IMPLEMENTASI *FUZZY ASSOCIATIVE MEMORY* (FAM) UNTUK MENGESTIMASI CURAH HUJAN DI KOTA MALANG

SKRIPSI

OLEH:
QHONITA GURUH DWI LESTARI
NIM. 19610096

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023

IMPLEMENTASI *FUZZY ASSOCIATIVE MEMORY* (FAM) UNTUK MENGESTIMASI CURAH HUJAN DI KOTA MALANG

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
Qhonita Guruh Dwi Lestari
NIM. 19610096

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2023

IMPLEMENTASI *FUZZY ASSOCIATIVE MEMORY* (FAM) UNTUK MENGESTIMASI CURAH HUJAN DI KOTA MALANG

SKRIPSI

Oleh
Qhonita Guruh Dwi Lestari
NIM. 19610096

Telah Disetujui Untuk Diuji
Malang, 9 Agustus 2023

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Mohammad Nafie Jauhari, M.Si.	Achmad Nashichuddin, M.A.
NIDT. 19870218 20160801 1 056	NIP. 19730705 200003 1 002

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika

Dr. Elly Susanti, M.Sc.
NIP. 19741129 200012 2 005

IMPLEMENTASI *FUZZY ASSOCIATIVE MEMORY* (FAM)
UNTUK MENGESTIMASI CURAH HUJAN
DI KOTA MALANG

SKRIPSI

Oleh
Qhonita Guruh Dwi Lestari
NIM. 19610096

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)
Tanggal, 16 Agustus 2023

Ketua Penguji	: Evawati Alisah, M.Pd.	.....
Anggota Penguji 1	: Muhammad Khudzaifah, M.Si.	.....
Anggota Penguji 2	: Mohammad Nafie Jauhari, M.Si.	.....
Anggota Penguji 3	: Achmad Nashichuddin, M.A.	.....

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika

Dr. Elly Susanti, M.Sc.
NIP. 19741129 200012 2 005

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama	:	Qhonita Guruh Dwi Lestari
NIM	:	19610096
Program Studi	:	Matematika
Fakultas	:	Sains dan Teknologi
Judul Skripsi	:	Implementasi *Fuzzy Associative Memory* (FAM) Untuk Mengestimasi Curah Hujan di Kota Malang

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, 16 Agustus 2023
Yang membuat pernyataan,

Qhonita Guruh Dwi Lestari
NIM.19610096

MOTO

“Hiduplah seakan-akan kamu akan mati hari esok dan belajarlah seolah kamu akan hidup selamanya”

(Mahatma Gandhi)

PERSEMBAHAN

Pertama-tama saya ucapkan terimakasih kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatnya sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Kedua orang tua tercinta, Bapak Syamsuri dan Ibu Dwi Wahyuni, yang tidak pernah putus asa dalam memanjatkan do'a, memberikan motivasi, nasehat, harapan, perhatian dan kasih sayang, serta tidak pernah lelah dalam mengajarkan banyak hal, mengajarkan arti sebuah kesabaran, semangat dalam menjalani hidup, serta senantiasa memberikan waktu untuk mendengarkan keluh kesah penulis. Terimakasih kepada kedua orang tua penulis karena sudah menjadi orang tua terbaik bagi penulis, semoga Allah SWT memberikan rahmat-Nya kepada bapak dan ibu.

Saudara laki-laki penulis Saktia Denny Ibnu Arsyad, kakak ipar penulis Mbak Selvi dan saudara perempuan penulis Raudhatul Ukiya Zauzizah yang selalu memberikan dukungan semangat, motivasi, perhatian, dan selalu mendoakan penulis, serta senantiasa memberikan waktu untuk mendengarkan keluh kesah penulis.

Kepada kakak tingkat Helmalia sejak kenal menjadi pembimbing OSPEK hingga saat ini yang selalu memberikan support, perhatian, serta selalu mendoakan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Kepada teman-teman penulis yang selalu memberikan motivasi, semangat, dukungan tanpa henti. Terimakasih telah menemani penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa dengan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Implementasi *Fuzzy Associative Memory* (FAM) Untuk Mengestimasi Curah Hujan di Kota Malang". Tak lupa shalawat serta salam dihaturkan kepada suri tauladan Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing umat menuju kebaikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat diselesaikan sendiri. Namun demikian, banyak kontributor yang telah menyumbangkan waktu, pikiran, dan energi mereka untuk membantu penulis menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Elly Susanti, S.Pd., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Mohammad Nafie Jauhari, M.Si., selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan arahan terbaik kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Achmad Nashichuddin, M.A., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan nasehat dan bimbingan terbaik kepada penulis.
6. Ibu Evawati Alisah, M.Pd., selaku Ketua Penguji yang telah memberikan banyak masukan dan saran yang membangun.
7. Bapak Muhammad Khudzaifah, M.Si., selaku Anggota Penguji 1 yang telah memberikan masukan dan saran yang membangun.
8. Seluruh dosen Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim yang telah memberikan ilmu selama pekuliahan.

9. Ayahanda Syamsuri dan Ibunda Dwi Wahyuni serta keluarga yang selalu mendoakan penulis serta menyemangati dan mendukung baik secara materil maupun spiritual selama perkuliahan. Terima kasih telah memotivasi penulis untuk menulis skripsi ini.
10. Teman-teman angkatan program studi matematika 2019 yang berbagi pengalaman selama menuntut ilmu di bangku perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis membutuhkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca sebagai pertimbangan dalam memperbaiki kekurangan penulisan skripsi ini.

Malang, 16 Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
HALAMAN PENGAJUAN ..... **ii**
HALAMAN PERSETUJUAN ..... **iii**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **iv**
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN ..... **iv**
MOTO ..... **vi**
PERSEMBAHAN ..... **vii**
KATA PENGANTAR ..... **viii**
DAFTAR ISI ..... **x**
DAFTAR TABEL ..... **xii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xiv**
ABSTRAK ..... **xv**
ABSTRACT ..... **xvi**
مستخلص البحث ..... **xvii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 5
1.3 Tujuan Penelitian 5
1.4 Manfaat Penelitian 6
1.5 Batasan Penelitian 6
BAB II KAJIAN TEORI **8**
2.1 Logika *Fuzzy* 8
2.1.1 Pengertian Logika *Fuzzy* 8
2.1.2 Konsep Himpunan *Fuzzy* 8
2.1.3 Fungsi Keanggotaan 9
2.2 Jaringan Syaraf Tiruan *Bidirectional Associative Memory* (BAM) 14
2.3 *Fuzzy Associative Memory* (FAM) 16
2.3.1 *Fuzzy Hebb* FAM 17
2.3.2 Relasi Komposisi 18
2.3.3 *Superimposing FAM Rules* 19
2.3.4 Arsitektur Sistem FAM 20
2.4 *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) 21
2.5 Cuaca dan Iklim 22
2.6 Curah Hujan 25
2.7 Hujan dalam Al-Qur'an 26
BAB III METODE PENELITIAN **29**
3.1 Jenis Penelitian 29
3.2 Data dan Sumber Data 29
3.3 Tahapan Penelitian 29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN **32**
4.1 Identifikasi Data 32
4.2 Analisis *Fuzzy Associative Memory* (FAM) 33
4.2.1 Pembentukan Fungsi Keanggotaan 33
4.2.2 Pembentukan Matriks *Input* A dan *Output* B 40

