dengan pertumbuhan fisik manusia, terutama pada umur 0-2 tahun. Pada 2 tahun pertama umur manusia terbentuk 1 juta sinapsis per-detiknya.

Pada dasarnya neuron memiliki 4 daerah utama, yaitu:

1. Sel Tubuh atau Soma

Sel tubuh atau soma merupakan jantungnya sel yang memiliki inti (*nucleus*). Soma bertugas memproses nilai masukan dari semua dendrit yang terhubung dengannya menjadi suatu keluaran. Soma memiliki dua cabang yaitu dendrit dan axon.

2. Dendrit

Dendrit merupakan suatu perluasan dari soma yang menyerupai rambut dan bertindak sebagai saluran untuk menerima masukan dari sel syaraf lainnya melalui sinapsis.

3. Axon

Neuron biasanya hanya memiliki satu axon yang tumbuh dari bagian soma dan disebut dengan *axon hillock*. Axon menyalurkan sinyal elektrik yang dihasilkan pada bagian bawah dari *axon hillock*. Sinyal elektrik digunakan oleh neuron untuk menyampaikan informasi atau sinyal ke otak dengan semua sinyal sama. Oleh karena itu, otak menentukan jenis informasi yang diterima berdasarkan jalur yang membawa sinyal. Otak kemudian menganalisis dan menafsirkan jenis informasi yang diterima. *Myelin* adalah materi lemak yang melindungi syaraf. Fungsinya seperti lapisan pelindung pada kabel listrik dan memudahkan syaraf untuk mengirim impulsnya dengan cepat. Tidak semua bagian axon terbungkus dengan *myelin*. Bagian yang tidak terbungkus ini disebut *nodus ranvier*. Pada nodus ini, sinyal yang mengalir dan mengalami penurunan akan diperkuat lagi. Hal ini akan memastikan bahwa perjalanan sinyal pada axon mengalir cepat dan tetap konsisten.

4. Sinapsis

Sinapsis merupakan bagian kontak (tempat) terjadinya pertukaran sinyal antar dua neuron. Neuron sebenarnya secara fisik tidak berhubungan. Mereka dipisahkan oleh *synaptic cleft*. Neuron yang mengirim sinyal disebut dengan sel *presynaptic*, sedangkan neuron yang menerima sinyal disebut dengan sel *postsynaptic* (Putra, 2010:345-346).

Neuron biologi merupakan sistem yang “*fault tolerant*” dalam 2 hal (Siang, 2009:2). Pertama, manusia dapat mengenali sinyal masukan yang agak berbeda dari yang pernah kita terima sebelumnya. Sebagai contoh, manusia sering dapat mengenali seseorang yang wajahnya pernah dilihat dari foto, atau dapat mengenali seseorang yang wajahnya agak berbeda karena sudah lama tidak ditemuinya.

Kedua, otak manusia tetap mampu bekerja meskipun beberapa neuronnya tidak mampu bekerja dengan baik. Jika sebuah neuron rusak, neuron lain kadang-kadang dapat dilatih untuk menggantikan fungsi sel yang rusak tersebut.

2.9 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan merupakan model jaringan syaraf yang meniru prinsip kerja dari neuron otak manusia (Putra, 2010:344). JST pertama kali muncul setelah model sederhana dari neuron buatan diperkenalkan oleh McCulloch dan Pitts pada tahun 1943. Model sederhana tersebut dibuat berdasarkan fungsi neuron biologis yang merupakan dasar unit pensinyalan dari sistem syaraf.

JST memiliki beberapa kemampuan seperti yang dimiliki otak manusia, yaitu:

1. Kemampuan untuk belajar dari pengalaman.

2. Kemampuan melakukan perumpamaan terhadap masukan baru dari pengalaman yang dimilikinya.
3. Kemampuan memisahkan karakteristik penting dari masukan yang mengandung data yang tidak penting.

JST ditentukan oleh 3 hal (Siang, 2009:3):

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

Sebagai contoh, perhatikan neuron Y pada gambar 2.5



Gambar 2. 5 Jaringan Syaraf Tiruan Sederhana

Y menerima input dari neuron X_1, X_2 dan X_3 dengan bobot hubungan masing-masing adalah w_1, w_2 dan w_3 . Ketiga impuls neuron yang ada dijumlahkan.

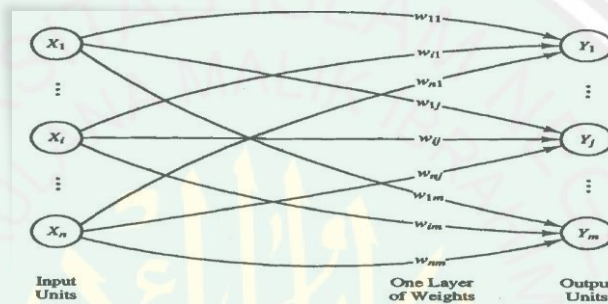
$$net = X_1w_1 + X_2w_2 + X_3w_3 \quad (2.1)$$

Besarnya impuls yang diterima oleh Y mengikuti fungsi aktivasi $y = f(net)$. Apabila nilai fungsi aktivasi cukup kuat, maka sinyal akan diteruskan. Nilai fungsi aktivasi (keluaran model jaringan) juga dapat dipakai sebagai dasar untuk merubah bobot.

JST dapat diaplikasikan kedalam pengenalan pola. Secara umum pengenalan pola adalah suatu ilmu untuk mengklasifikasikan atau menggambarkan sesuatu berdasarkan pengukuran kuantitatif fitur (ciri) atau sifat utama dari suatu objek (Putra, 2010:303). Pola sendiri adalah suatu entitas yang terdefinisi dan dapat diidentifikasi serta diberi nama. Sidik jari adalah suatu contoh pola. Pola bisa merupakan kumpulan hasil pengukuran atau pemantauan dan bisa dinyatakan dalam notasi matriks atau vektor. Pengenalan pola telah dikembangkan adalah pengenalan secara otomatis karakter tulisan tangan (angka atau huruf), dengan variasi yang sangat banyak di ukuran, posisi dan gaya tulisan (Fausett, 1994:8-9). Seperti jaringan Backpropagation yang telah digunakan untuk mengenali tulisan tangan kode pos.

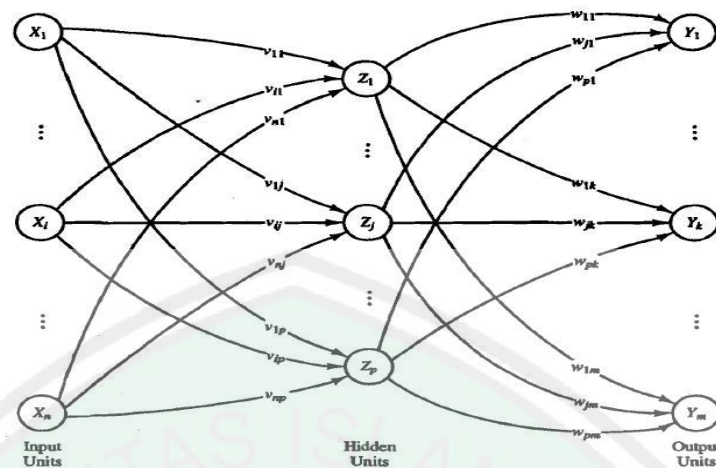
Untuk membuat JST dapat melakukan pengenalan pola yang akurat maka dibutuhkan arsitektur jaringan yang cocok untuk menyusun neuron yang sesuai kita butuhkan. Neuron-neuron dalam lapisan yang sama memiliki cara kerja yang sama (Fausett, 1994:12). Faktor kunci untuk menentukan kebiasaan neuron adalah pada fungsi aktivasi dan pola hubungan antar bobot yang mengirim dan menerima sinyal. Dalam setiap lapisan, neuron-neuron biasanya memiliki fungsi aktivasi yang sama dan pola hubungan yang sama dengan neuron yang lain. Mengatur neuron-neuron dalam lapisan dan mengoneksikan pola dalam dan antara lapisan-lapisan disebut arsitektur jaringan. Arsitektur jaringan dalam JST seringkali diklasifikasikan sebagai jaringan lapisan tunggal dan lapisan jamak tapi sebenarnya masih ada satu jaringan yaitu jaringan lapisan kompetitif.

Jaringan lapisan tunggal memiliki satu lapisan bobot koneksi (Fausett, 1994:12). Seringkali disebut unit masukan yang menerima sinyal dari dunia luar, dan unit keluaran yang merupakan respon dari unit masukan. Dalam lapisan tunggal, unit masukan sepenuhnya terhubung ke unit keluaran tetapi tidak terhubung ke unit masukan yang lain, dan unit keluaran tidak terhubung ke unit keluaran lainnya. Contohnya adalah gambar 2.6 berikut ini.



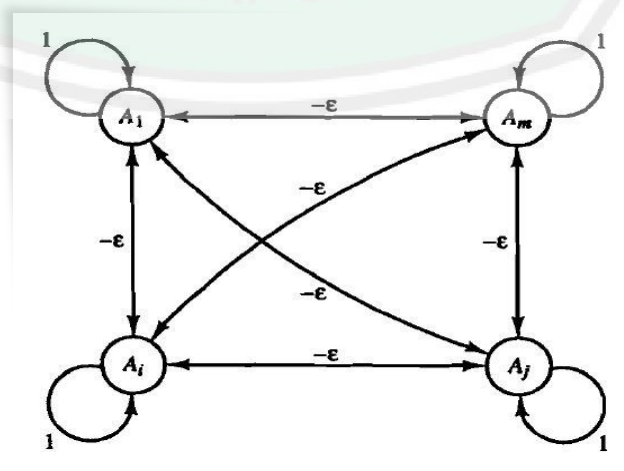
Gambar 2. 6 Single Layer Jaringan Syaraf Tiruan

Sedangkan jaringan lapisan jamak merupakan suatu jaringan dengan satu atau lebih lapisan dari tangkai antara unit masukan dan unit keluaran (Fausett, 1994:14). Biasanya, ada lapisan bobot antara lapisan masukan dan lapisan keluaran yaitu lapisan tersembunyi. Jaringan lapisan jamak dapat menyelesaikan masalah lebih rumit dari jaringan tunggal, tetapi pelatihan dapat lebih sulit. Namun, dalam beberapa kasus, pelatihan dengan jaringan lapisan jamak dapat lebih berhasil, karena ada kemungkinan dapat memecahkan masalah yang tidak dapat dilatih untuk melakukan dengan benar sama sekali pada jaringan lapisan tunggal. Contohnya adalah gambar 2.7 berikut ini.



Gambar 2. 7 Multilayer Jaringan Syaraf Tiruan

Dan dalam model jaringan lapisan kompetitif, jaringan terdiri dari dua lapisan, yaitu lapisan masukan dan lapisan kompetitif (Siang, 2009:28-29). Lapisan masukan menerima data dari luar. Lapisan kompetitif berisi neuron-neuron yang saling berkompetisi untuk memperoleh kesempatan merespon sifat-sifat yang ada dalam data masukan. Neuron yang memenangkan kompetisi akan memperoleh sinyal yang berikutnya ia teruskan. Bobot neuron pemenang akan dimodifikasi sehingga lebih menyerupai data masukan. Salah satu contoh jaringan kompetitif adalah jaringan *Maxnet*. Gambar jaringan lapisan kompetitif dapat diilustrasikan dengan gambar 2.8 berikut ini.



Gambar 2. 8 Lapisan Kompetitif

Selain arsitektur jaringan yang digunakan dalam pelatihan, JST masih dapat dibagi lagi menurut jenis pelatihannya. Dalam JST ada dua macam pelatihan yang dikenal, yaitu pelatihan terbimbing dan tak terbimbing (Siang, 2009:28-29).

Dalam pelatihan terbimbing, terdapat sejumlah pasangan data (masukan dan keluaran) yang dipakai untuk melatih jaringan hingga diperoleh bobot yang diinginkan. Pasangan data tersebut berfungsi sebagai “guru” untuk melatih jaringan hingga diperoleh bentuk yang terbaik. “Guru” akan memberikan informasi yang jelas tentang bagaimana sistem harus mengubah dirinya untuk meningkatkan kerjanya.

Pada setiap kali pelatihan, suatu input diberikan ke jaringan. Jaringan akan memproses dan mengeluarkan keluaran. Selisih antara keluaran jaringan dengan target (keluaran yang diinginkan) merupakan error. Jaringan akan memodifikasi bobot sesuai dengan error tersebut.

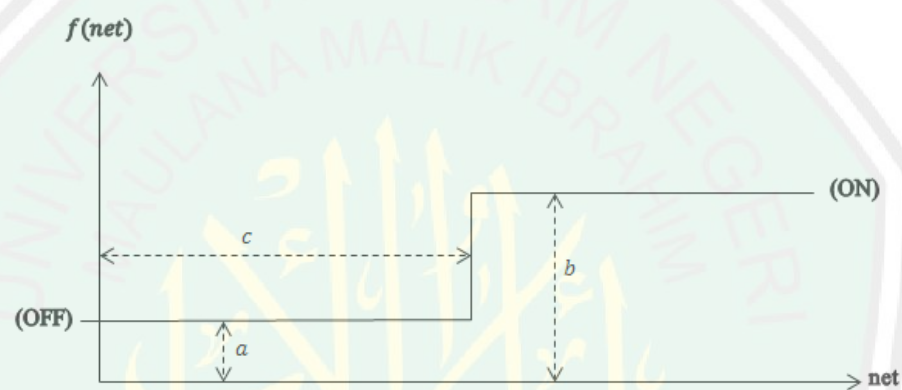
Sebaliknya, dalam pelatihan tak terbimbing tidak ada guru yang akan mengarahkan proses pelatihannya, perubahan bobot jaringan dilakukan berdasarkan parameter tertentu dan jaringan dimodifikasi menurut ukuran parameter tersebut. Contohnya adalah jaringan lapisan kompetitif.

Selain arsitektur jaringan dan jenis pelatihan yang tidak kalah penting dalam JST adalah fungsi aktivasi. Kegunaan fungsi aktivasi sudah dijelaskan di atas, yaitu untuk menentukan keluaran. Banyak fungsi aktivasi yang dapat dipakai di antaranya fungsi-fungsi goniometri dan hiperboliknya, fungsi unit step, impuls, dan sigmoid (Purnomo, 2006:21-24). Tetapi yang lazim

digunakan adalah fungsi sigmoid, karena dianggap lebih mendekati kinerja sinyal pada otak manusia. Pada umumnya fungsi aktivasi membangkitkan sinyal-sinyal unipolar atau bipolar. Fungsi sigmoid, dapat juga dibuat untuk jenis unipolar maupun bipolar.

Fungsi step

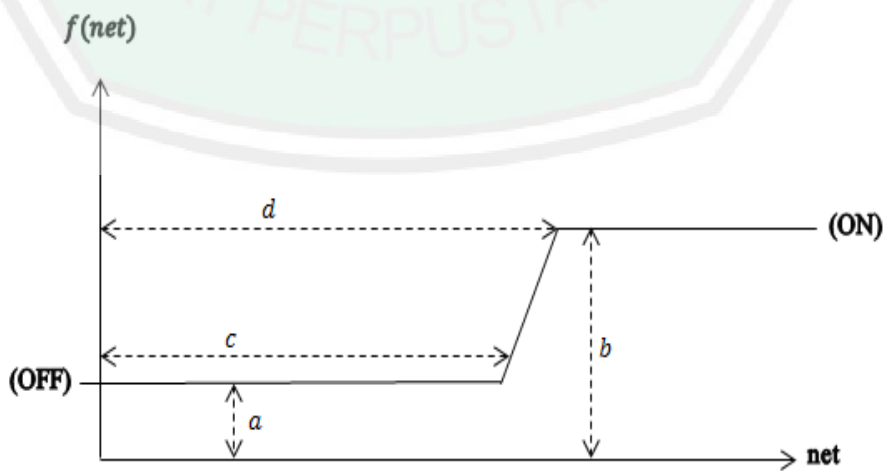
$$f(\text{net}) = \begin{cases} a & \text{bila } \text{net} < c \\ b & \text{bila } \text{net} > c \end{cases} \quad (2.2)$$



Gambar 2. 9 Fungsi Step

Fungsi ramp

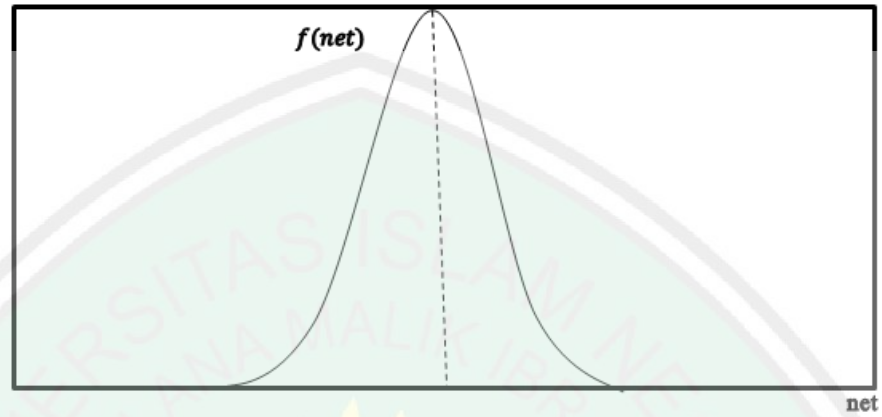
$$f(\text{net}) = \begin{cases} a & \text{if } \text{net} < c \\ b & \text{if } \text{net} > d \\ a + \frac{(\text{net} - c)(b - a)}{d - c} & \text{if } c < \text{net} < d \end{cases} \quad (2.3)$$



Gambar 2. 10 Fungsi Ramp

Fungsi gauss

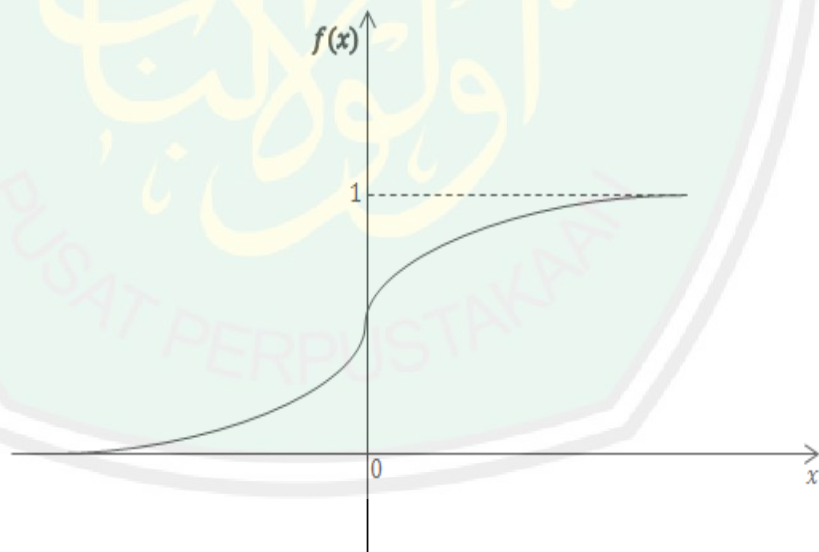
$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{net - \mu}{\sigma}\right)^2\right)} \quad (2.4)$$



Gambar 2. 11 Fungsi Gauss

Fungsi sigmoid unipolar

$$f(x) = \left(\frac{1}{1 + e^{-f(x)}}\right) \quad (2.5)$$



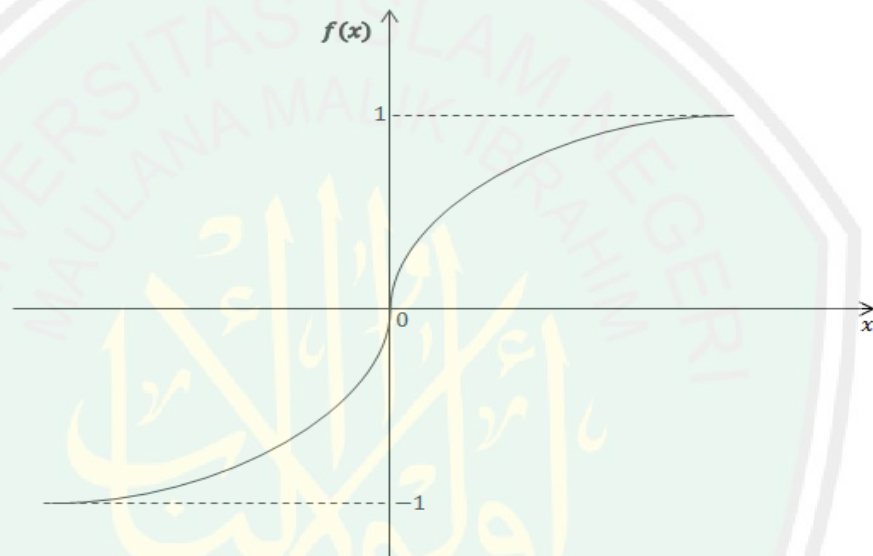
Gambar 2. 12 Fungsi Sigmoid Unipolar

Fungsi sigmoid bipolar

$$f(x) = \left(\frac{1 - e^{-f(x)}}{1 + e^{-f(x)}}\right) \quad (2.6)$$

$$f(x) = \left(\frac{e(x) - e(-x)}{e(x) + e(-x)} \right) \quad (2.7)$$

$$= \frac{1 - e(-2x)}{1 + e(-2x)} \quad (2.8)$$

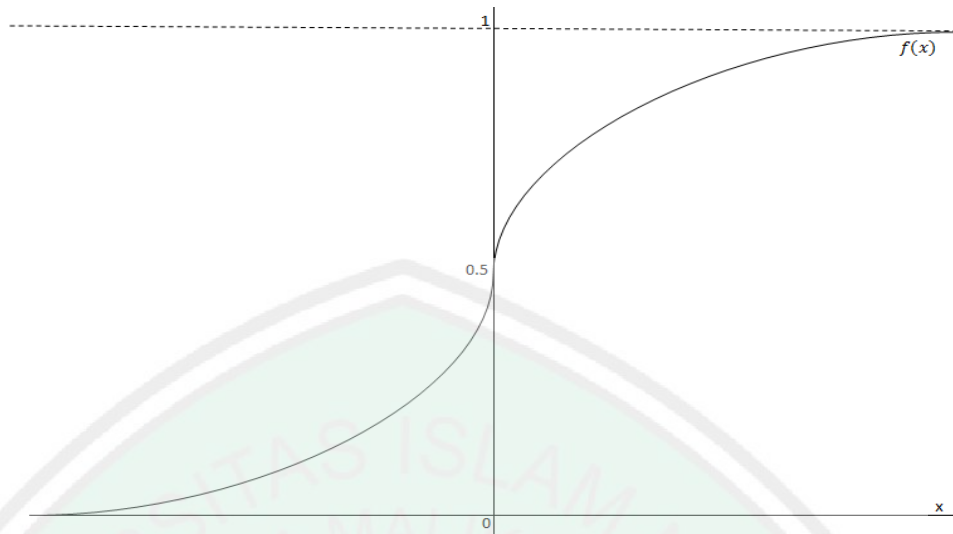


Gambar 2. 13 Fungsi Sigmoid Bipolar

Fungsi sigmoid biner

Fungsi sigmoid biner memiliki range (0,1) (Siang, 2009:99).

