

**MODEL PREDIKSI PENILAIAN KUALITAS BAHAN BAKU
MENGUNAKAN METODE *ADAPTIVE NEURO-FUZZY
INFERENCE SYSTEM* (ANFIS) PADA PABRIK SPIRITUS
MADUKISMO**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**



**Nama : Alfiana Reza Dewanti
No. Mahasiswa : 12 522 207**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2016**

PERNYATAAN KEASLIAN

Demi Allah, saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 10 September 2016



Alfiana Reza Dewanti

SURAT KETERANGAN



PT MADUBARU

PG.PS.MADUKISMO

SURAT KETERANGAN

No. : 4786/DIR/MB/IX/2016

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa,

N a m a : Alfiana Reza Dewanti.
No. Mhs. : 12522207

Adalah mahasiswa Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, yang telah selesai melaksanakan Penelitian tugas akhir di Bagian Pabrikasi Pabrik Gula Madukismo Yogyakarta mulai tanggal 22 April 2016 s/d 16 Juni 2016.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

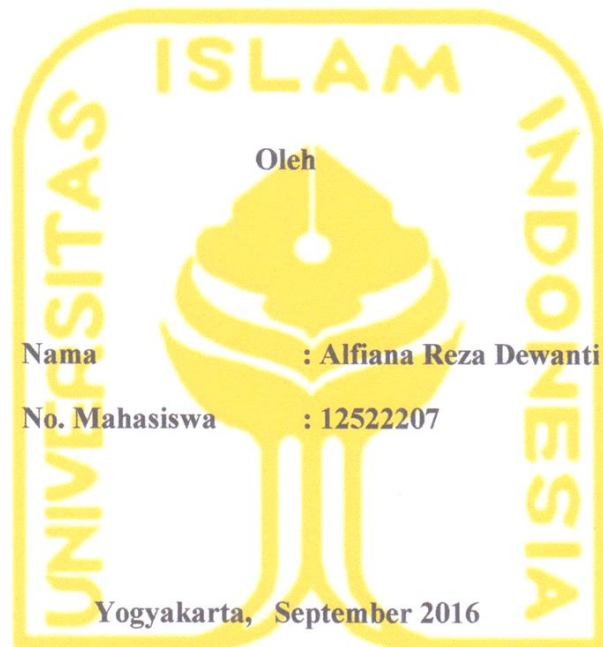
Yogyakarta, 7 September 2016
a/n Direktur PT Madubaru


Retna Isharsriyani
Kabag. SDM & Umum

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**MODEL PREDIKSI PENILAIAN KUALITAS BAHAN BAKU
MENGUNAKAN METODE *ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE*
SYSTEM (ANFIS) PADA PABRIK SPIRITUS MADUKISMO**

TUGAS AKHIR



الإسلامية
Pembimbing,

(Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D.)

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**MODEL PREDIKSI PENILAIAN KUALITAS BAHAN BAKU
MENGUNAKAN METODE *ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE*
SYSTEM (ANFIS) PADA PABRIK SPIRITUS MADUKISMO**

TUGAS AKHIR

Oleh

Nama : Alfiana Reza Dewanti

No. Mahasiswa : 12522207

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri
Yogyakarta, September 2016

Tim Penguji

Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D.

Ketua

Elisa Kusri, Dr., MT., Ir., CPIM.

Anggota I

Sri Indrawati, S.T., M.Eng.

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Industri

Universitas Islam Indonesia

Yuli Agusn Rochman, S.T., M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN

*Kedua orang tua saya tercinta Bapak Rustamaji dan Ibu Nurani Setya Ningsih
untuk segala doa*

Adik saya, Fauzan Edo Bagaskoro

*Bapak Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D yang telah memberikan
bimbingan selama penyusunan skripsi*

*Sahabat, saudara dan seluruh keluarga besar Kamarumi dan Hadi Sukarto
Teknik Industri UII 2012*

MOTTO



“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

“Stop Writing Caption, Go Action”-Lenang Manggala

“Keberhasilan adalah kemampuan untuk melewati dan mengatasi dari satu kegagalan ke kegagalan berikutnya tanpa kehilangan semangat”- Winston Churchill

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohiim

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang tak henti - hentinya memberikan segala kenikmatan dan rahmat kepada seluruh hamba-Nya. Shalawat serta salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan pengikutnya yang telah membawa Islam kepada seluruh umat manusia. Dengan rahmat dan hidayah Allah SWT, Tugas Akhir yang berjudul “Model Prediksi Penilaian Kualitas Bahan Baku Menggunakan Metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (Anfis) Pada Pabrik Spiritus Madukismo” dapat terselesaikan dengan baik. Adapun Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi Strata-1 pada jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyelesaian penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi – tingginya kepada pihak – pihak yang telah memberikan dukungan secara langsung maupun tidak langsung, oleh sebab itu dengan penuh rasa syukur penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Imam Djati Widodo, M.Eng. Sc., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Yuli Agusti Rochman ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Muhammad Ridwan Andi Purnomo, ST., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, petunjuk, saran serta waktunya dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
4. PT. Madubaru Yogyakarta yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas yang telah memudahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Kedua orang tua saya, adik, sepupu dan keluarga besar Hadi Sukarto dan Kamarumi yang telah memberikan dukungan, motivasi dan doa yang tiada hentinya.
6. *Partner* terbaik yang selalu mendukung, memberikan doa, menasihati dan tiada henti memberikan semangat Yossy Widya Purnama
7. Kepala Laboratorium, Laboran dan seluruh keluarga besar Asisten Data Mining angkatan 2010,2011,2012,2013, dan 2014.
8. Sahabat yang selalu menjadi tempat berkeluh kesah, pemberi semangat, Mahandena Tifanda Luhzan, terimakasih telah mau berjuang bersama dari tahap awal hingga tahap akhir mendapatkan gelar sarjana ini.
9. Sahabat terbaik Virny Zasyana, Astiati,terimakasih untuk semuanya.
10. Sahabat-sahabat BFF , Dida, Dyas, Isna, Ratih, Angga, Rosa
11. Sahabat-sahabat seperjuangan Tugas Akhir, Rahma, Titi dan Rizza, terimakasih atas semangat dan *sharing* dalam banyak hal selama pengerjaan Tugas Akhir ini.

12. Sahabat yang selalu memberiku semangat dan tempat berkeluh kesah Fauzziyah Pucitra dan Eka Pratista terimakasih.
13. Sahabat-sahabat rumpik, Gina, Mpit, Bibah, Uti dan Faza. Terimakasih
14. Teman-teman Angkatan 2012, serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat dan hidayahNya kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penulisan Tugas Akhir ini. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak ditemui kekurangan, sehingga dengan kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna penyempurnaan di masa mendatang. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Aminn.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 10 September 2016

Alfiana Reza Dewanti

ABSTRAK

Persaingan negara-negara dalam memajukan sektor industri dewasa ini semakin ketat, salah satunya adalah industri manufaktur. Peranan perusahaan dirasakan penting untuk mengatakan bahwa sektor perindustrian negara baik. Selain itu ilmu *sustainable supply chain management* yang terus berkembang, khususnya pada variabel kualitas. Kualitas merupakan suatu elemen penting bagi perusahaan, dimana akan menunjukkan performa perusahaan. Kualitas bahan baku salah satunya, apabila kualitas bahan baku baik, maka akan menghasilkan produk yang baik pula. Oleh karena itu perlu dilakukan penilaian kualitas bahan baku dengan menggunakan sebuah model prediksi. Penilaian ini dilakukan pada pabrik spiritus satu-satunya yang ada di D.I. Yogyakarta dan Jawa Tengah yaitu PS. Madukismo. Metode yang digunakan pada pembuatan model prediksi ini adalah *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). Hasil pembuatan model yang dilakukan menunjukkan *accuracy* 100%, sehingga model dapat digunakan untuk memprediksi kualitas bahan baku pada PS. Madukismo. Selanjutnya model prediksi dilakukan untuk membandingkan kualitas bahan baku spiritus dengan parameter yang ada pada PS. Madukismo dengan parameter yang sesuai standar industri, didapatkan bahwa 67% kualitas bahan baku PS. Madukismo tidak sesuai dengan standar industri SNI.

Kata kunci : *ANFIS, Kualitas Bahan Baku, PS. Madukismo, Standar Industri.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
SURAT KETERANGAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Struktur Penelitian.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kajian Deduktif	6
2.1.1 Kualitas	6
2.1.2 PS. Madukismo.....	6
2.1.3 Knowledge Discovery In Database	7
2.1.4 Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)	9
2.2 Kajian Induktif	22
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Identifikasi Masalah	28
3.2 Perumusan Masalah.....	28
3.3 Metode Pengumpulan Data	28
3.4 Kajian Literatur	29
3.4.1 Kualitas Bahan Baku	29
3.5 Pengolahan Data.....	30

3.6 Pembangunan Model Prediksi Penilaian Kualitas Bahan Baku.....	30
3.7 Diagram Alur Penelitian.....	31
3.8 Analisis Hasil	33
3.9 Kesimpulan Dan Saran.....	34
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	35
4.1 Pengumpulan Data	35
4.2 Data Pemeriksaan Kualitas Bahan baku.....	35
4.3 <i>Preprocessing</i> Data	39
4.4 <i>Processing</i> Data.....	40
4.4.1 Penginputan Data Training dan Checking.....	40
4.4.2 Inisialisasi FIS	41
4.4.3 ANFIS Structure	42
4.4.4 Membership Function.....	43
4.4.5 Rule Evaluation Pemeriksaan Kualitas Bahan Baku Spiritus.....	44
4.4.6 Training ANFIS	45
4.4.7 Checking ANFIS	46
4.4.8 ANFIS Output.....	46
BAB V PEMBAHASAN	59
5.1 <i>Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System</i> (ANFIS).....	59
5.2 Model Prediksi Pemeriksaan Kualitas Bahan Baku	60
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	61
6.1 Kesimpulan.....	61
6.2 Saran.....	62
6.2.1 Bagi Perusahaan.....	62
6.2.2 Bagi Penelitian Selanjutnya	63
DAFTAR PUSTAKA.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Proses Pembelajaran <i>Hybrid</i> Pada ANFIS.....	20
Tabel 4.1 Data Training Pemeriksaan Kualitas Bahan Baku.....	33
Tabel 4.2 Data Checking Pemeriksaan Kualitas Bahan Baku.....	36
Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Kualitas Bahan Baku dengan ANFIS.....	44
Tabel 4.4 Rekapitulasi Output ANFIS dan PS.Madukismo.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tahapan KDD.....	7
Gambar 2.2 Representasi Linear Naik.....	11
Gambar 2.3 Rumus Representasi Linear Naik.....	11
Gambar 2.4 Representasi Linear Turun.....	12
Gambar 2.5 Rumus Representasi Linear Turun.....	12
Gambar 2.6 Representasi Kurva Segitiga.....	12
Gambar 2.7 Rumus Representasi Kurva Segitiga	13
Gambar 2.8 Representasi Kurva Trapesium.....	13
Gambar 2.9 Rumus Representasi Kurva Trapesium.....	13
Gambar 2.10 Representasi Kurva Bahu.....	13
Gambar 2.11 Rumus Representasi Kurva Bahu.....	13
Gambar 2.12 Sistem Inferenzy Fuzzy Dua Masukan.....	16
Gambar 2.13 ANFIS Model Sugeno.....	17
Gambar 2.14 Struktur ANFIS.....	17
Gambar 2.15 Fungsi Keanggotaan Gbell.....	18
Gambar 2.16 Fungsi Lapisan 3.....	19
Gambar 2.17 Fungsi Lapisan 4.....	19
Gambar 2.18 Fungsi Lapisan 5.....	19
Gambar 2.19 Proses Pembelajaran ANFIS.....	20
Gambar 2.20 Model Jaringan Syaraf FeedForward.....	21
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian.....	30
Gambar 4.1 Input Training Data.....	39
Gambar 4.2 Input Checking Data.....	39
Gambar 4.3 Inisialisasi FIS.....	40
Gambar 4.4 Struktur ANFIS.....	40
Gambar 4.5 Membership Fucntion.....	41
Gambar 4.6 Membership Fucntion Kepekatan.....	41
Gambar 4.7 Membership Fucntion Kadar Gula.....	42
Gambar 4.8 Training Error ANFIS.....	43
Gambar 4.9 Hasil Pengujian Checking Data.....	44
Gambar 4.10 ANFIS Output.....	44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Persaingan negara-negara dalam memajukan sektor industri dewasa ini semakin ketat, salah satunya adalah industri manufaktur. Peranan perusahaan dirasakan penting untuk mengatakan bahwa sektor perindustrian negara baik. Oleh karena itu industri manufaktur dituntut untuk menghasilkan output yang optimal dengan meningkatkan kinerja baik dari internal maupun eksternal perusahaan. Menurut Suharto dan Devie (2013) perusahaan harus memiliki strategi untuk memenangkan persaingan dengan perusahaan lain. Salah satu strategi yang sudah sering diterapkan yaitu *supply chain management*. Menurut Levi et al. (2000) *supply chain management* (SCM) merupakan suatu manajemen untuk pengintegrasian dari *supplier*, manufaktur, distributor, *retailer* sampai pada konsumen. Handfield dan Nicholes (1999) menjelaskan bahwa penerapan konsep SCM begitu diminati oleh perusahaan-perusahaan dikarenakan mampu mengintegrasikan berbagai aktivitas bisnis perusahaan serta mampu membantu perusahaan dalam memenangkan persaingan bisnis. Namun, di dalam kenyataannya perlu adanya pengembangan yang berkelanjutan dari *supply chain management* (SCM) agar perusahaan dapat berjalan dengan baik.

Menurut Linton et al. (2007), pengembangan dari SCM disebut dengan *sustainable supply chain management* (SSCM) dimana merupakan konsep pengembangan bagi perusahaan yang telah menerapkan SCM. Menurut Dyllick dan Hockerts (2002) terdapat 3 hal penting yang perlu diperhatikan untuk SSCM yaitu faktor lingkungan sosial dan ekonomi. Sehingga dengan adanya SSCM perusahaan tidak hanya memperhatikan aliran bahan baku sampai ke tangan konsumen, tetapi

memperhatikan aspek-aspek lain seperti lingkungan, ekonomi dan sosial. Dengan pentingnya dilakukan SSCM maka terdapat penilaian yang harus diperhatikan. Menurut Ageron et al. (2012), penilaian tersebut dikenal sebagai 7 *building blocks* yang menjadi faktor dalam penerapan SSCM antara lain *reason for sustainable SSCM*, *criteria employed for SSCM*, *greening supply chain*, *characteristics of suppliers*, *managerial approaches for SSCM*, *barriers for SSCM*, dan *benefits for SSCM*.

Berdasarkan ke tujuh faktor dalam penerapan SSCM, penelitian ini akan mengulas salah satunya yaitu *benefits for SSCM*. *Benefits for SSCM* berisi mengenai variabel keuntungan yang diperoleh dengan penerapan SSCM. Menurut Ageron et al. (2012) terdapat 6 variabel dalam *benefits for SSCM* antara lain kepuasan pelanggan, kemampuan inovasi dari *supplier*, kualitas, kepercayaan, manajemen resiko pasokan dan *fill rate*. Berdasarkan ke enam variabel yang dijelaskan, penelitian ini berfokus pada variabel kualitas.

Menurut Feigenbaum (1991), kualitas merupakan keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacturing* dan *maintenance* dimana produk dan jasa tersebut dalam pemakaiannya akan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan. Dengan pentingnya kualitas bagi perusahaan, telah banyak penelitian yang dilakukan dengan tujuan menjaga, mengontrol dan memperbaiki kualitas. Thombansen et al. (2014) melakukan sebuah penelitian mengenai kualitas *set up* dan *maintenance* pada *CO₂ Laser Cutting* dengan memberikan usulan untuk melakukan perbaikan untuk peningkatan kualitas. Penelitian lain dilakukan oleh Hendro Asisco (2012) mengenai usulan perencanaan *maintenance* mesin, dengan hasil penelitian bahwa perbaikan interval penggantian mesin dapat meminimalkan *down time*. Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya didapatkan bahwa sebagian besar hanya melakukan analisis dan usulan perbaikan kualitas tanpa melakukan sebuah model prediksi penilaian kualitas dimana akan membantu perusahaan untuk menilai dan menganalisis kualitas di masa yang akan datang. Perusahaan PS Madukismo telah melakukan penilaian kualitas terhadap bahan baku spiritus yaitu kadar gula dan kepekatan. Namun penilaian yang dilakukan masih secara konvensional, dan terdapat 12.5% kualitas bahan baku spiritus dengan kategori buruk dari 160 data hasil penilaian.

Penentuan parameter untuk variabel input spiritus yaitu tetes tebu belum memiliki standar industri sesuai dengan Standar Nasional Indonesia. Berdasarkan permasalahan tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk melakukan prediksi terhadap penilaian kualitas bahan baku pembuatan spiritus pada perusahaan PS Madukismo serta melakukan perbandingan hasil prediksi kualitas pada PS.Madukismo berdasarkan standar yang diberikan oleh pabrik, dengan kualitas bahan baku dengan standar industri untuk mengetahui kesesuaian parameter yang ditentukan oleh pabrik masih dalam batas minimum yang sudah ada pada standar industri sesuai dengan SNI.

Singla et al (2011) menjelaskan bahwa metode ANFIS atau lebih dikenal dengan *neuro-fuzzy* merupakan salah satu metode prediksi dan diagnosis yang memiliki akurasi yang cukup bagus. Menurut Jang (1993), metode ANFIS adalah penggabungan konsep *Backpropagation Neural Network* dan logika samar (*fuzzy logic*) dimana logika samar dinyatakan dalam model “*if-then*” yang tidak memerlukan analisis matematik untuk pemodelan, mampu menggunakan variabel linguistik sebagai salah satu data base dalam pengambilan keputusan untuk prediksi.

Berdasarkan Kusuma Dewi (2006) keunggulan utama yang dimiliki oleh jaringan syaraf tiruan adalah kemampuan belajar untuk dapat mengenali pola dan dapat bekerja berdasarkan data historis yang menjadi inputan sehingga dapat memprediksi kejadian yang akan datang berdasarkan data-data yang ada. Berdasarkan kelebihan dalam menganalisis ketidakpastian untuk melakukan model prediksi yang dimiliki metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) maka model prediksi penilaian kualitas pada PS Madukismo akan lebih mudah untuk dilakukan. Pembuatan model prediksi kualitas dalam penelitian ini dapat menghasilkan suatu formulasi penilaian kualitas secara berkelanjutan. Metode yang digunakan dalam membangun model prediksi adalah *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka didapatkan rumusan masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimanakah membangun suatu model prediksi dalam penilaian kualitas bahan bakudengan menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS)?
2. Bagaimana hasil perbandingan model prediksi kualitas bahan baku berdasarkan standar pabrik dengan standar industri sesuai dengan SNI ?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah, topik pembahasan tidak meluas dan tujuan penelitian dapat tercapai dengan baik, maka perlu dilakukan pembatasan lingkup penelitian. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hanya mempertimbangkan variabel *benefits for SSCM* yang berfokus pada kualitas bahan baku.
2. Pengolahan data dilakukan hanya dengan menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Membangun model prediksi kualitas bahan bakudengan menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Model prediksi yang dihasilkan dapat memberikan kemudahan dalam menilai dan menganalisis kualitas bahan baku.
2. Hasil perbandingan dapat digunakan untuk meningkatkan hasil prediksi kualitas bahan baku.
3. Menambah ilmu pengetahuan dalam bidang *sustainable supply chain management* (SSCM) serta dapat menerapkan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS).

1.6 Struktur Penelitian

Tugas akhir ini ditulis dalam beberapa bab dan sub bab yang dapat dijelaskan seperti pada sistematika berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai kajian deduktif dan induktif yang menjadi landasan dalam penelitian serta membandingkan antara penelitian yang dilakukan dengan penelitian terdahulu.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai alur penelitian dari awal hingga akhir penelitian, selain itu juga menjelaskan mengenai data yang digunakan serta objek penelitian.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini menyajikan data yang telah didapat yang selanjutnya diolah sesuai dengan metode yang telah ditetapkan untuk mencapai tujuan yang diharapkan.

BAB V PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai pembahasan serta analisa berdasarkan hasil yang didapat dari pengolahan data yang sesuai dengan tujuan yang telah dipaparkan

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab terakhir ini disajikan kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian dari awal hingga akhir sesuai dengan rumusan masalah yang telah ditetapkan sebelumnya, serta ditampilkan saran – saran yang dapat berguna bagi penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kajian Deduktif

2.1.1 Kualitas

Menurut Feigenbaum (1991) , kualitas merupakan keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacture* dan *maintenance* dimana dalam pemakaiannya sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan. Kadolph (2007) menjelaskan, kualitas merupakan sebuah konsep yang menggambarkan seberapa baik layanan, proses , bahan baku atau produk yang memiliki kesesuaian dengan standar yang diinginkan. Juran (1989) mendefinisikan kualitas sebagai kesesuaian untuk digunakan dimana berarti produk yang dapat memenuhi kebutuhan konsumen.Sedangkan Bhat dan Cozzolino (1993) menjelaskan bahwa kualitas adalah mempertemukan kebutuhan dan harapan konsumen sesuai dengan biaya yang mereka keluarkan.Berdasarkan definisi kualitas menurut para ahli dapat menunjukkan bahwa kualitas merupakan aspek yang penting dalam mencakup keseluruhan bagian perusahaan.

2.1.2 PS. Madukismo

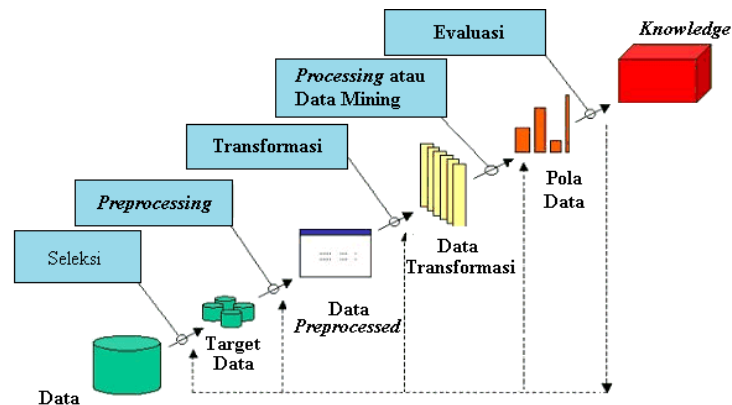
PS. Madukismo merupakan salah satu pabrik spiritus yang masih beroperasi hingga saat ini di wilayah Yogyakarta tepatnya di Tirtomolo, Kasihan, Bantul.PG. Madukismo adalah

salah satu pabrik yang dimiliki oleh PT. Madubaru. Bagi masyarakat lingkungan luas, PT. Madubaru lebih dikenal dengan nama PG/PS Madukismo, hal itu dikarenakan PT. Madubaru memiliki 2 jenis pabrik yang beroperasi bersamaan yaitu pabrik pengolahan tebu yang menghasilkan gula, dan satu lagi adalah pabrik spritus yang mengolah limbah dari hasil pengolahan tebu. PG/PS Madukismo dibangun pada tahun 1955 atas prakarsa dari Sri Sultan Hamengku Buwono IX. Untuk pabrik gula, mulai beroperasi pada tahun 1958 setelah diresmikan oleh presiden RI pertama yaitu Ir. Soekarno pada tanggal 29 Mei ditahun yang sama, sedangkan untuk pabrik spritus mulai beroperasi satu tahun berikutnya yaitu pada tahun 1959.

Visi utama dari PT. Madubaru adalah menjadikan PT. Madubaru (PG/PS Madukismo) sebagai perusahaan Agro Industri yang unggul di Indonesia dengan menjadikan petani sebagai mitra kerja sejati. Dari visi tersebut dapat diketahui bahwa PT. Madubaru sangat memperhatikan kesejahteraan warga sekitar perusahaan, yang dibuktikan dengan *supplier* bahan baku utama PT. Madubaru yang berupa tebu didapatkan dari para petani sekitar tanpa melakukan seleksi petani. Sehingga bagi petani yang menginginkan bekerja sama akan dibukakan pintu lebar – lebar. Hal ini bertujuan untuk memajukan perekonomian warga sekitar agar antara perusahaan dengan warga sekitar sama – sama mendapatkan keuntungan. Adapun keuntungan dari hasil penjualan gula nantinya akan dibagi dengan para petani dengan komposisi keuntungan yang telah disepakati oleh perusahaan dan petani.

2.1.3 Knowledge Discovery In Database

Menurut Zaine (1999), *Knowledge discovery in database* (KDD) merupakan proses identifikasi pola dalam data yang menghasilkan sebuah informasi yang bermanfaat dengan teknik integrasi, penemuan ilmiah dan intepretasi dari pola sejumlah data yang dimiliki. Han dan Kamber (2006) menjelaskan sehingga dalam KDD tidak hanya melalui sebuah proses untuk menemukan hasil akhir akan tetapi perlu beberapa tahap proses untuk mendapatkan hasil akhir. Gambar 2.1 menunjukan ilustrasi tahapan dalam KDD.



Gambar 2.1 Tahapan KDD

Sumber : Han et al (2006)

1. Seleksi

Tahap pertama dalam KDD adalah pemilihan data, dalam tahap ini harus diketahui data seperti apa yang dibutuhkan dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan dalam suatu kasus atau penelitian.

2. Preprocessing

Tahap *preprocessing* merupakan serangkaian tahapan yang dilakukan pada data mentah untuk mendapatkan data yang siap diolah. Selain itu dalam tahap ini juga dilakukan proses *enrichment*, yaitu penambahan informasi di luar data yang dirasa cukup bermanfaat. Tahap *preprocessing* meliputi :

- a. *Data cleaning*, yaitu membersihkan data yang dirasa kurang tepat seperti data yang terduplikasi, data tidak konsisten, dan data tidak lengkap.
- b. Data integrasi, yaitu menggabungkan data dari beberapa sumber.
- c. Diskretisasi data, yaitu bagian dari data reduksi tetapi memiliki arti penting tersendiri, terutama untuk data numerik, seperti memberikan *range* dalam sebuah data numerik.
- d. Data reduksi, yaitu menghilangkan variabel yang kurang bermanfaat.

3. Transformasi

Proses transformasi merupakan proses perubahan data mentah kedalam sebuah *coding* yang sesuai dengan informasi yang ingin digali. Seperti merubah data numerik menjadi data ordinal, *binner*, maupun yang lainnya.

4. Data mining

Data mining merupakan suatu proses penemuan pola atau informasi pada sekumpulan data yang cukup banyak dengan menggunakan metode tertentu sesuai dengan tujuan

yang ingin dicapai. Terdapat beberapa metode dalam *data mining* antara lain *classification*, *association*, *clustering*, *regression*, dan lain sebagainya.

5. Interpretasi atau evaluasi

Hasil dari pengolahan data menggunakan metode yang diterapkan selanjutnya diinterpretasikan untuk mendapatkan *knowledge* yang bermanfaat dan mudah dipahami oleh pihak yang berkepentingan

2.1.4 Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

Menurut Jang (1993), *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) merupakan suatu teknik optimasi yang menggabungkan *Artificial Neural Network* dan *Fuzzy Logic* dimana *Neural Network* akan mengenal pola dan menyesuaikan terhadap perubahan pola, sedangkan *Fuzzy Logic* menggabungkan pengetahuan manusia dan menarik kesimpulan dari pengetahuan tersebut hingga sampai membuat keputusan.

A.1 Jaringan Syaraf Tiruan (*Artificial Neural Network*)

Menurut Sinaga (2012), jaringan syaraf tiruan merupakan representasi buatan untuk mensimulasikan proses pembelajaran otak manusia. Sistem syaraf buatan adalah suatu struktur pemroses informasi yang terdistribusi dan bekerja secara paralel, yang terdiri atas elemen pemroses (yang memiliki memori lokal dan beroperasi dengan informasi lokal) yang diinterkoneksi bersama dengan alur sinyal searah yang disebut koneksi. Setiap elemen pemroses memiliki koneksi keluaran tunggal yang bercabang (*fan out*) ke sejumlah koneksi kolateral yang diinginkan (setiap koneksi membawa sinyal yang sama dari keluaran elemen pemroses tersebut). Keluaran dari elemen pemroses tersebut dapat merupakan persamaan matematis yang diinginkan. Seluruh proses yang berlangsung pada setiap elemen pemroses harus benar-benar dilakukan secara lokal, yaitu keluaran hanya bergantung pada nilai masukan pada saat itu yang diperoleh melalui koneksi dan nilai yang tersimpan dalam memori lokal, Pakaja et.al. (2013). Sedangkan Buckley et.al (1995) menjelaskan bahwa jaringan syaraf dan sistem *fuzzy* memiliki beberapa kesamaan, keduanya dapat digunakan untuk memecahkan masalah (misalnya *pattern recognition*, *regression* atau *density estimation*).

Neural network merupakan sistem pengolah informasi seperti jaringan otak manusia, dimana terdapat istilah neuron atau lebih dikenal dengan *node*. Setiap *node* terhubung dengan *node* lainnya melalui layer dengan bobot tertentu. Bobot melambangkan informasi yang digunakan jaringan untuk menyelesaikan permasalahan dan setiap *neuron* atau *node* memiliki *internal state* yang disebut dengan fungsi aktivasi yaitu fungsi dari input yang diterima neuron.

A.2 Logika Fuzzy (*Fuzzy Logic*)

Dalam penelitian Wayan et.al. (2012) menyebutkan bahwa telah dikemukakan oleh Zadeh 1962 menggambarkan keadaan kehidupan sehari-hari yang tidak pasti maka muncul istilah *fuzzy*. Menurut Nasution (2014) Logika *fuzzy* digunakan untuk menterjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (*linguistic*), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat. Logika *fuzzy* menunjukkan sejauh mana suatu nilai itu benar dan sejauh mana suatu nilai itu salah.

Gelley (2000), mengungkapkan bahwa logika *fuzzy* dapat dianggap sebagai kotak hitam yang menghubungkan antara ruang *input* menuju ke ruang *output* dimana kotak hitam tersebut berisi tentang cara atau metode yang dapat digunakan untuk mengolah data *input* menjadi *output* dalam bentuk informasi yang baik. Sedangkan Cox (1994) menjelaskan bahwa terdapat beberapa alasan mengapa menggunakan logika *fuzzy* antara lain sebagai berikut :

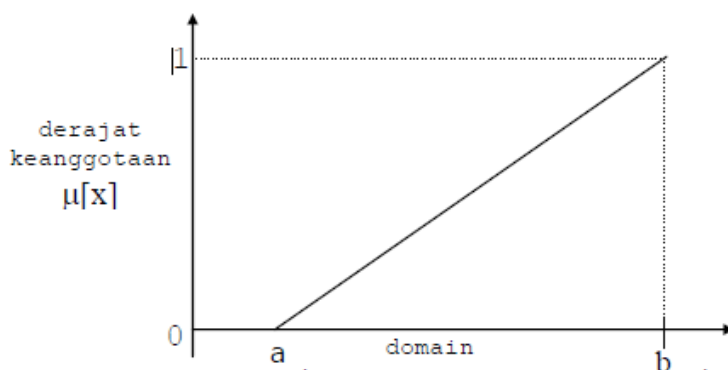
- a. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti, karena logika *fuzzy* menggunakan dasar teori himpunan, maka konsep matematisnya yang mendasari penalaran *fuzzy* tersebut cukup mudah untuk di mengerti.
- b. Logika *fuzzy* sangat fleksibel, artinya mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan, dan ketidakpastian yang menyertai permasalahan.
- c. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat. Jika diberikan sekelompok data yang cukup homogeny, dan kemudian ada beberapa data yang “eksklusif”, maka logika *fuzzy* memiliki kemampuan untuk menangani data tersebut.
- d. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.

- e. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan. Dalam hal ini sering dikenal dengan nama *Fuzzy Expert Systems* menjadi bagian terpenting.
- f. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional. Hal ini umumnya terjadi pada aplikasi dibidang teknik mesin maupun teknik elektro.
- g. Logika *Fuzzy* didasarkan pada bahasan alami. Logika *fuzzy* menggunakan bahasa sehari-hari sehingga mudah dimengerti.

Naba (2009), menjelaskan bahwa dalam logika *fuzzy* terdapat sebuah fungsi keanggotaan, fungsi keanggotaan mendefinisikan bagaimana tiap titik dalam ruang *input* dipetakan menjadi bobot atau derajat keanggotaan antara 0 dan 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang dapat digunakan antara lain sebagai berikut :

a. Representasi Linear

Pemetaan *input* ke derajat keanggotaanya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk representasi linear ini merupakan bentuk paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Terdapat 2 keadaan himpunan *fuzzy* yang linear. Pertama, kenaikan himpunan di mulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.



Gambar 2.1 Representasi Linear Naik

Sumber : Kusumadewi (2003)

$$\mu[x, a, b] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x - a) / (b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

Gambar 2.2 **Rumus Representasi Linear Naik**

Sumber : Kusumadewi (2003)

Keterangan :

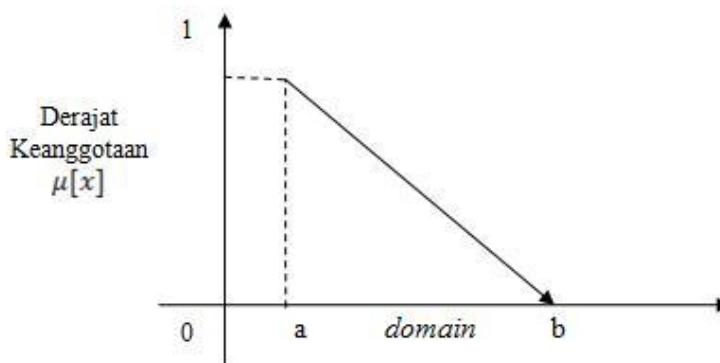
a = nilai domain yang mempunyai nilai derajat keanggotaan 0

b = nilai domain yang mempunyai nilai derajat keanggotaan 1

x = nilai input yang dirubah dalam bilangan *fuzzy*

b. Representasi Kurva Linear Turun

Representasi Linear turun merupakan kebalikan dari kurva linear naik, dimana garis lurus dimulai dari nilai *domain* dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah. Gambar 2.3 berikut ini merupakan representasi kurva linear turun beserta Gambar 2.4 merupakan rumus representasi kurva linear turun.

Gambar 2.3 **Representasi Kurva Linear Turun**

Sumber : Kusumadewi (2003)

$$\mu[x, a, b] = \begin{cases} (b - x) / (b - a); & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases}$$

Gambar 2.4 **Rumus Representasi Kurva Linear Turun**

Sumber : Kusumadewi (2003)

Keterangan :

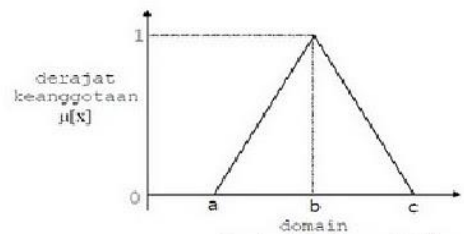
a = nilai domain yang mempunyai nilai derajat keanggotaan 0

b = nilai domain yang mempunyai nilai derajat keanggotaan 1

x = nilai input yang dirubah dalam bilangan *fuzzy*

c. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis linear seperti pada Gambar 2.5 berikut ini dan rumus representasi kurva pada Gambar 2.6.



Gambar 7.9 Kurva Segitiga.

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ (b-x)/(c-b); & b \leq x \leq c \end{cases}$$

Gambar 2.5 Representasi Kurva Segitiga

Sumber : Kusumadewi (2003)

$$\mu_{[x,a,b,c]} = \begin{cases} 0 & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b); & b \leq x \leq c \end{cases}$$

Gambar 2.6 Rumus Representasi Kurva Segitiga

Sumber : Kusumadewi (2003)

Keterangan :

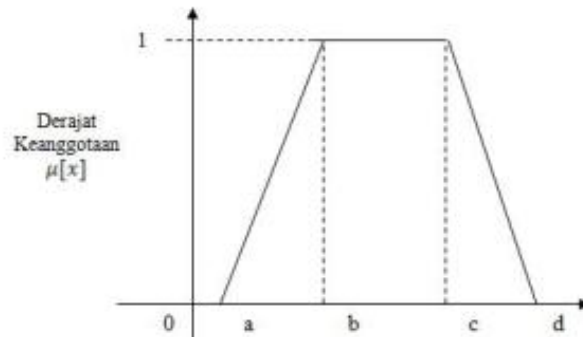
a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan 0

b = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan 1

c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan 0

d. Representasi Kurva Trapezium

Kurva trapesium pada dasarnya berbentuk segitga, hanya saja terdapat beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. pada Gambar 2.7 berikut ini dan rumus representasi kurva pada Gambar 2.8



Gambar 2.7 **Representasi Kurva Trapesium**

Sumber : Kusumadewi (2003)

$$\mu[x, a, b, c, d] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x-a) / (b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d-x) / (d-c); & c \leq x \leq d \\ 0; & x \geq d \end{cases}$$

Gambar 2.8 **Rumus Representasi Kurva Trapesium**

Sumber : Kusumadewi (2003)

Keterangan :

a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan 0

b = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan 1

c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan 1

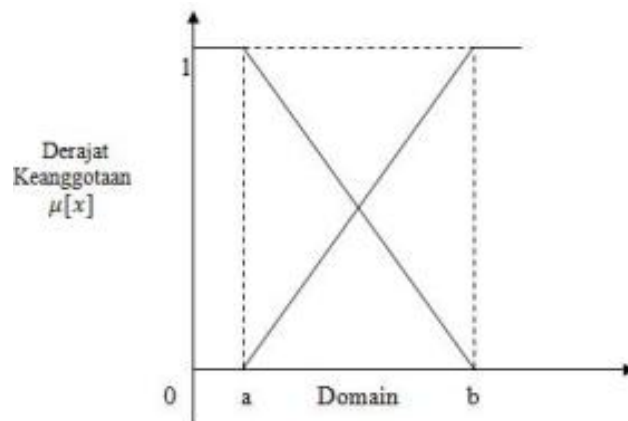
d = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan 0

x = nilai input yang diubah kedalam bilangan *fuzzy*.

e. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik turun. Tetapi terkadang salah satu sisi dari variabel tersebut tidak mengalami perubahan. Himpunan *fuzzy* “bahu”, bukan segitiga, digunakan untuk

mengakhiri variabel suatu daerah *fuzzy*. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar.



