

**PENERAPAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*
DALAM MERAMALKAN PRODUKSI KOPI DI JAWA TIMUR**

SKRIPSI

**OLEH
LUTHFI HADI
NIM. 19610051**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2026**

**PENERAPAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*
DALAM MERAMALKAN PRODUKSI KOPI DI JAWA TIMUR**

SKRIPSI

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

**Oleh
Luthfi Hadi
NIM. 19610051**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2026**

**PENERAPAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*
DALAM MERAMALKAN PRODUKSI KOPI DI JAWA TIMUR**

SKRIPSI

Oleh
Luthfi Hadi
NIM. 19610051

Telah Disetujui Untuk Diuji
Malang, 10 Juni 2026

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

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

Juhari, M.Si.
NIPPPK. 19840209 202321 1 010

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika



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

**PENERAPAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*
DALAM MERAMALKAN PRODUKSI KOPI DI JAWA TIMUR**

SKRIPSI

Oleh
Luthfi Hadi
NIM. 19610051

Telah Dipertahankan di Depan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)
Tanggal, 23 Juni 2026

Ketua Penguji : Hisyam Fahmi, M.Kom.

.....
.....

Anggota Penguji 1 : Dr. Fachrur Rozi, M.Si

.....
.....

Anggota Penguji 2 : Prof. Dr. Sri Harini, M.Si

.....
.....

Anggota Penguji 3 : Juhari, M.Si

.....
.....

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika



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

PERNYATAN KEASLIAN TULISAN

Saya bertanda tangan dibawah ini

Nama : Luthfi Hadi
NIM : 19610051
Program Studi : Matematika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Penerapan *Artificial Neural Network* dalam Meramalkan
Produksi Kopi di Jawa Timur

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

Malang, 23 Juni 2026



Luthfi Hadi
NIM. 19610051

MOTO

"God always has another plan, so do not give up right now.

One day, it is all going to work out perfectly as it should."

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan kepada;

Almarhum Ayahanda Abdul Haris, semoga Allah SWT senantiasa merahmati dan menempatkan beliau di tempat terbaik di sisi-Nya. Kepada Ibunda Saidah yang dengan penuh keikhlasan selalu memanjatkan doa serta memberikan dukungan baik secara moral maupun materil selama perjalanan studi penulis. Kepada Kakak Fadhil, Kakak Dayat, dan Kakak Isma, serta Adik Rabiha yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan yang tak ternilai kepada penulis. Begitu pula kepada keponakan tersayang Afif, yang selalu hadir menghibur dan membangkitkan semangat penulis di kala mengalami kejenuhan dalam proses penulisan. Terakhir, skripsi ini juga penulis persembahkan kepada diri sendiri, atas segala perjuangan, ketekunan, dan keteguhan hati dalam menghadapi setiap rintangan hingga terselesaikannya skripsi ini.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah ala kulli hal, segala puji bagi Allah Swt. atas rahmat, taufik, serta hidayah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penerapan *Artificial Neural Network* dalam Meramalkan Produksi Kopi di Jawa Timur”. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada baginda kita yang mulia, yakni Nabi Muhammad Saw beserta keluarga, sahabat, dan umatnya.

Pada proses pembuatan skripsi ini, banyak pihak yang telah ikut serta dalam memberikan bimbingan, arahan, dan masukan kepada penulis. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Hj. Ilfi Nurdiana, M.Si., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Agus Mulyono, M.Kes., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Fachrur Rozi, M.Si., selaku Ketua Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dan anggota penguji I dalam Ujian Skripsi.
4. Prof. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan berbagai pengetahuan, pengalaman, arahan serta nasihat kepada penulis.
5. Juhari, M.Si., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan nasihat, ilmu, dan arahan kepada penulis.
6. Hisyam Fahmi, M.Kom., selaku ketua penguji dalam Ujian Skripsi.
7. Seluruh dosen Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
8. Ayah, Ibu dan seluruh keluarga yang senantiasa mendoakan, memberikan dukungan dan semangat, serta kasih sayang sehingga skripsi ini dapat diselesaikan oleh penulis.
9. Seluruh rekan-rekan Program Studi Matematika angkatan 2019, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Semoga Allah memberikan rahmat serta karunia-Nya kepada kita semua.
Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri dan para pembaca.
Aamiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Malang, 23 Juni 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGANTAR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
مستخلص البحث	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Definisi Istilah	6
BAB II KAJIAN TEORI	7
2.1 <i>Artificial Neural Network</i>	7
2.1.1 Arsitektur Jaringan <i>Artificial Neural Network</i>	10
2.1.2 Fungsi Aktivasi	13
2.1.3 Bobot, Bias dan <i>Epoch</i>	16
2.2 <i>Backpropagation Artificial Neural Network</i>	17
2.2.1 Bobot dan Bias Awal	23
2.2.2 Jumlah <i>Hidden Layer</i>	24
2.2.3 Jumlah Pola Pelatihan	25
2.2.4 Lama Iterasi	25
2.2.5 Metode Optimasi	26
2.3 Normalisasi Data	26
2.4 Denormalisasi Data	27
2.5 Metode Evaluasi Kinerja	28
2.6 Kopi	30
2.7 Penelitian Terdahulu	31
2.8 <i>Artificial Neural Network</i> dalam Kajian Keislaman	33
BAB III METODE PENELITIAN	35
3.1 Pendekatan Penelitian	35
3.2 Data dan Sumber Data	35
3.3 Pengolahan Data	35
3.4 Tahapan Penelitian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39

4.1 Analisis Deskriptif.....	39
4.2 Analisis Data	41
4.2.1 <i>Preprocessing</i> Data	41
4.2.1.1 Menampilkan Data Aktual.....	41
4.2.1.2 Normalisasi Data.....	42
4.2.1.3 <i>Sequance</i> Data.....	43
4.2.1.4 Membagi Data.....	44
4.2.2 Model Arsitektur ANN	45
4.2.3 Proses <i>Training</i> dan <i>Testing</i>	47
4.2.3.1 Proses <i>Training</i> dan <i>Testing</i>	53
4.2.3.2 Hasil Proses <i>Training</i>	53
4.2.3.3 Hasil Proses <i>Testing</i>	55
4.3 Pembahasan Hasil Analisis.....	55
4.3.1 Hasil Evaluasi Model	55
4.3.2 Analisis per Kabupaten	58
4.4 Integrasi Nilai-Nilai Islam Pada Hasil Penelitian.....	65
BAB V PENUTUP.....	68
5.1 Kesimpulan.....	68
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN.....	73
RIWAYAT HIDUP	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur Neuron.....	10
Gambar 2.2 Struktur Arsitektur Jaringan	11
Gambar 2.3 Arsitektur <i>Single Layer Network</i>	12
Gambar 2.4 Arsitektur <i>Multilayer Network</i>	13
Gambar 2.5 Langkah Pemrosesan Neuron.....	14
Gambar 2.6 Grafik Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner.....	15
Gambar 2.7 Grafik Fungsi Aktivasi Sigmoid Bipolar	16
Gambar 2.8 Langkah Pemrosesan Neuron.....	17
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Proses Analisis Data	38
Gambar 4.1 Grafik Produksi Kopi Jawa Timur	39
Gambar 4.2 Grafik Produksi Kopi 4 Terbesar di Jawa Timur	40
Gambar 4.3 Model Arsitektur Jaringan Produksi Kopi di Jawa Timur	47
Gambar 4.4 Grafik <i>Loss Training</i>	54
Gambar 4.5 Grafik Produksi Kopi Kabupaten Ngawi	59
Gambar 4.6 Grafik Produksi Kopi Kabupaten Kediri.....	61
Gambar 4.7 Grafik Produksi Kopi Kabupaten Malang.....	62
Gambar 4.8 Grafik Produksi Kopi Kabupaten Sumenep	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai MAPE.....	30
Tabel 4.1	Produksi Kopi Jawa Timur	39
Tabel 4.2	Produksi Kopi 4 Kabupaten Terbesar di Jawa Timur (Ton).....	40
Tabel 4.3	Data Produksi Kopi.....	42
Tabel 4.4	Data Normalisasi Produksi Kopi	42
Tabel 4.5	Perbandingan Ukuran <i>Sliding Window</i>	44
Tabel 4.6	Hasil Eksperimen Pembagian Data.....	45
Tabel 4.7	Data <i>Input</i> dan <i>Output</i>	48
Tabel 4.8	Spesifikasi Jaringan.....	53
Tabel 4.9	Nilai Parameter	54
Tabel 4.10	Data Hasil Evaluasi Kinerja Model	57
Tabel 4.11	Kategori Akurasi Model Berdasarkan Nilai MAPE	58
Tabel 4.12	Data Produksi Kopi Kabupaten Ngawi.....	59
Tabel 4.13	Data Produksi Kopi Kabupaten Kediri	60
Tabel 4.14	Data Produksi Kopi Kabupaten Malang	62
Tabel 4.15	Data Produksi Kopi Kabupaten Sumenep.....	63

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Produksi Kopi di Jawa Timur	73
Lampiran 2 Data Produksi Kabupaten Terlengkap	74
Lampiran 3 Hasil Normalisasi Data Menggunakan <i>Min-Max Scalling</i>	75
Lampiran 4 Pembentukan Sequence Data Menggunakan <i>Sliding Window</i>	76
Lampiran 5 Data Inisialisasi Awal Bobot dari <i>Input</i> ke <i>Hidden</i>	77
Lampiran 6 Data Inisialisasi Awal Bobot dari <i>Hidden</i> ke <i>Output</i>	78
Lampiran 7 Hasil Peramalan pada Data <i>Testing</i>	81
Lampiran 8 <i>Source Code</i>	82

ABSTRAK

Hadi, Luthfi. 2026. **Penerapan *Artificial Neural Network* dalam Meramalkan Produksi Kopi di Jawa Timur**. Skripsi. Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: I) Prof. Dr. Sri Harini, M.Si., II) Juhari, M.Si.

Kata Kunci: *Artificial Neural Network*, *Backpropagation*, Peramalan, Produksi Kopi, Jawa Timur

Jawa Timur merupakan provinsi penghasil kopi terbesar kelima di Indonesia dengan produksi mencapai 72.221 ton pada tahun 2023. Fluktuasi produksi yang terjadi setiap tahun mendorong perlunya peramalan yang akurat untuk menjaga keseimbangan pasokan dan stabilitas harga. Penelitian ini menerapkan metode *Artificial Neural Network* (ANN) dengan algoritma *backpropagation*. Metode ANN mampu memodelkan pola fluktuasi data yang kompleks dan *non-linier*. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode ANN untuk meramalkan produksi kopi di 21 kabupaten di Jawa Timur menggunakan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2000–2023. Model ANN dibangun dengan arsitektur *multilayer* 63-42-21 menggunakan fungsi aktivasi *ReLU* dan optimasi *Quasi-Newton* BFGS. Data dibagi dengan proporsi 90% *training* (2003–2020) dan 10% *testing* (2021–2023). Hasil evaluasi *testing* menunjukkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 17,28% dan *Mean Squared Error* (MSE) sebesar 0,0149. Penelitian ini menyimpulkan bahwa model ANN yang digunakan mampu meramalkan produksi kopi di Jawa Timur dengan akurasi dalam kategori ‘Baik’.

ABSTRACT

Hadi, Luthfi. 2026. **Implementation of Artificial Neural Network for Forecasting Coffee Production in East Java**. Undergraduate Thesis. Mathematics Study Program, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (I) Prof. Dr. Sri Harini, M.Si.,(II) Juhari, M.Si.

Keywords: Artificial Neural Network, Backpropagation, Forecasting, Coffee Production, East Java.

East Java is the fifth largest coffee-producing province in Indonesia, with a total production of 72,221 tons in 2023. The annual fluctuation in production highlights the need for accurate forecasting to maintain supply balance and price stability. This study applies the Artificial Neural Network (ANN) method with a backpropagation algorithm. ANN method capable of modeling complex and non-linear data fluctuation patterns. The study aims to forecast coffee production across 21 districts in East Java using data from the Central Bureau of Statistics (BPS) for the period 2000–2023. The ANN model was constructed with a multilayer architecture of 63-42-21, employing the ReLU activation function and Quasi-Newton BFGS optimization. Data were divided in a 90% training set (2003–2020) and 10% testing set (2021–2023). The evaluation results of testing yielded a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 17.28% and a Mean Squared Error (MSE) of 0.0149. This study concludes that the ANN model is capable of forecasting coffee production in East Java with accuracy classified as ‘Good’.

مستخلص البحث

هادي، لطفي. ٢٠٢٦. تنفيذ الشبكة العصبية الاصطناعية في التنبؤ بإنتاج القهوة في جوى الشرقية. البحث العلمي. قسم الرياضيات كلية العلم والتكنولوجيا، جامعة مولان مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف (١) أ.د. سري هاريني، الماجستير في العلوم (٢) جوهري، الماجستير في العلوم.

الكلمات الأساسية: الشبكة العصبية الاصطناعية، الانتشار العكسي، التنبؤ، إنتاج القهوة، جوى الشرقية

تعدّ جوى الشرقية أكبر المقاطعة الخامسة المنتجة للقهوة في إندونيسيا، إذ بلغ إجمالي إنتاجها ٧٢,٢٢١ طنًا عام ٢٠٢٣م وكشفت التذبذبات السنوية في مستويات الإنتاج عن الحاجة الماسة إلى التنبؤ الدقيق، بهدف الحفاظ على توازن العرض واستقرار الأسعار. استندت هذه الدراسة إلى منهجية الشبكة العصبية الاصطناعية بخوارزمية الانتشار العكسي، التي تتميز بقدرتها على نمذجة أنماط التذبذب المعقدة وغير الخطية في البيانات. هدفت الدراسة إلى التنبؤ بإنتاج القهوة في ٢١ منطقة من مناطق جاوى الشرقية، مستعينة بالبيانات الصادرة عن المكتب المركزي للإحصاء للفترة الممتدة من عام ٢٠٠٠م إلى عام ٢٠٢٣م وقد بني نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية وفق بنية متعددة الطبقات بمعمارية (٦٣-٤٢-٢١) تمثل طبقات الإدخال والإخفاء وإخراج على التوالي، مع توظيف دالة التنشيط وأسلوب التحسين شبه نيوتن. وقد قسّمت البيانات إلى مجموعة تدريب بنسبة ٩٠٪ تغطي الفترة (٢٠٠٣-٢٠٢٠م)، ومجموعة اختبار بنسبة ١٠٪ تغطي الفترة (٢٠٢١-٢٠٢٣م). وأسفرت نتائج تقييم مرحلة الاختبار عن متوسط نسبة الخطأ المطلقة بقيمة ١٧,٢٨٪ ومتوسط مربع الخطأ بقيمة ٠,٠١٤٩ وخلصت الدراسة إلى أن نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية قادر على التنبؤ بإنتاج القهوة في جوى الشرقية بدقة تصنّف ضمن مستوى 'جيد'.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada tubuh manusia terdapat organ tubuh yang mempunyai kemampuan luar biasa yaitu otak. Pada otak terdapat neuron-neuron yang bekerja berdasarkan sinyal yang kemudian otak akan merespon menjadi sebuah aktivitas. Otak sebagai sumber kecerdasan manusia yang bekerja sebagai pusat pikiran manusia melalui sistem saraf yang dapat mengambil keputusan dari informasi yang diperoleh (Syafa'ati, 2018). Sehingga dengan kemajuan teknologi yang semakin pesat mampu mengembangkan sistem yang dapat meniru kecerdasan manusia. Salah satu kecerdasan manusia yang digunakan adalah *artificial neural network*.

Artificial Neural Network (ANN) adalah model yang memiliki sistem kerja seperti sistem saraf manusia dalam memproses informasi (Hermawan, 2006). ANN melakukan pemrosesan informasi seperti yang terjadi dalam sistem kerja otak. Pada neuron saraf manusia, dendrit memproses sinyal *input* yang kemudian diterjemahkan oleh *axon*. Pada neuron buatan, *input-input* yang dipakai diatur oleh proses *learning* untuk menghasilkan *output*. Oleh karena itu, ANN adalah jaringan yang mempunyai hubungan antar simpul-simpulnya dan bobot koneksi yang telah dilatih untuk mendapatkan respon atau *output*.

ANN dibentuk dari generalisasi model matematika dalam sistem saraf dengan asumsi dalam neuron terjadi proses informasi. Sinyal dikirim pada neuron-neuron dengan penghubung (sinapsis). Neuron akan mempunyai bobot dari sinapsis untuk memperkuat atau memperlemah sinyal. Fungsi aktivasi digunakan pada

setiap neuron yang berdasarkan jumlah *input* yang diterima untuk menentukan batas ambang suatu *output* (Siang, 2005).

Arsitektur ANN adalah neuron yang ada pada layer *input*, *hidden* dan *output* yang saling terhubung (Gema, 2016). Metode yang dapat digunakan pada ANN adalah algoritma *backpropagation*. Algoritma *backpropagation* sangat baik digunakan untuk membuat peramalan karena mempunyai kinerja baik dengan data yang kompleks.

Penerapan ANN dengan algoritma *backpropagation* salah satunya terhadap peramalan produksi kopi. Kopi menjadi salah satu komoditi yang memiliki potensi dalam meningkatkan pendapatan nasional bagi negara. Menurut data ICO (*International Coffe Organization*) pada tahun 2022-2023 bahwa kopi telah dikonsumsi mencapai 173,1 juta karung (1 karung = 60 kg) (ICO, 2023). Kopi memiliki peranan penting bagi Indonesia sebagai penghasil devisa negara yakni sebesar USD 1,15 Milyar dengan volume ekspors sebesar 437,56 ribu ton pada tahun 2022 (Kementerian Pertanian, 2023). Selain itu pasar kopi yang ada dalam negeri masih cukup luas dengan banyaknya kedai maupun *cafe* yang masih menjadikan kopi sebagai produk yang disajikan bagi pelanggan.

Menurut Badan Pusat Statistik (2023) Produksi kopi di Indonesia dari tahun 2020 sampai dengan 2022 mengalami fluktuasi. Data produksi kopi pada tahun 2020 sebesar 763.380 ton menjadi 786.191 ton pada tahun 2021 (meningkat sebesar 3%). Sedangkan pada tahun 2022, produksi kopi menurun sebesar 774.961 ton (menurun sebesar 1,43%) (BPS, 2023)

Jawa Timur merupakan provinsi dengan produsen kopi terbesar kelima di Indonesia setelah Aceh, Sumatera Utara, Lampung dan Sumatera Selatan. Menurut

data BPS Jawa Timur pada tahun 2023, produksi kopi di Jawa Timur dari tahun 2020 sampai dengan 2022 terjadi peningkatan. Produksi kopi pada tahun 2020 mencapai 68.885 ton menjadi 69.632 ton (meningkat sebesar 1,08%) pada tahun 2021 dengan luas area produksi 113.330 Ha. Pada tahun 2022 produksi kopi terjadi penurunan sebesar 68.916 ton (menurun sebesar 1,03%) dengan luas area produksi 116.169 Ha (BPS Provinsi Jawa Timur, 2023). Jawa Timur menjadi produsen kopi di Indonesia yang memiliki peran dalam meningkatkan jumlah kebutuhan kopi bagi Indonesia baik yang digunakan sebagai kegiatan ekonomi masyarakat maupun komoditas ekspor Indonesia. Oleh karena itu untuk meminimalisir terjadinya kekurangan atau kelebihan pasokan kopi dalam memenuhi kebutuhan masyarakat agar menjaga stabilitas harga dan kelangkaan bahan maupun kebutuhan pasar Internasional sehingga diperlukan peramalan tentang produksi kopi dengan menggunakan data produksi kopi. Berdasarkan hal itulah penulis melakukan penelitian dengan judul “Penerapan *Artificial Neural Network* dalam Meramalkan Produksi Kopi di Jawa Timur.”

Beberapa penelitian yang serupa yaitu penelitian oleh Jefansa (2022) dalam meramalkan produksi kopi menggunakan algoritma *backpropagation* dengan arsitektur jaringan yang paling tepat mampu meramalkan produksi kopi. Penelitian oleh Evita (2021) memberikan kesimpulan rancangan ANN menggunakan jaringan *Multilayer* berhasil memperoleh hasil prediksi produksi jagung untuk periode berikutnya. Penelitian lainnya tentang algoritma *backpropagation* yang dilakukan Sijabat dkk (2020) membahas ANN menggunakan metode *backpropagation* dalam memprediksi harga komoditi produk kopi lokal nasional dengan pemetaan

karakteristik konsumen. Jenis produk kopi yang digunakan adalah kopi arabika dan robusta

Tanaman kopi merupakan rezeki yang telah Allah berikan kepada makhluk-Nya. Allah menyinggung di dalam al-Qur'an kepada manusia agar menggunakan rezeki yang telah diberikan dengan baik. Allah berfirman dalam surah al-Baqarah ayat 172 yaitu.

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا كُلُوا مِن طَيِّبَاتِ مَا رَزَقْنَاكُمْ وَاشْكُرُوا لِلّٰهِ إِن كُنتُمْ ءِيَّاهُ تَعْبُدُونَ

“Wahai orang-orang yang beriman! Makanlah dari rezeki yang baik yang Kami Berikan kepadamu dan bersyukurlah kepada Allah, jika kamu hanya menyembah kepada-Nya” (Departemen Agama RI, 2014).

Ayat tersebut menjelaskan secara tersirat menganjurkan untuk mengonsumsi makanan yang halal lagi baik dari berbagai rezeki yang telah Allah berikan salah satunya tanaman kopi. Sedangkan untuk bentuk syukur kepada Allah dengan menerapkan ilmu dalam perencanaan jumlah produksi kopi dengan baik agar tidak terjadi kekurangan atau kelebihan produksi yang akan berdampak buruk.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan *artificial neural network* dalam meramalkan produksi kopi di Jawa Timur?
2. Bagaimana keakuratan model dari *artificial neural network* dalam meramalkan produksi kopi di Jawa Timur?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis penerapan dari *artificial neural network* dalam meramalkan produksi kopi di Jawa Timur.
2. Menganalisis keakuratan model dari *artificial neural network* dalam meramalkan produksi kopi di Jawa Timur.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas maka diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan bagi penulis khususnya tentang metode *artificial neural network*.
2. Sebagai referensi dalam penerapan peramalan produksi menggunakan *artificial neural network*.
3. Memberikan masukan bagi instansi atau perusahaan terkait mengenai penerapan peramalan produksi kopi menggunakan metode *artificial neural network* untuk membantu dalam perencanaan dan pengelolaan produksi kopi.

1.5 Batasan Masalah

Diberikan batasan agar masalah tidak meluas. Batasan masalah yang digunakan sebagai berikut:

1. Metode yang digunakan adalah algoritma *backpropagation* dengan arsitektur *multilayer network*.
2. Fungsi aktivasi yang digunakan adalah fungsi *ReLU*
3. Metode optimasi yang digunakan adalah metode *Quasi-Newton*.

1.6 Definisi Istilah

1. Peramalan

Suatu pernyataan tentang sesuatu di masa depan dengan menggunakan perhitungan objektif menggunakan data dan informasi yang ada di masa lalu

2. *Input layer*

Lapisan yang membawa masuk data ke dalam sistem untuk melakukan pemrosesan pada *layer* selanjutnya

3. *Hidden layer*

Lapisan yang berada di antara *input layer* dan *output layer*. Lapisan ini melakukan penambahan bobot pada *input* untuk menghasilkan *output* dengan melalui fungsi aktivasi

4. *Output layer*

Lapisan terakhir pada jaringan *neural network*

5. Iterasi

Proses perulangan suatu pemrosesan *neural network* untuk menghasilkan nilai *error* yang optimal

6. Lag

Jumlah langkah waktu (time-steps) ke belakang yang digunakan sebagai data historis untuk memprediksi nilai pada masa depan

7. Parameter

Nilai-nilai pada bobot dan bias yang dipelajari dan diperbarui sendiri oleh jaringan berdasarkan data pelatihan

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 *Artificial Neural Network*

Artificial neural network (ANN) adalah sistem pemrosesan informasi yang berdasarkan pada penalaran manusia yang dimodelkan dalam fungsi dan aktivitas otak manusia (Nasir dkk., 2000). Menurut Siang (2005:2), ANN adalah sistem yang meniru jaringan saraf biologi untuk memproses informasi yang masuk. ANN adalah sistem analisis dengan sistem kerja berdasarkan aktivitas jaringan saraf manusia. Jaringan yang mempunyai neuron-neuron yang saling berhubungan. Pada neuron saraf manusia, dendrit memproses sinyal *input* yang kemudian dipahami oleh *axon*. Sedangkan pada neuron buatan, terdapat proses *learning* yang dapat menjalankan sinyal *input* untuk menghasilkan *output* (Harini, 2019).

Secara garis besar, ANN menghubungkan bagaimana sistem kerja otak manusia dengan logika numerik yang diadaptasi pada peralatan komputer. ANN dikembangkan pertama kali oleh Warren McCulloch dan Walter Pitts pada tahun 1943 dengan merancang sebuah model formal perhitungan dasar neuron. ANN dibangun berdasarkan prinsip kerja otak manusia dalam mengolah informasi. Struktur pada sistem pemrosesan informasi terdiri dari neuron yang saling berhubungan dan berkerja sama untuk menyelesaikan masalah tertentu. ANN dibentuk dengan sekumpulan neuron sebagai pengolah informasi dan operasi untuk menjalankan fungsi (Siang, 2005).

Feed forward neural network menjadi salah satu dasar dari *artificial neural network*. Jaringan yang dapat menghubungkan jalur antara neuron yang diberi label *input* (angka terendah) hingga *output* (angka tertinggi), sehingga setiap neuron

terhubung ke neuron yang lebih tinggi (Ripley, 1996). Dalam prakteknya, hubungan jaringan pada beberapa lapisan diatur dan terhubung pada neuron yang lebih tinggi (Fauset dalam Harini, 2019). *Input* total terbentuk dari jumlah *input* setiap neuron dan menambahkan konstantan (bias) yang dihubungkan dengan fungsi aktivasi untuk menghasilkan suatu *output* yang dihubungkan bobot. Hubungan *input* dan *output* dinyatakan dalam fungsi berikut (Ripley, 1996).

$$y_k = f_k \left(W_{0k} + \sum_{j \rightarrow k} W_{jk} f_j \left(V_{0j} + \sum_{i \rightarrow j} V_{ij} x_i \right) \right) \quad (2.1)$$

Keterangan:

x : Sinyal *input*

y : Sinyal *output*

f_k : Fungsi aktivasi

V_{0j} : Nilai bias untuk *hidden*

W_{0k} : Nilai bias untuk *output*

i : $1, 2, \dots, l$

j : $1, 2, \dots, m$

k : $1, 2, \dots, n$

$\sum_{j \rightarrow k} W_{jk}$: Jumlah bobot dari *hidden* ke *output*

$\sum_{i \rightarrow j} V_{ij}$: Jumlah bobot dari *input* ke *hidden*

Definisi umum arsitektur yang terdiri dari *hidden layer* yang lebih dari satu yang terhubung dari *input* dan *output* dimana semua neuron memiliki fungsi yang sama yaitu f_h dan f_o dapat dinyatakan sebagai berikut (Ripley, 1996).

$$y_k = f_k \left(W_{0k} + \sum_{i \rightarrow k} W_{ik} x_i + \sum_{j \rightarrow k} W_{jk} f_h \left(V_{0j} + \sum_{i \rightarrow j} V_{ij} x_i \right) \right) \quad (2.2)$$

Bias dapat dihilangkan dengan memperkenalkan unit baru 0 yang berada pada +1 dan terhubung pada semua unit dengan menetapkan $w_{0j} = \alpha_j$. Bentuk umumnya adalah (Ripley, 1996).

$$y_k = f_0 \left(\sum_{i \rightarrow k} W_{ik} x_i + \sum_{j \rightarrow k} W_{jk} f_h \left(\sum_{i \rightarrow j} V_{ij} x_i \right) \right) \quad (2.3)$$

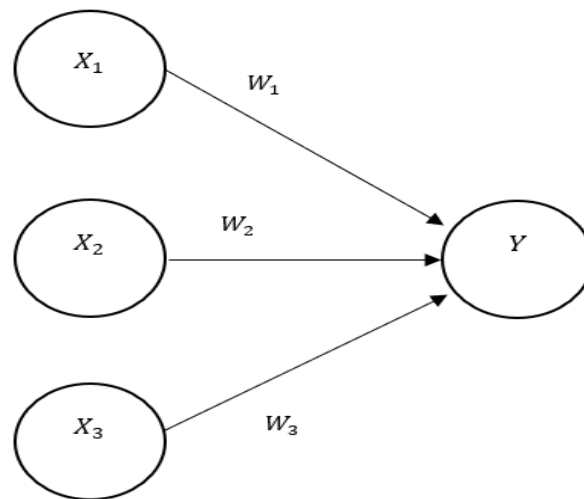
Arsitektur ANN sebagai *non-linier* regresi logistik menggunakan fungsi logistik terhadap *output* dan mempunyai bentuk “*skip layer*”. Apabila *output* pada neuron berjumlah banyak maka arsitektur sesuai dengan “*linked logistic regression*” (Sri Harini, 2019).