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \text{ dengan turunan } f'(x) = f(x)(1 - f(x)) \quad (2.9)$$



Gambar 2. 14 Fungsi Sigmoid Biner

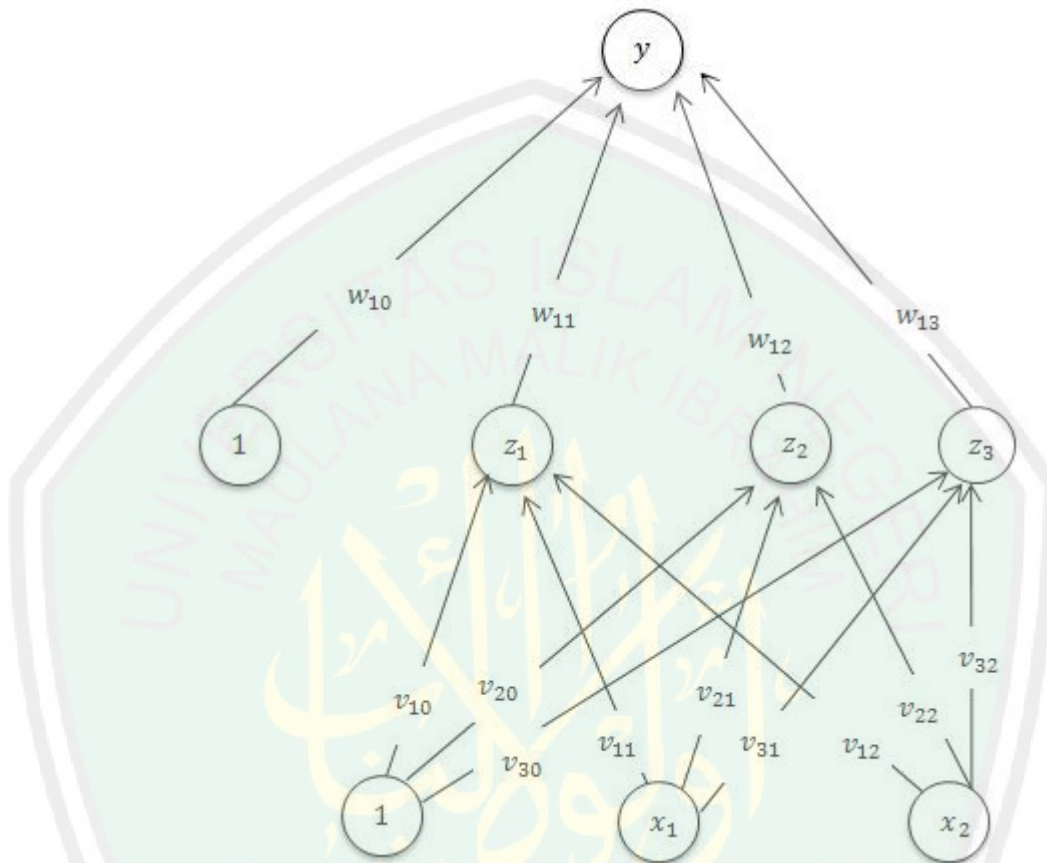
2.10 Jaringan Backpropagation

Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran yang terbimbing (Kusumadewi, 2004:93). Algoritma backpropagation menggunakan error keluaran untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur. Untuk mendapatkan error ini, tahap perambatan maju harus dilakukan terlebih dahulu.

Arsitektur yang digunakan dalam jaringan Backpropagation merupakan arsitektur lapisan jamak (Siang, 2009:30). Karena merupakan jaringan lapisan jamak, maka backpropagation memiliki lapisan tersembunyi. Gambar 2.15 adalah arsitektur backpropagation dengan n buah masukan (ditambah sebuah bias), sebuah lapisan tersembunyi yang terdiri dari p unit (ditambah sebuah bias), serta m buah keluaran (Siang, 2009:98).

v_{ji} merupakan bobot garis dari unit masukan x_i ke unit lapisan tersembunyi z_j (v_{j0} merupakan bobot garis yang menggabungkan bias di unit masukan ke unit lapisan tersembunyi z_j). w_{kj} merupakan bobot dari unit

lapisan tersembunyi z_j ke unit keluaran y_k (w_{k0} merupakan bobot dari bias di lapisan tersembunyi ke unit keluaran z_k).



Gambar 2. 15 Arsitektur Jaringan Backpropagation

Dan dalam jaringan backpropagation, fungsi aktivasi yang dipakai harus memenuhi beberapa syarat, yaitu: kontinu, terdifferensial dengan mudah dan merupakan fungsi yang tidak turun (Siang, 2009:99). Salah satu fungsi yang memenuhi ketiga syarat tersebut sehingga sering dipakai adalah fungsi sigmoid biner. Dan fungsi lain yang sering dipakai adalah fungsi sigmoid bipolar yang memiliki range $(-1,1)$.

Setelah diketahui arsitektur, dan fungsi aktivasinya berikut algoritma pelatihan backpropagation.

Langkah 0 : Tetapkan target error dan *learning rate* (α) (Kusumadewi, 2004:95).

Langkah 1 : Menginisialisasi semua bobot dengan bilangan acak kecil (Siang, 2009:102-104).

Langkah 2 : Untuk setiap pasangan data pelatihan, langkah 3-8 dilakukan.

Langkah 3 : Tiap unit masukan menerima sinyal dan meneruskannya ke unit tersembunyi di atasnya.

Langkah 4 : Menghitung semua keluaran di unit tersembunyi z_i ($j = 1, 2, \dots, p$).

$$z_{net_j} = v_{j0} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ji}^n \quad (2.11)$$

$$z_j = f(z_{net_j}) = \frac{1}{1 + e^{-z_{net_j}}} \quad (2.12)$$

Langkah 5 : Menghitung semua keluaran jaringan di unit y_k ($k = 1, 2, \dots, m$).

$$y_{net_k} = w_{k0} + \sum_{j=1}^p z_j w_{kj}^n \quad (2.13)$$

$$y_k = f(y_{net_k}) = \frac{1}{1 + e^{-y_{net_k}}} \quad (2.14)$$

Langkah 6 : Menghitung faktor δ unit keluaran berdasarkan kesalahan di setiap unit keluaran y_k ($k = 1, 2, \dots, m$).

$$\begin{aligned} \delta_k &= (t_k - y_k) f'(y_{net_k}) \\ &= (t_k - y_k) y_k (1 - y_k) \end{aligned} \quad (2.15)$$

δ_k merupakan unit kesalahan yang akan dipakai dalam perubahan bobot lapisan di bawahnya (langkah 7). Menghitung

suku perubahan bobot w_{kj} (yang akan dipakai nanti untuk merubah bobot w_{kj}) dengan laju percepatan α .

$$k = 1, 2, \dots, m; \quad j = 0, 1, \dots, p \quad (2.16)$$

Langkah 7 : Menghitung faktor δ unit tersembunyi berdasarkan kesalahan di setiap unit tersembunyi $z_j (j = 1, 2, \dots, p)$.

Faktor δ unit tersembunyi:

$$\delta_j = \delta_{net_j} f'(z_{net_j}) = \delta_{net_j} z_j (1 - z_j) \quad (2.17)$$

Menghitung suku perubahan bobot v_{ji} (yang akan dipakai nanti untuk merubah bobot v_{ji}).

$$\Delta v_{ji} = \alpha \delta_j x_i; \quad j = 1, 2, \dots, p; \quad i = 0, 1, \dots, n \quad (2.18)$$

Langkah 8 : Menghitung semua perubahan bobot.

Perubahan bobot garis yang menuju ke unit keluaran:

$$w_{ji}^{n+1} = w_{kj}^n + \Delta w_{kj}; \quad (2.19)$$

$$k = 1, 2, \dots, m; \quad j = 0, 1, \dots, p$$

perubahan bobot yang menuju ke unit tersembunyi:

$$v_{ji}^{n+1} = v_{ji}^n + \Delta v_{ji}; \quad (2.20)$$

$$j = 1, 2, \dots, p; \quad i = 0, 1, \dots, n$$

Langkah 9 : Menghitung MSE, Jika nilai MSE belum lebih kecil daripada target error, maka langkah 2-8 terus dilakukan (Kusumadewi, 2004:97).

Setelah pelatihan selesai, jaringan dapat dipakai untuk pengenalan pola. Dalam hal ini, langkah 4 dan 5 saja yang dipakai untuk menentukan keluaran. Apabila fungsi yang dipakai bukan fungsi sigmoid biner, maka

langkah 4 dan 5 harus disesuaikan, begitu juga turunannya pada langkah 6 dan 7.

Masalah utama yang dihadapi dalam backpropagation adalah lamanya iterasi yang harus dilakukan (Siang, 2009:108). Backpropagation tidak dapat memberikan kepastian tentang berapa epoh yang harus dilalui untuk mencapai kondisi yang diinginkan. Dan berikut ini parameter-parameter untuk menghasilkan menghasilkan jumlah iterasi yang relatif lebih sedikit.

Pemilihan Bobot Dan Bias Awal

Bobot awal akan mempengaruhi apakah jaringan mencapai titik minimum lokal atau global, dan seberapa cepat konvergensinya (Siang, 2009:109).

Bobot yang menghasilkan nilai turunan aktivasi yang kecil sedapat mungkin dihindari karena akan menyebabkan perubahan bobotnya menjadi sangat kecil. Demikian pula nilai bobot awal tidak boleh terlalu besar karena nilai turunan fungsi aktivasinya menjadi sangat kecil juga. Oleh karena itu dalam backpropagation, bobot dan bias diisi dengan bilangan acak kecil.

Biasanya bobot awal diinisialisasi secara random dengan nilai -0.5 sampai 0.5 (atau -1 sampai 1) (Kusumadewi, 2004:97). Tapi untuk inisialisasi bobot dan bias dari lapisan masukan ke lapisan tersembunyi Nguyen dan Widrow (1990) mengusulkan cara sehingga menghasilkan iterasi lebih cepat (Siang, 2009:109-111).

Misal: n = jumlah unit masukan

p = jumlah unit tersembunyi

β = faktor skala = $0,7^n \sqrt{p}$

Algoritma inisialisasi Nguyen Widrow adalah sebagai berikut:

- 1) Inisialisasi semua bobot ($v_{ij}(\text{lama})$) dengan bilangan acak dalam interval $[-0,5; 0,5]$.
- 2) Hitung $\|v_j\| = \sqrt{v_{j1}^2 + v_{j2}^2 + \dots + v_{jn}^2}$.
- 3) Bobot yang dipakai sebagai inisialisasi $= v_{ji} = \frac{\beta v_{ji}(\text{lama})}{\|v_j\|}$.
- 4) Bias yang dipakai sebagai inisialisasi $= v_{j0} =$ bilangan acak antara $-\beta$ dan β .

Contoh, akan dibuat bobot awal ke unit tersembunyi dengan Algoritma inisialisasi Nguyen Widrow. Pertama-tama dibuat inisialisasi semua bobot ke unit tersembunyi dengan bilangan acak $[-0,5; 0,5]$.

Tabel 2. 1 Bobot dari Lapisan Masukan ke Lapisan Tersembunyi

	z_1	z_2	z_3
x_1	$v_{11} = 0,2$	$v_{21} = 0,3$	$v_{31} = -0,1$
x_2	$v_{12} = 0,3$	$v_{22} = 0,1$	$v_{32} = -0,1$
1	$v_{10} = -0,3$	$v_{20} = 0,3$	$v_{30} = 0,3$

$$\beta = 0,7 \sqrt[3]{3} = 1,212435565298214 \quad (2.21)$$

$$\begin{aligned} \|v_1\| &= \sqrt{v_{11}^2 + v_{12}^2} = \sqrt{0,2^2 + 0,3^2} \\ &= 0,360555127546399 \end{aligned} \quad (2.22)$$

$$\begin{aligned} \|v_2\| &= \sqrt{v_{21}^2 + v_{22}^2} = \sqrt{0,3^2 + 0,1^2} \\ &= 0,316227766016838 \end{aligned} \quad (2.23)$$

$$\begin{aligned}\|v_3\| &= \sqrt{v_{31}^2 + v_{32}^2} = \sqrt{(-0,1^2) + (-0,1^2)} \\ &= 0,141421356237310\end{aligned}\quad (2.24)$$

Tabel 2. 2 Merupakan Bobot yang Dipakai Sebagai Inisialisasi

	z_1	z_2
x_1	$\left(\frac{\beta * v_{11}}{\ v_1\ }\right)$ = 0,672538245981366	$\left(\frac{\beta * v_{21}}{\ v_2\ }\right)$ = 1,150217370760848
x_2	$\left(\frac{\beta * v_{12}}{\ v_1\ }\right)$ = 1,008807368972049	$\left(\frac{\beta * v_{22}}{\ v_2\ }\right)$ = 0,383405790253616

Tabel 2. 3 Merupakan Bobot yang Dipakai Sebagai Inisialisasi di z_3

	z_3
x_1	$\left(\frac{\beta * v_{31}}{\ v_3\ }\right)$ = -0,857321409974109
x_2	$\left(\frac{\beta * v_{31}}{\ v_3\ }\right)$ = -0,857321409974109

Bias yang dipakai adalah bilangan acak antara -1,212435565298214 hingga 1,212435565298214.

Jumlah Unit Tersembunyi

Hasil teoritis yang didapat menunjukkan bahwa jaringan dengan sebuah lapisan tersembunyi sudah cukup bagi backpropagation untuk mengenali sembarang perkawanan antara masukan dan target dengan tingkat ketelitian yang ditentukan (Siang, 2009:111). Akan tetapi penambahan jumlah lapisan tersembunyi kadangkala membuat pelatihan lebih mudah.

Jika jaringan memiliki lebih dari satu lapisan tersembunyi, maka algoritma pelatihan yang dijabarkan sebelumnya perlu direvisi. Dalam propagasi maju, keluaran harus dihitung untuk tiap lapisan, dimulai dari lapisan tersembunyi paling bawah (terdekat dengan masukan). Sebaliknya,

dalam propagasi mundur, faktor δ perlu dihitung untuk tiap lapisan tersembunyi, dimulai dari lapisan keluaran.

Jumlah Pola Pelatihan

Tidak ada kepastian tentang berapa banyak pola yang diperlukan agar jaringan dapat dilatih dengan sempurna (Siang, 2009:111-112). Jumlah pola yang dibutuhkan dipengaruhi oleh banyaknya bobot dalam jaringan serta tingkat akurasi yang diharapkan. Aturan kasarnya dapat ditentukan berdasarkan rumusan:

$$\text{Jumlah pola} = \frac{\text{jumlah bobot}}{\text{tingkat akurasi}} \quad (2.25)$$

Untuk jaringan dengan 80 bobot dan tingkat akurasi 0,1 maka 800 pola masukan diharapkan akan mampu mengenali dengan benar 90% pola di antaranya.

Lama Iterasi

Tujuan utama penggunaan backpropagation adalah mendapatkan keseimbangan antara pengenalan pola pelatihan secara benar dan respon yang baik untuk pola lain yang sejenis (disebut data pengujian) (Siang, 2009:112). Jaringan dapat dilatih terus menerus hingga semua pola pelatihan dikenali dengan benar. Akan tetapi hal itu tidak menjamin jaringan akan mampu mengenali pola pengujian dengan tepat. Jadi tidaklah bermanfaat untuk meneruskan iterasi hingga semua kesalahan pola pelatihan = 0.

Umumnya data dibagi menjadi 2 bagian saling asing, yaitu pola data yang dipakai sebagai pelatihan dan pola data yang dipakai sebagai pengujian. Perubahan bobot dilakukan berdasarkan pola pelatihan. Akan tetapi selama pelatihan (misal setiap 10 epoh), kesalahan yang terjadi dihitung berdasarkan

semua data (pelatihan dan pengujian). Selama kesalahan ini menurun, pelatihan terus dijalankan. Akan tetapi jika kesalahannya sudah meningkat, pelatihan tidak ada gunanya untuk diteruskan lagi. Jaringan sudah mulai mengambil sifat yang hanya dimiliki secara spesifik oleh data pelatihan (tapi tidak dimiliki oleh data pengujian) dan sudah mulai kehilangan kemampuan melakukan generalisasi.

2.11 Konvergensi

Definisi. sebuah barisan $X = (x_n)$ di $\mathbb{R}$ dikatakan konvergen untuk setiap $x \in \mathbb{R}$, atau x dikatakan limit (x_n) , jika untuk setiap $\varepsilon > 0$ ada bilangan asli $K(\varepsilon)$ sedemikian sehingga untuk setiap $n \geq K(\varepsilon)$, x_n memenuhi $|x_n - x| < \varepsilon$ (Bartle, 2000:54).

Jika sebuah barisan memiliki limit, disebut konvergen. Tapi jika tidak memiliki limit maka disebut divergen.

Berikut ini adalah beberapa konsep dasar tentang definisi yang berkaitan dengan *limits* yang digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi konvergensi atau sifat asimtotis dari suatu estimator (Suhartono, 2007:27).

Definisi. Misalkan b_n adalah suatu barisan bilangan riil. Jika ada suatu bilangan riil b dan jika untuk setiap bilangan riil $d > 0$ ada suatu bilangan bulat $N(d)$ sedemikian hingga untuk semua $n \geq N(d)$, $|b_n - b| < d$ maka b merupakan limit dari barisan $\{b_n\}$.

Definisi. (i) Suatu barisan $\{b_n\}$ dikatakan sebanyak-banyaknya pada orde n' , dinotasikan $b_n = O(n')$, jika untuk beberapa bilangan riil terbatas $\Delta > 0$, ada suatu bilangan bulat terbatas N sedemikian hingga untuk semua

$n \geq N, |n^{-1}b_n| < \Delta$. (ii) Suatu barisan $\{b_n\}$ adalah pada orde lebih kecil dari n' , dinotasikan $b_n = o(n')$, jika untuk setiap bilangan riil $d > 0$ ada suatu bilangan bulat terbatas $N(d)$ sedemikian hingga untuk semua $n \geq N(d), |n^{-1}b_n| < d$, yaitu $n^{-1}b_n \rightarrow 0$.

2.12 Tes Rasio dan Deret Taylor

Tes rasio sangat berguna menentukan apakah deret yang diberikan konvergen (Stewart, 2010:589).

- Jika $\lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{a_{n+1}}{a_n} \right| = L < 1$, maka deret $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ adalah konvergen.
- Jika $\lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{a_{n+1}}{a_n} \right| = L > 1$ atau $\lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{a_{n+1}}{a_n} \right| = \infty$ maka deret $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ adalah divergen.
- Jika $\lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{a_{n+1}}{a_n} \right| = 1$, maka tes rasio tidak dapat ditentukan. Tidak ada hasil yang bisa ditentukan apakah $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ konvergen atau divergen.

Deret Taylor

Teorema Taylor. Andaikan f sebuah fungsi yang memiliki turunan dari semua tingkatan dalam suatu selang $[a - r, a + r]$. Syarat perlu dan cukup agar menjadi deret Taylor adalah

$$f(a) + f'(a)(x - a) + \frac{f''(a)(x - a)^2}{2!} + \dots + \frac{f^{(n)}(a)(x - a)^n}{n!} \quad (2.26)$$

Apabila $a = 0$, maka deret tersebut disebut deret MacLaurin.

2.13 Spektroskopi Infra Merah

Spektroskopi infra merah merupakan salah satu alat yang banyak dipakai untuk mengidentifikasi senyawa baik alami maupun buatan (Habsari,

2010:32-35). Bila sinar infra merah dilewatkan melalui cuplikan senyawa organik, maka sejumlah frekuensi akan diserap sedang frekuensi yang lain diteruskan atau ditransmisikan tanpa diserap. Gambaran antara persen absorbansi atau persen transmitansi lawan frekuensi akan menghasilkan suatu spektrum infra merah. Transisi yang terjadi didalam serapan infra merah berkaitan dengan perubahan-perubahan vibrasi dalam molekul. Daerah radiasi spektroskopi infra merah berkisar pada bilangan gelombang $1280-10\text{ cm}^{-1}$ atau pada panjang gelombang $0,78-1000\text{ }\mu\text{m}$.

Dilihat dari segi aplikasi dan instrumentasi spektroskopi infra merah dibagi ke dalam tiga jenis radiasi yaitu infra merah dekat, infra merah pertengahan, dan infra merah jauh. Daerah spektroskopi infra merah dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Daerah Spektroskopi Infra Merah

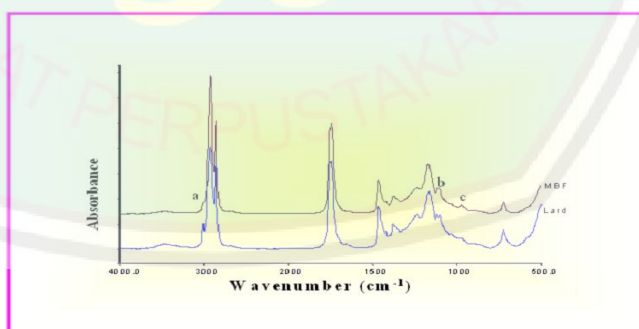
Daerah	Panjang Gelombang μm	Bilangan Gelombang cm^{-1}
Dekat	0.78-2.5	12800-4000
Pertengahan	2.5-50	4000-200
Jauh	50-100	200-10

Ada 2 jenis instrumentasi untuk absorpsi infra merah yaitu, instrumentasi dispersi (konvensional) yang hanya digunakan untuk analisis kualitatif dan instrumentasi yang menggunakan Fourier Transform (FTIR) dapat digunakan untuk analisis kuantitatif dan kualitatif.

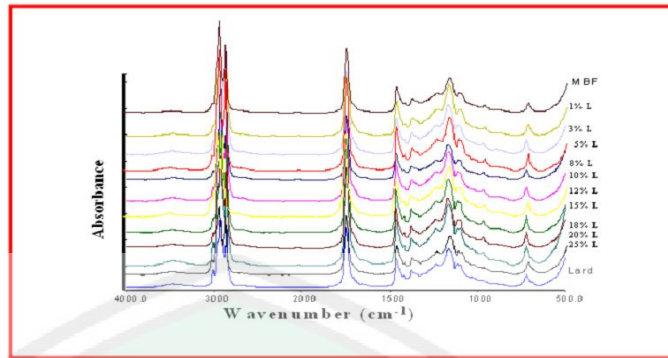
Spektroskopi FTIR (*fourier transform infrared*) merupakan salah satu teknik analitik yang sangat baik dalam proses identifikasi struktur molekul suatu senyawa. Komponen utama spektroskopi FTIR adalah interferometer Michelson yang mempunyai fungsi menguraikan (mendispersi) radiasi infra

merah menjadi komponen-komponen frekuensi. Penggunaan interferometer Michelson tersebut memberikan keunggulan metode FTIR dibandingkan metode spektroskopi infra merah konvensional maupun metode spektroskopi yang lain. Di antaranya adalah informasi struktur molekul dapat diperoleh secara tepat dan akurat (memiliki resolusi yang tinggi). Keuntungan yang lain dari metode ini adalah dapat digunakan untuk mengidentifikasi sampel dalam berbagai fase (gas, padat atau cair). Kesulitan-kesulitan yang ditemukan dalam identifikasi dengan spektroskopi FTIR dapat ditunjang dengan data yang diperoleh dengan menggunakan metode spektroskopi yang lain.

Uji kandungan lemak babi dengan metode FTIR telah ditemukan adanya kekhasan vibrasi ulur C-H pada sampel lemak babi yang berbeda dengan lemak hewani lainnya. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa mesin FTIR sangat berpotensi digunakan sebagai alat untuk mendeteksi lemak babi secara cepat dengan hasil yang konsisten. Gambar 2.16 dan 2.17 adalah contoh gelombang spektra yang dihasilkan menggunakan FTIR.



Gambar 2. 16 FTIR Spektra dari *Pure Lard* dan *Mutton Body Fat (MBF)* *Pure MBF*



Gambar 2. 17 Hasil Spektra Semua Sampel Analisa Lemak Babi Menggunakan FTIR

2.14 Kriteria Makanan Haram

Semua makanan yang haram adalah buruk, bahkan sebagiannya lebih buruk daripada sebagian yang lain (Al-Ghazali, 2007:30). Sebaliknya, semua makanan yang halal adalah baik, dan sebagiannya lebih baik dan lebih murni daripada yang lain. Maka dari itu kita harus memasukkan makanan yang baik dalam tubuh kita karena dari makanan itu akan tumbuh daging dan darah dalam tubuh kita.

إنّه لايدخل الجنة لحم ودم نباتا على سحت,النا رأولى به

Tidak masuk surga daging dan darah yang tumbuh dari makanan yang haram, karena neraka lebih pantas baginya (musnad al-imam ahmad bin hambal, musnad jabir bin ‘Abdillah)

Menurut hadist lain, Nabi SAW. “*Tidakkah kamu tahu bahwa Abu Bakar Al-Shiddiq hanya memasukkan makanan yang baik ke dalam tubuhnya?*”. Untuk menjaga tubuh dari makanan yang haram maka harus mengetahui kriteria-kriteria makanan yang haram. Dan di bawah ada dua kriteria makanan yang halal, yaitu khabîts dan organ tubuh manusia.