4.2.3 Pembentukan Sistem FAM 42
4.2.4 Pengujian Data Menggunakan FAM 51
4.3 Analisis Menggunakan MAPE 60
4.4 Kendala Percobaan dalam Proses Analisis FAM 61
4.5 *Fuzzy Associative Memory* (FAM) dalam Perspektif Islam 62
BAB V PENUTUP 63
5.1 Kesimpulan 63
5.2 Saran 64
DAFTAR PUSTAKA 65
LAMPIRAN 68
RIWAYAT HIDUP 86

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Range Nilai MAPE	22
Tabel 4.1	Data Suhu Kelembaban, Tekanan Udara, Kecepatan Angin, dan Curah Hujan Kota Malang 2021	32
Tabel 4.2	Semesta Pembicaraan Untuk Setiap Variabel *Fuzzy*	33
Tabel 4.3	Himpunan *Fuzzy*	34
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan MAPE	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Representasi *Linear* Naik	10
Gambar 2.2	Representasi *Linear* Turun	11
Gambar 2.3	Representasi Kurva Segitiga.....	12
Gambar 2.4	Representasi Kurva Trapesium.....	12
Gambar 2.5	Representasi Kurva Bentuk Bahu.....	13
Gambar 2.6	Arsitektur Jaringan BAM	15
Gambar 2.7	Arsitektur Sistem FAM	20
Gambar 2.1	*Flowchart* Hubungan BAM, FAM dan *Fuzzy Hebb* FAM.....	30
Gambar 4.1	Variabel Suhu	35
Gambar 4.2	Variabel Kelembaban	36
Gambar 4.3	Variabel Tekanan Udara.....	37
Gambar 4.4	Variabel Kecepatan Angin	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Curah Hujan Kota Malang 2021 Menurut BPS Kota Malang	68
Lampiran 2	Hasil *Fuzzifikasi* Data Curah Hujan Kota Malang 2021	70
Lampiran 3	Matriks Hasil Komposisi $Bk' - 12$ aturan dengan *Max-Product Composition*	71
Lampiran 4	Uji Regresi Linier Berganda.....	83
Lampiran 5	Persentase Kesalahan MAPE pada Regresi Linier Berganda...	85

ABSTRAK

Lestari, Qhonita Guruh Dwi, 2023: **Implementasi *Fuzzy Associative Memory* (FAM) untuk Mengestimasi Curah Hujan di Kota Malang.** Skripsi. Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: I) Mohammad Nafie Jauhari, M.Si., II) Achmad Nashichuddin, M.A.

Kata Kunci: *Fuzzy Associative Memory* (FAM), Logika *Fuzzy*, Jaringan Syaraf Tiruan, Curah Hujan, MAPE.

Metode *Fuzzy Associative Memory* (FAM) merupakan salah satu metode kombinasi logika *fuzzy* dan jaringan syaraf tiruan. Kombinasi logika *fuzzy* dan jaringan syaraf tiruan dalam FAM ini memiliki keunggulan dalam menerapkan keahlian manusia, toleran terhadap kesalahan, serta dapat diterapkan dalam dunia nyata. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil implementasi metode FAM dalam mengestimasi curah hujan di Kota Malang. Masalah yang terjadi adalah hasil perkiraan curah hujan yang berbeda dengan kenyataannya. Oleh karena itu, perlu adanya alat perencanaan yang dapat memperkirakan curah hujan untuk lokasi dan waktu tertentu. Solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu menggunakan kombinasi logika *fuzzy* dan jaringan syaraf tiruan FAM. Metode ini memerlukan proses untuk menentukan fungsi keanggotaan. Setelah fungsi keanggotaan dibentuk lalu dibentuk matriks *input* A dan *output* B di mana elemen dari matriks tersebut berupa derajat keanggotaan variabel *input* untuk matriks *input* A dan derajat keanggotaan variabel *output* untuk matriks *output* B. Setelah itu untuk membentuk sistem FAM maka perlu dikalikan matriks *input* A dan *output* B. Jadi, banyaknya aturan sistem FAM sebanyak data yang digunakan. Lalu dilakukan pengujian data terhadap aturan sistem FAM yang diperoleh dan nilai maksimum pada matriks B baru merupakan solusi terbaik. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah suhu, kelembaban, tekanan udara, dan kecepatan angin. Hasil perkiraan curah hujan menggunakan FAM ini memiliki besar kesalahan persentase MAPE yaitu 15% yang berarti hasil peramalan baik. Diharapkan dengan menggunakan metode FAM dapat memperkirakan curah hujan beberapa waktu ke depan.

ABSTRACT

Lestari, Qhonita Guruh Dwi, 2023: **On the Implementation of Fuzzy Associative Memory (FAM) to Estimate Rainfall in Malang City**. Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: I) Mohammad Nafie Jauhari, M.Si., II) Achmad Nashichuddin, M.A.

Keywords: Fuzzy Associative Memory (FAM), Fuzzy Logic, Artificial Neural Network, Rainfall, MAPE.

The Fuzzy Associative Memory (FAM) method is a combination of fuzzy logic and artificial neural networks. The combination of fuzzy logic and artificial neural networks in FAM has the advantage of applying human expertise, tolerant of errors, and can be applied in the real world. This study aims to determine the accuracy of the results of the implementation of the FAM method in estimating rainfall in Malang City. The problem that occurs is that the results of rainfall estimates are different from reality. Therefore, it is necessary to have a planning tool that can estimate rainfall for a particular location and time. The solution to overcome these problems is to use a combination of fuzzy logic and artificial neural networks, namely FAM. This method requires a process to determine the membership function. After the membership function is formed, input matrix A and output matrix B are formed where the elements of the matrix are the membership degree of the input variable for input matrix A and the membership degree of the output variable for output matrix B. After that, to form a FAM system, it is necessary to invert the input A and output B matrices. So, the number of system FAM rules is as much as the data used. Then data testing is carried out on the system FAM rules obtained and the maximum value in the new matrix B is the best solution. The variables used in this study are temperature, humidity, air pressure, and wind speed. The results of the rainfall forecast using FAM have a large MAPE percentage error of 15% which means the forecasting results are good. It is expected that using the FAM method can estimate rainfall sometime in the future.

مستخلص البحث

ليستاري، قانتة كوروه دوي،٣٢٠٢ :**تنفيذ الذاكرة الترابطية الضبابية *(FAM)* لتقدير هطول الأمطار في مدينة مالانج**. البحث العلمي. قسم الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأوّل: محمد نافع جوهري ، الماجستير ، المشرف الثاني : أحمد ناصح الدين، الماجستير.