Setiap neuron j memiliki *input* x_j dan *output* y_j . Neuron *input* adalah *input* seluruh jaringan. Neuron *output* adalah *output* dari seluruh jaringan. Sehingga sinyal pada jaringan dapat ditentukan dengan persamaan (Ripley, 1996).

$$y_j = f_j(x_j), \quad x_j = \sum_{i \rightarrow j} V_{ij} y_i \quad (2.4)$$

Artificial neural network ditentukan oleh 3 hal:

1. Arsitektur jaringan
2. Metode dalam menentukan bobot hubungan antar neuron
3. Fungsi aktivasi (Siang, 2005)



Gambar 2.1 Arsitektur Neuron

Pada Gambar 2.1, *input* X_1, X_2 dan X_3 dengan bobot hubungan W_1, W_2 dan W_3 diterima oleh Y . Besarnya nilai yang diterima oleh Y mengikuti fungsi aktivasi.

2.1.1 Arsitektur Jaringan *Artificial Neural Network*

Arsitektur ANN merupakan susunan neuron yang ada dalam *layer* dengan pola koneksinya. Arsitektur jaringan berperan dalam mencapai keberhasilan target yang diinginkan karena arsitektur yang sama tidak dapat menyelesaikan semua permasalahan (Hermawan, 2006).

Struktur arsitektur dari *neural network* pada umumnya terdiri dari 3 *layer* yaitu

1. *Input Layer*

Data yang digunakan untuk data *training* pada sistem ANN. Simpul pada *input layer* berdasarkan pada jumlah data *input*.

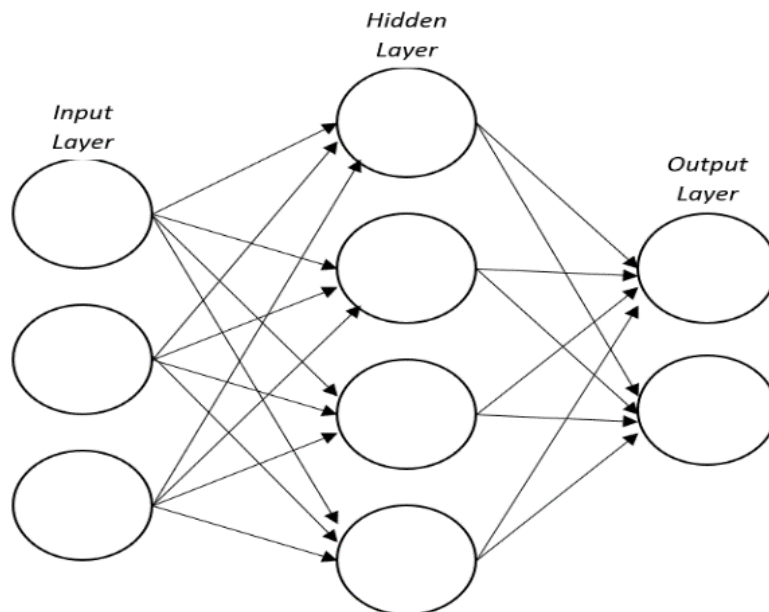
2. *Hidden Layer*

Simpul pada *hidden layer* sangat bervariasi. *Hidden layer* yang banyak akan membuat hasil yang baik namun *training* yang dilakukan juga semakin

lama. Pada *hidden layer* berisi dua proses yaitu fungsi penjumlahan bobot dan fungsi transformasi. Kedua fungsi tersebut sebagai penghubung dari data *input* ke *output* (Lenk dkk., 1997).

3. *Output Layer*

Merupakan data respon yang telah dimasukkan. Jumlah simpul pada *output layer* tergantung pada sistem ANN.



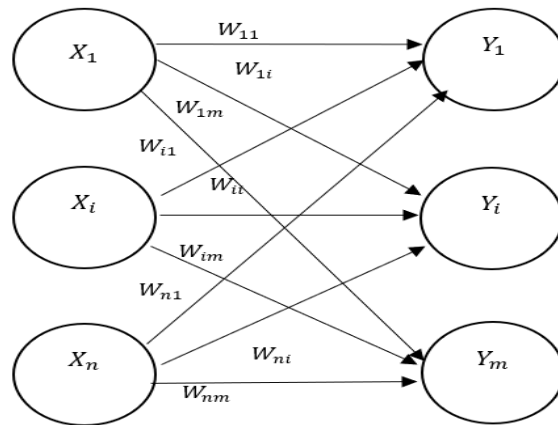
Gambar 2.2 Struktur Arsitektur Jaringan

Pada Gambar 2.2 menjelaskan bagaimana jaringan saraf tiruan bekerja. Neuron-neuron berkumpul dalam lapisan neuron. Pada neuron *input layer* terhubung ke *hidden layer*. Neuron pada *hidden layer* terhubung ke *layer* sebelum dan sesudah. Sedangkan pada *output layer* dihubungkan oleh *hidden layer*. Informasi akan dikirimkan dari satu *layer* ke *layer* lain melalui *hidden layer* dengan menggunakan algoritma pembelajaran yang telah ditentukan. Untuk meningkatkan kinerja jaringan, informasi dapat secara otomatis dikirim kembali ke jaringan saraf tiruan yang berbeda.

Berikut merupakan arsitektur jaringan ANN.

1. Jaringan Saraf dengan Lapisan Tunggal (*single layer network*)

Single layer network terdiri dari *layer input* yang bertugas menerima sinyal, *layer output* yang bertugas memberikan respon dan lapisan bobot koneksi. Jaringan ini hanya menerima *input* tanpa menambahkan *hidden layer* yang akan langsung diproses menjadi *output* (Hermawan, 2006).

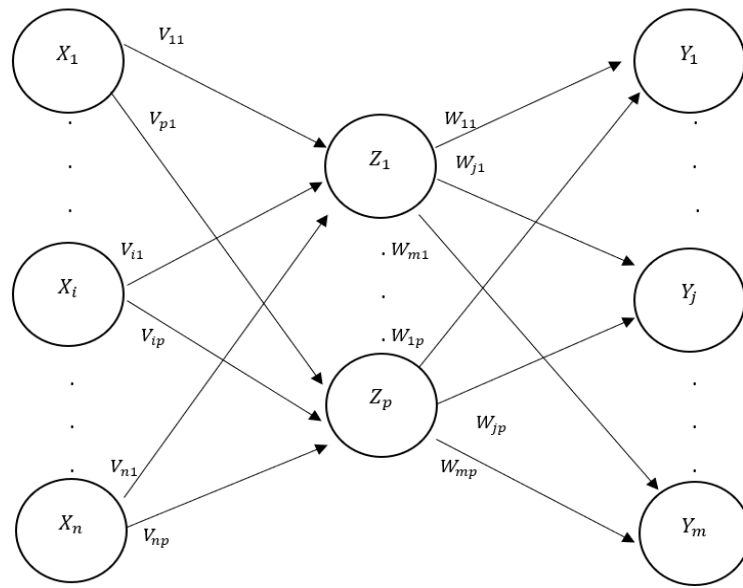


Gambar 2.3 Arsitektur *Single Layer Network*

Pada Gambar 2.3, arsitektur jaringan dengan n *input layer* ($X_1, X_2, \dots, X_n$) dan m *output layer* ($Y_1, Y_2, \dots, Y_m$). Semua unit *input* dengan bobot yang berbeda dihubungkan ke semua unit *output*. Bobot yang digunakan saling independen dan dapat dimodifikasi agar bisa meningkatkan keakuratan hasil (Siang, 2005).

2. Jaringan Saraf dengan Banyak Lapisan (*Multilayer network*)

Multilayer network mempunyai tiga jenis lapisan yaitu *input layer*, *output layer*, dan *hidden layer*. Jaringan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih kompleks daripada *single layer network*.



Gambar 2.4 Arsitektur *Multilayer Network*

Pada Gambar 2.4, arsitektur jaringan dengan n *input layer* ($X_1, X_2, \dots, X_n$) dihubungkan dengan sebuah *hidden layer* yang terdiri dari p buah unit ($Z_1, \dots, Z_p$) kemudian diteruskan opada m *output layer* ($Y_1, Y_2, \dots, Y_m$).

2.1.2 Fungsi Aktivasi

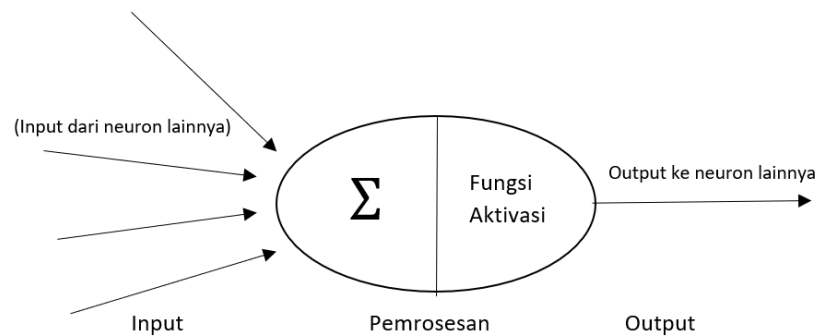
Pada *artificial neural network* untuk mendapatkan *output* suatu neuron yang berdasar dari proses yang dilakukan pada data *input* dengan tidak melebihi batasan sinyal pada *output* memerlukan fungsi aktivasi. Fungsi aktivasi untuk mencegah nilai *output* menjadi sangat besar yang dapat merusak struktur ANN. Fungsi aktivasi dalam ANN untuk mengontrol neuron akan aktif atau tidak.

Dalam hal ini, Siang (2005:26) menyatakan bahwa “argumen fungsi aktivasi adalah net masukan (kombinasi antara linier masukan dan bobotnya).”

$$net = \sum x_i w_i \quad (2.5)$$

dengan fungsi aktivasinya adalah

$$F(net) = f(\sum x_i w_i) \quad (2.6)$$



Gambar 2.5 Langkah Pemrosesan Neuron

(Gupta & Kashyap, 2015)

Fungsi aktivasi yang sering digunakan dalam ANN sebagai berikut.

1. Fungsi *threshold* (batas ambang)

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \geq a \\ 0 & \text{jika } x < a \end{cases} \quad (2.7)$$

Beberapa fungsi *threshold* untuk 0 atau 1 tidak digunakan

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \geq a \\ -1 & \text{jika } x < a \end{cases} \quad (2.8)$$

Fungsi *threshold* untuk -1 atau 1 sering digunakan, fungsi disebut *threshold* bipolar.

2. Fungsi *ReLU*

Fungsi aktivasi *ReLU* (Rectified Linear Unit) adalah salah satu jenis fungsi aktivasi yang paling umum digunakan dalam jaringan saraf tiruan tiruan.

$$f(x) = \max(0, x) \quad (2.9)$$

3. Fungsi sigmoid

Fungsi sigmoid dibagi menjadi 2 bagian yaitu

- 1) Fungsi sigmoid biner

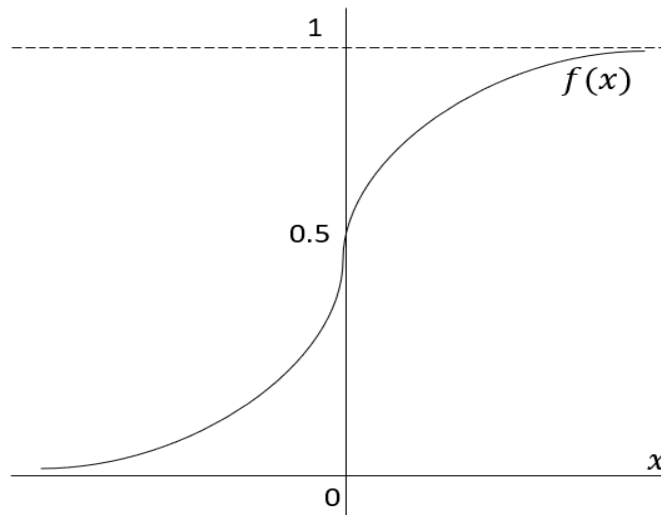
Fungsi yang baik digunakan untuk ANN. Fungsi sigmoid biner memiliki nilai dari 0 sampai 1 yang didefinisikan dan digambarkan secara sistematis sebagai berikut.

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

dengan

$$f'(x) = \sigma f(x)[1 - f(x)] \quad (2.11)$$

Fungsi aktivasi sigmoid biner disebut juga fungsi logsig



Gambar 2.6 Grafik Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner

2) Fungsi sigmoid bipolar

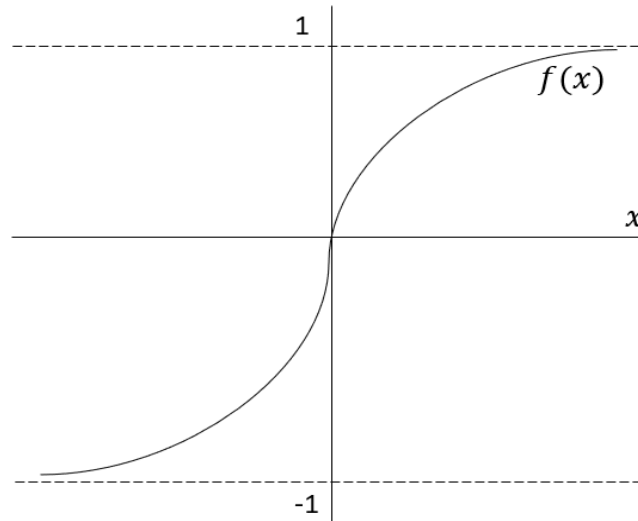
Fungsi sigmoid bipolar memiliki perbedaan dengan fungsi sigmoid biner yaitu *output* dari fungsi ini, pada sigmoid bipolar memiliki nilai dari -1 sampai 1 yang didefinisikan dan digambarkan secara sistematis sebagai berikut.

$$y = f(x) = \left(\frac{1-e^{-x}}{1+e^{-x}} \right) \quad (2.12)$$

dengan

$$f'(x) = \frac{\sigma}{2} [1 + f(x)][1 - f(x)] \quad (2.13)$$

Fungsi aktivasi sigmoid bipolar disebut juga fungsi tansig



Gambar 2.7 Grafik Fungsi Aktivasi Sigmoid Bipolar

4. Fungsi identitas

$$f(x) = x \quad (2.14)$$

Fungsi identitas sering dipakai ketika ingin *output* jaringan berupa sembarang bilangan riil rangenya bukan hanya $[0,1]$ atau $[-1,1]$ (Siang, 2005).

2.1.3 Bobot, Bias dan *Epoch*

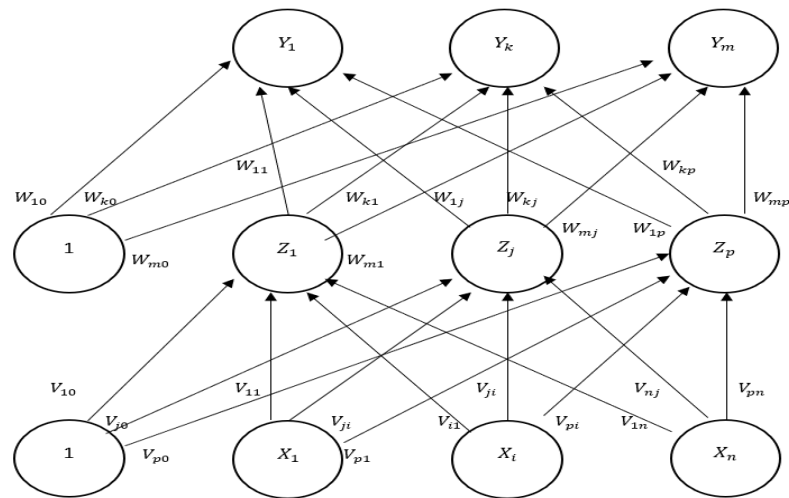
1. Bobot pada ANN berfungsi sebagai jalur penghubung antara *layer* dengan mengalikan nilai yang diterima dari *input*. Bobot dapat dimodifikasi agar menghasilkan *output* yang diinginkan dari nilai *input*. Inisiasi nilai awal bobot pada rentang nilai -1 sampai 1 atau -0,5 sampai 0,5 yang dilakukan secara random.
2. Bias adalah nilai yang tidak pasti pada suatu *layer*. Bias terdapat pada *hidden layer*

3. *Epoch* adalah jumlah proses pengulangan atau iterasi pada pola untuk menghasilkan nilai *error* yang telah ditentukan.

2.2 Backpropagation Artificial Neural Network

Backpropagation adalah sebuah algoritma dalam jaringan saraf tiruan yang dapat mencapai keseimbangan antara jaringan dalam mendeteksi pola pada data latihan. Kapasitas *backpropagation* mampu mendapatkan respon yang akurat terhadap pola *input*, meskipun berbeda dengan pola yang digunakan selama proses *training* (Kusmaryanto, 2014).

Backpropagation mempunyai *hidden layer* lebih dari satu. Arsitektur *backpropagation* dengan n unit *input* dengan sebuah bias, *hidden layer* dengan p unit dengan sebuah bias, serta m unit *output*. Seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Langkah Pemrosesan Neuron

Pada Gambar 2.8, V_{ji} adalah bobot dari *input* X_i yang terhubung ke *hidden layer* Z_j . V_{j0} adalah bobot dari bias *input* ke *hidden* Z_j . W_{kj} adalah bobot dari *hidden* Z_j ke *output* Y_k dan W_{k0} bobot dari bias *hidden* ke *output* Y_k .

Syarat fungsi aktivasi pada *backpropagation* yaitu “kontinu, terdiferensial dengan mudah dan fungsi yang tidak turun” (Siang, 2005:99). Fungsi sigmoid biner adalah salah satu fungsi yang dapat memenuhi ketiga syarat tersebut. Fungsi ini mampu mengurangi efek nilai *input* yang berlebihan sehingga dapat membuat jaringan kuat dalam menghasilkan *output*.

Algoritma *backpropagation* secara umum terdapat tiga tahap yakni:

1. *Feedforward*

Feedforward atau propagasi maju, sinyal *input* dipropagasikan ke *hidden layer* dengan menggunakan fungsi aktivasi yang telah ditentukan. Sistem akan berjalan sampai menghasilkan nilai *output*. Nilai *output* yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan target yang akan dicapai. Selisih antara target dan nilai *output* disebut nilai *error*. Apabila nilai *error* lebih kecil dari batas maksimum *error* yang ditentukan, maka iterasi akan tidak akan dilanjutkan. Tapi apabila *error* yang dihasilkan lebih besar dari batas maksimum *error*, maka bobot akan diatur ulang untuk mengurangi nilai *error* agar tidak melebihi batas maksimum *error* (Siang, 2005). Pada setiap *layer* dilakukan penjumlahan bobot dengan menerapkan fungsi sigmoid pada setiap unit *input* untuk menghitung *output*.

2. *Backpropagation*

Backpropagation atau propagasi mundur, proses penghitungan *error* dengan cara mengubah bobot pada semua jaringan. Semua jaringan akan dihitung nilai *error*nya, pada penghubungnya nilai bobot akan diubah. Proses perhitungan dilakukan mundur yaitu dari *output layer* sampai pada *input layer*. Penghitungan *error* dilakukan dari *output layer* setiap bobot

berhubungan dengan *output*. Nilai *error* pada *hidden layer* akan dihitung sehingga kemudian proses berlanjut sampai pada *input layer* (Siang, 2005).

3. Perubahan Bobot

Setelah nilai *error* dihitung, maka bobot pada jaringan akan dimodifikasi untuk disesuaikan. Penyesuaian bobot didasarkan atas faktor *error* neuron di *layer*

Langkah-langkah algoritma *backpropagation* sebagai berikut (Siang, 2005).

Tahap Inisialisasi

1. Inisialisasi bobot (ambil bobot awal dengan nilai random yang cukup kecil)
2. Tetapkan: Maksimum *Epoch*, target *Error* dan *Learning Rate*
3. Inisialisasi: *Epoch* = 0, *Mean Square Error* = 1

Fase I Feedforward

Langkah 1 : Setiap unit *input* X_i , ($i = 1, 2, \dots, n$) menerima sinyal *input* dan diteruskan ke *hidden layer*

Langkah 2 : Setiap *hidden layer* Z_j , ($j = 1, 2, \dots, p$) dijumlahkan dengan bobot sinyal *input*:

$$Z_{net\ j} = V_{j0} + \left(\sum_{i=1}^n X_i \times V_{ji} \right) \quad (2.15)$$

Keterangan:

$Z_{net\ j}$: Nilai *output* untuk unit Z_i

V_i : Nilai *input* pada unit i

V_{ji} : Bobot antara *input* unit i dan *hidden layer* j

V_{j0} : Bobot bias antara *input* unit i dan *hidden layer* j

Untuk menghitung sinyal *output* maka digunakan fungsi aktivasi:

$$Z_j = f(Z_{net\ j}) \quad (2.16)$$

Keterangan:

Z_j : Nilai aktivasi dari unit $Z_{net\ j}$

$Z_{net\ j}$: Nilai untuk menghitung *hidden layer*

Langkah 3 : Sinyal tersebut dikirim ke semua unit *output* kemudian
dihitung unit $Y_k, (k = 1, 2, \dots, m)$

$$Y_{net\ k} = W_{0k} + \left(\sum_{j=1}^p W_{kj} Z_j \right) \quad (2.17)$$

Keterangan:

$Y_{net\ jk}$: Nilai *input* unit Y_{jk}

W_{0k} : Bobot bias sambungan untuk unit unit Y_k

W_{kj} : Bobot sambungan dari Z_j ke unit Y_k

Menghitung keluaran menggunakan aktivasi

$$Y_k = f(Y_{net\ k}) \quad (2.18)$$

Keterangan:

Y_k : Nilai *output layer*

$Y_{net\ k}$: *Input* untuk unit Y_k

Fase II *Backpropagation*

Langkah 4 : Hitung faktor δ unit *output* berdasarkan *error* di setiap unit
output $Y_k, (k = 1, 2, \dots, m)$

$$\delta_k = (t_k - Y_k) f'(Y_{net\ k}) \quad (2.19)$$

Keterangan:

δ_k : Nilai aktivasi *error* pada *output layer*

t_k : Nilai target data

Menghitung bobot baru

$$\Delta W_{kj} = \alpha \delta_k Z_j \quad (2.20)$$

Keterangan:

ΔW_{kj} : Selisih antara $W_{kj}(t)$ dengan $W_{kj}(t + 1)$

α : Nilai *learning rate*

Z_j : Nilai aktivasi dari unit Z_j

Menghitung koreksi bias

$$\Delta W_{0k} = \alpha \delta_k \quad (2.21)$$

Keterangan:

ΔW_{0k} : Koreksi nilai bias

Langkah 5 : Hitung faktor δ unit *output* berdasarkan *error* di setiap unit

hidden Z_j , ($j = 1, 2, \dots, p$) menjumlahkan delta *input*

$$\delta_{net\ k} = \sum_{k=1}^k \delta_k w_{kj} \quad (2.22)$$

Keterangan:

$\delta_{net\ k}$: Nilai *error* pada *hidden layer*

W_{kj} : Bobot dari Z_j ke Y_k

Faktor δ unit *hidden*:

$$\begin{aligned} \delta_k &= \delta_{net\ k} f'(z_{net\ j}) \\ &= \delta_{net\ k} z_j (1 - z_j) \end{aligned} \quad (2.23)$$

Keterangan:

δ_k : Nilai aktivasi *error* pada *hidden layer*

Menghitung koreksi bobot

$$\Delta V_{ji} = \alpha \delta_j X_i \quad (2.24)$$

Keterangan:

ΔV_{ij} : Selisih antara $V_{ij}(t)$ dengan $V_{ij}(t + 1)$

α : Nilai *learning rate*

x_i : Nilai pada *input layer*

Menghitung koreksi bias

$$\Delta V_{0j} = \alpha \delta_j \quad (2.25)$$

Keterangan:

ΔV_{0k} : Koreksi nilai bias

Fase III Perubahan Bobot

Langkah 6 : Setiap unit *output* $Y_k, (k = 1, 2, \dots, m)$ memperbarui bobot dan biasnya.

$$W_{kj}(\text{baru}) = W_{kj}(\text{lama}) + \Delta W_{kj} \quad (2.26)$$

Setiap unit *hidden* $Z_j, (j = 1, 2, \dots, p)$ memperbarui bobot dan biasnya.

$$V_{ji}(\text{baru}) = V_{ji}(\text{lama}) + \Delta V_{ji} \quad (2.27)$$

Langkah 7 : Menghitung MSE (*Mean Square Error*)

Dari bobot-bobot yang telah dihasilkan akan digunakan sebagai proses awal untuk proses *epoch* selanjutnya. Proses pelatihan diulang hingga mencapai target *maksimum epoch*.

Rancangan arsitektur *artificial neural network backpropagation* bergantung terhadap masalah yang ingin diselesaikan. Jika *input* berjumlah besar atau *output* yang ditentukan besar, maka jumlah *node* di *hidden layer* yang lebih banyak, tetapi tetap ada batas optimumnya.

2.2.1 Bobot dan Bias Awal

Bobot awal berpengaruh dalam membantu jaringan untuk mencapai titik minimum dan mempercepat konvergensi. Nilai fungsi aktivasi yang diberikan oleh bobot tidak boleh bernilai kecil karena akan membuat perubahan nilai bobotnya menjadi sangat kecil. Begitu juga untuk nilai bobot yang terlalu besar akan membuat fungsi aktivasi memiliki nilai yang kecil. Oleh karena itu, standar nilai bobot dan bias pada *backpropagation* dimasukkan dengan bilangan acak kecil (Siang, 2005)

He Initialization merupakan salah satu metode dalam menentukan nilai bobot awal. Pada jaringan dengan fungsi aktivasi *ReLU* sering terjadinya ketidakseimbangan variansi sinyal yang melewati lapisan-lapisan jaringan. Akibatnya, pada jaringan yang sangat dalam, sinyal cenderung mengecil secara eksponensial (*vanishing*) atau membesar secara eksponensial (*exploding*), sehingga memperlambat atau bahkan menghentikan proses pembelajaran. Sehingga dirancang metode *He initialization* khusus untuk mengatasi masalah tersebut (He dkk., 2015) Dasar matematis *He Initialization* (He dkk., 2015). Pada sebuah lapisan n unit *input*, *output* sebelum fungsi aktivasi dirumuskan sebagai berikut.

$$y = W \cdot x \quad (2.28)$$

Keterangan

W : Matriks bobot

x : Vektor input

n : Jumlah input

Variansi *output* dapat ditulis sebagai berikut.

$$Var[y] = n \cdot Var[W] \cdot Var[x] \quad (2.29)$$

Karena fungsi aktivasi *ReLU* mematikan setengah dari nilai masukan (semua nilai negatif menjadi nol), variansi aktivasi setelah melewati *ReLU* menjadi setengah dari variansi sebelumnya.

$$Var[x1] = \frac{1}{2} \cdot var[y] \quad (2.30)$$

Agar variansi sinyal tidak mengecil atau membesar secara eksponensial sepanjang lapisan-lapisan jaringan, menurunkan syarat yang harus dipenuhi oleh variansi bobot.

$$Var[W] = \frac{1}{2} \cdot n \quad (2.31)$$

Kondisi inilah yang menjadi inti dari He Initialization.

Bobot diinisialisasi dari distribusi normal dengan rata-rata nol dan standar deviasi.

$$W \sim N(0, \sigma^2) \text{ dimana } \sigma = \sqrt{\left(\frac{2}{n}\right)} \quad (2.32)$$

2.2.2 Jumlah *Hidden Layer*

Backpropagation yang memiliki *hidden layer* dapat mengenali hubungan antara nilai *input* dan target dengan tingkat akurasi yang telah ditentukan. Sehingga pada jumlah *hidden layer* ditambah akan membuat pelatihan menjadi lebih mudah. Jika jaringan memiliki lebih dari satu *hidden layer* maka dalam *feedforward output* harus dihitung tiap *layer* dimulai dari *hidden layer* yang

terdekat dengan *input*. Sebaliknya dalam *backpropagation* faktor δ perlu dihitung untuk tiap *hidden layer* dimulai dari *output layer* (Siang, 2005).

2.2.3 Jumlah Pola Pelatihan

Jaringan yang dilatih dengan sempurna tidak ada jumlah yang pasti untuk berapa banyak pola pelatihan yang diperlukan. Jumlah pola pelatihan dipengaruhi oleh banyaknya bobot dalam jaringan dan tingkat akurasi yang diharapkan. Menurut Siang (2005), dalam menentukan jumlah pola pelatihan aturan dapat ditentukan berdasarkan rumusan

$$\text{Jumlah pola} = \text{Jumlah bobot} / \text{tingkat akurasi} \quad (2.33)$$

2.2.4 Lama Iterasi

Keseimbangan pada pengenalan pola pelatihan serta respon yang baik pada pola data pengujian merupakan tujuan dari *backpropagation*. Jaringan yang dilatih sampai mendapatkan pola pelatihan yang dapat dikenali dengan benar. Namun itu tidak dapat menjadi jaminan bahwa jaringan dapat mengenali pola pengujian dengan tepat.

Pada umumnya data akan dibagi menjadi 2 bagian yaitu pola data pelatihan (*training*) dan data pengujian (*testing*). Perubahan bobot terjadi pada pola pelatihan, selama pelatihan nilai *error* yang terjadi akan dihitung pada semua data (*training* dan *testing*). Selama nilai *error* menurun pelatihan terus dijalankan begitu juga ketika *error*nya sudah meningkat maka pelatihan tidak diteruskan atau ketika maksimum iterasi sudah tercapai. Jaringan sudah memiliki sifat yang spesifik dari data pelatihan dan sudah kehilangan kemampuan melakukan generalisasi (Siang, 2005).