2.14.1 Khabîts

Dalam kitab *Lisân al-‘Arab*, Ibn Manzhûr berkata, “sesuatu buruk, maka ia disebut “*khabîts*” (yang buruk). “*al Khabîts*” merupakan lawan kata dari “*al thayyib*” dalam hal rizki, anak dan masyarakat” (Yaqub, 2009:28-29). Makna *thayyib* sebagaimana dikemukakan oleh para ulama, yaitu sesuatu yang lezat, suci (bukan najis) dan tidak membahayakan pada tubuh dan akal. Oleh karena itu yang menentukan *thayyib* adalah para ulama dan para pakar di bidang gizi (Yaqub, 2009:31). Karena yang mengetahui sucinya sesuatu adalah ulama yang pakar terutama halal dalam artian *thayyib*, sebagaimana pendapat Imam Malik bin Anas *rahimakumullâh*. Sedangkan yang mengetahui adanya unsur yang membahayakan pada tubuh adalah seorang ahli dalam bidang gizi.

Begitu pula, apabila memperhatikan makna *khabîts* sebagaimana disebutkan oleh para ulama, yaitu kebalikan dari makna *thayyib*; sesuatu yang najis, membahayakan pada tubuh dan akal, serta tidak lezat. Sehingga untuk mengetahui apakah makanan itu *khabîts* atau tidak maka perlu ada kerjasama antara para ulama, para ahli gizi, para dokter umum dan para dokter hewan. Sebab para ulama mengetahui persis aspek bahaya yang terkandung di dalam bahan makanan, sebagaimana para ahli gizi, dokter gizi, dokter umum dan dokter hewan mengetahui aspek kesucian dan kehalalan yang ada dalam makanan.

حُرِّمَتْ عَلَيْكُمُ الْمَيْتَةُ وَالْدَّمُ وَلَحْمُ الْخَنَازِيرِ وَمَا أُهِلَّ لِغَيْرِ اللَّهِ بِهِ وَالْمُنْخَنِقَةُ
وَالْمَوْقُوذَةُ وَالْمُتَرَدِّيَةُ وَالنَّطِيحَةُ وَمَا أَكَلَ السَّبْعُ إِلَّا مَا ذَكَّيْتُمْ وَمَا ذُبِحَ عَلَى

النُّصَبِ وَأَنْ تَسْتَقْسِمُوا بِالْأَزْلَمِ ۚ ذَٰلِكُمْ فِسْقٌ ۗ الْيَوْمَ يَيسَ الَّذِينَ كَفَرُوا مِنَ
 دِينِكُمْ فَلَا تَخْشَوْهُمْ وَاخْشَوْنَ ۗ الْيَوْمَ أَكْمَلْتُ لَكُمْ دِينَكُمْ وَأَتِمَمْتُ عَلَيْكُمْ
 نِعْمَتِي وَرَضِيتُ لَكُمُ الْإِسْلَامَ دِينًا ۚ فَمَنِ اضْطُرَّ فِي مَخْمَصَةٍ غَيْرِ مُتَجَانِفٍ لِإِثْمِهِ
 فَإِنَّ اللَّهَ غَفُورٌ رَحِيمٌ ﴿٣﴾

Diharamkan bagimu (memakan) bangkai, darah, daging babi, (daging hewan) yang disembelih atas nama selain Allah, yang tercekik, yang terpukul, yang jatuh, yang ditanduk, dan diterkam binatang buas, kecuali yang sempat kamu menyembelinya, dan (diharamkan bagimu) yang disembelih untuk berhala. dan (diharamkan juga) mengundi nasib dengan anak panah, (mengundi nasib dengan anak panah itu) adalah kefasikan. pada hari ini orang-orang kafir telah putus asa untuk (mengalahkan) agamamu, sebab itu janganlah kamu takut kepada mereka dan takutlah kepada-Ku. pada hari ini telah Kusempurnakan untuk kamu agamamu, dan telah Ku-cukupkan kepadamu nikmat-Ku, dan telah Ku-ridhai Islam itu Jadi agama bagimu. Maka barang siapa terpaksa karena kelaparan tanpa sengaja berbuat dosa, Sesungguhnya Allah Maha Pengampun lagi Maha Penyayang. (QS. Al-Maidah: 3)

Dalam surat di atas disebutkan bahwa makanan yang haram dimakan adalah bangkai, darah, daging babi, (daging hewan) yang disembelih atas nama selain Allah, yang tercekik, yang terpukul, yang jatuh, yang ditanduk, dan diterkam binatang buas, kecuali yang sempat disembelinya, dan (diharamkan bagimu) yang disembelih untuk berhala. Berikut ini akan disandingkan beberapa makanan yang haram menurut ayat di atas dengan pendapat dalam bidang kesehatan.

Bangkai dan darah adalah dua hal yang ditolak oleh jiwa yang sehat (As Sayyid, 2006:238-239). Bangkai hukumnya haram, kecuali bangkai ikan dan belalang. Darah juga haram, kecuali hati dan limpa. Bangkai binatang merupakan tempat yang subur untuk tumbuhnya sejumlah mikroba, di antara mikroba ini terdapat mikroba yang bisa menyebabkan penyakit berbahaya

bagi manusia, bahkan bisa menjadi racun yang dapat membunuh mereka. Racun ini terkadang tidak akan hilang hanya dengan dimasak.

Darah adalah sarana yang subur bagi tumbuh kembangnya mikroba. Bahkan para ahli bakteri hendak mengembangbiakkan mikroba tertentu, mereka akan memberi darah sebagai nutrisi. Keberadaan darah dalam tubuh bangkai hewan membantu tumbuhnya mikroba dalam tubuh dan dapat mempercepat rusaknya (busuk) daging. Keberadaan darah dalam lambung manusia dapat membantu pembentukan unsur-unsur amoniak yang dapat membahayakan otak. Sehingga terjadi berbagai perubahan penyakit yang terkadang sampai pada tingkat koma dan hilangnya kesadaran.

Oleh sebab itu, setelah disembelih hendaklah hewan benar-benar dibersihkan darahnya. Yang terpenting, sebelum disembelih harus dibacakan Basmallah, agar sembelihan itu menjadi halal. Apakah ilmu manusia telah sampai atau belum pada hikmah diharamkannya darah ini, tapi yang jelas ilmu ilahi telah memutuskan bahwa bangkai dan darah adalah tidak baik. Ini saja sebenarnya sudah cukup menjadi alasan, karena Allah SWT tidak mengharamkan kecuali yang buruk dan membahayakan bagi kehidupan manusia, baik manusia sudah mengetahuinya atau belum. Dan dari penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa bangkai dan darah adalah *khabi'ât*.

Babi adalah hewan yang *khabi'ât* karena dia membahayakan dan najis, dia biasanya memakan segala sesuatu yang diberikan kepadanya, baik kotoran maupun bangkai bahkan kotorannya sendiri atau kotoran manusia dia makan (As Sayyid, 2006:225-229). Oleh karena itu babi banyak menimbulkan

penyakit pada manusia, babi dianggap sebagai hewan yang tidak layak dikonsumsi. Babi mengandung banyak parasit, di antaranya.

- a) *Cacing Taenia Solium*
- b) *Cacing Trichinella Spiralis*
- c) *Cacing Scistosoma Japonicum*
- d) *Fasciolepis Buski*
- e) *Cacing Ascaris*
- f) *Calonorchis Sinensis*
- g) *Cacing Paragonimus*
- h) *Cacing Anklestoma*
- i) *Swine Erisipelas*

Sedangkan kuman-kuman yang ada pada babi dapat menyebabkan berbagai macam penyakit, misalnya:

- a) TBC
- b) Cacar
- c) Gatal-gatal
- d) Kuman Rusiformas N
- e) Salmonella Cholerae Suis
- f) *Blantidium Coli*

Hewan yang tercekik, hewan yang dipukul dengan keras atau dilempar dengan batu hingga mati, lalu hewan yang jatuh dari ketinggian kemudian mati, yang mati karena ditanduk, yang dimakan binatang buas (mati karena dilukai) (As Sayyid, 2006:241-242). Menurut al-Qur'an semua jenis binatang yang tidak disembelih dengan menyebut nama Allah SWT adalah haram. Dan

hikmah pengharamannya sama dengan hikmah pengharamannya sama dengan hikmah pengharaman mengonsumsi bangkai.

وَلَا تَأْكُلُوا مِمَّا لَمْ يُذْكَرِ اسْمُ اللَّهِ عَلَيْهِ وَإِنَّهُ لَفِسْقٌ وَإِنَّ الشَّيْطَانَ
لِيُوحِيَ إِلَىٰ أُولِيَآئِهِمْ لِيُجْدِلُواكُمْ وَإِنْ أَطَعْتُمُوهُمْ إِنَّكُمْ لَمُشْرِكُونَ ﴿١٢١﴾

Dan janganlah kamu memakan binatang-binatang yang tidak disebut nama Allah ketika menyembelinya. Sesungguhnya perbuatan yang semacam itu adalah suatu kefasikan. Sesungguhnya syaitan itu membisikkan kepada kawan-kawannya agar mereka membantah kamu; dan jika kamu menuruti mereka, Sesungguhnya kamu tentulah menjadi orang-orang yang musyrik. (QS. Al-An'am: 121).

Untuk hewan yang disembelih karena berhala, Sayyid Quthub menyampaikan dalam kitabnya “*Fi al-Zhilal al-Qur'an*”: “adapun hewan yang dipersembahkan untuk selain Allah. Hal itu diharamkan bukan karena illat yang ada di dalamnya, tetapi karena ada penyembahan kepada selain Allah. Dengan demikian, tindakan itu karena alasan ruhiyah yang bertolak belakang dengan kebersihan hati, kesucian ruh dan keikhlaan jiwa. Dimana hewan-hewan ini dipenuhi najis dan kotoran. Sementara tindakan itu dapat mengotori akidah dari yang diharamkan Allah pada hati manusia. Sedang Islam benar-benar telah memperhatikan, agar apa-apa yang kita persembahkan semata-mata hanya untuk Allah tanpa sekutu satu pun.”

2.14.2 Organ Tubuh Manusia

Para ulama fiqih, khususnya pada masa klasik, belum banyak yang membahas tentang hukum memakan bagian dari organ tubuh manusia (Yaqub, 2009:162-163). Karena masalah tersebut belum dikenal pada masa itu dan mereka pun tidak memprediksinya akan terjadi di masa mendatang. Kecuali

dalam masalah darurat yang terjadi pada diri manusia. Menurut keterangan Imam al-Suyûthi bahwa orang yang berada dalam kondisi darurat semisal kelaparan sementara makanan lain tidak ada lagi, maka boleh memakan mayat manusia atau bagian dari organ tubuhnya, bahkan bagian dari jasadnya sendiri selagi dapat dimakan kecuali jasad nabi.

﴿ وَلَقَدْ كَرَّمْنَا بَنِي آدَمَ وَحَمَلْنَاهُمْ فِي الْوُجُوهِ وَالْبَحْرِ وَرَزَقْنَاهُمْ مِّنَ الطَّيِّبَاتِ وَفَضَّلْنَاهُمْ عَلَىٰ كَثِيرٍ مِّمَّنْ خَلَقْنَا تَفْضِيلًا ﴾

Dan Sesungguhnya Telah kami muliakan anak-anak Adam, kami angkut mereka di daratan dan di lautan, kami beri mereka rezki dari yang baik-baik dan kami lebihkan mereka dengan kelebihan yang Sempurna atas kebanyakan makhluk yang Telah kami ciptakan.

Ayat ini menjadi dalil atas sucinya mayat manusia (Yaqub, 2009:165-166). Karena pengertian “memuliakan” adalah tidak menghukumi najis, baik ketika masih hidup atau sudah mati, baik muslim maupun non muslim. Ayat ini dijadikan dalil atas keharaman mengonsumsi bagian dari organ-organ tubuh manusia. Karena memakan organ tubuh manusia berarti bertentangan dengan memuliakannya. Bahkan memakan organ tubuh manusia ini merupakan bentuk penodaan yang lebih kejam dari pada pernyataan tentang kenajisannya.

كسر عظم الميت ككسره حيًّا

Memecahkan tulang manusia yang sudah mati (dosanya) seperti tulangnya yang masih hidup (HR. Ahmad, Abu Dawud dan Ibn Majah).

BAB III PEMBAHASAN

3.1 Pendahuluan

Analisis matematik dalam pembahasan penelitian ini meliputi a) Analisis interpolasi lagrange dari data *second derivation* FTIR babi dan sapi, b) Analisis fungsi aktivasi. Pada analisis interpolasi lagrange tujuannya adalah untuk mendapatkan aproksimasi fungsi dari data spektra babi dan sapi pada *second derivation* FTIR. Selanjutnya aproksimasi fungsi dan grafik fungsinya digunakan sebagai data pelatihan. Tahap berikutnya adalah analisis fungsi aktivasi yang meliputi a) Analisis perbandingan afungsi-fungsi aktivasi, b) Analisis kekonvergenan fungsi aktivasi.

Setelah membandingkan beberapa fungsi aktivasi, maka akan dianalisis mengenai fungsi sigmoid biner. Fungsi ini cukup populer dipakai untuk pelatihan backpropagation, tapi belum diketahui apakah fungsi aktivasi yang sudah populer ini sudah mampu mengakomodir semua rentang bobot atau tidak. Karena dengan metode coba-coba, yaitu dengan memasukkan angka sembarang sesuai keinginan kita asalkan masih dalam rentang bobot akan dibutuhkan waktu yang lama untuk mengetahui apakah konvergen pada semua titik di dalam semua nilai pada rentang bobot itu atau tidak. Karena itu dibutuhkan analisis secara matematik untuk menjamin interval kekonvergenannya pada rentang bobot tersebut.

Setelah selesai pada analisis matematik, maka akan masuk pada model JST. Maka akan dibahas mengenai penggunaan pelatihan JST jaringan Backpropagation, karena algoritma backpropagation yang ada pada bab II, masih merupakan algoritma yang umum ada pada literatur-literatur jaringan backpropagation. Oleh karena itu coba diuraikan agar lebih jelas penggunaan langkah-langkahnya, agar bisa melakukan pelatihan dengan perhitungan manual maupun membuat program pelatihan backpropagation.

Setelah didapatkan model JST, kemudian disimulasikan dengan program, untuk kemudian diuji coba dengan data. Data tersebut akan diberi perlakuan yang bervariasi untuk mengetahui teori-teori pada saat pelatihan jaringan backpropagation.

3.2 Analisis Matematik

3.2.1 Interpolasi untuk Mendapatkan Grafik Pelatihan untuk Data Babi

Sebelum melakukan pelatihan data, maka yang harus disiapkan adalah data pelatihan, dan data pelatihan diambil dari data gelombang spektra sapi dan babi, Disini x_n adalah bilangan gelombang dan y_n adalah absorbansi (sinar-x yang diserap oleh benda dan diteruskan untuk mengetahui vibrasi molekulnya). Dan kemudian akan diinterpolasi lagrange untuk mengetahui aproksimasi fungsi dari data berpasangan. Berikut adalah data bilangan gelombang dan absorbansi.

Tabel 3. 1 Bilangan Gelombang dan Absorbansi pada Data Babi

Bilangan gelombang		Absorbansi	
x_0	970,192166	y_0	-0,000009
x_1	972,120977	y_1	0,000002
x_2	974,049789	y_2	0,000003
x_3	975,9786	y_3	-0,000002
x_4	977,907411	y_4	-0,000006
x_5	979,836223	y_5	-0,000003
x_6	981,765034	y_6	-0,000004
x_7	983,693846	y_7	-0,000015
x_8	985,622657	y_8	-0,000007

Setelah itu data bilangan gelombang dan absorbansi diinterpolasi lagrange , sehingga rumusnya menjadi

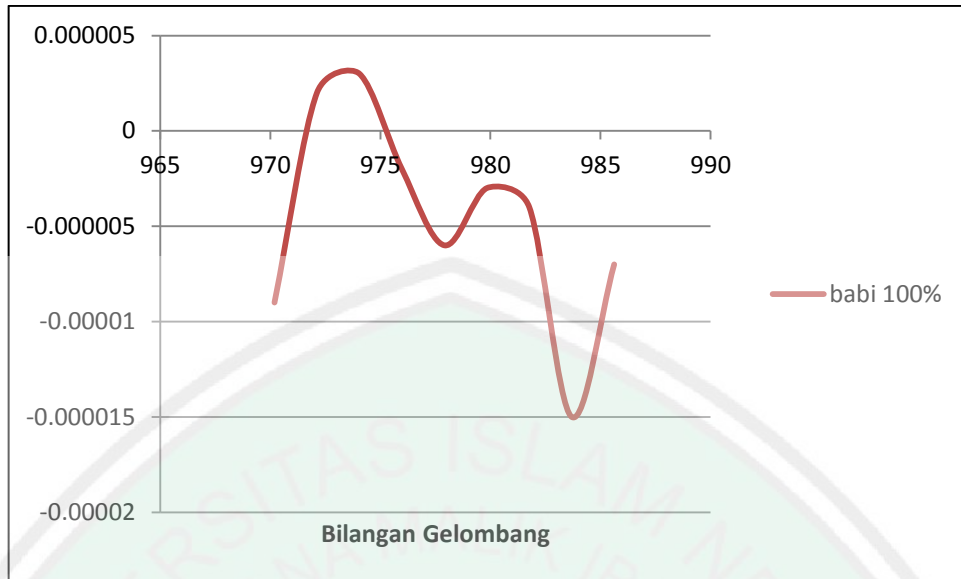
$$\begin{aligned}
 P(x) = & y_0 \frac{(x-x_1)(x-x_2)(x-x_3)(x-x_4)(x-x_5)(x-x_6)}{(x_0-x_1)(x_0-x_2)(x_0-x_3)(x_0-x_4)(x_0-x_5)(x_0-x_6)} \\
 & + \frac{(x-x_7)(x-x_8)}{(x_0-x_7)(x_0-x_8)} y_1 \frac{(x-x_0)(x-x_2)(x-x_3)(x-x_4)}{(x_1-x_0)(x_1-x_2)(x_1-x_3)(x_1-x_4)} \\
 & + \frac{(x-x_5)(x-x_6)(x-x_7)(x-x_8)}{(x_1-x_5)(x_1-x_6)(x_1-x_7)(x_1-x_8)} y_2 \frac{(x-x_0)(x-x_1)}{(x_2-x_0)(x_2-x_1)} \\
 & + \frac{(x-x_3)(x-x_4)(x-x_5)(x-x_6)(x-x_7)(x-x_8)}{(x_2-x_3)(x_2-x_4)(x_2-x_5)(x_2-x_6)(x_2-x_7)(x_2-x_8)} + \\
 & y_3 \frac{(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)(x-x_4)(x-x_5)(x-x_6)}{(x_3-x_0)(x_3-x_1)(x_3-x_2)(x_3-x_4)(x_3-x_5)(x_3-x_6)} \\
 & + \frac{(x-x_7)(x-x_8)}{(x_3-x_7)(x_3-x_8)} y_4 \frac{(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)(x-x_3)}{(x_4-x_0)(x_4-x_1)(x_4-x_2)(x_4-x_3)} \\
 & + \frac{(x-x_5)(x-x_6)(x-x_7)(x-x_8)}{(x_4-x_5)(x_4-x_6)(x_4-x_7)(x_4-x_8)} y_5 \frac{(x-x_0)(x-x_1)}{(x_5-x_0)(x_5-x_1)} \\
 & + \frac{(x-x_2)(x-x_3)(x-x_4)(x-x_6)(x-x_7)(x-x_8)}{(x_5-x_2)(x_5-x_3)(x_5-x_4)(x_5-x_6)(x_5-x_7)(x_5-x_8)} +
 \end{aligned} \tag{3.1}$$

$$\begin{aligned}
& y_6 \frac{(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)(x-x_3)(x-x_4)(x-x_5)}{(x_6-x_0)(x_6-x_1)(x_6-x_2)(x_6-x_3)(x_6-x_4)(x_6-x_5)} \\
& \frac{(x-x_7)(x-x_8)}{(x_6-x_7)(x_6-x_8)} + y_7 \frac{(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)(x-x_3)}{(x_7-x_0)(x_7-x_1)(x_7-x_2)(x_7-x_3)} \\
& \frac{(x-x_4)(x-x_5)(x-x_6)(x-x_8)}{(x_7-x_4)(x_7-x_5)(x_7-x_6)(x_7-x_8)} + y_8 \frac{(x-x_0)(x-x_1)}{(x_8-x_0)(x_8-x_1)} \\
& \frac{(x-x_2)(x-x_3)(x-x_4)(x-x_5)(x-x_6)(x-x_7)}{(x_8-x_2)(x_8-x_3)(x_8-x_4)(x_8-x_5)(x_8-x_6)(x_8-x_7)} +
\end{aligned}$$

Kemudian dimasukkan nilai x_n dan y_n dalam data, sehingga didapatkan persamaan (3.2) aproksimasi fungsi data berpasangannya adalah,

$$\begin{aligned}
P(x) = & -1,035741567042484 \cdot 10^{-11} x^8 \\
& + 8,104872585865455 \cdot 10^{-8} x^7 \\
& - 2,774703359707413 \cdot 10^{-4} x^6 \\
& + 0,542808208062731 x^5 \\
& - 6,636724626885896 \cdot 10^2 x^4 \\
& + 5,193243594766944 \cdot 10^5 x^3 \\
& - 2,539809476507496 \cdot 10^8 x^2 \\
& + 7,097788748923267 \cdot 10^{10} x \\
& - 8,678018906807824 \cdot 10^{12}
\end{aligned} \tag{3.2}$$

Sehingga didapatkan Gambar 3.1 sebagai grafik data pelatihan, dan gambarnya adalah sebagai berikut



Gambar 3. 1 Gambar Gelombang Spektra Babi

Untuk Data Sapi

Dengan alat FTIR, didapatkan bilangan gelombang dan data absorbansi pada tabel 3.2 berikut.