Gambar 2.9 **Representasi Kurva Bentuk Bahu**

Sumber : Kusumadewi (2003)

$$\mu[x, a, b] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (b-x) / (b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

$$\mu[x, a, b] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x-a) / (b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

Gambar 2.10 **Rumus Representasi Kurva Bentuk Bahu**

Sumber : Kusumadewi (2003)

A.3 Sistem Inferensi Fuzzy (*Fuzzy Inference System*)

Jang (1993) menjelaskan bahwa sistem inferensi *fuzzy* terdiri dari 5 bagian sebagai berikut

1. Basis aturan (*rule base*) , yaitu terdiri dari sejumlah aturan *fuzzy if-then*
2. Basis data (*data base*) yang mendefinisikan fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* yang digunakan dalam aturan *fuzzy*, biasanya basis aturan dan basis data digabung dan disebut basis pengetahuan (*knowledge base*).
3. Satuan pengambilan keputusan (*decision-making unit*) yang membentuk operasi inferensi pada aturan (*rule*).
4. Antarmuka fuzzifikasi (*fuzzification inference*) yang mengubah input kedalam derajat yang sesuai dengan nilai linguistik (*linguistik value*).

5. Antarmuka defuzzifikasi (*defuzzification inference*) yang mengubah hasil fuzzyinferensi ke bentuk output yang kompak.

Jang (1993) juga menjelaskan bahwa sistem inferensi *fuzzy* yang digunakan adalah sistem inferensifuzzy model Tagaki-Sugeno-Kang (TSK).Sistem inferensi *fuzzy* menggunakan metode Sugeno memiliki karakteristik yaitu konsekuen tidak merupakan himpunan *fuzzy*, namunmerupakan suatu persamaan linier dengan variabel-variabel sesuai dengan variabel inputnya. Dimana aturan *fuzzy*Sugeno adalah sebagai berikut :

$$\text{If } Z_{1,t} \text{ is } A_1 \text{ dan } Z_{2,t} \text{ is } A_2 \text{ then } f = h(Z_{1,t}, Z_{2,t})$$

Terdapat 2 model untuk sistem inferensi *fuzzy* dengan menggunakan metode Sugeno, yaitu model Sugeno orde 0 dan model Sugeno orde 1 satu. Berikut ini merupakan bentuk model *fuzzy* sugeno orde 0 dan orde 1 :

1. Model *Fuzzy* Sugeno orde 0

$$\text{If } (Z_{1,t} \text{ is } A_1) \circ (Z_{2,t} \text{ is } A_2) \circ (Z_{3,t} \text{ is } A_3) \dots \circ (Z_{m,t} \text{ is } A_m) \text{ then } f = k$$

Dengan A_m adalah himpunan *fuzzy* ke- m sebagai anteseden, $\circ$ adalah operator *fuzzy* (seperti *AND* atau *OR*), dan k adalah suatu konstanta (tegas) sebagai konsekuen.

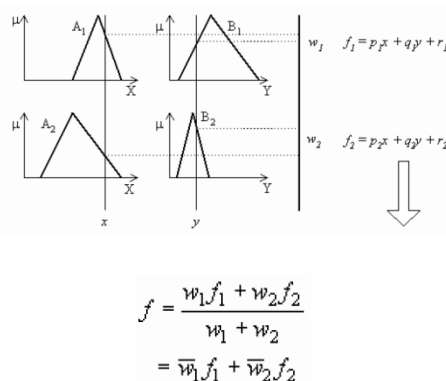
2. Model *Fuzzy* Sugeno orde 1

dimana dengan aturan *fuzzy* seperti dibawah ini :

$$\text{If } (Z_{1,t} \text{ is } A_1) \circ (Z_{2,t} \text{ is } A_2) \dots \circ (Z_{m,t} \text{ is } A_m) \text{ then } f = p_1, Z_{1,t} + \dots + p_m, Z_{m,t} + q$$

dengan A_m adalah himpunan *fuzzy* ke- m sebagai anteseden, $\circ$ adalah operator *fuzzy* (seperti *AND* atau *OR*), p_m adalah suatu konstanta (tegas) ke- m dan q juga merupakan konstanta dalam konsekuen.

Gambar 2.11 adalah contoh gambar ilustrasi mekanisme sistem inferensi *fuzzy* dengan dua masukan x dan y



Gambar 2.11 Sistem Inferensi *Fuzzy* Dua Masukan

Sumber : Kusumadewi (2003)

A.4 Adaptive Neuro-FuzzyInference System (ANFIS)

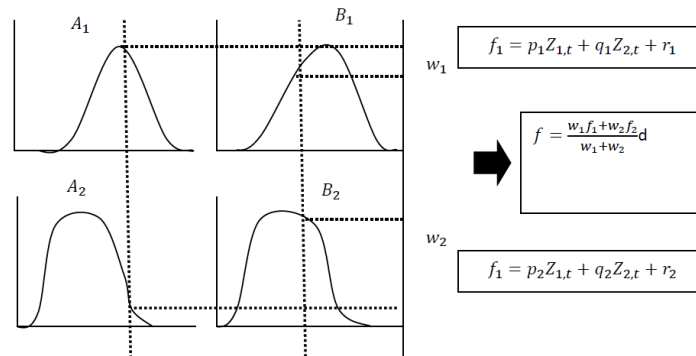
Menurut Jang et al.(1997), *Adaptive Neuro-FuzzyInference System* (ANFIS) merupakan suatu teknik optimasi yang menggabungkan *Artificial Neural Network* dan *Fuzzy Logic* dimana *Neural Network* akan mengenal pola dan menyesuaikan terhadap perubahan pola, sedangkan *Fuzzy Logic* menggabungkan pengetahuan manusia dan menarik kesimpulan dari pengetahuan tersebut hingga sampai membuat keputusan. Jang et al. (1997) menjelaskan arsitektur ANFIS dengan menggunakan model sugeno orde 1 dengan dua aturan *fuzzy if then* sebagai berikut:

Aturan 1 :If $Z_{1,t}$ is A_1 and $Z_{2,t}$ is B_1 then $f_1= p_1, Z_{1,t}+ q_1, Z_{2,t}+ r_1$

Dimana If $Z_{1,t}$ is A_1 and $Z_{2,t}$ is B_1 merupakan premis dan $f_1= p_1, Z_{1,t}+q_1, Z_{2,t}+ r_1$ merupakan konsekuen.

Aturan 2 :If $Z_{1,t}$ is A_2 and $Z_{2,t}$ is B_2 then $f_2= p_1, Z_{1,t}+q_2, Z_{2,t}+ r_2$

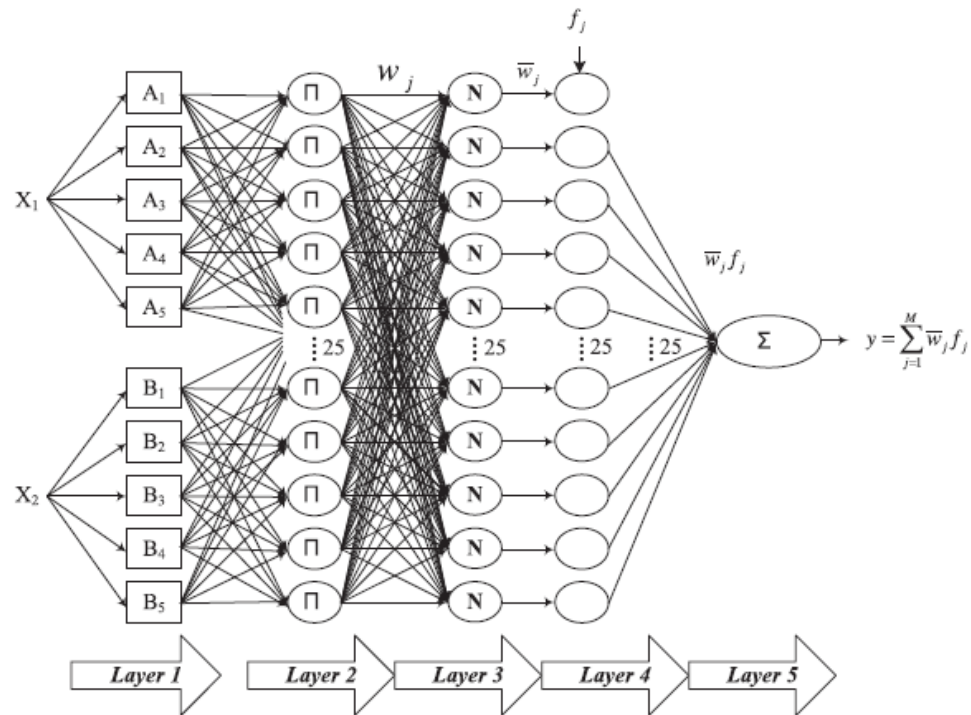
Dimana If $Z_{1,t}$ is A_2 and $Z_{2,t}$ is B_2 merupakan premis dan $f_1= p_1, Z_{1,t}+q_2, Z_{2,t}+ r_2$ merupakan konsekuen. Dengan A_1 dan A_2 nilai-nilai keanggotaan merupakan label linguistik seperti “kecil” atau “besar”, p_1, q_1 dan r_1 adalah parameter konsekuen. Berikut ini merupakan gambar ANFIS model Sugeno.



Gambar 2.12ANFIS Model Sugeno

Sumber : Kusumadewi (2003)

Jang et al.(1997) menjelaskan proses pengolahan data dengan menggunakan metode ANFIS dilakukan pada masing-masing lapisan ANFIS mulai dari lapisan 1 sampai lapisan 5. Gambar 2.3 merupakan struktur ANFIS.



Gambar 2.13 Struktur ANFIS

Sumber : Kusumadewi (2003)

Berdasarkan gambar 2.3 terdapat 5 lapisan dimana masing-masing lapisan memiliki fungsi yang berbeda. Berikut ini penjelasan Jang (1997) untuk setiap lapisannya :

Lapisan 1 adalah semua simpul pada lapisan satu ini merupakan simpul adaptif atau parameternya dapat berubah dengan fungsi simpul :

$$O_{1,i} = \mu_{A_i}(x_1) \quad i=1,2 \quad (2,2)$$

$$O_{1,i} = \mu_{B_i}(x_2) \quad i=1,2 \quad (2,3)$$

dengan x dan y adalah masukan pada simpul i, A_i atau B_i adalah fungsi keanggotaan masing-masing simpul. Simpul $O_{1,i}$ berfungsi untuk menyatakan derajat keanggotaan tiap masukan terhadap himpunan fuzzy A dan B. Fungsi keanggotaan yang dipakai adalah jenis *generalized bell* (gbell). Fungsi keanggotaan *generalized bell* adalah sebagai berikut :

$$\mu_{A_i}(x_1) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_1 - c_i}{a_i} \right|^{2b_i}} \quad \mu_{B_i}(x_2) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_2 - c_i}{a_i} \right|^{2b_i}}, \quad i = 1, 2, \dots, 5$$

Gambar 2.14 Fungsi Keanggotaan Generalized Bell

Sumber : Kusumadewi (2003)

Dimana parameter a, b, c, pada fungsi keanggotaan gbell dinamakan parameter premis yang adaptif.

Lapisan 2, semua simpul pada lapisan ini adalah nonadaptif (parameter tetap). Fungsi simpul ini adalah mengalikan setiap sinyal masukan yang datang. Fungsi simpul sebagai berikut :

$$O_{i,2} = w_i = \mu_{Ai}(X_1) \mu_{Bi}(X_2) \quad i = 1, 2 \quad (2.4)$$

Tiap keluaran simpul menyatakan derajat pengaktifan (firing strength) tiap aturan fuzzy. Fungsi ini dapat diperluas apabila bagian premis memiliki lebih dari dua himpunan fuzzy. Banyaknya simpul pada lapisan ini menunjukkan banyaknya aturan yang dibentuk. Fungsi perkalian yang digunakan adalah interpretasi kata hubung *and* dengan menggunakan operator *t-norm*.

Lapisan 3, setiap simpul pada lapisan ini adalah simpul nonadaptif yang menampilkan fungsi derajat pengaktifan ternormalisasi (normalized firing strength) yaitu rasio keluaran simpul ke-i pada lapisan sebelumnya terhadap seluruh keluaran lapisan sebelumnya, dengan bentuk fungsi simpul sebagai berikut :

$$O_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \quad i = 1, 2$$

Gambar 2.15 Fungsi Simpul Lapisan 3

Sumber : Kusumadewi (2003)

Berdasarkan fungsi tersebut, apabila dibentuk lebih dari dua aturan, fungsi dapat diperluas dengan membagi w_i dengan jumlah total w untuk semua aturan.

Lapisan 4, setiap simpul pada lapisan ini adalah simpul adaptif dengan fungsi simpul sebagai berikut :

$$O_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i)$$

Gambar 2.16 Fungsi Simpul Lapisan 4

Sumber : Kusumadewi (2003)

Berdasarkan fungsi diatas dengan W_i adalah derajat pengaktifan ternormalisasi dari lapisan 3 dan parameter p, q, r menyatakan parameter konsekuen yang adaptif.

Lapisan 5, fungsi lapisan ini adalah untuk menjumlahkan semua masukan. Fungsi simpulnya sebagai berikut :

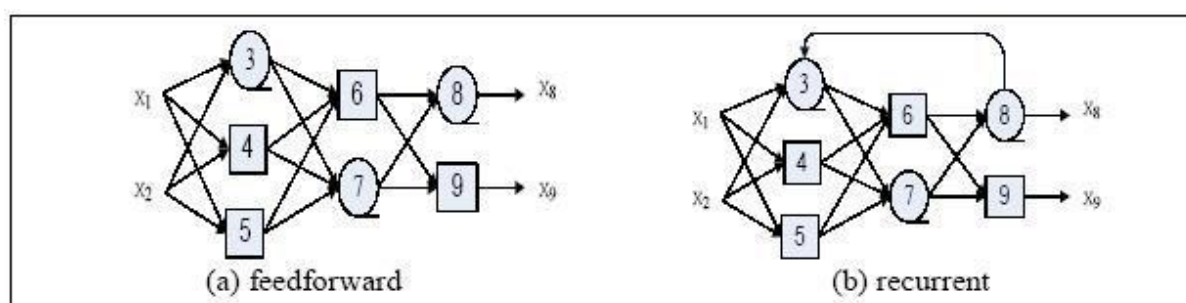
$$O_{5,i} = \sum \bar{w}_i f_i = \frac{\sum w_i f_i}{\sum w_i}$$

Gambar 2.17 Fungsi Lapisan 5

Sumber : Kusumadewi (2003)

Jaringan adaptif dengan lima lapisan diatas ekuivalen dengan sistem inferensi *fuzzy* Takagi-Sugeno-Kang (TSK) atau yang lebih dikenal dengan sugeno.

Berikut ini merupakan proses pembelajaran dalam ANFIS , Jang Sun & Mitazun (1997) menjelaskan bahwa ANFIS mempergunakan algoritma belajar hibrida, yaitu menggabungkan metode *Least-squares estimator* (LSE) dan *error backpropagation* (EBP). Dalam struktur ANFIS metode EBP dilakukan pada lapisan 1, sedangkan metode LSE dilakukan di lapisan 4. Berikut ini merupakan contoh pembelajaran *hybrid* pada ANFIS.



Gambar 2.18 Proses Pembelajaran Hibrid ANFIS

Sumber : Kusumadewi (2003)

Pada lapisan 1 parameternya merupakan parameter dari fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* sifatnya nonlinear terhadap keluaran sistem. Proses belajar pada parameter ini menggunakan metode EBP untuk memperbaharui nilai parameternya. Sedangkan pada lapisan ke 4, parameter merupakan parameter linear terhadap keluaran sistem, yang

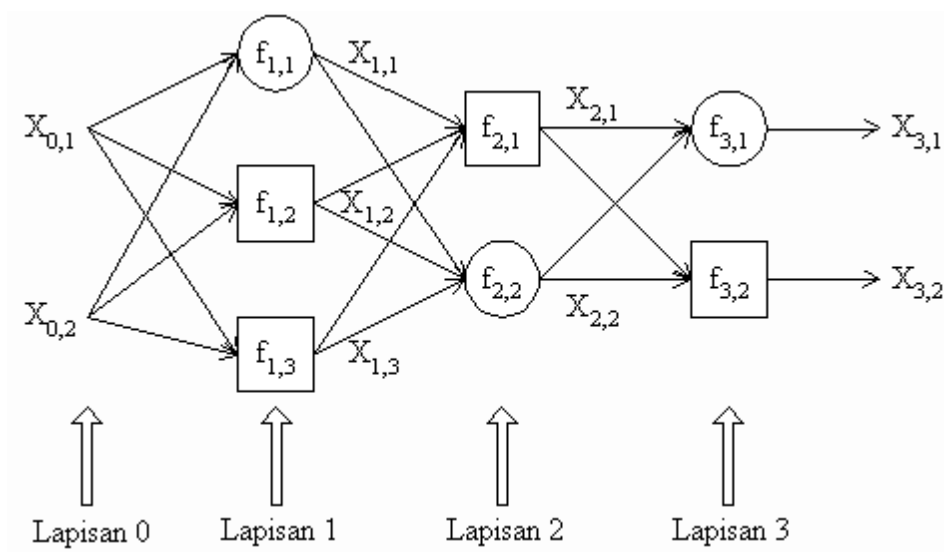
menyusun basis kaidah *fuzzy*. Proses belajar untuk memperbaharui pada lapisan ini menggunakan metode LSE.

Jang Sun & Mitazun (1997) menyajikan tabel proses pembelajaran *hybrid* pada ANFIS sebagai berikut :

Tabel 2.1 Proses Pembelajaran *Hybrid* Pada ANFIS

	Arah Maju	Arah Mundur
Parameter Premis	Tetap	EBP
Parameter Konsekuen	<i>Least-Squares Estimator</i>	Tetap
Sinyal	Keluaran Simpul	Sinyal Kesalahan

Proses pembelajaran *Backpropagation Error* untuk parameter premis, Jang (1997) menjelaskan bahwa parameter premis adalah parameter adaptif dengan proses pembelajarannya menggunakan metode belajar sistem jaringan syaraf *feedforward* dengan *gradient descent*. Misalkan sebuah sistem jaringan adaptif dinyatakan dengan L lapisan dan lapisan ke-l ($l = 0, 1, \dots, L$; $l = 0$ menyatakan lapisan masukan) mempunyai $N(l)$ simpul. Keluaran dan fungsi simpul ke-i [$i = 1, \dots, N(l)$] pada lapisan ke-l dinyatakan dengan $x_{l,i}$ dan $f_{l,i}$. Berikut ini merupakan gambar model jaringan syaraf *feedforward*.



Gambar 2.19 Model Jaringan Syaraf *Feedforward*
Sumber : Kusumadewi (2003)

Misalkan sejumlah P pasangan data untuk proses belajar jaringan adaptif, selanjutnya dapat didefinisikan pengukuran kesalahan pada data latih ke-p () adalah jumlah kuadrat kesalahan.

$$E_p = \sum_{k=1}^{N(L)} (d_k^p - x_{L,k}^p)^2$$

Berdasarkan perumusan diatas, untuk d_k^p didefinisikan sebagai komponen ke-k dari vektor keluaran yang diinginkan. Untuk $x_{L,k}^p$ merupakan vektor keluaran aktual yang dihasilkan sistem jaringan adaptif dengan masukan dari vektor masukan ke-p dari P data belajar. Metode penjararan balik (*backpropagation*) adalah diaman prosedur menghitung sinyal kesalahan secara mundur dari lapisan keluaran hingga lapisan masukan.

2.2 Kajian Induktif

Metode *Adaptive Neuro-FuzzyInference System* (ANFIS) merupakan metode yang sudah cukup lama digunakan. Telah banyak penelitian yang dilakukan dengan menerapkan metode ANFIS, mulai dari bidang industri, pemerintahan, sosial, hingga pendidikan. Penelitian dengan perapan metode ANFIS yang dilakukan oleh Sarkheyli et. al.(2015) memodifikasikan antara metode ANFIS dengan *Modified Genetic Algoritmh* (MGA). ANFIS-MGA ini digunakan untuk mengukur keakurasian prediksi performansi mesin yang dihasilkan. Berdasarkan penelitian, tingkat akurasi sebesar 97,74%. Tingkat akurasi terbesar dibandingkan dengan teknik modifikasi ANFIS dengan *Hybrid Learning Algortimh* dan *Leave One Out Cross Validation*.

Selain itu penelitian lain yang menerapkan metode ANFIS dilakukan oleh Popoola et. al.(2015), untuk melakuakn prediksi kegiatan penghuni dan dampak lingkungan dengan penggunaan pencahyaan dalam hal penghematan energi pencahyaan dengan menggunakan teknik studi penilaian komparatif dan penerapan metode *Adaptive Neuro-FuzzyInference System* (ANFIS). Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa pemerintah dapat memberikan kontribusi/memfasilitasi perencanaan

yang baik dalam hal pendistribusian untuk utilitas listrik, mengurangi biaya operasi dan sistem pemadaman.

Penelitian dengan menggunakan model *Quality Of Experience* (QOE) dengan teknik metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) yang dilakukan oleh peneliti Vasileva-Stojanovska (2015) yang dibandingkan dengan menggunakan metode regresi linear. Penelitian yang dilakukan oleh Vasileva-Stojanovska menerapkan model prediksi pada lingkungan belajar yang siswanya di campur dan juga fasilitas yang diperkaya. Responden yang menjadi subjek pada penelitian ini diberikan kepada 8 guru dan 142 siswa dari kelas dua dan kelas enam pada lima sekolah dasar di Makedonia. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan bahwa model QOE berbasis ANFIS lebih akurat dibandingkan dengan metode regresi linear.

Nilashi et al. (2015), menerapkan teknik *Collaborative Filtering* (CF), digabungkan dengan metode *Expectation Maximization* (EM) dengan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) dengan menggunakan *Collaborative Filtering* (CF), pada sektor pariwisata yaitu pada industri hotel. Digunakan untuk memprediksi informasi yang pada domain hotel yang memenuhi kebutuhan pelanggan berdasarkan data yang berasal dari pelanggan yang sama.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Jiang et al. (2015), menggunakan metode *Rough Set* dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) berbasis *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) untuk model kepuasan pelanggan terhadap desain produk baru. Studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelanggan *handphone*. Hasil dari model prediksi PSO-ANFIS akan dibandingkan dengan metode ANFIS, *fuzzy least-squares regression* (FLSR), *fuzzy regression* (FR), and *genetic programming-based fuzzy regression* (GP-FR).

Özkan dan Inal melakukan penelitian yaitu membandingkan Aplikasi *Neural Network* untuk *fuzzy* dan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) untuk mengevaluasi pembuat keputusan dalam pemilihan *supplier*. Dimana manajemen rantai pasok menginginkan mendapatkan pemasok dengan harga termurah. ANFIS dievaluasi untuk data set yang berbeda dengan atribut dan skor dari *supplier* yang didapatkan pada

penelitian sebelumnya. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, nilai error yang didapatkan dengan menggunakan metode ANFIS adalah sebesar 0.8647.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Candra Dewi dan Muhammad Muslikh (2013), meneliti tentang perbandingan akurasi *Backpropagation Neural Network* (BPNN) dan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) untuk memprediksi cuaca berdasarkan parameter-parameter yang mempengaruhi. Dimana metode BPNN dilakukan dengan 3 *layer*, sedangkan metode ANFIS dengan 5 *layer* pada penentuan kelas *output* jaringan. Untuk ANFIS pada tahap awal mendapatkan parameter premis dan konsekuennya maka digunakan *K-Means Clustering*. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa metode BPNN dengan modifikasi pada aturan penentuan output jaringan memiliki nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) yang lebih rendah dan nilai akurasi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan metode ANFIS. Peneliti memberikan saran untuk penelitian selanjutnya adalah memodifikasi aturan pada ANFIS disesuaikan dengan aturan yang ada pada BPNN.

Tsai dan Ho (2011) meneliti tentang perbandingan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) dan *Structural Equation Modeling* (SEM) performansi peramalan pengembangan produk baru linear dan non linear dalam memprediksi nilai inovasi dan efek dari kualitas Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian menunjukkan bahwa model prediksi ANFIS lebih akurat dibandingkan dengan model SEM. Peneliti memberikan saran untuk penelitian selanjutnya adalah mengembangkan pada bidang lainnya dan membandingkan keakuratan ANFIS dan SEM pada data yang baru.

Bambang Adiwinoto (2011) melakukan penelitian model prediksi dengan menggunakan *Artificial Intelligence* dengan algoritma *Radial Basis Function* dalam memprediksi waktu produksi mesin bubut. Dimana peneliti ingin membandingkan hasil prediksi dengan menggunakan *Artificial Intelligence* dan secara manual. Parameter yang digunakan dalam metode ini adalah variasi putaran poros dan *feeding*. Berdasarkan penelitian didapatkan hasil bahwa prediksi yang digunakan error yang dihasilkan sebesar 1,3372% dengan hasil yang mendekati hasil sebenarnya, sehingga dapat dikatakan bahwa sudah dapat memproduksi dengan akurat, tetapi peneliti memberikan

saran untuk mengembangkan metode jaringan syaraf agar tingkat eror menjadi lebih kecil.

Mohammad Taufan (2010) melakukan penelitian untuk memprediksi sisa umur pakai dari sebuah rotating machinery dengan metode ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems) menggunakan program Matlab. Data getaran yang diambil menggunakan sensor getaran pada rentang waktu tertentu akan digunakan untuk memprediksi degradasi unjuk kerja dari suatu mesin. Data getaran inilah yang akan digunakan untuk data training dan checking pada ANFIS. Tipe membership function segitiga, lonceng dan trapezoidal akan dibandingkan dalam proses training dan checking menggunakan sistem hybrid dan backpropagation.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Thomas et al. (2014) melakukan penelitian untuk menganalisis gerakan tanah dengan menggunakan *metode randomized adaptive neuro-fuzzy inferencesystem* (RANFIS) dimana dengan metode tersebut bertujuan untuk memprediksi parameter gerakan tanah dengan sinyal seismik. Perbedaan metode RANFIS dengan ANFIS adalah parameter lapisan kabur tidak di setel. Dimana dalam penelitiannya terdapat 3 parameter untuk memprediksi yaitu *peak ground acceleration* (PGA), *peak ground velocity* (PGV) and *peak ground displacement* (PGD). Model RANFIS ini dikembangkan dengan menggunakan database yang telah di rilis oleh PEER (*Pacific Earthquake Engineering Research Center*).

Develi dan Surgocu (2015) melakukan penelitian yang bertujuan untuk memprediksi distribusi temperatur dari *brain equivalent liquid* (BEL) atau ekuivalen cairan di dalam otak manusia yang dihasilkan dari paparan elektromagnetik dan radiasi. Tahap pertama dalam penelitian yang dilakukan adalah menentukan distribusi temperature atau suhu hasil dari paparan sinar elektromagnetik. Dimana ANFIS dapat melakukan prediksi terhadap distribusi temperature dari BEL setelah terpapar radiasi. Berdasarkan hasil penelitian di dapatkan bahwa metode ANFIS dapat dilakukan untuk melakukan prediksi dengan akurasi yang tinggi tanpa melakukan eksperimental.

Tugrul Cavdar 2016 melakuakn penelitain menggunakan Particle Swarm Optimization yang diaplikasikan menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System

(PSO-ANFIS) berdasarkan *fuzzy C-means clustering algorithm* untuk memerangi gangguan komunikasi nirkabel. Dimana penyebabnya antara lain adalah gangguan intersymbol (ISI), multipath fading, co-channel interference (CCI). Dalam penelitian ini, Particle Swarm Optimization disetel *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (PSO-ANFIS) mampu identifikasi sistem, estimasi dan mengusulkan pemerataan saluran komunikasi nirkabel. PSO-ANFIS equalizer menggunakan data pelatihan dan menjalankan *fuzzy C-cara* (FCM) clustering untuk memodelkan saluran komunikasi nirkabel. Penggunaan metode pelatihan data dan FCM memberikan model regresi terbaik yang cocok untuk saluran nirkabel. Berdasarkan penelitian hasil simulasi menunjukkan bahwa kinerja PSO-ANFIS adalah terbaik dengan metode pemerataan nonlinear yang lain.

Ebu Akkaya (2015) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa akan membuat model prediksi untuk biomassa yang baru dengan nilai kalor yang lebih tinggi. Digunakan 444 data yang terkait dengan berbagai bahan berbasis biomassa terdiri dari literatur terbuka. Input ditetapkan untuk model prediksi adalah komponen analisis seperti karbon tetap, abu dan zat terbang. Tiga metode yang disebut *partisi grid*, *sub-cluster* dan *fuzzy c-means* dipertimbangkan dalam proses pembentukan model ANFIS, untuk menghasilkan struktur sistem inferensi *fuzzy*. Untuk menentukan yang terbaik ANFIS model prediksi berdasarkan, sebuah Sejumlah penelitian simulasi dilakukan untuk setiap metode FIS. Hasil optimal yang diperoleh dari masing-masing. Metode dibandingkan dengan satu sama lain dan hasil model yang diberikan dalam literature terkait dengan prediksi kriteria kinerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sub-pengelompokan biomassa berdasarkan Model ANFIS adalah metode yang terbaik. Koefisien yang diperoleh nya regresi (R^2) dan root mean square error (RMSE) 0,8836 dan 1,3006. Sebagai kesimpulan, dapat dikatakan bahwa yang diusulkan Model berbasis ANFIS adalah teknik yang efisien untuk mendapatkan akurasi yang tinggi untuk prediksi biomassa.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, didapatkan banyak penelitian yang menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) untuk melakukan model prediksi dalam bidang pendidikan, pariwisata serta lingkungan. Selain itu peneliti terdahulu cukup banyak membahas mengenai keakuratan dari metode

ANFIS sendiri dengan melakukan perbandingan metode ANFIS dengan beberapa metode dan algoritma antara lain dengan *RoughSet*, *Collaborative Filtering*, *Quality OfExperience*, *Structural Equation Modelling* serta *K-Means Clustering*. Oleh sebab itu, perbedaan antara penelitian kali ini dengan peneliti terdahulu adalah terletak pada objek yang diteliti yaitu mengenai kualitas bahan baku. Sedangkan untuk persamaannya terletak pada metode yang digunakan yaitu menggunakan metode ANFIS. Untuk penelitian kali ini bertujuan mempermudah perusahaan untuk dapat memprediksi kualitas bahan baku pembuatan spiritus, sehingga dilakukan pembangunan sebuah model dengan metode ANFIS menggunakan *software* MATLAB.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Identifikasi Masalah

Dalam sebuah perusahaan untuk menghasilkan produk yang berkualitas maka perlu mempertimbangkan kualitas dari bahan baku, proses hingga pada akhirnya terhadap produknya. Penelitian ini identifikasi masalah dilakukan terhadap perusahaan manufaktur Pabrik Spiritus Madukismo yaitu mengenai penilaian kualitas bahan baku, sehingga dapat menjaga kualitas dari produk akhirnya.

3.2 Perumusan Masalah

Penelitian ini akan mengembangkan sebuah model prediksi penilaian kualitas bahan baku pada pabrik spiritus. Dimana model prediksi penilaian kualitas bahan baku mempertimbangkan variabel kepekatan dan kadar gula yang menjadi parameter penilaian dari kualitas bahan baku sendiri. Model prediksi yang terbentuk nantinya akan memudahkan perusahaan untuk memprediksi kualitas bahan baku pembuatan spiritus mereka baik atau buruk diwaktu yang akan datang.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini antara lain :

1. Wawancara

Wawancara dilakukan kepada pegawai Pabrik Spiritus Madukismo mengenai data pemeriksaan kualitas bahan baku.

2. Data Historis

Data yang akan diolah untuk membangun model prediksi digunakan data historis, yaitu data yang telah dimiliki oleh perusahaan manufaktur Pabrik Spiritus Madukismoyang telah menerapkan pengontrolan kualitas secara rutin dan berkala, yaitu mengenai data pemeriksaan kualitas bahan baku. Data kualitas bahan baku yang digunakan merupakan data pemeriksaan bahan baku selama periode penyulingan tahap 1 sampai tahap 3 yang dilakukan pada bulan April hingga Desember di tahun 2012 dan tahap 1 sampai tahap 3 pada bulan Januari hingga Desember 2013. Pemeriksaan kualitas bahan baku memiliki dua atribut penilaian yaitu kepekatan dan kadar gula yang terkandung pada bahan baku pembuatan spiritus. Pemeriksaan dilakukan sebanyak dua kali dalam satu bulan yaitu pada pertengahan dan akhir bulan.

3. Kajian Literatur

Kajian literatur merupakan pencarian informasi mengenai metode maupun permasalahan yang diangkat pada penelitian kali ini yaitu mengenai penilaian kualitas serta metode yang digunakan yaitu *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* melalui situs internet, jurnal, buku, dan lain sebagainya.

3.4 Kajian Literatur

3.4.1 Kualitas Bahan Baku

Kualitas bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data pemeriksaan bahan bak selama periode penyulingan tahap 1 sampai tahap 3 yang dilakukan pada bulan April hingga Desember di tahun 2012 dan pemeriksaan tahap 1 sampai tahap 3 pada bulan Januari hingga Desember 2013. Dimana dalam pemeriksaan kualitas bahan baku tersebut memiliki dua atribut penilaian yaitu kepekatan dan kadar gula yang nantinya digunakan sebagai bahan baku pembuatan spiritus.

3.5 Pengolahan Data

Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) adalah penggabungan mekanisme fuzzy inference system yang digambarkan dalam arsitektur jaringan syaraf. Sistem inferensi fuzzy yang digunakan adalah sistem inferensi fuzzy model Tagaki-Sugeno-Kang (TSK) orde satu dengan pertimbangan kesederhanaan dan kemudahan komputasi. Dimana sehubungan dengan pemodelan berdasarkan data, sangat sulit untuk mengatur parameter-parameter fungsi keanggotaan untuk mendapat FIS yang bisa memetakan input menjadi output dengan benar. Oleh karena itu dengan menggunakan fungsi ANFIS masalah tersebut dapat dipecahkan karena pengaturan parameter-parameter fungsi keanggotaan dilakukan secara *iteratif* dan otomatis. Hal tersebut ditunjukkan dengan cukup banyak penelitian yang menggunakan metode ini seperti yang telah dijelaskan pada kajian literature sebelumnya.

Pengolahan data menggunakan metode ANFIS dengan menggunakan *software* MATLAB dilakukan dengan beberapa tahapan proses. Tahap pertama yaitu dengan melakukan penginputan data training dan checking ke jendela ANFIS, kemudian nantinya akan dilakukan proses *training* untuk menghasilkan model. Setelah model sudah dapat terbentuk maka akan dilakukan *checking* data untuk mengetahui errornya. Tahapan tersebut dilakukan untuk membangun model pada pemeriksaan kualitas bahan baku.

3.6 Pembangunan Model Prediksi Penilaian Kualitas Bahan Baku

Dalam penelitian ini pembangunan model prediksi kualitas bahan baku dilakukan dalam 6 tahap. Berikut ini merupakan tahapan pembangunan model prediksi penilaian kualitas bahan baku menggunakan metode ANFIS :

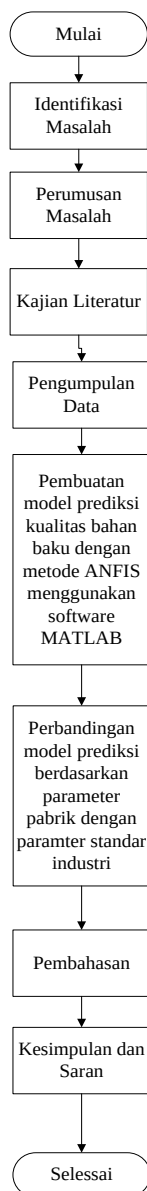
1. Menentukan *membership function* menggunakan tipe fungsi keanggotaan g-bell. Penentuan dilakukan untuk setiap atribut sesuai dengan kategori yang sudah ditentukan.
2. Tahap kedua adalah *Rule Evaluation Fuzzifikasi* yaitu adalah penggunaan aturan IF THEN dengan penghubung AND.