2.2.5 Metode Optimasi

Metode optimasi yang sering digunakan dalam *backpropagation* adalah metode *Quasi-Newton*. Metode *Quasi-Newton* adalah metode untuk mencari titik maksimum atau minimum pada persamaan *non-linier*. Pada *backpropagation* metode ini terletak pada proses pembelajaran dalam menentukan bobot untuk meminimalkan fungsi kinerja jaringan. Konsep dasar *Quasi-Newton* adalah (Safruddin dkk., 2023).

$$w_{t+1} = w_t - H_t^{-1} g_t \quad (2.34)$$

Keterangan:

w_t : Vektor bobot dan bias koneksi

H_t : Matrik Hessien

g_t : Vektor gradien

Matrik hessien adalah turunan kedua dari indeks kinerja pada nilai bobot dan bias nilai ke-t sehingga matriks Hessien diperoleh dengan cara kompleks (Safruddin dkk., 2023). Inisial matriks Hessien dapat ditentukan pada masing-masing epoch secara iteratif pada awal *training*. Inisial matriks Hessien bersifat simetrik dan definit positif. Matriks yang digunakan adalah matriks identitas.

2.3 Normalisasi Data

Normalisasi data adalah proses mengubah data numerik dalam suatu dataset ke dalam rentang nilai yang sama agar masing-masing data mempunyai selisih nilai yang kecil (Sesilisvana dkk., 2025). Pada pelatihan ANN, normalisasi data adalah langkah yang perlu dilakukan dalam pengolahan data. Penyesuaian data ke bentuk skala umum agar hasil normalisasi dapat digunakan untuk membandingkan nilai

prediksi dengan nilai aktual. Dalam metode *backpropagation* dilakukan normalisasi data dengan interval $[0,1]$. Tujuan normalisasi untuk menyamakan skala data dalam dataset sehingga algoritma pembelajaran dapat bekerja dalam menghasilkan model dengan akurasi yang tinggi.

Rumus yang digunakan adalah metode *Min-Max Scaling*.

$$x' = \frac{(x - x_{min})}{(x_{max} - x_{min})} (b - a) + a \quad (2.35)$$

Keterangan:

x' : Nilai data normalisasi

x : Nilai data asli

x_{min} : Nilai data minimum

x_{max} : Nilai data maksimum

a : Nilai range terkecil

b : Nilai range terbesar

Proses tersebut dilakukan agar semua nilai berada dalam rentang yang sama, sehingga mengurangi risiko bias. Pada ANN, normalisasi ini membantu agar jaringan mampu mencapai konvergensi lebih cepat.

2.4 Denormalisasi Data

Denormalisasi adalah proses mengembalikan data yang telah dinormalisasi ke dalam bentuk nilai aslinya. Pada ANN proses denormalisasi data dilakukan agar *output* dari model dapat diinterpretasikan dalam bentuk sebenarnya. Proses ini bertujuan untuk mengembalikan data yang telah dimodifikasi untuk keperluan analisis ke dalam bentuk aslinya. Sehingga dapat dilakukan perbandingan langsung dari hasil nilai prediksi model dengan nilai data aktual.

Pada tahap normalisasi dilakukan metode *min-max scaling* (2.35), maka pada tahap denormalisasi adalah kebalikan matematisnya.

$$x = \frac{[(x' - a)(x_{max} - x_{min})]}{(b - a)} + x_{min} \quad (2.36)$$

Keterangan:

x' : Nilai data normalisasi

x : Nilai data asli

x_{min} : Nilai data minimum

x_{max} : Nilai data maksimum

a : Nilai range terkecil

b : Nilai range terbesar

2.5 Metode Evaluasi Kinerja

Hasil peramalan perlu dilakukan evaluasi untuk mengetahui keakuratan hasil peramalan. Evaluasi kinerja dilakukan untuk mengetahui model mampu menghasilkan peramalan yang mendekati nilai aktual.

Mean Squared Error adalah selisih kuadrat rata-rata nilai actual dan nilai prediksi. MSE berdasarkan pada nilai rata-rata *error*. Nilai MSE yang rendah atau mendekati nol maka hasil peramalan tersebut akurat dan dapat menjadi dasar perhitungan peramalan (James dkk dalam Ariani, 2022). Rumus perhitungan MSE ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$MSE = \frac{\sum_{k=1}^n (y_t - y_p)^2}{n} \quad (2.37)$$

Keterangan:

y_t : Nilai aktual

y_p : Nilai prediksi

n : Jumlah data

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (2.38)$$

RMSE mengukur kesalahan peramalan dengan nilai yang sama dengan data aslinya. Penggunaan RMSE untuk memahami kinerja model secara lebih realistis karena langsung dikaitkan dengan skala data.

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah persentase klasahan rata-rata yang bersifat mutlak. MAPE digunakan untuk mengukur ketepatan prediksi yang dibuat dengan menggunakan teknik peramalan. Metode MAPE mengungkapkan berapa banyak kesalahan prediksi dengan nilai aktual data. Rumus perhitungan persamaan MAPE sebagai berikut.

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{y_t - y_p}{y_t} \right|}{n} \times 100\% \quad (2.39)$$

Keterangan:

y_t : nilai aktual

y_p : nilai prediksi

n : banyaknya data

Semakin kecil kesalahan dalam MAPE, semakin akurat prediksinya. Analisa tentang Nilai MAPE yang dikategorikan menjadi empat seperti pada Tabel 2.1 (Ramadhan dkk., 2022).

Tabel 2.1 Nilai MAPE

Nilai	Kinerja Peramalan
$MAPE \leq 10\%$	Model peramalan sangat baik (<i>Excellent</i>)
$10\% < MAPE \leq 20\%$	Model peramalan baik (<i>Good</i>)
$20\% < MAPE \leq 50\%$	Model peramalan layak (<i>Reasonable</i>)
$MAPE > 50\%$	Model peramalan buruk (<i>Inaccurate</i>)

2.6 Kopi

Kopi merupakan minuman yang dihasilkan oleh buah tanaman kopi yang telah mengalami proses dipanggang. Buah tanaman kopi berbentuk biji-bijian. Biji kopi yang telah dipanen kemudian dilakukan proses lanjut agar dapat menjadi bahan minuman.

Komoditas kopi berperan sebagai sumber pendapatan petani, devisa negara serta penyedia lapangan pekerjaan (Chandra dkk., 2013). Terdapat 40 jenis variates kopi diantaranya kopi arabika dan robusta yang sering dibudidayakan untuk dijual dalam dunia perdagangan (Suwanto dkk, 2014). Kopi arabika adalah kopi tradisional dengan rasa yang paling enak. Sedangkan kopi robusta adalah kopi yang mengandung kafein lebih tinggi daripada jenis kopi lainnya.

Pada pengolahan kopi terdapat dua jenis pengolahan yaitu pengolahan kering (*dry process*) dan pengolahan basah (*wet process*). Pengolahan kering dilakukan pada lahan yang tidak terlalu luas karena alatnya sederhana dan biaya investasi rendah. Tahapan pengolahan kering diantaranya sortasi gelondong, pengeringan dan pengupasan (Octavianty & Hermawati, 2019). Pengolahan basah dengan cara merendam biji kopi ke dalam bejana khusus untuk dilakukan proses fermentasi, kemudian dilakukan pengeringan dengan mesin.

Kopi memiliki *zat addictive* yang mengandung beberapa senyawa yaitu kalium, polifenol dan kafein. Kandungan senyawa tersebut dapat mempengaruhi tekanan darah. Sifat menurunkan tekanan darah dimiliki oleh senyawa kalium dan polifenol sedangkan kafein bersifat meningkatkan tekanan darah (Martiani dan Leylana, 2012). Walaupun terdapat *zat addictive*, kopi masih menjadi minuman favorit dikalangan masyarakat.

Produksi merupakan kegiatan dalam mengubah bahan baku menjadi hasil akhir sesuai keinginan konsumen. Produksi kopi merupakan proses pengolahan biji kopi hasil dari perkebunan menjadi produk jadi seperti kopi bubuk dan kopi instan. Produksi kopi di Indonesia dapat ditingkatkan dengan melakukan peningkatan luas lahan perkebunan kopi yang produktif (Harum, 2022).

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan untuk meramalkan produksi kopi dengan metode *Artificial Neural Network* dengan algoritma *backpropagation*. Beberapa penelitian yang dijadikan referensi untuk penelitian ini diantaranya yaitu Fajri Jefansa (2022) tentang “Penerapan Jaringan Saraf Tiruan dalam Meramalkan Produksi Kopi Berdasarkan Provinsi” memberikan kesimpulan bahwa algoritma *backpropagation* dengan menerapkan arsitektur jaringan yang paling tepat dapat meramalkan produksi tanaman kopi. Pola arsitektur yang digunakan adalah 5-4-1 dengan hasil akurasi 99,9990002% dan MSE 0,001 dengan proses 417 *epoch*. Data yang digunakan yaitu data produksi tanaman kopi menurut provinsi Indonesia dari tahun 2015-2019.

Penelitian serupa yang dilakukan oleh Clarisna Evita (2021) tentang “Penerapan *Artificial Neural Network* Algoritma *Backpropagation* Pada Prediksi Produksi Jagung”. Pada penelitiannya menggunakan data produksi jagung yang berasal dari 19 Kota/Kabupaten di Jawa Timur. Diantaranya data luas tanam jagung (Ha), data luas panen jagung (Ha) dan data produktifitas jagung (ton/Ha) dari tahun 2016-2020 serta data produksi jagung (ton) dari tahun 2016-2021. Hasil penelitiannya menyimpulkan rancangan ANN menggunakan jaringan *multilayer* berhasil memperoleh hasil prediksi produksi jagung untuk periode berikutnya dengan tingkat akurasi mencapai 88,14%. Model prediksi meliputi *input layer* berjumlah 3, *hidden layer* berjumlah 3 dan *output layer* berjumlah 1 dengan *epoch* sebesar 200, *momentum* sebesar 0,5 dan *learning rate* sebesar 0,5.

Penelitian lain yang menjadi teori pendukung terkait algoritma backpropagation adalah penelitian yang dilakukan Sijabat dkk. (2020) dengan judul “Algoritma *Backpropagation* Prediksi Harga Komoditi terhadap Karakteristik Konsumen Produk Kopi Lokal Nasional”. Pada penelitiannya menggunakan data harga kopi Arabika dan Robusta dari provinsi Sumatera Utara, Sumatera Barat, Aceh, Sulawesi Selatan dan Nusa Tenggara Timur tahun 2015-2019. Hasil penelitian dengan menggunakan algoritma *backpropagation* mampu memprediksi harga kopi Arabika dan Robusta dengan akurasi 99.9988% dengan MSE 0,0015644 dengan menggunakan data bersifat *time series*.

Penelitian yang dilakukan Mahfuzh & Yuliantari (2022) dengan judul “Analisis Penerapan *Artificial Neural Network* algoritma Propagasi Balik untuk Meramalkan Harga Saham pada Bursa Efek Indonesia”. Data yang digunakan meliputi harga *open*, *close*, *high*, *low* dan Indeks Harga Saham Gabungan serta data

pelengkap untuk memperkuat hasil ramalan yaitu data analisis teknikal, inflasi, fundamental, nilai ekspor dan impor. Hasil penelitian dengan algoritma *backpropagation* dapat meningkatkan keakuratan peramalan harga saham. Dengan menggunakan *software* MATLAB memperoleh hasil peramalan dengan tingkat keakuratan sebesar 99,98% dan *Mean Square Error* sebesar 0,99 dengan menggunakan 500 *epoch*.

2.8 *Artificial Neural Network* dalam Kajian Keislaman

Allah berfirman pada surah Yunus ayat 101.

قُلْ أَنْظَرُوا مَاذَا فِي السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ ۚ وَمَا تُغْنِي آلَءَايَتُ وَالنُّذُرُ عَنْ قَوْمٍ لَا يُؤْمِنُونَ

“Katakanlah, Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di bumi! Tidaklah bermanfaat tanda-tanda (kebesaran Allah) dan rasul-rasul yang memberi peringatan bagi orang yang tidak beriman” (Departemen Agama RI, 2014).

Pada ayat tersebut, Allah telah menyuruh manusia untuk meneliti, mempelajari dan mengambil manfaat dari yang apa telah diciptakan oleh Allah baik di langit dan bumi.

Artificial neural network adalah sistem analisis yang berdasarkan pada jaringan saraf manusia. Sistem saraf manusia melakukan sistem yang beroperasi dari sel saraf biologis di dalam otak. Manusia diciptakan dengan otak yang berfungsi sebagai sistem saraf pusat dalam mengatur seluruh kegiatan kehidupan. Sehingga Allah SWT sangat teliti dalam menciptakan manusia sebagaimana ayat dalam surah at-Tin ayat 4.

لَقَدْ خَلَقْنَا الْإِنْسَانَ فِي أَحْسَنِ تَقْوِيمٍ

“Sungguh, Kami telah menciptakan manusia dalam bentuk yang sebaik-baiknya” (Departemen Agama RI, 2014).

Sehingga *artificial neural network* merupakan gambaran buatan bagaimana sistem pada otak manusia bekerja.

Pada *artificial neural network* terdapat jaringan yang terdiri dari sekumpulan neuron yang saling berinteraksi. Setiap neuron menjumlahkan *input* yang dipengaruhi konstantan (bias) untuk membentuk *input* total. Sehingga interaksi yang terjadi pada *input* dengan menerapkan fungsi aktivasi akan mendapatkan suatu *output*. Pada *input* pengaruh bobot sangat penting untuk menghasilkan *output* yang diinginkan. Dalam hadis Nabi Muhammad yang terdapat dalam Sahih Bukhari no 5534 (Muhammad & ismail al-Bukhori, 1992).

عَنْ أَبِي مُوسَى . رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ . عَنِ النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ مَثَلُ الْجَلِيسِ الصَّالِحِ وَالسَّوِّءِ
كَحَامِلِ الْمِسْكِ وَنَافِخِ الْكَيْبَرِ ، فَحَامِلُ الْمِسْكِ إِمَّا أَنْ يُخَذِّبَكَ ، وَإِمَّا أَنْ تَبْتَاعَ مِنْهُ ، وَإِمَّا أَنْ يَجِدَ مِنْهُ
رِيحًا طَيِّبَةً ، وَنَافِخُ الْكَيْبَرِ إِمَّا أَنْ يُحْرِقَ ثِيَابَكَ ، وَإِمَّا أَنْ يَجِدَ رِيحًا حَبِيثَةً

“Dari Abu Musa, dari Nabi Shallallahu ‘alaihi wa sallam, beliau bersabda: Sesungguhnya perumpamaan teman yang baik dan teman yang buruk adalah seperti penjual minyak wangi adakalanya akan memberimu, atau engkau membeli darinya, atau engkau memperoleh aroma wangi darinya. Sedangkan pandai besi adakalanya akan membakar bajumu atau engkau memperoleh aroma tidak sedap”

Dalam hadist tersebut menjelaskan bahwa pengaruh dari teman baik akan mendapatkan hal yang baik begitu juga sebaliknya (Fatih, 2019). Sehingga pada penerapan *artificial neural network*, *input* yang dipengaruhi bobot yang tepat akan menghasilkan *output* baik.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Pendekatan deskriptif kuantitatif yaitu penelitian yang menggunakan data dalam bentuk angka atau numerik. Data tersebut diproses secara analisis statistik sesuai kebutuhan penelitian. Selanjutnya dianalisis dan diolah secara struktur untuk menghasilkan informasi yang dapat dipahami.

3.2 Data dan Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang bersumber dari Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. Data yang digunakan yaitu data produksi kopi menurut kabupaten/kota di Jawa Timur pada tahun 2000 sampai 2023. Data tahun 2000-2005 bersumber dari publikasi oleh BPS Jawa Timur (2008) “Provinsi Jawa Timur dalam Angka 2006”. Data tahun 2006-2017 bersumber dari situs Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. Data 2018-2023 bersumber dari publikasi oleh BPS Jawa Timur bersumber dari publikasi oleh BPS Jawa Timur “Provinsi Jawa Timur dalam Angka” pada tahun 2021, 2023 dan 2024. Data ini merupakan data *time series* per tahun dalam mencatat perkembangan produksi kopi dari waktu ke waktu.

3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk dilakukan analisis. Hasil analisis data akan memberikan pemahaman terhadap pola data. Pemilihan metode peramalan

berdasarkan pada pemahaman pola data. Peneliti melakukan pengolahan data untuk melakukan peramalan dengan *software* MATLAB. Data akan dibagi menjadi dua bagian yaitu data pelatihan (*training*) dan data pengujian (*testing*).

3.4 Tahapan Penelitian

Langkah-langkah penelitian peramalan produksi kopi di Jawa Timur dengan metode *artificial neural network (ANN)* dengan algoritma *backpropagation* sebagai berikut.

1. *Preprocessing* Data

Data jumlah produksi kopi dari tahun 2000 sampai 2023 pada setiap kabupaten/kota disiapkan untuk digunakan pada proses pelatihan dan pengujian pada model. Menampilkan data asli untuk memberikan gambaran kondisi awal kemudian dilakukan normalisasi pada seluruh data. Metode normalisasi yang digunakan adalah *min-max scaling* berdasarkan nilai minimum dan maksimum dari keseluruhan data kedalam rentang nilai 0 hingga 1. Proses selanjutnya adalah menjadikan data ke dalam format *sequence* untuk keperluan arsitektur ANN. Setiap *sequence* memuat tiga tahun data sebagai *input* dan satu tahun berikutnya sebagai target. Proses *sequence* pada data produksi kopi dari tahun 2000-2023 menghasilkan 21 *sequence*.

2. Menentukan Model Arsitektur ANN

Penentuan model arsitektur ANN berdasarkan *sequence* yang telah terbentuk. Sehingga jumlah *neuron* pada lapisan *input* merupakan gabungan dari beberapa tahun sebelumnya sesuai dengan panjang *sequence*. Dalam

penelitian ini digunakan panjang sequence tiga tahun, dengan jumlah kabupaten sebanyak 21, sehingga jumlah neuron pada *input* layer adalah 63 neuron. Selanjutnya, ditentukan jumlah neuron pada lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan lapisan keluaran (*output layer*) sesuai kebutuhan prediksi. Arsitektur jaringan yang digunakan adalah 63 neuron pada *input* layer, 30 neuron pada *hidden layer* dan 21 neuron pada *output layer* yang mewakili jumlah produksi kopi pada tahun target prediksi setiap kabupaten.

3. Melakukan *Training Data*

Data yang telah melalui *preprocessing* dan membentuk *sequence* dilakukan proses *training* melalui algoritma *backpropagation* dengan fungsi aktivasi *ReLU* pada *hidden layer*. Pada bobot awal ditentukan secara acak, kemudian dilakukan metode optimasi dari hasil *error* pada *output* dengan menggunakan *Quasi-Newton*. Proses *training* dilakukan dengan jumlah *iterasi* yang telah ditentukan. Hasil dari proses *training* adalah model jaringan dengan bobot dan bias yang telah terlatih dalam mengenali pola data produksi kopi dari tahun-tahun sebelumnya.

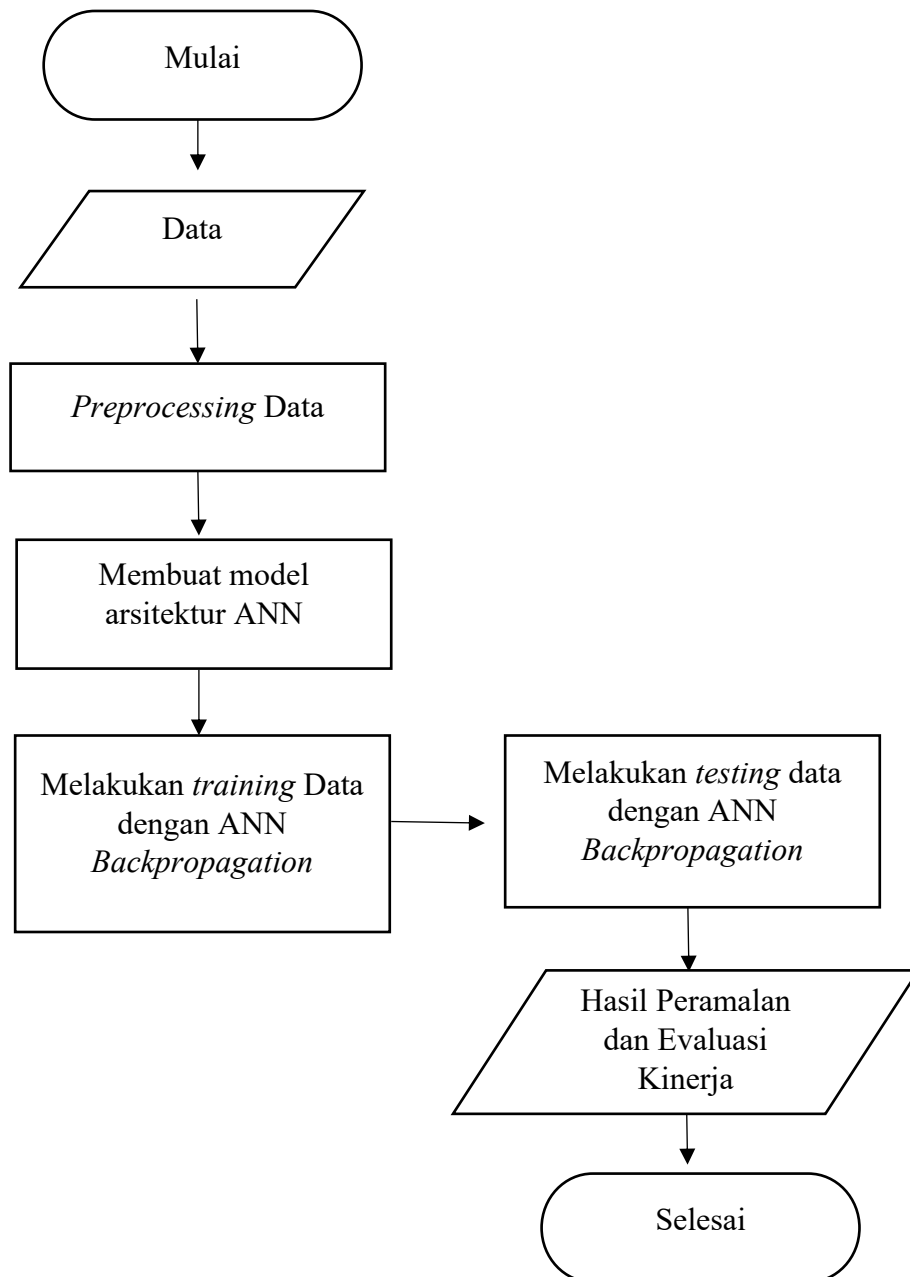
4. Melakukan *Testing Data*

Model yang telah dilakukan pada proses *training* kemudian dilakukan pada proses pengujian (*testing*). Proses pengujian dilakukan dengan memberikan *input data sequence* pada model *training*. Hasil dari proses *testing* adalah data nilai prediksi yang kemudian dinormalisasi ke dalam bentuk skala aslinya. Data prediksi kemudian dibandingkan dengan data aktual kemudian dilakukan evaluasi kinerja model.

5. Melakukan Evaluasi Model

Hasil dari proses *testing* kemudian dilakukan evaluasi model menggunakan MAPE dan RMSE. Proses ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan model dalam melakukan proses peramalan.

Tahapan penelitian ini sesuai pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Flowchart Proses Analisis Data

BAB IV

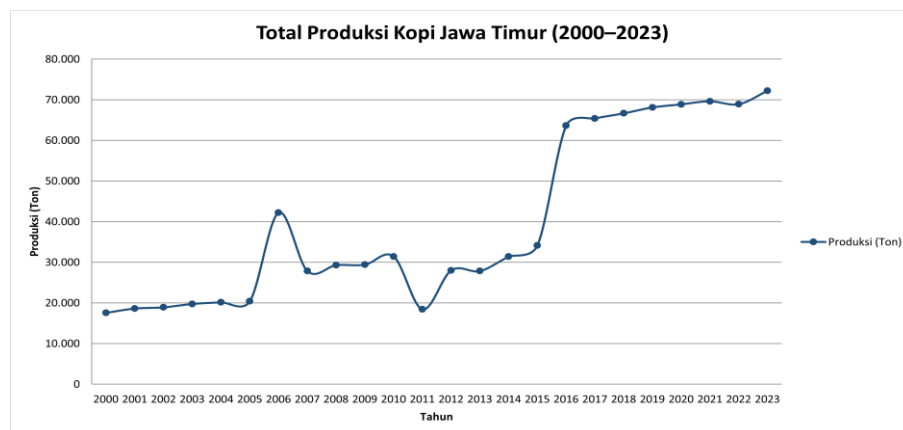
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Deskriptif

Data yang digunakan adalah data jumlah produksi kopi tahunan dari wilayah kabupaten/kota di Jawa Timur dalam periode tahun 2000-2023 yang diperoleh dari sumber resmi, yaitu Badan Pusat Statistik (BPS). Keseluruhan data dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Tabel 4.1 adalah data produksi kopi Jawa Timur dari tahun 2000-2023.

Tabel 4.1 Produksi Kopi Jawa Timur

Tahun	Produksi Kopi Jawa Timur (Ton)
2000	17.564
2001	18.626
2002	18.914
2003	19.747
2004	20.156
2005	20.432
⋮	⋮
2023	72.221



Gambar 4.1 Grafik Produksi Kopi Jawa Timur

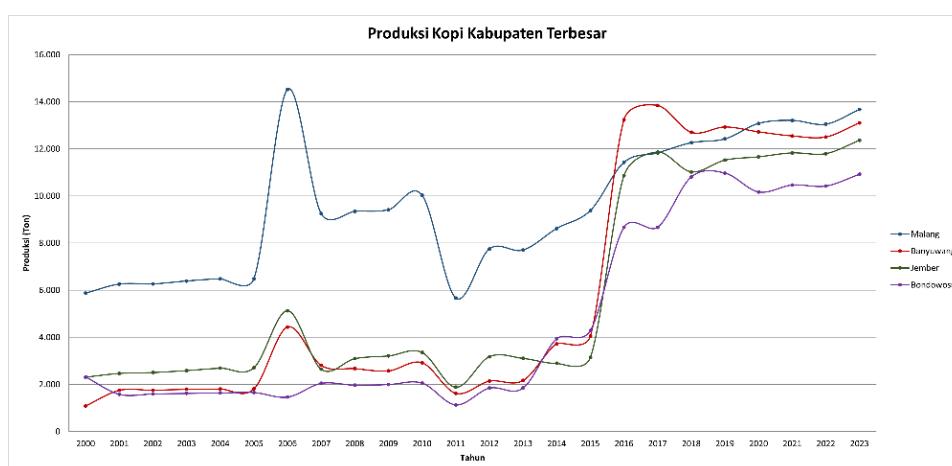
Pada Gambar 4.1 secara umum jumlah produksi kopi menunjukkan tren naik dalam jangka panjang. Pada periode 2000-2015 terjadi fluktuasi yaitu pada

tahun 2006 yang mengalami kenaikan yang tinggi kemudian mengalami penurunan pada tahun 2007 dan tahun 2011 yang mengalami penurunan signifikan kemudian mengalami kenaikan pada tahun 2012. Pada periode 2016-2023 dapat dikategorikan sebagai fase kenaikan yang stabil daripada periode sebelumnya. Sehingga pola fluktuasi pada jumlah produksi di Jawa Timur menunjukkan pola pertumbuhan yang tidak linier.

Produksi kopi di Jawa Timur sekitar total 50% produksi dihasilkan oleh kabupaten Malang, Jember, Banyuwangi dan Bondowoso. Data produksi kabupaten tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Produksi Kopi 4 Kabupaten Terbesar di Jawa Timur (Ton)

Tahun	Malang	Jember	Banyuwangi	Bondowoso
2000	5.873	2.309	1.085	2.317
2001	6.257	2.466	1.748	1.579
2002	6.263	2.504	1.751	1.593
2003	6.389	2.588	1.792	1.617
2004	6.483	2.688	1.802	1.636
2005	6.483	2.708	1.809	1.656
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2023	13.673	12.361	13.104	10.920



Gambar 4.2 Grafik Produksi Kopi 4 Terbesar di Jawa Timur

Pada Gambar 4.2 ditampilkan bahwa kabupaten Malang, Banyuwangi, Jember dan Bondowoso sebagai produsen kopi terbesar di Jawa Timur. Hal ini

menunjukkan bahwa keempat kabupaten tersebut konsisten menghasilkan produksi kopi di atas 10.000 ton di lima tahun terakhir (Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, 2023). Hal ini menjadikan keempat kabupaten tersebut sebagai daerah sentra penghasil kopi di Jawa Timur (As' Ad dkk., 2020).

4.2 Analisis Data

4.2.1 Preprocessing Data

Preprocessing data dilakukan untuk mempersiapkan data mentah agar dapat digunakan dalam menjalankan algoritma *Backpropagation* ANN. Tahapan *preprocessing* diantaranya yaitu menampilkan data aktual, melakukan normalisasi data, membuat *sequence* data dan membagi data menjadi pelatihan (*training*) dan pengujian (*testing*).

4.2.1.1 Menampilkan Data Aktual

Langkah pertama dalam *preprocessing* adalah menampilkan data mentah untuk memastikan kelengkapan data agar dapat dilakukan analisis penelitian. Data yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan kelengkapan data produksi kopi dari periode 2000-2023 setiap kabupaten/kota di Jawa Timur.