Tabel 3. 2 Bilangan Gelombang dan Absorbansi pada Data Sapi

Bilangan gelombang		Absorbansi	
x_0	970,192166	y_0	0.000005
x_1	972,120977	y_1	0.000034
x_2	974,049789	y_2	-0.000006
x_3	975,9786	y_3	-0.000043
x_4	977,907411	y_4	-0.000061
x_5	979,836223	y_5	-0.00006
x_6	981,765034	y_6	-0.000041
x_7	983,693846	y_7	-0.000011
x_8	985,622657	y_8	0.000013

Setelah itu data bilangan gelombang dan absorbansi diinterpolasi

lagrange, sehingga rumusnya menjadi persamaan (3.3) berikut

$$P(x) = y_0 \frac{(x - x_1)(x - x_2)(x - x_3)(x - x_4)(x - x_5)(x - x_6)}{(x_0 - x_1)(x_0 - x_2)(x_0 - x_3)(x_0 - x_4)(x_0 - x_5)(x_0 - x_6)} \quad (3.3)$$

$$\begin{aligned}
& \frac{(x-x_7)(x-x_8)}{(x_0-x_7)(x_0-x_8)} + y_1 \frac{(x-x_0)(x-x_2)(x-x_3)(x-x_4)}{(x_1-x_0)(x_1-x_2)(x_1-x_3)(x_1-x_4)} \\
& \frac{(x-x_5)(x-x_6)(x-x_7)(x-x_8)}{(x_1-x_5)(x_1-x_6)(x_1-x_7)(x_1-x_8)} + y_2 \frac{(x-x_0)(x-x_1)}{(x_2-x_0)(x_2-x_1)} \\
& \frac{(x-x_3)(x-x_4)(x-x_5)(x-x_6)(x-x_7)(x-x_8)}{(x_2-x_3)(x_2-x_4)(x_2-x_5)(x_2-x_6)(x_2-x_7)(x_2-x_8)} + \\
& y_3 \frac{(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)(x-x_4)(x-x_5)(x-x_6)}{(x_3-x_0)(x_3-x_1)(x_3-x_2)(x_3-x_4)(x_3-x_5)(x_3-x_6)} \\
& \frac{(x-x_7)(x-x_8)}{(x_3-x_7)(x_3-x_8)} + y_4 \frac{(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)(x-x_3)}{(x_4-x_0)(x_4-x_1)(x_4-x_2)(x_4-x_3)} \\
& \frac{(x-x_5)(x-x_6)(x-x_7)(x-x_8)}{(x_4-x_5)(x_4-x_6)(x_4-x_7)(x_4-x_8)} + y_5 \frac{(x-x_0)(x-x_1)}{(x_5-x_0)(x_5-x_1)} \\
& \frac{(x-x_2)(x-x_3)(x-x_4)(x-x_6)(x-x_7)(x-x_8)}{(x_5-x_2)(x_5-x_3)(x_5-x_4)(x_5-x_6)(x_5-x_7)(x_5-x_8)} + \\
& y_6 \frac{(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)(x-x_3)(x-x_4)(x-x_5)}{(x_6-x_0)(x_6-x_1)(x_6-x_2)(x_6-x_3)(x_6-x_4)(x_6-x_5)} \\
& \frac{(x-x_7)(x-x_8)}{(x_6-x_7)(x_6-x_8)} + y_7 \frac{(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)(x-x_3)}{(x_7-x_0)(x_7-x_1)(x_7-x_2)(x_7-x_3)} \\
& \frac{(x-x_4)(x-x_5)(x-x_6)(x-x_8)}{(x_7-x_4)(x_7-x_5)(x_7-x_6)(x_7-x_8)} + y_8 \frac{(x-x_0)(x-x_1)}{(x_8-x_0)(x_8-x_1)} \\
& \frac{(x-x_2)(x-x_3)(x-x_4)(x-x_5)(x-x_6)(x-x_7)}{(x_8-x_2)(x_8-x_3)(x_8-x_4)(x_8-x_5)(x_8-x_6)(x_8-x_7)} +
\end{aligned}$$

Kemudian dimasukkan nilai x_n dan y_n dalam data, sehingga didapatkan aproksimasi fungsi data berpasangannya adalah,

$$\begin{aligned}
P(x) = & 7,897573065875410 \cdot 10^{-12} x^8 \\
& -6,180374054490586 \cdot 10^{-8} x^7 \\
& +2,115981828265967 \cdot 10^{-4} x^6
\end{aligned} \tag{3.4}$$

$$\begin{aligned}
& -0.413970186280669 x^5 \\
& + 5,061791113327844 \cdot 10^2 x^4 \\
& - 3,961114096958705 \cdot 10^5 x^3 \\
& + 1,937351871176862 \cdot 10^8 x^2 \\
& - 5,414515674767383 \cdot 10^{10} x \\
& + 6,62043892617714810^{12}
\end{aligned}$$

Sehingga didapatkan Gambar 3.2 berikut ini sebagai grafiknya untuk dijadikan data pelatihan.



Gambar 3. 2 Gambar Gelombang Spektra sapi

3.2.2 Mencari Bentuk Kompleks dari Setiap Fungsi Aktivasi yang Akan

Dibandingkan

Fungsi aktivasi yang akan dibanding adalah fungsi $\tan z$, $\sin z$, $\tanh z$, $\sinh z$, $\arctan z$, $\arcsin z$, $\operatorname{arctanh} z$, $\operatorname{arcsinh} z$. Delapan fungsi aktivasi itu dipilih karena sebagai fungsi non linier yang cukup memadai untuk digunakan sebagai fungsi aktivasi (Kim, 2001).

Pertama-tama kita miliki persamaan 3.5 berikut ini (Wunsh, 2005:107-108).

$$e^{iz} = i \sin z + \cos z \quad (3.5)$$

Jika

$$e^{-iz} = i \sin(-z) + \cos(-z) = -i \sin z + \cos z \quad (3.6)$$

Jika persamaan (3.6) dijumlahkan dengan persamaan (3.5), maka hasilnya menjadi

$$e^{iz} + e^{-iz} = i \sin z + \cos z - i \sin z + \cos z \quad (3.7)$$

$$e^{iz} + e^{-iz} = 2 \cos z \quad (3.8)$$

$$\frac{e^{iz} + e^{-iz}}{2} = \cos z \quad (3.9)$$

Tapi jika persamaan (3.5) dikurangi dengan persamaan (3.6), menjadi,

$$e^{iz} - e^{-iz} = i \sin z + \cos z + i \sin z - \cos z \quad (3.10)$$

$$e^{iz} - e^{-iz} = 2 i \sin z \quad (3.11)$$

$$\frac{e^{iz} - e^{-iz}}{2 i} = \sin z \quad (3.12)$$

Karena $\tan z = \frac{\sin z}{\cos z}$, maka didapatkan persamaan (3.13)

$$\tan z = \frac{\sin z}{\cos z} = \frac{\frac{(e^{iz} - e^{-iz})}{2 i}}{\frac{(e^{iz} + e^{-iz})}{2}} = \frac{e^{iz} - e^{-iz}}{i (e^{iz} + e^{-iz})} \quad (3.13)$$

Dan untuk hiperbolik $\sinh z$ dan $\cosh z$, didefinisikan sebagai persamaan 3.14 dan 3.15 berikut ini, (Wunsh, 2005:113-114)

$$\sinh z = \frac{e^z - e^{-z}}{2} \quad (3.14)$$

$$\cosh z = \frac{e^z + e^{-z}}{2} \quad (3.15)$$

Oleh karena itu $\tanh z = \frac{\sinh z}{\cosh z}$, maka didapatkan persamaan (3.16)

$$\tanh z = \frac{\sinh z}{\cosh z} = \frac{\frac{e^z - e^{-z}}{2}}{\frac{e^z + e^{-z}}{2}} = \frac{e^z - e^{-z}}{e^z + e^{-z}} \quad (3.16)$$

Invers Trigonometri

Misal $\sin z = w$, sehingga persamaan (3.12) menjadi (Wunsh, 2005:133-135).

$$w = \frac{e^{iz} - e^{-iz}}{2i} \quad (3.17)$$

Misalkan lagi bahwa $p = e^{iz}$ dan $\frac{1}{p} = e^{-iz}$, maka dipunyai persamaan (3.18)

$$w = \frac{p - \frac{1}{p}}{2i} \quad (3.18)$$

Mengalikan persamaan (3.18) dengan $2ip$, sehingga didapatkan persamaan (3.19)

$$2ipw = p^2 - 1 \text{ atau } p^2 - 2iwp - 1 = 0 \quad (3.19)$$

Dengan rumus kuadrat, sehingga persamaan p menjadi persamaan (3.20) berikut ini

$$p = wi + \sqrt{1 - w^2} \quad (3.20)$$

Karena $p = e^{iz}$, maka persamaan (3.20) menjadi persamaan (3.21)

$$e^{iz} = wi + \sqrt{1 - w^2} \quad (3.21)$$

Sehingga persamaan z dari persamaan (3.21) dapat dihitung menjadi persamaan (3.22) berikut ini

$$z = \frac{1}{i} \ln(wi + \sqrt{1 - w^2}) \quad (3.22)$$

Karena $\sin z = w$, maka $z = \arcsin w$, sehingga persamaan (3.22) menjadi persamaan (3.23)

$$\arcsin w = \frac{1}{i} \ln \left(wi + \sqrt{1 - w^2} \right) \quad (3.23)$$

Misal $\tan z = w$, sehingga didapatkan persamaan (3.24)

$$w = \frac{e^{iz} - e^{-iz}}{i(e^{iz} + e^{-iz})} \quad (3.24)$$

Misalkan lagi bahwa $p = e^{iz}$ dan $\frac{1}{p} = e^{-iz}$, maka dipunyai persamaan (3.25)

$$w = \frac{p - \frac{1}{p}}{i \left(p + \frac{1}{p} \right)} \quad (3.25)$$

Dengan manipulasi maka didapatkan persamaan berikut ini

$$iw = \frac{p^2 - 1}{p^2 + 1} \quad (3.26)$$

$$iw p^2 + iw = p^2 - 1 \quad (3.27)$$

$$iw p^2 - p^2 = -iw - 1 \quad (3.28)$$

$$p^2(iw - 1) = -iw - 1 \quad (3.29)$$

$$p^2 = \frac{-iw - 1}{iw - 1} \quad (3.30)$$

$$(e^{iz})^2 = \frac{iw + 1}{1 - iw} \quad (3.31)$$

Sehingga persamaan z dari persamaan (3.31) dapat dihitung menjadi persamaan (3.32)

$$z = \frac{1}{2i} \ln \left(\frac{iw + 1}{1 - iw} \right) \quad (3.32)$$

Karena $p = e^{iz}$, maka persamaan (3.32) menjadi persamaan (3.33)

$$\arctan w = \frac{1}{2i} \ln \left(\frac{iw + 1}{1 - iw} \right) \quad (3.33)$$

Dengan cara yang sama maka didapatkan persamaaan (3.34) berikut ini

$$\operatorname{arctanh} w = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{w + 1}{1 - w} \right) \quad (3.34)$$

3.2.3 Perbandingan Fungsi Aktivasi

Kedelapan fungsi aktivasi yang dicari bentuk kompleknya disub-bab di atas akan dijadikan deret McLaurin dan kemudian diuji dengan tes rasio untuk mengetahui interval kekonvergenannya. Sehingga dari interval kekonvergenannya itu akan dapat disimpulkan apakah cocok atau tidak untuk menjadi fungsi aktivasi atau tidak. Interval yang dipilih adalah interval fungsi $[0,1]$ karena dipilih fungsi biner, agar bisa dibandingkan dengan fungsi aktivasi sigmoid biner yang merupakan fungsi aktivasi yang sangat populer dipakai untuk jaringan backpropagation. Sehingga fungsi menuju ke 0 ketika $z \rightarrow -\infty$ dan menuju ke 1 ketika $z \rightarrow \infty$. Sehingga $e^z = 1$ dan $e^{-z} = 0$.

Tan z

Fungsi aktivasi yang pertama adalah fungsi aktivasi $\tan z$.

$$\tan z = \frac{e^{iz} - e^{-iz}}{i(e^{iz} + e^{-iz})} = \frac{e^i}{e^i} \left(\frac{e^z - e^{-z}}{i(e^z + e^{-z})} \right) \quad (3.35)$$

Karena telah didefinisikan bahwa $e^z = 1$ dan $e^{-z} = 0$, maka hasilnya menjadi,

$$\tan z = \frac{1}{i(1 + e^{-z})} \quad (3.36)$$

e^{-z} pada fungsi (3.36) ada yang tidak dirubah menjadi nol agar fungsi ini tetap menjadi fungsi, karena bila e^{-z} dirubah menjadi nol maka akan menjadi bilangan. Kemudian fungsi (3.36) dikali $\frac{i}{i}$ sehingga menjadi.

$$f(z) = \frac{-i}{(1 + e^{-z})} \quad (3.37)$$

Dengan tes rasio maka akan dilihat apakah fungsi (3.37) konvergen atau tidak. Langkah pertama adalah menentukan turunan-turunan tingkat tinggi.

$$f(z) = \frac{-i}{(1 + e^{-z})} \quad (3.38)$$

$$f'(z) = \frac{-i}{e^z(1 + e^{-z})^2} \quad (3.39)$$

$$f''(z) = \frac{i}{e^z(1 + e^{-z})^2} - \frac{2i}{e^{2z}(1 + e^{-z})^3} \quad (3.40)$$

Dengan cara yang sama, maka akan diturunkan terus sampai turunan ke-9.

Sebelum menuju ke tes rasio, deret McLaurin akan digunakan untuk mengetahui bentuk umum dari deret tersebut. Oleh karena itu digunakan $z = 0$, sehingga dapat diperoleh nilai-nilai dari turunan-turunannya, yang dirangkum dalam tabel 3.3 di bawah ini.

Tabel 3. 3 Fungsi dan Nilainya Saat $z = 0$

No	Fungsi	Nilai
1	$f(z)$	$-0,5 i$
2	$f'(z)$	$-0,25 i$
3	$f''(z)$	0
4	$f'''(z)$	$0,125 i$
5	$f^{(4)}(z)$	0
6	$f^{(5)}(z)$	$-0,25 i$
7	$f^{(6)}(z)$	0
8	$f^{(7)}(z)$	$1,0625 i$

9	$f^{(8)}(z)$	0
10	$f^{(9)}(z)$	$-7,75 i$

Kemudian dikonstruksi menjadi deret Taylor, sehingga

$$f(z) = f(z_0) + f'(z_0)(z - z_0) + \dots + \frac{f^{(9)}(z_0)(z - z_0)^9}{9!} \quad (3.41)$$

$$= -0,5 i - 0,2 i z + \frac{0,125 i z^3}{3!} - \frac{0,25 i z^5}{5!} + \frac{1,0625 i z^7}{7!} - \frac{7,75 i z^9}{9!} \quad (3.42)$$

Yakni

$$f(z) = -0,5 i - 0,2 i z + 0,02 i z^3 - 0,002 i z^5 + 0,0002 i z^7 - 0,00002 i z^9 \quad (3.43)$$

Sehingga bisa didapatkan bentuk umum $f(z)$ dan $f(z + 1)$

$$f(z) = -0,5 i + \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{2}{10^{n+1}} i z^{2n+1} \quad (3.44)$$

Dan

$$f(z + 1) = -0,5 i + \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^{(n+1)+1} \frac{2}{10^{(n+1)+1}} i z^{2(n+1)+1} \quad (3.45)$$

Kemudian $f(z)$ dan $f(z + 1)$ diuji dengan tes rasio didapatkan persamaan (3.46)

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{f(z + 1)}{f(z)} \right| \quad (3.46)$$

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{-0,5 i + \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^{(n+1)+1} \frac{2}{10^{(n+1)+1}} i z^{2(n+1)+1}}{-0,5 i + \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{2}{10^{n+1}} i z^{2n+1}} \right| \quad (3.47)$$

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{z^2}{10} \right| \quad (3.48)$$

Karena L harus konvergen maka L haruslah kurang dari satu, sehingga.

$$L = \left| \frac{z^2}{10} \right| < 1 \quad (3.49)$$

$$L = -10 < z^2 < 10 \quad (3.50)$$

$$-3,1623 < z < 3,1623 \quad (3.51)$$

Oleh karena itu interval kekonvergenan fungsi aktivasi $\tan z$ adalah, maka dalam tabel 3.4 untuk menghitung nilai $f(z)$ pada data $z \in [3,1; -3,1]$ dengan lebar selang $\Delta z = -0,1$.

Tabel 3. 4 Fungsi $f(z)$ pada Data $z \in [3,1; -3,1]$ dengan Lebar Selang $\Delta z = -0,1$

z	$f\left(\frac{-i}{1+e^{-iz}}\right)$
3,1	24.0392 - 0.5000i
3	7.0507 - 0.5000i
2,9	4.1190 - 0.5000i
2,8	2.8989 - 0.5000i
2,7	2.2276 - 0.5000i
2,6	1.8011 - 0.5000i
2,5	1.5048 - 0.5000i
2,4	1.2861 - 0.5000i
2,3	1.1172 - 0.5000i
2,2	0.9824 - 0.5000i
2,1	0.8717 - 0.5000i
2	0.7787 - 0.5000i
1,9	0.6992 - 0.5000i
1,8	0.6301 - 0.5000i
1,7	0.5692 - 0.5000i
1,6	0.5148 - 0.5000i
1,5	0.4658 - 0.5000i
1,4	0.4211 - 0.5000i
1,3	0.3801 - 0.5000i
1,2	0.3421 - 0.5000i
1,1	0.3066 - 0.5000i
1	0.2732 - 0.5000i
0,9	0.2415 - 0.5000i
0,8	0.2114 - 0.5000i
0,7	0.1825 - 0.5000i

0,6	0.1547 - 0.5000i
0,5	0.1277 - 0.5000i
0,4	0.1014 - 0.5000i
0,3	0.0756 - 0.5000i
0,2	0.0502 - 0.5000i
0,1	0.0250 - 0.5000i
0	0 - 0.5000i
-0,1	-0.0250 - 0.5000i
-0,2	-0.0502 - 0.5000i
-0,3	-0.0756 - 0.5000i
-0,4	-0.1014 - 0.5000i
-0,5	-0.1277 - 0.5000i
-0,6	-0.1547 - 0.5000i
-0,7	-0.1825 - 0.5000i
-0,8	-0.2114 - 0.5000i
-0,9	-0.2415 - 0.5000i
-1	-0.2732 - 0.5000i
-1,1	-0.3066 - 0.5000i
-1,2	-0.3421 - 0.5000i
-1,3	-0.3801 - 0.5000i
-1,4	-0.4211 - 0.5000i
-1,5	-0.4658 - 0.5000i
-1,6	-0.5148 - 0.5000i
-1,7	-0.5692 - 0.5000i
-1,8	-0.6301 - 0.5000i
-1,9	-0.6992 - 0.5000i
-2	-0.7787 - 0.5000i
-2,1	-0.8717 - 0.5000i
-2,2	-0.9824 - 0.5000i
-2,3	-1.1172 - 0.5000i
-2,4	-1.2861 - 0.5000i
-2,5	-1.5048 - 0.5000i
-2,6	-1.8011 - 0.5000i
-2,7	-2.2276 - 0.5000i
-2,8	-2.8989 - 0.5000i
-2,9	-4.1190 - 0.5000i
-3	-7.0507 - 0.5000i
-3,1	-24.0392 - 0.5000i

Dari hasil menghitung di tabel 3.4 dapat dilihat tidak ada nilai yang divergen. Tapi saat dimasukkan nilai riil, fungsi ini malah menghasilkan nilai kompleks. Padahal algoritma nilai riil tidak bisa digunakan untuk menyelesaikan algoritma nilai kompleks. Algoritma kompleks

backpropagation digunakan untuk pengolahan sinyal padahal dalam tulisan ini menggunakan pengolahan citra (Kim, 2001). Sehingga fungsi aktivasi $\tan z$, tidak bisa dipakai sebagai fungsi aktivasi.

Sin z

Selanjutnya fungsi yang akan dianalisis interval kekonvergenannya adalah fungsi $\sin z$.

$$\sin z = \frac{e^{iz} - e^{-iz}}{2i} = \frac{e^{iz} - e^{-iz}}{2i} \quad (3.52)$$

Kemudian fungsi (3.52) dikali $\frac{i}{i}$ sehingga menjadi.

$$= \frac{-ie^i(1 - e^{-z})}{2} \quad (3.53)$$

$$= \frac{-ie^i}{2} + \frac{ie^{i-z}}{2} \quad (3.54)$$

Dengan tes rasio maka akan dilihat apakah fungsi (3.54) konvergen atau tidak. Langkah pertama adalah menentukan turunan-turunan tingkat tinggi

$$f(z) = \frac{-ie^i}{2} + \frac{ie^{i-z}}{2} \quad (3.55)$$

$$f'(z) = -\frac{i}{2e^{(z-i)}} \quad (3.56)$$

$$f''(z) = \frac{i}{2e^{(z-i)}} \quad (3.57)$$

$$f'''(z) = -\frac{i}{2e^{(z-i)}} \quad (3.58)$$

Sebelum menuju ke tes rasio, deret McLaurin akan digunakan untuk mengetahui bentuk umum dari deret tersebut. Oleh karena itu digunakan

$z = 0$, sehingga dapat diperoleh nilai-nilai dari turunan-turunannya, yang dirangkum dalam tabel 3.5 di bawah ini.

Tabel 3.5 Fungsi dan Nilainya Saat $z = 0$

No	Fungsi	Nilai
1	$f(z)$	0
2	$f'(z)$	$-\frac{i}{2e^{(-i)}}$
3	$f''(z)$	$\frac{i}{2e^{(-i)}}$
4	$f'''(z)$	$-\frac{i}{2e^{(-i)}}$

Kemudian dikonstruksi menjadi deret Taylor, sehingga

$$f(z) = f(z_0) + f'(z_0)(z - z_0) + \frac{f''(z_0)(z - z_0)^2}{2!} + \frac{f'''(z_0)(z - z_0)^3}{3!} \quad (3.59)$$

Selanjutnya dengan substitusi komponen-komponen pada tabel 3.5 diperoleh

$$f(z) = 0 - \frac{iz}{2e^{(-i)}} + \frac{iz^2 2!}{2e^{(-i)}} - \frac{iz^3 3!}{2e^{(-i)}} \quad (3.60)$$

Sehingga bisa didapatkan bentuk umum $f(z)$ dan $f(z + 1)$

$$f(z) = -\frac{iz}{2e^{(-i)}} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n i z^n n!}{2e^{(-i)}} \quad (3.61)$$

Dan

$$f(z + 1) = -\frac{iz}{2e^{(-i)}} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{(n+1)} i z^{(n+1)} (n + 1)!}{2e^{(-i)}} \quad (3.62)$$

Kemudian $f(z)$ dan $f(z + 1)$ diuji dengan tes rasio

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{f(z + 1)}{f(z)} \right| \quad (3.63)$$

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{-\frac{iz}{2e^{(-i)}} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{(n+1)} i z^{(n+1)} (n+1)!}{2e^{(-i)}}}{-\frac{iz}{2e^{(-i)}} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n i z^n n!}{2e^{(-i)}}} \right| \quad (3.64)$$

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} |-z(n+1)| \quad (3.65)$$

$$L = \left| \frac{-z}{1} \right| \quad (3.66)$$

Karena syarat konvergen mutlak adalah saat $L < 1$, maka

$$L = |z| < 1 \quad (3.67)$$

$$-1 < z < 1 \quad (3.68)$$

Jadi deret tersebut konvergen mutlak dengan interval kekonvergenan $-1 < |z| < 1$. Kemudian dibuat dalam tabel 3.6 di bawah ini untuk menghitung nilai $f(z)$ pada data dengan $z \in [-0,9; 0,9]$ dengan lebar selang $\Delta z = 0,1$.

Tabel 3. 6 Fungsi $f(z)$ pada Data $z \in [-0,9; 0,9]$ dengan Lebar Selang $\Delta z = 0,1$

z	$f\left(\frac{-ie^i(1-e^{-z})}{2}\right)$
-0,9	-0,6141 – 0,3943i
-0,8	-0,5156 – 0,3311i
-0,7	-0,4265 – 0,2739i
-0,6	-0,3459 – 0,2221i
-0,5	-0,2729 – 0,1753i
-0,4	-0,2069 – 0,1329i
-0,3	-0,1472 – 0,0945i
-0,2	-0,0932 – 0,0598i
-0,1	-0,0442 – 0,0284i
0	0
0,1	0,0400 + 0,0257i
0,2	0,0763 + 0,0490i
0,3	0,1090 + 0,0700i
0,4	0,1387 + 0,0891i
0,5	0,1655 + 0,1063i
0,6	0,1898 + 0,1219i
0,7	0,2118 + 0,1360i
0,8	0,2317 + 0,1488i
0,9	0,2497 + 0,1603i

Dari hasil menghitung di tabel 3.6 dapat dilihat tidak ada nilai yang divergen. Tapi di bab 2 pada sub bab optimalitas arsitektur backpropagation, dibahas mengenai pemilihan bobot dan bias awal. Dari situ disarankan menggunakan Nguyen Widrow dan mampu menghasilkan bobot yang lebih dari 1. Padahal metode Nguyen Widrow disarankan sebagai penentuan bobot dari masukan ke lapisan tersembunyi. Sehingga fungsi aktivasi $\sin z$, terlalu riskan untuk dipakai sebagai fungsi aktivasi.