3. Melakukan penginputan data training dan data checking ke ANFIS pada program ANFIS di MATLAB. Dalam tahapan ini data training akan di generate dengan menggunakan fungsi *grid partition*.
4. Menentukan *error tolerance* dan jumlah *Epoch* pada training ANFIS. *Error tolerance* digunakan untuk menentukan eror yang diperbolehkan pada model ANFIS, sedangkan untuk jumlah *epoch* untuk mengatur jumlah maksimum yang diperbolehkan pada proses *training* ANFIS.
5. Setelah proses training selesai maka akan dilakukan *checking* data, yaitu dengan memilih pada kolom Test FIS, plot agains pada checking data untuk mengetahui output dari model pemeriksaan kualitas bahan baku.
6. Kemudian melakukan perhitungan error untuk mengetahui tingkat akurasi dari *output* yang dihasilkan berdasarkan model. Dengan menghitung jumlah prediksi salah dibagi dengan jumlah total prediksi
7. Melakukan perbandingan model prediksi menggunakan parameter pabrik dengan parameter standar industri sesuai dengan SNI.

Keenam tahap diatas dilakukan untuk membangun model prediksi penilaian pada kualitas bahan baku untuk pembuatan spiritus di PS Madukismo

3.7 Diagram Alur Penelitian

Alur proses penelitian dapat digambarkan melalui *flowchart* pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 **Flowchart Penelitian**

Sumber : Dewanti (2016)

Berdasarkan *flowchart* atau diagram alur penelitian dijelaskan sebagai berikut :

1. Penelitian dimulai dengan mengidentifikasi permasalahan yang ada dalam konsep *sustainable supply chain management* khususnya pada variabel kualitas bahan baku.
2. Dari permasalahan yang ditemukan dalam konsep tersebut selanjutnya ditetapkan rumusan – rumusan masalah yang sesuai dengan identifikasi masalah yang diangkat
3. Mencari kajian literatur sesuai dengan bahasan yang diangkat. Kajian literatur terdiri dari 2 jenis antara lain kajian deduktif dan kajian induktif. Kajian deduktif

sering dikenal dengan kajian teoritis yaitu kajian yang didapatkan dari teori – teori para ahli yang sering dijadikan sumber kajian. Sedangkan kajian induktif merupakan kajian yang berasal dari penelitian – penelitian terdahulu yang dapat dijadikan referensi maupun pembandingan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang sedang dilakukan untuk menghindari adanya plagiarisme.

4. Selanjutnya pengumpulan data yang digunakan sesuai dengan bahasan topik yang diangkat. Dalam penelitian ini data yang digunakan merupakan data sekunder kualitas bahan baku Pabrik Spiritus Madukismoyaitu data yang telah disediakan oleh suatu instansi.
5. Setelah didapatkan data yang sesuai selanjutnya data diolah dengan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* menggunakan *software* MATLAB.
6. Model yang di dapatkan selanjutnya diuji untuk mengetahui validasi model dengan menentukan batas *threshold* untuk hasil *output* nya.
7. Selanjutnya melakukan perbandingan hasil model prediksi berdasarkan parameter pabrik dengan parameter yang sesuai dengan standar industri.
8. Setelah melakukan pengolahan data dan didapatkan hasil model prediksi penilaian kualitas bahan baku, maka dilakukan analisis pembahasan mengenai hasilnya.
9. Langkah terakhir adalah penarikan kesimpulan dan pemberian saran bagi perusahaan maupun bagi peneliti selanjutnya.

3.8 Analisis Hasil

Setelah pengolahan data selesai maka dilakukan analisis mengenai variabel yang mempengaruhi penilaian kualitas bahan baku yang dilakukan dengan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* menggunakan *software* MATLAB. Setelah itu maka diuji performansinya dengan membandingkan hasil pemeriksaan kualitas bahan baku yang telah dilakukan oleh pabrik spiritus dengan hasil yang berasal dari model prediksi yaitu dengan menentukan *threshold* untuk hasil *output* nya.

3.9 Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan berisi jawaban dari rumusan masalah yang telah ditetapkan pada awal penelitian. Selain itu terdapat saran atau rekomendasi yang dapat digunakan sebagai bahan penelitian selanjutnya

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data mengenai pemeriksaan kualitas bahan baku. Dimana bahan baku pembuatan spiritus PS Madukismo adalah tetes tebu yang merupakan salah satu limbah sisa pengolahan gula di PG Madukismo. Tetes tebu sebagai bahan baku pembuatan spiritus memiliki dua atribut yang dipertimbangkan dalam penilaian kualitasnya, yaitu kepekatan yang diukur dalam satuan brix dan kadar gula yang dinyatakan dalam prosentase. Kepekatan tetes tebu dibagi menjadi tiga golongan yaitu buruk, sedang atau cukup baik dan baik. Tetes tebu dikatakan buruk apabila kepekatan yang dimiliki hanya sebesar 70 hingga 80 brix, sedangkan tetes tebu dikatakan sedang atau cukup baik jika kepekatan terletak pada kisaran 81 hingga 87,5 brix, dan tetes tebu dikatakan baik jika kepekatan yang dimiliki sebesar 87,6 hingga 95 brix. Sedangkan untuk kadar gula dalam satuan persen sendiri dikatakan buruk apabila berada pada 30-54, dikatakan sedang atau cukup pada 55-57 dan dikatakan baik 58-61.

4.2 Data Pemeriksaan Kualitas Bahan baku

Data kualitas bahan baku dipengaruhi oleh dua atribut yaitu kepekatan dan kadar gula. Didapatkan dari data historis pabrik spiritus pada tahap 1 sampai tahap 3 yang dilakukan pada bulan April hingga Desember di tahun 2012 dan tahap 1 sampai tahap 3 pada bulan Januari hingga Desember. Menurut Han dan Kamber (2006), untuk menguji tingkat akurasi model menggunakan metode *hold out*, dimana metode ini akan membagi 2 himpunan data asli yang saling terpisah dinamakan *training* dan *testing/ checking*. Dimana *training* akan menghasilkan model, dan data *checking* untuk evaluasi hasil model. Han dan Kamber

(2002) menjelaskan, proporsi antara jumlah *training* dan *checking* tidak mengikat, tetapi agar variansi model tidak lebih besar dengan validasinya, maka ditentukan proporsi *training* dan *checking* 50:50. Dimana data akan dibagi menjadi dua bagian sama besar untuk data *training* dan untuk data *checking*. Tabel 4.1 merupakan data pemeriksaan kualitas bahan baku yang digunakan untuk data *training*.

Tabel 4.1 Data *Training* Pemeriksaan Kualitas Bahan Baku

No	Kepekatan (Brix)	Kadar Gula (%)	Kualitas
1	82.61	54.51	0
2	88.55	60.02	1
3	89.21	56.21	1
4	88.26	55.06	1
5	81.79	52.86	0
6	87.39	56.16	1
7	88.12	56.12	1
8	87.61	59.22	1
9	88.9	60.69	1
10	81.75	54.4	0
11	88.94	57.17	1
12	90.8	56.66	1
13	91.02	55.24	1
14	90.7	59.06	1
15	91	57.02	1
16	89.12	59.29	1
17	86.19	58.69	1
18	85.95	58.4	1
19	85.66	56.71	1
20	88.06	58.17	1
21	86.99	57.99	1
22	89.35	60.02	1
23	91.87	65.16	1
24	91.95	65.32	1
25	90.79	61.06	1
26	90.59	63.65	1
27	89.07	57.57	1
28	87.23	56.1	1
29	90.17	57.32	1
30	89.05	56.72	1
31	88.37	55.13	1
32	90.44	56.16	1
33	89.06	58.17	1
34	86.99	57.99	1
35	89.35	60.02	1

No	Kepekatan (Brix)	Kadar Gula (%)	Kualitas
36	91.87	65.16	1
37	91.95	65.32	1
38	90.79	61.06	1
39	90.59	63.65	1
40	89.07	57.57	1
41	81.76	55.41	0
42	90.17	57.32	1
43	89.05	56.72	1
44	88.37	55.13	1
45	90.44	56.16	1
46	89.07	57.57	1
47	87.23	56.1	1
48	81.79	53.32	0
49	89.05	56.72	1
50	87.37	55.13	1
51	90.44	56.16	1
52	88.06	58.17	1
53	86.99	57.99	1
54	89.35	60.02	1
55	91.87	65.16	1
56	91.95	65.32	1
57	82.79	54.47	0
58	90.5	63.65	1
59	89.07	57.57	1
60	87.23	56.1	1
61	90.17	57.32	1
62	81.91	56.72	1
63	88.37	55.13	1
64	90.44	56.16	1

Tabel 4.1 merupakan data pemeriksaan kualitas bahan baku yang digunakan sebagai data *training* untuk membangun model. Adapaun data pemeriksaan kualitas bahan baku yang dijadikan sebagai data *checking* adalah sebagai berikut.

Tabel 4.2 Data *Checking* Pemeriksaan Kualitas Bahan Baku

No	Kepekatan (Brix)	Kadar Gula (%)	Kualitas
1	83.51	54.32	0
2	91.05	58.93	1
3	91.01	60.01	1
4	88.55	55.9	1
5	89.21	56.21	1
6	89.11	60.12	1

No	Kepekatan (Brix)	Kadar Gula (%)	Kualitas
7	87.91	56.38	1
8	88.25	60.29	1
9	87.88	60.55	1
10	82.84	53.46	0
11	89.44	58.49	1
12	89.3	55.29	1
13	86.99	57.99	1
14	86.19	58.69	1
15	85.95	58.4	1
16	88.06	58.17	1
17	88.04	55.4	1
18	87.75	56	1
19	88.71	56.57	1
20	90.23	58.94	1
21	91.02	55.24	1
22	91.67	57.63	1
23	91.78	60.03	1
24	91.6	55.66	1
25	90.79	61.06	1
26	90.16	55.18	1
27	91.95	65.32	1
28	91.71	58.59	1
29	91.74	57.03	1
30	86.88	55.54	1
31	85.66	56.71	1
32	85.66	56.71	1
33	85.95	58.4	1
34	85.05	58.17	1
35	87.03	55.4	1
36	87.75	56	1
37	87.61	56.57	1
38	91.33	58.94	1
39	90	55.24	1
40	86.67	57.63	1
41	81.77	55.41	0
42	91.09	60.04	1
43	89.79	61.06	1
44	88.16	55.18	1
45	90.95	65.32	1
46	91.71	58.59	1
47	90.74	57.03	1
48	86.88	55.54	1
49	85.66	56.71	1
50	85.66	56.71	1

No	Kepekatan (Brix)	Kadar Gula (%)	Kualitas
51	85.95	58.4	1
52	88.06	58.17	1
53	88.04	55.4	1
54	87.75	56	1
55	88.71	56.57	1
56	90.23	58.94	1
57	82.78	54.47	0
58	91.67	57.63	1
59	89.88	60.01	1
60	91.6	55.66	1
61	90.79	61.06	1
62	90.16	55.18	1
63	91.95	65.32	1
64	90.91	58.59	1

Tabel 4.2 menunjukkan data historis yang dijadikan sebagai data *checking* untuk pengujian model prediksi. Data checking yang digunakan memiliki jumlah yang sama dengan data *training* yang akan digunakan untuk membangun model. Sebelumnya data *training* dan data *checking* yang akan diolah menggunakan MATLAB melalui tahap *preprocessing* data terlebih dahulu. Berikut ini merupakan tahap *preprocessing* data yang dilakukan.

4.3 Preprocessing Data

Dalam tahapan KDD (*Knowledge Discovery in Database*), *preprocessing* data merupakan tahap kedua dimana merupakan serangkaian proses yang digunakan untuk membersihkan data yang tidak diperlukan atau sekiranya salah agar sesuai dengan tujuan dan data akan siap untuk diolah. Adapun dalam hal ini tahapan *preprocessing* data antara lain :

1. Data Cleaning

Data *cleaning* pada penelitian ini antara lain membuang duplikasi data pemeriksaan kualitas bahan baku, data yang inkonsisten.

2. Data Reduksi

Data reduksi pada penelitian ini menghilangkan variabel yang tidak dibutuhkan yaitu polarisasi langsung, sakarosa, kadar abu, dan sisa gula..

3. Diskretisasi data

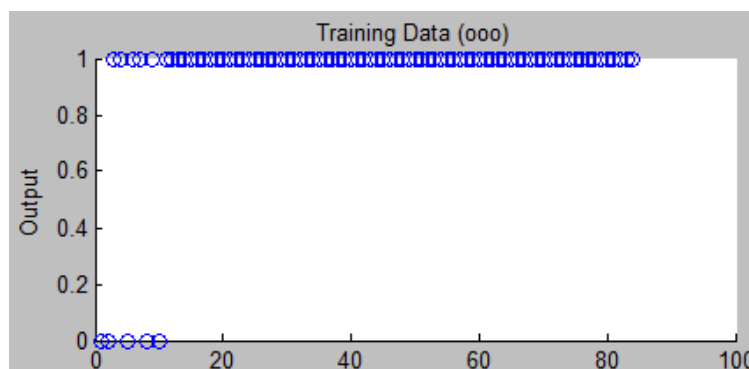
Diskretisasi data merupakan proses perubahan data nominal ke dalam kategorikal. Dimana dalam penelitian ini data kepekatan dan kadar gula diubah menjadi kateogori buruk, cukup baik dan baik.

4.4 Processing Data

Dalam penelitian ini pemodelan anfis di program menggunakan matlab. Adapun tahapan yang digunakan adalah sebagai berikut.

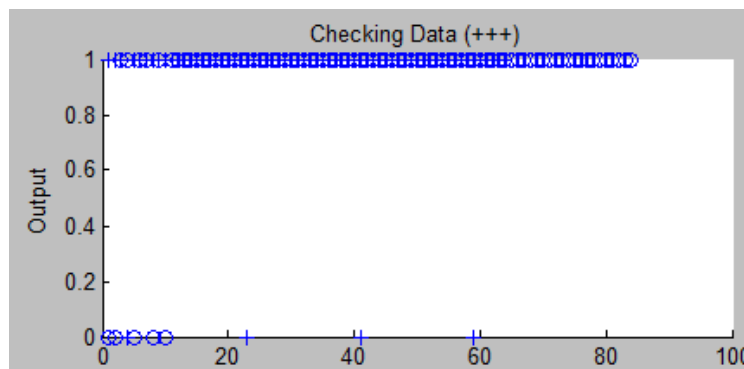
4.4.1 Penginputan Data Training dan Checking

Tahapan penginputan yang dilakukan pada tahap pertama menggunakan metode ANFIS disajikan pada Gambar 4.1 berikut ini :



Gambar 4.1 **Input Training Data**
Sumber : Dewanti (2016)

Pada Gambar 4.1 adalah tahapan proses penginputan data yang akan di latih. Dikarenakan pengolahan data menggunakan ANFIS GUI maka data untuk training di simpan terlebih dahulu pada matlab, kemudian pada kolom Load Data tinggal memilih inputan *training* atau *checking*. Setelah data training berhasil diinputkan ke dalam anfis editor maka selanjutnya dilakukan hal yang sama untuk data checking untuk menguji model prediksi pada Gambar 4.2.



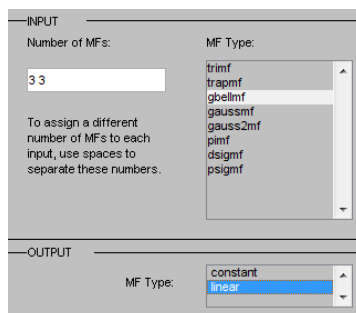
Gambar 4.2 **Input Checking Data**

Sumber : Dewanti (2016)

Pada tahapan ini penginputan data yang akan digunakan untuk checking data dilakukan setelah melakukan input data training. Dalam gambar 4.4 checking data disimbolkan dengan tanda +. Setelah data training dan data checking berhasil diinputkan maka langkah selanjutnya adalah inisialisasi FIS yaitu dengan memilih Grid Partition pada toolbox Generate FIS kemudian akan menampilkan beberapa menu untuk memilih jumlah fungsi keanggotaan, MFs, dan tipe dari fungsi keanggotaan input dan output seperti pada Gambar 4.2.

4.4.2 Inisialisasi FIS

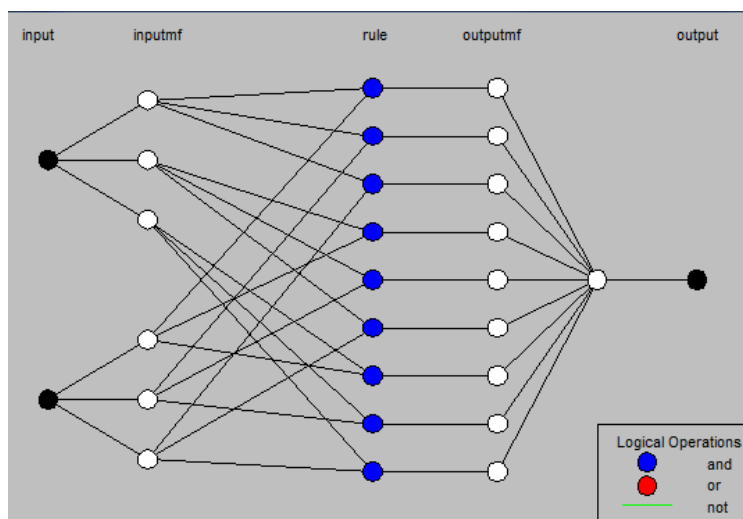
Setelah berhasil menginputkan data training dan checking maka tahapan selanjutnya adalah inisialisasi FIS terlebih dahulu, yaitu dengan mengenerate FIS ini untuk bagian input, pada field Number of *Membership Function* (MF) diisi dengan 3. Hal tersebut dikarenakan untuk kedua atribut yaitu kepekatan dan kadar gula mempunyai 3 *fuzzy value* maka pada field Number of MFs diisi dengan aturan 3 x 3 *rule*. Sedangkan untuk MF type dipilih *gbellmf*. Sedangkan untuk bagian Output pada set MF Type adalah pilih dengan linear. Kemudian selanjutnya akan ditampilkan struktur dari model ANFIS yang telah dibuat seperti pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Inisialisasi FIS
Sumber : Dewanti (2016)

4.4.3 ANFIS Structure

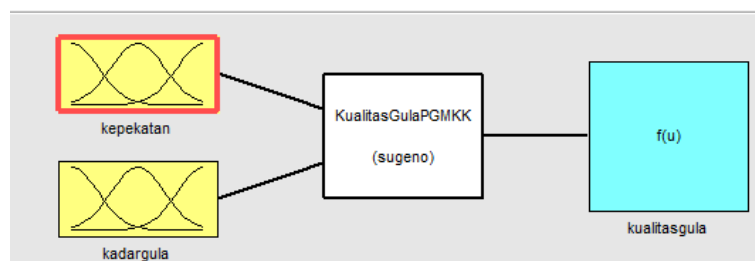
Setelah dilakukan proses inisialisasi pada FIS, maka akan muncul struktur ANFIS sendiri yang disajikan pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Struktur ANFIS
Sumber : Dewanti (2016)

Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa ANFIS terdiri dari 2 input yaitu kepekatan dan kadar gula. Dimana masing-masing terdiri dari 3 *Membership Function* sehingga terdapat 9 *rule* dengan menggunakan operator AND. ANFIS terdiri dari 1 output dengan output MF yang terbentuk sebanyak 9 buah. Terdapat garis-garis yang menghubungkan antar *node* menunjukkan *rule* yang bersesuaian.

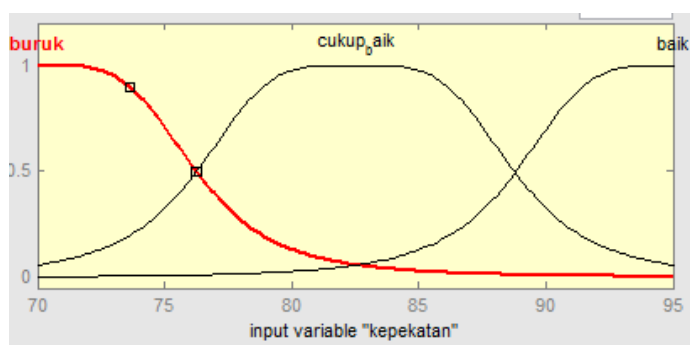
4.4.4 Membership Function



Gambar 4.5 **Membership Function**

Sumber : Dewanti (2016)

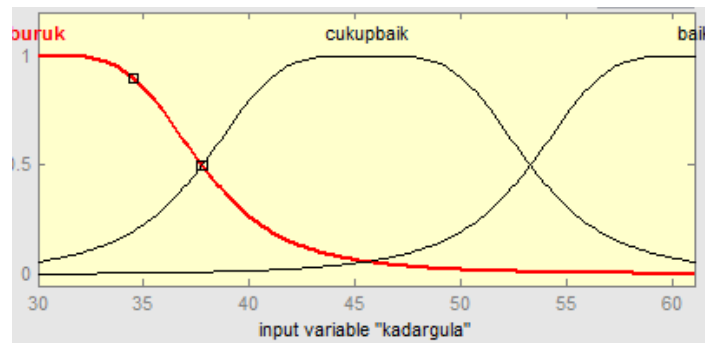
Pada penentuan membership function awal menggunakan tipe fungsi keanggotaan gbell dan dengan input kepekatan dan kadar gula maka akan didapatkan kurva *membership function* yang akan disajikan pada Gambar 4.6 dan 4.7.



Gambar 4.6 **Membership Function Kepekatan**

Sumber : Dewanti (2016)

Dalam gambar 4.6 untuk kepekatan gula dengan kategori buruk adalah data yang memiliki nilai 70 hingga 80 brix, sedangkan tetes tebu dikatakan sedang atau cukup baik jika kepekataannya terletak pada kisaran 81 hingga 87,5 brix, dan tetes tebu dikatakan baik jika kepekatan yang dimiliki sebesar 87,6 hingga 95 brix.



Gambar 4.7 **Membership Function Kadar Gula**

Sumber : Dewanti (2016)

Berdasarkan gambar 4.7 diinputkan nilai dari kadar gula sesuai dengan kategorinya dalam persen yaitu dikatakan buruk dengan nilai pada 30-54 , dikatakan sedang atau cukup pada 55-57 dan dikatakan baik 58-61.

4.4.5 Rule Evaluation Pemeriksaan Kualitas Bahan Baku Spiritus

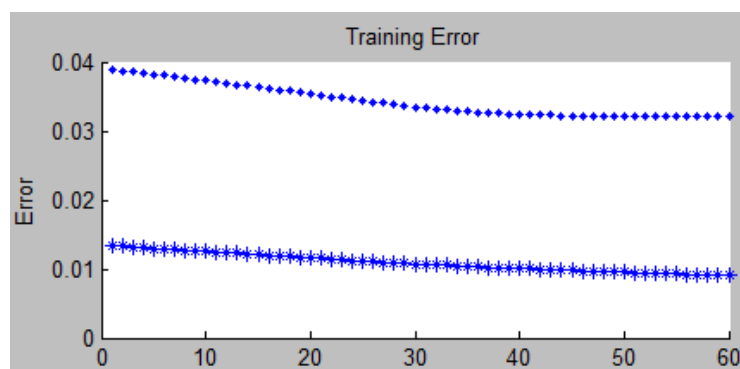
Setelah melakukan tahap *fuzzifikasi* maka selanjutnya adalah *rule evaluation*. Tahapan ini digunakan aturan IF THEN dengan penghubung AND. Dimana untuk atribut kepekatan memiliki 3 *fuzzy value* dan atribut kadar gula juga memiliki 3 *fuzzy value* maka *rule evaluation* akan mengikuti aturan 3 x 3 rule. Sehingga terdapat 9 rule seperti berikut ini :

- 1) If (kepekatan is buruk) and (kadar gula is buruk) then (kualitasgula is out1mf1) (1)
- 2) If (kepekatan is buruk) and (kadar gula is cukupbaik) then (kualitasgula is out1mf2) (1)
- 3) If (kepekatan is buruk) and (kadar gula is baik) then (kualitasgula is out1mf3) (1)
- 4) If (kepekatan is cukup_baik) and (kadar gula is buruk) then (kualitasgula is out1mf4) (1)
- 5) If (kepekatan is cukup_baik) and (kadar gula is cukup_baik) then (kualitasgula is out1mf5) (1)
- 6) If (kepekatan is cukup_baik) and (kadar gula is baik) then (kualitasgula is out1mf6) (1)
- 7) If (kepekatan is baik) and (kadar gula is buruk) then (kualitasgula is out1mf7) (1)
- 8) If (kepekatan is baik) and (kadar gula is buruk) then (kualitasgula is out1mf8) (1)

9) If (kepekatan is baik) and (kadar gula is baik) then (kualitasgula is out1mf9) (1)

4.4.6 Training ANFIS

Pada tahapan pelatihan FIS, metode optimasi parameter keanggotaan yang disediakan oleh ANFIS ada 2 yaitu *backpropagation* dan *Hybrid*. Pada penelitian kali ini adalah menggunakan metode optimasi *Hybrid*. Pada tahap ini proses training FIS yang akan digunakan adalah dengan *hybrid*. Sebelumnya ditentukan terlebih dahulu *error tolerance* yang mana berelasi dengan *error size*. Maka ANFIS akan berhenti melatih FIS setelah training data error memasuki *error tolerance* yang digunakan. Dalam hal ini untuk menghindari subjektivitas peneliti untuk menentukan error terbaik, maka digunakan harga *default* error yaitu 0 dan jumlah iterasi atau *epoch* yang diinginkan sebesar 60. Pada jumlah iterasi tersebut menunjukkan bahwa jumlah iterasi maksimum yang boleh dilakukan selama proses *training*. Iterasi akan berhenti apabila nilai iterasi melebihi jumlah maksimum iterasi yang telah ditentukan. Proses training akan berhasil jika *error* yang terjadi memenuhi batas error yang telah ditentukan. Pada tugas akhir ini nilai *error* sebesar 0 dengan jumlah iterasi 60. Berikut ini Gambar 4.8 merupakan proses training pada anfis.



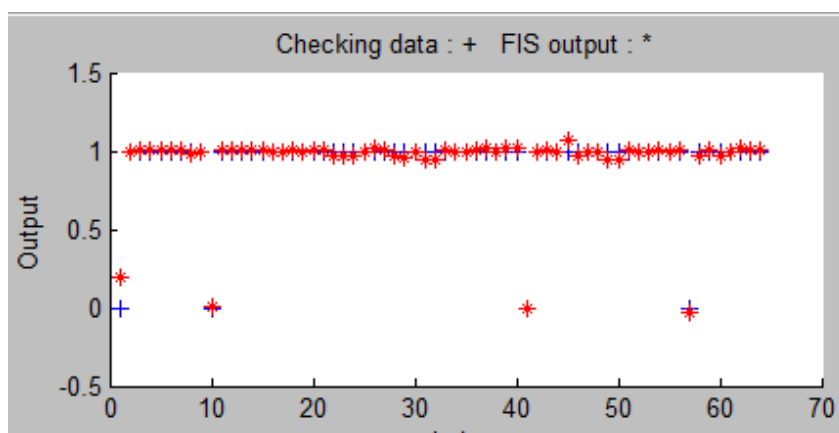
Gambar 4.8 Training Error ANFIS

Sumber : Dewanti (2016)

Gambar 4.8 memperlihatkan bahwa grafik training errornya semakin menurun seiring dengan bertambahnya jumlah iterasi begitu pula dengan *checking* errornya terus menurun sampai pada epoch 60. Mencapai titik error tetap pada angka 0.0090452. Dengan hal tersebut dapat dilihat bahwa titik terendah pada

4.4.7 Checking ANFIS

Checking ANFIS merupakan pengujian pasca training ANFIS yang dilakukan untuk mengetahui *performance* ANFIS yang telah dilatih dengan data awal. Proses checking ANFIS ini dapat dilakukan dengan melakukan plotting data training dan data checking yang telah dilatih sebelumnya. Kemudian pada kolom Test FIS pada Anfis Editor klik Test Now dengan sebelumnya memilih checking data. Proses checking pada ANFIS disajikan pada Gambar 4.9 berikut ini:

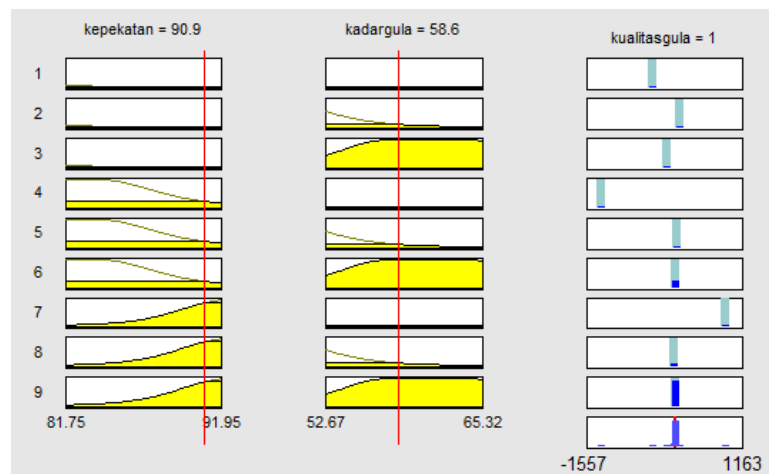


Gambar 4.9 Hasil Pengujian Checking Data
Sumber : Dewanti (2016)

Pada Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa hasil plotting data checking data (+) dan ANFIS Output (*) terdapat beberapa nilai yang berhimpitan dan beberapa nilai yang tidak berhimpitan. Hal tersebut berarti ANFIS yang di training telah dapat memetakan masukan terhadap keluaran dengan baik.

4.4.8 ANFIS Output

Dengan melakukan checking pada jaringan yang telah di training sebelumnya maka dapat mengetahui hasil *output* pemeriksaan kualitas bahan baku yang dihasilkan model dengan hasil *output* pemeriksaan kualitas bahan baku yang sebenarnya. Berikut ini merupakan hasil dari anfis untuk kualitas bahan baku. Dengan menggunakan nilai *threshold* untuk mengidentifikasi *outputnya*. yaitu jika $\text{output} \geq 0.5$ maka akan bernilai 1 yang berarti kualitas baik dan apabila < 0.5 akan bernilai 0 yang berarti kualitas buruk



Gambar 4.10 Output ANFIS

Sumber : Dewanti (2016)

Gambar 4.13 merupakan *output* ANFIS dengan nilai input untuk variabel kepekatan adalah 89.6 dan untuk kadar gula adalah sebesar 56.9 maka didapatkan hasil yaitu sebesar 1 dimana sesuai dengan ketentuan batas *threshold* maka berarti bernilai 1 karena $1 \geq 0.5$.

Tabel 4.3 merupakan rekapitulasi data dan hasil pemeriksaan kualitas bahan baku yang dilakukan dengan menggunakan ANFIS.

Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Kualitas Bahan Baku Dengan ANFIS

No	Kepekatan (Brix)	Kadar Gula (%)	Kualitas Hasil Perhitungan ANFIS
1	83.51	54.32	0.198
2	91.05	58.93	1
3	91.01	60.01	1
4	88.55	55.9	1
5	89.21	56.21	1
6	89.11	60.12	1
7	87.91	56.38	1.01
8	88.25	60.29	0.987
9	87.88	60.55	0.988
10	82.84	53.46	0.00877
11	89.44	58.49	1
12	89.3	55.29	1.01
13	86.99	57.99	1.01
14	86.19	58.69	1.01
15	85.95	58.4	1.01
16	88.06	58.17	0.994

No	Kepekatan (Brix)	Kadar Gula (%)	Kualitas Hasil Perhitungan ANFIS
17	88.04	55.4	1
18	87.75	56	1.01
19	88.71	56.57	0.999
20	90.23	58.94	1.01
21	91.02	55.24	1
22	91.67	57.63	0.965
23	91.78	60.03	0.967
24	91.6	55.66	0.972
25	90.79	61.06	0.999
26	90.16	55.18	1.01
27	91.95	65.32	1
28	91.71	58.59	0.971
29	91.74	57.03	0.958
30	86.88	55.54	0.992
31	85.66	56.71	0.949
32	85.66	56.71	0.949
33	85.95	58.4	1.01
34	85.05	58.17	0.994
35	87.03	55.4	0.992
36	87.75	56	1.01
37	87.61	56.57	1.01
38	91.33	58.94	0.99
39	90	55.24	1.01
40	86.67	57.63	1.01
41	81.77	54.41	0.299
42	91.09	60.04	0.998
43	89.79	61.06	1.01
44	88.16	55.18	1.01
45	90.95	65.32	1.06
46	91.71	58.59	0.971
47	90.74	57.03	0.995
48	86.88	55.54	0.992
49	85.66	56.71	0.949
50	85.66	56.71	0.949
51	85.95	58.4	1.01
52	88.06	58.17	0.994
53	88.04	55.4	1
54	87.75	56	1
55	88.71	56.57	0.999
56	90.23	58.94	1.01
57	82.78	54.47	0.0375
58	91.67	57.63	0.965
59	89.88	60.01	1.01
60	91.6	55.66	0.972

No	Kepekatan (Brix)	Kadar Gula (%)	Kualitas Hasil Perhitungan ANFIS
61	90.79	61.06	0.999
62	90.16	55.18	1.01
63	91.95	65.32	1.01
64	90.91	58.59	1

Berdasarkan hasil perhitungan hasil pemeriksaan kualitas bahan baku menggunakan ANFIS, jika *output* bernilai ≥ 0.500 maka akan berarti 1 atau kualitas baik dan apabila hasil *output* bernilai < 0.500 akan berarti 0 atau kualitas buruk. Tabel 4.4 menunjukkan hasil pemeriksaan kualitas bahan baku yang dilakukan oleh pabrik spiritus madukismo dengan kualitas bahan baku dengan menggunakan metode ANFIS. Setelah di definisikan sesuai dengan *threshold* yang ditentukan maka

Tabel 4.4 Rekapitulasi Output ANFIS dan PS.Madukismo

No	Kepekatan (Brix)	Kadar Gula (%)	PS.Madukismo	ANFIS
1	83.51	54.32	0	0
2	91.05	58.93	1	1
3	91.01	60.01	1	1
4	88.55	55.9	1	1
5	89.21	56.21	1	1
6	89.11	60.12	1	1
7	87.91	56.38	1	1
8	88.25	60.29	1	1
9	87.88	60.55	1	1
10	82.84	53.46	0	0
11	89.44	58.49	1	1
12	89.3	55.29	1	1
13	86.99	57.99	1	1
14	86.19	58.69	1	1
15	85.95	58.4	1	1
16	88.06	58.17	1	1
17	88.04	55.4	1	1
18	87.75	56	1	1
19	88.71	56.57	1	1
20	90.23	58.94	1	1
21	91.02	55.24	1	1
22	91.67	57.63	1	1
23	91.78	60.03	1	1
24	91.6	55.66	1	1
25	90.79	61.06	1	1
26	90.16	55.18	1	1
27	91.95	65.32	1	1

No	Kepekatan (Brix)	Kadar Gula (%)	PS.Madukismo	ANFIS
28	91.71	58.59	1	1
29	91.74	57.03	1	1
30	86.88	55.54	1	1
31	85.66	56.71	1	1
32	85.66	56.71	1	1
33	85.95	58.4	1	1
34	85.05	58.17	1	1
35	87.03	55.4	1	1
36	87.75	56	1	1
37	87.61	56.57	1	1
38	91.33	58.94	1	1
39	90	55.24	1	1
40	86.67	57.63	1	1
41	81.77	55.41	0	0
42	91.09	60.04	1	1
43	89.79	61.06	1	1
44	88.16	55.18	1	1
45	90.95	65.32	1	1
46	91.71	58.59	1	1
47	90.74	57.03	1	1
48	86.88	55.54	1	1
49	85.66	56.71	1	1
50	85.66	56.71	1	1
51	85.95	58.4	1	1
52	88.06	58.17	1	1
53	88.04	55.4	1	1
54	87.75	56	1	1
55	88.71	56.57	1	1
56	90.23	58.94	1	1
57	82.78	54.47	0	0
58	91.67	57.63	1	1
59	89.88	60.01	1	1
60	91.6	55.66	1	1
61	90.79	61.06	1	1
62	90.16	55.18	1	1
63	91.95	65.32	1	1
64	90.91	58.59	1	1

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan metode ANFIS didapatkan bahwa hasil prediksi dari ANFIS untuk prediksi nilai dari kualitas bahan baku spiritus sama dengan hasil pemeriksaan kualitas bahan baku yang telah dilakukan oleh Pabrik Spiritus

Madukismo Sehingga, diketahui bahwa error rate untuk model prediksi adalah sebesar 0.00% dimana berarti tidak terdapat perbedaan untuk hasil penilaian kualitas bahan baku, sehingga dengan *error rate* 0.00% maka *accuracy* nya sebesar 100%.