الكلمات المفتاحية: الذاكرة الترابطية الضبابية *(FAM)* ، منطق الغامض، الشبكات العصبية الاصطناعية، هطول الأمطار، *MAPE*

طريقة الذاكرة الترابطية الضبابية *(FAM)* هي مزيج من المنطق الضبابي والشبكات العصبية الاصطناعية. يتمتع الجمع بين المنطق الغامض والشبكات العصبية الاصطناعية في *FAM* بميزة تطبيق الخبرة البشرية، والتسامح مع الأخطاء، ويمكن تطبيقه في العالم الحقيقي. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد دقة نتائج تنفيذ طريقة *FAM* في تقدير هطول الأمطار في مدينة مالانج. المشكلة التي تحدث هي أن نتائج تقديرات هطول الأمطار تختلف عن الواقع. لذلك، من الضروري وجود أداة تخطيط يمكنها تقدير هطول الأمطار لموقع وقت المعين. الحل للتغلب على هذه المشكلات هو استخدام مزيج من المنطق الغامض والشبكات العصبية الاصطناعية، وهي الذاكرة الترابطية الغامضة *(FAM)*. تتطلب هذه الطريقة عملية لتحديد وظيفة العضوية. بعد تكوين وظيفة العضوية، يتم تشكيل مصفوفة الإدخال A ومصفوفة الخروج B حيث تكون عناصر المصفوفة هي درجة العضوية لمتغير الإدخال لمصفوفة الإدخال A ودرجة العضوية لمتغير الخرج لمصفوفة الخرج B. لتشكيل نظام *FAM*، من الضروري عكس المدخلات A ومصفوفات المخرجات B. لذا، فإن عدد قواعد *FAM* هو بقدر البيانات المستخدمة. ثم يتم إجراء اختبار البيانات وفقًا لقواعد *FAM* التي تم الحصول عليها والقيمة القصوى في المصفوفة الجديدة Bهي أفضل حل. المتغيرات المستخدمة في هذه الدراسة هي درجة الحرارة والرطوبة وضغط الهواء وسرعة الرياح. نتائج توقعات هطول الأمطار باستخدام *FAM* بها خطأ كبير في *MAPE* بنسبة 15٪ مما يعني أن نتائج التنبؤ جيدة. من المتوقع أن استخدام طريقة *FAM* يمكن أن يقدر هطول الأمطار في وقت ما في المستقبل.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Logika *fuzzy* adalah salah satu elemen dari *soft computing*. *Soft computing* merupakan pendekatan model komputer yang meniru akal manusia, dengan kemampuan berpikir dan dapat beradaptasi pada lingkungan yang tidak tepat dan tidak pasti (Kusumadewi & Hartati, 2006). Pertama kali Lotfi A. Zadeh memperkenalkan *soft computing* tahun 1992 (Kusumadewi & Hartati, 2006). Logika *fuzzy* merupakan sistem yang berguna untuk mengatasi konsep kebenaran parsial. Kebenaran parsial merupakan kebenaran yang berada diantara kebenaran yang benar sepenuhnya dan salah sepenuhnya. Logika *fuzzy* dapat menerjemahkan aturan yang dibangun oleh para ahli dengan menerapkan aturan-aturan yang dibuat dalam bentuk linguistik, tetapi dibutuhkan waktu lama untuk menentukan fungsi keanggotaan pada setiap pernyataan linguistiknya. Untuk kepentingan efisiensi waktu dan biaya, diperlukan cara lain untuk melengkapi logika *fuzzy*. Teknik pembelajaran pada jarngan syarat tiruan dapat mengotomatisasikan proses dan secara signifikan dapat meminimalisir waktu dan biaya (Kusumadewi & Hartati, 2006). Jaringan syaraf tiruan adalah suatu sistem kerangka sel fisik yang mampu memperoleh, menyimpan dan menggabungkan pengetahuan yang diperoleh melalui pengalaman. Jaringan syaraf tiruan memiliki properti yaitu mampu belajar dari pengalaman yang mirip dengan jaringan syaraf biologi. Metode *Fuzzy Associative Memory* (FAM) merupakan salah satu metode kombinasi logika *fuzzy* dan jaringan syaraf tiruan (Permadi et al., 2022).

Bart Kosko pertama kali memperkenalkan FAM (Kosko, 1992). FAM adalah sistem *fuzzy* yang menghubungkan himpunan *fuzzy* dengan himpunan *fuzzy* lainnya. FAM adalah *Bidirectional Associative Memory* (BAM) versi *fuzzy*. FAM sederhana menghubungkan aturan *fuzzy* atau himpunan *fuzzy* B_j ke himpunan *fuzzy* A_i. Kombinasi logika *fuzzy* dan jaringan syaraf tiruan dalam FAM memiliki keunggulan dalam menerapkan keahlian manusia, toleran terhadap kesalahan, serta dapat diterapkan dalam dunia nyata (Kusumadewi & Hartati, 2006).

Kota Malang merupakan salah satu tempat wisata di Jawa Timur berkat potensi alam dan iklimnya. Kota Malang berada di pusat Kabupaten Malang. Secara astronomis, Kota Malang terletak pada $112{,}06° - 112{,}07°$ Bujur Timur dan $7{,}06° - 8{,}02°$ Lintang Selatan. Kota Malang memiliki luas $110{,}06\ km^2$ dan terbagi menjadi lima kecamatan: Kedungkandang, Sukun, Klojen, Blimbing dan Lowokwaru. Kota Malang memiliki potensi alam yaitu terletak pada ketinggian yang relatif tinggi yaitu $445 - 526\ m$. Pegunungan Buring merupakan salah satu tempat tertinggi yang berada di sebelah timur Kota Malang (Badan Pusat Statistik, 2022).

Curah hujan merupakan faktor yang sangat penting dalam mendukung berbagai kegiatan manusia. Saat ini, hasil perkiraan curah hujan yang berbeda dengan kenyataannya. Hal ini terjadi karena pergantian iklim telah berlangsung sangat cepat menyebabkan perkiraan curah hujan tidak mencerminkan kondisi aktual. Oleh karena itu, perlu adanya alat perencanaan yang dapat memperkirakan curah hujan untuk lokasi dan waktu tertentu yang mendekati keadaan sebenarnya. Kondisi cuaca hujan deras yang terjadi saat ini sering menyebabkan banjir. Hal ini perlu diamati karena cuaca di suatu wilayah menentukan rangkaian aktivitas

manusia. Beberapa penelitian mengatakan kondisi iklim dapat mempengaruhi keadaan ekonomi suatu daerah.

Menurut Siswanti (dalam Sholihah, 2022), curah hujan dinyatakan dalam satuan $milimeter$ tetapi pada beberapa negara dinyatakan dalam satuan $inci$. Curah hujan adalah jumlah air hujan yang terakumulasi pada permukaan datar, tidak menguap, meresap atau mengalir. Curah hujan 1 mm, yaitu pada area datar seluas 1 m^2 yang menampung air setinggi 1 mm atau sebanyak 1 $liter$ dalam jangka waktu tertentu (Sholihah, 2022). Faktor-faktor yang mempengaruhi curah hujan meliputi suhu, kelembaban, tekanan udara, kecepatan angin, lama penyinaran matahari, dan sebagainya (Sunarmi et al., 2022).