Tanh z

Selanjutnya fungsi yang akan dianalisis interval kekonvergenannya adalah fungsi aktivasi $\tanh z$. Karena $e^z = 1$ dan $e^{-z} = 0$, sehingga.

$$\tan z = \frac{e^z - e^{-z}}{(e^z + e^{-z})} = \frac{e^z - e^{-z}}{(e^z + e^{-z})} \quad (3.69)$$

Yaitu:

$$= \frac{1}{(1 + e^{-z})} \quad (3.70)$$

e^{-z} pada fungsi (3.70) ada yang tidak dirubah menjadi nol agar fungsi ini tetap menjadi fungsi, karena bila e^{-z} dirubah menjadi nol maka akan menjadi bilangan. Dengan tes rasio maka akan dilihat apakah fungsi $\tan z$ konvergen atau tidak, sehingga dapat dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut.

$$f(z) = \frac{1}{(1 + e^{-z})} \quad (3.71)$$

Dan

$$f'(z) = \frac{1}{e^z(1 + e^{-z})^2} \quad (3.72)$$

Dan

$$f''(z) = \frac{1}{e^z(1+e^{-z})^2} - \frac{2}{e^{2z}(1+e^{-z})^3} \quad (3.73)$$

Dan

$$f'''(z) = \frac{1}{e^z(1+e^{-z})^2} - \frac{6}{e^{2z}(1+e^{-z})^3} + \frac{6}{e^{3z}(1+e^{-z})^4} \quad (3.74)$$

Dengan cara yang sama, maka akan diturunkan terus sampai turunan ke-9.

Sebelum menuju ke tes rasio, deret McLaurin akan digunakan untuk mengetahui bentuk umum dari deret tersebut. Oleh karena itu digunakan $z = 0$, sehingga dapat diperoleh nilai-nilai dari turunan-turunannya, yang dirangkum dalam tabel 3.7 di bawah ini.

Tabel 3. 7 Fungsi dan Nilainya Saat $z = 0$

No	Fungsi	Nilai
1	$f(z)$	0,5
2	$f'(z)$	0,25
3	$f''(z)$	0
4	$f'''(z)$	-0,125
5	$f^{(4)}(z)$	0
6	$f^{(5)}(z)$	0,25
7	$f^{(6)}(z)$	0
8	$f^{(7)}(z)$	-1,0625
9	$f^{(8)}(z)$	0
10	$f^{(9)}(z)$	7,75

Kemudian dikonstruksi menjadi deret Taylor, sehingga

$$f(z) = f(z_0) + f'(z_0)(z - z_0) + \dots + \frac{f^{(9)}(z_0)(z - z_0)^9}{9!} \quad (3.75)$$

$$f(z) = 0,5 + 0,2z - \frac{0,125z^3}{3!} + \frac{0,25z^5}{5!} - \frac{1,0625z^7}{7!} + \frac{7,75z^9}{9!} \quad (3.76)$$

Dengan mensubstitusikan elemen-elemen pada tabel 3.5 diperoleh

$$f(z) = 0,5 + 0,2 z - 0,02 z^3 + 0,002 z^5 - 0,0002 z^7 + 0,00002 z^9 \quad (3.77)$$

Sehingga bisa didapatkan bentuk umum $f(z)$ dan $f(z + 1)$

$$f(z) = -0,5 + \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{2}{10^{n+1}} z^{2n+1} \quad (3.78)$$

Dan

$$f(z + 1) = -0,5 + \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^{(n+1)} \frac{2}{10^{(n+1)+1}} z^{2(n+1)+1} \quad (3.79)$$

Kemudian $f(z)$ dan $f(z + 1)$ diuji dengan tes rasio

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{f(z + 1)}{f(z)} \right| \quad (3.80)$$

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{-0,5 + \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^{(n+1)} \frac{2}{10^{(n+1)+1}} z^{2(n+1)+1}}{-0,5 + \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{2}{10^{n+1}} z^{2n+1}} \right| \quad (3.81)$$

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| -\frac{z^2}{10} \right| \quad (3.82)$$

Karena L harus konvergen maka L haruslah kurang dari satu, sehingga.

$$L = \left| \frac{z^2}{10} \right| < 1 \quad (3.83)$$

$$L = -10 < z^2 < 10 \quad (3.84)$$

$$-3,1623 < z < 3,1623 \quad (3.86)$$

Oleh karena itu interval kekonvergenan fungsi aktivasi $\tanh z$ adalah $-3,1623 < z < 3,1623$, maka dalam tabel 3.8 di bawah ini dihitung $f(z)$ pada data $z \in [3,1; -3,1]$ dengan lebar selang $\Delta z = -0,1$.

Tabel 3. 8 Fungsi $f(z)$ pada Data $z \in [3, 1; -3, 1]$ dengan Lebar Selang $\Delta z = -0, 1$

z	$f\left(\frac{-i}{1+e^{-iz}}\right)$
3,1	0.9569
3	0.9526
2,9	0.9478
2,8	0.9427
2,7	0.9370
2,6	0.9309
2,5	0.9241
2,4	0.9168
2,3	0.9089
2,2	0.9002
2,1	0.8909
2	0.8808
1,9	0.8699
1,8	0.8581
1,7	0.8455
1,6	0.8320
1,5	0.8176
1,4	0.8022
1,3	0.7858
1,2	0.7685
1,1	0.7503
1	0.7311
0,9	0.7109
0,8	0.6900
0,7	0.6682
0,6	0.6457
0,5	0.6225
0,4	0.5987
0,3	0.5744
0,2	0.5498
0,1	0.5250
0	0.5000
-0,1	0.4750
-0,2	0.4502
-0,3	0.4256
-0,4	0.4013
-0,5	0.3775
-0,6	0.3543
-0,7	0.3318
-0,8	0.3100
-0,9	0.2891
-1	0.2689
-1,1	0.2497
-1,2	0.2315

-1,3	0.2142
-1,4	0.1978
-1,5	0.1824
-1,6	0.1680
-1,7	0.1545
-1,8	0.1419
-1,9	0.1301
-2	0.1192
-2,1	0.1091
-2,2	0.0998
-2,3	0.0911
-2,4	0.0832
-2,5	0.0759
-2,6	0.0691
-2,7	0.0630
-2,8	0.0573
-2,9	0.0522
-3	0.0474
-3,1	0.0431

Dari hasil menghitung di tabel 3.8 dapat dilihat tidak ada nilai yang divergen. Dan juga saat diberi bobot riil hasilnya juga riil, jadi fungsi $\tanh z$ bisa digunakan sebagai fungsi aktivasi.

Sinh z

Selanjutnya fungsi yang akan dianalisis interval kekonvergenannya adalah fungsi aktivasi $\sinh z$. Karena $e^z = 1$ dan $e^{-z} = 0$, sehingga.

$$\sinh z = \frac{e^z - e^{-z}}{2} = \frac{e^z - e^{-z}}{2} \quad (3.86)$$

$$= \frac{1}{2} - \frac{e^{-z}}{2} \quad (3.87)$$

Dengan tes rasio maka akan dilihat apakah fungsi (3.87) konvergen atau tidak. Langkah pertama adalah menentukan turunan-turunan tingkat tinggi.

$$f(z) = \frac{1}{2} - \frac{e^{-z}}{2} \quad (3.88)$$

$$f'(z) = \frac{e^{-z}}{2} \quad (3.89)$$

$$f''(z) = -\frac{e^{-z}}{2} \quad (3.90)$$

$$f'''(z) = \frac{e^{-z}}{2} \quad (3.91)$$

Sebelum menuju ke tes rasio, deret McLaurin akan digunakan untuk mengetahui bentuk umum dari deret tersebut. Oleh karena itu digunakan $z = 0$, sehingga dapat diperoleh nilai-nilai dari turunan-turunannya, yang dirangkum dalam tabel 3.9 di bawah ini.

Tabel 3. 9 Fungsi dan Nilainya Saat $z = 0$

No	Fungsi	Nilai
1	$f(z)$	0
2	$f'(z)$	0,5
3	$f''(z)$	-0.5
4	$f'''(z)$	0,5

Kemudian dikonstruksi menjadi deret Taylor, sehingga,

$$f(z) = f(z_0) + f'(z_0)(z - z_0) + \frac{f''(z_0)(z - z_0)^2}{2!} + \frac{f'''(z_0)(z - z_0)^3}{3!} + \dots + \frac{f^{(n)}(z_0)(z - z_0)^n}{n!} \quad (3.92)$$

$$= 0.5 z - \frac{0.5 z^2}{2!} + \frac{0.5 z^3}{3!} + \dots + \sum_{n=1}^n 0.5(-1)^n z^n \quad (3.93)$$

Sehingga bisa didapatkan bentuk umum $f(z)$ dan $f(z + 1)$

$$f(z) = \frac{\sum_{n=1}^{\infty} 0.5 (-1)^n z^n}{n!} \quad (3.94)$$

Dan

$$f(z+1) = \frac{\sum_{n=1}^{\infty} 0.5 (-1)^{(n+1)} z^{(n+1)}}{(n+1)!} \quad (3.95)$$

Kemudian diuji dengan tes rasio

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{f(z+1)}{f(z)} \right| \quad (3.96)$$

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{\frac{\sum_{n=1}^{\infty} 0.5 (-1)^{(n+1)} z^{(n+1)}}{(n+1)!}}{\frac{\sum_{n=1}^{\infty} 0.5 (-1)^n z^n}{n!}} \right| \quad (3.97)$$

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{-z}{(n+1)} \right| \quad (3.98)$$

$$L = \left| \frac{z}{1} \right| < 1 \quad (3.99)$$

Karena L harus konvergen maka L haruslah kurang dari satu, sehingga.

$$-1 < z < 1 \quad (3.100)$$

Jadi deret tersebut konvergen mutlak dengan interval kekonvergenan adalah $-1 < z < 1$. Maka dalam tabel 3.10 di bawah ini dihitung nilai $f(z)$ pada data angka dari $-0,9$ sampai $0,9$ dengan interval penjumlahan $0,1$.

Tabel 3. 10 Fungsi $f(z)$ pada Data $z \in [-0,9; 0,9]$ dengan Lebar Selang $\Delta z = 0,1$

z	$f\left(\frac{1 - e^{-z}}{2}\right)$
-0.9	-0.7298
-0.8	-0.6128
-0.7	-0.5069
-0.6	-0.4111
-0.5	-0.3244
-0.4	-0.2459
-0.3	-0.1749
-0.2	-0.1107
-0.1	-0.0526
0	0
0.1	0.0476
0.2	0.0906
0.3	0.1296

0.4	0.1648
0.5	0.1967
0.6	0.2256
0.7	0.2517
0.8	0.2753
0.9	0.2967

Dari hasil menghitung di tabel 3.10 dapat dilihat tidak ada nilai yang divergen. Tapi di bab 2 pada sub bab optimalitas arsitektur backpropagation, dibahas mengenai pemilihan bobot dan bias awal. Dari situ disarankan menggunakan Nguyen Widrow dan mampu menghasilkan bobot yang lebih dari 1. Padahal metode Nguyen Widrow disarankan sebagai penentuan bobot dari masukan ke lapisan tersembunyi. Sehingga fungsi aktivasi sinh z, terlalu riskan untuk dipakai sebagai fungsi aktivasi.

ArcTan z

Selanjutnya fungsi yang akan dianalisis interval kekonvergenannya adalah fungsi ArcTan z. Sehingga

$$\text{ArcTan } z = \frac{1}{2i} \ln \left(\frac{1+iz}{1-iz} \right) = \frac{1}{2i} \ln \left(\frac{1+iz}{1-iz} \right) \frac{i}{i} \quad (3.101)$$

$$= -\frac{i}{2} \ln \left(\frac{1+iz}{1-iz} \right) \quad (3.102)$$

Dengan tes rasio maka akan dilihat apakah fungsi (3.102) konvergen atau tidak. Langkah pertama adalah menentukan turunan-turunan tingkat tinggi

$$f(z) = -\frac{i}{2} \ln \left(\frac{1+iz}{1-iz} \right) \quad (3.103)$$

$$f'(z) = -\frac{i}{2} \frac{(-1+iz) \left(\frac{(1+iz)i}{(-1+iz)^2} - \frac{i}{(-1+iz)} \right)}{1+iz} \quad (3.104)$$

Dengan cara yang sama, maka akan diturunkan terus sampai turunan ke-9.

Sebelum menuju ke tes rasio, deret McLaurin akan digunakan untuk mengetahui bentuk umum dari deret tersebut. Oleh karena itu digunakan $z = 0$, sehingga dapat diperoleh nilai-nilai dari turunan-turunannya, yang dirangkum dalam tabel 3.11 di bawah ini.

Tabel 3. 11 Fungsi dan Nilainya Saat $z = 0$

No	Fungsi	Nilai
1	$f(z)$	0
2	$f'(z)$	1
3	$f''(z)$	0
4	$f'''(z)$	-2
5	$f^{(4)}(z)$	0
6	$f^{(5)}(z)$	24
7	$f^{(6)}(z)$	0
8	$f^{(7)}(z)$	-720
9	$f^{(8)}(z)$	0
10	$f^{(9)}(z)$	40320

Kemudian dikonstruksi menjadi deret Taylor, sehingga

$$f(z) = z - \frac{2z^3}{3!} + \frac{24z^5}{5!} - \frac{720z^7}{7!} + \frac{40320z^9}{9!} \quad (3.105)$$

Sehingga bisa didapatkan bentuk umum $f(z)$ dan $f(z + 1)$

$$f(z) = 1 - \frac{2z^3}{3!} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{2n}(2n+2)!z^{(2n+3)}}{(2n+3)!} \quad (3.106)$$

Dan

$$f(z + 1) = 1 - \frac{2z^3}{3!} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{2(n+1)}(2(n+1)+2)!z^{(2(n+1)+3)}}{(2(n+1)+3)!} \quad (3.107)$$

Kemudian $f(z)$ dan $f(z + 1)$ diuji dengan tes rasio

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{f(z+1)}{f(z)} \right| \quad (3.108)$$

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{1 - \frac{2z^3}{3!} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{2(n+1)}(2n+4)!z^{(2n+5)}}{(2n+5)!}}{1 - \frac{2z^3}{3!} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{2n}(2n+2)!z^{(2n+3)}}{(2n+3)!}} \right| \quad (3.109)$$

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{f(z) \cdot (n) \cdot \left(\frac{1 - (-1)}{2} \right) \cdot z}{(n+1)} \right| \quad (3.110)$$

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{z^{(2n+2)}z^{(2n+3)}z^{(2n+4)}z^{(2n+5)}}{(2n+3)(2n+5)} \right| \quad (3.111)$$

$$L = \left| \frac{z^2z^3z^4z^5}{8} \right| \quad (3.112)$$

$$L = \left| \frac{z^{11}}{8} \right| \quad (3.113)$$

Agar konvergen mutlak, maka $z < 1$, sehingga persamaannya menjadi

$$L = \left| \frac{z^{11}}{8} \right| < 1 \quad (3.114)$$

$$-8 < z^{11} < 8 \quad (3.115)$$

$$-\sqrt[11]{8} < z < \sqrt[11]{8} \quad (3.116)$$

$$-1 < z < 1 \quad (3.117)$$

Seperti halnya fungsi aktivasi $\sin z$ dan $\sinh z$ yang memiliki interval kekonvergenan kurang dari contoh metode Nguyen Widrow pada sub bab optimalitas Backpropagation, jadi fungsi aktivasi ini juga terlalu riskan untuk dipakai sebagai fungsi aktivasi.

ArcSin z

Selanjutnya fungsi yang akan dianalisis interval kekonvergenannya adalah fungsi ArcSin z. Sehingga

$$\text{ArcSin } z = \frac{1}{i} \ln \left(iz + \sqrt{1 - z^2} \right) = \frac{1}{i} \ln \left(iz + \sqrt{1 - z^2} \right) \frac{i}{i} \quad (3.118)$$

$$= -i \ln \left(iz + \sqrt{1 - z^2} \right) \quad (3.119)$$

Dengan tes rasio maka akan dilihat apakah fungsi (3.119) konvergen atau tidak. Langkah pertama adalah menentukan turunan-turunan tingkat tinggi.

$$f(z) = -i \ln \left(iz + \sqrt{1 - z^2} \right) \quad (3.120)$$

Dan

$$f'(z) = i \left(\frac{\frac{z}{\sqrt{1 - z^2}}}{(\sqrt{1 - z^2} + iz)} - i \right) \quad (3.121)$$

Dan

$$f''(z) = i \left(\frac{\left(\frac{z^2}{\sqrt{1 - z^2}} + \frac{1}{\sqrt{1 - z^2}} \right)}{\sqrt{1 - z^2} + iz} \right) + \left(\frac{\left(\frac{z}{\sqrt{1 - z^2}} - i \right)^2}{(\sqrt{1 - z^2} + iz)^2} \right) \quad (3.122)$$

Dengan cara yang sama, maka akan diturunkan terus sampai turunan ke-13.

Sebelum menuju ke tes rasio, deret McLaurin akan digunakan untuk mengetahui bentuk umum dari deret tersebut. Oleh karena itu digunakan $z = 0$, sehingga dapat diperoleh nilai-nilai dari turunan-turunannya, yang dirangkum dalam tabel 3.12 di bawah ini.

Tabel 3. 12 Fungsi dan Nilainya Saat $z = 0$

No	Fungsi	Nilai
1	$f(z)$	0
2	$f'(z)$	1
3	$f''(z)$	0
4	$f'''(z)$	1
5	$f^{(4)}(z)$	0
6	$f^{(5)}(z)$	9
7	$f^{(6)}(z)$	0
8	$f^{(7)}(z)$	225
9	$f^{(8)}(z)$	0
10	$f^{(9)}(z)$	11025
11	$f^{(10)}(z)$	0
12	$f^{(11)}(z)$	893025
13	$f^{(12)}(z)$	0
14	$f^{(13)}(z)$	108056025

Kemudian dikonstruksi menjadi deret Taylor, sehingga

$$f(z) = f(z_0) + f'(z_0)(z - z_0) + \dots + \frac{f^{(9)}(z_0)(z - z_0)^9}{9!} \quad (3.123)$$

$$f(z) = z + \frac{z^3}{3!} + \frac{9z^5}{5!} + \frac{225z^7}{7!} + \frac{11025z^9}{9!} + \frac{893025z^{11}}{11!} + \frac{108056025z^{13}}{13!} \quad (3.124)$$

$$f(z) = z + \frac{z^3}{3!} + 0,07z^5 + 0,04z^7 + 0,03z^9 + 0,02z^{11} + 0,01z^{13} \quad (3.125)$$

Sehingga bisa didapatkan bentuk umum $f(z)$ dan $f(z + 1)$

$$f(z) = z + 0,07^3 + 0,04z^5 + \frac{\sum_{n=1}^{\infty} \left(0,05 - \frac{(n+3)}{100}\right) z^{(2n+3)}}{(2n+3)!} \quad (3.126)$$

Dan

$$f(z + 1) = z + 0,07^3 + 0,04z^5 + \frac{\sum_{n=1}^{\infty} \left(0,05 - \frac{(n+4)}{100}\right) z^{(2n+5)}}{(2n+5)!} \quad (3.127)$$

Kemudian $f(z)$ dan $f(z + 1)$ diuji dengan tes rasio

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{f(z+1)}{f(z)} \right| \quad (3.128)$$

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{z + 0,07^3 + 0,04 z^5 + \frac{\sum_{n=1}^{\infty} \left(0,05 - \frac{(n+4)}{100}\right) z^{(2n+5)}}{(2n+5)!}}{z + 0,07^3 + 0,04 z^5 + \frac{\sum_{n=1}^{\infty} \left(0,05 - \frac{(n+3)}{100}\right) z^{(2n+3)}}{(2n+3)!}} \right| \quad (3.129)$$

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{(n+4)z^{(2n+4)}z^{(2n+5)}}{(2n+4) + (2n+5)} \right| \quad (3.130)$$

$$L = \left| \frac{4z^9}{9} \right| \quad (3.131)$$

Agar konvergen mutlak, maka $z < 1$, sehingga persamaannya menjadi

$$L = \left| \frac{4z^9}{9} \right| < 1 \quad (3.131)$$

$$-\sqrt[9]{2,25} < z < \sqrt[9]{2,25} \quad (3.132)$$

$$-1 < z < 1 \quad (3.133)$$

Seperti halnya fungsi aktivasi $\sin z$ dan $\sinh z$ yang memiliki interval kekonvergenan kurang dari contoh metode Nguyen Widrow pada sub bab optimalitas Backpropagation, jadi fungsi aktivasi ini juga terlalu riskan untuk dipakai sebagai fungsi aktivasi.

ArcTanh z

Selanjutnya fungsi yang akan dianalisis interval kekonvergenannya adalah fungsi ArcTanh z. Sehingga

$$\arctan z = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+z}{1-z} \right) \quad (3.134)$$

Dengan tes rasio maka akan dilihat apakah fungsi (3.134) konvergen atau tidak. Langkah pertama adalah menentukan turunan-turunan tingkat tinggi.

$$f(z) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+z}{1-z} \right) \quad (3.135)$$

Dan

$$f'(z) = -\frac{1}{2} \frac{(-1+z) \left(\frac{1}{z-1} - \frac{(1+z)}{(z-1)^2} \right)}{1+iz} \quad (3.136)$$

Dan

$$\begin{aligned} f''(z) &= \frac{\left(\frac{1}{-1+z} + \frac{(z+1)}{(z-1)^2} \right)}{2(z+1)} \\ &+ \frac{(z-1) \left(\frac{1}{(z-1)} - \frac{(z+1)}{(z-1)^2} \right)}{(1+iz)^2} \\ &\frac{(z-1) \left(-\frac{2}{(z-1)^2} + \frac{2(z+1)}{(z-1)^3} \right)}{2(z+1)} \end{aligned} \quad (3.137)$$

Dengan cara yang sama, maka akan diturunkan terus sampai turunan ke-9.

Sebelum menuju ke tes rasio, deret McLaurin akan digunakan untuk mengetahui bentuk umum dari deret tersebut. Oleh karena itu digunakan $z = 0$, sehingga dapat diperoleh nilai-nilai dari turunan-turunannya, yang dirangkum dalam tabel 3.13 di bawah ini.

Tabel 3. 13 Fungsi dan Nilainya Saat $z = 0$

No	Fungsi	Nilai
1	$f(z)$	0
2	$f'(z)$	-1
3	$f''(z)$	0
4	$f'''(z)$	-2
5	$f^{(4)}(z)$	0
6	$f^{(5)}(z)$	-24
7	$f^{(6)}(z)$	0
8	$f^{(7)}(z)$	-720
9	$f^{(8)}(z)$	0
10	$f^{(9)}(z)$	-40320

Kemudian dikonstruks menjadi deret Taylor, sehingga

$$f(x) = f(z_0) + f'(z_0)(z - z_0) + \dots + \frac{f^{(9)}(z_0)(z - z_0)^9}{9!} \quad (3.138)$$

$$f(x) = -z - \frac{2z^3}{3!} - \frac{24z^5}{5!} - \frac{720z^7}{7!} - \frac{40320z^9}{9!} \quad (3.139)$$

Sehingga bisa didapatkan bentuk umum $f(z)$ dan $f(z + 1)$

$$f(z) = 1 - \frac{2z^3}{3!} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(2n+2)! z^{(2n+3)}}{(2n+3)!} \quad (3.140)$$

Dan

$$f(z + 1) = 1 - \frac{2z^3}{3!} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(2n+4)! z^{(2n+5)}}{(2n+5)!} \quad (3.141)$$

Kemudian $f(z)$ dan $f(z + 1)$ diuji dengan tes rasio

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{f(z + 1)}{f(z)} \right| \quad (3.142)$$

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{i - \frac{2iz^3}{3!} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(2n+4)! z^{(2n+5)}}{(2n+5)!}}{i - \frac{2iz^3}{3!} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(2n+2)! z^{(2n+3)}}{(2n+3)!}} \right| \quad (3.143)$$

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{z^{(2n+2)} z^{(2n+3)} z^{(2n+4)} z^{(2n+5)}}{(2n+3)(2n+5)} \right| \quad (3.144)$$

$$L = \left| \frac{z^{11}}{8} \right| \quad (3.145)$$

Agar konvergen mutlak, maka $z < 1$, sehingga persamaannya menjadi

$$L = \left| \frac{z^{11}}{8} \right| < 1 \quad (3.146)$$

$$-8 < z^{11} < 8 \quad (3.147)$$

$$-\sqrt[11]{8} < z < \sqrt[11]{8} \quad (3.148)$$

$$-1 < z < 1 \quad (3.149)$$

Seperti halnya fungsi aktivasi $\sin z$ dan $\sinh z$ yang memiliki interval kekonvergenan kurang dari contoh metode Nguyen Widrow pada sub bab optimalitas Backpropagation, jadi fungsi aktivasi ini juga terlalu riskan untuk dipakai sebagai fungsi aktivasi.