Terdapat 38 kabupaten/kota di Jawa Timur namun pada penelitian ini objek wilayah yang digunakan adalah yang memiliki kelengkapan data produksi kopi periode 2000-2023. Wilayah yang menjadi objek penelitian tersebut adalah 21 kabupaten meliputi Pacitan, Ponorogo, Trenggalek, Tulungagung, Blitar, Kediri, Malang, Lumajang, Jember, Banyuwangi, Bondowoso, Situbondo, Probolinggo, Pasuruan, Mojokerto, Jombang,

Nganjuk, Madiun, Magetan, Ngawi, dan Sumenep. Untuk data selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

Cuplikan data dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Produksi Kopi

Tahun	Pacitan	Ponorogo	Trenggalek	...	Ngawi	Sumenep
2000	301	89	136	...	51	3
2001	347	57	153	...	51	3
2002	362	189	156	...	60	3
2003	418	198	160	...	99	3
2004	452	218	160		125	3
2005	492	218	175	...	143	3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2023	777	364	220	...	341	1

4.2.1.2 Normalisasi Data

Pada algoritma *backpropagation* ANN, model dapat mempelajari data secara optimal diperlukan normalisasi data. Pada penelitian ini menggunakan metode *min-max scaling* dengan range [0,1-0,9] menggunakan Persamaan 2.35. Cuplikan data normalisasi untuk Pacitan, Ponorogo, Trenggalek, Ngawi dan Sumenep periode 2000-2023 dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan untuk seluruh data normalisasi secara lengkap pada **Lampiran 3**.

Tabel 4.4 Data Normalisasi Produksi Kopi

Tahun	Pacitan	Ponorogo	Trenggalek	...	Ngawi	Sumenep
2000	0,1000	0,1422	0,1000	...	0,100	0,223
2001	0,1517	0,1000	0,1613	...	0,100	0,223
2002	0,1685	0,2740	0,1721	...	0,120	0,223
2003	0,2315	0,2858	0,1865	...	0,205	0,223
2004	0,2697	0,3122	0,1865	...	0,261	0,223
2005	0,3146	0,3122	0,2405	...	0,301	0,223
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2023	0,635	0,900	0,763	...	0,732	0,100

4.2.1.3 *Sequence Data*

Penelitian ini membuat data menjadi beberapa *sequence* agar model mampu mempelajari pola data masa lalu untuk melakukan analisis algoritma *backpropagation*. Pada pembentukan *sequence* menggunakan *sliding window* dengan *window size* sebesar tiga tahun. Artinya data tiga tahun berturut-turut sebagai *input* untuk peramalan produksi tahun berikutnya. Dengan total 24 tahun data (2000–2023) diperoleh 21 sampel pasangan data dengan tahun target 2003–2023. Jika ukuran *window* diperbesar menjadi 4 atau 5, jumlah sampel berkurang menjadi hanya 20 atau 19, sementara dimensi masukan justru meningkat signifikan. Kondisi ini memperbesar risiko *overfitting*. Kaastra dan Boyd (1996) secara eksplisit menekankan bahwa pemilihan ukuran *window* harus mempertimbangkan keseimbangan antara informasi yang ditangkap dan jumlah sampel yang tersedia.

Zhang (2003) dalam penelitiannya yang banyak dirujuk menyatakan bahwa dalam peramalan deret waktu dengan ANN, ukuran *window* yang umum digunakan pada data tahunan adalah antara 2 hingga 5 periode, dengan mempertimbangkan pola data. Putra dan Walmi (2020) dalam penelitian prediksi produksi padi menggunakan ANN Backpropagation menunjukkan bahwa parameter historis dari periode sebelumnya merupakan masukan yang paling berpengaruh terhadap akurasi model, dengan periode 2–3 tahun memberikan hasil optimal pada data pertanian Indonesia.

Tabel 4.5 Perbandingan Ukuran Sliding Window

<i>Window</i>	Jumlah Sampel	<i>Neuron Input</i>	Keterangan
1	23 sampel	23 neuron	Terlalu sedikit lag, pola tren tidak terdeteksi
2	22 sampel	42 neuron	Lag pendek, tren 2 tahunan saja
3	21 sampel	63 neuron	Optimal: pola 3 tahunan, sampel maksimal
4	20 sampel	84 neuron	Input meningkat, sampel berkurang
5	19 sampel	105 neuron	Risiko <i>overfitting</i> , sampel terlalu sedikit

Pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa *window* = 3 merupakan titik optimal yang memaksimalkan jumlah sampel (21 sampel) sekaligus menyediakan informasi historis yang cukup untuk menangkap tren produksi jangka pendek 3 tahunan, tanpa menimbulkan beban komputasi yang berlebihan akibat dimensi masukan yang terlalu besar.

4.2.1.4 Membagi Data

Data yang telah dibuat menjadi *sequence* kemudian dibagi menjadi dua bagian yaitu data *training* dan *testing*. Pada pembagian data dilakukan proses eksperimen semua proporsi pembagian dari 90% hingga 10%. Hasil eksperimen pembagian data dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Eksperimen Pembagian Data

<i>Training</i>	<i>Testing</i>	<i>Training Sample</i>	<i>Testing Sample</i>	MAPE (%)	MSE	RMSE	Iterasi
90%	10%	18	3	17,28	0,0149	499,87	5000
80%	20%	16	5	41,97	0,0550	639,17	2247
70%	30%	14	7	44,03	0,0940	983,81	3765
60%	40%	12	9	62,23	0,2014	1935,30	1011
50%	50%	10	11	64,15	0,1757	1702,56	1613
40%	60%	8	13	66,22	0,1729	1558,69	920
30%	70%	6	15	81,91	0,2964	1690,52	1203
20%	80%	4	17	114,28	0,6469	2102,95	520
10%	90%	2	19	51,59	0,1515	1604,00	897

Berdasarkan Tabel 4.6 terlihat bahwa kinerja model sangat bervariasi tergantung pada proporsi pembagian data. Model dengan proporsi data 90%:10% dengan 5000 iterasi penuh menghasilkan MAPE terendah sebesar 17,28%, MSE terendah sebesar 0,0149 dan RMSE sebesar 499,87 lebih baik dibandingkan seluruh konfigurasi lainnya.

Semakin besar proporsi data *training* semakin baik kinerja model pada data *testing*, hal ini konsisten dengan teori pembelajaran mesin yang menyatakan bahwa model membutuhkan cukup data historis untuk menangkap pola deret waktu.

4.2.2 Model Arsitektur ANN

Pada penelitian ini untuk meramalkan produksi kopi di 21 wilayah di Jawa Timur menggunakan sebuah model ANN dengan arsitektur *multi-layer neural network*. Rancangan arsitektur model agar mampu mempelajari pola data historis produksi kopi pada 21 wilayah secara simultan dalam data *time series*. Model arsitektur yang digunakan terdiri dari *input layer*, *hidden layer* dan *output layer*.

Pada *preprocessing* data telah diketahui bahwa untuk *input layer* adalah 63 neuron dari perhitungan (*window* 3 x 21 wilayah) dan *output layer* adalah 21. Sehingga *hidden layer* ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$h = \frac{i+o}{2} \quad (4.1)$$

Keterangan

h : jumlah neuron *hidden*

i : jumlah neuron *input*

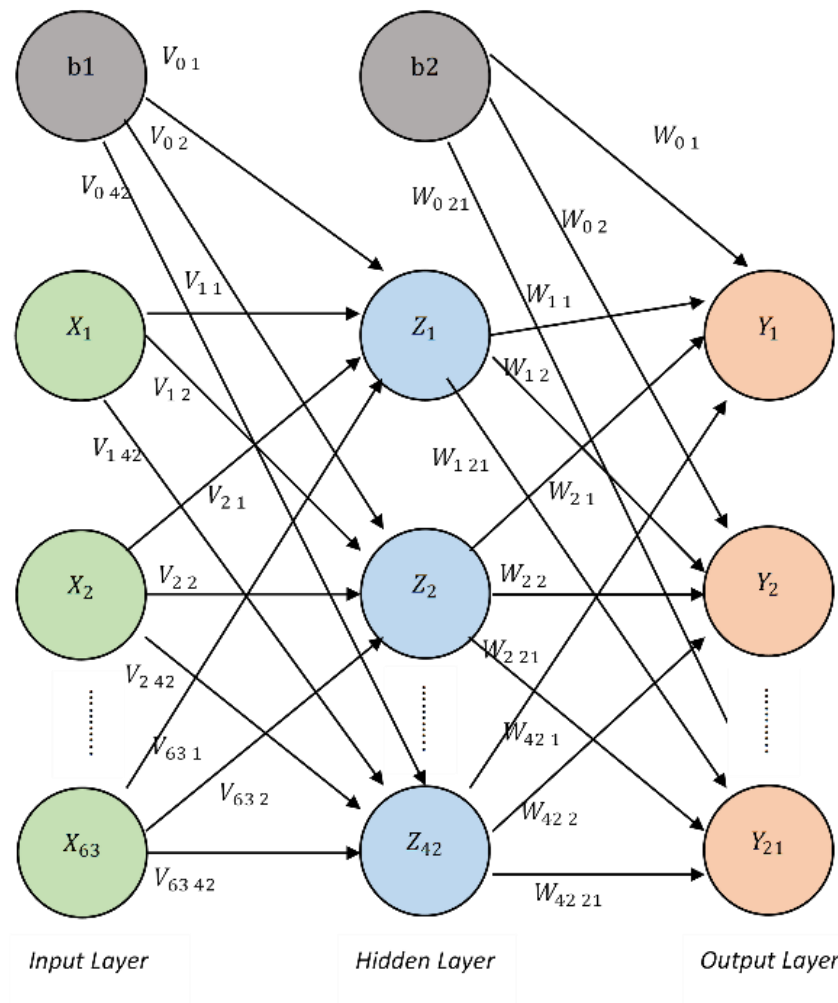
o : jumlah neuron *output*

Persamaan tersebut dibuat oleh Lawrence-Fredrickson (1988), bahwa estimasi terbaik untuk jumlah neuron pada *hidden layer* dengan membagi dua dari jumlah neuron *input* dan *output* (Karsoliya, 2012). Jumlah neuron *hidden* pada penelitian ini adalah

$$h = \frac{63 + 21}{2}$$

$$h = 42$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka arsitektur jaringan yang dirancang untuk digunakan pada penelitian ini yaitu 63 neuron pada *input*, 42 neuron pada *hidden layer* didapatkan dari Persamaan 4.1 dan 21 neuron pada *output layer* yang masing-masing mempresentasikan target peramalan produksi kopi setiap wilayah. Maka, model arsitektur jaringan yang digunakan adalah 63-42-21. Pada *hidden layer* seluruh neuron menggunakan fungsi aktivasi *ReLU*, Fungsi *ReLU* memiliki keunggulan dalam mempercepat proses komputasi dan mengatasi *vanishing gradient* (nilai *gradient* mendekati nol). Visualisasi rancangan arsitektur jaringan dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Model Arsitektur Jaringan Produksi Kopi di Jawa Timur

4.2.3 Proses *Training* dan *Testing*

Proses *training* dilakukan pada data *training* dengan melakukan proses sesuai dengan algoritma *backpropagation*. Proses ini terdiri dari fase *feedforward* dan *backpropagation*, *Feedforward* untuk mendapatkan *output* peramalan dan *backpropagation* untuk memperbarui nilai bobot. Tahapan matematis dari algoritma *backpropagation* telah dijelaskan di Bab II.

Data yang digunakan dalam pemrosesan analisis dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan keseluruhan data dapat dilihat pada **Lampiran 4**

Tabel 4.7 Data Input dan Output

<i>Sequence</i>	<i>Tahun</i>	<i>Pacitan</i>	<i>Ponorogo</i>	<i>Trenggalek</i>	<i>...</i>	<i>Sumenep</i>
1	2000	0,100	0,142	0,100	...	0,223
	2001	0,152	0,100	0,161	...	0,223
	2002	0,169	0,274	0,172	...	0,223
Target	2003	0,231	0,286	0,186	...	0,223
2	2001	0,152	0,100	0,161	...	0,223
	2002	0,169	0,274	0,172	...	0,223
	2003	0,231	0,286	0,186	...	0,223
Target	2004	0,270	0,312	0,186	...	0,223
3	2002	0,169	0,274	0,172	...	0,223
	2003	0,231	0,286	0,186	...	0,223
	2004	0,270	0,312	0,186	...	0,223
Target	2005	0,315	0,312	0,241	...	0,223
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
21	2020	0,598	0,870	0,720	...	0,100
	2021	0,621	0,889	0,759	...	0,100
	2022	0,594	0,860	0,709	...	0,100
Target	2023	0,635	0,900	0,763	...	0,100

Sebagai ilustrasi penggunaan algoritma *backpropagation*, ambil sampel data uji coba berupa data dari *sequence* pertama yaitu kabupaten Pacitan, Data produksi kopi kabupaten Pacitan pada periode 2000-2002 sebagai *X1 input* dan tahun 2003 sebagai *Y1 output*.

Berikut merupakan perhitungan sampel pada proses *training*.

Fase Inisialisasi:

Inisialisasi bobot dan bias awal dengan bilangan acak yang dapat dilihat pada **Lampiran 5** (untuk bobot awal dari *input* ke *hidden*) dan **Lampiran 6** (untuk inisialisasi bobot dari *hidden* ke *output*).

Fase Feedforward:

Fase ini untuk mencari nilai prediksi *output* berdasarkan *input* yang diberikan untuk mendapatkan nilai prediksi awal dan menghitung nilai *error* ketika dibandingkan dengan target aktual.

Langkah 1 :

Setiap *hidden layer* Z_j , ($j = 1, 2, \dots, p$) dijumlahkan dengan bobot sinyal *input* pada Persamaan 2.15.

$$Z_{net\ j} = V_{0j} + \left(\sum_{i=1}^n X_i \times V_{ij} \right)$$

$$Z_{net\ j} = 0 + (0,1 \times 0,146 + 0,152 \times (-0,089) + 0,169 \times 0,213)$$

$$Z_{net\ j} = 0 + 0,014 + (-0,013) + 0,036$$

$$Z_{net\ j} = 0,037$$

menggunakan fungsi aktivasi *ReLU* pada Persamaan 2.16.

$$Z_1 = f(Z_{1_{net\ j}})$$

$$Z_1 = ReLu(Z_{1_{net\ j}})$$

$$Z_1 = \max(0, Z_{1_{net\ j}})$$

$$Z_1 = 0,037$$

Langkah 2 :

Sinyal tersebut dikirim ke semua unit *output* kemudian dihitung unit Y_k , ($k = 1, 2, \dots, m$) pada Persamaan 2.17.

$$Y_{net\ k} = W_{0k} + \left(\sum_{j=1}^p W_{kj} Z_j \right)$$

$$Y_{net\ k} = 0 + 0,182 + 0,037$$

$$Y_{net\ k} = 0,007$$

menggunakan fungsi aktivasi identitas pada Persamaan 2.14.

$$Y_k = f(Y_{net\ k})$$

$$Y_k = 0,007$$

Fase *Backpropagation*

Fase ini untuk menghitung *gradient error* dengan bergerak mundur dari *output* ke *input*. Tujuan untuk mengetahui nilai penyesuaian bobot yang diperlukan agar *error* pada *feedforward* berikutnya berkurang.

Langkah 3 :

Hitung faktor δ unit *output* berdasarkan *error* di setiap unit *output* $Y_k, (k = 1, 2, \dots, m)$ pada Persamaan 2.19.

$$\delta_k = (t_k - Y_k) f'(Y_{net\ k})$$

$$\delta_k = (0,231 - 0,007) \times 1$$

$$\delta_k = 0,225$$

menghitung bobot baru pada Persamaan 2.20.

$$\Delta W_{kj} = \alpha \delta_k Z_j$$

$$\Delta W_{kj} = 0,0001 \times 0,225 \times 0,0367$$

$$\Delta W_{kj} = 0,00001$$

menghitung koreksi bias pada Persamaan 2.21.

$$\Delta W_{0k} = \alpha \delta_k$$

$$\Delta W_{0k} = 0,0001 \times 0,225$$

$$\Delta W_{0k} = 0,00002$$

Langkah 4 :

Hitung faktor δ unit *output* berdasarkan *error* di setiap unit *hidden* $Z_j, (j = 1, 2, \dots, p)$ menjumlahkan delta *input* pada Persamaan 2.22.

$$\delta_{net\ j} = \sum_{k=1}^p \delta_k w_{kj}$$

$$\delta_{1\ net\ j} = 0,225 \times 0,182$$

$$\delta 1_{net\ j} = 0,0409$$

Faktor δ unit *hidden* pada Persamaan 2.23.

$$\delta 1_k = \delta_{net\ k} f'(z1_{net\ j})$$

$$\delta 1_k = 0,0409 \times 1$$

$$\delta 1_k = 0,0409$$

menghitung koreksi bobot Persamaan 2.24.

$$\Delta V_{ji} = \alpha \delta_j X_i$$

$$\Delta V_{11} = 0,001 \times 0,0409 \times 0,1$$

$$\Delta V_{11} = 0,409 \times 10^{-6}$$

$$\Delta V_{12} = 0,001 \times 0,0409 \times 0,152$$

$$\Delta V_{12} = 0,1 \times 10^{-5}$$

$$\Delta V_{13} = 0,001 \times 0,0409 \times 0,168$$

$$\Delta V_{13} = 0,1 \times 10^{-5}$$

menghitung koreksi bias Persamaan 2.25.

$$\Delta V_{0j} = \alpha \delta_j$$

$$\Delta V_{0j} = 0,0001 \times 0,0409$$

$$\Delta V_{0j} = 0,000004$$

Fase Perubahan Bobot

Fase ini untuk menyesuaikan parameter (bobot dan bias) pada jaringan untuk meningkatkan akurasi. Mengurangi *loss* (fungsi kerugian) secara bertahap.

Langkah 5 :

Setiap unit *output* Y_k , ($k = 1, 2, \dots, m$) memperbarui bobot dan biasnya Persamaan 2.26.

$$W_{kj}(\text{baru}) = W_{kj}(\text{lama}) + \Delta W_{kj}$$

$$W_{21}(\text{baru}) = 0,182 + 0,000001$$

$$W_{21}(\text{baru}) = 0,182$$

Pembaruan bias

$$W_{01}(\text{baru}) = 0,000000 + 0,00022$$

$$W_{01}(\text{baru}) = 0,000022$$

Langkah 6 :

Setiap unit *hidden* $Z_j, (j = 1, 2, \dots, p)$ memperbarui bobot dan biasnya

Persamaan 2.27.

$$V_{ji}(\text{baru}) = V_{ji}(\text{lama}) + \Delta V_{ji}$$

$$V_{11}(\text{baru}) = 0,145 + 0,000000$$

$$V_{11}(\text{baru}) = 0,145$$

$$V_{12}(\text{baru}) = (-0,089) + 0,000001$$

$$V_{12}(\text{baru}) = -0,0891$$

$$V_{13}(\text{baru}) = 0,2134 + 0,000001$$

$$V_{13}(\text{baru}) = 0,213401$$

Pembaruan bias

$$V_{01}(\text{baru}) = 0,0000 + 0,000004$$

$$V_{01}(\text{baru}) = 0,000004$$

Setelah semua bobot dan bias diperbarui, jaringan akan mengecek syarat untuk penghentian *training* telah tercapai. Proses *training* berhenti ketika jumlah

iterasi maksimum telah tercapai atau nilai *error* pada jaringan telah turun melewati batas toleransi yang telah ditetapkan, hal ini menunjukkan bahwa selisih antara *output* dan target sudah sangat kecil sehingga telah mencapai konvergensi.

4.2.3.1 Proses *Training* dan *Testing*

Model yang telah dibangun dalam penelitian ini adalah model arsitektur jaringan 63-42-21. Model tersebut kemudian digunakan dalam proses *training* dan *testing* dengan menggunakan *software* MATLAB dengan keseluruhan *source code* dapat dilihat pada **Lampiran 8**. Spesifikasi lengkap model dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Spesifikasi Jaringan

Komponen Jaringan	Spesifikasi
<i>Input Layer</i>	63 neuron (3 <i>window</i> x 21 kabupaten)
<i>Hidden Layer</i>	42 neuron, fungsi aktivasi <i>ReLU</i>
<i>Output Layer</i>	21 neuron, fungsi identitas
Total Parameter	$3591 \{[(63 \times 42) + 42] + [(42 \times 21) + 21]\}$
Inisialisasi Bobot	<i>He Initialization</i>
Fungsi Loss	<i>MSE</i> + L2 Regularisasi
Algoritma Optimasi	<i>Quasi-Newton BFGS</i>

4.2.3.2 Hasil Proses *Training*

Berdasarkan seluruh eksperimen yang telah dilakukan, maka pada penelitian ini model terbaik yang digunakan adalah ANN *Backpropagation* dengan proporsi data 90% *training* dan 10% *testing*.

1. Optimasi dengan *Quasi-Newton BFGS*

Pembaruan bobot dilakukan menggunakan algoritma optimasi *Quasi-Newton* dengan metode BFGS (Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno) melalui fungsi *fminunc* MATLAB. Berbeda dengan *Gradient Descent* konvensional yang hanya menggunakan informasi gradien orde pertama, metode BFGS

memanfaatkan aproksimasi matriks *Hessian* (orde kedua) untuk menentukan arah dan besar langkah pembaruan yang lebih optimal.

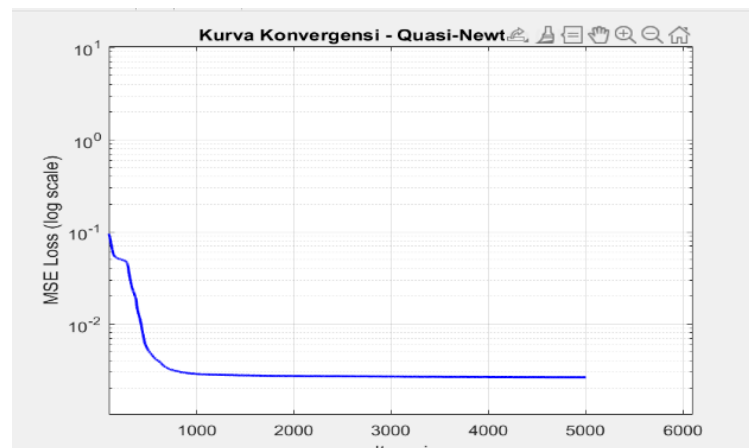
Keunggulan penggunaan BFGS dibanding *Gradient Descent* standar atau *Stochastic Gradient Descent* (SGD) adalah konvergensinya yang jauh lebih cepat, khususnya pada dataset kecil seperti yang digunakan dalam penelitian ini (18 sampel *training*). BFGS mencapai konvergensi superlinear karena memanfaatkan informasi kurvatur fungsi *loss*, sehingga jumlah iterasi yang diperlukan untuk mencapai toleransi yang ketat jauh lebih sedikit.

2. *Loss Function*

Loss Function yang digunakan adalah kombinasi antara *Mean Squared Error* (MSE) dan regularisasi L2 (*weight decay*) untuk mencegah *overfitting*. Tabel 4.9 dan Gambar 4.4 merupakan hasil dari proses *training* pada model menggunakan MATLAB.

Tabel 4.9 Nilai Parameter

Parameter	Nilai
<i>Loss Akhir</i> (MSE)	0,00264044
Jumlah iterasi	5000 iterasi
Total Parameter Teroptimasi	3591 parameter
Sampel <i>Training</i>	18 sampel (periode 2003-2020)



Gambar 4.4 Grafik *Loss Training*

Berdasarkan Gambar 4.4 proses pelatihan berlangsung selama 5000 iterasi dan menunjukkan pola penurunan loss yang konsisten dan konvergen. Nilai MSE *loss* akhir sebesar 0,00264044 menunjukkan rata-rata kuadrat *error* yang sangat kecil pada skala normalisasi, sehingga model terindikasi berhasil mempelajari pola data *training* dengan baik.

4.2.3.3 Hasil Proses *Testing*

Setelah proses *training* selesai dan diperoleh bobot optimal, tahap *testing* dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan generalisasi model terhadap data yang belum pernah dilihat selama *training* (data uji). Proses *testing* hanya melibatkan *forward pass* menggunakan bobot yang telah teroptimasi, tanpa proses pembaruan bobot. Proses *testing* dilakukan terhadap data *testing* 10% dari 21 *sequence* yang telah disisihkan yaitu 3 *sequence* yaitu data pada tahun 2021-2023. Data *input* dimasukkan ke dalam model yang telah dilatih untuk menghasilkan *output* peramalan. Hasil prediksi ternormalisasi kemudian dikonversi kembali ke skala asli melalui proses denormalisasi per kolom kabupaten. Hasil denormalisasi dapat dilihat pada **Lampiran 7**.

4.3 Pembahasan Hasil Analisis

4.3.1 Hasil Evaluasi Model

Hasil peramalan model pada data *testing* kemudian dilakukan evaluasi model. Sebagai contoh perhitungan MAPE pada Kabupaten Pacitan berdasarkan Persamaan 2.39. untuk data aktual dapat dilihat pada **Lampiran 2** dan untuk data peramalan dapat dilihat pada **Lampiran 7**.

Data aktual Kabupaten Pacitan pada tahun 2021, 2022 dan 2023 yaitu 765, 741 dan 777. Data peramalan Kabupaten Pacitan pada tahun 2021, 2022 dan 2023 yaitu 666, 659 dan 642.

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \left(\frac{y_t - y_p}{y_t} \right) \right|}{n} \times 100\%$$

$$MAPE = \frac{\left\{ \left(\frac{765-666}{765} \right) + \left(\frac{741-659}{741} \right) + \left(\frac{777-642}{777} \right) \right\}}{3} \times 100\%$$

$$MAPE = \frac{(0,12941 + 0,11066 + 0,17374)}{3} \times 100\%$$

$$MAPE = \frac{0,41381}{3} \times 100\%$$

$$MAPE = 13,80\%$$

Pada Tabel 4.10 menampilkan nilai MAPE, MSE dan RMSE untuk setiap kabupaten pada data *testing* (tahun 2021–2023). Pada MSE *testing* (0,0149) lebih besar dari pada MSE *training* (0,00264044). Hal ini menunjukkan bahwa untuk model yang dilakukan pada data *training* menghasilkan peramalan yang lebih baik dari pada yang model lakukan pada data *testing*. Namun dengan nilai MAPE *testing* (17,28%) menunjukkan bahwa model mampu dalam meramalkan jumlah produksi dengan tingkat akurasi 'Baik'.

Sebagian besar kabupaten menunjukkan model peramalan yang tergolong sangat baik hingga baik, Kabupaten Ngawi memiliki MAPE dan MSE terendah yaitu (2,31%) (0,0003) terendah, diikuti oleh Ponorogo (3,42%) (0,0014), Madiun (6,49%) (0,0044), dan Magetan (6,55%) (0,0044). Kabupaten-kabupaten tersebut umumnya memiliki pola produksi yang relatif stabil dan konsisten dari tahun ke tahun, sehingga model mampu melakukan ekstrapolasi dengan akurasi tinggi.

Kabupaten Malang dan Lumajang menunjukkan MAPE dan MSE yang relatif lebih tinggi (20,06%) (0,0600) dan (31,35%) (0,0267) dibandingkan kebanyakan kabupaten lain. Kedua kabupaten ini merupakan produsen kopi terbesar di Jawa Timur dengan volume produksi yang besar dan fluktuasi yang lebih kompleks, sehingga model memerlukan lebih banyak data atau arsitektur yang lebih kompleks untuk meningkatkan akurasi.

Tabel 4.10 Data Hasil Evaluasi Kinerja Model

Kabupaten	MAPE (%)	MSE	RMSE
Pacitan	13,80	0,0147	107,77
Ponorogo	3,42	0,0014	28,32
Trenggalek	18,12	0,0429	57,57
Tulungagung	14,14	0,0066	41,81
Blitar	9,05	0,0071	354,07
Kediri	12,53	0,0158	355,62
Malang	20,06	0,0600	2709,54
Lumajang	31,35	0,0267	808,32
Jember	13,62	0,0167	1692,90
Banyuwangi	12,33	0,0107	1646,95
Bondowoso	11,11	0,0096	1207,52
Situbondo	17,33	0,0141	313,08
Probolinggo	12,08	0,0135	299,06
Pasuruan	15,67	0,0239	594,07
Mojokerto	7,24	0,0048	13,70
Jombang	20,21	0,0110	150,27
Nganjuk	22,84	0,0203	26,87
Madiun	6,49	0,0031	61,63
Magetan	6,55	0,0044	19,51
Ngawi	2,31	0,0003	7,71
Sumenep	92,58	0,0051	1,16
Rata-rata	17,28	0,0149	499,87

Tabel 4.11 Kategori Akurasi Model Berdasarkan Nilai MAPE

Kategori	Rentang MAPE	Jumlah Kabupaten
Sangat Baik	$MAPE \leq 10\%$	6 (Ngawi, Ponorogo, Madiun, Magetan, Mojokerto, Blitar)
Baik	$10\% < MAPE \leq 20\%$	10 (Pacitan, Trenggalek, Tulungagung, Kediri, Jember, Banyuwangi, Bondowoso, Pasuruan, Probolinggo, Situbondo)
Layak	$20\% < MAPE \leq 50\%$	4 (Jombang, Nganjuk, Malang, Lumajang)
Buruk	$MAPE > 50\%$	1 (Sumenep)

Berdasarkan Tabel 4.10 terdapat 6 Kabupaten dalam kategori ‘Sangat Baik’, 10 Kabupaten dengan kategori ‘Baik’, 4 Kabupaten dengan kategori ‘Layak’ dan 1 Kabupaten dengan kategori ‘Buruk’. Sehingga dengan nilai keseluruhan rata-rata MAPE 17,28%, menunjukkan bahwa model ANN dengan arsitektur jaringan 63-42-21 mampu meramalkan produksi kopi dengan kategori ‘Baik’.