Pada QS. Ar-Rum ayat 48 telah dijelaskan bahwa terjadinya hujan dipengaruhi adanya angin. Berikut ayat tersebut berbunyi:

ٱللَّهُ ٱلَّذِى يُرْسِلُ ٱلرِّيَٰحَ فَتُثِيرُ سَحَابًا فَيَبْسُطُهُۥ فِى ٱلسَّمَآءِ كَيْفَ يَشَآءُ وَيَجْعَلُهُۥ كِسَفًا فَتَرَى ٱلْوَدْقَ يَخْرُجُ مِنْ خِلَٰلِهِۦ ۖ

فَإِذَآ أَصَابَ بِهِۦ مَن يَشَآءُ مِنْ عِبَادِهِۦٓ إِذَا هُمْ يَسْتَبْشِرُونَ

"Allah, Dialah yang mengirim angin, lalu angin itu menggerakkan awan dan Allah membentangkannya di langit menurut yang dikehendaki-Nya, dan menjadikannya bergumpal-gumpal; lalu kamu lihat hujan ke luar dari celah-celahnya, maka apabila hujan itu turun mengenai hamba-hamba-Nya yang dikehendaki-Nya tiba-tiba mereka menjadi gembira" (QS. Ar-Rum:48) (Departemen Agama RI., 2006).

Menurut Quraish Shihab (Shihab, 2002), menjelaskan bahwa hujan dikirim ke bumi oleh Allah Swt setelah melalui beberapa proses. Awan digerakkan oleh angin dan dengan hukum alam yang telah ada menyebabkan awan terbentang luas di langit dengan bergumpal-gumpal. Berkat kehendak Allah Swt, hujan akan keluar dari celah-celah awan dan turun kepada siapa yang dikehendaki-Nya. Ayat tersebut menjelaskan bahwa proses turun hujan diawali dengan awan tebal yang

datang dari angin mendorong awan-awan kecil ke zona konvergensi. Selanjutnya, pergerakan awan menyebabkan meningkatknya jumlah uap air di sepanjang jalan terutama di kawasan tersebut. Pada umumnya, ketika dua atau lebih awan bertemu, akan ada lebih banyak aliran udara yang naik di antara mereka. Ini menciptakan uap tambahan dari dasar awan yang berfungsi untuk meningkatkan potensi akumulasi. Dengan kehendak Allah Swt awan tebal akan bergerak kemanapun, sedangkan faktor akumulasi dan pembangunannya terus berlanjut selama arus udara yang naik dapat mendukung pembentukan tetesan dan awan embun. Ketika angin tidak dapat membawa formasi, proses akumulasi berhenti dan hujan turun ke bumi.

Beberapa penelitian menggunakan *Fuzzy Associative Memory* (FAM) di antaranya adalah penelitian Ipung Permadi, dkk tahun 2022 yang memprediksi jumlah hasil panen merica menggunakan *Fuzzy Associative Memory* (FAM). Penelitian ini menggunakan empat variabel *input* yang menghasilkan bahwa untuk memprediksi jumlah hasil panen merica menggunakan *Fuzzy Associative Memory* (FAM) dengan perhitungan otomatis berbasis web dapat dilakukan dengan selisih error sebesar 30% (Permadi et al., 2022). Penelitian lainnya yaitu penelitian David tahun 2022 yang menerapkan *Fuzzy Associative Memory* (FAM) pada penjurusan siswa sekolah menengah atas. Penelitian ini menggunakan sepuluh variabel *input* yang menghasilkan bahwa pada model *Fuzzy Associative Memory* (FAM) dapat digunakan untuk memprediksi jurusan siswa dengan akurasi 82,67% dengan presisi IPS sebesar 84,16% dan presisi IPA sebesar 79,59% (David, 2022).

Untuk mengestimasi curah hujan, dapat digunakan kombinasi logika *fuzzy* dan jaringan syaraf tiruan yaitu *Fuzzy Associative Memory* (FAM). Jika estimasi

curah hujan mendekati kondisi aktual, maka dapat dijadikan acuan dalam melakukan serangkaian aktivitas pada suatu wilayah. Pada penelitian ini, peneliti akan meneliti mengenai "**Implementasi *Fuzzy Associative Memory* (FAM) Untuk Mengestimasi Curah Hujan di Kota Malang**".

1.2 Rumusan Masalah

Menurut latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana implementasi *Fuzzy Associative Memory* (FAM) untuk mengestimasi curah hujan di Kota Malang?
2. Bagaimana tingkat keakuratan hasil perhitungan menggunakan *Fuzzy Associative Memory* (FAM) dalam mengestimasi curah hujan di Kota Malang?

1.3 Tujuan Penelitian

Menurut rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui implementasi *Fuzzy Associative Memory* (FAM) untuk mengestimasi curah hujan di Kota Malang.
2. Mengetahui tingkat keakuratan hasil perhitungan menggunakan *Fuzzy Associative Memory* (FAM) dalam mengestimasi curah hujan di Kota Malang.

1.4 Manfaat Penelitian

Menurut tujuan penelitian di atas, maka manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti

   Menambah pengetahuan maupun wawasan tentang penerapan *Fuzzy Associative Memory* (FAM).

2. Bagi Pembaca

   Menambah referensi dan pembelajaran matematika salah satunya penerapan *Fuzzy Associative Memory* (FAM).

3. Bagi Lembaga

   a. Penelitian ini dapat berguna untuk mengembangkan wawasan keilmuan matematika.

   b. Penelitian ini dapat memberikan metode alternatif untuk penelitian curah hujan.

   c. Membandingkan penelitian yang sudah ada dengan metode lainnya.

1.5 Batasan Penelitian

Pada penelitian ini batasan yang digunakan sebagai berikut:

1. Data yang digunakan berupa data curah hujan bulanan Kota Malang tahun 2021 yang bersumber dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Karangploso melalui *website* BPS Kota Malang.
2. Parameter yang digunakan meliputi suhu, kelembaban, tekanan udara, dan kecepatan angin.
3. Fungsi keanggotaan direpresentasikan oleh kurva bentuk bahu dan segitiga.
4. Penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Associative Memory* (FAM).

5. *Fuzzy Hebb FAM* yang digunakan adalah aturan pembelajaran *correlation-product encoding.*
6. Relasi komposisi yang digunakan adalah *max-product composition*.
7. Defuzzifikasi yang digunakan adalah *winner take all.*
8. Penghitungan tingkat keakuratan menggunakan MAPE.