4.4.9 Perbandingan Model Prediksi PS.Madukismo dengan Standar Industri SNI

Selanjutnya, peneliti melakukan perbandingan hasil model prediksi pemeriksaan kualitas bahan baku Pabrik Spiritus Madukismo dengan parameter variabel kepekatan dan kadar gula yang ditentukan oleh pabrik dan parameter yang sesuai dengan standar industri. Berikut ini hasil perbandingan pemeriksaan kualitas bahan baku Pabrik Spiritus madukismo dan hasil pemeriksaan berdasarkan standar industri. Dimana kategori kadar gula sebagai berikut :

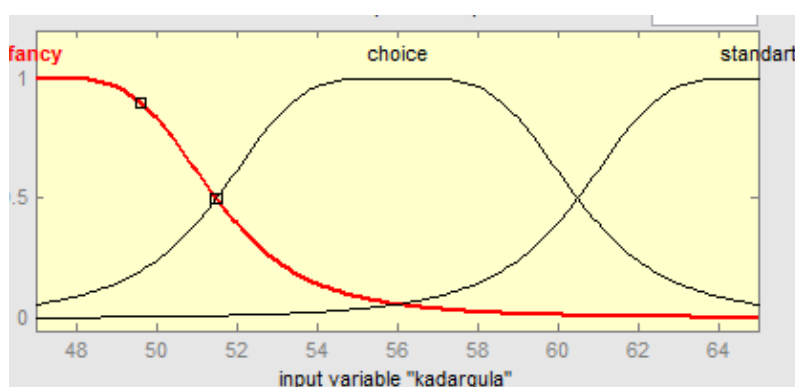
Mutu A (*Fancy*) : min 60

Mutu B (*Choice*) : min 52

Mutu C (*Standard*) : min 47

1. *Membership Function*

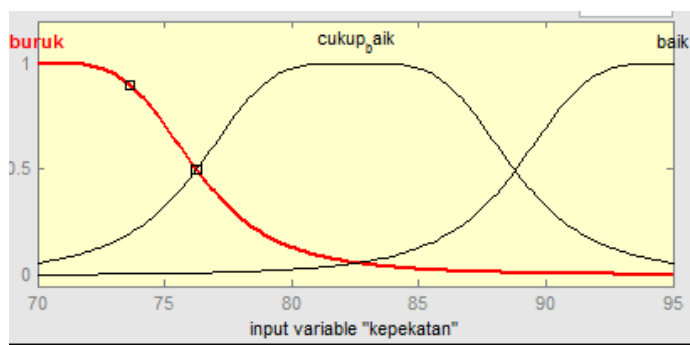
Sebelum di lakukan pengolahan data, parameter yang ada perlu dilakukan proses diskritisasi terlebih dahulu untuk menginputkan membership function pada ANFIS berikut ini :



Gambar 4.11 *Membership Function* Kadar Gula

Sumber : Dewanti (2016)

Dalam gambar 4.11 untuk kadar gula dalam tetes tebu dengan kategori standar adalah data yang memiliki nilai 47-51, sedangkan tetes tebu dikatakan kategori choice jika terletak pada kisaran 52-59, dan tetes tebu dikatakan fancy jika data terletak pada 60-65.



Gambar 4.12 **Membership Function Kepekatan**
Sumber : Dewanti (2016)

Dalam gambar 4.12 untuk kepekatan gula dengan kategori buruk adalah data yang memiliki nilai 70 hingga 80 brix, sedangkan tetes tebu dikatakan sedang atau cukup baik jika kepekatan terletak pada kisaran 81 hingga 87,5 brix, dan tetes tebu dikatakan baik jika kepekatan yang dimiliki sebesar 87,6 hingga 95 brix.

.

2. Rule Evaluation Pemeriksaan Kualitas Bahan Baku Spiritus

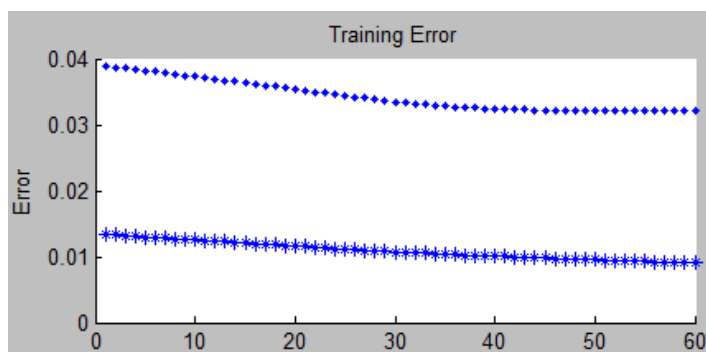
Setelah melakukan tahap *fuzzifikasi* maka selanjutnya adalah *rule evaluation*. Tahapan ini digunakan aturan IF THEN dengan penghubung AND. Dimana untuk atribut kepekatan memiliki 3 *fuzzy value* dan atribut kadar gula juga memiliki 3 *fuzzy value* maka *rule evaluation* akan mengikuti aturan 3 x 3 rule. Sehingga terdapat 9 rule seperti berikut ini :

- 1) If (kepekatan is buruk) and (kadar gula is buruk) then (kualitasgula is out1mf1) (1)
- 2) If (kepekatan is buruk) and (kadar gula is cukupbaik) then (kualitasgula is out1mf2) (1)
- 3) If (kepekatan is buruk) and (kadar gula is baik) then (kualitasgula is out1mf3) (1)
- 4) If (kepekatan is cukup_baik) and (kadar gula is buruk) then (kualitasgula is out1mf4) (1)

- 5) If (kepekatan is cukup_baik) and (kadar gula is cukup_baik) then (kualitasgula is out1mf5) (1)
- 6) If (kepekatan is cukup_baik) and (kadar gula is baik) then (kualitasgula is out1mf6) (1)
- 7) If (kepekatan is baik) and (kadar gula is buruk) then (kualitasgula is out1mf7) (1)
- 8) If (kepekatan is baik) and (kadar gula is buruk) then (kualitasgula is out1mf8) (1)
- 9) If (kepekatan is baik) and (kadar gula is baik) then (kualitasgula is out1mf9) (1)

4.4.6 Training ANFIS

Pada tahapan pelatihan FIS, metode optimasi parameter keanggotaan yang disediakan oleh ANFIS ada 2 yaitu *backpropagation* dan *Hybrid*. Pada penelitian kali ini adalah menggunakan metode optimasi *Hybrid*. Pada tahap ini proses training FIS yang akan digunakan adalah dengan *hybrid*. Sebelumnya ditentukan terlebih dahulu *error tolerance* yang mana berelasi dengan *error size*. Maka ANFIS akan berhenti melatih FIS setelah training data error memasuki *error tolerance* yang digunakan. Dalam hal ini untuk menghindari subjektivitas peneliti untuk menentukan error terbaik, maka digunakan harga *default* error yaitu 0 dan jumlah iterasi atau *epoch* yang diinginkan sebesar 60. Pada jumlah iterasi tersebut menunjukkan bahwa jumlah iterasi maksimum yang boleh dilakukan selama proses *training*. Iterasi akan berhenti apabila nilai iterasi melebihi jumlah maksimum iterasi yang telah ditentukan. Proses training akan berhasil jika *error* yang terjadi memenuhi batas error yang telah ditentukan. Pada tugas akhir ini nilai *error* sebesar 0 dengan jumlah iterasi 60. Berikut ini Gambar 4.8 merupakan proses training pada anfis.



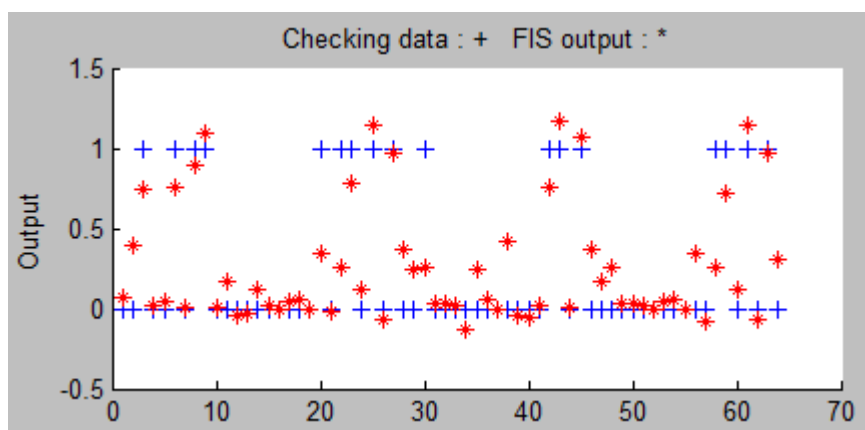
Gambar 4.13 Training Error ANFIS

Sumber : Dewanti (2016)

Gambar 4.8 memperlihatkan bahwa grafik training errornya semakin menurun seiring dengan bertambahnya jumlah iterasi begitu pula dengan *checking* errornya terus menurun sampai pada epoch 60. Mencapai titik error tetap pada angka 0.0090452. Dengan hal tersebut dapat dilihat bahwa titik terendah pada

4.4.7 Checking ANFIS

Checking ANFIS merupakan pengujian pasca training ANFIS yang dilakukan untuk mengetahui *performance* ANFIS yang telah dilatih dengan data awal. Proses checking ANFIS ini dapat dilakukan dengan melakukan plotting data training dan data checking yang telah dilatih sebelumnya. Kemudian pada kolom Test FIS pada Anfis Editor klik Test Now dengan sebelumnya memilih checking data. Proses checking pada ANFIS disajikan pada Gambar 4.14 berikut ini:



Gambar 4.14 Hasil Pengujian Checking Data

Sumber : Dewanti (2016)

Pada Gambar 4.14 dapat dilihat bahwa hasil plotting data checking data (+) dan ANFIS Output (*) terdapat beberapa nilai yang berhimpitan dan beberapa nilai yang tidak berhimpitan. Hal tersebut berarti ANFIS yang di training telah dapat memetakan masukan terhadap keluaran dengan baik.

Berikut ini merupakan output dari ANFIS dengan menggunakan parameter standar industri sesuai dengan SNI :

Tabel 4.5 *Output* ANFIS Standar Industri

No	Kepekatan (Brix)	Kadar Gula (%)	Kualitas Hasil Perhitungan ANFIS
1	83.51	54.32	0.069
2	91.05	58.93	0.398
3	91.01	60.01	0.744
4	88.55	55.9	0.0137
5	89.21	56.21	0.0376
6	89.11	60.12	0.76
7	87.91	56.38	0.209
8	88.25	60.29	0.806
9	87.88	60.55	1.09
10	82.84	53.46	0.006
11	89.44	58.49	0.171
12	89.3	55.29	0.013
13	86.99	57.99	0.0314
14	86.19	58.69	0.389
15	85.95	58.4	0.0175
16	88.06	58.17	0.003
17	88.04	55.4	0.0437
18	87.75	56	0.053
19	88.71	56.57	0.012
20	90.23	58.94	0.548
21	91.02	55.24	0.02
22	91.67	57.63	0.522
23	91.78	60.03	0.997
24	91.6	55.66	0.122
25	90.79	61.06	1.33
26	90.16	55.18	0.063
27	91.95	65.32	1.07
28	91.71	58.59	0.368
29	91.74	57.03	0.243
30	86.88	55.54	0.561
31	85.66	56.71	0.0293
32	85.66	56.71	0.0293
33	85.95	58.4	0.058
34	85.05	58.17	0.033
35	87.03	55.4	0.0186
36	87.75	56	0.0905
37	87.61	56.57	0.00437
38	91.33	58.94	0.418
39	90	55.24	0.216
40	86.67	57.63	0.0006
41	81.77	54.41	0.0228
42	91.09	60.04	0.743
43	89.79	61.06	1.17

No	Kepekatan (Brix)	Kadar Gula (%)	Kualitas Hasil Perhitungan ANFIS
44	88.16	55.18	0.013
45	90.95	65.32	1.07
46	91.71	58.59	0.368
47	90.74	57.03	0.163
48	86.88	55.54	0.309
49	85.66	56.71	0.236
50	85.66	56.71	0.236
51	85.95	58.4	0.08
52	88.06	58.17	0.139
53	88.04	55.4	0.196
54	87.75	56	0.221
55	88.71	56.57	0.075
56	90.23	58.94	0.112
57	82.78	54.47	0.305
58	91.67	57.63	0.93
59	89.88	60.01	1.72
60	91.6	55.66	0.043
61	90.79	61.06	1.38
62	90.16	55.18	0.172
63	91.95	65.32	1.21
64	90.91	58.59	0.228

Berdasarkan pengolahan data menggunakan ANFIS dengan *software* MATLAB dilakukan pendefinisian *output* dengan *threshold*, yaitu apabila hasil prediksi bernilai ≥ 0.500 maka akan berarti 1 atau kualitas baik atau sesuai dengan standar industri dan apabila hasil *output* bernilai < 0.500 akan berarti 0 yaitu kualitas buruk atau tidak sesuai dengan standar industri. Setelah di definisikan kemudian dibandingkan dengan *output* sesuai dengan standar pabrik PS.Madukismo, berikut ini hasil rekapitulasi :

Tabel 4.6 Rekapitulasi Perbandingan *Output*

No	Kepekatan (Brix)	Kadar Gula (%)	PS.Madukismo	Standar Industri
1	83.51	54.32	0	0
2	91.05	58.93	1	0
3	91.01	60.01	1	1
4	88.55	55.9	1	0
5	89.21	56.21	1	0
6	89.11	60.12	1	1
7	87.91	56.38	1	0

No	Kepekatan (Brix)	Kadar Gula (%)	PS.Madukismo	Standar Industri
8	88.25	60.29	1	1
9	87.88	60.55	1	1
10	82.84	53.46	0	0
11	89.44	58.49	1	0
12	89.3	55.29	1	0
13	86.99	57.99	1	0
14	86.19	58.69	1	0
15	85.95	58.4	1	0
16	88.06	58.17	1	0
17	88.04	55.4	1	0
18	87.75	56	1	0
19	88.71	56.57	1	0
20	90.23	58.94	1	1
21	91.02	55.24	1	0
22	91.67	57.63	1	1
23	91.78	60.03	1	1
24	91.6	55.66	1	0
25	90.79	61.06	1	1
26	90.16	55.18	1	0
27	91.95	65.32	1	1
28	91.71	58.59	1	0
29	91.74	57.03	1	0
30	86.88	55.54	1	1
31	85.66	56.71	1	0
32	85.66	56.71	1	0
33	85.95	58.4	1	0
34	85.05	58.17	1	0
35	87.03	55.4	1	0
36	87.75	56	1	0
37	87.61	56.57	1	0
38	91.33	58.94	1	0
39	90	55.24	1	0
40	86.67	57.63	1	0
41	81.77	55.41	0	0
42	91.09	60.04	1	1
43	89.79	61.06	1	1
44	88.16	55.18	1	0
45	90.95	65.32	1	1
46	91.71	58.59	1	0
47	90.74	57.03	1	0
48	86.88	55.54	1	0
49	85.66	56.71	1	0
50	85.66	56.71	1	0

No	Kepekatan (Brix)	Kadar Gula (%)	PS.Madukismo	Standar Industri
51	85.95	58.4	1	0
52	88.06	58.17	1	0
53	88.04	55.4	1	0
54	87.75	56	1	0
55	88.71	56.57	1	0
56	90.23	58.94	1	0
57	82.78	54.47	0	0
58	91.67	57.63	1	1
59	89.88	60.01	1	1
60	91.6	55.66	1	0
61	90.79	61.06	1	1
62	90.16	55.18	1	0
63	91.95	65.32	1	1
64	90.91	58.59	1	0

Berdasarkan hasil yang didapatkan dengan menggunakan parameter yang sesuai untuk standar industri dengan mutu A (*Fancy*) , didapatkan 67% data checking menunjukkan hasil dengan nilai 0, hal tersebut bahwa dari 64 data yang diuji untuk pemeriksaan kualitas bahan baku pada pabrik Madukismo 34 data yang bernilai 1 pada data di PS.Madukismo setelah dilakukan prediksi dengan menggunakan parameter sesuai dengan standar industri hasilnya bernilai 0. Dengan besarnya presentase ketidak sesuaian hasil PS.Madukismo dengan hasil yang sesuai dengan standar industri, sehingga PS.Madukismo perlu meningkatkan kualitas bahan baku pembuatan spiritus agar tidak hanya sesuai dengan parameter pabrik namun sesuai dengan parameter standar industri. Dengan menggunakan parameter penilaian sesuai dengan standar industri yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)*

Pembangunan sebuah model prediksi pemeriksaan kualitas bahan baku di PS.Madukismo menggunakan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* dengan software MATLAB. Dalam penelitian ini penerapan metode ANFIS memiliki keunggulan, keuntungan namun disisi lain terdapat kelemahan dalam waktu yang bersamaan.

ANFIS menjadi metode yang digunakan dalam pembangunan model prediksi dikarenakan metode ini merupakan sistem pengambilan keputusan fuzzy (*fuzzy inference system*) dan mesin pembelajaran, jaringan saraf tiruan (*neural network*) yang menggunakan jaringan syaraf tiruan untuk mengimplementasikan sistem inferensi fuzzy. Keunggulan sistem inferensi fuzzy adalah dapat menerjemahkan pengetahuan dari pakar dalam bentuk aturan-aturan. Dimana dalam hal ini penerapan teknik *fuzzy inference* berdasarkan *input* dan *output*. Untuk *input* adalah kepekatan dan kadar gula sedangkan untuk *output* nya merupakan hasil pemeriksaan kualitas bahan baku. Dengan menggunakan data *input* tersebut bertujuan untuk mencari *if-then rules* yang nantinya dapat memetakan data input menjadi output. Proses validasi model juga disediakan oleh metode ini, dengan melakukan pengujian FIS yang sudah dilatih sebelumnya menggunakan *checking data* maka didapatkan bahwa dengan *epoch* yang ditentukan, ditunjukkan bahwa *training* dan *checking error* terus menurun dengan nilai error yang kecil. Selain itu dalam penelitian ini ANFIS dapat menghasilkan model prediksi dengan

tingkat *accuracy* sebesar 100%. Hal tersebut menunjukkan bahwa model yang dihasilkan sudah bagus .

Selain kelebihan dan keunggulan yang dimiliki, terdapat kelemahan atau kerentanan dari ANFIS sendiri. Metode ini sangat rentan dalam penentuan batas- batas fungsi keanggotaan yang digunakan dalam pengolahan data. Batas-batas yang dimaksudkan adalah batas nilai tinggi, sedang, rendah yang digunakan untuk setiap kategori dalam variabel pemeriksaan kualitas bahan baku. Apabila terdapat kesalahan dalam penginputan akan mempengaruhi informasi dan *knowledge* dari hasil yang diperoleh.

Data *training* yang digunakan dalam pembuatan pembodelan harus merepresentasikan kondisi aktual sehingga *noise* yang tidak merepresenatsikan data perlu dihilangkan. Hal yang sama juga berlaku untuk data yang digunakan untuk validasi yaitu data *checking* harus cukup representatif dan tidak berbeda jauh dengan data *training*. Karena apabila hal tersebut tidak terpenuhi maka model yang dihasilkan tidak dapat menentukan prediksi untuk masa selanjutnya. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah ANFIS juga rentan terhadap ahli atau pakar dalam pemberian informasi mengenai data dan penentuan batas-batas linguistiknya.

5.2 Model Prediksi Pemeriksaan Kualitas Bahan Baku

Penelitian ini hanya dilakukan pada pemeriksaan kualitas bahan baku pembuatan spiritus di PS Madukismo. Hal tersebut berarti bahwa model yang diperoleh hanya dapat dimanfaatkan dalam hal pemeriksaan dan pengontrolan kualitas pada bahan baku pembuatan spiritus. Model prediksi yang dilakukan dengan menggunakan ANFIS digunakan untuk melakukan perbandingan hasil menggunakan standar atau parameter pabrik dengan parameter standar industri sesuai dengan SNI didapatkan 67% data *checking* menunjukkan ketidak sesuaian dengan kondisi aktual pada PS. Madukismo. Dengan hal tersebut maka PS. Madukismo perlu meningkatkan kualitas bahan baku dan menggunakan standar pemeriksaan sesuai dengan standar industri SNI.

Selain itu pada kenyataannya, pengontrolan kualitas oleh kebutuhan perusahaan tidak hanya pada kualitas bahan baku namun mencakup bagian yang lebih luas dan membutuhkan banyak variabel yang dipertimbangkan, sebagai contoh adalah variabel mengenai penilaian kualitas dari proses dan mesin-mesinnya serta kualitas produk akhir. Selain itu perlu ditambahkan untuk proses keseluruhan dengan penambahan variabel *cost* dapat di pertimbangan untuk pengontrolan kualitas keseluruhan pada PS. Maduksimo.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa model prediksi penilaian kualitas bahan baku pada PS Madukismo dilakukan dengan cara membangun model menggunakan data historis pemeriksaan kualitas bahan baku pembuatan spiritus, dimana kategori setiap atributnya ditentukan oleh *expert*. Pembangunan model dilakukan dengan metode ANFIS (*Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems*) dengan menggunakan *software* MATLAB didapatkan 9 *rules* dengan fungsi AND. Hasil dari proses *training* didapatkan nilai *error* sebesar 0.0090452 dimana grafiknya menurun dan mencapai titik *error tolerance* pada *epoch* ke 60. Setelah proses *training* maka dilakukan proses pengujian pasca *training* dengan data *checking* dimana untuk hasil *outputnya* didapatkan hasil *accuracy* untuk model sebesar 100%. Model prediksi kualitas bahan baku spiritus pada PS.Madukismo dapat digunakan untuk memprediksi kualitas bahan baku di masa yang akan datang.
2. Hasil perbandingan model prediksi pada pabrik Spiritus Madukismo berdasarkan parameter yang ditentukan oleh pabrik dengan parameter yang sesuai dengan standar industri, didapatkan bahwa .67% kualitas bahan baku spiritus di PS.Madukismo yaitu 34 data dari 64 data *checking* bernilai 0, yaitu kategori buruk atau tidak sesuai dengan standar industri SNI.

6.2 Saran

Adapun saran yang diberikan berdasarkan hasil penelitian kali ini untuk perusahaan maupun perkembangan penelitian selanjutnya.

6.2.1 Bagi Perusahaan

Bagi perusahaan agar menggunakan model prediksi untuk data baru di kemudian hari sehingga dapat langsung diketahui hasil dari kualitas bahan baku tersebut. Serta menggunakan model prediksi yang dibuat peneliti dengan parameter standar industri sesuai SNI, sehingga PS. Madukismo dapat terus meningkatkan kualitas bahan baku agar tidak hanya sesuai dengan standar pabrik namun sesuai dengan standar industri.

6.2.2 Bagi Penelitian Selanjutnya

Saran bagi penelitian selanjutnya adalah menambahkan variabel-variabel lain yang di pertimbangkan antara lain *cost* , kualitas proses hingga kualitas produk akhir. Selain itu, dapat mengembangkan metode yang digunakan, mungkin dapat dibandingkan dengan metode *genetic algorithm*, serta diharapkan melakukan penelitian di tempat yang memiliki data historis yang lengkap. Selain itu peneliti diharapkan memiliki standar industri untuk mengklasifikasikan *output* kualitas bahan baku

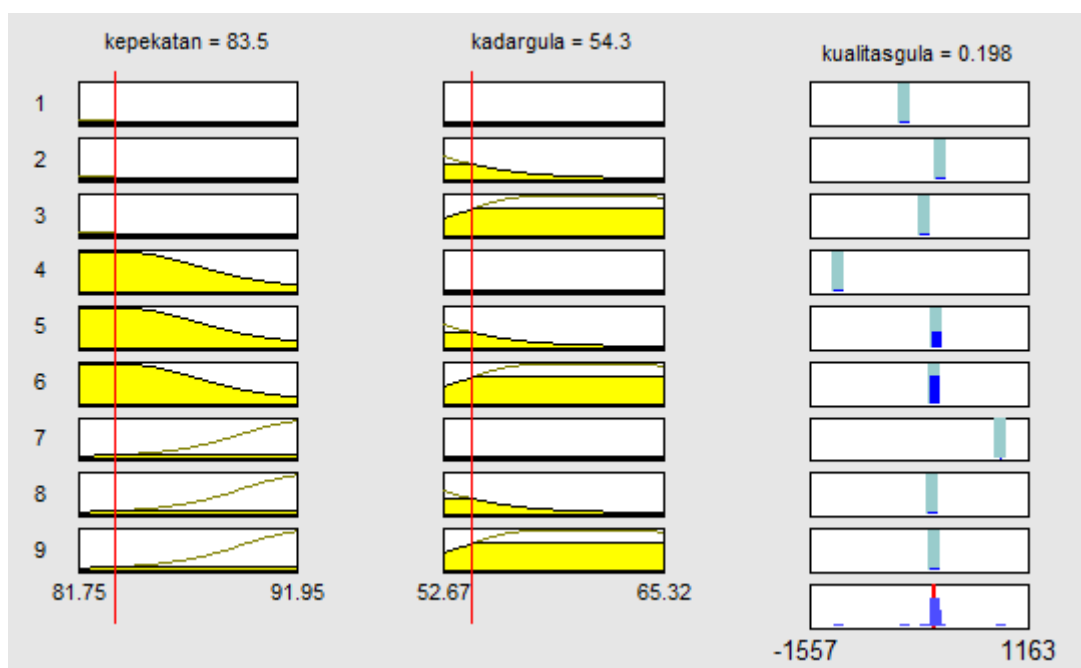
DAFTAR PUSTAKA

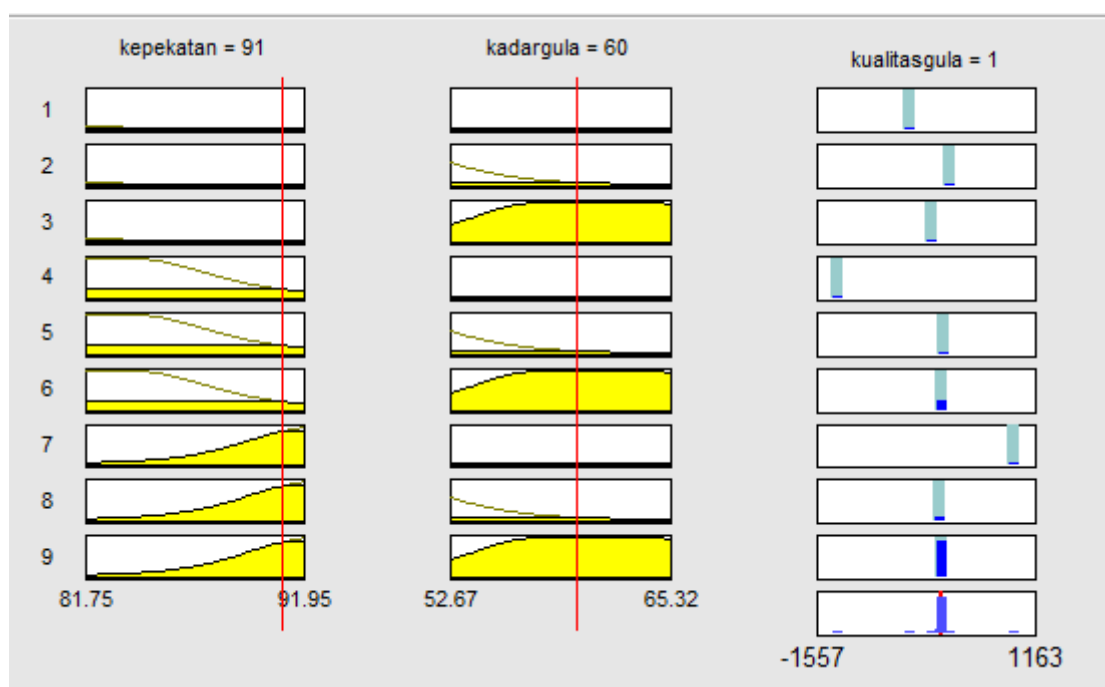
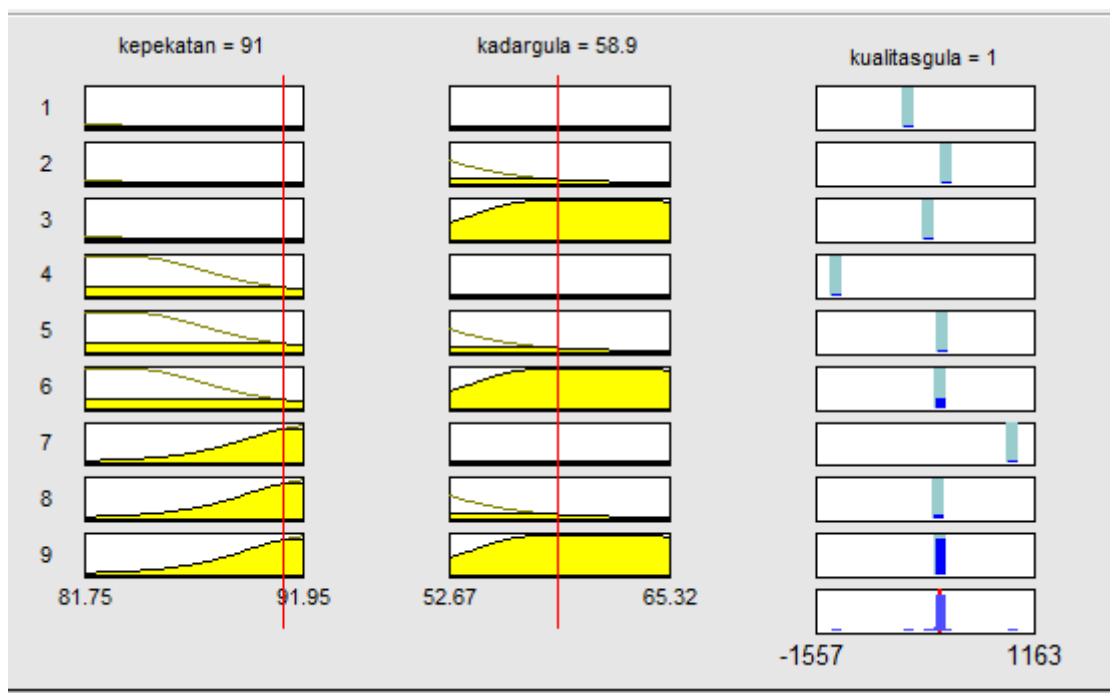
- Ageron, Blandine, Angappa, G., & Alain, S. (2012). Sustainable Supply Management: An Empirical Study. *Production Economics*: 168-182.
- Arezoo Sarkheyli, Azlan Mohd Zain & Safian Sharirf. (2015). Robust Optimization of ANFIS Based on New Modified GA. *Soft Computing Research Group*. Malaysia
- Bambang Adi W. (2011). Memprediksi Waktu Produksi Mesin Bubut Dengan Pendekatan Artificial Intelligence. UNS
- Buckley, J.J & Hayashi, Y. (1995). Neural Networks For Fuzzy Systems, *Fuzzy Sets and Systems* 71: 265-276.
- Candra Dewi & M. Muslikh. (2013). Perbandingan Akurasi Backpropagation Neural Network dan ANFIS Untuk Memprediksi Cuaca. *Journal of Scientific Modeling & Computation*, Vol.1 No.1
- Celso, Calds & Fernando, Santos. (2015). *Quality Control in the Sugar and Ethanol Industri*. 275.
- Dyllick T, Hockerts K. (2002). Beyond the business case for corporate sustainability. *Bus. Strat. Environ*, 11(2): 130–41.
- Ebru Akkaya. (2016). ANFIS Base Prediction Model For Biomass Heating Value Using Proximate Analysis Component. Turkey.
- Feigenbaum A.V. (1991). *Total Quality Control*. Mc-Graw-Hill, New York
- Gokhan Ozkan, Melih Inal. (2015). *Comparison of Neural Network Application For Fuzzy and ANFIS Approaches for Multi-Criteria Decision Making Problems*. Applied Soft Computing. Turkey
- Handfield R. B and Nichols E. L. (1999). *Introduction to Supply Chain Management*, Prentice-Hall, New Jersey: 1-183
- Humin Jiang, C.K Kwong, K.W.M Siu, Y.Liu. (1997). Rough Set And PSO-Based ANFIS Approaches To Modeling Customer Satisfaction For Affective Product Design. *Journal Of Advanced Engineering Informatics*. Hong Kong, China.
- Ibrahim Develi, Ugur Sorgucu. (2012). Prediction Of Temperature Distribution In Human BEL Exposed to 900 MHz Mobile Phone Radiation Using ANFIS. Bartin University. Turkey.
- Jang, J.S R (1993). ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System. *IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics*, 23(3): 665-685.
- Jang, J.S R, CT Sun, & E. Mizutani. (1997). *Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*. London: Prentice-Hall, Inc.
- Kusumadewi Sri dan Hartanti Sri. (2006). *Neuro-Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Kadolph, S.K. (2007). *Quality Control and Quality Assurance for Textiles & Apparel, second ed*. Fairchild Publications, New York.
- Levi, D.S, P. Kaminsky, E.S Levi. (2000). *Designing and Managing the Supply Chain Concepts, Strategic and Case Studies*, McGraw-Hill International Edition, United States

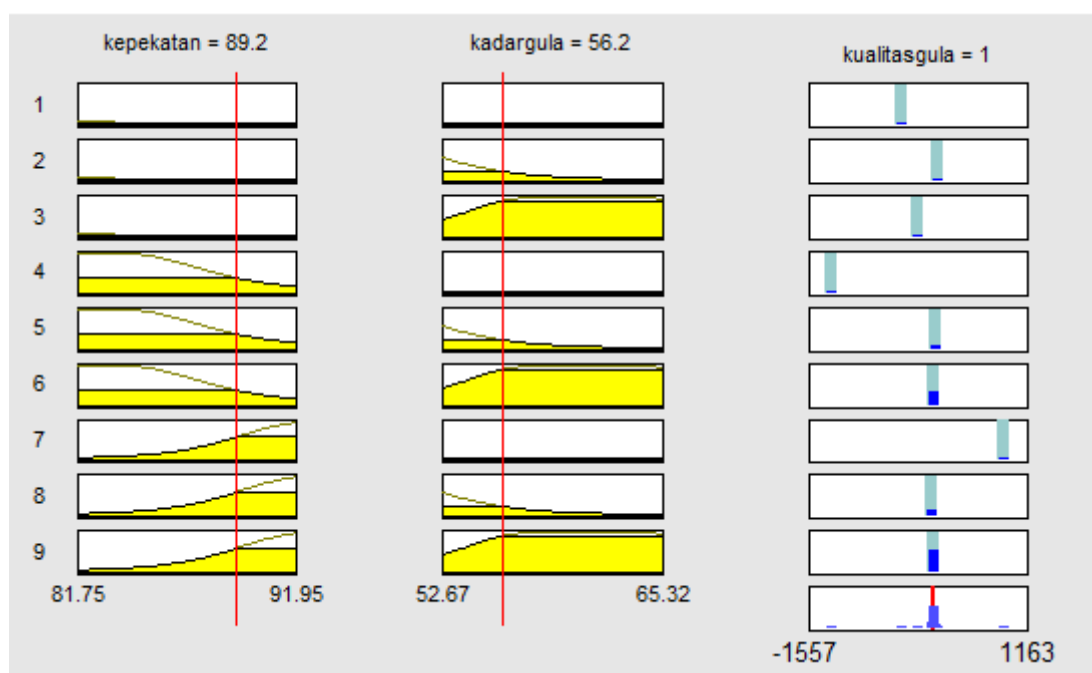
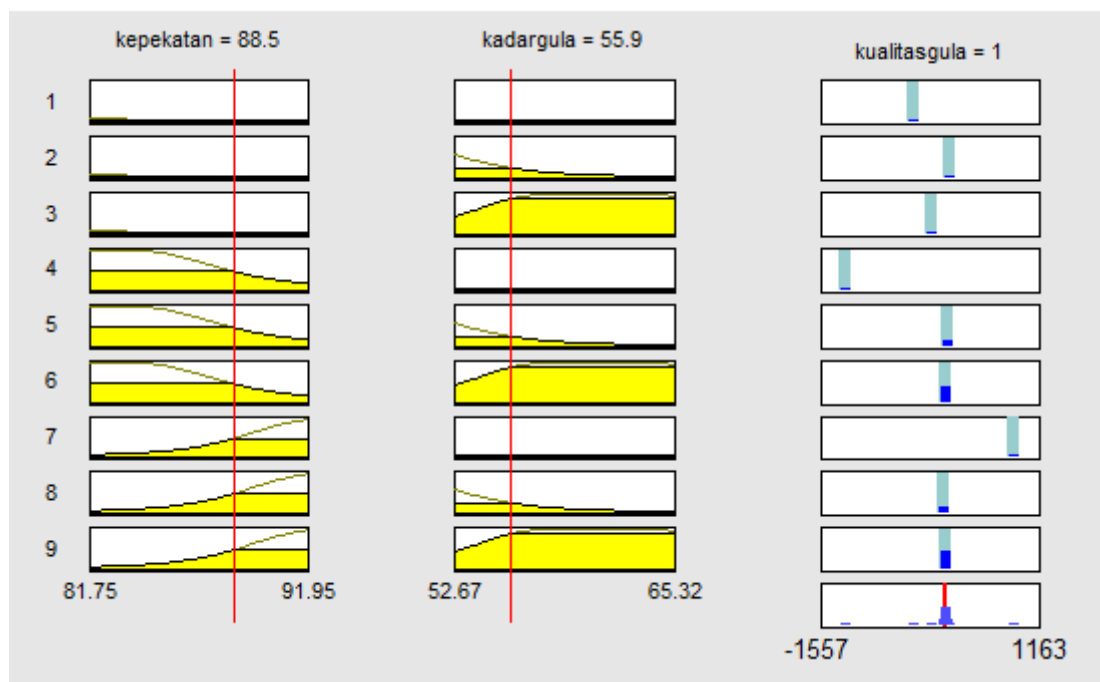
- Linton, J.D., Klassen, R., and Jayaraman, V. (2007). Sustainable supply chain: an introduction. *Journal of Operation Management* 25: 1075-1082.
- Mehrbakhsh Nilashi, Othman Bin Ibrahim, Norafida Ithnin & Nor Haniza Sarmin .(2010) A Multi-Criteria Collaborative Filtering Recommender System for the tourism domain using Expectation Maximization (EM) and PCA-ANFIS.
- Mohammad Taufan (2010). Prediksi Sisa Umur Pada Rotating Machinery Dengan Metode ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System). ITB
- Nasution, H. (2012). Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan. Pontianak. *Jurnal ELKHA* Vol.4, No 2: 4-8.,
- O. Popoola, J.Munda & A.Mpanda, A.PI .Popoola. (2015). Comparative analysis and assesment of ANFIS-Based Domestic Lighting Profile Modelling.*Energi and Buildings*. South Africa
- Pakaja, F. Naba A. & Purwanto. (2012). Peramalan Penjualan Mobil Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dan Certainty Factor. Malang. *Jurnal EECCIS* Vol. 6 , No.2: 23-28.
- Singla P., Rai, H.M, & Singla S. (2011). Local Monsoonal Precipitation Forecasting Using ANFIS Model: a Case Study for Hisar. *International Journal of Research and Reviews in Computer Science*, Vol.2 No.3.
- Sinaga, RA. (2012). Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Penentuan Konsentrasi Program Studi Bagi Calon Mahasiswa Baru STMIK Budidarma Medan. *Pelita Informatika Budi Darma*. Vol 11. ISSN : 2301-9425. 1-4.
- Sonia Thomas, G.N Pillai, Kirat Pal, Pusphak Jatpak. (2015). Prediction of Ground Motion Using Randomized ANFIS (RANFIS). Indian Institute Technology. Roorke India
- Suharto dan Devie. (2013). Analisa Pengaruh Supply Chain Management Terhadap Keunggulan Bersaing dan Kinerja Perusahaan. *Business Accounting*, 1 (2).
- Tatjana Vasileva-Stojanovska, Marina Vasileva, Toni Malinovski, Vladmir Trajkovik (2015). An ANFIS Model Of Quality Experience Prediction In Education. *Applied Soft Computing*. Republic of Macedonia.
- Thombansen U. Hermans T. Stoyanov S. (2014). *Setup and Maintenance of Manufacturing Quality in CO₂Laser Cutting*. 2ndInternational Conference on Rump-Up Management.
- Tugrul Cavdar. (2016). PSO Tuned ANFIS equalizer based on Fuzzy C-Means Clustering Algorithm.Trabzon Turkey
- Wayan, YA. Suyitno, H & Mashuri. (2012). Aplikasi Fuzzy Linear Programming Produksi Dalam Optimalisasi. *UNNES Journal of Mathematics* Vol 1. ISSN 2252-6943: 1-7.
- Yung-Ching Ho, Ching-Tzu Tsai,. (2011). Comparing ANFIS and SEM in linear and nonlinear forecasting of new product development performance. *Expert System with Applications*. Taiwan.