ArcSinh z

Selanjutnya fungsi yang akan dianalisis interval kekonvergenannya adalah fungsi ArcSinh z. Sehingga

$$\text{ArcSinh } z = \ln \left(z + \sqrt{z^2 + 1} \right) \quad (3.150)$$

Dengan tes rasio maka akan dilihat apakah fungsi (3.150) konvergen atau tidak. Langkah pertama adalah menentukan turunan-turunan tingkat tinggi.

$$f(z) = \ln \left(z + \sqrt{z^2 + 1} \right) \quad (3.151)$$

$$f'(z) = \left(\frac{\frac{z}{\sqrt{z^2+1}} + i}{\sqrt{z^2+1} + z} \right) \quad (3.152)$$

$$f''(z) = \left(\frac{\left(\frac{1}{\sqrt{z^2+1}} - \frac{z^2}{\sqrt{z^2+1}} \right)}{\sqrt{z^2+1} + z} \right) - \left(\frac{\left(\frac{z}{\sqrt{z^2+1}} + 1 \right)^2}{(\sqrt{z^2+1} + z)^2} \right) \quad (3.153)$$

Dengan cara yang sama, maka akan diturunkan terus sampai turunan ke-9.

Sebelum menuju ke tes rasio, deret McLaurin akan digunakan untuk mengetahui bentuk umum dari deret tersebut. Oleh karena itu digunakan $z = 0$, sehingga dapat diperoleh nilai-nilai dari turunan-turunannya, yang dirangkum dalam tabel 3.14 di bawah ini.

Tabel 3. 14 Fungsi dan Nilainya Saat $z = 0$

No	Fungsi	Nilai
1	$f(z)$	0
2	$f'(z)$	1
3	$f''(z)$	0
4	$f'''(z)$	-1
5	$f^{(4)}(z)$	0
6	$f^{(5)}(z)$	9
7	$f^{(6)}(z)$	0
8	$f^{(7)}(z)$	-225
9	$f^{(8)}(z)$	0
10	$f^{(9)}(z)$	11025

Kemudian dikonstruksi menjadi deret Taylor, sehingga

$$f(x) = f(z_0) + f'(z_0)(z - z_0) + \dots + \frac{f^{(9)}(z_0)(z - z_0)^9}{9!} \quad (3.154)$$

$$f(z) = z - \frac{z^3}{3!} + \frac{9z^5}{5!} - \frac{225z^7}{7!} + \frac{11025z^9}{9!} - \frac{893025z^{11}}{11!} \quad (3.155)$$

$$+ \frac{108056025z^{13}}{13!}$$

$$f(z) = z - \frac{z^3}{3!} + 0,07 z^5 - 0,04 z^7 + 0,03 z^9 - 0,02 z^{11} + 0,01 z^{13} \quad (3.156)$$

Sehingga bisa didapatkan bentuk umum $f(z)$ dan $f(z + 1)$

$$f(z) = z - 0,07^3 + 0,04 z^5$$

$$+ \frac{\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \left(0,05 - \frac{(n+3)}{100} \right) z^{(2n+3)}}{(2n+3)!} \quad (3.157)$$

Dan

$$f(z+1) = z + 0,07^3 + 0,04 z^5$$

$$+ \frac{\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{(n+1)} \left(0,05 - \frac{(n+4)}{100} \right) z^{(2n+5)}}{(2n+5)!} \quad (3.158)$$

Kemudian diuji dengan tes rasio

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{f(z+1)}{f(z)} \right| \quad (3.159)$$

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{\frac{\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \left(0,05 - \frac{(n+3)}{100} \right) z^{(2n+3)}}{(2n+3)!}}{\frac{\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{(n+1)} \left(0,05 - \frac{(n+4)}{100} \right) z^{(2n+5)}}{(2n+5)!}} \right| \quad (3.160)$$

$$L = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{(n+4)z^{(2n+4)}z^{(2n+5)}}{(2n+4) + (2n+5)} \right| \quad (3.161)$$

$$L = \left| \frac{4z^9}{9} \right| \quad (3.162)$$

Agar konvergen mutlak, maka $z < 1$, sehingga persamaannya menjadi

$$L = \left| \frac{4z^9}{9} \right| < 1 \quad (3.163)$$

$$-\sqrt[9]{2,25} < z < \sqrt[9]{2,25} \quad (3.164)$$

$$-1 < z < 1 \quad (3.165)$$

Seperti halnya fungsi aktivasi $\sin z$ dan $\sinh z$ yang memiliki interval kekonvergenan kurang dari contoh metode Nguyen Widrow pada sub bab optimalitas Backpropagation, jadi fungsi aktivasi ini juga terlalu riskan untuk dipakai sebagai fungsi aktivasi.

3.2.4 Analisis Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner

Fungsi sigmoid biner dikonstruksi dari fungsi tangen hiperbolik (Aizenberg, 2011: 25). Sehingga fungsi aktivasi ini bisa digunakan dan di sub-bab $\tanh z$, telah dibuktikan bahwa fungsi aktivasi ini memiliki interval kekonvergenan $z \leq 3$.

$$\tanh \alpha z = \frac{\sinh \alpha z}{\cosh \alpha z} = \frac{e^{\alpha z} - e^{-\alpha z}}{e^{\alpha z} + e^{-\alpha z}} \quad (3.166)$$

Dan di sub-bab $\tanh z$, juga telah dibuktikan bahwa

$$\tanh \alpha z = \frac{e^{\alpha z} - e^{-\alpha z}}{e^{\alpha z} + e^{-\alpha z}} = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad (3.167)$$

Kemudian akan dibuktikan apakah fungsi sigmoid biner terdiferensial dengan mudah atau tidak. Misalkan $u = 1$ sehingga $u' = 0$. Dan $v = 1 + e^{-z}$ sehingga $v' = -e^{-z}$. Maka turunan $f(x)$ menjadi.

$$f'(x) = \frac{e^{-z}}{(1 + e^{-z})^2} \quad (3.168)$$

Persamaan di atas dapat dinyatakan secara ekuivalen sebagai:

$$= f(x) \left(\frac{e^{-z}}{1 + e^{-z}} \right) \quad (3.169)$$

Dengan manipulasi aljabar, bentuk di atas dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$= f(x) \left(\frac{e^{-z}}{1 + e^{-z}} + \frac{1}{1 + e^{-z}} - \frac{1}{1 + e^{-z}} \right) \quad (3.170)$$

Sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

$$= f(x) \left(1 - \frac{1}{1 + e^{-z}} \right) \quad (3.171)$$

$$f'(x) = f(x)(1 - f(x)) \quad (3.172)$$

Jadi telah terbukti bahwa fungsi sigmoid biner bisa terdifferensial dengan mudah. Sehingga memenuhi syarat sebagai fungsi aktivasi jaringan backpropagation.

3.2.5 Model JST

Penulis akan menggunakan jaringan syaraf untuk operasi XOR dengan jaringan Backpropagation. Ada 2 masukan yaitu x_1 dan x_2 . Kemudian ada 1 keluaran atau target yaitu T . Dan digunakan satu lapisan tersembunyi yang terdiri dari 3 unit dengan fungsi sigmoid biner sebagai fungsi aktivasinya dan dalam sub bab ini digunakan 15 angka dibelakan koma, karena berhubungan dengan perubahan bobot sehingga jika angka begitu banyak angka nol sebelum angka selain nol tidak dianggap nol misal 0,0000000000000001.

Mula-mula diberi nilai acak yang kecil (interval antara [-1,1]). Misal bobot acak antara [-0,5; 0,5] seperti tabel 3.15 dan 3.16.

Tabel 3. 15 Bobot dari Lapisan Masukan ke Lapisan Tersembunyi

	z_1	z_2	z_3
	$v_{11} = 0,2$	$v_{21} = 0,3$	$v_{31} = -0,1$
	$v_{12} = 0,3$	$v_{22} = 0,1$	$v_{32} = -0,1$
	$v_{10} = -0,3$	$v_{20} = 0,3$	$v_{30} = 0,3$

Tabel 3. 16 Bobot dari Lapisan Tersembunyi ke Lapisan Keluaran (Target)

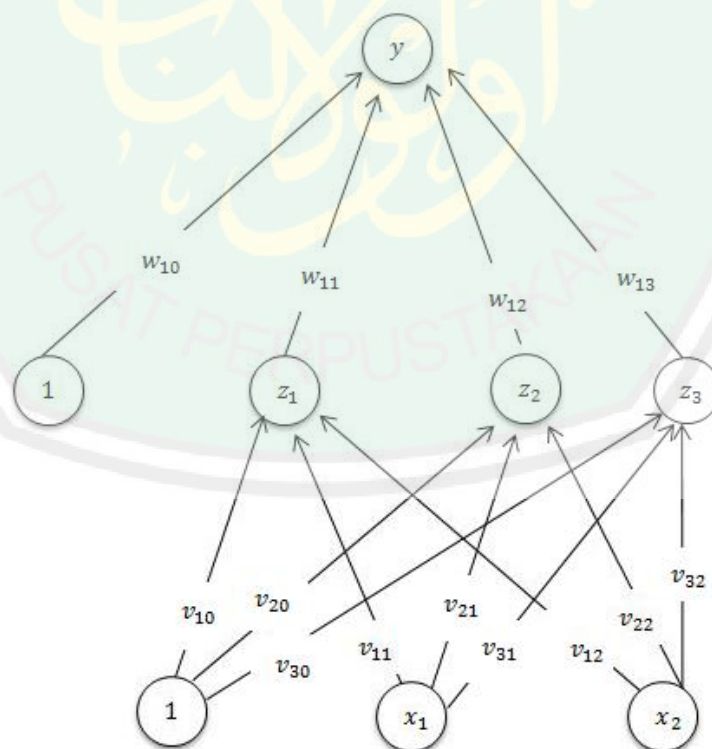
	y
z_1	$w_{11} = 0,5$
z_2	$w_{12} = -0,3$
z_3	$w_{13} = -0,4$
$1(z_0)$	$w_{10} = -0,1$

Tabel 3. 17 Operasi XOR

x_1	x_2	T
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	0

Ket: dalam tabel 3.17, angka 1 melambangkan benar dan angka 0 melambangkan salah.

Dan arsitektur dari pelatihan ini adalah.



Gambar 3. 3 Arsitektur Jaringan Backpropagation

Laju pemahamannya = 0,2

Maksimum epoh = 1000

Target error = 10^{-10}

➤ Epoh ke-1

✓ Data ke-1, saat $x_1 = 1, x_2 = 1, T = 0$

Langkah 4: menghitung keluaran unit tersembunyi (z_j), $j = 1, 2, 3$

$$z_{net_j} = v_{j0} + \sum_{i=1}^2 x_i v_{ji} \quad (3.173)$$

$$\begin{aligned} z_{net_1} &= v_{10} + x_1(v_{11}) + x_2(v_{12}) = -0,3 + 1(0,2) + 1(0,3) \\ &= 0,2 \end{aligned} \quad (3.174)$$

$$\begin{aligned} z_{net_2} &= v_{20} + x_1(v_{21}) + x_2(v_{22}) = 0,3 + 1(0,3) + 1(0,1) \\ &= 0,7 \end{aligned} \quad (3.175)$$

$$\begin{aligned} z_{net_3} &= v_{30} + x_1(v_{31}) + x_2(v_{32}) = 0,3 + 1(-0,1) + 1(-0,1) \\ &= 0,1 \end{aligned} \quad (3.176)$$

$$z_j = f(z_{net_j}) = \frac{1}{1 + e^{-z_{net_j}}} \quad (3.177)$$

$$z_1 = \frac{1}{1 + e^{-z_{net_1}}} = \frac{1}{1 + e^{-0,2}} = 0,549833997312478 \quad (3.178)$$

$$z_2 = \frac{1}{1 + e^{-z_{net_2}}} = \frac{1}{1 + e^{-0,7}} = 0,668187772168166 \quad (3.179)$$

$$z_3 = \frac{1}{1 + e^{-z_{net_3}}} = \frac{1}{1 + e^{-0,1}} = 0,524979187478940 \quad (3.180)$$

Langkah 5: menghitung faktor keluaran unit $y_k, k = 1$

$$y_{net_k} = w_{k0} + \sum_{j=1}^3 z_j w_{kj} \quad (3.181)$$

$$y_{net_1} = w_{k0} + \sum_{j=1}^3 z_j w_{ij} \quad (3.182)$$

$$= w_{10} + z_1(w_{11}) + z_2(w_{12}) + z_3(w_{13})$$

$$\begin{aligned} y_{net_1} &= -0,1 + 0,549833997312478(0,5) \\ &\quad + 0,668187772168166(-0,3) \\ &\quad + 0,524979187478940(-0,4) \end{aligned} \quad (3.183)$$

$$y_{net_1} = 0,668083958303345 \quad (3.184)$$

$$y_k = f(y_{net_k}) = \frac{1}{1 + e^{-y_{net_k}}} \quad (3.185)$$

$$\begin{aligned} y_1 &= f(y_{net_1}) \\ &= \frac{1}{1 + e^{-y_{net_1}}} = \frac{1}{1 + e^{-0,668083958303345}} \end{aligned} \quad (3.186)$$

$$y_1 = 0,661073992739636 \quad (3.187)$$

Langkah 6: menghitung faktor δ di unit keluaran $y_k, k = 1$

$$\delta = (T_k - y_k)f'(y_{net_k}) = (T_k - y_k)y_k(1 - y_k) \quad (3.188)$$

$$\delta = (T_1 - y_1)y_1(1 - y_1) \quad (3.189)$$

$$\delta = (0 - y_1)y_1(1 - y_1) \quad (3.190)$$

$$\begin{aligned} \delta &= (0 - 0,661073992739636)0,661073992739636 \\ &\quad (1 - 0,661073992739636) \end{aligned} \quad (3.191)$$

$$\delta = -0,148117045074158 \quad (3.192)$$

Suku perubahan bobot w_{kj} (dengan $\alpha = 0,2$):

$$\Delta w_{kj} = \alpha \delta z_j; j = 0, 1, 2, 3 \quad (3.193)$$

$$\begin{aligned} \Delta w_{10} &= \alpha \delta z_0 = 0,2(-0,148117045074158)(1) \\ &= -0,029623409014832 \end{aligned} \quad (3.194)$$

$$\begin{aligned}
\Delta w_{11} &= \alpha \delta z_1 \\
&= 0,2(-0,148117045074158)(0,549833997312478) \quad (3.195) \\
&= -0,016287957392647
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta w_{12} &= \alpha \delta z_2 \\
&= 0,2(-0,148117045074158)(0,668187772168166) \quad (3.196) \\
&= -0,019793999673647
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta w_{13} &= \alpha \delta z_3 \\
&= 0,2(-0,148117045074158)(0,524979187478940) \quad (3.197) \\
&= -0,015551673194963
\end{aligned}$$

Langkah 7: menghitung penjumlahan kesalahan dari unit tersembunyi

$$j = 1, 2, 3$$

$$\delta_{net_j} = \sum_{k=1}^1 \delta(w_{kj}) = \delta(w_{1j}) \quad (3.198)$$

$$\begin{aligned}
\delta_{net_1} &= \delta(w_{11}) = -0,148117045074158(0,5) \\
&= -0,074058522537079 \quad (3.199)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\delta_{net_2} &= \delta(w_{12}) = -0,148117045074158(-0,3) \\
&= 0,044435113522248 \quad (3.200)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\delta_{net_3} &= \delta(w_{13}) = -0,148117045074158(-0,4) \\
&= 0,059246818029663 \quad (3.201)
\end{aligned}$$

Faktor kesalahan δ di unit tersembunyi:

$$\delta_j = \delta_{net_j} f'(z_{net_j}) = \delta_{net_j}(z_j)(1 - z_j) \quad (3.202)$$

$$\begin{aligned}
 \delta_1 &= \delta_{net_1}(z_1)(1 - z_1) \\
 &= -0,074058522537079(0,549833997312478) \\
 &\quad (1 - 0,549833997312478)
 \end{aligned} \tag{3.203}$$

$$= -0,018330711678482$$

$$\begin{aligned}
 \delta_2 &= \delta_{net_2}(z_2)(1 - z_2) \\
 &= 0,044435113522248(0,668187772168166) \\
 &\quad (1 - 0,668187772168166) \\
 &= 0,009851836694123
 \end{aligned} \tag{3.204}$$

$$\begin{aligned}
 \delta_3 &= \delta_{net_3}(z_3)(1 - z_3) \\
 &= 0,059246818029663(0,524979187478940) \\
 &\quad (1 - 0,524979187478940) \\
 &= 0,014774736874266
 \end{aligned} \tag{3.205}$$

Suku perubahan bobot dari unit masukan ke unit tersembunyi

$$\Delta v_{ji} = \alpha \delta_j x_i; (j = 1, 2, 3); i = 0, 1, 2 \tag{3.206}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta v_{11} &= \alpha \delta_1 x_1 = 0,2(-0,018330711678482)(1) \\
 &= -0,003666142335696
 \end{aligned} \tag{3.207}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta v_{12} &= \alpha \delta_1 x_2 = 0,2(-0,018330711678482)(1) \\
 &= -0,003666142335696
 \end{aligned} \tag{3.208}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta v_{10} &= \alpha \delta_1 x_0 = 0,2(-0,018330711678482)(1) \\
 &= -0,003666142335696
 \end{aligned} \tag{3.209}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta v_{21} &= \alpha \delta_2 x_1 = 0,2(0,009851836694123)(1) \\
 &= 0,001970367338825
 \end{aligned} \tag{3.210}$$

$$\begin{aligned}\Delta v_{22} &= \alpha \delta_2 x_2 = 0,2(0,009851836694123)(1) \\ &= 0,001970367338825\end{aligned}\quad (3.211)$$

$$\begin{aligned}\Delta v_{20} &= \alpha \delta_2 x_0 = 0,2(0,009851836694123)(1) \\ &= 0,001970367338825\end{aligned}\quad (3.212)$$

$$\begin{aligned}\Delta v_{31} &= \alpha \delta_3 x_1 = 0,2(0,014774736874266)(1) \\ &= 0,002954947374853\end{aligned}\quad (3.213)$$

$$\begin{aligned}\Delta v_{32} &= \alpha \delta_3 x_2 = 0,2(0,014774736874266)(1) \\ &= 0,002954947374853\end{aligned}\quad (3.214)$$

$$\begin{aligned}\Delta v_{30} &= \alpha \delta_3 x_0 = 0,2(0,014774736874266)(1) \\ &= 0,002954947374853\end{aligned}\quad (3.215)$$

Langkah 8: menghitung semua perubahan bobot

Perubahan bobot dari unit masukan ke unit tersembunyi

$$\begin{aligned}v_{ji_{baru}} &= v_{ji} + \Delta v_{ji}; (j = 1, 2, 3); i = 0, 1, 2 \\ &= v_{11} + \Delta v_{11} = 0,2 + (-0,003666142335696) \\ &= 0,196333857664304\end{aligned}\quad (3.216)$$

$$\begin{aligned}v_{12_{baru}} &= v_{12} + \Delta v_{12} = 0,3 + (-0,003666142335696) \\ &= 0,296333857664304\end{aligned}\quad (3.217)$$

$$\begin{aligned}v_{10_{baru}} &= v_{10} + \Delta v_{10} = -0,3 + (-0,003666142335696) \\ &= -0,303666142335696\end{aligned}\quad (3.218)$$

$$\begin{aligned}v_{21_{baru}} &= v_{21} + \Delta v_{21} = 0,3 + 0,001970367338825 \\ &= 0,301970367338825\end{aligned}\quad (3.219)$$

$$\begin{aligned}v_{22_{baru}} &= v_{22} + \Delta v_{22} = 0,1 + 0,001970367338825 \\ &= 0,101970367338825\end{aligned}\quad (3.220)$$

$$\begin{aligned} v_{20baru} &= v_{20} + \Delta v_{20} = 0,3 + 0,001970367338825 \\ &= 0,301970367338825 \end{aligned} \quad (3.221)$$

$$\begin{aligned} v_{31baru} &= v_{31} + \Delta v_{31} = -0,1 + 0,002954947374853 \\ &= -0,097045052625147 \end{aligned} \quad (3.222)$$

$$\begin{aligned} v_{32baru} &= v_{32} + \Delta v_{32} = -0,1 + 0,002954947374853 \\ &= -0,097045052625147 \end{aligned} \quad (3.223)$$

$$\begin{aligned} v_{30baru} &= v_{30} + \Delta v_{30} = 0,3 + 0,002954947374853 \\ &= 0,302954947374853 \end{aligned} \quad (3.224)$$

Perubahan bobot dari unit tersembunyi ke unit keluaran (target)

$$w_{kjbaru} = w_{kj} + \Delta w_{kj}; k = 1; j = 0, 1, 2, 3 \quad (3.225)$$

$$\begin{aligned} w_{11baru} &= w_{11} + \Delta w_{11} \\ &= 0,5 + (-0,016287957392647) \\ &= 0,483712042607353 \end{aligned} \quad (3.226)$$

$$\begin{aligned} w_{12baru} &= w_{12} + \Delta w_{12} \\ &= -0,3 + (-0,019793999673647) \\ &= -0,319793999673647 \end{aligned} \quad (3.227)$$

$$\begin{aligned} w_{13baru} &= w_{13} + \Delta w_{13} \\ &= -0,4 + (-0,015551673194963) \\ &= -0,415551673194963 \end{aligned} \quad (3.228)$$

$$\begin{aligned} w_{10baru} &= w_{10} + \Delta w_{10} \\ &= -0,1 + (-0,029623409014832) \\ &= -0,129623409014832 \end{aligned} \quad (3.229)$$

✓ Data ke-2, saat $x_1 = 1, x_2 = 0, T = 1$

Bobot yang digunakan adalah bobot baru di atas, sehingga

Tabel 3. 18 Bobot Baru dari Lapisan Masukan ke Lapisan Tersembunyi

	z_1	z_2	z_3
x_1	$v_{11} = v_{11}baru$	$v_{21} = v_{21}baru$	$v_{31} = v_{31}baru$
x_2	$v_{12} = v_{12}baru$	$v_{22} = v_{22}baru$	$v_{32} = v_{32}baru$
1	$v_{10} = v_{10}baru$	$v_{20} = v_{20}baru$	$v_{30} = v_{30}baru$

Tabel 3. 19 Bobot Baru dari Lapisan Tersembunyi ke Target

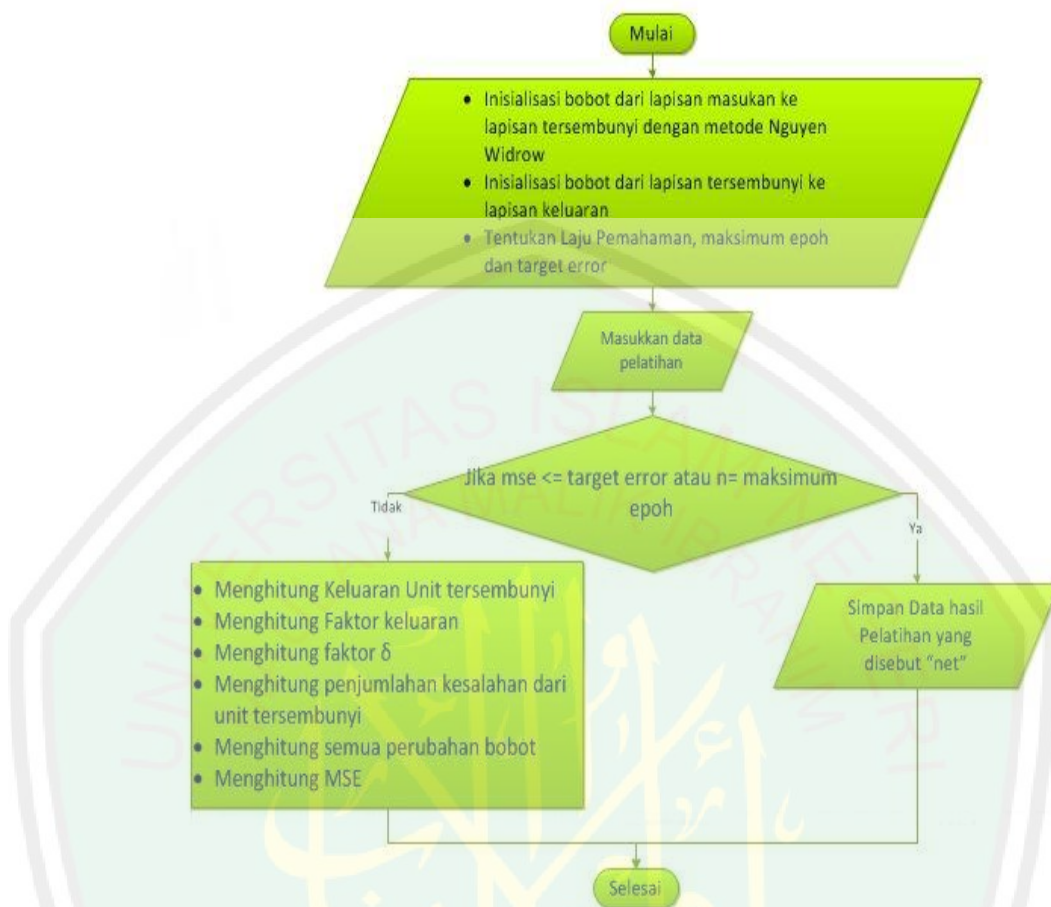
	y
z_1	$w_{11} = w_{11}baru$
z_2	$w_{12} = w_{12}baru$
z_3	$w_{13} = w_{13}baru$
$1(z_0)$	$w_{10} = w_{10}baru$

Cara yang digunakan untuk mendapatkan bobot baru pada data ke-2 sama dengan cara bobot pertama mendapatkan bobot baru. Setelah data ke-2 mendapatkan bobot baru, maka bobot baru itu yang digunakan oleh data ke-3 yaitu $x_1 = 0, x_2 = 1, T = 1$ untuk mendapatkan bobot baru. Begitu seterusnya sampai data ke-4 ($x_1 = 0, x_2 = 0, T = 0$) mendapatkan bobot baru. Setelah data ke-4 mendapatkan bobot baru, berarti telah menjalani satu epoh. Jika sudah satu epoh maka dihitung MSE. Kemudian bobot baru pada data keempat digunakan sebagai bobot bagi data ke-1 untuk mendapatkan bobot baru. Begitu seterusnya sampai mencapai target error yang diinginkan atau sudah mencapai maksimum epoh.