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Logika *Fuzzy*

2.1.1 Pengertian Logika *Fuzzy*

Logika *fuzzy* adalah salah satu komponen dari *soft computing*. Secara bahasa, *fuzzy* berarti kabur atau samar-samar. Nilainya bisa benar atau salah secara bersamaan. Pertama kali logika *fuzzy* diperkenalkan oleh Profesor Lotfi A. Zadeh tahun 1965 (Mardiana et al., 2022). Landasan logika *fuzzy* adalah suatu teori himpunan *fuzzy* yang menggunakan derajat keanggotaan sebagai penentu kehadiran unsur-unsur penting dalam suatu himpunan. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan merupakan ciri khas pada logika *fuzzy* (Dahria et al., 2020). Logika *fuzzy* adalah cara mudah untuk menghubungkan ruang *input* ke ruang *output*. Logika *fuzzy* berbeda dengan logika *crisp* atau tegas di mana logika *crisp* bernilai 1 atau 0, sedangkan logika *fuzzy* bernilai antara 0 sampai 1 dan disebut himpunan *fuzzy* (Susilo, 2006).

2.1.2 Konsep Himpunan *Fuzzy*

Untuk himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan elemen x dalam himpunan A dapat ditulis sebagai $\mu_A(x)$. Ada dua kemungkinan untuk ini (Kusumadewi & Purnomo, 2013):

1. Satu (1) berarti x anggota himpunan, atau
2. Nol (0) berarti x bukan anggota himpunan.

Himpunan *fuzzy* merupakan perluasan dari himpunan tegas (*crisp*) dengan fungsi karakteristik pada interval [0,1]. Nilai keanggotaan unsur-unsur dalam

semesta bukan hanya 0 atau 1, tetapi juga antara 0 dan 1 (Susilo, 2006). Adapun dua atribut dalam himpunan *fuzzy*, yaitu (Kusumadewi & Purnomo, 2013):

1. Linguistik, yaitu pemberian nama kelompok yang mewakili kondisi tertentu. Misal: ringan, sedang, berat.
2. Numerik, yaitu suatu nilai yang menunjukkan ukuran atau besar kecilnya variabel. Misal: 25, 50, 80.

Untuk memahami logika *fuzzy*, perlu diketahui mengenai beberapa hal antara lain:

1. Variabel *fuzzy* adalah variabel yang dibahas dalam sistem *fuzzy*. Misal: berat badan.
2. Himpunan *fuzzy* adalah grup yang mewakili keadaan tertentu dari variabel *fuzzy*. Misal: ringan, sedang, berat.
3. Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang dapat dioperasikan dalam variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan berupa nilai negatif maupun positif. Misal: semesta pembicaraan untuk variabel berat badan adalah interval $[0, 100]$.
4. Domain adalah cakupan himpunan *fuzzy* yang mencakup semua nilai yang diperbolehkan dalam semesta pembicaraan dan dapat dioperasikan dalam himpunan *fuzzy*. Domain berupa nilai negatif maupun positif. Misal: domain ringan adalah interval $[0, 25]$.

2.1.3 Fungsi Keanggotaan

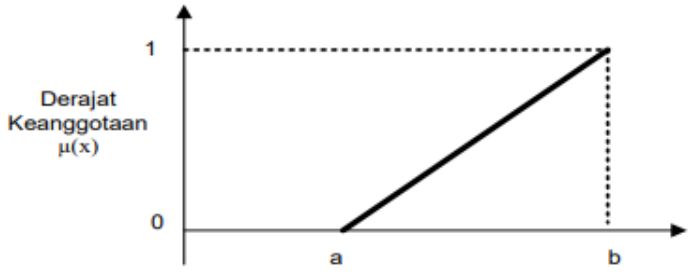
Fungsi keanggotaan merupakan pemetaan yang merepresentasikan hubungan antara titik *input* data dan nilai keanggotaannya disebut sebagai derajat keanggotaan pada interval [0,1]. Pendekatan fungsi merupakan salah satu cara

untuk mendapatkan nilai keanggotaan. Berikut beberapa fungsi yang dapat digunakan, antara lain (Navianti, D. R. et al., 2012):

1. Representasi *Linear*

   Representasi *linear* memungkinkan untuk menggambar garis lurus yang memetakan *input* pada derajat keanggotaan. Bentuk representasi *linear* merupakan bentuk yang paling sederhana dari bentuk kurva lainnya. Himpunan *fuzzy* linier memiliki dua keadaan, yaitu:

   a. Representasi *linear* naik yaitu garis naik yang dimulai dari nilai domain berderajat keanggotaan nol bergerak ke kanan ke nilai domain berderajat keanggotaan lebih tinggi. Berikut akan ditunjukkan representasi himpunan *fuzzy linear* naik pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Representasi *Linear* Naik

Fungsi keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & x \geq b \end{cases} \quad (2.1)$$

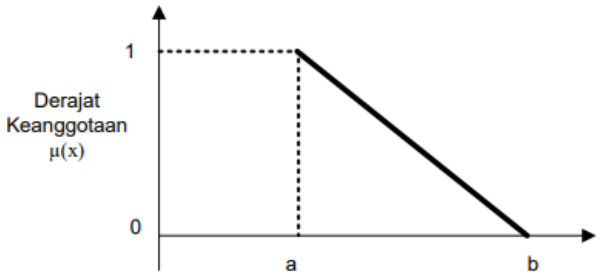
Keterangan:

a = Nilai domain berderajat keanggotaan nol

b = Nilai domain berderajat keanggotaan satu

x = Nilai *input* untuk dikonversi ke bilangan *fuzzy*

b. Representasi *linear* turun yaitu garis turun dari nilai domain berderajat keanggotaan tertinggi di sebelah kiri dan turun ke nilai domain berderajat keanggotaan terendah di sebelah kanan. Berikut akan ditunjukkan representasi himpunan *fuzzy linear* turun pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Representasi *Linear* Turun

Fungsi keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 0, & x \geq b \end{cases} \quad (2.2)$$

Keterangan:

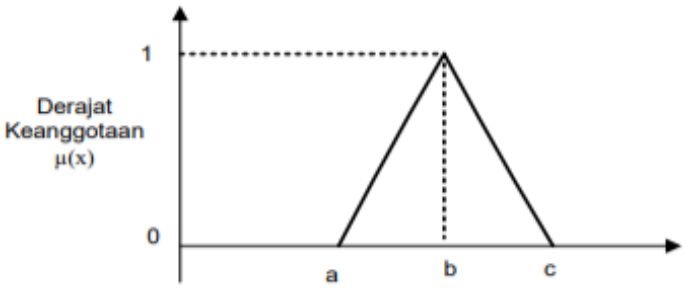
a = Nilai domain berderajat keanggotaan satu

b = Nilai domain berderajat keanggotaan nol

x = Nilai *input* untuk dikonversi ke bilangan *fuzzy*

2. Representasi Kurva Segitiga

Pada dasarnya, kurva segitiga merupakan gabungan dari dua garis (*linear*). Fungsi keanggotaan segitiga memiliki tiga parameter, yaitu $(a, b, c \in R)$ dengan $(a \leq b \leq c)$ dan dinyatakan dengan segitiga(x, a, b, c). Berikut akan ditunjukkan representasi himpunan *fuzzy* segitiga pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Representasi Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}, \ a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, \ b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.3)$$