4.3.2 Analisis per Kabupaten

Dari data detail per tahun, terdapat pola kesalahan yang konsisten di hampir semua kabupaten, yaitu akurasi sangat tinggi pada periode 2003–2020 (MAPE per tahun umumnya di bawah 2%), namun menurun mulai tahun 2021–2023. Hal ini mengindikasikan bahwa data produksi pada periode 2021-2023 mengalami perubahan pola yang lebih kompleks dibandingkan tahun-tahun sebelumnya.

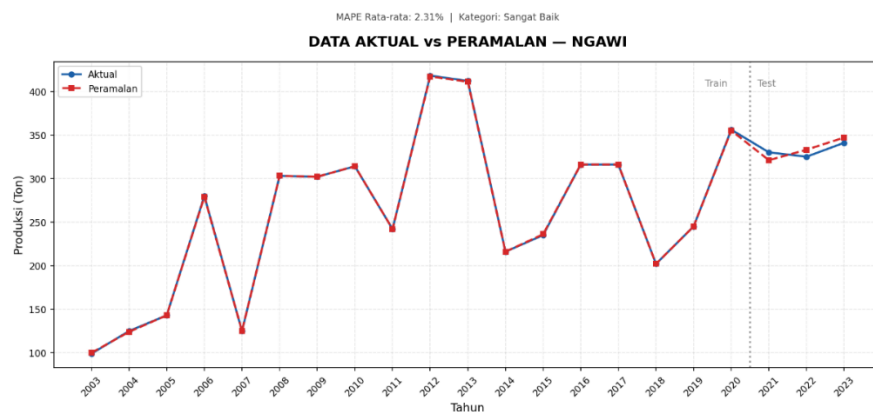
1. Kabupaten dengan Hasil Kategori Sangat Baik

Produksi kopi Kabupaten Ngawi antara data aktual dan peramalan untuk proses *training* memiliki selisih yang kecil dan pada proses *testing* model mampu meramalkan dengan sangat akurat. Pola historis Ngawi yang konsisten memudahkan jaringan untuk mempelajari tren produksi. Berdasarkan Tabel 4.10 Kabupaten Ngawi memiliki nilai MAPE 2.31%, MSE 0,0003 dan RMSE 7,71.

Tabel 4.12 menyajikan detail hasil peramalan untuk Kabupaten Ngawi.

Tabel 4.12 Data Produksi Kopi Kabupaten Ngawi

Tahun	Aktual	Peramalan	Set
2003	99	100	<i>Train</i>
2004	125	124	<i>Train</i>
2005	143	143	<i>Train</i>
2006	280	279	<i>Train</i>
2007	125	125	<i>Train</i>
2008	303	303	<i>Train</i>
2009	302	302	<i>Train</i>
2010	314	314	<i>Train</i>
2011	242	242	<i>Train</i>
2012	418	417	<i>Train</i>
2013	412	411	<i>Train</i>
2014	216	216	<i>Train</i>
2015	235	236	<i>Train</i>
2016	316	316	<i>Train</i>
2017	316	316	<i>Train</i>
2018	202	202	<i>Train</i>
2019	245	245	<i>Train</i>
2020	356	355	<i>Train</i>
2021	330	321	<i>TEST</i>
2022	325	333	<i>TEST</i>
2023	341	347	<i>TEST</i>



Gambar 4.5 Grafik Produksi Kopi Kabupaten Ngawi

2. Kabupaten dengan Kategori Baik

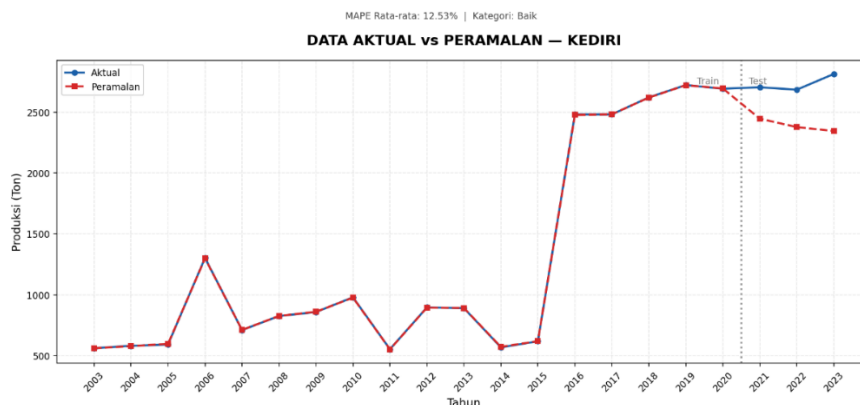
Tabel 4.13 menyajikan detail hasil peramalan untuk Kabupaten Kediri.

Tabel 4.13 Data Produksi Kopi Kabupaten Kediri

Tahun	Aktual	Peramalan	Set
2003	562	562	<i>Train</i>
2004	582	579	<i>Train</i>
2005	592	598	<i>Train</i>
2006	1303	1299	<i>Train</i>
2007	711	712	<i>Train</i>
2008	826	827	<i>Train</i>
2009	859	861	<i>Train</i>
2010	980	977	<i>Train</i>
2011	554	553	<i>Train</i>
2012	897	895	<i>Train</i>
2013	891	892	<i>Train</i>
2014	569	573	<i>Train</i>
2015	619	620	<i>Train</i>
2016	2481	2477	<i>Train</i>
2017	2481	2482	<i>Train</i>
2018	2621	2619	<i>Train</i>
2019	2722	2721	<i>Train</i>
2020	2692	2694	<i>Train</i>
2021	2704	2446	<i>TEST</i>
2022	2684	2377	<i>TEST</i>
2023	2813	2345	<i>TEST</i>

Pada Tabel 4.13 produksi kopi Kabupaten Kediri antara data aktual dan peramalan untuk proses *training* memiliki selisih yang kecil, namun pada proses *testing* model meramalkan dengan arah tren yang mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa model belum mampu menangkap tren peningkatan produksi yang terjadi pada tahun 2016 sampai periode peramalan. Berdasarkan

Tabel 4.10 Kabupaten Kediri memiliki nilai MAPE 12,53%, MSE 0,0158 dan RMSE 355,62.



Gambar 4.6 Grafik Produksi Kopi Kabupaten Kediri

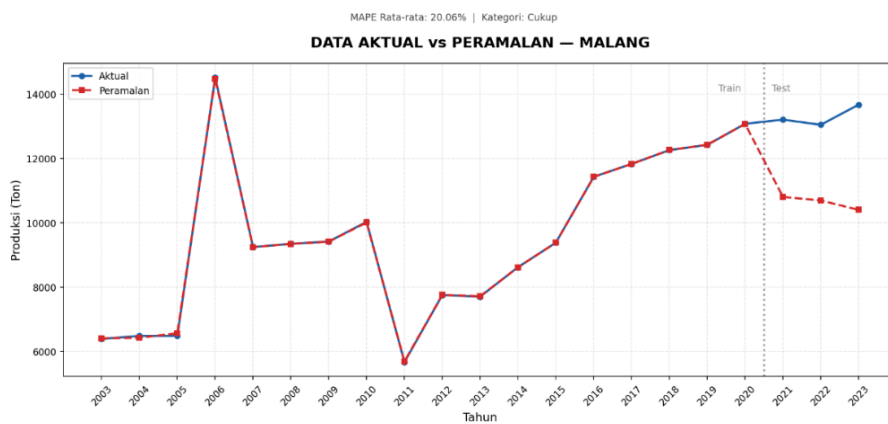
3. Kabupaten dengan Kategori Layak

Kabupaten Malang merupakan sentra produksi kopi terbesar di Jawa Timur dengan produksi mencapai lebih dari 13.000 ton per tahun. Tabel 4.14 menyajikan detail hasil peramalan untuk Kabupaten Malang.

Pada Tabel 4.14 produksi kopi Kabupaten Malang antara data aktual dan peramalan untuk proses *training* memiliki selisih yang kecil, namun pada proses *testing* model meramalkan dengan arah tren yang mengalami penurunan yang jauh dengan data aktual. Hal ini dikarenakan perubahan tren produksi yang signifikan sebelum ke periode peramalan dimana terjadi lonjakan produksi pada tahun 2006 dan kemudian mengalami penurunan sampai tahun 2011 lalu mengalami kenaikan yang konsisten hingga periode peramalan. Hal ini menunjukkan bahwa model belum mampu menangkap tren peningkatan produksi yang terjadi. Berdasarkan Tabel 4.10 nilai MAPE 20,06%, MSE 0,0600 dan RMSE 2709,5.

Tabel 4.14 Data Produksi Kopi Kabupaten Malang

Tahun	Aktual	Peramalan	Set
2003	6389	6408	<i>Train</i>
2004	6483	6422	<i>Train</i>
2005	6483	6564	<i>Train</i>
2006	14522	14479	<i>Train</i>
2007	9245	9244	<i>Train</i>
2008	9346	9342	<i>Train</i>
2009	9416	9412	<i>Train</i>
2010	10028	10010	<i>Train</i>
2011	5669	5688	<i>Train</i>
2012	7752	7757	<i>Train</i>
2013	7703	7715	<i>Train</i>
2014	8619	8616	<i>Train</i>
2015	9382	9381	<i>Train</i>
2016	11429	11426	<i>Train</i>
2017	11829	11830	<i>Train</i>
2018	12260	12260	<i>Train</i>
2019	12421	12429	<i>Train</i>
2020	13079	13072	<i>Train</i>
2021	13207	10803	<i>TEST</i>
2022	13047	10693	<i>TEST</i>
2023	13673	10401	<i>TEST</i>

**Gambar 4.7** Grafik Produksi Kopi Kabupaten Malang

4. Kabupaten dengan Kategori Buruk

Tabel 4.15 menyajikan detail hasil peramalan untuk Kabupaten Sumenep.

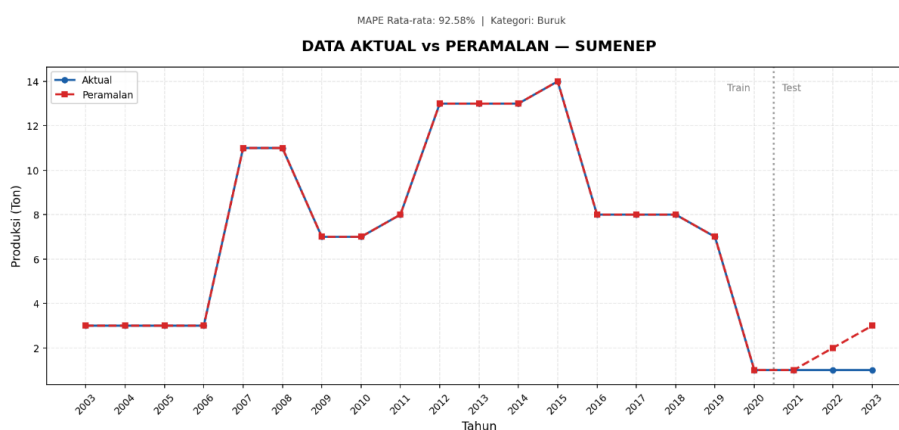
Tabel 4.15 Data Produksi Kopi Kabupaten Sumenep

Tahun	Aktual	Peramalan	Set
2003	3	3	<i>Train</i>
2004	3	3	<i>Train</i>
2005	3	3	<i>Train</i>
2006	3	3	<i>Train</i>
2007	11	11	<i>Train</i>
2008	11	11	<i>Train</i>
2009	7	7	<i>Train</i>
2010	7	7	<i>Train</i>
2011	8	8	<i>Train</i>
2012	13	13	<i>Train</i>
2013	13	13	<i>Train</i>
2014	13	13	<i>Train</i>
2015	14	14	<i>Train</i>
2016	8	8	<i>Train</i>
2017	8	8	<i>Train</i>
2018	8	8	<i>Train</i>
2019	7	7	<i>Train</i>
2020	1	1	<i>Train</i>
2021	1	1	<i>TEST</i>
2022	1	2	<i>TEST</i>
2023	1	3	<i>TEST</i>

Pada Tabel 4.15 produksi kopi Kabupaten Sumenep antara data aktual dan peramalan untuk proses *training* memiliki nilai yang sama dan pada proses *testing* model meramalkan dengan arah tren yang mengalami kenaikan yang kecil. Berdasarkan Tabel 4.10 nilai MAPE 92,58%, MSE 0,0051 dan RMSE 1,16. Nilai MAPE yang besar disebabkan oleh volume produksi Sumenep yang

sangat kecil (hanya 1–13 ton per tahun) sehingga kesalahan absolut yang kecil pun menghasilkan persentase kesalahan yang sangat besar.

Nilai MAPE yang besar namun nilai MSE terlihat lebih kecil dibandingkan dengan Kabupaten Malang yang nilai MAPE masuk kategori ‘Layak’ hal ini terjadi karena perbedaan skala aktual produksi antara Kabupaten Sumenep dan Kabupaten Malang, pada Kabupaten Sumenep volume produksi sangat kecil hanya 1-13 ton per tahun sedangkan Kabupaten Malang volume produksi sangat besar berkisar 10.000-13.000 ton per tahun. Pada MAPE menghitung berdasarkan persentase *error* pada data aktual dapat dilihat pada tahun 2023 model meramalkan produksi sebesar 3 ton dengan data aktualnya hanya 1 ton, hal ini menyebabkan kenaikan sebesar 200% sehingga nilai MAPE menjadi besar. Pada MSE nilai *error* dari Kabupaten Sumenep sangat kecil karena rentang produksi antara 1-14 ton sehingga *error* relatif terhadap rentang historis kabupaten itu sendiri kecil dibandingkan dengan Kabupaten Malang dengan produksi yang besar. Dengan demikian Sumenep lebih mencerminkan skala produksi yang sangat kecil daripada kegagalan model.



Gambar 4.8 Grafik Produksi Kopi Kabupaten Sumenep

4.4 Integrasi Nilai-Nilai Islam Pada Hasil Penelitian

Penerapan ANN dengan algoritma *backpropagation* dalam meramalkan produksi kopi tidak hanya dipandang dengan nilai-nilai ilmiah dan teknologi saja, tetapi juga mengandung nilai-nilai keislaman. Algoritma *backpropagation* ANN merupakan salah satu metode *machine learning* yang diimplementasikan dari sistem saraf manusia dalam memahami pola dan keteraturan yang diciptakan Allah SWT.

Allah SWT berfirman pada surah at-Tin ayat 4

“*Sungguh, Kami telah menciptakan manusia dalam bentuk yang sebaik-baiknya*” (Departemen Agama RI, 2014).

Pada ayat tersebut menjelaskan bahwa manusia itu memiliki keistimewaan salah satunya adalah akal. Akal digunakan untuk kemampuan berpikir, belajar dari pengalaman dan terus meningkatkan diri. Sehingga dalam konteks ANN *backpropagation*, terjadi pembuatan arsitektur ANN sebagai cerminan dari *ahsani taqwim* dalam pembuatan model. Model arsitektur yang digunakan 63-42-21 merupakan hasil rekayasa manusia dalam membuat sebuah jaringan terbaik.

Selain itu, *backpropagation* bekerja dengan mempropagasikan kesalahan (*error*) yang kemudian disesuaikan dengan bobot-bobot koneksi secara iteratif agar kesalahan semakcil kecil. Proses ini sesuai dengan analogi bagaimana manusia belajar dari kesalahan (*muhasabah diri*) untuk menjadi yang lebih baik. Pada penelitian ini dengan model yang telah dibuat memerlukan 5000 iterasi untuk mencapai nilai *loss* yang konvergen dengan nilai 0,00264044. Sehingga model tersebut dapat melakukan potensi terbaik dalam meramalkan produksi kopi dengan nilai MAPE rata-rata 17,28%.

Hadis Nabi Muhammad yang terdapat dalam Sahih Bukhari no 5534 (Muhammad & ismail al-Bukhori, 1992).

“Dari Abu Musa, dari Nabi Shallallahu ‘alaihi wa sallam, beliau bersabda: Sesungguhnya perumpamaan teman yang baik dan teman yang buruk adalah seperti penjual minyak wangi adakalanya akan memberimu, atau engkau membeli darinya, atau engkau memperoleh aroma wangi darinya, Sedangkan pandai besi adakalanya akan membakar bajumu atau engkau memperoleh aroma tidak sedap”

Pada hadis tersebut dijelaskan analogi dalam konsep kualitas teman, pada penelitian ini hadis tersebut diintegrasikan pada sebuah data historis produksi kopi. Data yang valid dan lengkap serta konsisten menunjukkan sebuah data yang baik atau representasi sebagai (penjual minyak wangi). Data yang baik akan membuat model mampu menghasilkan analisis yang baik. Pada hasil peramalan perkabupaten pada Tabel 4.9 kabupaten-kabupaten yang memiliki pola produksi stabil dan konsisten seperti Ngawi (MAPE 2,31%), Ponorogo (3,42%), Madiun (6,49%) dan Magetan (6,55%) bertindak sebagai 'penjual minyak wangi'. Dalam arsitektur *multi-output* yang digunakan, model secara simultan mempelajari 21 kabupaten sekaligus. Pola-pola yang stabil dari kabupaten-kabupaten tersebut memberikan 'sinyal bersih' yang membantu algoritma *backpropagation* menemukan bobot-bobot yang baik. Fenomena ini serupa dengan bagaimana satu teman shalih dalam sebuah kelompok dapat memberikan pengaruh positif bagi anggota kelompok lainnya. Data yang 'shalih' (stabil, konsisten, representatif) menularkan 'kebaikannya' ke seluruh proses pembelajaran.

Sebaliknya, Kabupaten Sumenep dengan nilai produksi yang sangat kecil dan fluktuatif bertindak seperti 'pandai besi', dengan menghasilkan nilai MAPE yang sangat tinggi (92,58%) yang secara statistik 'mencemari' rata-rata keseluruhan). Kondisi ini mengingatkan bahwa dalam sebuah sistem yang

terintegrasi, satu komponen yang 'bermasalah' dapat memberikan dampak yang tidak proporsional terhadap evaluasi keseluruhan.

Sebagaimana manusia dibentuk oleh lingkungan pergaulannya, model ANN *backpropagation* dibentuk oleh kualitas 'pergaulannya' yakni data yang digunakan, algoritma yang diterapkan, dan arsitektur yang dipilih. Model terbaik (MAPE 17,28%) adalah produk dari 'pergaulan yang baik': data yang memadai (18 tahun training), algoritma yang tepat (BFGS), dan arsitektur yang seimbang.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Model ANN *Backpropagation multi-output* dengan arsitektur 63-42-21 (*input-hidden-output*) berhasil dibangun dan dilatih untuk meramalkan produksi kopi secara serentak di 21 kabupaten/kota Jawa Timur. Penggunaan pendekatan *multi-output* memungkinkan satu model tunggal menangani seluruh wilayah secara bersamaan, sehingga lebih efisien dibandingkan membangun model terpisah untuk setiap kabupaten. Model ini berhasil mencapai nilai MSE *loss training* sebesar 0,0026404431 setelah 5000 iterasi optimasi dengan proporsi data 90% data *training* dan 10% data *testing*.
2. Evaluasi model pada data uji periode 2021–2023 menghasilkan rata-rata MAPE sebesar 17,28% dan rata-rata RMSE sebesar 499,87 ton, Berdasarkan kriteria nilai MAPE rata-rata tersebut termasuk dalam kategori 'Baik' ($10\% < \text{MAPE} \leq 20\%$). Terdapat tujuh kabupaten mencapai kategori 'Sangat Baik', sepuluh kabupaten berada pada kategori 'Baik', empat kabupaten pada kategori 'Layak', dan satu kabupaten pada kategori 'Buruk' yang disebabkan oleh volume produksi yang sangat kecil sehingga memperbesar nilai persentase galat secara tidak proporsional. Sehingga model mampu meramalkan produksi kopi dengan tingkat akurasi yang memadai untuk keperluan perencanaan baik untuk pertanian maupun instansi terkait.

5.2 Saran

1. Penambahan variabel seperti curah hujan, suhu rata-rata, luas areal tanam, dan harga kopi sebagai fitur *input* tambahan diharapkan dapat meningkatkan akurasi prediksi, terutama untuk kabupaten yang memiliki pola produksi tidak teratur. Variabel-variabel ini secara teoritis memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil produksi kopi dan belum diikutsertakan dalam model penelitian ini.
2. Pengujian berbagai ukuran *sliding window* (misalnya *window* 2, 4, dan 5 tahun) secara sistematis perlu dilakukan untuk menentukan panjang *window* yang paling optimal bagi karakteristik data produksi kopi Jawa Timur. Pemilihan *window* yang tepat dapat memengaruhi kemampuan model dalam menangkap pola musiman dan siklus produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- As' Ad, M. H., Aji, M., & Murti, J. (2020). Faktor yang mempengaruhi preferensi konsumen kedai kopi modern di Bondowoso. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 13(2), 182–199.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Statistik Kopi Indonesia*. Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. (12 November 2018). *Produksi Perkebunan Kopi Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Timur (Ton), 2006-2017*. Diakses pada 2 Januari 2025, dari <https://jatim.bps.go.id/id/statistics-table/1/MTM5MCMx/produksi-perkebunan-kopi-menurut-kabupaten-kota-di-jawa-timur-ton---2006-2017.html>
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. (2008). *Provinsi Jawa Timur Dalam Angka tahun 2006*. Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. (2021). *Provinsi Jawa Timur Dalam Angka tahun 2021*. Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. (2023). *Provinsi Jawa Timur Dalam Angka tahun 2023*. Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. (2024). *Provinsi Jawa Timur Dalam Angka tahun 2024*. Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur.
- Chandra, D., Ismono, H., & Kasymir, E. (2013). Prospek Perdagangan Kopi Robusta Indonesia di Pasar Internasional. *Jurnal Ilmu Ilmu Agribisnis*, 1(1), 110–115. <https://media.neliti.com/media/publications/13396-ID-prospek-perdagangan-kopi-robusta-indonesia-di-pasar-internasional.pdf>
- Departemen Agama RI. (2014). *Al-Hikmah Al-Qur'an dan Terjemahnya*. Diponegoro.
- Evita, C. (2021). Penerapan Artificial Neural Network Algoritma Backpropagation Pada Prediksi Produksi Jagung. *Seminar Nasional Fortei Regional 7*, 179–184.
- Fatih, M. (2019). Matsal dalam Perspektif Hadits Tarbawi: Studi atas Hadits tentang Perumpamaan Teman yang Baik dan Teman yang Buruk. *Progressa: Journal of Islamic Religious Instruction*, 3(1), 137–146. <https://doi.org/10.32616/pgr.v3.1.173.137-146>
- Gema, R. L. (2016). Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik dalam Prediksi Persediaan Ternak Sapi Potong (Studi Kasus di Wilayah Sumatera Barat). *Jurnal KOMTEKINFO*, 1(2).

- Gupta, S., & Kashyap, S. (2015). Forecasting inflation in G-7 countries: an application of artificial neural network. *Foresight*, 17(1), 63–73. <https://doi.org/10.1108/FS-09-2013-0045>
- Harum, S. (2022). Analisis Produksi Kopi Di Indonesia Tahun 2015-2020 Menggunakan Metode Cobb-Douglass. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Pembangunan*, 1(2), 102–109. <https://stiemmamuju.e-journal.id/GJIEP/article/view/107>
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2015). Delving deep into rectifiers: Surpassing human-level performance on imagenet classification. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, 1026–1034.
- Hermawan, A. (2006). *Jaringan Saraf Tiruan*. Penerbit Andi.
- International Coffee Organization. (2023). Coffee Report and Outlook. *International Coffee Organization ICO*, 1(1), 1–39. https://icocoffee.org/documents/cy2023-24/Coffee_Report_and_Outlook_December_2023_ICO.pdf
- Jefansa, F. (2022). Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan dalam Meramalkan Produksi Kopi Berdasarkan Provinsi. *Jurnal Infomedia*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.30811/jim.v7i1.2873>
- Kaastra, I., & Boyd, M. (1996). Designing a neural network for forecasting financial and economic time series. *Neurocomputing*, 10(3), 215–236.
- Karsoliya, S. (2012). Approximating number of hidden layer neurons in multiple hidden layer BPNN architecture. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 3(6), 714–717.
- Kementerian Pertanian. (2023). *Analisis Kinerja Perdagangan Kopi*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.
- Kusmaryanto, S. (2014). Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation untuk Pengenalan Wajah Metode Ekstraksi Fitur. *Jurnal EECCIS*, 8(2), 193–198.
- Lenk, M. M., Worzala, E. M., & Silva, A. (1997). High-tech valuation: should artificial neural networks bypass the human valuer? *Journal of Property Valuation and Investment*, 15(1), 8–26. <https://doi.org/10.1108/14635789710163775>
- Mahfuzh, M. F., & Yuliantari, R. V. (2022). Analisis Penerapan Artificial Neural Network Algoritma Propagasi Balik untuk Meramalkan Harga Saham pada Bursa Efek Indonesia. *Journal of Applied Electrical Engineering*, 6(1), 1–3. <https://doi.org/10.30871/jaee.v6i1.3814>
- Muhammad, A. bin I. al B., & ismail al-Bukhori, I. Bin. (1992). Shahih al Bukhari,

Juz V. *Beirut: Dar Al Kitab Al 'Ilmiyyah.*

- Nasir, M. L., John, R. I., Bennett, S. C., Russell, D. M., & Patel, A. (2000). Predicting corporate bankruptcy using artificial neural networks. *Journal of Applied Accounting Research*, 5(3), 30–52. <https://doi.org/10.1108/96754260080001017>
- Octavianty, Y., & Hermawati, S. (2019). *Top 15 Tanaman Perkebunan*. Penebar Swadaya Grup.
- Putra, H., & Walmi, N. U. (2020). Penerapan prediksi produksi padi menggunakan artificial neural network algoritma backpropagation. *Jurnal Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi*, 6(2), 100-107.
- Ramadhan, M. R., Setiawan, N. Y., & Purnomo, W. (2022). Prediksi Transaksi Penjualan Produk menggunakan Metode Exponential Smoothing pada Pengguna Aplikasi Ngorder. id. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 6(10), 4971–4981.
- Ripley, B. D. (1996). *Pattern Recognition and Neural Networks*. Cambridge University Press. <https://doi.org/DOI: 10.1017/CBO9780511812651>
- Safruddin, S., Efendi, E., Mawarni, R., & Wanto, A. (2023). Pemanfaatan Algoritma BFGS Quasi-Newton untuk Melihat Potensi Perkembangan Luas Tanaman Kopi di Pulau Sumatera. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 7(1), 473. <https://doi.org/10.30865/mib.v7i1.5524>
- Siang, J. J. (2005). *Jaringan syaraf tiruan dan pemrogramannya menggunakan MATLAB*. Penerbit Andi, Yogyakarta (Vol. 11).
- Sijabat, P. I., Yuhandri, Y., Nurcahyo, G. W., & Sindar, A. (2020). Algoritma Backpropagation Prediksi Harga Komoditi terhadap Karakteristik Konsumen Produk Kopi Lokal Nasional. *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 11(1), 96–107. <https://doi.org/10.31849/digitalzone.v11i1.3880>
- Sri Harini. (2019). Pemodelan Proses Terbentuknya Janin Dengan Metode ANN (*Tinjauan Matematika Pada Al Qur'an Surat Al-Hajj: 5*).
- Syafa'ati, S. M. N. R. (2018). *Fisiologi Pre Frontal Cerebrum Manusia Perspektif Alquran (Studi Sains Laadz Nasiyah)*. 93.
- Zhang, G. P. (2003). *Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model*. *Neurocomputing*, 50, 159-175.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Produksi Kopi di Jawa Timur