3.3 Simulasi Program

3.3.1 Kode Program

Sebelum menuju ke kode program, maka akan ditampilkan flowcart program pelatihan jaringan backpropagation.



Gambar 3. 4 Flowcart Pelatihan Jaringan Backpropagation

Kode program Matlab JST jaringan Backpropagation untuk mengenali gelombang spektra adalah.

```

clc,clear

FA=zeros(120*100,8);
FB=zeros(120*100,8);

for i=1:8
    A=imread(['sapi' num2str(i) '.jpg']);
    [m,n,o]=size(A);
    A2=rgb2gray(A);
    A3=im2bw(A2,graythresh(A2));
    A4=imresize(A3,[120 100]);
    A5=reshape(A4,[120*100 1]);
    FA(:,i)=A5;

    B=imread(['babi' num2str(i) '.jpg']);
    [m,n,o]=size(B);
    B2=rgb2gray(B);
    B3=im2bw(B2,graythresh(B2));
  
```

```

B4=imresize(B3,[120 100]);
B5=reshape(B4,[120*100 1]);
FB(:,i)=B5;
end

P=[FA FB];
T=[ones(1,8) zeros(1,8);
   zeros(1,8) ones(1,8)];

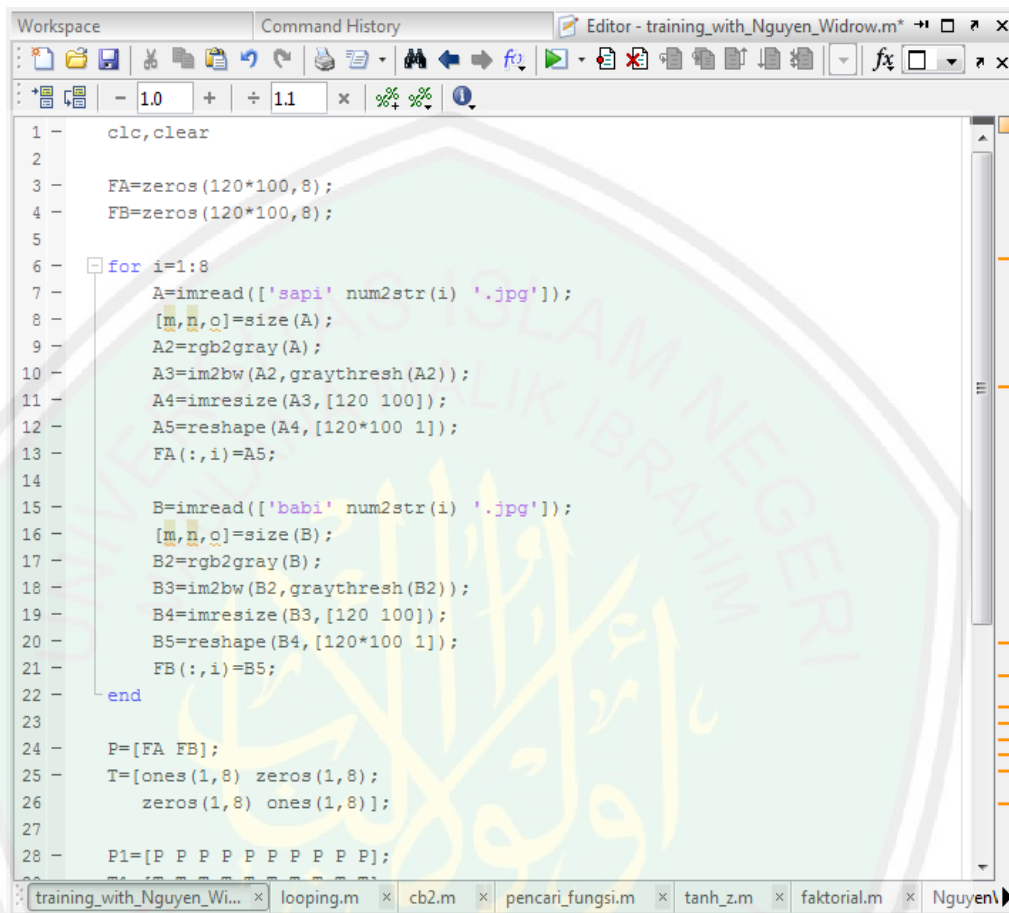
P1=[P P P P P P P P P P];
T1=[T T T T T T T T T T];
clear A A2 A3 A4 B B2 B3 B4 B5 i m n o A5 FA FB P T

net=newff(minmax(P1),[50,2],{'logsig','purelin'},'traingd
')
net.trainParam.goal=0.00001

net.IW{1,1};
net.b{1};
net.LW{2,1};
net.b{2};
[y,Pf,Af,e,perf]=sim(net,P1,[],[],T1)
net=train(net,P1,T1)

```

Gambar 3.5 di bawah ini menunjukkan saat koding program ini dimasukkan dalam matlab.



```

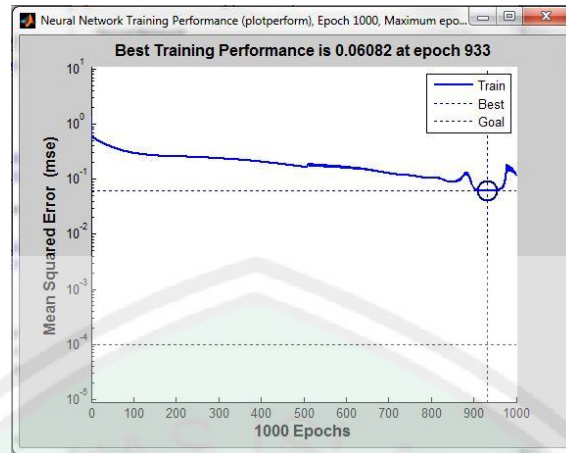
1  clc,clear
2
3  FA=zeros(120*100,8);
4  FB=zeros(120*100,8);
5
6  for i=1:8
7      A=imread(['sapi' num2str(i) '.jpg']);
8      [m,n,o]=size(A);
9      A2=rgb2gray(A);
10     A3=im2bw(A2,graythresh(A2));
11     A4=imresize(A3,[120 100]);
12     A5=reshape(A4,[120*100 1]);
13     FA(:,i)=A5;
14
15     B=imread(['babi' num2str(i) '.jpg']);
16     [m,n,o]=size(B);
17     B2=rgb2gray(B);
18     B3=im2bw(B2,graythresh(B2));
19     B4=imresize(B3,[120 100]);
20     B5=reshape(B4,[120*100 1]);
21     FB(:,i)=B5;
22 end
23
24 P=[FA FB];
25 T=[ones(1,8) zeros(1,8);
26     zeros(1,8) ones(1,8)];
27
28 P1=[P P P P P P P P P];

```

Gambar 3. 5 Koding Program Dimasukkan ke dalam Matlab

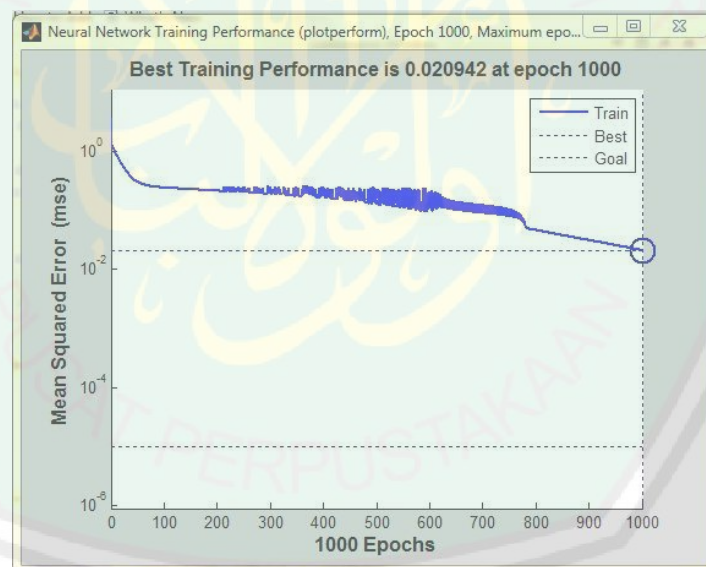
3.3.2 Uji Coba dengan Data

Di bawah ini akan dibandingkan hasil pelatihan JST dengan laju pelatihan $\alpha = 0,0001$ dengan 1 lapisan tersembunyi yang terdiri dari 3, 4, 5, 30 dan 40 unit.



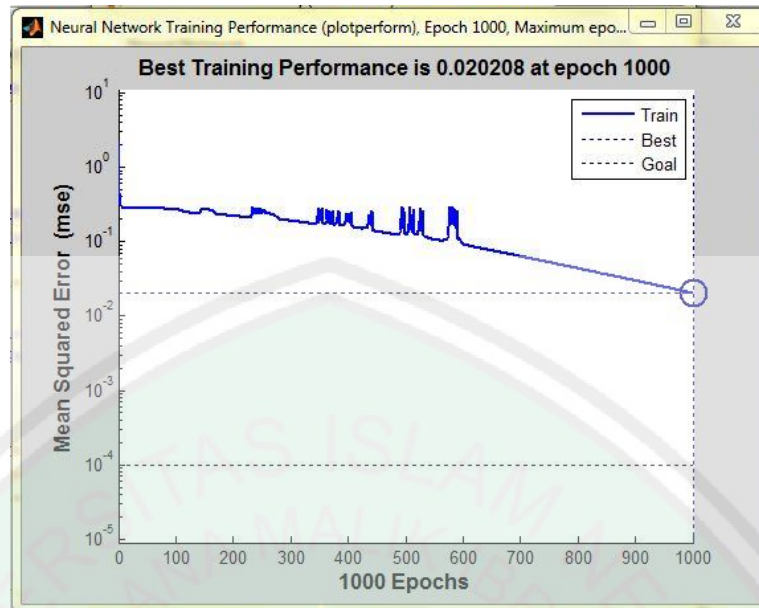
Gambar 3. 6 Grafik 3 Unit Jaringan dalam Satu Lapisan Tersembunyi

Dari Gambar 3.6 dapat dilihat bahwa dengan 3 unit jaringan dalam satu lapisan tersembunyi mampu menghasilkan mean square error (MSE) sebesar 0,06082.



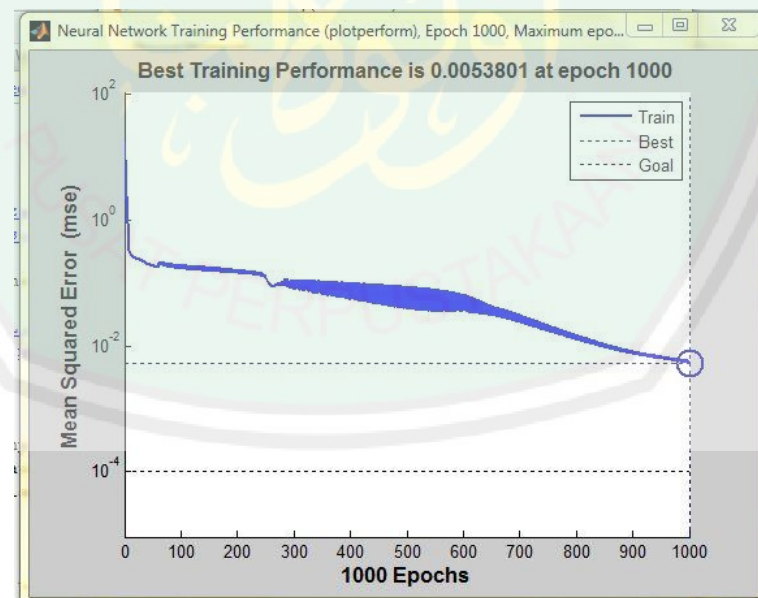
Gambar 3. 7 Grafik 4 Unit Jaringan dalam Satu Lapisan Tersembunyi

Dari Gambar 3.7 dapat dilihat bahwa dengan 4 unit jaringan dalam satu lapisan tersembunyi mampu menghasilkan mean square error (MSE) sebesar 0,020942.



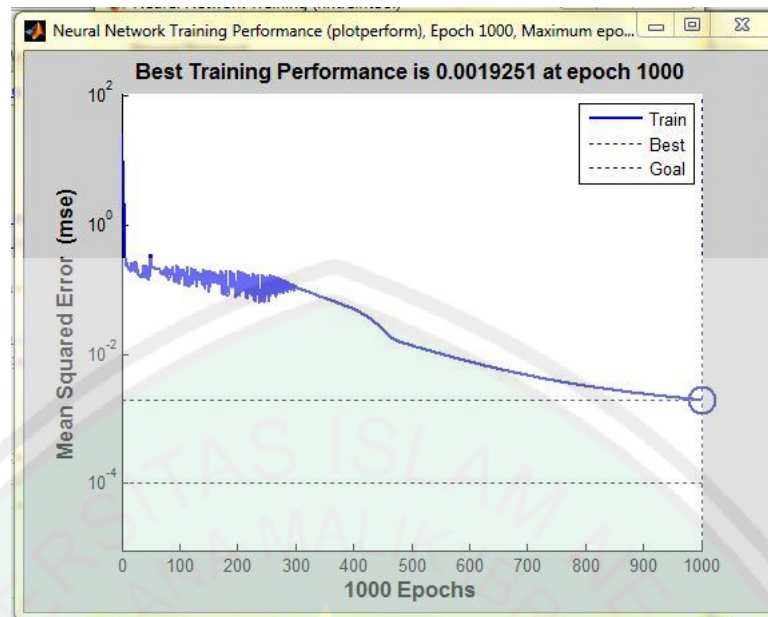
Gambar 3. 8 Grafik 5 Unit Jaringan dalam Satu Lapisan Tersembunyi

Dari Gambar 3.8 dapat dilihat bahwa dengan 5 unit jaringan dalam satu lapisan tersembunyi mampu menghasilkan mean square error (MSE) sebesar 0,020208.



Gambar 3. 9 Grafik 30 Unit Jaringan dalam Satu Lapisan Tersembunyi

Dari Gambar 3.9 dapat dilihat bahwa dengan 30 unit jaringan dalam satu lapisan tersembunyi mampu menghasilkan mean square error (MSE) sebesar 0,0053801.



Gambar 3. 10 Grafik 40 Unit Jaringan dalam Satu Lapisan Tersembunyi

Dari Gambar 3.10 dapat dilihat bahwa dengan 40 unit jaringan dalam satu lapisan tersembunyi mampu menghasilkan mean square error (MSE) sebesar 0,0019251.

Dari kelima gambar itu dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jaringan dalam satu lapisan tersembunyi, maka semakin kecil errornya sehingga semakin bagus hasil pelatihannya. Setelah melakukan pelatihan, maka hasil dari pelatihan disimpan dalam “net”.

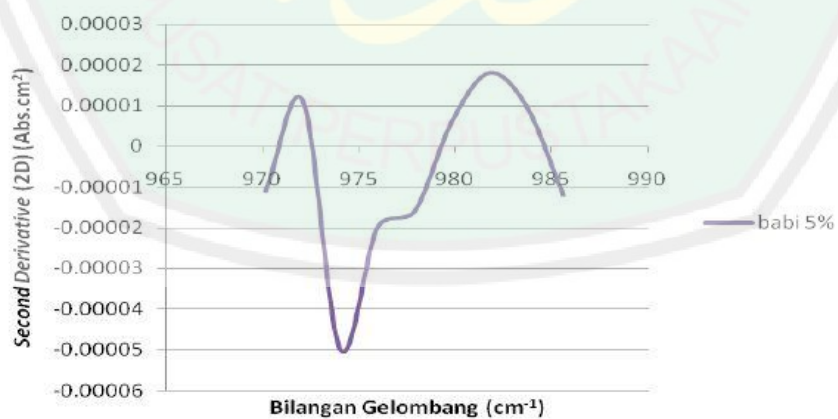
Kemudian penulis akan menguji coba hasil pelatihan dengan data uji coba, apakah hasil pelatihan mampu mengenali data uji coba dengan benar atau tidak. Pertama-tama disediakan tiga gambar gelombang spektra babi dan sapi. Berikut gambar gelombang spektra babi.



Gambar 3. 11 Gambar Gelombang Spektra Babi yang Pertama



Gambar 3. 12 Gambar Gelombang Spektra Babi yang Kedua

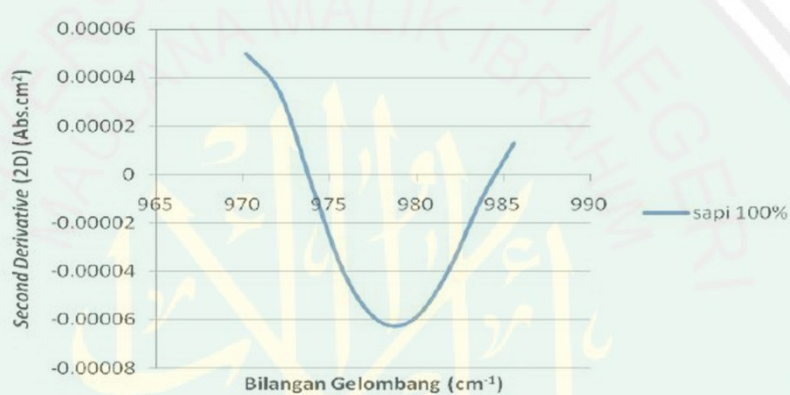


Gambar 3. 13 Gambar Gelombang Spektra Babi yang Ketiga

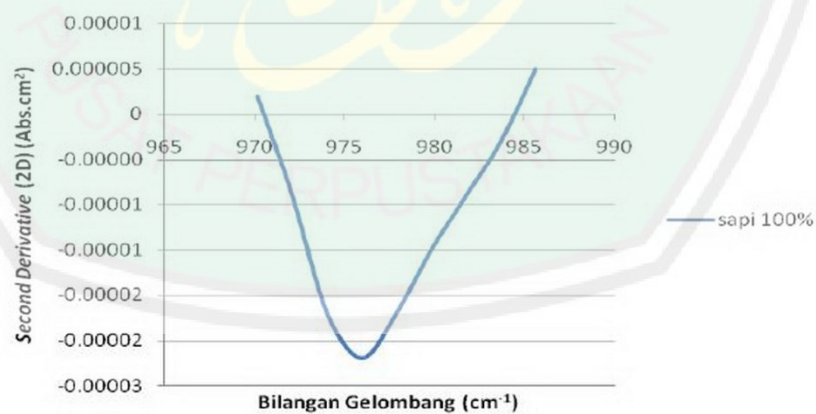
Kemudian berikut tiga gambar gelombang spektra sapi.



Gambar 3. 14 Gambar Gelombang Spektra Sapi yang Pertama

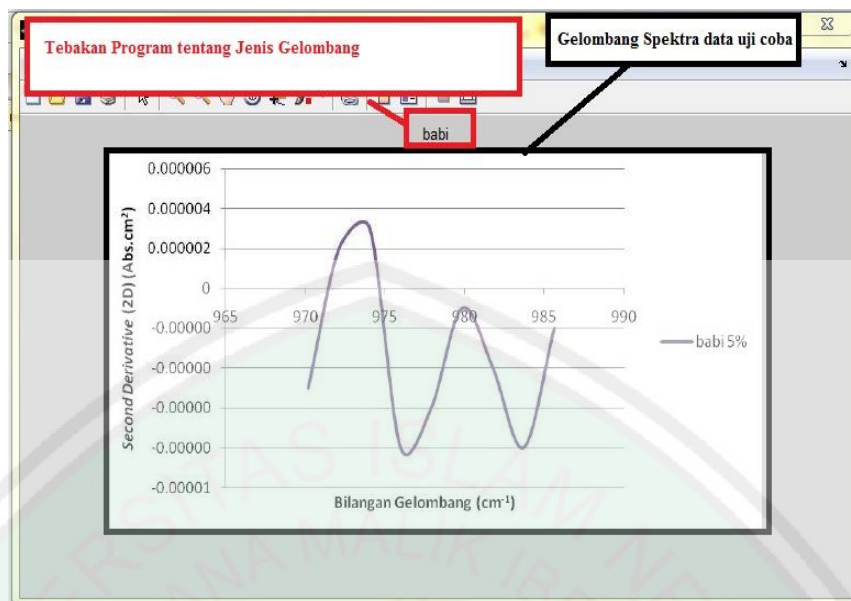


Gambar 3. 15 Gambar Gelombang Spektra Sapi yang Kedua



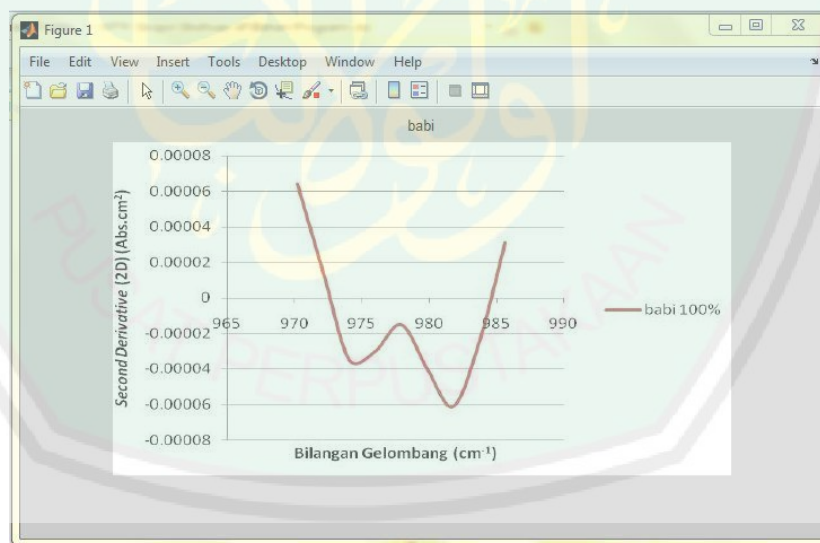
Gambar 3. 16 Gambar Gelombang Spektra Babi yang Ketiga

Setelah program dijalankan, maka program akan menebak apakah itu gambar spektra gelombang sapi atau babi. Berikut ini adalah cara untuk membaca tebakan program.