Keterangan:

a = Nilai domain paling kecil berderajat keanggotaan nol

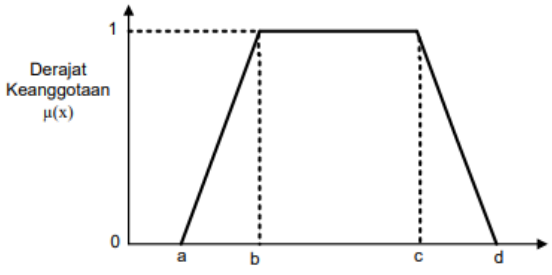
b = Nilai domain berderajat keanggotaan satu

c = Nilai domain paling besar berderajat keanggotaan nol

x = Nilai *input* untuk dikonversi ke bilangan *fuzzy*

3. Representasi Kurva Trapesium

Pada dasarnya, kurva trapesium berbentuk seperti segitiga dengan banyak titik dengan nilai keanggotaan satu. Berikut akan ditunjukkan representasi himpunan *fuzzy* trapesium pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Representasi Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, \ x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}, \ a \leq x \leq b \\ 1, b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, \ c \leq x \leq d \end{cases} \quad (2.4)$$

Keterangan:

a = Nilai domain paling kecil berderajat keanggotaan nol

b = Nilai domain paling kecil berderajat keanggotaan satu

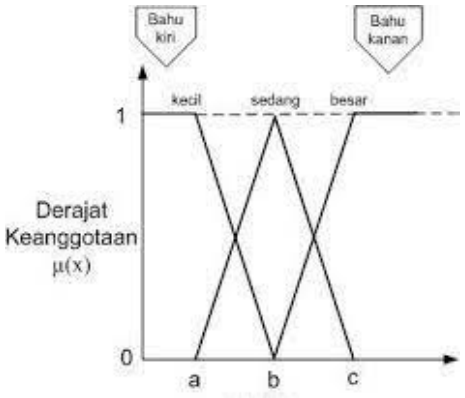
c = Nilai domain paling besar berderajat keanggotaan satu

d = Nilai domain paling besar berderajat keanggotaan nol

x = Nilai *input* untuk dikonversi ke bilangan *fuzzy*

4. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Representasi kurva bentuk bahu adalah area di mana bagian tengah variabel berbentuk segitiga dan pada sisi kanan maupun kiri akan naik turun. Himpunan *fuzzy* bahu digunakan untuk mengakhiri variabel pada wilayah *fuzzy*. Bahu kiri bergeser dari benar ke salah, dan bahu kanan bergeser dari salah ke benar. Berikut akan ditunjukkan representasi kurva bentuk bahu pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Representasi Kurva Bentuk Bahu

Fungsi keanggotaan turun

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 0, & x \geq b \end{cases} \quad (2.5)$$

Fungsi keanggotaan segitiga

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.6)$$

Fungsi keanggotaan naik

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq b \\ \frac{x-b}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 1, & x \geq c \end{cases} \quad (2.7)$$

Keterangan:

a = Nilai domain paling kecil berderajat keanggotaan satu

b = Nilai domain berderajat keanggotaan satu

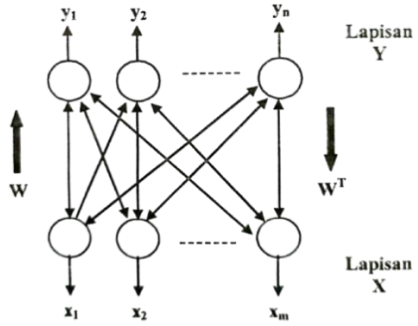
c = Nilai domain paling besar berderajat keanggotaan satu

x = Nilai *input* untuk dikonversi ke bilangan *fuzzy*

2.2 Jaringan Syaraf Tiruan *Bidirectional Associative Memory* (BAM)

Jaringan syaraf tiruan adalah sistem pemrosesan informasi dengan kinerja yang mirip dengan jaringan syaraf biologis (Wati, 2011). BAM menyimpan informasi tentang sekelompok pola dengan jumlah matriks korelasi bipolar (matriks *outer - product* $n \times m$ dari setiap pola). Arsitektur jaringan yang digunakan terdiri dari dua lapisan. BAM selalu menerima *input* dari lapisan lain. Satu lapisan *X* (bukan lapisan *input*) dan satu lapisan *Y* (bukan lapisan *output*) karena bobot dalam jaringan ini memiliki dua arah dari lapisan ke lapisan. Matriks

bobot W didapat ketika sinyal masukan diterima dari lapisan X dan dikirim ke lapisan Y, dan matriks bobot W^t didapat ketika sinyal masukan diterima dari lapisan Y dan dikirim ke lapisan X (Iskandar, 2001). Berikut ditunjukkan arsitektur jaringan BAM pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Arsitektur Jaringan BAM

Konsep logika *fuzzy* lebih sederhana, lebih mudah dipahami, dan toleran terhadap data yang tidak akurat, tetapi tidak bisa mendapatkan aturan secara otomatis. Sedangkan jaringan syaraf tiruan yang dapat memproses aturan *fuzzy* dalam proses pembelajaran. Namun, proses pembelajaran ini relatif lambat dan analisis jaringan yang terlatih sulit untuk sistem besar (Maisarah & Sugiyarto, 2020). Oleh karena itu, dengan menggunakan integrasi sistem *fuzzy* dan jaringan syaraf tiruan memiliki beberapa karakteristik, yaitu (Kusumadewi & Hartati, 2006):

1. Mampu menerapkan keahlian manusia
2. Menggunakan perhitungan numerik
3. Toleran terhadap kesalahan
4. Dapat diterapkan pada dunia nyata

2.3 *Fuzzy Associative Memory* (FAM)

Bart Kosko memperkenalkan FAM untuk pertama kalinya (Lumbantoruan, 2018). FAM adalah sistem *fuzzy* yang menghubungkan himpunan *fuzzy* dengan himpunan *fuzzy* lainnya. FAM adalah *Bidirectional Associative Memory* (BAM) versi *fuzzy* (Malau et al., 2022). FAM sederhana menghubungkan sekumpulan aturan atau pasangan himpunan *fuzzy* (A_i, B_j) yang menghubungkan himpunan *fuzzy* B_j ke himpunan *fuzzy* A_i. Oleh karena itu, sistem FAM dapat terdiri dari beberapa grup FAM yang berbeda: (A_1, B_1), (A_2, B_2), … , (A_p, B_p).

FAM berupa jaringan syaraf tiruan yang menyimpan pola dan mendapatkan pola *output* dari pola *input* melalui operator logika *fuzzy* dan morfologi matematis (MM). FAM terdiri dari dua proses, yaitu proses belajar dan mengingat. Proses mempelajari dan menyimpan asosiasi dari pola. Proses mengingat dengan mencari pola yang tersimpan dari pola *input*. FAM banyak digunakan di beberapa bidang seperti pemrosesan gambar, prediksi, dan lain sebagainya (Binh et al., 2014).