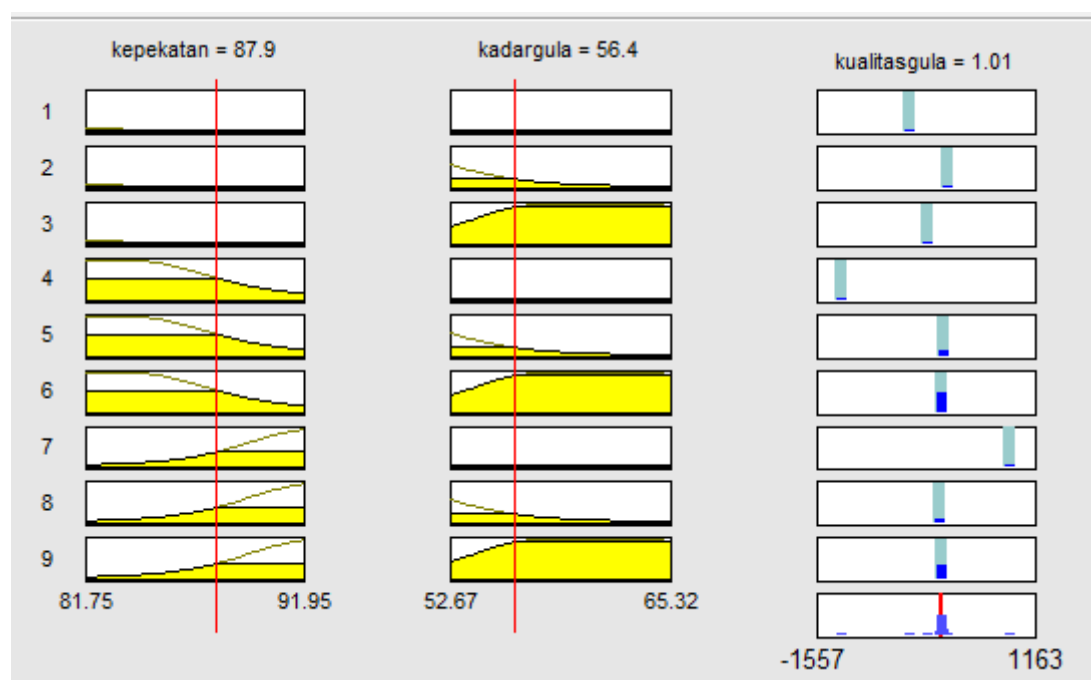
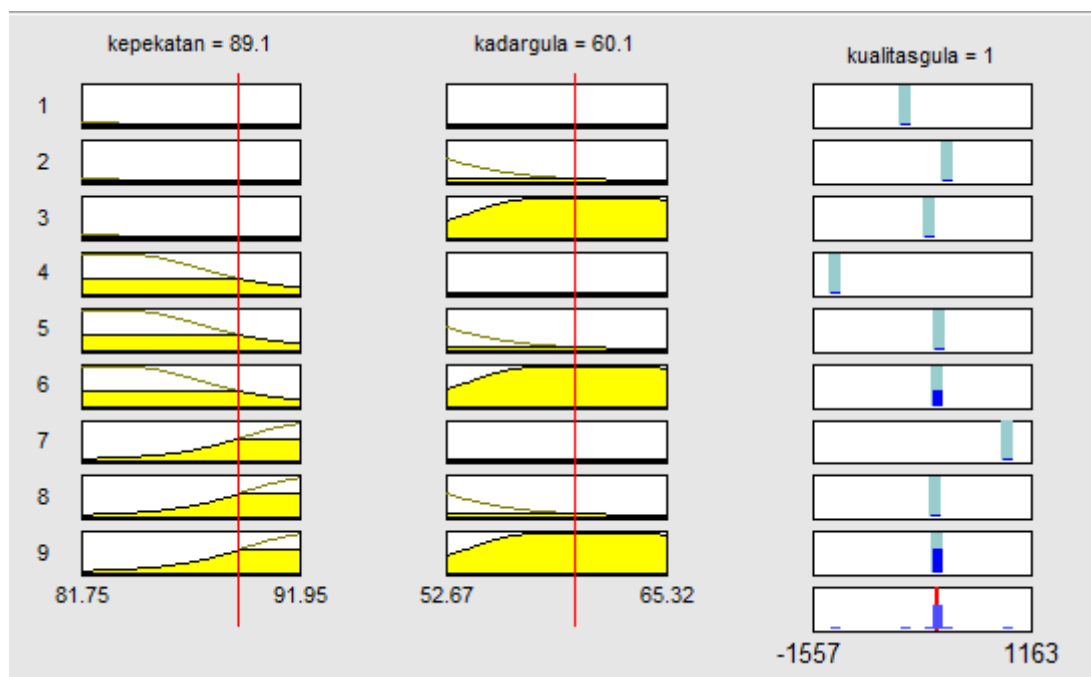
LAMPIRAN

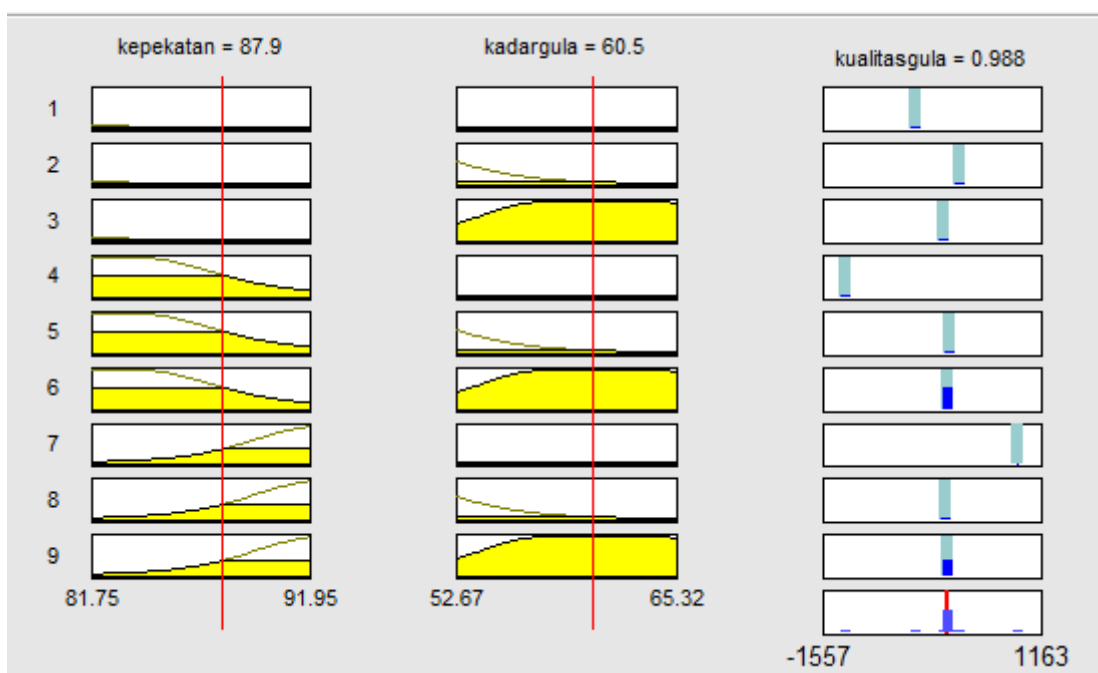
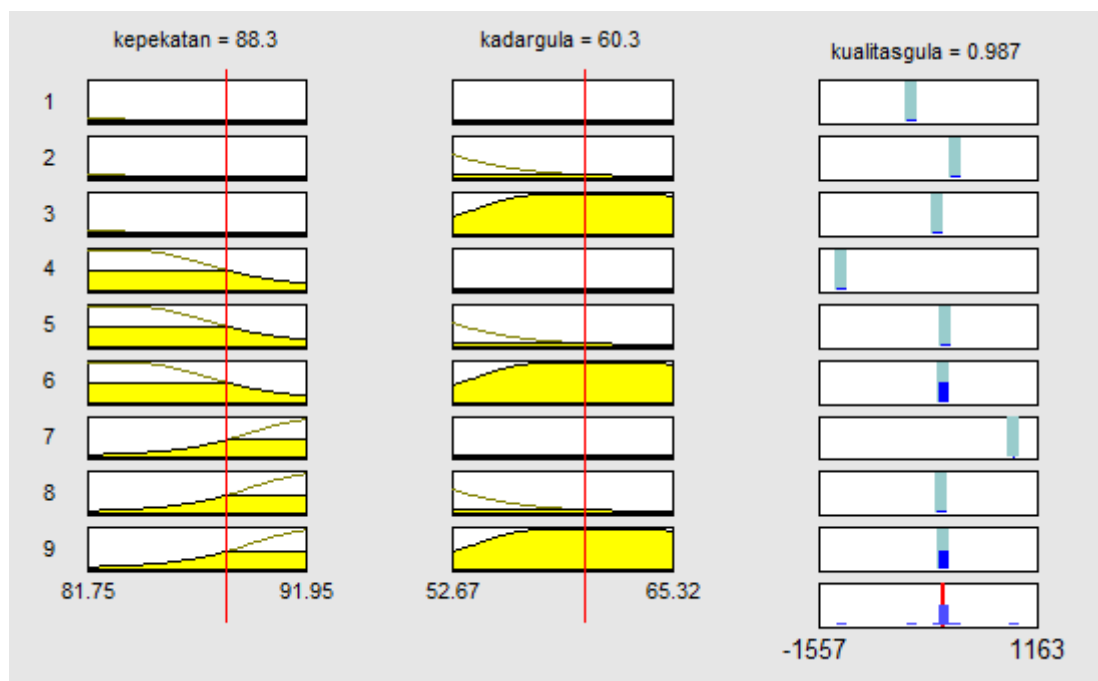
Output ANFIS

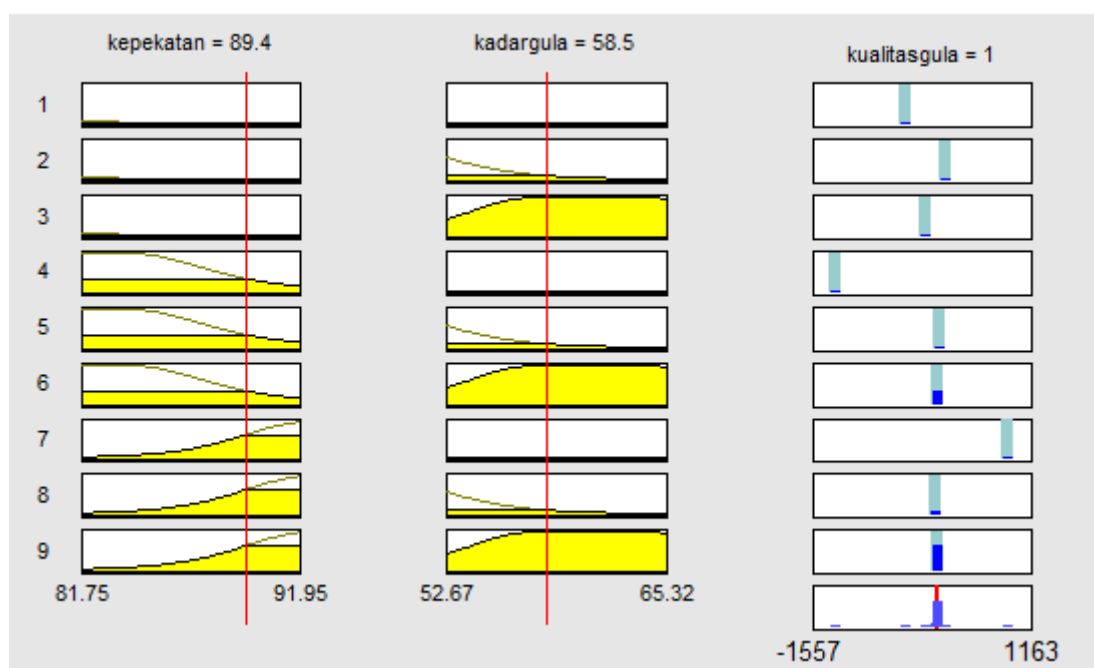
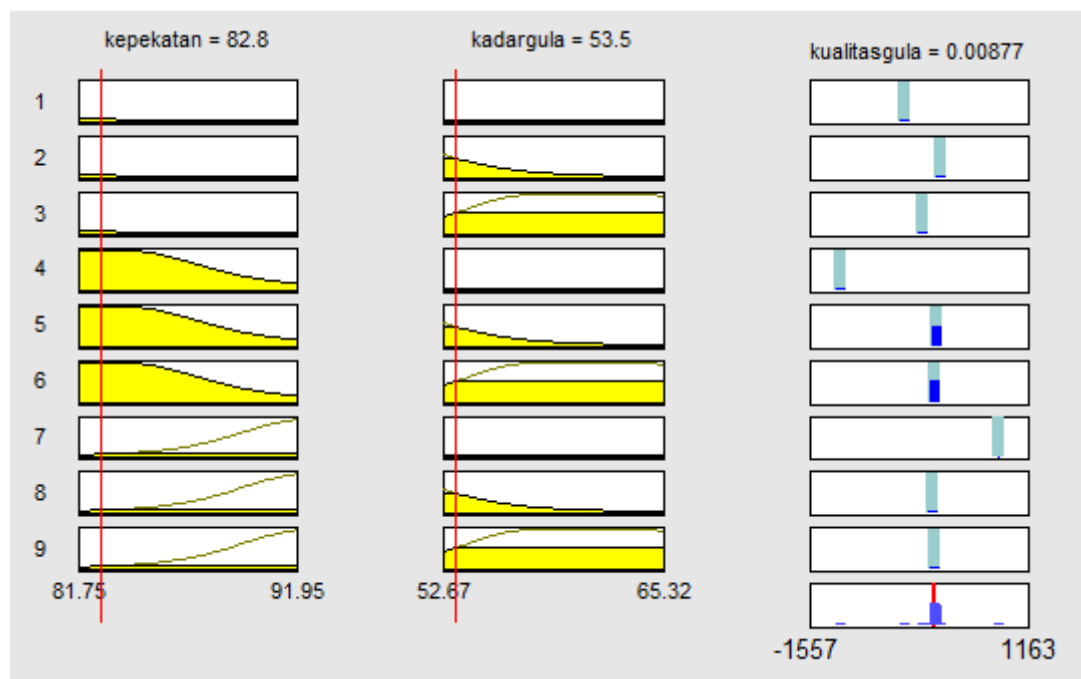


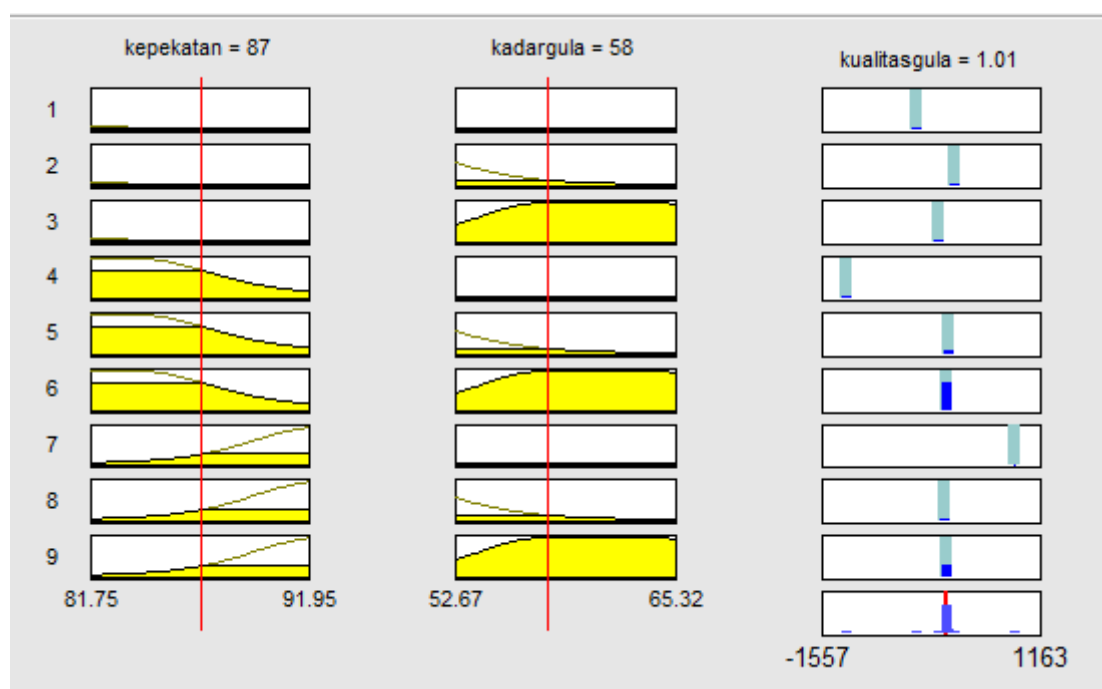
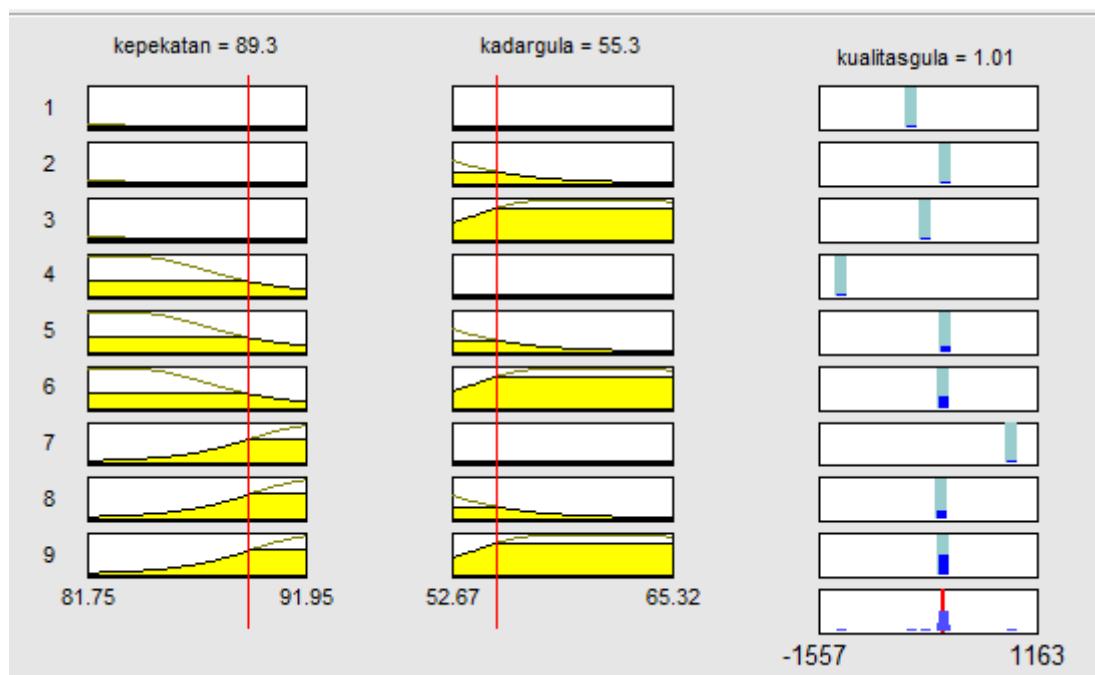


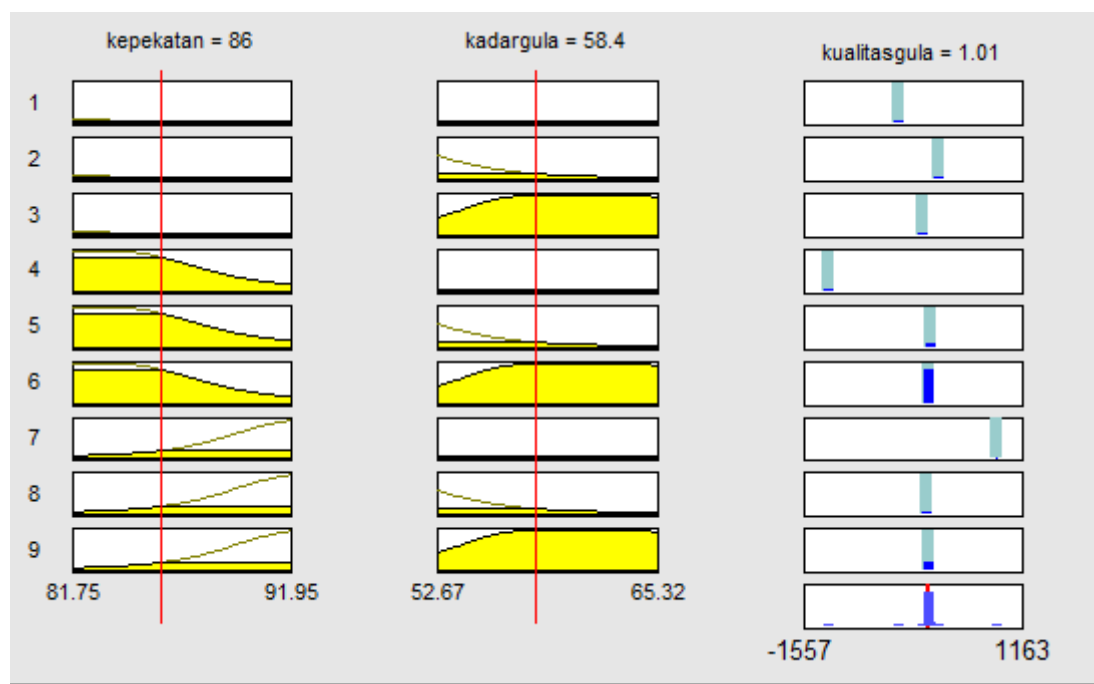
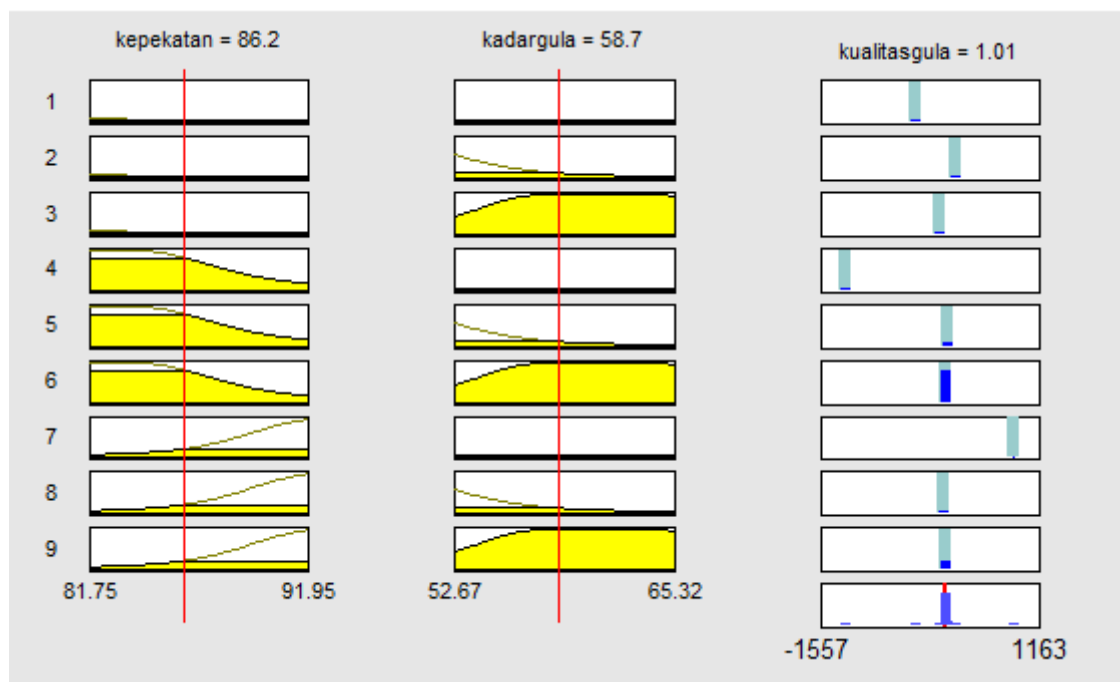


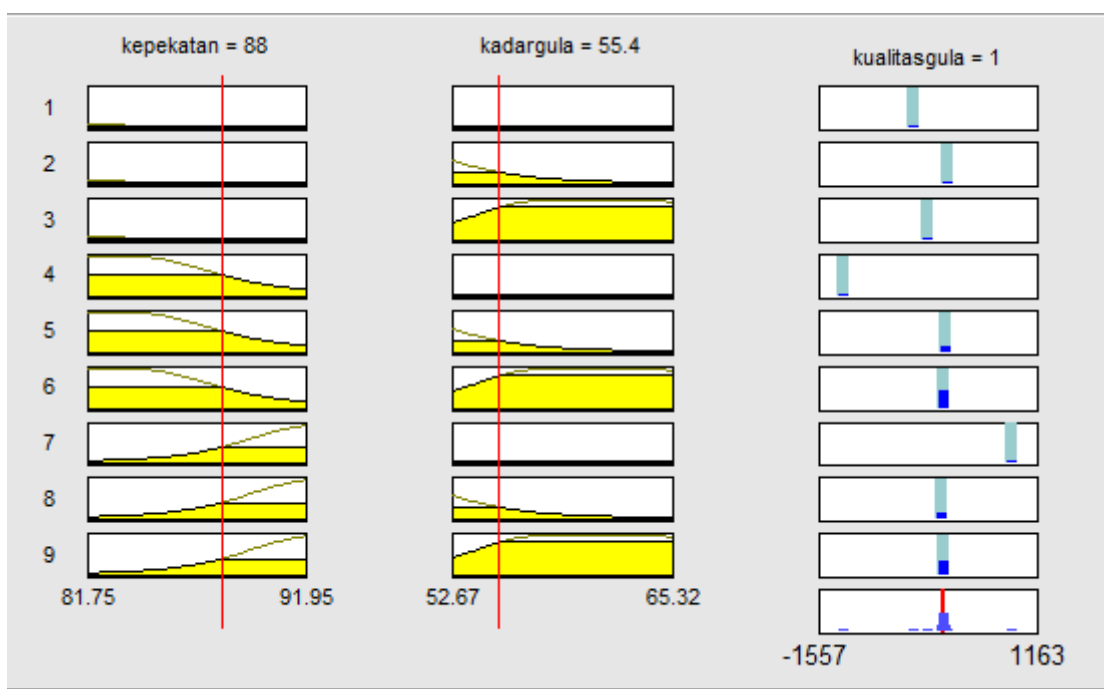
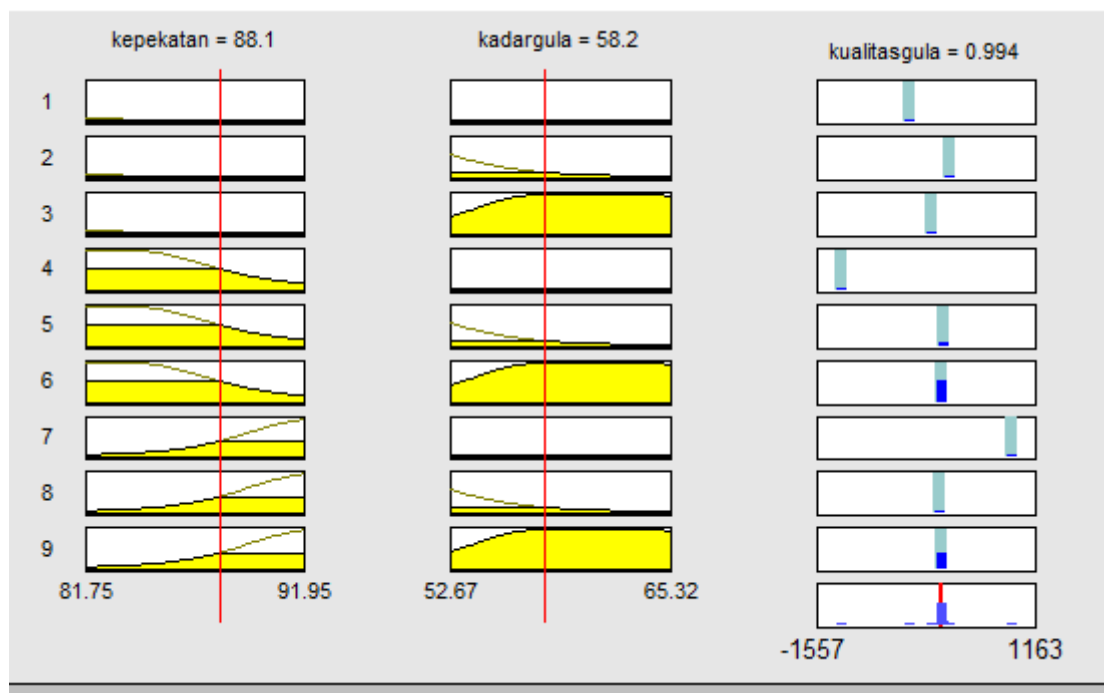


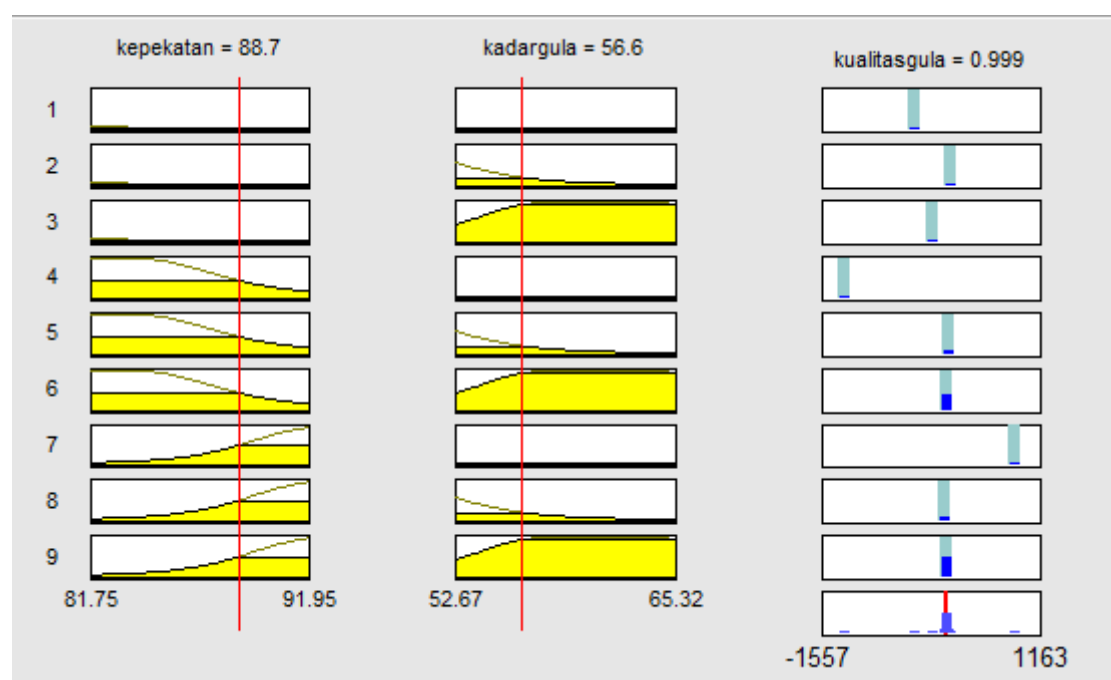
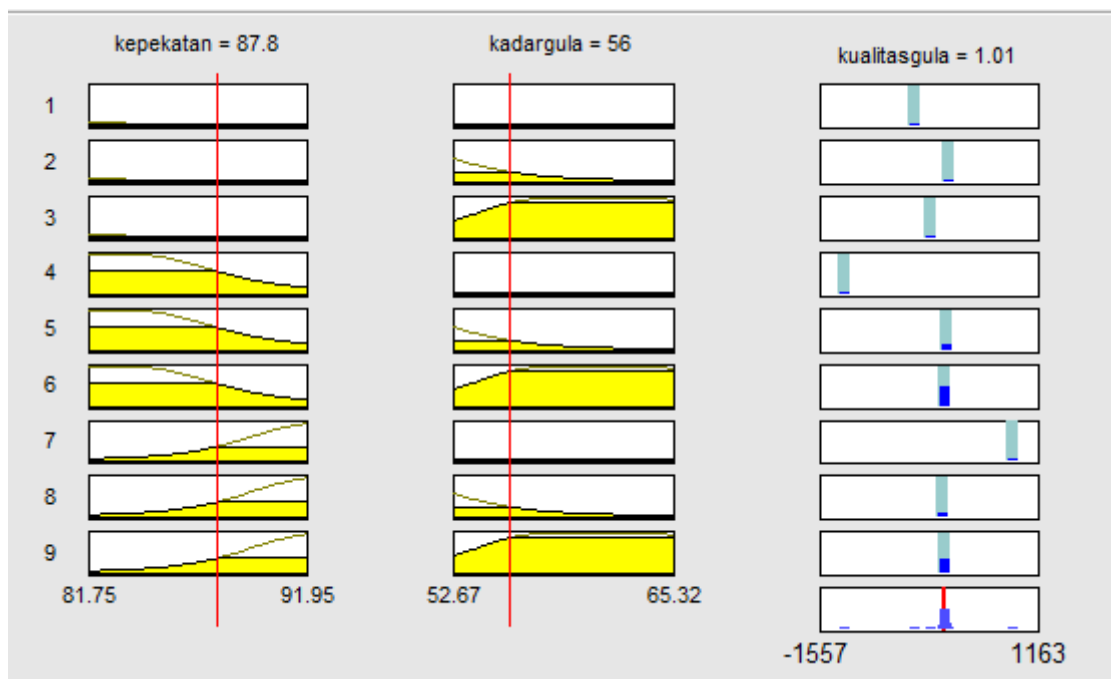