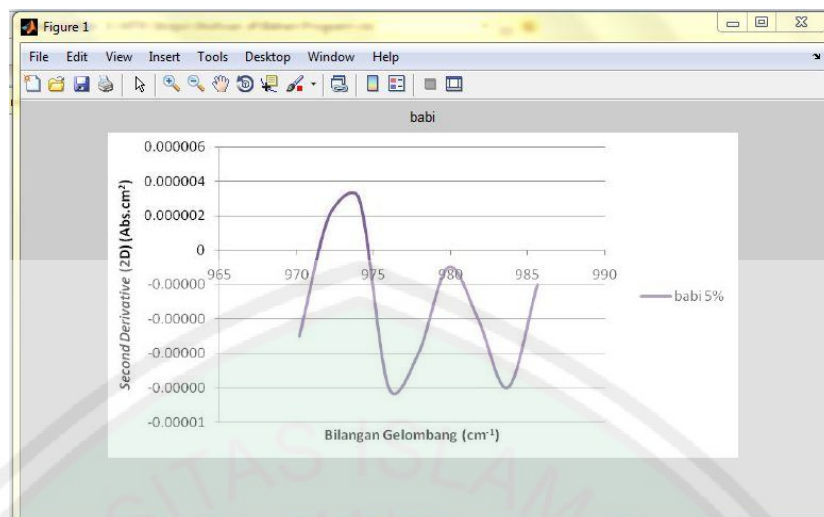


Gambar 3. 17 Tata Cara Membaca Tebakan Program

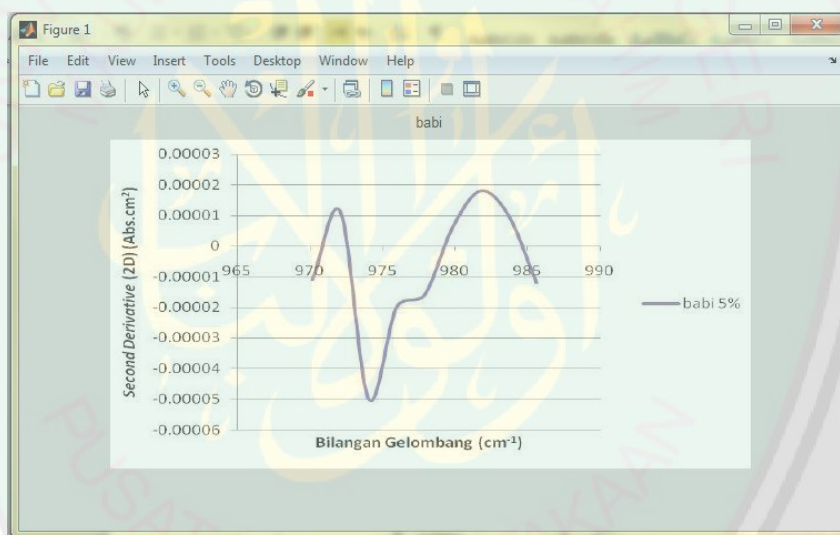
Gambar yang dipanggil pertama adalah gambar gelombang spektra babi. Dan setelah program dijalankan, maka hasilnya adalah



Gambar 3. 18 Program Menebak bahwa Gambar Gelombang Spektra itu adalah Gelombang Spektra Babi

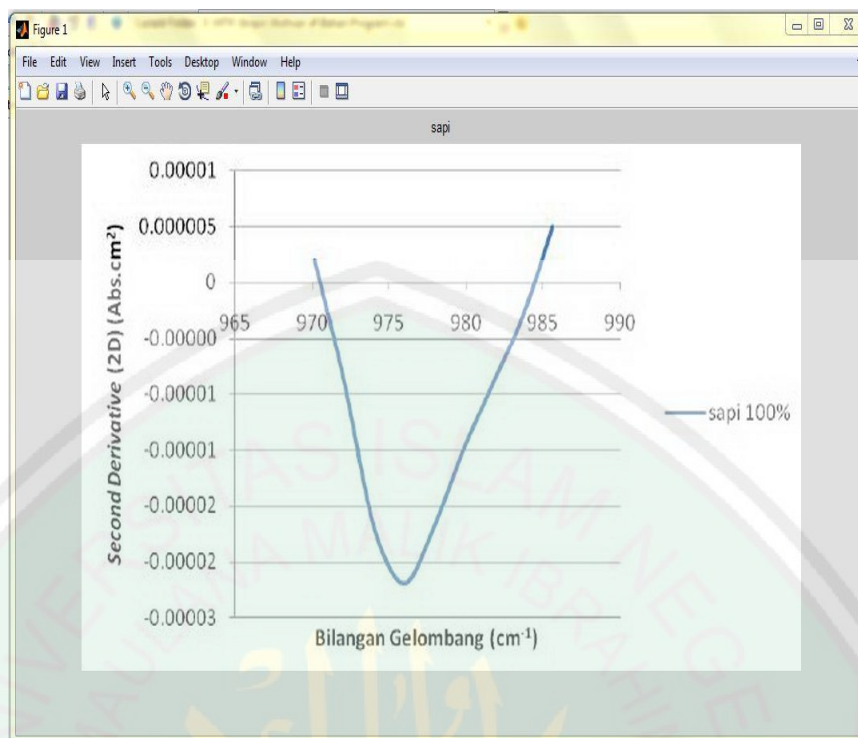


Gambar 3. 19 Program Menebak bahwa Gambar Gelombang Spektra itu adalah Gelombang Spektra Babi

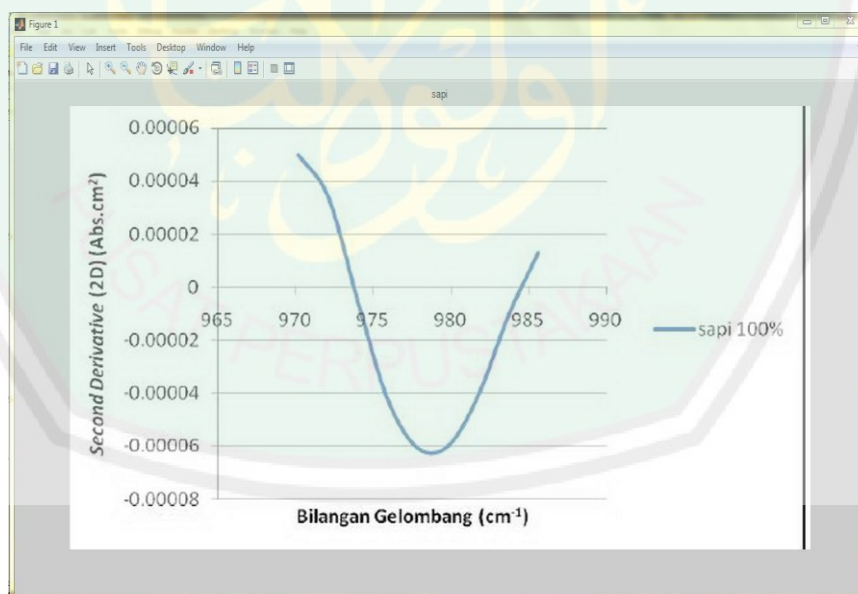


Gambar 3. 20 Program Menebak bahwa Gambar Gelombang Spektra itu adalah Gelombang Spektra Babi

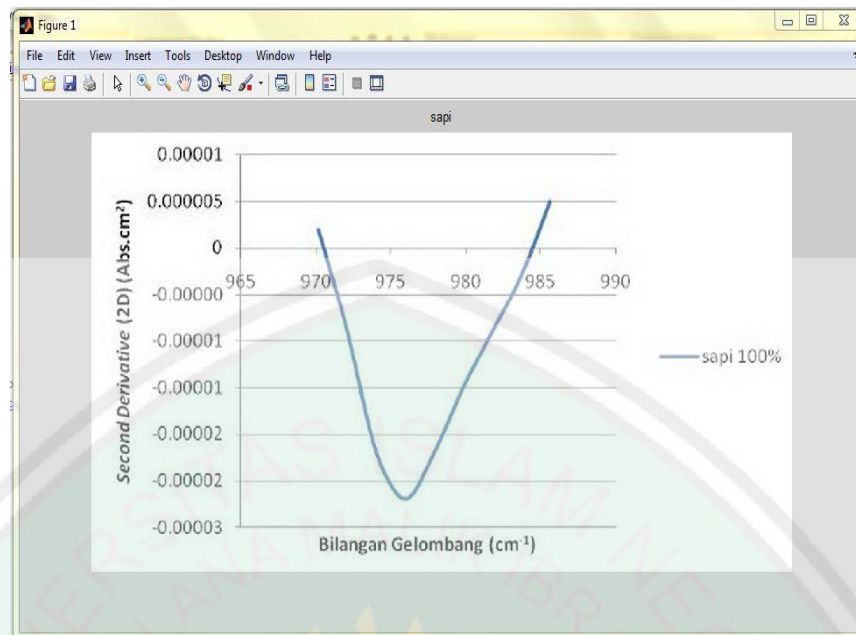
Dan saat gambar gelombang spektra yang dipanggil adalah gelombang spektra sapi, maka hasilnya adalah



Gambar 3. 21 Program Menebak bahwa Gambar Gelombang Spektra itu adalah Gelombang Spektra Sapi



Gambar 3. 22 Program Menebak bahwa Gambar Gelombang Spektra itu adalah Gelombang Spektra Sapi



Gambar 3. 23 Program Menebak bahwa Gambar Gelombang Spektra itu adalah Gelombang Spektra Sapi

Dari 6 tebakan tadi program dapat menebak jenis ke-6 gambar gelombang spektra dengan benar. Berarti hasil pelatihan dengan Backpropagation sudah bagus.

3.4 Aplikasi JST untuk Membantu Umat Islam dalam Mendeteksi Makanan yang Mengandung Babi

Makan adalah kebutuhan pokok setiap manusia, setiap manusia membutuhkan makan setiap hari. Dan jenis-jenis makanan itu sangat banyak sekali. Dari sekian banyak makana-makanan itu, tidak semua makanan boleh kita makan. Islam memiliki aturan-aturan mengenai makanan yang boleh dan tidak boleh dimakan. Semua makanan yang diharamkan dalam Islam selalu bersifat kotor, dan semua yang kotor mencakup semua obyek yang dapat merusak kehidupan, kesehatan, harta dan moral manusia. Dalam bab dua

sudah dijelaskan bahwa babi mengandung banyak sekali parasit, sehingga babi memang tidak layak dikonsumsi oleh manusia karena merusak kesehatan.

وَمُحَرَّمٌ عَلَيْهِمُ الْخَبَائِثُ ﴿١٥٧﴾

Dan dia mengharamkan bagi mereka segala yang buruk. (QS. Al-A'raf [7]: 145)

الَّذِينَ يَتَّبِعُونَ الرَّسُولَ النَّبِيَّ الْأُمِّيَّ الَّذِي يَجِدُونَهُ مَكْتُوبًا عِنْدَهُمْ فِي التَّوْرَةِ وَالْإِنْجِيلِ يَأْمُرُهُمْ بِالْمَعْرُوفِ وَيَنْهَاهُمْ عَنِ الْمُنْكَرِ وَهُلْ لَهُمُ الطَّيِّبَاتُ وَمُحَرَّمٌ عَلَيْهِمُ الْخَبَائِثُ وَيَضَعُ عَنْهُمْ إِصْرَهُمْ وَالْأَغْلَالَ الَّتِي كَانَتْ عَلَيْهِمْ ۚ فَالَّذِينَ ءَامَنُوا بِهِ وَعَزَّرُوهُ وَنَصَرُوهُ وَاتَّبَعُوا النُّورَ الَّذِي أُنْزِلَ مَعَهُ ۚ أُولَٰئِكَ هُمُ الْمُفْلِحُونَ ﴿١٥٧﴾

(yaitu) orang-orang yang mengikut rasul, Nabi yang Ummi yang (namanya) mereka dapati tertulis di dalam Taurat dan Injil yang ada di sisi mereka, yang menyuruh mereka mengerjakan yang ma'ruf dan melarang mereka dari mengerjakan yang mungkar dan menghalalkan bagi mereka segala yang baik dan mengharamkan bagi mereka segala yang buruk dan membuang dari mereka beban-beban dan belenggu-belenggu yang ada pada mereka. Maka orang-orang yang beriman kepadanya, memuliakannya, menolongnya dan mengikuti cahaya yang terang yang diturunkan kepadanya (Al Quran), mereka Itulah orang-orang yang beruntung. (QS. Al-A'raf [7]: 157)

Dalam surat Al-A'raf ayat 157 di atas terdapat firman-Nya “Serta menghalalkan bagi mereka segala yang baik dan mengharamkan bagi mereka segala yang buruk” artinya ia menghalalkan bagi mereka apa-apa yang sebelumnya mereka haramkan terhadap diri mereka sendiri, seperti makanan, perbuatan dan lain sebagainya (Syaiikh, 2007: 468). Karenanya mereka telah mempersempit diri mereka sendiri. Juga mengharamkan bagi mereka segala yang buruk. Sebagian ulama mengatakan, setiap makanan yang diharamkan Allah SWT adalah baik dan bermanfaat dalam badan dan agama. Dan setiap

makanan yang diharamkan Allah SWT adalah buruk dan berbahaya dalam badan dan agama.

Babi adalah salah satu hewan yang diharamkan dalam Islam, dalam shahih al-Bukhari dan muslim disebutkan bahwa Rasulullah bersabda (Muhammad, 2007: 12):

(إن الله حرم بيع الخمر، والميتة، والخنزير، والأصنام) فقیل: یا رسول الله، أرأیت شحوم الميتة، فإنها تطلى بها السفن، وتذهن بها الجلود، ویستصبح بها الناس؟ فقال (لا، هو حرام)

“Sesungguhnya, Allah mengharamkan jual beli khamr, bangkai, babi dan patung.” Ditanyakan, “Ya Rasulullah, bagaimana menurutmu tentang lemak bangkai, sesungguhnya ia dipergunakan untuk mengecat kapal, meminyaki kulit dan dipakai oleh manusia sebagai lampu penerang?” maka beliau menjawab: “Tidak, hal itu adalah haram.”

Dan dalam penelitian ini, JST untuk mendeteksi spektra gelombang sapi dan babi dianalisis secara matematik agar bisa melakukan proses pelatihan dengan cepat dan dengan kesalahan sekecil-kecilnya. Semakin bagus hasil pelatihannya, maka akan semakin bagus kemampuan program untuk menganalisis apakah spektra gelombang itu, spektra gelombang sapi atau babi. Karena jika program sampai salah menganalisis daging sapi kemudian menebak daging babi, tentu itu akan membuat konsumen memakan makanan yang diharamkan oleh Islam. Lebih dari itu konsumen tersebut bisa terkena penyakit-penyakit berbahaya yang diakibatkan karena mengkonsumsi babi.

Ini adalah sebuah langkah maju dari ilmu pengetahuan, karena dengan persaingan kerja yang semakin ketat. Maka sebagian orang menggunakan

cara-cara curang untuk memperoleh untung yang lebih besar. Dan kita pun sulit untuk mendeteksi apakah makanan yang kita makan benar-benar halal atau tidak. Apalagi jika daging babi itu diolah menjadi rambak, soto atau makanan yang lainnya maka akan semakin sulit bagi kita untuk mendeteksinya. Karena itulah penelitian ini mencoba untuk menyelesaikan masalah pendeteksian makanan yang mengandung babi dan tidak, agar kita dapat merubah kemungkaran yang ada.

مَنْ رَأَى مِنْكُمْ مُنْكَرًا فَلْيُغَيِّرْهُ بِيَدِهِ، فَإِنْ لَمْ يَسْتَطِعْ لِسَانِهِ، فَإِنْ لَمْ يَسْتَطِعْ فَبِقَلْبِهِ، وَذَلِكَ أَضْعَفُ الْإِيمَانِ

“Barangsiapa di antara kalian melihat suatu kemungkaran, maka hendaklah ia merubahnya dengan tangannya, jika ia tidak mampu maka dengan lisannya, dan jika ia tidak mampu maka dengan hatinya, dan yang demikian adalah iman yang paling lemah”

Diriwayatkan oleh muslim, At-Tarmidzi, Ibnu Najah, An-Nasa’i.

مَنْ نَفَسَ عَنْ مُسْلِمٍ كُرْبَةً مِنْ كُرْبِ الدُّنْيَا، نَفَسَ اللَّهُ عَنْهُ كُرْبَةً مِنْ كُرْبِ يَوْمِ الْقِيَامَةِ، وَمَنْ سَتَرَ عَلَى مُسْلِمٍ سَتَرَ اللَّهُ فِي الدُّنْيَا وَالْآخِرَةِ، وَاللَّهُ فِي عَوْنِ الْعَبْدِ مَا كَانَ الْعَبْدُ فِي عَوْنِ أَخِيهِ

“Barangsiapa yang menghilangkan dari seorang muslim satu kesusahan dari kesusahan-kesusahan dunia, niscaya Allah akan menghilangkan darinya satu kesusahan dari kesusahan-kesusahan Hari Kiamat; dan barangsiapa yang menutupi (aib) seorang Muslim, niscaya Allah akan menutupi (aibnya) di dunia dan di akhirat. Dan Allah akan menolong seorang hamba selagi sang hamba itu menolong saudaranya”

Diriwayatkan oleh muslim dan Abu Dawud.

BAB IV PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Dari pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa fungsi aktivasi tangen hiperbolik adalah fungsi yang terbaik untuk membedakan gelombang spektra sapi dan babi. Karena menghasilkan bilangan riil dan memiliki interval konvergensi yang cukup memadai untuk beberapa metode seperti Nguyen Widrow ataupun bilangan acak $-0,5$ sampai $0,5$ maupun bilangan acak -1 sampai 1 .

Setelah diuji coba pun fungsi aktivasi ini mampu melakukan pelatihan dengan baik, sehingga hasil pelatihan mampu mengenali gambar uji coba dengan sempurna. Fungsi aktivasi dan interval bobot adalah hal yang sangat esensial dalam pelatihan jaringan backpropagation. Karena bila salah menggunakan fungsi aktivasi ataupun bobotnya tidak sesuai sehingga bisa divergen maka pelatihan akan gagal.

Dengan fungsi aktivasi tangen hiperbolik dan interval kekonvergenannya telah mampu membedakan gelombang spektra sapi dan babi. Bila menginginkan pelatihan yang lebih baik, dapat menambah jumlah unit jaringan tersembunyi dalam satu lapisan tersembunyi karena telah diuji coba sampai 40 unit jaringan, bahwa semakin banyak unit jaringan semakin kecil MSE.

Sehingga dapat dibuat alat untuk membantu umat muslim dalam membedakan makanan yang mengandung babi. Karena persaingan bisnis yang

semakin ketat membuat manusia menghalalkan segala cara termasuk menggunakan daging babi dalam menjual makanan.

4.2 Saran

Dalam tulisan masih dibahas mengenai fungsi aktivasi dan interval kekonvergenan. Tapi masi belum dibahas mengenai interval bobot yang memiliki konvergensi cepat dan menghasilkan pelatihan yang bagus. Sehingga disarankan untuk meneliti tentang interval bobot yang bagus sehingga menghasilkan pelatihan yang bagus dan konvergensinya yang cepat dengan error yang lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- ‘Abdullah bin muhammad bin ‘abdurrahman bin ishaq alu syaikh. 2007. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 3*. Bogor: Pustaka Imam Asy-syafi’i
- Ahmad, Yusuf Al-Hajj. 2008. *Al-Qur’an Kitab Kedokteran*. Yogyakarta: Sajadah Press
- Aizenberg, Igor. 2011. *Complex Valued Neural Networks With Multi-Valued Neurons*. Berlin: Springer
- Al-Ghazali, Imam. 2007. *Rahasia halal haram*. Bandung: Mizania
- Anita S. Gangal, P.K. Kalra, dan D.S. Chauhan. (2009). *Inversion of Complex Back-Propagation Algorithm*
- Anton, Howard. 2000. *Dasar-dasar Aljabar Linier*. Batam: Interaksara
- As Sayyid, Abdul Aziz Muhammad. 2006. *Pola Makan Rasulullah*. Jakarta: Almahira
- Bartle, Robert G., & Sherbert, Donald R. 2000. *Introduction to Real Analysis*. USA: John Willey & Sons
- Fausett, Laurene. 1994. *Fundamentals of Neural Networks*. New Jersey: Prentice Hall
- Habsari, Lhoppy Yulia Dwi. 2010. *Identifikasi Pola Khas Spektra Infra Merah Protein Daging Sapi Dan Babi Rebus Menggunakan Metode Second Derivative (2d)*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang : Jurusan Kimia F SAINTEK UIN MALIKI MALANG
- Kim, T., & Adali, T. 2001. *Complex Backpropagation Neural Network Using Elementary Transcendental Activation Functions*.
- Kusumadewi, Sri. 2004. *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan (Menggunakan Matlab dan Excel Link)*. Jakarta: Graha Ilmu
- Munir, Rinaldi. 2008. *Metode Numerik*. Bandung: Informatika
- Purnomo, Mauridhi Hery dan Kurniawan, agus. 2006. *Supervised Neural Networks dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Purwanto, Heri. dkk. 2005. *Aljabar Linier*. Jakarta: PT. Ercontara Rajawali
- Putra, Darma. 2010. *Pengolahan Citra*. Yogyakarta: Andi
- Siang, Jong Jek. 2009. *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Andi
- Stewart, James. 2010. *Calculus Concepts and Contexts*. Belmont: Cengage Learning

Suhartono. 2007. *Feedforward Neural Networks Untuk Pemodelan Runtun Waktu*. Disertasi Tidak Diterbitkan. Yogyakarta : Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada

Sutoyo, T. dkk, 2009. *Teori Pengolahan Citra*. Yogyakarta: Andi

Wunsh, A. David, 2005, *Complex Variables with Application*, USA: pearson Education

Yaqub, Ali Mustafa. 2009. *Kriteria Halal Haram*. Jakarta: PT Pustaka Firdaus





KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG

FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI

Jln. Gajayana No. 50 Malang Telp. (0341) 551354 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Shofwan Ali Fauji
NIM : 08610081
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Matematika
Judul Skripsi : Analisis Fungsi Aktivasi Jaringan Syaraf Tiruan
untuk Mendeteksi Karakteristik Bentuk Gelombang
Spektra Babi dan Sapi
Pembimbing I : Ari Kusumastuti, S.Si., M.Pd
Pembimbing II : Ach. Nashichuddin, M.A

No	Tanggal	Hal Yang Dikonsultasikan	Tanda Tangan
1	13 September 2011	Konsultasi Bab I dan Bab II	1.
2	6 Oktober 2011	Konsultasi Kajian Agama Bab I dan Bab II	2.
3	24 September 201	Revisi Bab I dan Bab II	3.
4	27 November 2011	ACC Bab I dan Bab II	4.
5	10 Oktober 2011	Revisi Kajian Agama Bab I dan Bab II	5.
6	16 Desember 2011	Revisi Kajian Agama Bab I dan Bab II, Konsultasi Kajian Agama Bab III	6.
7	12 Januari 2012	Konsultasi Bab III dan Bab IV	7.
8	23 Desember 2011	Revisi Kajian Agama Bab III	8.
9	12 Januari 2012	Revisi Bab III (pembahasan)	9.
10	12 Januari 2012	ACC Bab III dan Bab IV	10.
11	12 Januari 2012	ACC Kajian Agama	11.
12	12 Januari 2012	ACC Keseluruhan	12.

Malang, 12 Januari 2012
Mengetahui
Ketua Jurusan Matematika

Abdussakir, M.Pd
NIP. 19751006 200312 1 001