Produksi Perkebunan Kopi Jawa Timur (Ton)																									
	Kabupaten	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Pecutan	301	347	362	418	452	492	1013	937	560	679	700	484	833	821	488	531	770	770	773	758	744	765	741	777
2	Ponorogo	89	57	189	198	218	218	93	99	213	229	237	196	347	342	247	269	261	261	412	410	641	656	634	664
3	Trenggalek	136	153	156	160	160	175	338	279	342	326	335	215	348	356	251	273	328	328	300	324	308	319	305	320
4	Tulungagung	371	376	376	417	417	417	26	298	399	368	376	266	431	437	152	165	259	259	205	218	224	243	234	245
5	Blitar	1026	1052	1056	1081	1069	1084	1444	876	895	895	860	546	885	854	1234	1343	3736	3736	3885	3914	3848	3865	3718	3896
6	Kediri	565	552	551	562	582	592	1303	711	826	859	980	554	897	891	569	619	2481	2481	2621	2722	2692	2704	2684	2813
7	Malang	5873	6257	6263	6389	6483	6483	14522	9245	9346	9416	10028	5669	7752	7703	8619	9382	11429	11829	12260	12421	13079	13207	13047	13673
8	Lumajang	1437	1495	1502	1531	1563	1578	5396	3090	3280	3149	3365	1999	2665	2683	2633	2888	2336	2736	2484	2495	2480	2534	2517	2638
9	Jember	2309	2466	2504	2588	2688	2708	5128	2644	3095	3209	3357	1880	3178	3105	2893	3149	10863	11863	11022	11520	11660	11827	11795	12361
10	Bayuwangi	1085	1748	1751	1792	1802	1809	4437	2806	2669	2772	2917	1620	2138	2165	3724	4054	13239	13839	12700	12925	12720	12547	12504	13104
11	Bondowoso	2317	1579	1593	1617	1636	1656	1461	2043	1965	1993	2056	1130	1843	1846	3939	4288	8670	8670	10807	10970	10167	10464	10420	10920
12	Sibohondo	173	322	330	338	370	381	828	564	575	596	603	431	735	738	675	735	2285	2285	1724	1765	1705	1758	1738	1821
13	Probolinggo	456	454	464	491	519	564	1275	665	1145	1159	1311	748	1296	1291	1535	1671	1563	1563	1760	1756	2406	2410	2400	2515
14	Pasuruan	819	857	888	940	980	1030	2455	2201	2326	2391	2579	1516	2764	2766	2850	3102	3286	2665	3510	3515	3641	3731	3714	3892
15	Sidoarjo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Mojokerto	18	20	20	20	20	20	13	12	11	15	17	14	27	25	36	39	62	62	80	82	158	169	162	170
17	Jombang	295	539	539	691	632	632	1439	791	807	795	780	516	784	782	857	933	761	761	655	692	720	740	671	703
18	Nganjuk	58	61	61	62	62	62	209	105	89	123	135	75	122	120	98	107	96	96	118	128	116	119	112	117
19	Madura	60	61	61	62	62	62	200	130	133	127	131	58	117	112	112	36	39	525	525	843	924	874	892	918
20	Magean	92	99	108	195	216	226	243	148	105	107	118	105	186	172	289	315	327	327	246	262	258	262	260	272
21	Ngawi	51	51	60	99	125	143	280	125	303	302	314	242	418	412	216	235	316	316	302	245	356	330	325	341
22	Bojonegoro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	Tuban	1	1	1	1	1	1	5	9	9	9	10	6	9	9	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
24	Lumogan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	Gresik	15	58	58	73	77	77	77	45	165	169	173	132	187	172	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
26	Bangkalan	-	-	-	-	-	-	-	-	4	3	3	2	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	Sampang	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	Panekan	13	15	15	16	16	16	16	9	9	8	7	5	8	8	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
29	Sumenep	3	3	3	3	3	3	3	11	11	7	7	8	13	13	13	14	8	8	8	7	1	1	1	1
30	Kota																								
30	Kediri	0	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	Blitar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29	-	-	-
32	Malang	1	2	2	2	2	2	11	7	4	7	7	4	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	Probolinggo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	Pasuruan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	Mojokerto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36	Madura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	Surabaya	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	Batu											9	5	12	12	11	12	34	34	66	70	58	89	58	60
Jawa Timur		17564	18636	18914	19747	20156	20432	42236	27852	29287	29414	31436	18427	28003	27843	31388	34166	63635	65414	66661	68123	68885	69632	68916	72221
		Sumber: Badan Pusat Statistik, Provinsi Jawa Timur																							

Sumber: Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur

Lampiran 2 Data Produksi Kabupaten Terlengkap

Tahun/Kab	Pacitan	Ponorogo	Trenggalek	Tulungagung	Blitar	Kediri	Malang	Lumajang	Jember	Banyuwangi	Bondowoso	Situbondo	Probolinggo	Pasuruan	Mojokerto	Jombang	Nganjuk	Madiun	Magetan	Ngawi	Sumenep
2000	301	89	136	371	1026	565	5873	1437	2309	1085	2317	173	456	819	18	295	58	60	92	51	3
2001	347	57	153	376	1052	552	6257	1495	2466	1748	1579	322	454	857	20	539	61	61	99	51	3
2002	362	189	156	376	1056	551	6263	1502	2504	1751	1593	330	464	888	20	539	61	61	108	60	3
2003	418	198	160	417	1081	562	6389	1531	2588	1792	1617	338	491	940	20	691	62	62	195	99	3
2004	452	218	160	417	1069	582	6483	1563	2688	1802	1636	370	519	980	20	632	62	62	216	125	3
2005	492	218	175	417	1084	592	6483	1578	2708	1809	1656	381	564	1030	20	632	62	62	226	143	3
2006	1013	93	338	26	1444	1303	14522	5396	5128	4437	1461	828	1275	2455	13	1439	209	200	243	280	3
2007	937	99	279	298	876	711	9245	3090	2644	2806	2043	564	665	2201	12	791	105	130	148	125	11
2008	560	213	342	399	895	826	9346	3280	3095	2669	1965	575	1145	2326	11	807	89	133	105	303	11
2009	679	229	326	368	895	859	9416	3149	3209	2572	1993	596	1159	2291	15	795	123	127	107	302	7
2010	700	257	335	376	860	980	10028	3365	3357	2917	2056	603	1311	2579	17	780	135	131	118	314	7
2011	484	196	215	266	546	554	5669	1999	1880	1620	1130	431	748	1516	14	516	75	58	105	242	8
2012	833	347	348	431	885	897	7752	2665	3178	2138	1843	735	1296	2764	27	784	122	117	186	418	13
2013	821	342	356	437	854	891	7703	2683	3105	2165	1846	738	1291	2766	25	782	120	112	172	412	13
2014	488	247	251	152	1234	569	8619	2653	2893	3724	3939	675	1535	2850	36	857	98	36	289	216	13
2015	531	269	273	165	1343	619	9382	2888	3149	4054	4288	735	1671	3102	39	933	107	39	315	235	14
2016	770	261	328	259	3736	2481	11429	2336	10863	13239	8670	2285	1563	3286	62	761	96	525	327	316	8
2017	770	261	328	259	3736	2481	11829	2736	11863	13839	8670	2285	1563	2665	62	761	96	525	327	316	8
2018	753	412	300	205	3885	2621	12260	2484	11022	12700	10807	1724	1760	3510	80	655	118	843	246	202	8
2019	758	410	324	218	3914	2722	12421	2495	11520	12925	10970	1765	1756	3515	82	692	128	924	262	245	7
2020	744	641	308	224	3848	2692	13079	2480	11660	12720	10167	1705	2406	3641	158	720	116	874	258	356	1
2021	765	656	319	243	3865	2704	13207	2534	11827	12547	10464	1758	2410	3731	169	740	119	892	262	330	1
2022	741	634	305	234	3718	2684	13047	2517	11795	12504	10420	1738	2400	3714	162	671	112	876	260	325	1
2023	777	664	320	245	3896	2813	13673	2638	12361	13104	10920	1821	2515	3892	170	703	117	918	272	341	1

Lampiran 3 Hasil Normalisasi Data Menggunakan *Min-Max Scalling*

Tahun/kab	Pactan	Ponorogo	Trenggalek	Talungagung	Bhilar	Kediri	Malang	Lumajang	Jember	Banyuwangi	Bondowoso	Situbondo	Probolinggo	Pasuruan	Mojokerto	Jombang	Ngajuk	Madura	Magetan	Ngawi	Sumeneup
2000	0,100	0,142	0,100	0,772	0,214	0,105	0,118	0,100	0,133	0,100	0,197	0,100	0,101	0,100	0,135	0,100	0,100	0,122	0,100	0,100	0,223
2001	0,152	0,100	0,161	0,781	0,220	0,100	0,153	0,112	0,145	0,142	0,137	0,156	0,100	0,110	0,145	0,271	0,116	0,123	0,124	0,100	0,223
2002	0,169	0,274	0,172	0,781	0,221	0,100	0,154	0,113	0,148	0,142	0,138	0,159	0,104	0,118	0,145	0,271	0,116	0,123	0,154	0,120	0,223
2003	0,231	0,286	0,186	0,861	0,227	0,104	0,165	0,119	0,154	0,144	0,140	0,163	0,114	0,132	0,145	0,377	0,121	0,123	0,451	0,205	0,223
2004	0,270	0,312	0,186	0,861	0,224	0,111	0,174	0,125	0,162	0,145	0,141	0,175	0,125	0,142	0,145	0,336	0,121	0,123	0,522	0,261	0,223
2005	0,315	0,312	0,241	0,861	0,228	0,115	0,174	0,128	0,163	0,145	0,143	0,179	0,143	0,155	0,145	0,336	0,121	0,123	0,556	0,301	0,223
2006	0,900	0,147	0,900	0,100	0,313	0,366	0,900	0,900	0,348	0,310	0,127	0,348	0,419	0,526	0,110	0,900	0,900	0,248	0,614	0,599	0,223
2007	0,815	0,155	0,615	0,629	0,178	0,157	0,423	0,434	0,158	0,208	0,174	0,248	0,182	0,460	0,105	0,447	0,349	0,185	0,291	0,261	0,715
2008	0,391	0,306	0,842	0,826	0,183	0,197	0,432	0,472	0,193	0,199	0,168	0,252	0,368	0,492	0,100	0,458	0,264	0,187	0,144	0,649	0,715
2009	0,525	0,327	0,785	0,766	0,183	0,209	0,439	0,446	0,201	0,193	0,170	0,260	0,374	0,483	0,120	0,450	0,444	0,182	0,151	0,647	0,469
2010	0,548	0,364	0,817	0,781	0,175	0,252	0,494	0,490	0,213	0,215	0,175	0,263	0,433	0,558	0,130	0,439	0,508	0,186	0,189	0,673	0,469
2011	0,306	0,283	0,385	0,567	0,100	0,101	0,100	0,214	0,100	0,134	0,100	0,198	0,214	0,281	0,115	0,255	0,190	0,120	0,144	0,516	0,531
2012	0,698	0,482	0,864	0,888	0,181	0,222	0,288	0,348	0,199	0,166	0,158	0,313	0,427	0,606	0,181	0,442	0,439	0,173	0,420	0,900	0,838
2013	0,684	0,476	0,893	0,900	0,173	0,220	0,284	0,352	0,194	0,168	0,158	0,314	0,425	0,607	0,170	0,441	0,428	0,168	0,372	0,887	0,838
2014	0,310	0,350	0,514	0,345	0,263	0,106	0,367	0,346	0,177	0,266	0,328	0,290	0,520	0,629	0,226	0,493	0,312	0,100	0,771	0,460	0,838
2015	0,358	0,379	0,594	0,371	0,289	0,124	0,436	0,393	0,197	0,286	0,357	0,313	0,572	0,694	0,241	0,546	0,360	0,103	0,859	0,501	0,900
2016	0,627	0,369	0,792	0,554	0,858	0,783	0,621	0,282	0,786	0,862	0,713	0,900	0,530	0,742	0,357	0,426	0,301	0,541	0,900	0,678	0,531
2017	0,627	0,369	0,792	0,554	0,858	0,783	0,657	0,362	0,862	0,900	0,713	0,900	0,530	0,581	0,357	0,426	0,301	0,541	0,900	0,678	0,531
2018	0,608	0,568	0,691	0,448	0,893	0,832	0,696	0,312	0,798	0,829	0,887	0,688	0,607	0,801	0,447	0,352	0,418	0,827	0,624	0,429	0,531
2019	0,613	0,565	0,777	0,474	0,900	0,868	0,710	0,314	0,836	0,843	0,900	0,703	0,605	0,802	0,457	0,378	0,471	0,900	0,679	0,523	0,469
2020	0,598	0,870	0,720	0,485	0,884	0,857	0,770	0,311	0,846	0,830	0,835	0,680	0,858	0,835	0,840	0,397	0,407	0,855	0,665	0,765	0,100
2021	0,621	0,889	0,759	0,522	0,888	0,861	0,781	0,322	0,859	0,819	0,859	0,700	0,859	0,858	0,895	0,411	0,423	0,871	0,679	0,708	0,100
2022	0,594	0,860	0,709	0,505	0,853	0,854	0,767	0,318	0,857	0,816	0,855	0,693	0,855	0,854	0,860	0,363	0,386	0,857	0,672	0,697	0,100
2023	0,635	0,900	0,763	0,526	0,896	0,900	0,823	0,343	0,900	0,854	0,896	0,724	0,900	0,900	0,900	0,385	0,413	0,895	0,713	0,732	0,100

Lampiran 4 Pembentukan *Sequence Data* Menggunakan *Sliding Window*

Sequence	Tahun	Pacitan	Ponorogo	Trenggalek	Tulungagung	Blitar	Kediri	Malang	Lumajang	Jember	Banyuwangi	Bondowoso	Situbondo	Probolinggo	Pasuruan	Mojokerto	Jombang	Nganjuk	Madura	Magetan	Ngawi	Sumenep
1	2000	0,100	0,142	0,100	0,772	0,214	0,105	0,118	0,100	0,133	0,100	0,197	0,100	0,101	0,100	0,135	0,100	0,110	0,122	0,100	0,100	0,223
	2001	0,152	0,100	0,161	0,781	0,220	0,100	0,153	0,112	0,145	0,142	0,137	0,156	0,100	0,110	0,145	0,271	0,116	0,123	0,124	0,100	0,223
	2002	0,169	0,274	0,172	0,781	0,221	0,100	0,154	0,113	0,148	0,142	0,138	0,159	0,104	0,118	0,145	0,271	0,116	0,123	0,154	0,120	0,223
Target	2003	0,231	0,286	0,186	0,861	0,227	0,104	0,165	0,119	0,154	0,144	0,140	0,163	0,114	0,132	0,145	0,377	0,121	0,123	0,451	0,205	0,223
2	2001	0,152	0,100	0,161	0,781	0,220	0,100	0,153	0,112	0,145	0,142	0,137	0,156	0,100	0,110	0,145	0,271	0,116	0,123	0,124	0,100	0,223
	2002	0,169	0,274	0,172	0,781	0,221	0,100	0,154	0,113	0,148	0,142	0,138	0,159	0,104	0,118	0,145	0,271	0,116	0,123	0,154	0,120	0,223
	2003	0,231	0,286	0,186	0,861	0,227	0,104	0,165	0,119	0,154	0,144	0,140	0,163	0,114	0,132	0,145	0,377	0,121	0,123	0,451	0,205	0,223
Target	2004	0,270	0,312	0,186	0,861	0,224	0,111	0,174	0,125	0,162	0,145	0,141	0,175	0,125	0,142	0,145	0,336	0,121	0,123	0,522	0,261	0,223
3	2002	0,169	0,274	0,172	0,781	0,221	0,100	0,154	0,113	0,148	0,142	0,138	0,159	0,104	0,118	0,145	0,271	0,116	0,123	0,154	0,120	0,223
	2003	0,231	0,286	0,186	0,861	0,227	0,104	0,165	0,119	0,154	0,144	0,140	0,163	0,114	0,132	0,145	0,377	0,121	0,123	0,451	0,205	0,223
	2004	0,270	0,312	0,186	0,861	0,224	0,111	0,174	0,125	0,162	0,145	0,141	0,175	0,125	0,142	0,145	0,336	0,121	0,123	0,522	0,261	0,223
Target	2005	0,315	0,312	0,241	0,861	0,228	0,115	0,174	0,128	0,163	0,145	0,143	0,179	0,143	0,155	0,145	0,336	0,121	0,123	0,556	0,301	0,223
4	2003	0,231	0,286	0,186	0,861	0,227	0,104	0,165	0,119	0,154	0,144	0,140	0,163	0,114	0,132	0,145	0,377	0,121	0,123	0,451	0,205	0,223
	2004	0,270	0,312	0,186	0,861	0,224	0,111	0,174	0,125	0,162	0,145	0,141	0,175	0,125	0,142	0,145	0,336	0,121	0,123	0,522	0,261	0,223
	2005	0,315	0,312	0,241	0,861	0,228	0,115	0,174	0,128	0,163	0,145	0,143	0,179	0,143	0,155	0,145	0,336	0,121	0,123	0,556	0,301	0,223
Target	2006	0,900	0,147	0,900	0,100	0,313	0,366	0,900	0,900	0,348	0,310	0,127	0,348	0,419	0,526	0,110	0,900	0,900	0,248	0,614	0,599	0,223
5	2004	0,270	0,312	0,186	0,861	0,224	0,111	0,174	0,125	0,162	0,145	0,141	0,175	0,125	0,142	0,145	0,336	0,121	0,123	0,522	0,261	0,223
	2005	0,315	0,312	0,241	0,861	0,228	0,115	0,174	0,128	0,163	0,145	0,143	0,179	0,143	0,155	0,145	0,336	0,121	0,123	0,556	0,301	0,223
	2006	0,900	0,147	0,900	0,100	0,313	0,366	0,900	0,900	0,348	0,310	0,127	0,348	0,419	0,526	0,110	0,900	0,900	0,248	0,614	0,599	0,223
Target	2007	0,815	0,155	0,615	0,629	0,178	0,157	0,423	0,434	0,158	0,208	0,174	0,248	0,182	0,460	0,105	0,447	0,349	0,185	0,291	0,261	0,715
6	2005	0,315	0,312	0,241	0,861	0,228	0,115	0,174	0,128	0,163	0,145	0,143	0,179	0,143	0,155	0,145	0,336	0,121	0,123	0,556	0,301	0,223
	2006	0,900	0,147	0,900	0,100	0,313	0,366	0,900	0,900	0,348	0,310	0,127	0,348	0,419	0,526	0,110	0,900	0,900	0,248	0,614	0,599	0,223
	2007	0,815	0,155	0,615	0,629	0,178	0,157	0,423	0,434	0,158	0,208	0,174	0,248	0,182	0,460	0,105	0,447	0,349	0,185	0,291	0,261	0,715
Target	2008	0,391	0,306	0,842	0,826	0,183	0,197	0,432	0,472	0,193	0,199	0,168	0,252	0,368	0,492	0,100	0,458	0,264	0,187	0,144	0,649	0,715
7	2006	0,900	0,147	0,900	0,100	0,313	0,366	0,900	0,900	0,348	0,310	0,127	0,348	0,419	0,526	0,110	0,900	0,900	0,248	0,614	0,599	0,223
	2007	0,815	0,155	0,615	0,629	0,178	0,157	0,423	0,434	0,158	0,208	0,174	0,248	0,182	0,460	0,105	0,447	0,349	0,185	0,291	0,261	0,715
	2008	0,391	0,306	0,842	0,826	0,183	0,197	0,432	0,472	0,193	0,199	0,168	0,252	0,368	0,492	0,100	0,458	0,264	0,187	0,144	0,649	0,715
Target	2009	0,525	0,327	0,785	0,766	0,183	0,209	0,439	0,446	0,201	0,193	0,170	0,260	0,374	0,483	0,120	0,450	0,444	0,182	0,151	0,647	0,469
8	2007	0,815	0,155	0,615	0,629	0,178	0,157	0,423	0,434	0,158	0,208	0,174	0,248	0,182	0,460	0,105	0,447	0,349	0,185	0,291	0,261	0,715
	2008	0,391	0,306	0,842	0,826	0,183	0,197	0,432	0,472	0,193	0,199	0,168	0,252	0,368	0,492	0,100	0,458	0,264	0,187	0,144	0,649	0,715
	2009	0,525	0,327	0,785	0,766	0,183	0,209	0,439	0,446	0,201	0,193	0,170	0,260	0,374	0,483	0,120	0,450	0,444	0,182	0,151	0,647	0,469
Target	2010	0,548	0,364	0,817	0,781	0,175	0,252	0,494	0,490	0,213	0,215	0,175	0,263	0,433	0,558	0,130	0,439	0,508	0,186	0,189	0,673	0,469
9	2008	0,391	0,306	0,842	0,826	0,183	0,197	0,432	0,472	0,193	0,199	0,168	0,252	0,368	0,492	0,100	0,458	0,264	0,187	0,144	0,649	0,715
	2009	0,525	0,327	0,785	0,766	0,183	0,209	0,439	0,446	0,201	0,193	0,170	0,260	0,374	0,483	0,120	0,450	0,444	0,182	0,151	0,647	0,469
	2010	0,548	0,364	0,817	0,781	0,175	0,252	0,494	0,490	0,213	0,215	0,175	0,263	0,433	0,558	0,130	0,439	0,508	0,186	0,189	0,673	0,469
Target	2011	0,306	0,283	0,385	0,567	0,100	0,101	0,100	0,214	0,100	0,134	0,100	0,198	0,214	0,281	0,115	0,255	0,190	0,120	0,144	0,516	0,531
10	2009	0,525	0,327	0,785	0,766	0,183	0,209	0,439	0,446	0,201	0,193	0,170	0,260	0,374	0,483	0,120	0,450	0,444	0,182	0,151	0,647	0,469
	2010	0,548	0,364	0,817	0,781	0,175	0,252	0,494	0,490	0,213	0,215	0,175	0,263	0,433	0,558	0,130	0,439	0,508	0,186	0,189	0,673	0,469
	2011	0,306	0,283	0,385	0,567	0,100	0,101	0,100	0,214	0,100	0,134	0,100	0,198	0,214	0,281	0,115	0,255	0,190	0,120	0,144	0,516	0,531
target	2012	0,698	0,482	0,864	0,888	0,181	0,222	0,288	0,348	0,199	0,166	0,158	0,313	0,427	0,606	0,181	0,442	0,439	0,173	0,420	0,900	0,838
11	2010	0,548	0,364	0,817	0,781	0,175	0,252	0,494	0,490	0,213	0,215	0,175	0,263	0,433	0,558	0,130	0,439	0,508	0,186	0,189	0,673	0,469
	2011	0,306	0,283	0,385	0,567	0,100	0,101	0,100	0,214	0,100	0,134	0,100	0,198	0,214	0,281	0,115	0,255	0,190	0,120	0,144	0,516	0,531
	2012	0,698	0,482	0,864	0,888	0,181	0,222	0,288	0,348	0,199	0,166	0,158	0,313	0,427	0,606	0,181	0,442	0,439	0,173	0,420	0,900	0,838
Target	2013	0,684	0,476	0,893	0,900	0,173	0,220	0,284	0,352	0,194	0,168	0,158	0,314	0,425	0,607	0,170	0,441	0,428	0,168	0,372	0,887	0,838
12	2011	0,306	0,283	0,385	0,567	0,100	0,101	0,100	0,214	0,100	0,134	0,100	0,198	0,214	0,281	0,115	0,255	0,190	0,120	0,144	0,516	0,531
	2012	0,698	0,482	0,864	0,888	0,181	0,222	0,288	0,348	0,199	0,166	0,158	0,313	0,427	0,606	0,181	0,442	0,439	0,173	0,420	0,900	0,838
	2013	0,684	0,476	0,893	0,900	0,173	0,220	0,284	0,352	0,194	0,168	0,158	0,314	0,425	0,607	0,170	0,441	0,428	0,16			

Lampiran 5 Data Inisialisasi Awal Bobot dari *Input* ke *Hidden*

Neuron/ Input	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	x25	x26	x27	x28	x29	x30	x31	x32	x33		
n1	0.054233	-0.1633	0.133711	0.167584	-0.34762	-0.23201	0.022778	-0.05635	-0.00259	-0.15199	0.156886	0.136582	0.011765	0.200845	0.032338	-0.1531	0.056702	-0.17065	0.156317	-0.0039	-0.03394	-0.12132	0.217828	-0.02735	-0.07632	0.002228	0.084594	0.065113	0.073538	0.076761	0.361586	-0.07241	-0.09127		
n2	0.10445	0.26722	0.147554	-0.16213	-0.08238	-0.06409	-0.22729	-0.04279	-0.20192	-0.16382	0.025777	0.132027	0.117653	0.028248	0.114661	-0.05512	0.081385	-0.11754	-0.06493	-0.08602	-0.21302	0.066766	-0.06364	0.002228	0.084594	0.065113	0.073538	0.076761	0.361586	-0.07241	-0.09127	-0.08794			
n3	0.280723	-0.21181	-0.11599	-0.16509	-0.05945	-0.24629	0.119167	0.03569	-0.26206	-0.18095	0.06866	0.148333	0.057915	0.019173	0.073837	-0.17651	-0.37968	0.047659	-0.14485	-0.07401	-0.10596	-0.02306	0.18893	0.027982	-0.02626	-0.14653	0.078658	0.23829	0.176669	0.058778	0.23829	-0.02735	-0.124	-0.03999	0.043207
n4	0.294151	0.307113	-0.10399	-0.06327	0.261392	-0.19725	-0.18942	0.114824	0.07031	-0.00391	-0.02912	0.080147	0.250777	0.01614	0.14733	-0.36329	-0.00868	0.047659	-0.14485	-0.07401	-0.10596	-0.02306	0.18893	0.027982	-0.02626	-0.14653	0.078658	0.23829	0.176669	0.058778	0.23829	-0.02735	-0.124	-0.03999	0.043207
n5	0.330809	-0.17583	-0.0437	0.138501	0.07464	-0.05702	-0.02384	-0.24487	-0.04244	-0.04746	0.041387	-0.09894	0.084016	0.18044	0.027693	0.062674	0.09471	1.5505	-0.12865	0.056391	-0.01733	0.379498	0.280331	0.08748	-0.13586	-0.1982	0.212231	0.048815	0.085549	0.31084	0.165246	0.080966	-0.19785		
n6	-0.05394	0.01187	-0.12485	0.175318	-0.20984	0.135395	-0.03397	0.208696	0.133785	0.324332	0.034332	0.049225	-0.25712	-0.2801	-0.01193	-0.20182	-0.08234	0.05562	0.11392	-0.12453	-0.18362	0.05841	-0.21676	-0.11598	0.053931	0.26584	0.08465	-0.40825	0.05423	0.012835	0.073745	0.287967	-0.36782	-0.10532	0.195284
n7	0.283837	-0.08185	0.01922	0.233328	-0.28548	-0.22301	-0.26331	-0.11449	0.078332	0.053337	0.049225	-0.25712	-0.2801	-0.01193	-0.20182	-0.08234	0.05562	0.11392	-0.12453	-0.18362	0.05841	-0.21676	-0.11598	0.053931	0.26584	0.08465	-0.40825	0.05423	0.012835	0.073745	0.287967	-0.36782	-0.10532	0.195284	
n8	0.068559	0.084483	0.235308	-0.06108	-0.25314	0.190151	-0.05908	0.198592	0.068308	-0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	0.02337	
n9	-0.5382	-0.09894	0.431255	0.077485	-0.0897	0.082865	-0.27812	-0.05288	0.017734	-0.01534	0.140501	0.091407	0.119078	-0.12265	0.159988	0.00224	-0.17266	-0.15816	0.238002	-0.03409	0.250125	-0.07886	0.259253	0.023427	0.04601	0.279792	0.05446	-0.16768	0.07992	0.080594	-0.27898	0.113381	-0.096		
n10	-0.11533	0.08716	0.033492	-0.25802	-0.01211	0.046688	-0.1803	0.033825	-0.28521	0.280774	0.222382	-0.04499	0.064798	-0.04299	-0.2603	-0.05234	-0.19103	0.127827	0.353667	-0.20584	-0.14821	0.041951	-0.28705	-0.2179	0.044372	0.324508	-0.2943	0.07548	-0.08276	0.144785	0.040358	-0.31625	-0.05937	0.03302	
n11	0.280727	-0.454224	-0.07221	-0.34509	-0.05332	-0.051	-0.03384	-0.18838	0.103283	0.053454	-0.26625	0.145479	0.355795	0.033638	-0.0601	-0.0253	0.05823	-0.30836	0.02929	-0.06957	0.23235	-0.03102	0.28774	-0.19866	0.104534	0.059309	-0.15486	0.031607	0.21804	-0.05789	-0.30146	-0.00313	-0.16079		
n12	-0.40721	-0.1473	-0.13841	-0.41343	-0.1717	-0.16308	-0.05683	0.198302	0.04386	-0.18386	-0.02015	0.185336	-0.17389	-0.1624	0.09519	-0.03947	0.115385	-0.00243	0.02348	-0.15018	-0.15067	0.03945	-0.00534	-0.24316	-0.1324	0.164697	0.016167	-0.05039	0.01892	0.039755	0.1059	-0.17812	-0.1858	0.18625	-0.07347
n13	-0.16407	0.62342	0.11865	0.07885	0.222559	0.11207	0.13165	0.11348	0.08072	-0.31779	0.014898	-0.0991	-0.22803	0.236656	0.30062	0.04278	0.05472	0.24047	0.02148	-0.13613	-0.19483	0.070734	0.010759	-0.2321	-0.00912	-0.01421	0.302079	0.158326	0.002039	0.044327	0.007878	0.03815	-0.19286		
n14	-0.20302	-0.0874	0.28575	-0.2705	-0.37713	0.005187	0.005509	-0.02056	0.236337	-0.47623	0.070545	0.278208	-0.20184	-0.06787	-0.13415	-0.15855	-0.0913	0.254341	0.237715	-0.05866	0.339433	0.005339	0.312462	-0.01662	0.023351	0.065118	0.96639	0.151677	-0.12502	0.17265	-0.09447	-0.08726			
n15	-0.19397	-0.20882	-0.1948	0.051477	-0.07885	-0.44574	0.30381	-0.14843	-0.09337	-0.07276	0.008874	-0.15555	0.168985	-0.12045	-0.15364	0.085233	-0.27351	0.694303	0.016272	-0.02827	0.28399	-0.11086	0.367082	-0.04071	-0.22753	0.012458	-0.19176	-0.13894	0.070741	0.09899	-0.11085	0.17593			
n16	-0.05338	0.056838	-0.5216	0.05822	-0.65005	-0.30708	0.081493	0.086083	-0.20711	-0.12598	0.244195	-0.08624	0.39953	-0.00034	0.072702	0.280065	0.023346	-0.17859	-0.19855	-0.00634	-0.24316	-0.14538	0.032138	-0.11688	0.121484	-0.08915	0.089445	0.28405	0.002025	0.157004	-0.09538	0.143581	0.20695	-0.17012	
n17	0.134744	0.0675	-0.22001	0.259381	-0.08922	-0.2348	-0.1862	-0.18182	0.009296	-0.04879	-0.06001	0.110415	0.005587	0.065312	0.070201	0.09779	-0.37588	0.05493	-0.38946	0.054525	-0.00063	0.168287	0.21608	0.038129	-0.43668	-0.25259	-0.21151	-0.06972	0.046356	-0.28557	-0.17553	-0.15318	0.47849		
n18	-0.02339	0.228367	0.01654	0.05633	-0.01592	0.006376	0.305245	0.41329	0.35652	-0.09578	0.002588	0.12569	0.084292	-0.05846	0.81867	0.13554	0.027394	0.171521	0.048739	-0.10004	0.124333	0.019708	0.000239	0.254442	-0.43668	-0.25259	-0.21151	-0.06972	0.046356	-0.28557	-0.17553	-0.15318	0.47849		
n19	-0.16308	0.284574	-0.18856	-0.23564	-0.09653	0.074874	-0.01624	-0.11591	-0.12013	-0.12582	-0.15671	-0.485238	0.030309	0.075998	-0.08714	-0.03313	-0.12714	-0.47447	-0.24553	-0.32261	-0.40063	-0.21286	0.239073	0.22894	-0.00738	0.23236	0.139432	-0.16032	0.053355	0.123838	-0.10274	0.056966	0.10088		
n20	0.178056	0.07387	0.14787	-0.07967	-0.00883	-0.02058	-0.14088	0.117966	0.116888	0.057596	0.273848	0.282336	-0.06881	0.066489	-0.11111	0.004161	-0.10586	0.288555	0.04002	-0.03885	0.21927	-0.38975	-0.39886	-0.14790	0.010774	0.046233	0.25333	0.00414	0.358974	0.146851	0.032337	-0.07823	-0.0703		
n21	-0.27497	0.040761	0.172377	0.02193	-0.2831	-0.02206	0.13221	-0.33461	-0.1915	0.156177	0.048124	0.073403	0.031314	0.0633484	0.17219	0.482865	-0.33809	-0.14216	0.076222	0.078217	-0.05653	-0.18396	0.411558	0.062338	-0.13047	0.163196	0.01946	0.100163	0.063829	0.340839	0.083661	0.00368			
n22	0.222485	-0.1935	0.059539	-0.16318	-0.11972	0.262323	-0.06667	0.080354	-0.3334	0.331817	0.107377	-0.03522	0.102548	-0.25119	0.210696	-0.08773	-0.03636	-0.0876	-0.10346	-0.12372	0.045566	0.16125	-0.00157	0.091439	-0.07463	0.397281	-0.27938	0.224665	0.243726	-0.15163	0.397199	0.173731	0.17302		
n23	-0.1057	-0.058	0.090651	-0.01875	-0.07942	0.261414	-0.00035	0.409727	0.016188	0.318038	0.053865	0.117575	-0.2511	-0.15212	0.081908	0.176135	0.007173	-0.2232	-0.24238	-0.12389	0.05745	0.080631	0.057167	0.042513	0.281118	-0.19022	-0.00979	0.201816	0.223008	-0.25332	-0.05666	0.241882	0.068327	0.04791	
n24	0.195794	-0.3359	-0.29875	0.037468	-0.12737	0.233759	-0.06616	0.34468	-0.22593	-0.06992	-0.04172	-0.03337	-0.07563	0.192228	0.215345	-0.00336	-0.30055	0.193994	0.068351	0.355265	0.174874	-0.20754	0.357908	-0.17098	0.134862	-0.16375	0.270178	-0.04649	0.149553	0.042219	-0.0167	0.243003			
n25	-0.001475	-0.00631	-0.26211	0.08963	-0.43013	0.115527	-0.26588	0.009525	-0.02123	0.283831	-0.01683	-0.1288	-0.08026	0.257595	0.065534	-0.06871	-0.04213	-0.27823	0.85216	-0.31855	0.133851	0.022917	0.425293	-0.19602	-0.01829	0.320408	-0.212275	-0.12405	0.339505	0.003386	0.062327	-0.12449	-0.01591		
n26	-0.08791	0.025197	-0.41432	0.042196	0.339449	-0.08075	0.045391	0.182616	-0.03251	-0.10351	0.40548	0.14208	-0.02016	-0.18043	0.022536	-0.104	-0.09415	0.108025	-0.23847	0.16605	-0.24603	-0.11808	0.342619	0.200683	0.017391	-0.12758	-0.1943	0.013056	0.066686	-0.01619	-0.05449	-0.0382	-0.26592		
n27	-0.18742	-0.02571	-0.21679	0.150406	-0.16352	0.500693	-0.08043	0.012832	-0.2338	0.303981	0.159466	0.025903	-0.23597	0.075355	-0.19881	0.080584	0.144178	0.070305	-0.4341	-0.17322	0.122541	0.216105	0.197625	-0.26365	0.057278	0.189339	0.29547	0.00141	0.048752	-0.05359	-0.33001	-0.05033	-0.08332		
n28	0.277441	-0.1551	-0.04053	0.133146	-0.010239	-0.18908	0.073874	0.131013	0.015673	0.039124	-0.04609	0.263391	-0.15048	-0.10465	0.001957	0.056807	-0.26679	-0.23346	-0.36307	0.058253	-0.19625	-0.06862	0.117841	-0.11431	0.041208	-0.05333	0.119753	0.084636	-0.12328	-0.00056	0.189958	0.07039	-0.2489		
n29	0.182542	-0.13954	-0.20267	-0.38415	-0.04747	-0.10553	-0.27653	0.080716	-0.08017	-0.19187	-0.06881	0.188079	0.07428	-0.02317	0.10309	-0.26864																			