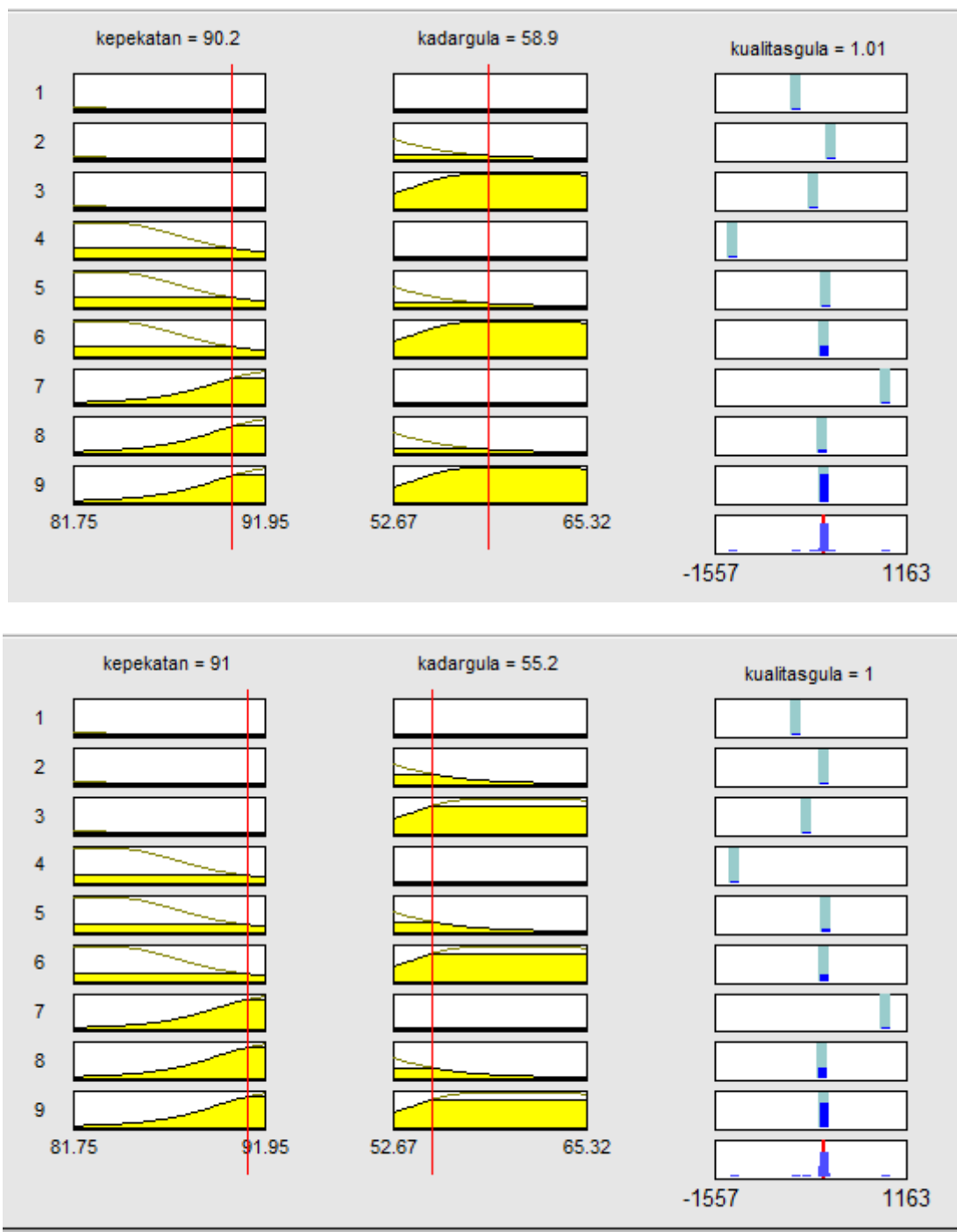


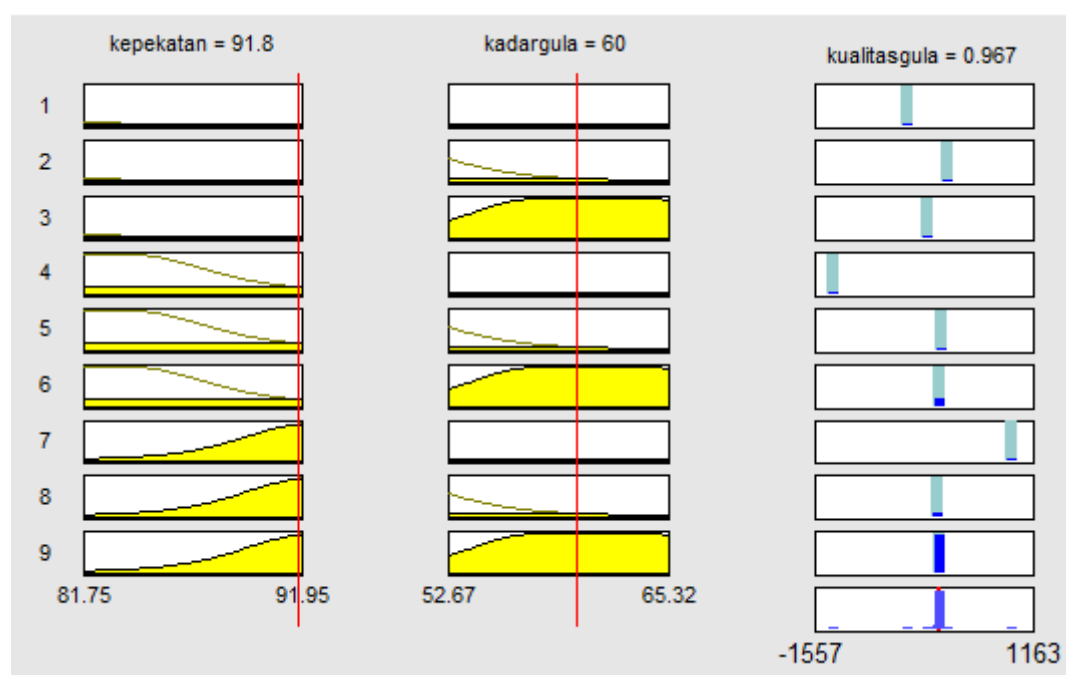
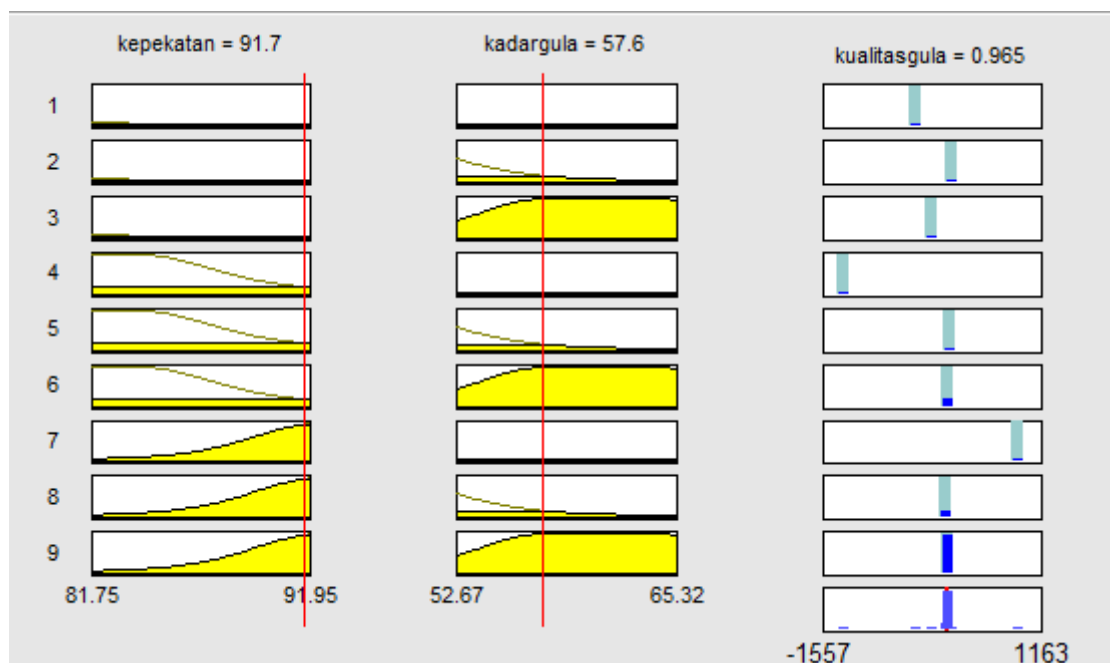


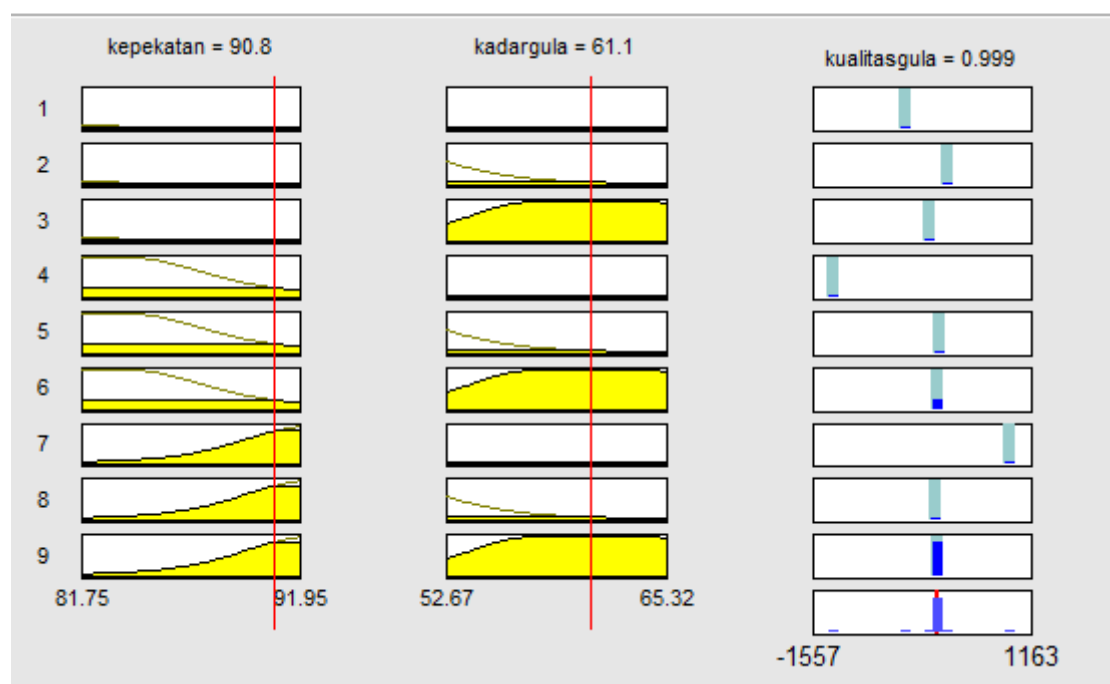
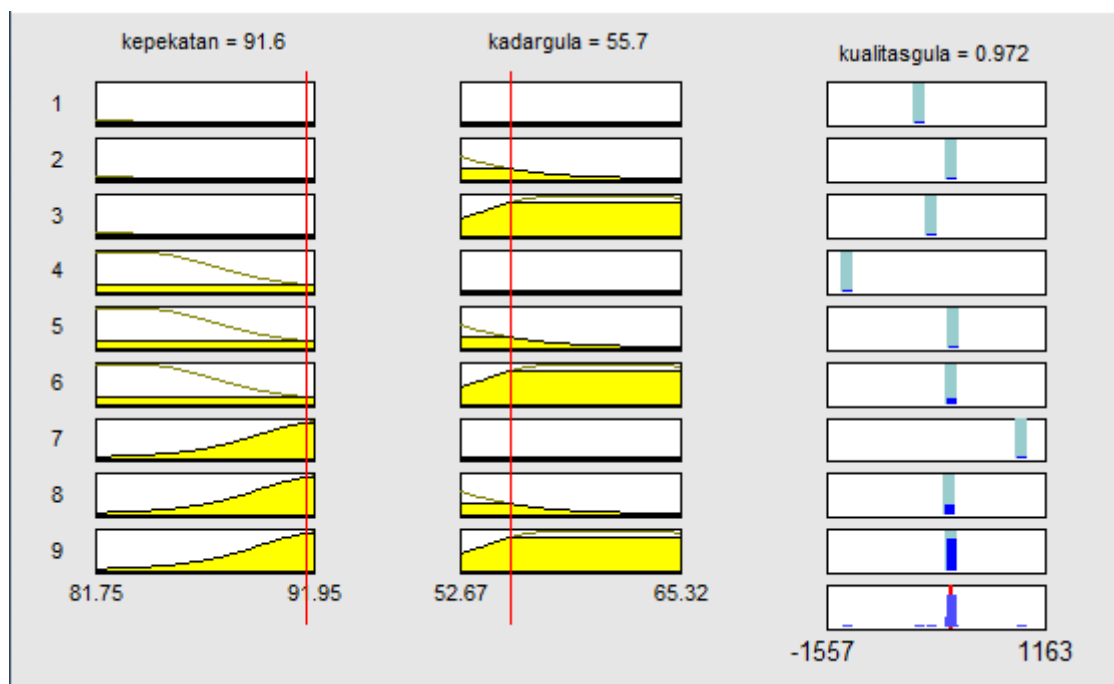


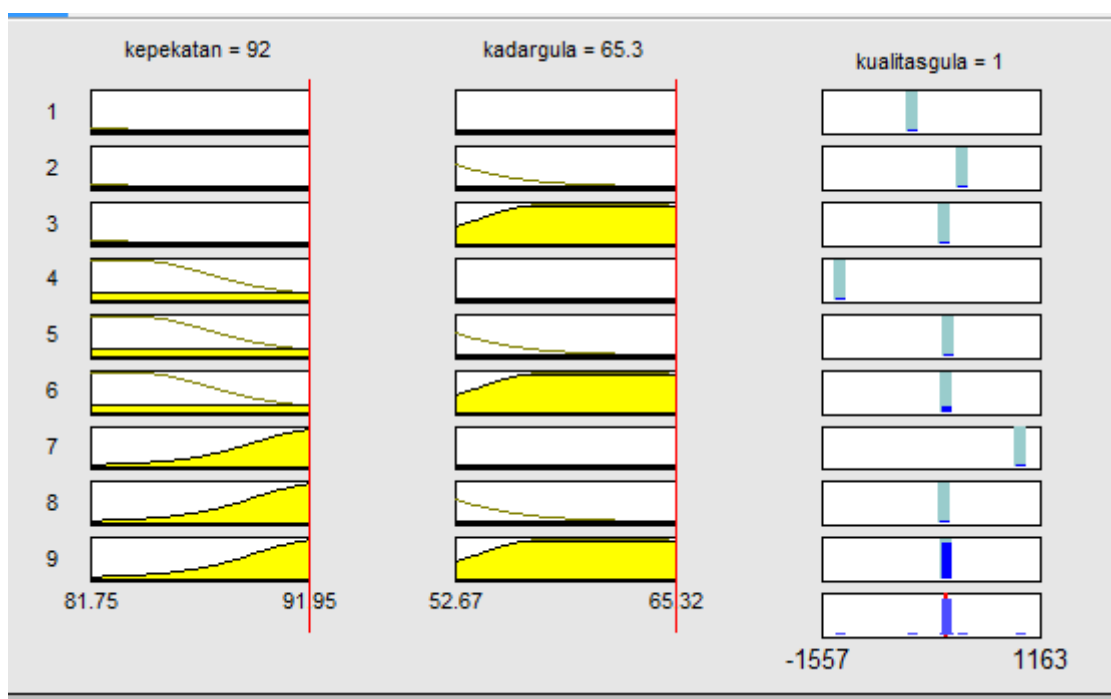
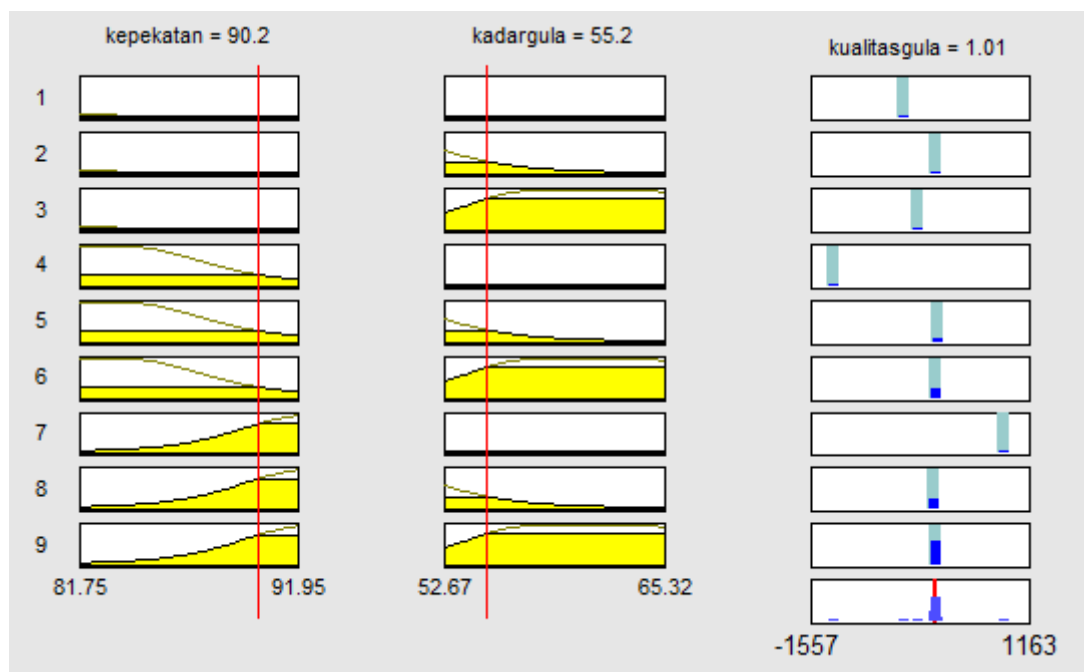


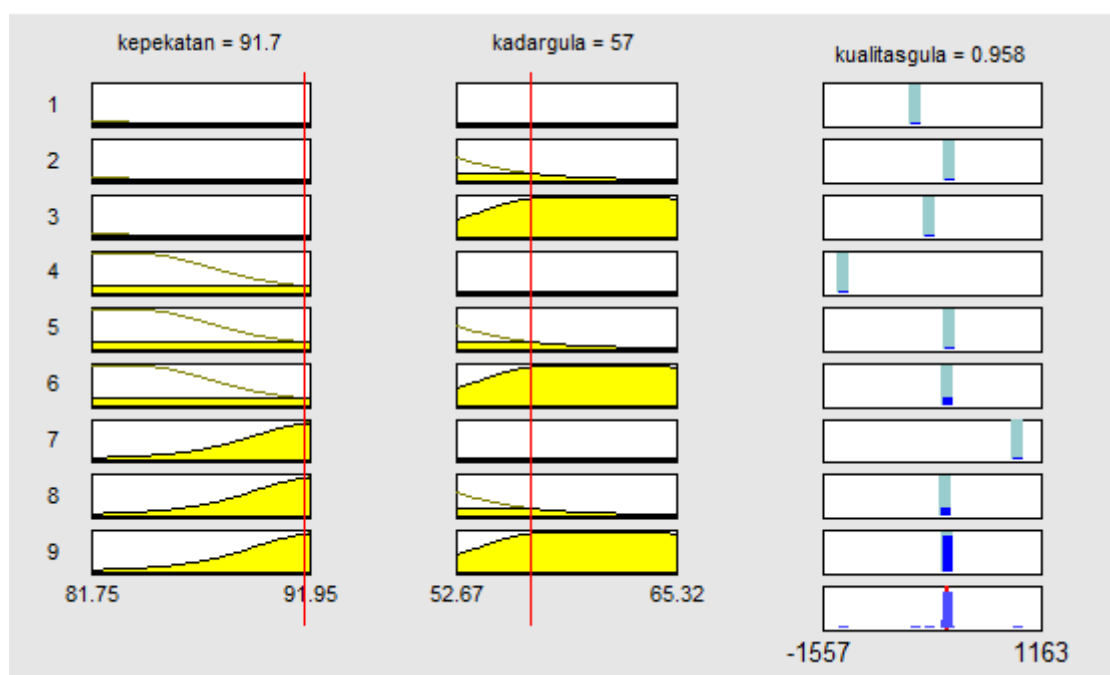
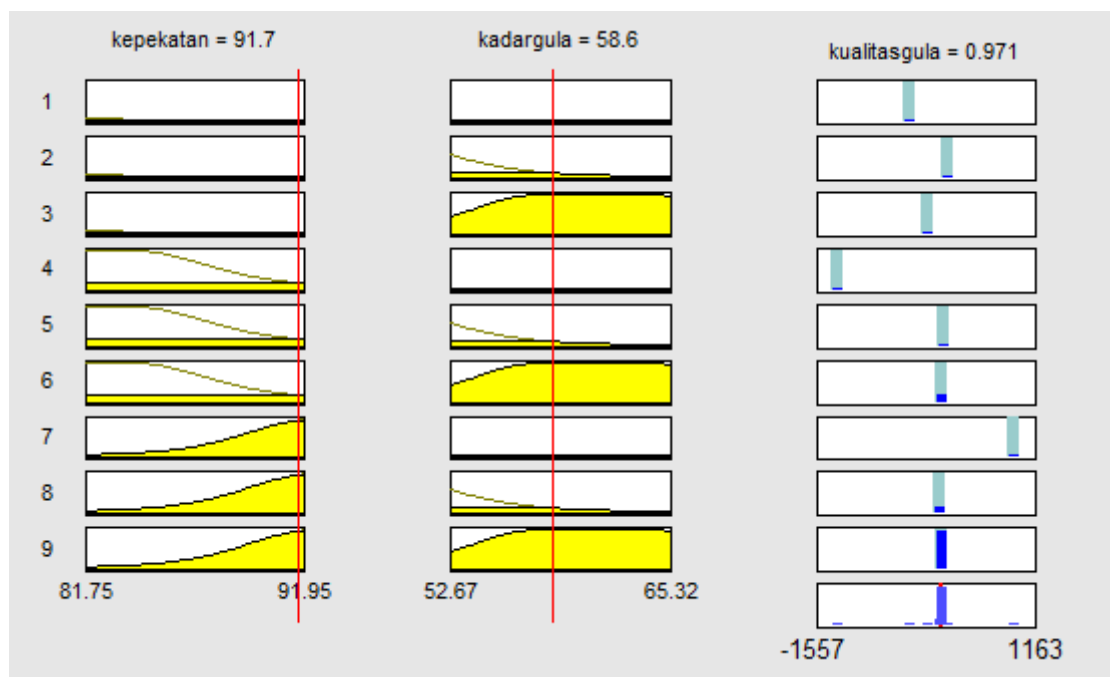


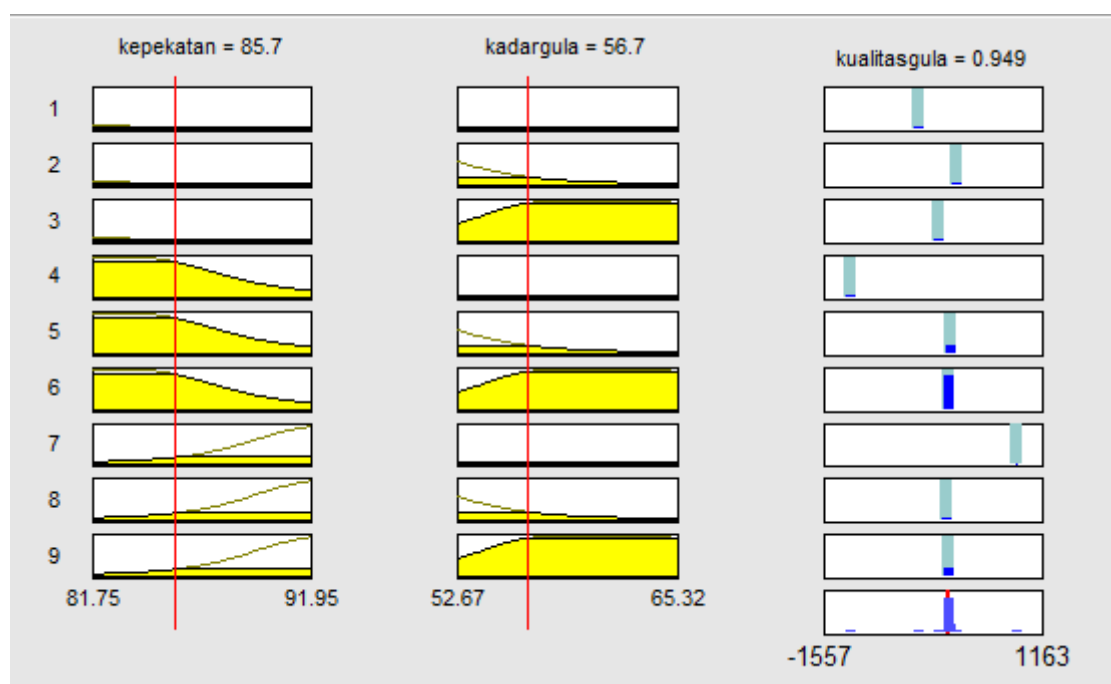
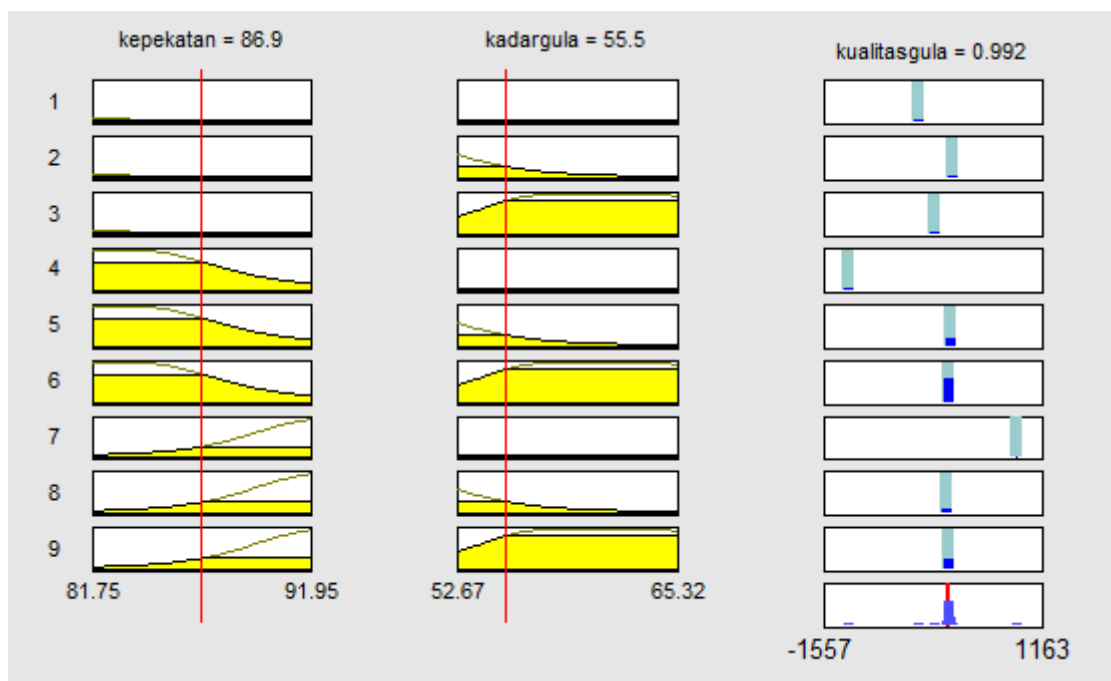


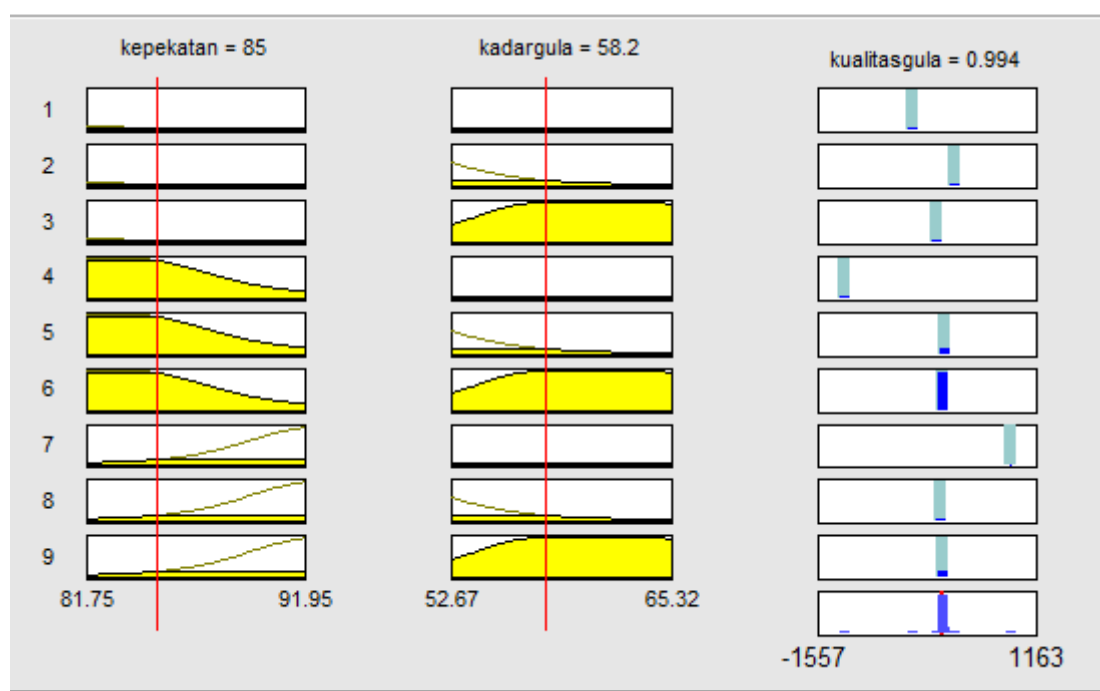
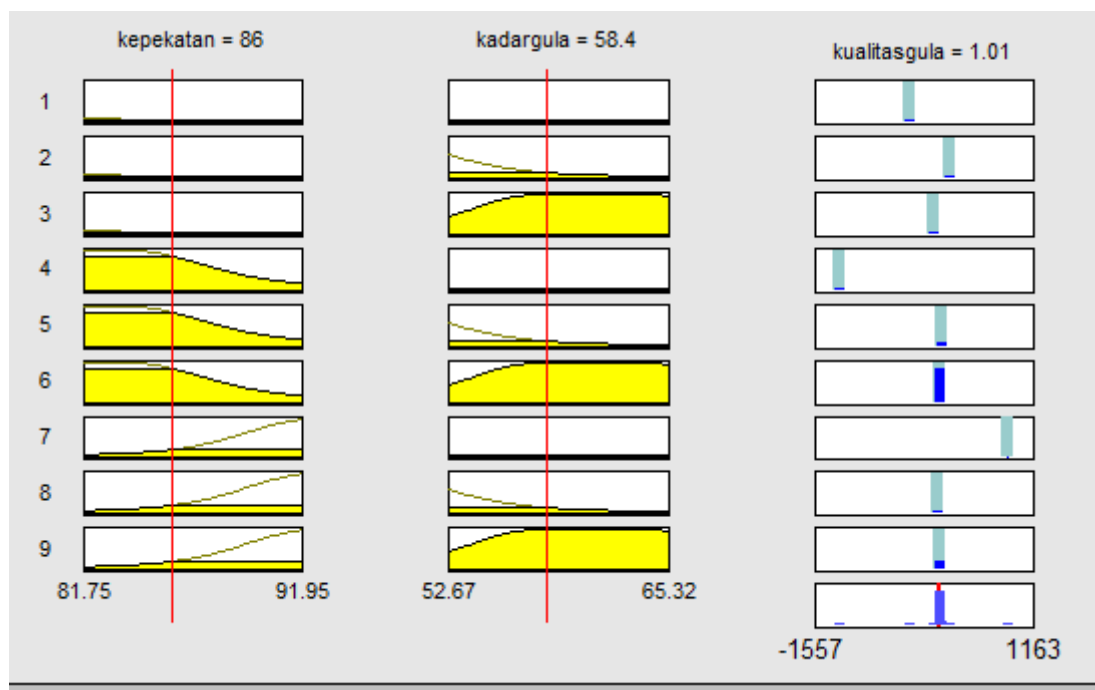


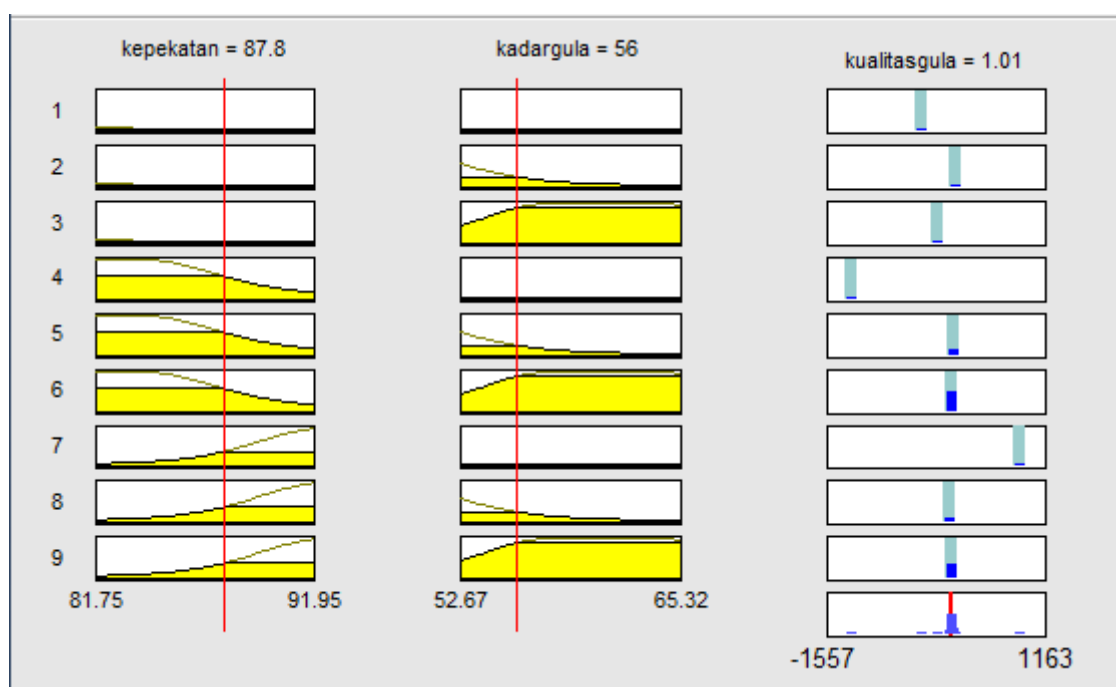
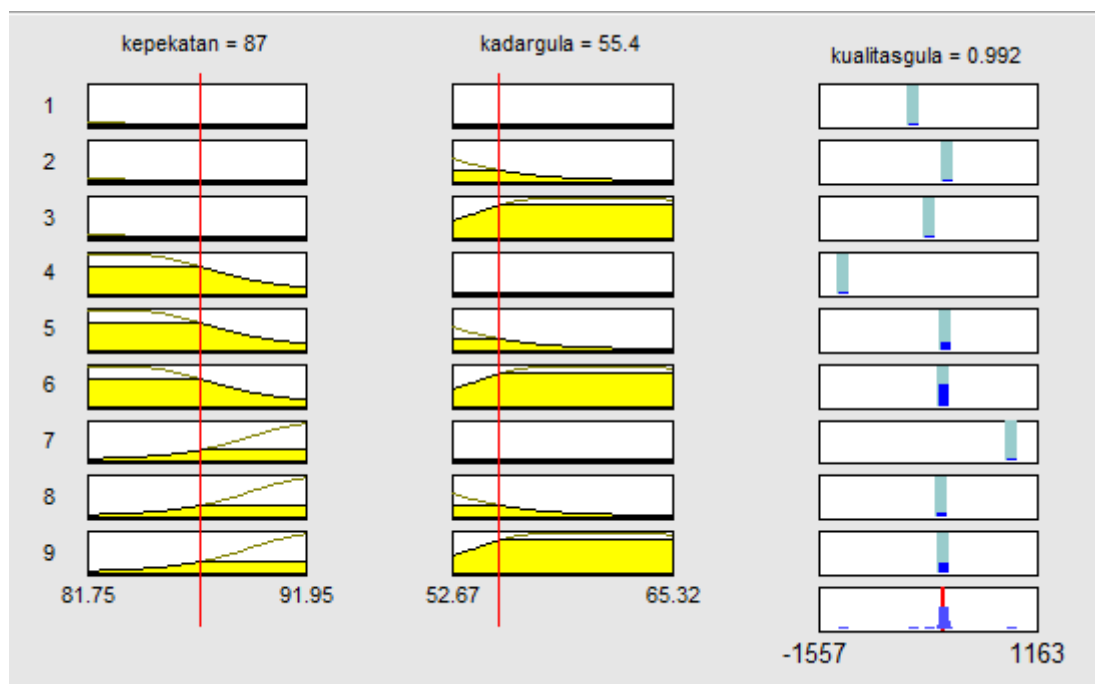