Misalkan terdapat suatu FAM dengan sepasang himpunan *fuzzy* (A, B) di mana A adalah himpunan variabel X dan B adalah himpunan variabel Y. Contoh pada sistem kontrol lalu lintas, misalkan pasangan (A, B) adalah (PADAT, LAMA). X adalah variabel kepadatan lalu lintas dan Y adalah lama lampu menyala hijau. $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ dan $Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_p\}$. Misalkan x_1 = kepadatannya 0; x_2 = kepadatannya 5; x_3 = kepadatannya 8; ...; x_n = kepadatannya 50; y_1 = 5 detik; y_2= 8 detik; y_3 = 20 detik; ...; y_p = 1 menit. A dan B menunjukkan fungsi keanggotaan μ_A dan μ_B yang memetakan elemen x_i dari X ke y_j dari Y. Nilai keanggotaan menunjukkan derajat keanggotaan x_i di A dan y_j

di B. Misalnya, jika $a_i = \mu_A[x_i]$ dan $b_j = \mu_B[y_j]$ maka $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$ dan $B = \{b_1, b_2, b_3, \dots, b_p\}$.

2.3.1 *Fuzzy Hebb* FAM

Ada dua aturan pembelajaran yang dapat digunakan untuk mengkodekan himpunan *fuzzy* secara numerik (A, B) = $((a_1, a_2, \dots, a_n), (b_1, b_2, \dots, b_p))$ ke dalam bentuk matriks FAM, yaitu (Kusumadewi & Purnomo, 2013):

1. *Correlation-minimum encoding*

   Suatu bentuk *correlation-minimum encoding* menyediakan matriks korelasi FAM *fuzzy outer-product.*

   $$M = A^T \circ B \tag{2.8}$$

   di mana

   $$m_{ij} = \min(a_i, b_j) \tag{2.9}$$

   di mana m_{ij} adalah bobot dari *node input* ke-i ke *node output* ke-j dari BAM.

   Correlation-minimum encoding memotong himpunan B, sehingga himpunan *fuzzy* $a_i \wedge B$ memiliki nilai keanggotaan mendatar di atas atau sama dengan nilai a_i.

2. *Correlation-product encoding*

   Suatu bentuk *correlation-product encoding* memberikan matriks korelasi FAM *fuzzy outer-product.*

   $$M = A^T B \tag{2.10}$$

   di mana

   $$m_{ij} = a_i * b_j \tag{2.11}$$

Correlation-product encoding menskalakan himpunan B sehingga himpunan *fuzzy* $a_i B$ memiliki bentuk yang sama dengan B. Dibandingkan *correlation-minimum encoding*, *correlation-product encoding* menyimpan lebih banyak menyimpan informasi.

2.3.2 Relasi Komposisi

Setelah mendapatkan nilai matriks M, relasi komposisi antara A dan M akan menghasilkan nilai B. Begitu pula, dengan komposisi M dan B menghasilkan nilai A. Adapun dua relasi komposisi yang dapat digunakan, yaitu (Kusumadewi & Purnomo, 2013):

1. *Max-min composition*

   Untuk *max-min composition*, nilai B didapat dengan menggunakan komposisi $A \circ M$ sebagai berikut:

   $$B = A \circ M \tag{2.12}$$

   $$b_j = \max_{1 \le i \le n} \min(a_i, m_{ij}) \tag{2.13}$$

   Begitupun untuk *max-min composition*, nilai A didapat dengan menggunakan komposisi $B \circ M^T$ sebagai berikut:

   $$A = B \circ M^T \tag{2.14}$$

   $$a_i = \max_{1 \le j \le p} \min(b_j, m_{ji}) \tag{2.15}$$

2. *Max-product composition*

   Untuk *max-product composition*, nilai B didapat dengan menggunakan komposisi AM sebagai berikut:

   $$B = AM \tag{2.16}$$

   $$b_j = \max_{1 \le i \le n} (a_i * m_{ij}) \tag{2.17}$$

Begitupun untuk *max-min composition*, nilai A didapat dengan menggunakan komposisi BM^T sebagai berikut:

$$A = BM^T \tag{2.18}$$

$$a_i = \max_{1 \le j \le p} (b_j * m_{ji}) \tag{2.19}$$

2.3.3 *Superimposing FAM Rules*

Misalkan sistem FAM berisi n grup FAM yang berbeda, yaitu (A_1, B_1), $(A_2, B_2), \dots, (A_n, B_n)$. Misalkan terdapat sistem FAM yang terdiri dari n grup FAM (A_1, B_1), $(A_2, B_2), \dots, (A_n, B_n)$. Didapatkan n matriks FAM $M_1, M_2, \dots, M_n$ menggunakan aturan pembelajaran Hebb. Untuk mengkodekan n matriks FAM $(M_1, M_2, \dots, M_n)$ dapat menggunakan persamaan 2.8 untuk *correlation-minimum encoding* atau persamaan 2.10 untuk *correlation-product encoding*. Dari n grup (A_k, B_k), dapat diperoleh vektor $B_k{}'$ sebagai berikut:

$$B_k{}' = A \circ M_k = A \circ \left(A_k{}^T \circ M\right), \text{ dengan } k = 1,2, \dots, n. \tag{2.20}$$

Untuk *max-min composition*, dan

$$B_k{}' = AM_k = A\left(A_k{}^T M\right), \text{ dengan } k = 1,2, \dots, n. \tag{2.21}$$

Untuk *max-product composition*, A adalah sembarang vektor *input* (mengandung derajat keanggotaan) yang diasosiasikan dengan aturan FAM (A_k, B_k). Vektor *output* B yang dihasilkan (mengandung derajat keanggotaan) dapat diperoleh dengan menggunakan jumlah bobot dari setiap $B_k{}'$ sebagai berikut:

$$B = \sum w_k B_k \tag{2.22}$$

di mana bobot w_k menunjukkan kekuatan aturan FAM ke-k (A_k, B_k). Pada prakteknya, nilai w_k sering dibuat 1. Maka perlu adanya normalisasi untuk memastikan setiap anggota B selalu berada pada interval $[0,1]$. Proses *defuzzy* dapat menggunakan dua metode berikut, antara lain (Kusumadewi & Hartati, 2006):

1. *Winner take all* (*maximum-membership defuzzification*)

   Dengan metode ini, solusi terbaik merupakan nilai maksimum.