x34	x35	x36	x37	x38	x39	x40	x41	x42	x43	x44	x45	x46	x47	x48	x49	x50	x51	x52	x53	x54	x55	x56	x57	x58	x59	x60	x61	x62	x63	
-0.14499	0.109752	0.2071254	-0.02003	-0.14969	-0.1466	0.115619	0.132429	0.096776	-0.1858	0.041365	0.02079	0.039965	0.155266	0.039839	0.120965	0.012041	0.051514	0.112479	-0.25963	-0.05966	-0.08381	-0.11383	-0.04902	0.26636	-0.15427	0.172522	-0.29984	-0.05967	0.028958	
-0.23567	-0.17768	0.071229	-0.16733	-0.08738	0.231489	-0.06348	0.131408	-0.16636	-0.0368	-0.16927	-0.06041	0.049721	-0.30776	0.077403	0.042338	-0.05986	-0.021852	0.030993	0.285398	-0.04265	-0.03993	0.285398	-0.04265	-0.18236	0.031942	0.039198	0.242172	0.148795	0.063585	
-0.21113	-0.17196	-0.12922	0.279238	-0.14635	0.149397	-0.16088	0.165982	-0.06888	-0.02761	-0.00726	-0.11667	0.094791	-0.08107	-0.21837	-0.22377	0.030751	0.281353	0.028506	-0.02114	0.050927	0.232696	0.039088	-0.07322	0.187112	0.076363	0.032648	-0.21817	-0.24377	-0.24377	
0.031461	-0.19321	0.016123	0.040664	0.448549	0.334405	-0.15203	-0.0512	-0.26075	-0.0525	0.059233	0.214852	-0.1299	-0.11655	-0.38259	-0.02988	-0.18929	-0.09433	-0.15623	-0.0168	-0.31318	0.379937	-0.22939	-0.19542	0.327291	0.517808	-0.20874	-0.06561	0.060836		
-0.08401	0.046888	0.006348	-0.05206	-0.01644	-0.0449	0.027183	0.262182	-0.45731	-0.0422	0.03145	0.052738	-0.06627	-0.313	0.05844	0.307769	-0.27329	0.153912	-0.05953	-0.01093	-0.1876	-0.05659	0.231634	0.103814	0.308653	0.209784	0.078234	0.310724	0.078217	0.147526	
-0.2818	0.262976	0.065632	0.150839	-0.10173	0.144992	0.190374	0.041493	0.041764	0.048166	-0.15383	-0.02629	-0.02778	0.068311	-0.178143	-0.1868	-0.02227	0.263957	-0.13249	-0.1465	0.036046	0.150448	0.002036	0.236786	0.152659	0.149991	0.098729	0.414728	-0.03655	-0.35698	
-0.41579	-0.12085	0.13353	-0.05076	0.035241	0.19407	0.236659	-0.01232	0.241174	0.016415	-0.1482	-0.10591	-0.26379	-0.15824	-0.063739	0.143178	0.306597	-0.24627	0.069902	-0.1854	0.084579	-0.32622	0.165398	-0.1078	-0.09513	-0.1906	-0.11658	0.078239	-0.03372	-0.26771	
0.204511	-0.4266	-0.14015	-0.30049	-0.14721	0.094428	-0.03193	-0.04515	-0.02636	0.036239	-0.1797	0.12542	0.11807	0.068604	0.09916	0.052814	0.362597	-0.01552	-0.05471	-0.13426	-0.18392	-0.22173	-0.15836	-0.01259	0.059563	0.009112	-0.1364	0.16039	0.131744	-0.02845	
0.091833	-0.1029	0.227074	-0.11182	-0.11343	0.066416	0.135634	0.07984	-0.30033	0.065884	-0.18429	0.04192	-0.25367	0.079523	-0.14372	-0.22863	0.127184	0.043055	-0.10939	0.258563	-0.05281	0.005721	0.047913	-0.11041	0.083844	-0.09505	-0.07334	0.242788	-0.18541	-0.4299	
-0.061	-0.01454	-0.3039	-0.28787	0.065882	-0.09313	-0.45697	0.139639	0.048529	-0.2719	-0.23463	0.148919	0.062245	0.424518	0.074687	0.069079	-0.02974	0.445528	0.11374	0.223025	-0.05288	-0.07758	-0.08536	0.1409	0.266972	-0.08175	-0.07588	0.05596	-0.04379	0.166631	
0.05035	0.136716	-0.20315	-0.16947	0.079789	0.010383	0.087771	-0.03344	0.049558	0.028773	0.134578	0.143788	-0.28862	-0.40041	0.178485	0.211622	-0.18185	-0.33172	0.17845	-0.06231	0.1320285	0.091991	-0.08623	0.15913	0.00204	-0.05332	-0.18036	0.365035	0.318071	0.202415	
-0.02681	-0.13284	-0.22277	0.091087	0.069713	-0.31635	-0.02166	0.177408	0.188726	0.182778	0.009833	-0.15057	-0.19309	0.0614	0.067578	0.223369	0.195888	-0.02356	-0.22169	-0.05866	0.038705	-0.03901	-0.10297	0.045058	-0.08979	-0.11191	0.055493	-0.07162	0.043483	0.048678	
0.161889	0.005539	0.049835	0.002492	0.05997	0.075718	-0.34512	0.118786	-0.17487	-0.23668	-0.10041	0.014983	-0.12356	0.148008	-0.23914	-0.07251	-0.10421	-0.0083	0.049688	-0.17958	0.129048	0.011225	-0.3371	-0.34897	-0.00219	-0.03937	-0.01843	-0.00459	0.040169	0.168847	
0.206238	0.255912	0.094328	0.242928	-0.33511	-0.05664	-0.15448	0.021243	-0.2502	0.058883	-0.05392	-0.08602	0.155111	0.263569	0.31971	0.234285	-0.01955	0.052846	0.136828	0.021591	0.022329	0.146772	-0.01056	-0.12984	-0.07385	0.112946	0.000533	0.060617	0.119391	-0.06679	
-0.25244	0.079076	0.082561	-0.27273	0.040888	0.131062	0.066706	0.112603	-0.2053	-0.04284	0.018179	0.014074	0.201983	-0.06437	0.062723	-0.17615	0.080235	0.000554	-0.1336	-0.04202	-0.03282	-0.04813	0.315607	-0.27293	0.179512	-0.04573	0.133652	0.344552	0.343008	-0.2188	
0.173523	0.124466	0.018161	-0.13583	-0.15309	-0.0958	0.096676	-0.17027	0.077953	-0.22125	-0.03636	0.019536	0.435659	-0.2454	0.262275	0.026668	0.07326	0.021087	0.079239	-0.02738	0.259074	-0.08133	0.201735	-0.11481	-0.10174	-0.191	0.081073	0.257484	-0.01378	-0.03508	
0.321024	-0.07336	-0.06478	-0.20476	-0.33968	-0.02083	-0.17779	-0.01512	-0.28512	-0.13576	0.028482	0.065249	0.074383	-0.23528	0.152283	-0.14258	0.112759	-0.0019	-0.24524	-0.05834	0.065008	0.109215	-0.02512	0.27293	0.179512	-0.04573	0.133652	0.344552	0.343008	-0.2188	
-0.09792	-0.20005	-0.21098	0.051413	0.058265	-0.14121	0.004737	0.01665	0.110146	0.276505	0.227525	-0.1784	0.289972	-0.09461	0.186169	0.012113	-0.07343	-0.32208	-0.03057	-0.27784	0.172346	0.270253	-0.04813	0.315607	-0.27293	0.179512	-0.04573	0.133652	0.344552	0.343008	-0.2188
-0.37937	0.045905	0.150643	-0.28073	-0.11785	-0.20623	-0.172	0.09529	-0.37139	0.109447	0.134317	-0.04474	-0.442	-0.17754	0.219671	-0.45497	-0.06192	-0.21025	0.143354	-0.12029	0.071974	0.10075	0.327168	-0.03616	0.067001	-0.2646	0.212101	-0.1355	-0.05991	-0.00396	
-0.06703	-0.09035	-0.07311	-0.04525	-0.06732	0.163263	-0.30881	0.153566	-0.06765	0.067182	-0.2008	0.236728	0.22194	0.170974	-0.26989	0.147728	0.072135	-0.28602	-0.00433	0.084951	0.099078	0.031583	0.05189	0.262559	0.218448	-0.51084	-0.05656	-0.02934	-0.31218	0.16781	
0.004993	-0.0387	-0.03731	0.066582	0.249655	0.032306	-0.1624	0.146892	0.164125	0.116643	0.132829	-0.04827	-0.16552	-0.15469	-0.2914	0.042218	-0.01487	-0.07839	-0.52661	-0.22224	0.199705	-0.11842	0.084248	-0.24778	0.26534	-0.02566	0.051678	0.414394	0.27019	-0.05462	
0.020416	0.059787	0.13855	-0.14423	0.156447	-0.24463	0.058507	0.031847	-0.0581	-0.00404	-0.11092	-0.19035	-0.06301	-0.1967	0.057514	-0.20492	0.126856	-0.21051	-0.1009	-0.11129	0.236107	0.058849	-0.03773	0.088859	-0.37545	-0.00769	0.355905	0.023581	0.0121	0.097662	
-0.04217	-0.31728	-0.14312	0.098208	0.07047	-0.27921	-0.12906	-0.03865	-0.06512	-0.24515	-0.11196	-0.12982	0.137467	0.144165	-0.02588	-0.08985	0.024931	-0.14549	-0.20434	-0.16752	-0.11311	-0.2073	0.028875	0.130016	-0.28278	0.004477	-0.03919	0.060848	-0.00231	-0.25889	
-0.03879	-0.06838	0.051353	-0.04497	-0.00759	0.014004	-0.12081	0.084812	-0.09026	-0.23373	0.119586	-0.13802	-0.10281	0.055914	-0.19966	0.32577	0.130037	0.322302	0.253957	-0.28973	0.12915	0.253383	-0.08139	0.018075	-0.35775	0.047525	-0.1895	0.03557	-0.27817	0.096723	
-0.26473	0.024076	0.060182	-0.04052	-0.28776	0.176131	0.084949	-0.12936	-0.05	-0.28738	-0.1827	-0.09582	0.218873	0.11394	0.11407	-0.09591	0.044178	-0.02519	0.155558	-0.09529	-0.28018	-0.24623	-0.09477	-0.22255	0.073089	-0.08299	0.423094	-0.30962	0.036282	-0.20097	
-0.09203	0.162962	-0.2438	-0.03377	-0.74606	0.01964	-0.06624	0.263233	0.08026	-0.23373	0.119586	-0.13802	-0.10281	0.055914	-0.19966	0.32577	0.130037	0.322302	0.253957	-0.28973	0.12915	0.253383	-0.08139	0.018075	-0.35775	0.047525	-0.1895	0.03557	-0.27817	0.096723	
-0.02638	-0.1004	-0.07893	-0.00707	0.078834	-0.05424	-0.07299	0.016455	-0.34226	0.084985	-0.0001	0.007072	0.171178	-0.34794	-0.35169	0.048785	-0.00127	0.030321	-0.08234	0.18371	0.168172	0.086233	-0.04647	-0.37554	0.137058	0.21768	0.114844	-0.15873	0.120053	0.153324	
0.118814	-0.19325	0.251673	0.182468	0.05165	0.028015	-0.03724	0.120895	-0.06806	0.041972	0.155356	-0.1001	-0.10979	-0.21281	-0.18966	0.32577	0.130037	0.322302	0.253957	-0.28973	0.12915	0.253383	-0.08139	0.018075	-0.35775	0.047525	-0.1895	0.03557	-0.27817	0.096723	
0.201157	-0.00982	-0.21245	-0.1039	-0.18124	0.154339	0.1305	-0.30631	-0.07191	-0.1538	0.23047	-0.24055	0.285832	-0.00593	-0.20703	-0.12067	-0.14283	-0.2271	0.016896	-0.07675	-0.32122	-0.13402	-0.16188	-0.15523	0.35652	0.010051	0.043719	-0.31651	-0.03818	-0.03818	
0.035346	-0.1367	-0.14366	-0.24236	0.089617	0.097163	0.041276	0.171969	0.115658	0.099646	0.054138	-0.01631	-0.08458	0.394505	-0.09053	-0.11964	0.077329	0.044874	-0.2303	0.200302	-0.01678	-0.19794	0.218111	0.111479	-0.22531	0.318648	0.117381	-0.00182	0.283336	0.028383	
-0.20008	0.136636	-0.21821	0.206495	0.509122	0.065292	0.103895	-0.08781	-0.12253	-0.0739	-0.18473	-0.25782	0.30688	0.046817	0.067651	-0.05006	-0.0308	0.017858	-0.00576	0.094556	-0.03492	-0.06096	-0.25068	-0.35238	-0.0466	0.010066	-0.22916	-0.00614	0.009577	-0.38414	
0.162359	0.035382	0.087196	-0.04618	0.011171	0.01916	0.038325	0.137647	0.098913	0.076778	-0.14417	0.012037	-0.02469	0.03442	0.353146	-0.06332	0.075241	0.190372	0.017461	0.416544	-0.06736	0.057744	-0.14233	-0.06263	0.044334	0.15079	0.056854	0.224342	-0.01692	-0.05918	
0.009211	0.085707	0.090464	0.10744	-0.06853	0.377933	0.																								

Lampiran 6 Data Inisialisasi Awal Bobot dari *Hidden* ke *Output*

Hidden/ Output	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7	h8	h9	h10	h11	h12	h13	h14	h15	h16	h17	h18	h19	h20	h21	h22
y1	0.357855	-0.11208	0.063546	0.522125	-0.23074	-0.41414	0.280757	-0.18042	-0.00452	-0.12766	0.058518	-0.20742	-0.03927	0.098158	-0.22003	-0.15277	-0.07581	-0.31179	-0.09221	0.025924	-0.08719	-0.05922
y2	0.280812	-0.41674	-0.27921	-0.22521	-0.01382	-0.07981	0.305317	0.208256	0.108077	0.031779	0.08581	-0.1881	0.187059	-0.24267	0.182284	0.258838	0.046014	0.03845	0.087355	-0.62443	0.065958	-0.02474
y3	-0.25523	-0.28411	0.376954	-0.10089	-0.00559	-0.08789	-0.20609	-0.05131	0.536433	0.303775	-0.18613	0.141312	-0.18145	-0.38764	0.222476	0.253153	0.228267	-0.10253	-0.03639	0.163612	0.085431	-0.0859
y4	-0.05332	-0.03574	-0.0833	0.574948	0.12131	-0.10121	0.10158	-0.22059	0.32831	-0.14426	0.109346	0.232615	0.083963	0.020615	0.002357	-0.01232	-0.12585	-0.08809	0.322873	-0.02368	-0.17147	-0.11267
y5	0.001573	-0.1168	-0.31913	0.170182	0.16429	0.183986	-0.33622	0.065229	0.147511	-0.22503	0.002002	-0.02537	0.40199	0.419859	-0.36319	0.544219	-0.19972	0.214	0.21178	-0.21728	0.10764	-0.02347
y6	-0.01332	0.027532	-0.07411	-0.19417	-0.32048	0.138103	-0.17085	0.667644	-0.237	-0.27438	0.111321	0.333724	0.014095	0.124874	-0.4023	-0.14785	-0.23428	-0.41353	0.025527	-0.48943	-0.28853	-0.11723
y7	-0.18828	0.17644	-0.1223	-0.30692	0.222849	-0.1172	-0.08923	0.008986	0.249333	0.004373	-0.26167	0.118694	-0.10583	0.411979	-0.00024	-0.48772	0.077983	0.424346	0.343884	0.398547	-0.22253	0.199048
y8	0.358458	0.276081	0.005335	-0.06403	-0.02883	0.049571	0.349159	0.09219	0.158433	0.255156	-0.25524	0.164724	-0.06428	-0.54906	-0.4644	-0.22217	0.115922	0.024833	0.040232	0.425731	-0.27694	-0.00599
y9	-0.04269	0.055581	-0.28835	-0.09756	0.045942	0.346094	0.048441	0.301953	0.139819	0.355128	-0.01288	0.521589	-0.10592	-0.16726	-0.26406	0.508671	0.178818	-0.07291	0.272559	0.150067	0.429044	-0.33776
y10	-0.03719	0.002888	0.16055	-0.2964	-0.18351	0.058564	-0.02179	0.12479	-0.2683	0.077932	0.238203	0.106233	0.030357	-0.02092	-0.18218	-0.01571	0.27489	-0.02597	-0.19417	-0.10742	0.043829	-0.08151
y11	0.055971	0.09498	0.453176	-0.18446	0.187459	0.045335	-0.34284	0.16818	0.276618	-0.18705	-0.00195	-0.3765	-0.27469	0.228699	-0.10178	-0.24196	0.050072	-0.114	-0.10274	0.161334	-0.25351	-0.19757
y12	-0.28227	-0.17741	0.051307	0.26524	0.352636	0.170107	0.062892	0.163405	-0.1455	-0.03344	-0.17984	-0.2725	0.072786	0.040482	0.150058	0.119171	0.052949	0.121464	-0.00931	0.0901	-0.15846	0.080676
y13	0.059025	-0.19836	0.091324	-0.02925	-0.13273	-0.16944	0.583027	-0.0575	-0.31794	-0.15236	-0.01125	0.119293	0.121067	0.147649	-0.14072	0.07429	-0.19117	-0.13522	-0.20026	-0.25933	0.23223	0.150267
y14	0.018822	-0.25763	-0.02527	0.230995	-0.28407	-0.04505	0.22362	-0.09127	-0.12518	0.253898	-0.06882	0.241021	0.093608	-0.07481	0.104677	0.069928	0.222775	-0.11966	0.008992	-0.01342	0.153658	-0.22371
y15	-0.10578	0.119102	0.239456	0.161761	0.198395	-0.2513	0.24302	-0.18607	0.056637	0.056354	0.105862	0.07353	-0.18413	-0.29457	0.190362	0.040552	0.250815	-0.00976	-0.30663	0.210827	-0.08082	0.074631
y16	0.209728	-0.46043	-0.16722	-0.08723	0.380489	0.167723	-0.12158	0.284688	-0.16159	0.220204	-0.29653	0.234204	-0.08863	-0.22444	-0.04738	0.060521	-0.10796	0.120883	-0.12722	0.135376	0.096501	-0.01329
y17	0.247737	0.188877	-0.35051	-0.06834	0.036118	0.169855	0.1996	0.061953	0.127711	0.013998	-0.14705	-0.05701	0.004144	-0.00757	-0.41147	-0.08674	0.012265	-0.0614	-0.05386	0.106488	-0.23545	-0.35527
y18	-0.01221	-0.493	0.047028	-0.20258	0.105986	-0.27972	0.006548	-0.06179	0.066142	0.027211	-0.05568	-0.33524	-0.32235	-0.12741	-0.00181	-0.13273	0.136432	-0.06093	-0.21058	-0.06069	0.049287	0.070866
y19	-0.1556	0.229534	-0.33075	-0.27225	0.154861	0.384669	0.107676	-0.0088	-0.47903	-0.44133	0.028239	-0.07814	-0.24131	0.0143	0.025124	0.206088	0.029809	0.268058	0.001744	-0.02517	0.232252	-0.21351
y20	0.24135	-0.07178	-0.09194	0.213546	-0.11747	-0.00824	-0.34507	0.153667	0.423532	0.157384	0.318991	-0.18463	0.05157	-0.20581	-0.0497	0.16851	0.022219	-0.30826	-0.28696	-0.30139	0.107244	0.450379
y21	0.159934	0.057943	0.019532	-0.05177	-0.26456	-0.20847	-0.06154	0.052889	0.314411	-0.00912	0.218976	0.235526	-0.05051	0.129772	-0.05314	0.288514	0.138752	-0.25978	0.035248	0.358648	-0.03855	0.097689

h23	h24	h25	h26	h27	h28	h29	h30	h31	h32	h33	h34	h35	h36	h37	h38	h39	h40	h41	h42
-0,00434	-0,14309	0,150802	0,313356	-0,10134	0,105879	-0,05229	0,079756	0,341681	0,110999	-0,38699	0,09907	0,269033	-0,04836	0,217265	-0,1506	-0,32417	0,030806	-0,38329	-0,05232
-0,01105	0,154178	-0,01632	-0,24881	-0,03086	0,014742	0,025081	0,035334	0,226809	-0,23699	0,038341	0,281486	-0,37852	0,039202	-0,12774	-0,0809	-0,19745	-0,037	0,401795	-0,27592
-0,35331	0,02485	0,235459	-0,26134	0,139389	0,072348	0,163696	0,190281	-0,15154	-0,35285	-0,11642	0,194023	-0,11827	-0,15145	-0,39745	0,382459	0,180185	0,168005	0,211175	0,125848
0,240121	0,147429	0,122274	-0,0562	0,125118	-0,14044	-0,05665	0,211629	0,190783	-0,21427	-0,18669	0,023721	0,376673	-0,41801	0,060737	-0,30028	-0,13842	-0,07952	-0,09176	-0,11648
0,120965	0,050337	0,261063	0,016454	-0,03663	0,239181	0,126653	0,159695	-0,14502	-0,2281	-0,12389	-0,13547	0,171563	0,212977	-0,03385	0,312252	0,298625	0,053114	-0,17935	0,343775
-0,1814	0,086503	0,066683	0,195043	0,164184	0,248946	-0,00042	0,066222	0,111621	0,030912	-0,08667	-0,07254	-0,17841	0,092004	-0,02052	-0,14472	-0,14451	-0,26413	0,213601	0,017156
-0,15755	0,048944	-0,27778	-0,14063	-0,14757	0,196081	0,174731	0,060407	-0,29469	-0,06801	-0,16282	0,189779	0,257101	0,230522	-0,1648	-0,59782	-0,38558	0,310224	-0,08756	-0,16382
0,066433	-0,16067	0,006181	-0,34914	0,307667	-0,14874	0,443288	-0,00709	0,22434	-0,01163	-0,00671	-0,12745	0,025995	0,069393	-0,17114	-0,02729	-0,13313	0,501828	-0,01958	0,337197
-0,05791	-0,10093	-0,43069	0,231382	-0,05901	0,161401	0,514944	-0,07708	-0,0919	0,025895	0,215435	-0,12367	-0,13769	0,230698	0,082626	-0,4462	-0,2674	0,327597	0,087708	-0,16632
0,105902	0,114094	0,193992	0,310646	0,217314	-0,20387	-0,19717	-0,01653	-0,09845	-0,2484	-0,09639	-0,10355	-0,14661	-0,06891	0,257159	0,043477	0,539393	0,037208	-0,0633	0,000902
0,033623	0,211543	0,270189	-0,14513	0,204552	-0,17111	0,398512	-0,24741	0,289898	-0,14326	0,439326	0,129037	-0,22171	-0,11396	0,170468	0,229706	-0,01543	0,009745	0,165486	0,028761
0,145861	-0,14614	0,011311	-0,13608	-0,11489	-0,24548	0,276215	0,232552	0,117278	0,430368	-0,0413	0,661585	-0,04965	0,055688	-0,0868	0,081248	0,182346	-0,02486	0,387712	0,052187
0,213126	0,008579	0,169513	-0,38434	0,188341	0,038651	0,136847	0,082928	-0,21539	-0,3269	-0,15538	0,123275	0,15059	-0,29851	-0,21409	-0,15782	-0,07797	-0,29722	-0,31032	-0,17934
0,221923	0,101761	-0,28738	0,263665	0,487519	0,218618	0,311394	0,01863	-0,36257	-0,40242	0,055663	-0,12918	-0,19958	-0,01369	0,134332	-0,31702	-0,09795	0,329481	-0,23465	0,189797
-0,14129	0,358816	-0,19128	-0,07363	0,023447	-0,23833	0,072125	0,351748	-0,10703	0,086227	-0,59998	-0,0085	-0,06831	-0,17861	0,235992	-0,07119	-0,03873	-0,08231	-0,41828	-0,24702
-0,09632	0,033069	0,120075	0,449921	0,204998	0,212978	0,673969	0,112591	0,105758	0,153629	-0,22017	-0,09687	-0,11046	0,141321	-0,03801	0,030163	0,237302	0,188355	-0,03529	-0,1462
-0,07598	0,166743	0,368254	0,170674	-0,3204	-0,05071	0,056002	0,038754	0,117686	-0,20012	0,014172	0,091722	0,180176	-0,17582	-0,07532	-0,59002	-0,13561	-0,11444	-0,22249	0,03614
0,409896	-0,14597	-0,01603	0,092988	-0,00511	-0,10924	-0,33808	-0,11147	-0,2343	-0,37678	-0,17363	-0,22849	0,127393	0,131169	-0,19724	-0,05679	-0,4055	-0,10787	0,087065	0,180016
0,614163	0,081888	0,083104	0,114585	0,409625	0,172939	-0,35025	0,306262	-0,07439	0,023383	-0,27916	0,114827	-0,14214	0,021859	-0,062	0,420072	0,432565	0,01015	0,013961	-0,08149
0,297313	-0,41374	0,310104	0,204339	-0,33721	-0,06616	0,239063	0,120114	-0,28567	0,133275	-0,46644	-0,04862	0,248323	0,004014	-0,10888	0,194071	0,212708	0,285874	0,190797	0,235975
0,119121	-0,22621	0,111446	-0,30416	-0,13652	0,234742	0,077851	-0,06644	0,097426	-0,01311	0,002745	0,14333	-0,15872	0,008802	-0,06814	-0,34601	-0,20086	0,342211	0,083954	-0,28883