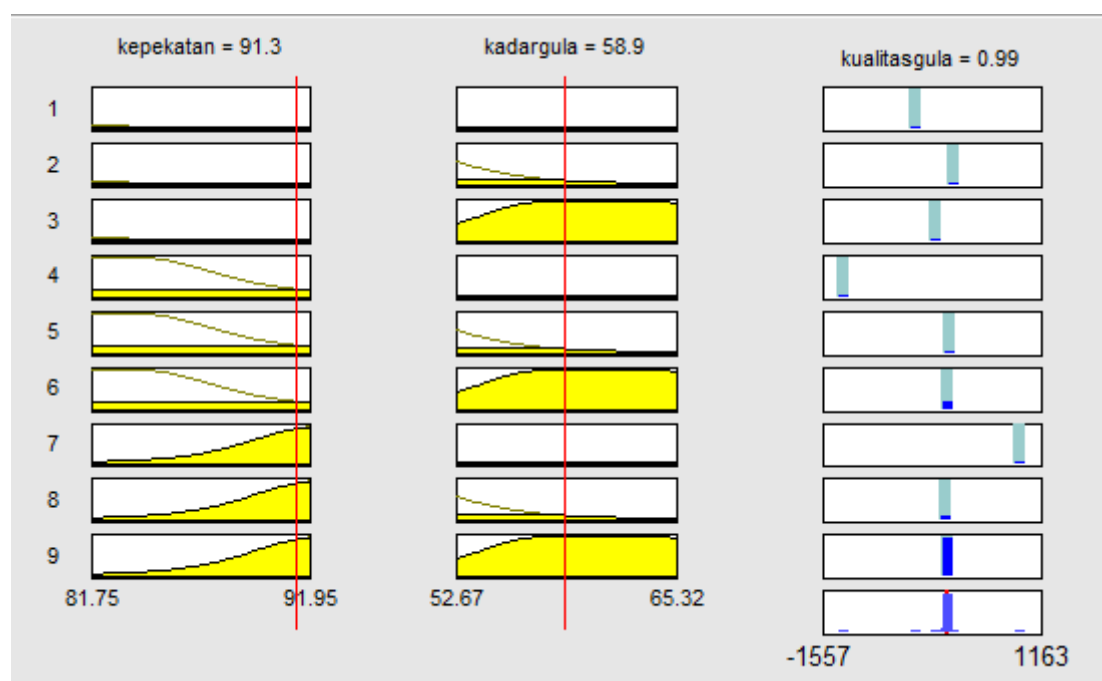
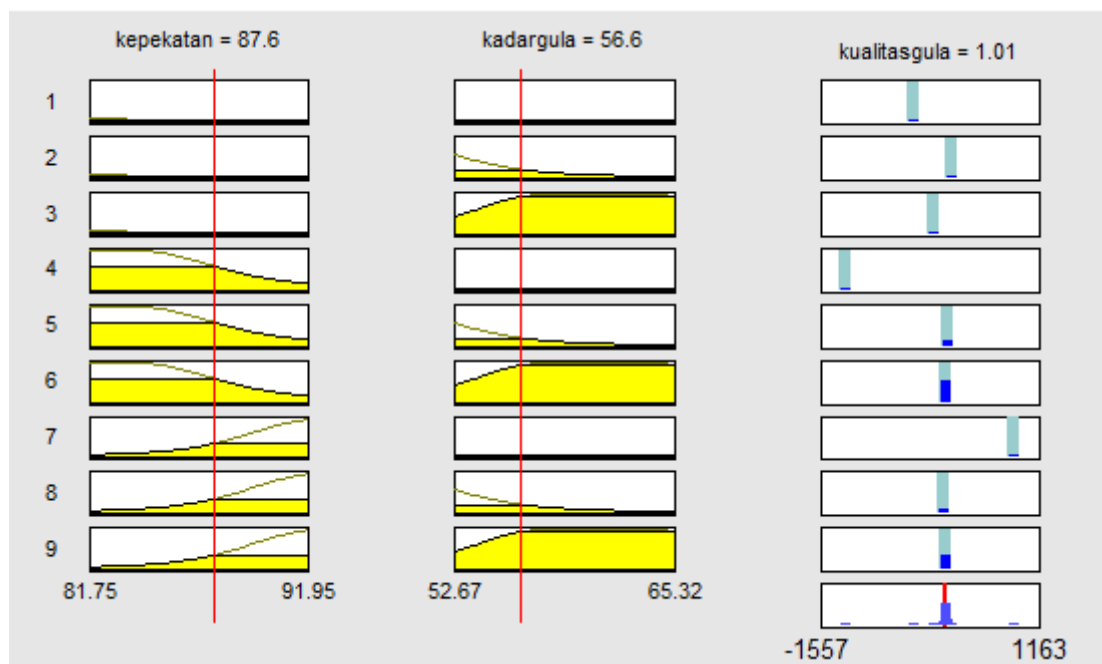


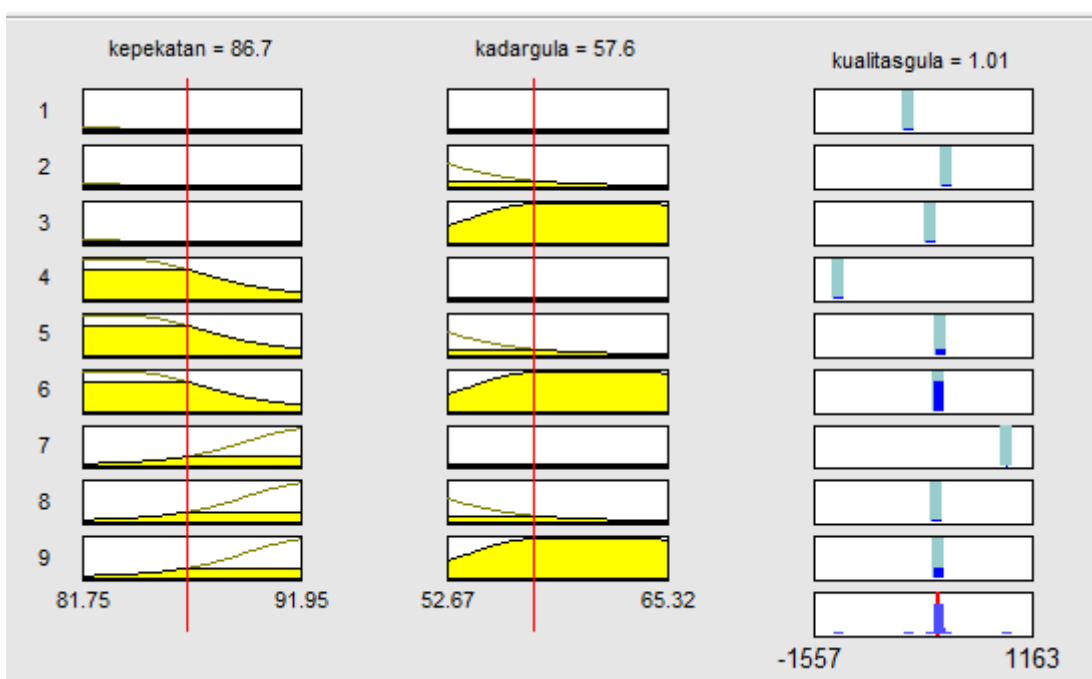
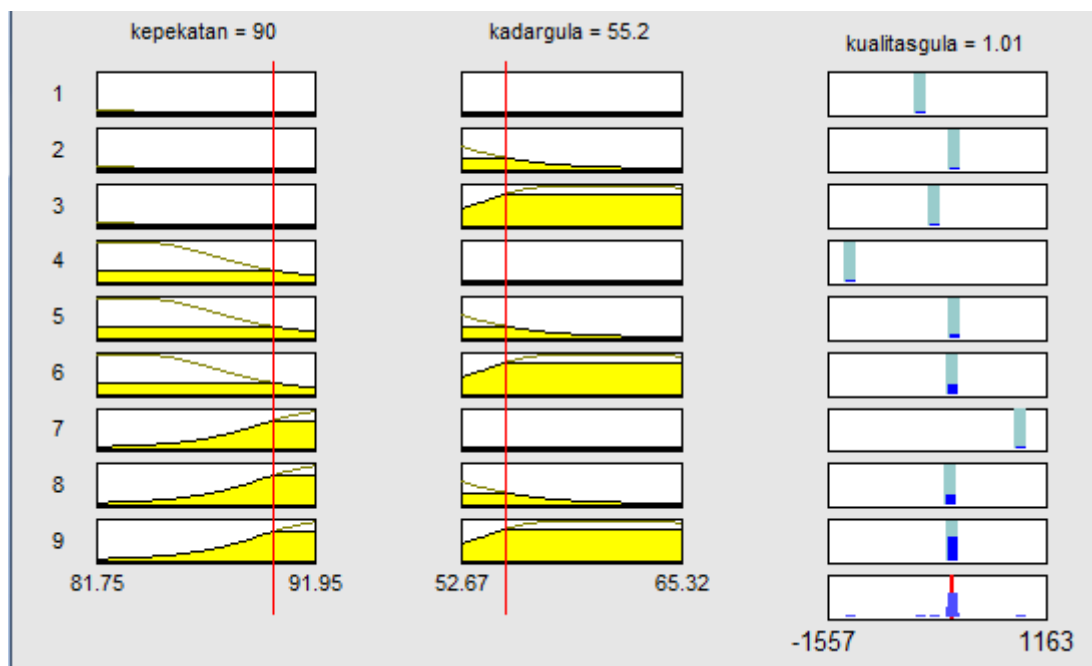


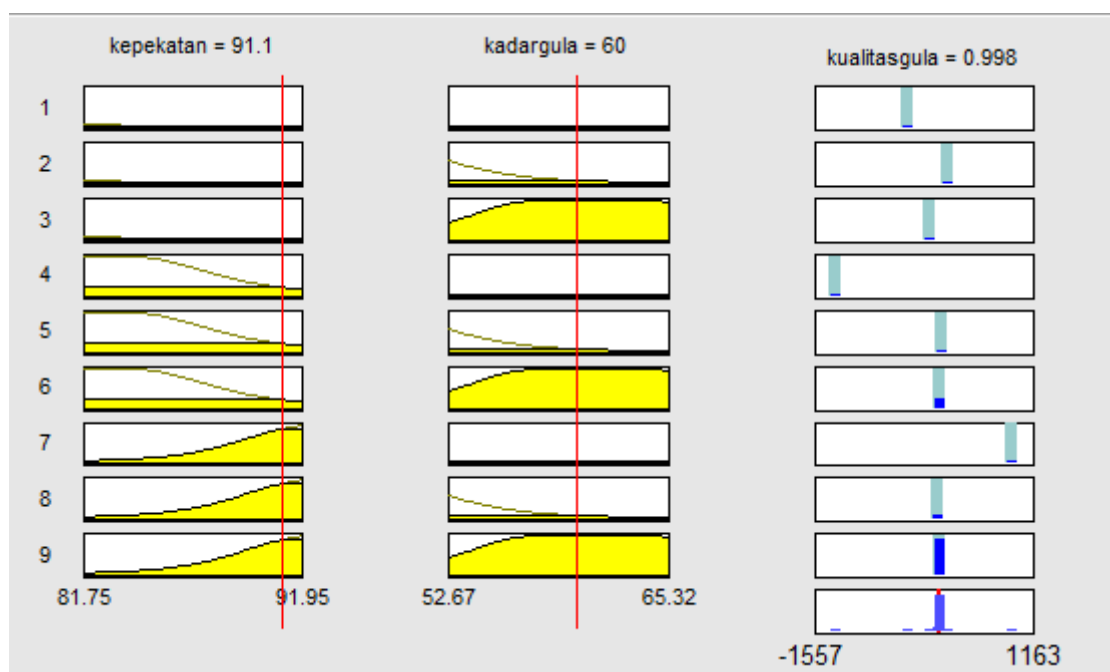
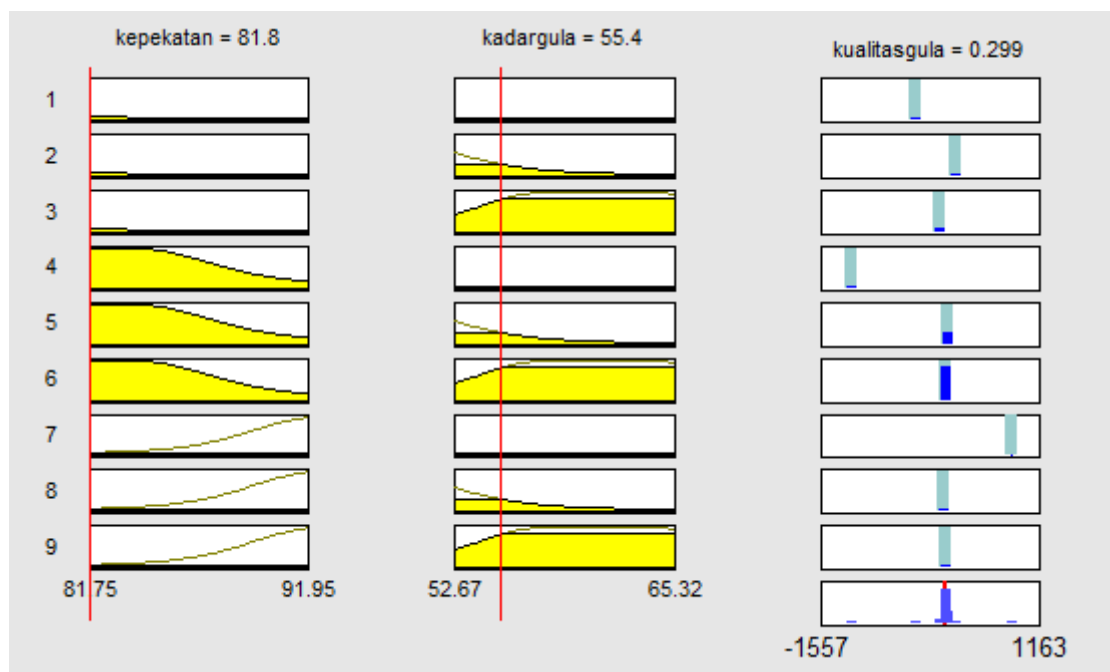


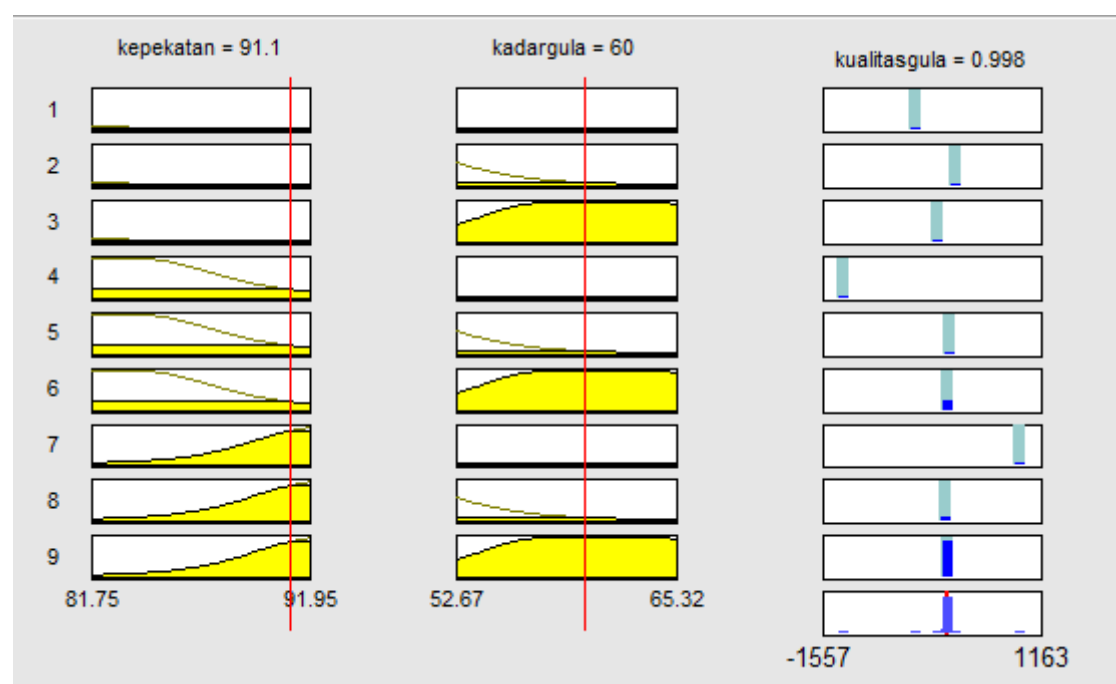
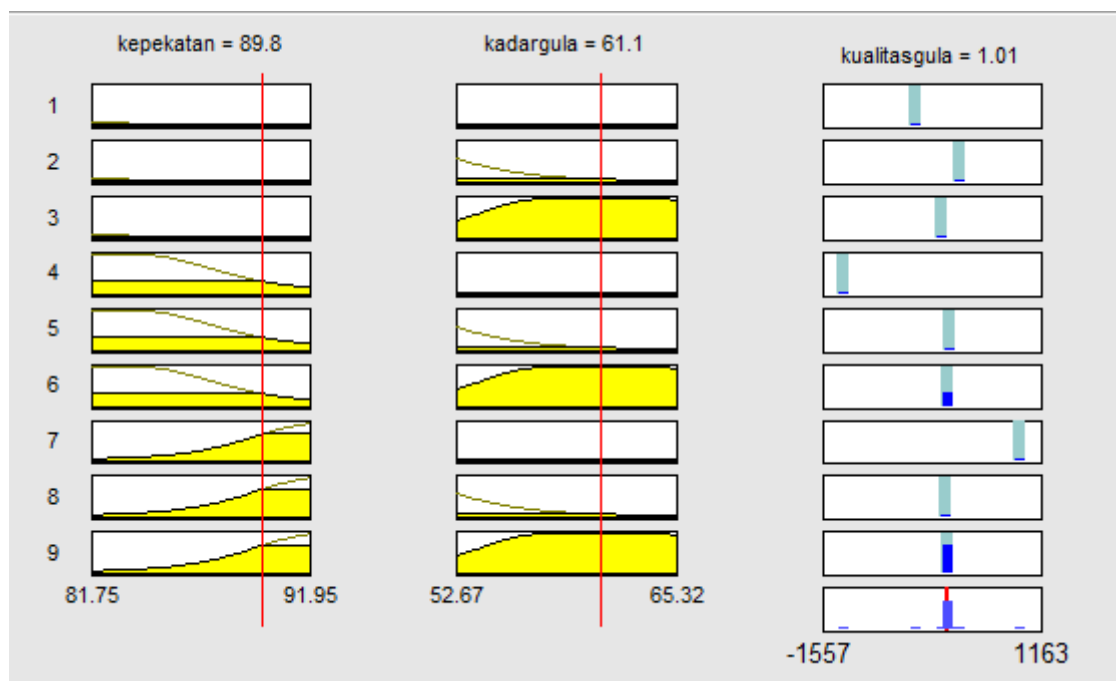


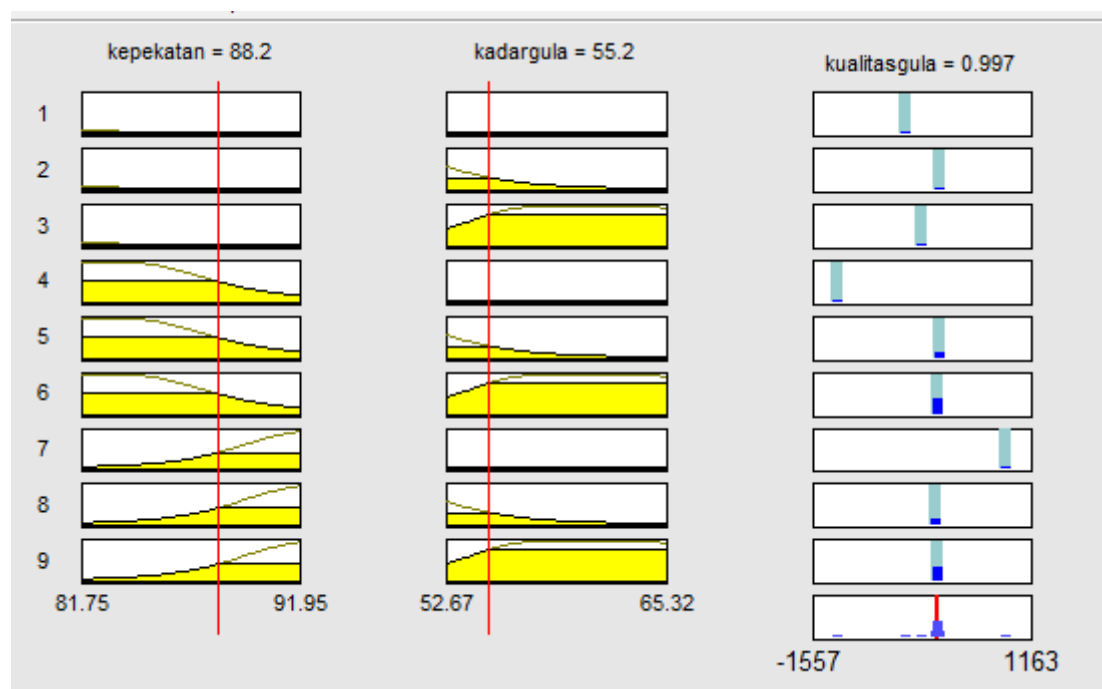
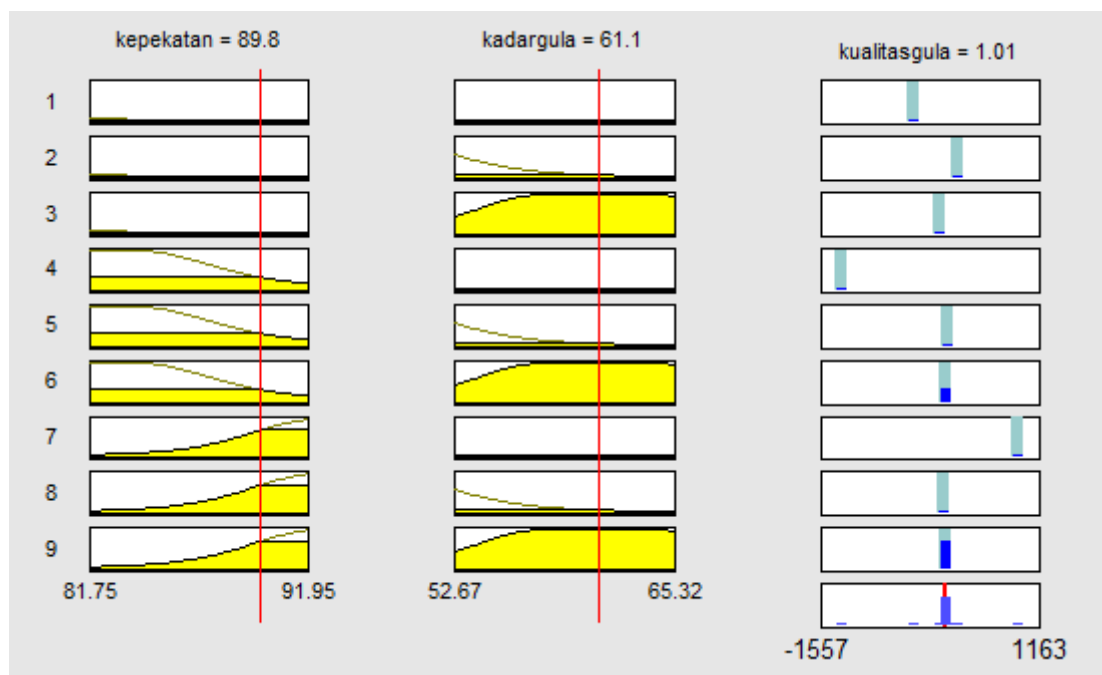


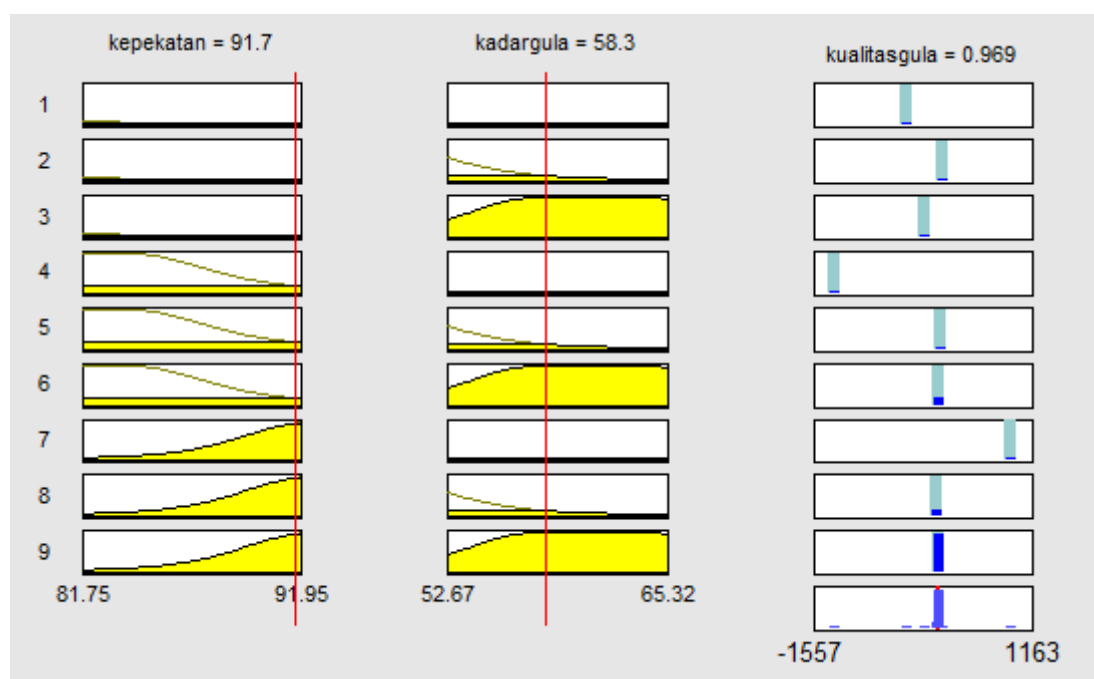
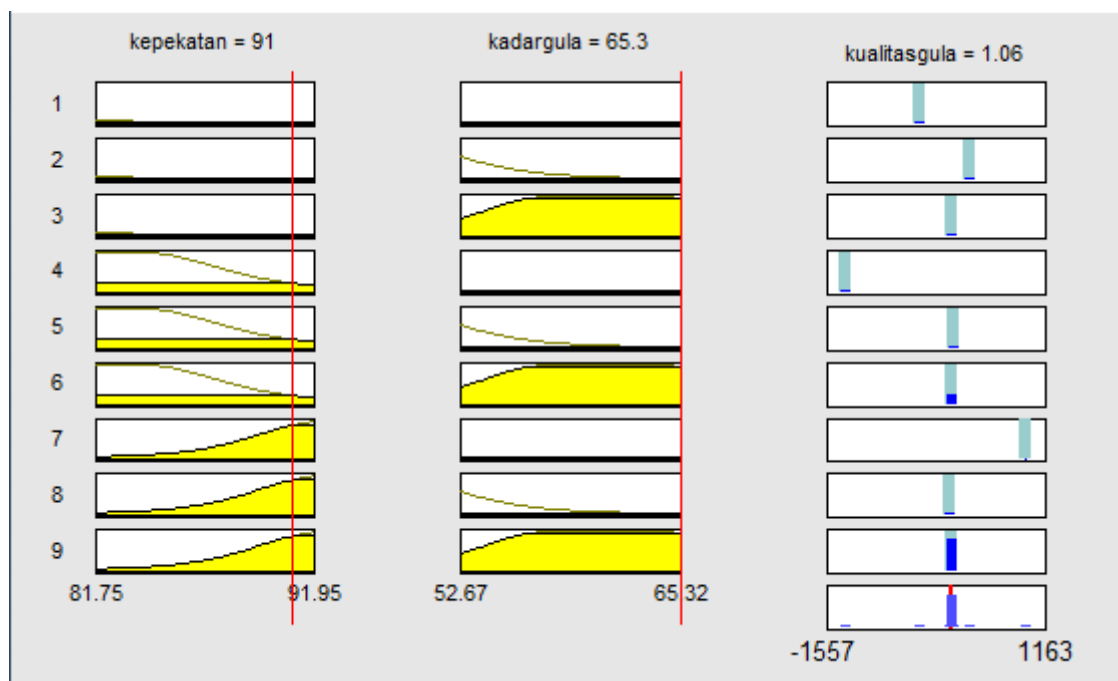


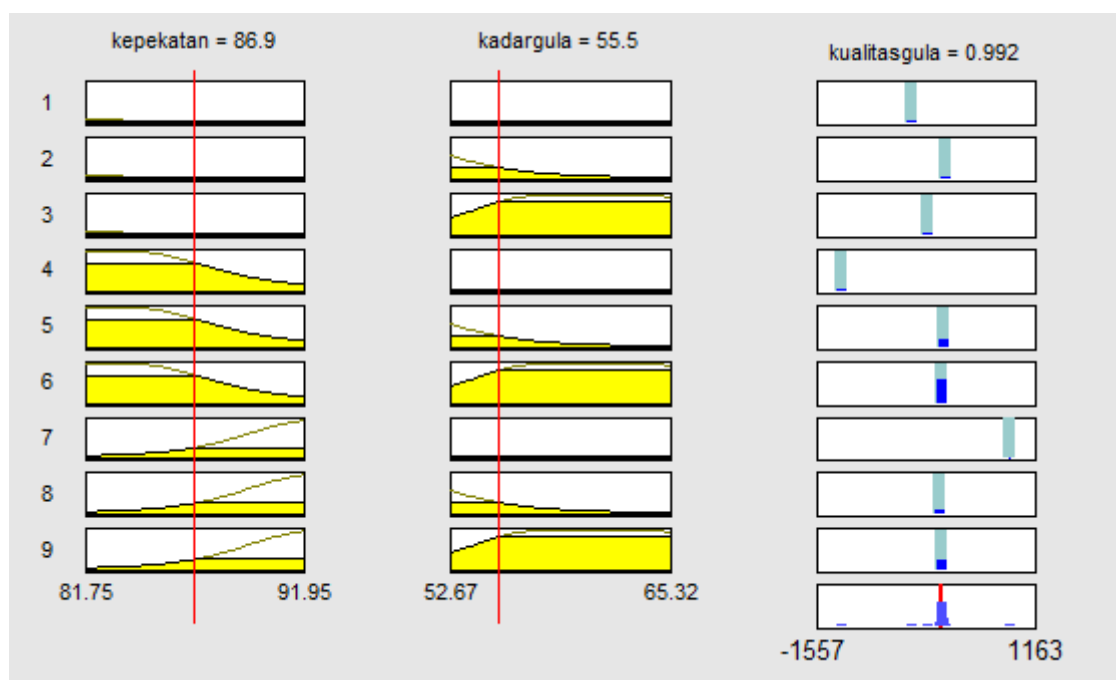
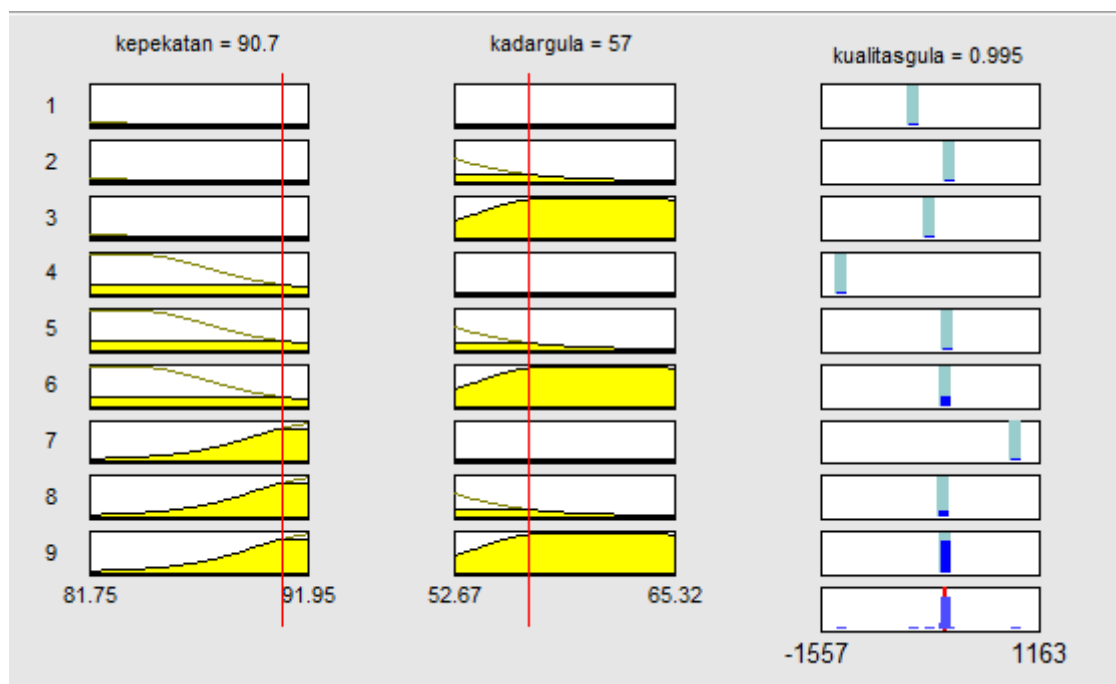


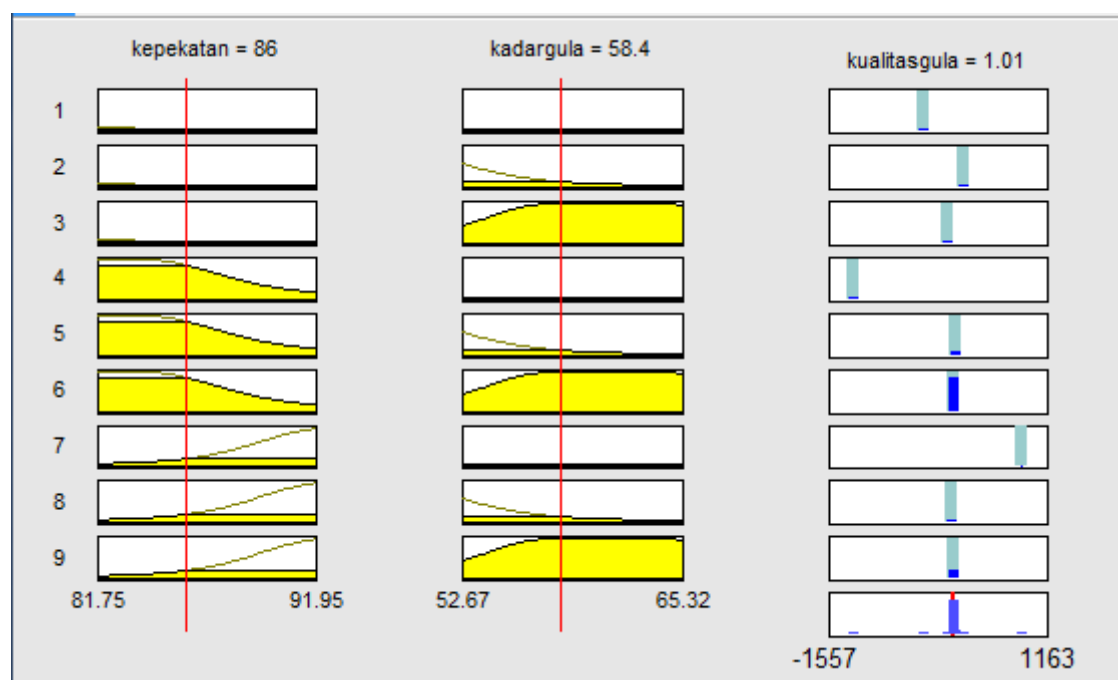
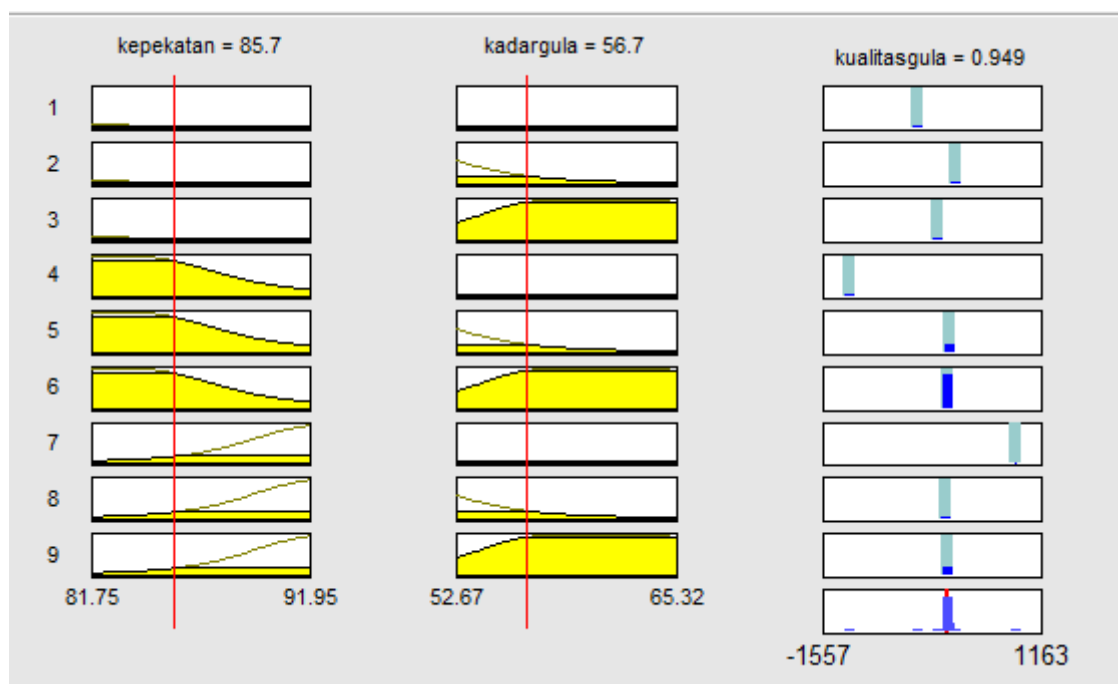


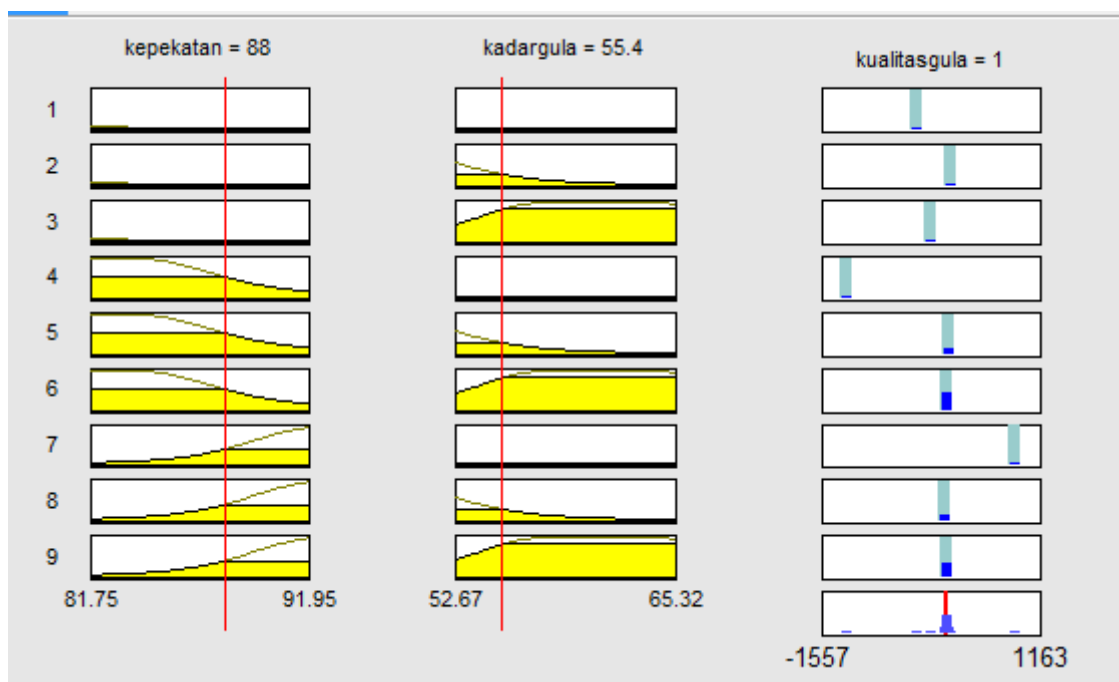
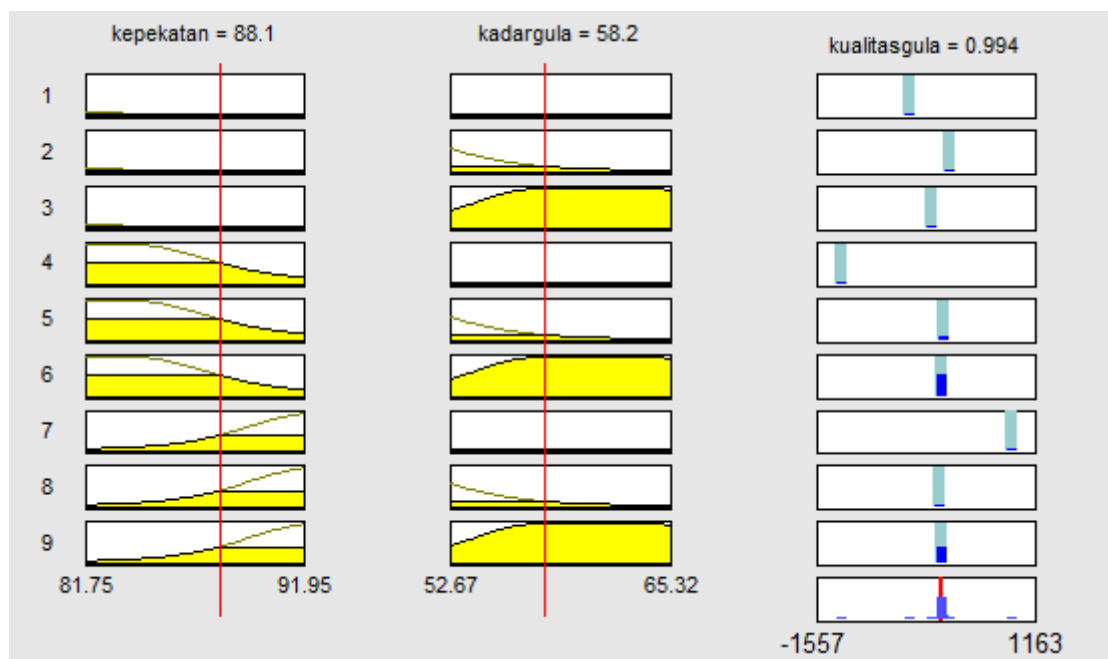


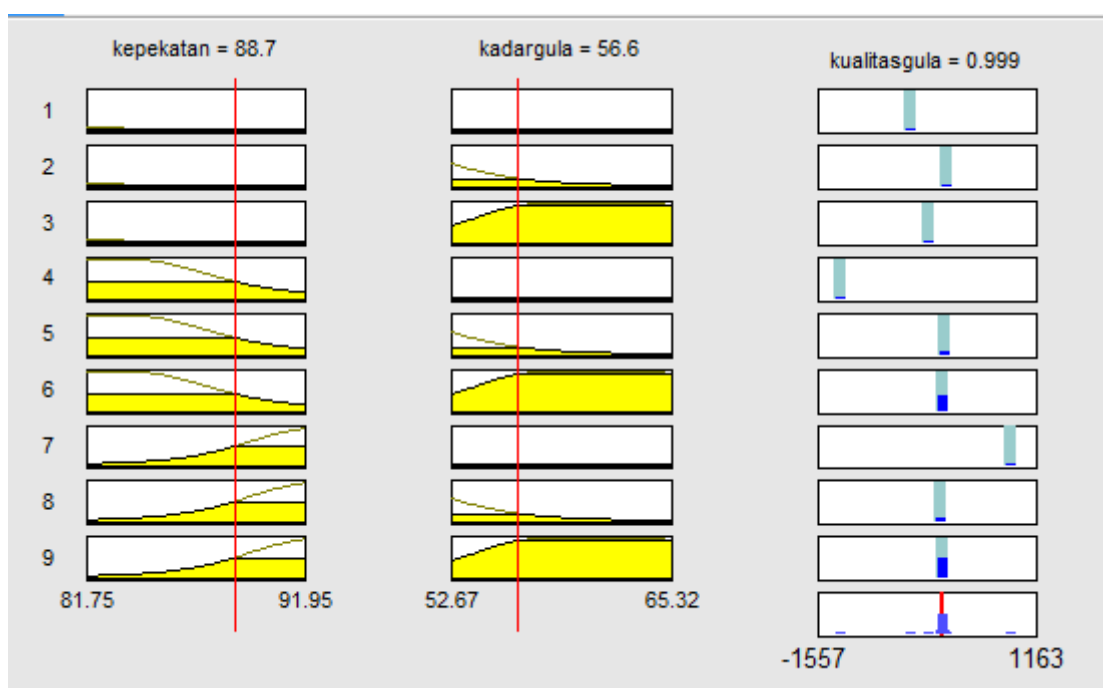
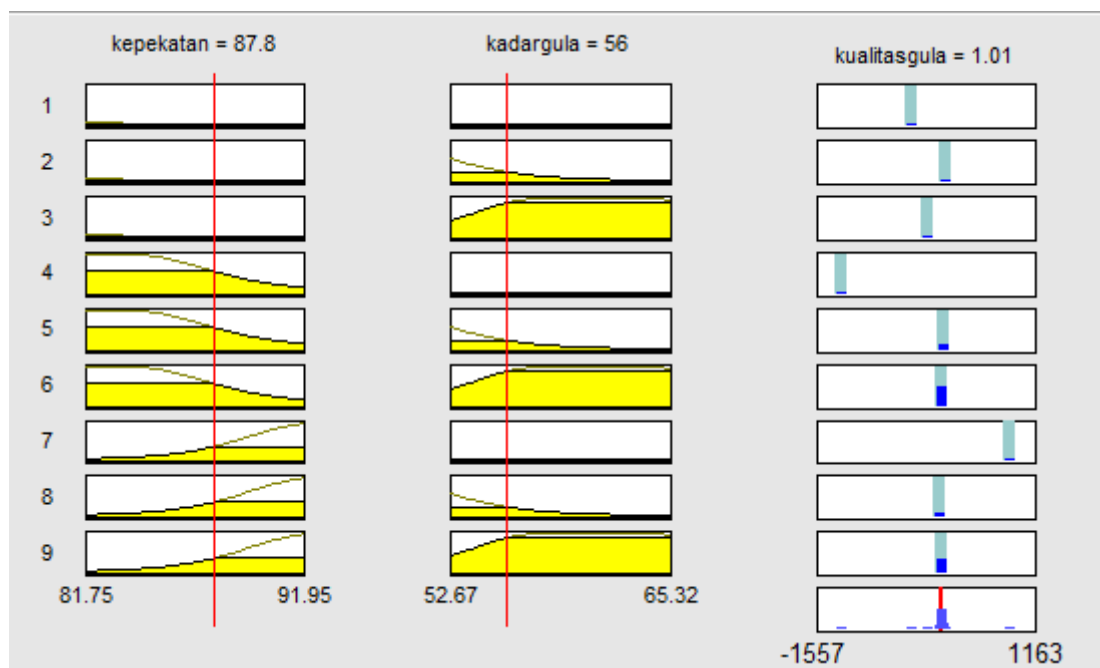


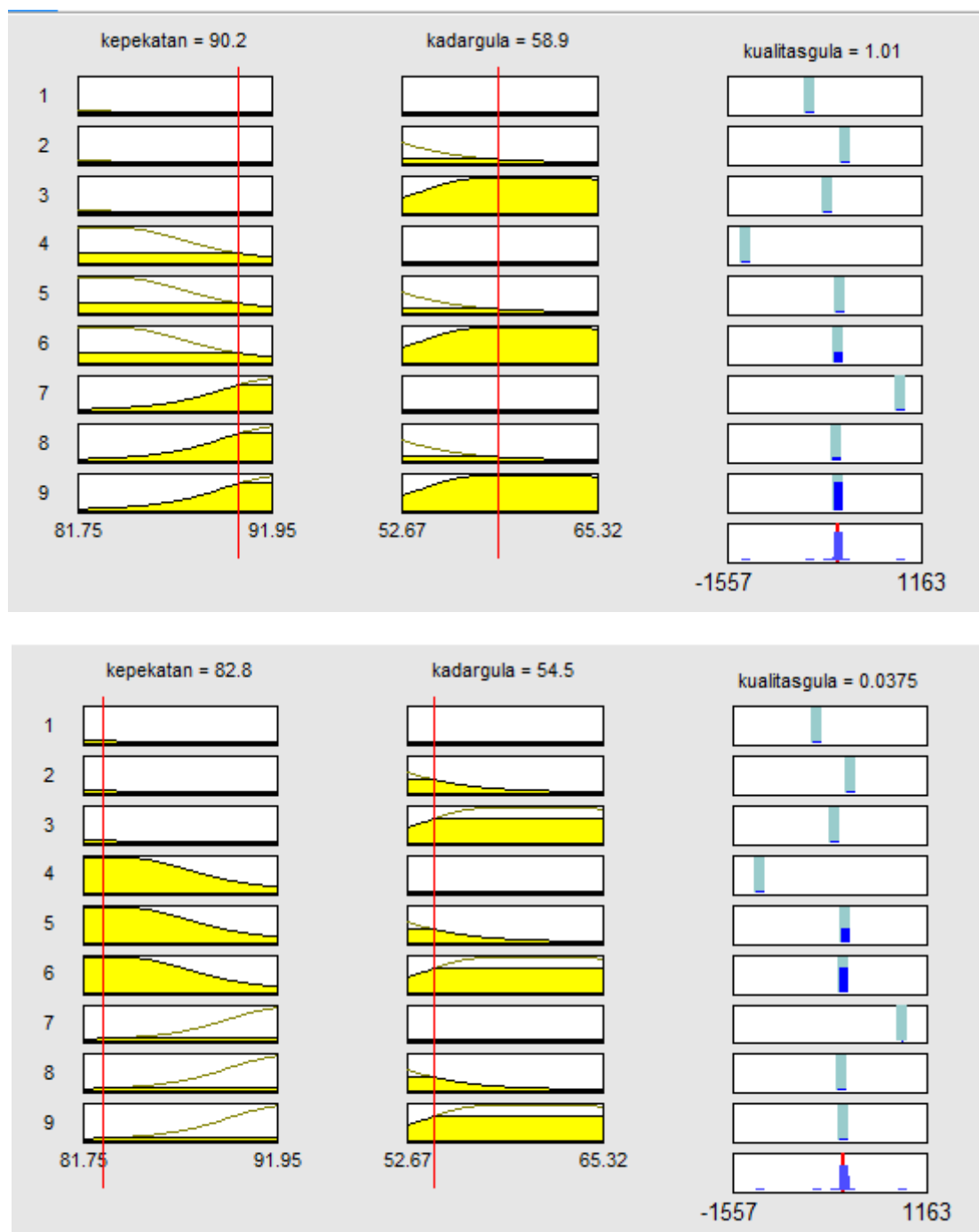


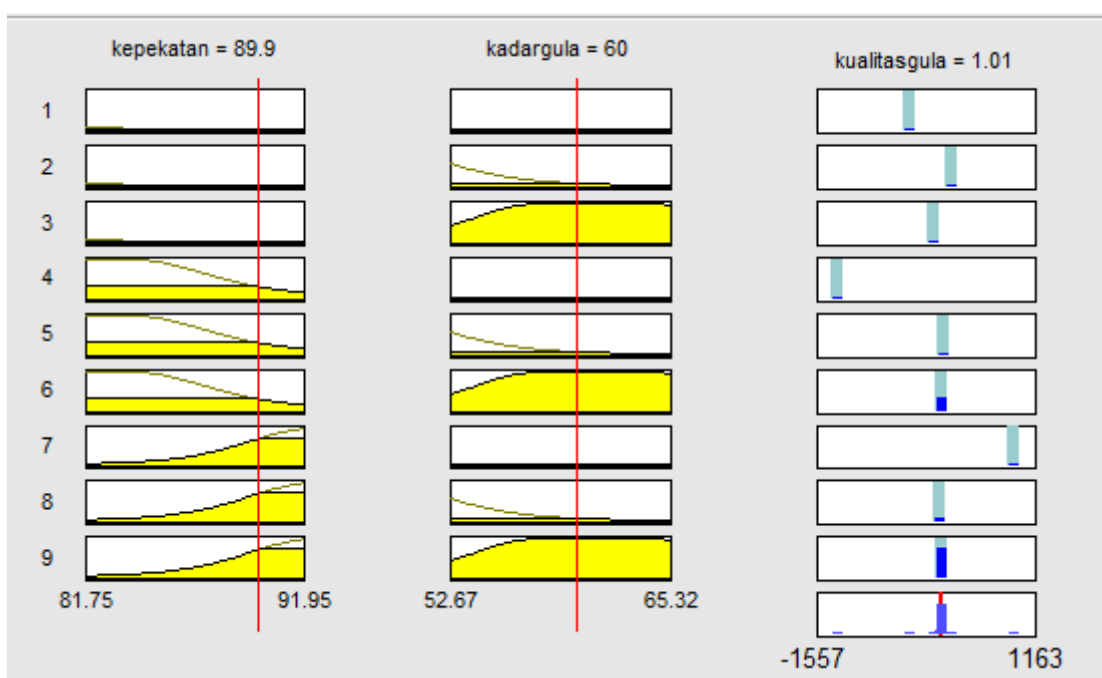
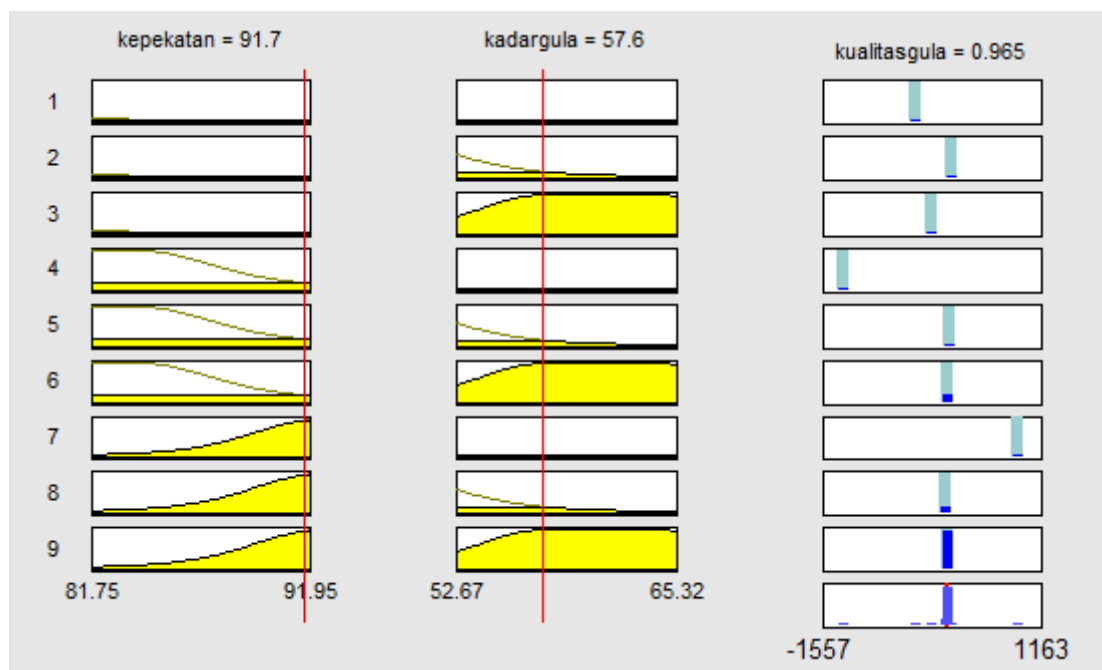


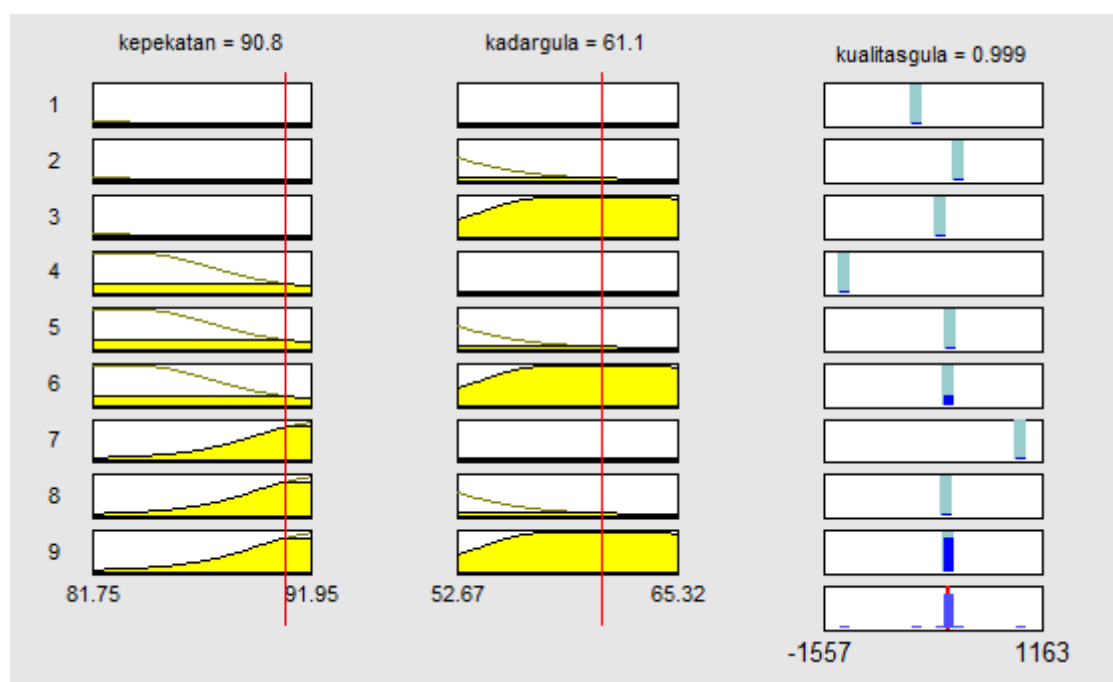
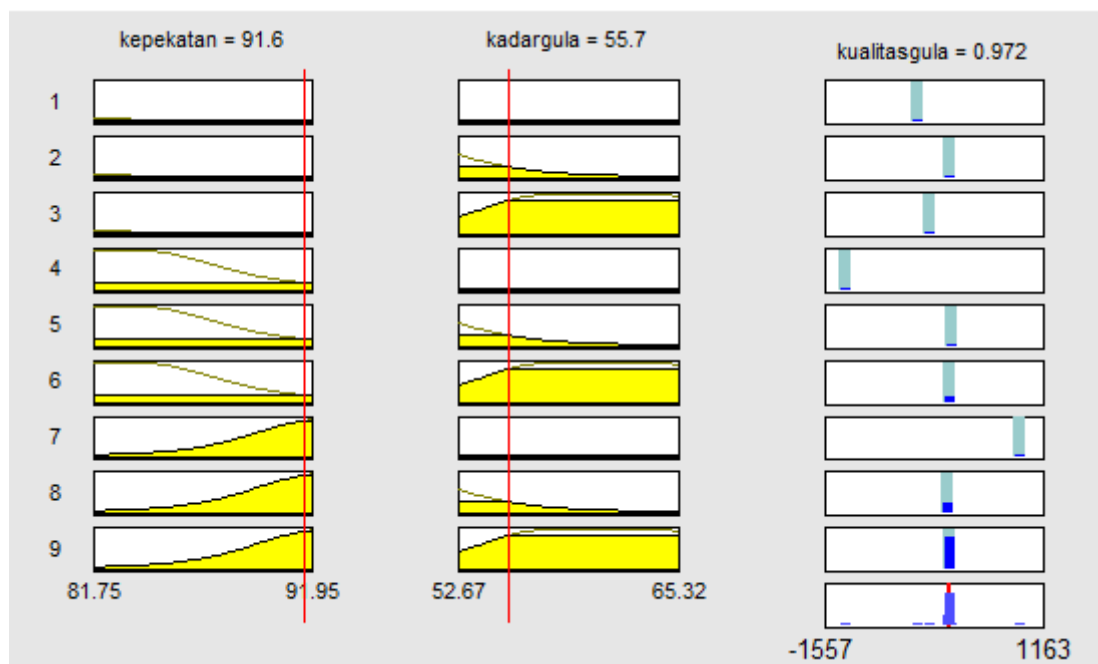


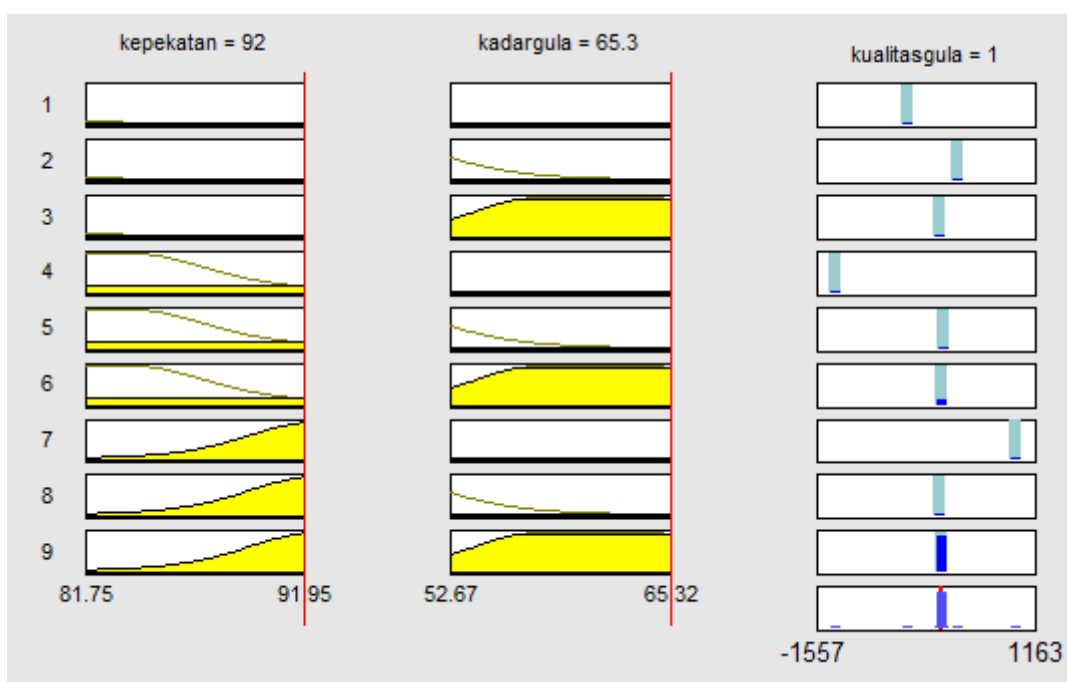
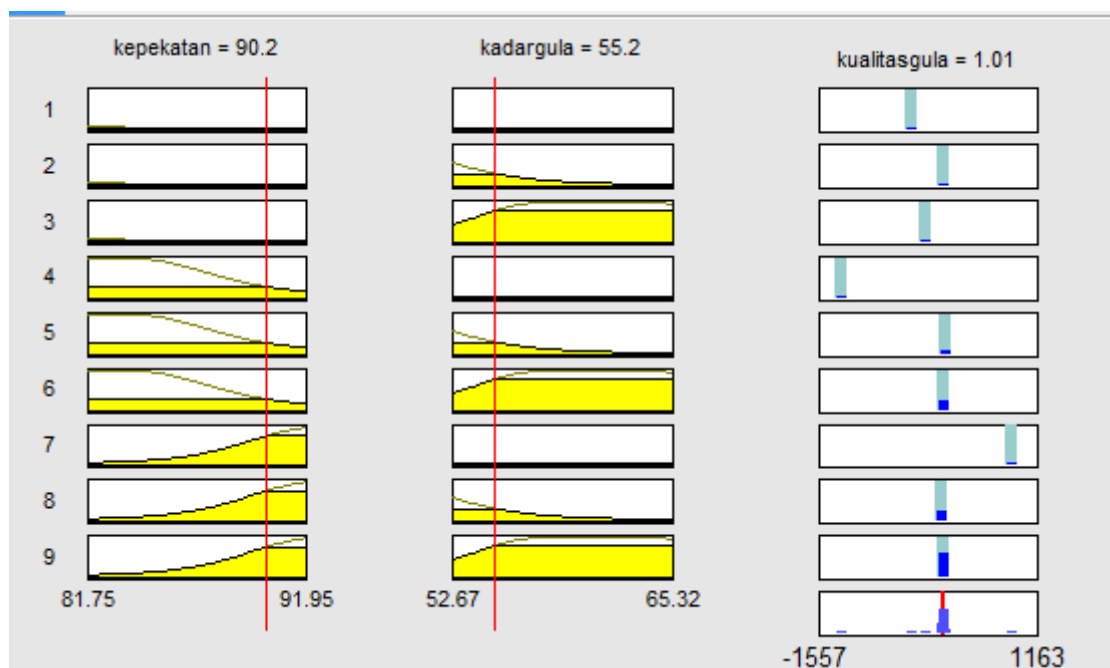


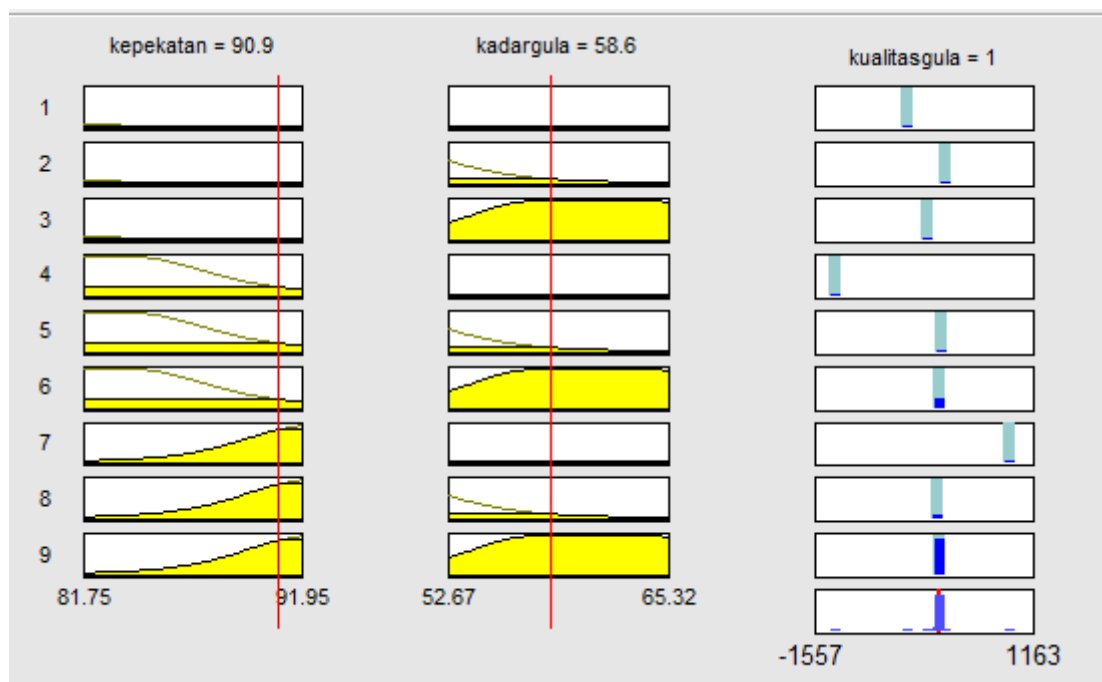












No	Kepekatan (Brix)	Kadar Gula (%)	Kualitas
1	82.61	54.51	0
2	88.55	60.02	1
3	89.21	56.21	1
4	88.26	55.06	1
5	81.79	52.86	0
6	87.39	56.16	1
7	88.12	56.12	1
8	87.61	59.22	1
9	88.9	60.69	1
10	81.75	54.4	0
11	88.94	57.17	1
12	90.8	56.66	1
13	91.02	55.24	1
14	90.7	59.06	1
15	91	57.02	1
16	89.12	59.29	1
17	86.19	58.69	1

No	Kepekatan (Brix)	Kadar Gula (%)	Kualitas
18	85.95	58.4	1
19	85.66	56.71	1
20	88.06	58.17	1
21	86.99	57.99	1
22	89.35	60.02	1
23	91.87	65.16	1
24	91.95	65.32	1
25	90.79	61.06	1
26	90.59	63.65	1
27	89.07	57.57	1
28	87.23	56.1	1
29	90.17	57.32	1
30	89.05	56.72	1
31	88.37	55.13	1
32	90.44	56.16	1
33	89.06	58.17	1
34	86.99	57.99	1
35	89.35	60.02	1
36	91.87	65.16	1
37	91.95	65.32	1
38	90.79	61.06	1
39	90.59	63.65	1
40	89.07	57.57	1
41	81.76	52.67	0
42	90.17	57.32	1
43	89.05	56.72	1
44	88.37	55.13	1
45	90.44	56.16	1
46	89.07	57.57	1
47	87.23	56.1	1
48	81.79	53.32	0
49	89.05	56.72	1
50	87.37	55.13	1
51	90.44	56.16	1
52	88.06	58.17	1
53	86.99	57.99	1
54	89.35	60.02	1
55	91.87	65.16	1
56	91.95	65.32	1
57	82.79	52.98	0
58	90.5	63.65	1
59	89.07	57.57	1
60	87.23	56.1	1
61	90.17	57.32	1

No	Kepekatan (Brix)	Kadar Gula (%)	Kualitas
62	81.91	56.72	1
63	88.37	55.13	1
64	90.44	56.16	1
65	83.51	54.32	0
66	91.05	58.93	1
67	91.01	60.01	1
68	88.55	55.9	1
69	89.21	56.21	1
70	89.11	60.12	1
71	87.91	56.38	1
72	88.25	60.29	1
73	87.88	60.55	1
74	82.84	53.46	0
75	89.44	58.49	1
76	89.3	55.29	1
77	86.99	57.99	1
78	86.19	58.69	1
79	85.95	58.4	1
80	88.06	58.17	1
81	88.04	55.4	1
82	87.75	56	1
83	88.71	56.57	1
84	90.23	58.94	1
85	91.02	55.24	1
86	91.67	57.63	1
87	91.78	60.03	1
88	91.6	55.66	1
89	90.79	61.06	1
90	90.16	55.18	1
91	91.95	65.32	1
92	91.71	58.59	1
93	91.74	57.03	1
94	86.88	55.54	1
95	85.66	56.71	1
96	85.66	56.71	1
97	85.95	58.4	1
98	85.05	58.17	1
99	87.03	55.4	1
100	87.75	56	1
101	87.61	56.57	1
102	91.33	58.94	1
103	90	55.24	1
104	86.67	57.63	1
105	81.77	54.41	0

No	Kepekatan (Brix)	Kadar Gula (%)	Kualitas
106	91.09	60.04	1
107	89.79	61.06	1
108	88.16	55.18	1
109	90.95	65.32	1
110	91.71	58.59	1
111	90.74	57.03	1
112	86.88	55.54	1
113	85.66	56.71	1
114	85.66	56.71	1
115	85.95	58.4	1
116	88.06	58.17	1
117	88.04	55.4	1
118	87.75	56	1
119	88.71	56.57	1
120	90.23	58.94	1
121	82.78	52.67	0
122	91.67	57.63	1
123	89.88	60.01	1
124	91.6	55.66	1
125	90.79	61.06	1
126	90.16	55.18	1
127	91.95	65.32	1
128	90.91	58.59	1