Lampiran 7 Hasil Peramalan pada Data *Testing*

Tahun/Kab	Pactan	Ponorogo	Trenggalek	Tulungagung	Blitar	Kediri	Malang	Lumajang	Jember	Banyuwangi	Bondowoso	Situbondo	Probolinggo	Pasuruan	Mojokerto	Jombang	Nganjuk	Madium	Magetan	Ngawi	Sumanep
2003	419	199	159	418	1078	562	6408	1539	2383	1766	1610	338	483	938	19	684	62	63	196	100	3
2004	454	217	162	417	1071	579	6422	1543	2672	1805	1638	364	529	976	21	638	62	60	215	124	3
2005	493	217	175	414	1086	598	6564	1611	2744	1845	1656	390	565	1043	20	638	63	63	225	143	3
2006	1010	94	337	29	1442	1299	14479	5374	5114	4427	1469	826	1273	2451	13	1434	208	199	243	279	3
2007	936	99	279	298	877	712	9244	3091	2647	2808	2044	564	666	2199	12	791	105	130	148	125	11
2008	561	213	342	399	896	827	9342	3276	3096	2678	1969	576	1145	2326	11	807	89	133	105	303	11
2009	679	229	326	368	892	861	9412	3130	3211	2580	1984	595	1160	2293	15	794	123	127	107	302	7
2010	701	257	335	375	864	977	10010	3362	3355	2912	2033	605	1308	2575	17	781	135	131	118	314	7
2011	485	197	216	268	548	553	5688	1999	1884	1615	1145	431	732	1526	14	517	75	58	106	242	8
2012	830	347	348	431	883	895	7757	2667	3162	2137	1847	733	1296	2762	27	784	122	116	186	417	13
2013	822	341	356	436	857	892	7715	2684	3118	2174	1847	739	1290	2762	25	782	120	112	172	411	13
2014	489	248	251	153	1230	573	8616	2657	2877	3729	3925	673	1532	2844	36	856	98	35	289	216	13
2015	532	269	273	165	1348	620	9381	2885	3177	4055	4299	739	1670	3105	39	933	107	41	315	236	14
2016	770	261	328	259	3729	2477	11426	2340	10855	13218	8660	2280	1564	3281	62	761	96	524	327	316	8
2017	770	261	328	259	3738	2482	11830	2734	11850	13832	8675	2284	1563	2672	62	761	96	526	327	316	8
2018	753	411	300	205	3881	2619	12260	2484	11027	12707	10802	1725	1759	3508	80	656	118	843	246	202	8
2019	758	412	324	218	3916	2721	12429	2497	11515	12920	10962	1766	1762	3517	82	693	128	922	262	245	7
2020	744	640	308	224	3849	2694	13072	2480	11663	12722	10172	1705	2401	3640	157	719	116	875	258	355	1
2021	666	610	263	238	3526	2446	10803	1754	10616	11507	9513	1521	2072	3108	149	534	89	841	233	321	1
2022	659	649	255	201	3450	2377	10693	1792	10281	11014	9351	1429	2170	3183	157	562	91	837	244	333	2
2023	642	659	255	181	3460	2345	10401	1729	10161	10905	9394	1443	2196	3269	158	587	89	833	265	347	3

Lampiran 8 Source Code

```
%% -----
% 1, DATA MENTAH (24 tahun × 21 kabupaten)
%% -----
namaKab = {'Pacitan','Ponorogo','Trenggalek','Tulungagung','Blitar',,,,
           'Kediri','Malang','Lumajang','Jember','Banyuwangi',,,,
           'Bondowoso','Situbondo','Probolinggo','Pasuruan','Mojokerto',,,,
           'Jombang','Nganjuk','Madiun','Magetan','Ngawi','Sumenep'};
tahun = (2000:2023);

% Baris = tahun (2000-2023), Kolom = kabupaten
raw = [
    301, 89, 136, 371, 1026, 565, 5873, 1437, 2309, 1085, 2317, 173, 456, 819,
    18, 295, 58, 60, 92, 51, 3;
    347, 57, 153, 376, 1052, 552, 6257, 1495, 2466, 1748, 1579, 322, 454, 857,
    20, 539, 61, 61, 99, 51, 3;
    362, 189, 156, 376, 1056, 551, 6263, 1502, 2504, 1751, 1593, 330, 464,
    888, 20, 539, 61, 61, 108, 60, 3;
    418, 198, 160, 417, 1081, 562, 6389, 1531, 2588, 1792, 1617, 338, 491,
    940, 20, 691, 62, 62, 195, 99, 3;
    452, 218, 160, 417, 1069, 582, 6483, 1563, 2688, 1802, 1636, 370, 519,
    980, 20, 632, 62, 62, 216, 125, 3;
    492, 218, 175, 417, 1084, 592, 6483, 1578, 2708, 1809, 1656, 381, 564,
    1030, 20, 632, 62, 62, 226, 143, 3;
    1013, 93, 358, 26, 1444, 1303, 14522, 5396, 5128, 4437, 1461, 828, 1275,
    2455, 13, 1439, 209, 200, 243, 280, 3;
    937, 99, 279, 298, 876, 711, 9245, 3090, 2644, 2806, 2043, 564, 665, 2201,
    12, 791, 105, 130, 148, 125, 11;
    560, 213, 342, 399, 895, 826, 9346, 3280, 3095, 2669, 1965, 575, 1145,
    2326, 11, 807, 89, 133, 105, 303, 11;
    679, 229, 326, 368, 895, 859, 9416, 3149, 3209, 2572, 1993, 596, 1159,
    2291, 15, 795, 123, 127, 107, 302, 7;
    700, 257, 335, 376, 860, 980, 10028, 3365, 3357, 2917, 2056, 603, 1311,
    2579, 17, 780, 135, 131, 118, 314, 7;
    484, 196, 215, 266, 546, 554, 5669, 1999, 1880, 1620, 1130, 431, 748,
    1516, 14, 516, 75, 58, 105, 242, 8;
    833, 347, 348, 431, 885, 897, 7752, 2665, 3178, 2138, 1843, 735, 1296,
    2764, 27, 784, 122, 117, 186, 418, 13;
    821, 342, 356, 437, 854, 891, 7703, 2683, 3105, 2165, 1846, 738, 1291,
    2766, 25, 782, 120, 112, 172, 412, 13;
    488, 247, 251, 152, 1234, 569, 8619, 2653, 2893, 3724, 3939, 675, 1535,
    2850, 36, 857, 98, 36, 289, 216, 13;
    531, 269, 273, 165, 1343, 619, 9382, 2888, 3149, 4054, 4288, 735, 1671,
    3102, 39, 933, 107, 39, 315, 235, 14;
    770, 261, 328, 259, 3736, 2481, 11429, 2336, 10863, 13239, 8670, 2285, 1563,
    3286, 62, 761, 96, 525, 327, 316, 8;
```

```

770, 261, 328, 259, 3736, 2481, 11829, 2736, 11863, 13839, 8670, 2285, 1563,
2665, 62, 761, 96, 525, 327, 316, 8;
753, 412, 300, 205, 3885, 2621, 12260, 2484, 11022, 12700, 10807, 1724, 1760,
3510, 80, 655, 118, 843, 246, 202, 8;
758, 410, 324, 218, 3914, 2722, 12421, 2495, 11520, 12925, 10970, 1765, 1756,
3515, 82, 692, 128, 924, 262, 245, 7;
744, 641, 308, 224, 3848, 2692, 13079, 2480, 11660, 12720, 10167, 1705, 2406,
3641, 158, 720, 116, 874, 258, 356, 1;
765, 656, 319, 243, 3865, 2704, 13207, 2534, 11827, 12547, 10464, 1758, 2410,
3731, 169, 740, 119, 892, 262, 330, 1;
741, 634, 305, 234, 3718, 2684, 13047, 2517, 11795, 12504, 10420, 1738, 2400,
3714, 162, 671, 112, 876, 260, 325, 1;
777, 664, 320, 245, 3896, 2813, 13673, 2638, 12361, 13104, 10920, 1821, 2515,
3892, 170, 703, 117, 918, 272, 341, 1;
];
N_kab = numel(namaKab); % 21
fprintf('=====
=====\\n');
fprintf(' ANN BACKPROPAGATION - PRODUKSI KOPI JAWA TIMUR\\n');
fprintf('=====
=====\\n');
fprintf('Jumlah kabupaten : %d\\n', N_kab);
fprintf('Rentang tahun : %d - %d\\n', tahun(1), tahun(end));
fprintf('Jumlah baris data: %d\\n\\n', size(raw,1));

%% -----
% 2, NORMALISASI MIN-MAX [0,1, 0,9]
%% -----
a_norm = 0,1;
b_norm = 0,9;

col_min = min(raw); % 1x21
col_max = max(raw); % 1x21

normalize = @(X, mn, mx) a_norm + (X - mn) ./ (mx - mn + eps) .* (b_norm -
a_norm);
denormalize = @(Xn, mn, mx) (Xn - a_norm) ./ (b_norm - a_norm) .* (mx - mn +
eps) + mn;

data_norm = zeros(size(raw));
for j = 1:N_kab
    data_norm(:,j) = normalize(raw(:,j), col_min(j), col_max(j));
end

%% -----
% 3, SLIDING WINDOW (window = 3)
%% -----
WINDOW = 3;

```

```

N_in    = WINDOW * N_kab; % 63
N_out    = N_kab; % 21
N_total  = size(data_norm, 1);
n_samples = N_total - WINDOW; % 21 sampel (2003-2023)

X_all = zeros(n_samples, N_in);
Y_all = zeros(n_samples, N_out);

for i = 1:n_samples
    blok = data_norm(i:i+WINDOW-1, :); % 3x21
    X_all(i,:) = blok(:); % 1x63
    Y_all(i,:) = data_norm(i+WINDOW, :); % 1x21
end

tahun_target = tahun(WINDOW+1:end); % 2003-2023

fprintf('Shape X (input) : %d x %d\n', size(X_all));
fprintf('Shape Y (output) : %d x %d\n', size(Y_all));
fprintf('Tahun target : %d - %d\n', tahun_target(1), tahun_target(end));

%% -----
% 4, TRAIN / TEST SPLIT (90% / 10%)
%% -----
split = floor(0,9 * n_samples);
X_train = X_all(1:split, :);
Y_train = Y_all(1:split, :);
X_test = X_all(split+1:end, :);
Y_test = Y_all(split+1:end, :);

fprintf('Train samples : %d (tahun %d-%d)\n', size(X_train,1), ,,,
    tahun_target(1), tahun_target(split));
fprintf('Test samples : %d (tahun %d-%d)\n', size(X_test,1), ,,,
    tahun_target(split+1), tahun_target(end));

%% -----
% 5, ARSITEKTUR JARINGAN [63 -> 42 -> 21]
%% -----
N_h = 42;

fprintf('=====
=====\\n');
fprintf(' ARSITEKTUR JARINGAN\\n');
fprintf('=====
=====\\n');
fprintf(' Input Layer : %d neuron\\n', N_in);
fprintf(' Hidden Layer : %d neuron (ReLU)\\n', N_h);
fprintf(' Output Layer : %d neuron (Linear)\\n\\n', N_out);

```

```

%%% -----
% 6, INISIALISASI BOBOT (He initialization)
%%% -----
rng(42);

W1_init = randn(N_h, N_in) * sqrt(2/N_in);
b1_init = zeros(N_h, 1);
W2_init = randn(N_out, N_h) * sqrt(2/N_h);
b2_init = zeros(N_out, 1);

theta0 = pack_weights(W1_init, b1_init, W2_init, b2_init);
fprintf('Total parameter (bobot + bias): %d\n\n', numel(theta0));

%%% -----
% 7, FUNGSI COST + GRADIEN ANALITIK
%%% -----
lambda = 1e-4;
cost_fn = @(th) cost_and_grad(th, X_train, Y_train, N_h, N_in, N_out, lambda);

%%% -----
% 8, OPTIMASI - QUASI-NEWTON (BFGS via fminunc)
%%% -----
fprintf('=====
=====\\n');
fprintf(' TRAINING - Quasi-Newton (BFGS, fminunc)\\n');
fprintf('=====
=====\\n');

options = optimoptions('fminunc', '',
    'Algorithm', 'quasi-newton', '',
    'HessUpdate', 'bfgs', '',
    'GradObj', 'on', '',
    'MaxIterations', 5000, '',
    'MaxFunctionEvaluations', 1e5, '',
    'OptimalityTolerance', 1e-8, '',
    'StepTolerance', 1e-12, '',
    'Display', 'iter', '',
    'OutputFcn', @iter_callback);

tic;
[theta_opt, loss_final, exitflag, out_info] = fminunc(cost_fn, theta0, options);
t_elapsed = toc;

fprintf('\\nOptimasi selesai!\\n');
fprintf(' Loss akhir : %,10f\\n', loss_final);
fprintf(' Iterasi : %d\\n', out_info.iterations);
fprintf(' Evaluasi fungsi : %d\\n', out_info.funcCount);
fprintf(' Waktu : %,2f detik\\n', t_elapsed);

```

```

fprintf(' Exit flag      : %d\n\n', exitflag);

%% -----
% 9, PERAMALAN + DENORMALISASI (seluruh rentang 2003–2023)
%% -----
[W1, b1, W2, b2] = unpack_weights(theta_opt, N_h, N_in, N_out);

% Peramalan seluruh dataset dan test set (skala ternormalisasi)
Yhat_norm_all = forward_pass(X_all, W1, b1, W2, b2);
Yhat_norm_tst = forward_pass(X_test, W1, b1, W2, b2);

% Denormalisasi ke skala asli
Y_pred = denorm_matrix(Yhat_norm_all, col_min, col_max, denormalize); %
n_samples x 21
Y_actual = denorm_matrix(Y_all, col_min, col_max, denormalize); %
n_samples x 21

Y_test_orig = denorm_matrix(Y_test, col_min, col_max, denormalize);
Yhat_test = denorm_matrix(Yhat_norm_tst, col_min, col_max, denormalize);

%% -----
% 10, EVALUASI METRIK PER KABUPATEN (test set)
%% -----
fprintf('=====
=====\\n');
fprintf(' EVALUASI PER KABUPATEN (Test Set: tahun %d-%d)\\n', ,,
    tahun_target(split+1), tahun_target(end));
fprintf('=====
=====\\n');
fprintf('%-15s %10s %10s
%14s\\n','Kabupaten','RMSE','MAPE_%','MSE_Validasi');
fprintf('%s\\n', repmat('-',1,53));

rmse_kab = zeros(1, N_kab);
mape_kab = zeros(1, N_kab);
mse_val = zeros(1, N_kab); % MSE validasi (test set)

n_test = size(Y_test_orig, 1);
tahun_test = tahun_target(split+1:end); % tahun-tahun data testing
mape_test_yr = zeros(n_test, N_kab); % MAPE per tahun testing per kabupaten

for j = 1:N_kab
    act = Y_test_orig(:,j);
    pred = Yhat_test(:,j);
    rmse_kab(j) = sqrt(mean((act - pred).^2));
    mape_kab(j) = mean(abs((act - pred) ./ (act + eps))) * 100;
    mse_val(j) = mean((act - pred).^2);
    for t = 1:n_test

```

```

        mape_test_yr(t,j) = abs(act(t) - pred(t)) / (act(t) + eps) * 100;
    end
    fprintf('%-15s %10,2f %10,2f %14,4f\n', namaKab{j}, rmse_kab(j),
mape_kab(j), mse_val(j));
end

fprintf('%s\n', repmat('-',1,53));
fprintf('%-15s %10,2f %10,2f %14,4f\n', 'RATA-RATA', mean(rmse_kab),
mean(mape_kab), mean(mse_val));

% --- Tampilkan tabel MAPE per tahun testing di konsol ---
fprintf("\n=====
=====\\n');
fprintf(' MAPE PER KABUPATEN PER TAHUN DATA TESTING\\n');
fprintf('=====
=====\\n');
% Header dinamis sesuai jumlah tahun testing
fmt_hdr = ['%-15s', repmat('%10s', 1, n_test), '%12s\\n'];
thn_cells = num2cell(tahun_test);
thn_strs = cellfun(@(x) num2str(x), thn_cells, 'UniformOutput', false);
fprintf(fmt_hdr, 'Kabupaten', thn_strs{:}, 'Rata-rata');
fprintf('%s\\n', repmat('-', 1, 15 + 10*n_test + 12));
fmt_row = ['%-15s', repmat('%10,2f', 1, n_test), '%12,2f\\n'];
for j = 1:N_kab
    fprintf(fmt_row, namaKab{j}, mape_test_yr(:,j)', mape_kab(j));
end
fprintf('%s\\n', repmat('-', 1, 15 + 10*n_test + 12));
fprintf(fmt_row, 'RATA-RATA', mean(mape_test_yr,2)', mean(mape_kab));

%% -----
% 11, EVALUASI METRIK PER KABUPATEN PER TAHUN (seluruh
sampel)
%% -----
% mape_tahun(i,j) = MAPE tahun ke-i, kabupaten ke-j
% rmse_tahun(i,j) = |error| absolut tahun ke-i, kabupaten ke-j
% (karena RMSE per satu titik = |error|, akan ditampilkan sebagai AE)
mape_tahun = zeros(n_samples, N_kab);
ae_tahun = zeros(n_samples, N_kab); % Absolute Error per tahun

for i = 1:n_samples
    for j = 1:N_kab
        act = Y_actual(i,j);
        pred = Y_pred(i,j);
        ae_tahun(i,j) = abs(act - pred);
        mape_tahun(i,j) = abs(act - pred) / (act + eps) * 100;
    end
end
end

```

```

% RMSE per kabupaten per sub-periode (rolling, seluruh data)
% Ditampilkan ke konsol secara ringkas
fprintf('\n=====
=====\\n');
fprintf(' MAPE DAN RMSE PER KABUPATEN PER TAHUN (2003–2023)\\n');
fprintf('=====
=====\\n');

for j = 1:N_kab
    fprintf('\n--- %s ---\\n', namaKab{j});
    fprintf('%-6s %12s %12s %10s\\n', 'Tahun','Aktual','Peramalan','MAPE_%');
    fprintf('%s\\n', repmat('-',1,44));
    for i = 1:n_samples
        fprintf('%-6d %12,0f %12,0f %10,2f\\n',,,,
            tahun_target(i), Y_actual(i,j), Y_pred(i,j), mape_tahun(i,j));
    end
    % RMSE kabupaten ini (seluruh periode)
    rmse_all_j = sqrt(mean((Y_actual(:,j) - Y_pred(:,j))^2));
    fprintf('%s\\n', repmat('-',1,44));
    fprintf('%-6s %12s %12s %10,2f\\n', 'MAPE_avg',",", mean(mape_tahun(:,j)));
    fprintf('%-20s %10,2f\\n', 'RMSE (2003-2023)', rmse_all_j);
end

%% -----
% 12, TABEL AKTUAL vs PERAMALAN - SEMUA TAHUN (konsol)
%% -----
fprintf('\n=====
=====\\n');
fprintf(' AKTUAL vs PERAMALAN - Semua Tahun (Aktual / Prediksi)\\n');
fprintf('=====
=====\\n');
fprintf('%-6s', 'Tahun');
for j = 1:N_kab
    kn = namaKab{j};
    if length(kn) > 8, kn = kn(1:8); end
    fprintf('%11s', kn);
end
fprintf('\n%s\\n', repmat('-', 1, 6+11*N_kab));

for i = 1:n_samples
    fprintf('%-6d', tahun_target(i));
    for j = 1:N_kab
        fprintf('%6d/%-4d', round(Y_actual(i,j)), round(Y_pred(i,j)));
    end
    fprintf('\\n');
end

%% -----

```

```

% 13, VISUALISASI
%% -----
% (a) Kurva konvergensi loss
if exist('loss_history','var') && ~isempty(loss_history)
    figure('Name','Konvergensi Loss','NumberTitle','off');
    semilogy(loss_history,'b-','LineWidth',1,5);
    xlabel('Iterasi'); ylabel('MSE Loss (log scale)');
    title('Kurva Konvergensi - Quasi-Newton (BFGS)');
    grid on;
end

% (b) Subplot aktual vs peramalan per kabupaten (7x3)
figure('Name','Aktual vs Peramalan','NumberTitle','off',,,,
    'Units','normalized','Position',[0,0,2 0,0,2 0,95 0,95]);
for j = 1:N_kab
    subplot(7,3,j);
    plot(tahun_target, Y_actual(:,j), 'b-o','MarkerSize',4,'LineWidth',1,2,,,
        'DisplayName','Aktual');
    hold on;
    plot(tahun_target, Y_pred(:,j), 'r--s','MarkerSize',4,'LineWidth',1,2,,,
        'DisplayName','Peramalan');
    title(sprintf('%s\nMAPE=%,1f%% RMSE=%,0f', namaKab{j}, mape_kab(j),
rmse_kab(j)),,,
        'FontSize',7,'FontWeight','bold');
    xlabel('Tahun','FontSize',7); ylabel('Produksi (Ton)','FontSize',7);
    legend('Location','best','FontSize',6);
    grid on; hold off;
end
sgtitle('ANN Backpropagation - Aktual vs Peramalan Produksi Kopi per
Kabupaten (2003–2023)',,,,
    'FontSize',12,'FontWeight','bold');

%%
=====

% LOCAL FUNCTIONS
%%
=====

function [loss, grad] = cost_and_grad(theta, X, Y, N_h, N_in, N_out, lam)
[W1, b1, W2, b2] = unpack_weights(theta, N_h, N_in, N_out);
n = size(X, 1);
% Forward pass
Z1 = X * W1' + b1'; % n x N_h
A1 = ReLu(Z1); % ReLu
Z2 = A1 * W2' + b2'; % n x N_out (linear)
% Loss: MSE + L2
diff = Z2 - Y;
mse = 0,5 * mean(sum(diff.^2, 2));

```

```

l2 = lam * (sum(W1(:),^2) + sum(W2(:),^2));
loss = mse + l2;
% Backward pass
d2 = diff / n;
dW2 = d2' * A1 + 2*lam*W2;
db2 = sum(d2, 1)';
d1 = (d2 * W2) .* ReLu_deriv(Z1);
dW1 = d1' * X + 2*lam*W1;
db1 = sum(d1, 1)';
grad = pack_weights(dW1, db1, dW2, db2);
end

function out = ReLu(z), out = max(0, z); end
function out = ReLu_deriv(z), out = double(z > 0); end

function Yhat = forward_pass(X, W1, b1, W2, b2)
    A1 = ReLu(X * W1' + b1');
    Yhat = A1 * W2' + b2'; % linear output
end

function theta = pack_weights(W1, b1, W2, b2)
    theta = [W1(:); b1(:); W2(:); b2(:)];
end

function [W1, b1, W2, b2] = unpack_weights(theta, N_h, N_in, N_out)
    idx = 0;
    s1 = N_h * N_in;
    W1 = reshape(theta(idx+1:idx+s1), N_h, N_in); idx = idx + s1;
    b1 = theta(idx+1:idx+N_h); idx = idx + N_h;
    s2 = N_out * N_h;
    W2 = reshape(theta(idx+1:idx+s2), N_out, N_h); idx = idx + s2;
    b2 = theta(idx+1:idx+N_out);
end

function M = denorm_matrix(M_norm, col_min, col_max, denorm_fn)
    M = zeros(size(M_norm));
    for j = 1:size(M_norm, 2)
        M(:,j) = denorm_fn(M_norm(:,j), col_min(j), col_max(j));
    end
end

function stop = iter_callback(~, optimValues, state)
    stop = false;
    persistent lh;
    if strcmp(state, 'init'), lh = []; end
    if strcmp(state, 'iter'), lh(end+1) = optimValues.fval; end
    if strcmp(state, 'done'), assignin('base','loss_history', lh); end
end

```

RIWAYAT HIDUP



Luthfi Hadi, lahir di Kandangan pada 22 Maret 2001. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Dari Pasangan Ayah Abdul Haris dan Ibu Saidah. Penulis telah menempuh pendidikan mulai dari TK Pembina dan lulus pada tahun 2007. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SDN Kandangan Kota 4 dan lulus pada tahun 2013. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke sekolah menengah pertama di MTsN 1 Hulu Sungai Selatan dan lulus pada tahun 2016. Selanjutnya penulis menempuh pendidikan sekolah menengah atas di MAN 2 Hulu Sungai Selatan dan lulus pada tahun 2019. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang pada Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi. Selama menempuh pendidikan di perguruan tinggi, Penulis pernah menjadi Musyrif selama 3 tahun di MSAA UIN Malang. Selain itu penulis juga mengikuti berbagai kegiatan baik seminar maupun pelatihan.



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No.50 Dinoyo Malang Telp. / Fax. (0341)558933

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Luthfi Hadi
NIM : 19610051
Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Matematika
Judul Skripsi : Penerapan *Artificial Neural Network* dalam Meramalkan
Produksi Kopi di Jawa Timur
Pembimbing I : Prof. Dr. Sri Harini, M.Si.
Pembimbing II : Juhari M.Si

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	24 Februari 2023	Konsultasi Bab I	1.
2.	27 Februari 2023	Revisi Bab I	2.
3.	22 September 2023	Konsultasi Bab II	3.
4.	2 Oktober 2023	Revisi Bab II	4.
5.	25 Maret 2024	Konsultasi Bab III	5.
6.	8 Oktober 2024	Konsultasi Kajian Agama Bab I dan II	6.
7.	9 Oktober 2024	ACC Kajian Agama Bab I dan II	7.
8.	9 Oktober 2024	ACC Bab I, II dan III	8.
9.	11 Oktober 2024	ACC Seminar Proposal	9.
10.	8 Mei 2026	Konsultasi Revisi Seminar Proposal	10.
11.	11 Mei 2026	Konsultasi Bab IV	11.
12.	12 Mei 2026	Revisi Bab IV	12.
13.	13 Mei 2026	Revisi Bab IV dan Konsultasi Bab V	13.
14.	13 Mei 2026	Konsultasi Kajian Agama Bab IV	14.
15.	18 Mei 2026	ACC Kajian Agama Bab IV	15.



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
 Jl. Gajayana No.50 Dinoyo Malang Telp. / Fax. (0341)558933

16.	18 Mei 2026	ACC Bab IV dan V	16. /
17.	18 Mei 2026	ACC Seminar Hasil	17. /
18.	9 Juni 2026	Konsultasi Revisi Seminar Hasil	18. /
19.	10 Juni 2026	ACC Sidang Skripsi	19. /
20.	23 Juni 2025	ACC Keseluruhan	20. /

Malang, 23 Juni 2026

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Fachrur Rozi, M.Si.

NIP. 19800527 200801 1 012



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
 Jl. Gajayana No.50 Dinoyo Malang Telp. / Fax. (0341)558933

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Luthfi Hadi
 NIM : 19610051
 Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Matematika
 Judul Skripsi : Penerapan *Artificial Neural Network* dalam Meramalkan
 Produksi Kopi di Jawa Timur
 Pembimbing I : Prof. Dr. Sri Harini, M.Si.
 Pembimbing II : Juhari M.Si

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	24 Februari 2023	Konsultasi Bab I	1.
2.	27 Februari 2023	Revisi Bab I	2.
3.	22 September 2023	Konsultasi Bab II	3.
4.	2 Oktober 2023	Revisi Bab II	4.
5.	25 Maret 2024	Konsultasi Bab III	5.
6.	8 Oktober 2024	Konsultasi Kajian Agama Bab I dan II	6.
7.	9 Oktober 2024	ACC Kajian Agama Bab I dan II	7.
8.	9 Oktober 2024	ACC Bab I, II dan III	8.
9.	11 Oktober 2024	ACC Seminar Proposal	9.
10.	8 Mei 2026	Konsultasi Revisi Seminar Proposal	10.
11.	11 Mei 2026	Konsultasi Bab IV	11.
12.	12 Mei 2026	Revisi Bab IV	12.
13.	13 Mei 2026	Revisi Bab IV dan Konsultasi Bab V	13.
14.	13 Mei 2026	Konsultasi Kajian Agama Bab IV	14.
15.	18 Mei 2026	ACC Kajian Agama Bab IV	15.



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
 Jl. Gajayana No.50 Dinoyo Malang Telp. / Fax. (0341)558933

16.	18 Mei 2026	ACC Bab IV dan V	16. /
17.	18 Mei 2026	ACC Seminar Hasil	17. /
18.	9 Juni 2026	Konsultasi Revisi Seminar Hasil	18. /
19.	10 Juni 2026	ACC Sidang Skripsi	19. /
20.	23 Juni 2025	ACC Keseluruhan	20. /

Malang, 23 Juni 2026

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Fachrur Rozi, M.Si.

NIP. 19800527 200801 1 012