2. *Weighted average* (*fuzzy centroid defuzzification*)

   Dengan cara ini, jika ingin menemukan *output* tunggal secara numerik di semesta $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_p\}$ maka harus mencari nilai B^* berikut:

$$B^* = \frac{\sum_{j=1}^{p} y_j \mu_B[y_j]}{\sum_{j=1}^{p} \mu_B[y_j]} \tag{2.23}$$

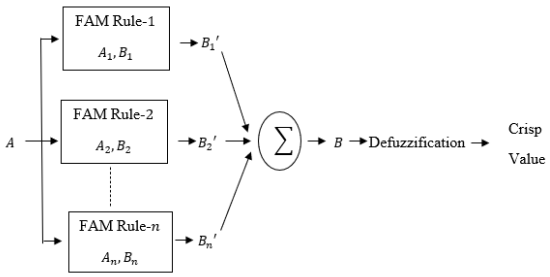
   untuk y diskret, atau

$$B^* = \frac{\int_1^p y \mu_B[y] dy}{\int_1^p \mu_B[y] dy} \tag{2.24}$$

   untuk y kontinu.

2.3.4 Arsitektur Sistem FAM

Menurut (Djatna & Ihsan, 2015), di bawah ini adalah arsitektur sistem *Fuzzy Associative Memory* (FAM) yang ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Arsitektur Sistem FAM

Keterangan:

1. *Input* dan *output* dikodekan dalam matriks FAM di mana n merupakan jumlah data.
2. Menghitung *Fuzzy Hebb FAM* dari salah satu aturan pembelajaran yaitu *correlation-minimum encoding* atau *correlation-product encoding.*
3. Apabila nilai M telah diperoleh, nilai B dapat ditentukan dengan menggunakan relasi komposisi dari A dan M demikian pula bila ingin menentukan nilai A dapat menggunakan relasi komposisi dari M dan B. Relasi komposisi dapat dilakukan dengan menggunakan *max-min composition* atau *max-product composition*.
4. Proses *defuzzy* dilakukan dengan salah satu metode *winner take all* atau *weighted average.*

2.4 *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

MAPE adalah alat statistik untuk mengukur keakuratan model statistik saat membuat peramalan atau prediksi. Untuk menentukan nilai MAPE perlu dihitung nilai kesalahan absolut untuk setiap periode data yang digunakan lalu dibagi dengan nilai yang diamati untuk periode tersebut dan persentase absolut dirata-ratakan.

MAPE menunjukkan tingkat kesalahan absolut peramalan yang dilakukan dengan nilai sebenarnya dari hasil aktual yang diperoleh (Nabillah & Ranggadara, 2020). MAPE secara sistematis sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{A_i - F_i}{A_i}\right| \times 100\% \qquad (2.25)$$

Keterangan:

n = Ukuran sampel

A_i = Nilai data aktual

F_i = Nilai data peramalan

Sebuah model dalam peramalan dikatakan akurat jika nilai MAPE yang didapat semakin kecil. Interpretasi nilai MAPE ditunjukkan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Range Nilai MAPE

Range MAPE	**Keterangan**
≤ 10 %	Hasil peramalan sangat akurat
$10\% - 20\%$	Hasil peramalan baik
$20\% - 50\%$	Hasil peramalan cukup baik
$> 50\%$	Hasil peramalan tidak akurat

2.5 Cuaca dan Iklim

Cuaca adalah kondisi atmosfer harian terjadi dalam waktu singkat dan dapat berubah pada daerah sempit. Iklim adalah konsep abstrak yang terdiri dari kondisi cuaca harian dan elemen atmosfer suatu wilayah tertentu dengan periode iklim yang panjang (Gunadi et al., 2021). Faktor yang mempengaruhi cuaca adalah (Puspita & Yulianti, 2016):

1. Suhu

   Ketinggian suatu daerah dan posisi astronomi (lintang) sangat mempengaruhi perubahan suhu di suatu daerah dengan daerah lain. Perubahan suhu akibat perbedaan ketinggian suatu daerah lebih cepat daripada perubahan suhu akibat posisi astronomi. Biasanya, tiap kenaikan $100\,m$ mengalami perubahan suhu sebesar 0,6℃. Alat pengukurannya adalah Termometer.

Penyinaran matahari menyebabkan udara menjadi panas. Udara menerima panas dari permukaan bumi dan melepaskannya sebagai gelombang panjang setelah konversi. Radiasi yang dipancarkan matahari tidak sampai ke bumi sepenuhnya.

Kondisi suhu di setiap lokasi di permukaan bumi bergantung pada (Hartono, 2007):

a. Intensitas harian dan durasi energi matahari diterima oleh atmosfer pada permukaan suatu wilayah.
b. Pelenyapan energi atmosfer melalui refleksi, pemancaran, dan penyerapan.
c. Kemampuan permukaan wilayah dalam menyerap energi matahari.
d. Sifat fisik permukaan daerah dan lingkungannya.
e. Perpindahan panas saat air menguap (*evaporasi*), mengembun (*kondensasi*), membeku (*freezing*), dan mencair (*melting*).

2. Tekanan udara

Tekanan udara adalah massa udara di suatu daerah. Tekanan udara menunjukkan gaya yang diberikan untuk memindahkan massa udara dalam satuan luas tertentu. Saat permukaan laut tinggi, tekanan udara rendah. Alat pengukurannya adalah Barometer. Satuan tekanan udara dapat diukur dalam atmosfer (atm), milimeter air raksa ($mmHg$), milibar ($mbar$), atau kg/m^2. Konversi antar satuan tekanan udara dinyatakan sebagai: $1\,atm = 760\,mmHg = 14{,}7\,psi = 1{,}013\,mbar$

Tekanan udara dipengaruhi oleh kepadatan massa udara. Saat kepadatan udara meningkat, tekanan udara akan meningkat. Hal ini

menunjukkan bahwa kepadatan berbanding lurus dengan tekanan udara. Lain halnya dengan suhu pada suatu daerah berbanding terbalik dengan tekanan udaranya yaitu semakin tinggi suhu di suatu daerah maka semakin rendah tekanan udaranya. Hal ini karena suhu yang tinggi menyebabkan pemuaian di daerah tersebut menjadi tipis. Pada daerah yang menerima lebih banyak panas matahari, udara akan mengembang dan naik sehingga mengalami tekanan udara yang lebih rendah. Di tempat lain, tekanan udara yang tinggi mendorong udara dari area bertekanan tinggi ke area bertekanan rendah (hukum Buys Ballot).

3. Angin

Angin adalah massa udara yang bergerak dari satu tempat ke tempat lainnya. Hembusan angin terjadi bila ada perbedaan dalam suatu tempat antara tekanan udara tertinggi dan terendah. Angin bergerak keluar dari daerah bertekanan udara tertinggi ke daerah bertekanan terendah. Alat pengukurannya adalah Anemometer dengan satuan *meter per detik.*

4. Kelembaban

Kelembaban adalah jumlah uap air di udara. Uap air dihasilkan dari penguapan air di permukaan bumi, air tanah, atau air yang berasal dari penguapan tanaman. Alat pengukurannya adalah Higrometer. Konsentrasi kelembaban di permukaan laut mencapai 3% pada $30°C$ $(86°F)$ dan tidak melebihi 0,5% pada $0°C$. Kelembaban terkenal dengan kelembaban absolut, kelembaban relatif, dan kelembaban spesifik.

Semua uap air di udara dihasilkan oleh penguapan. Penguapan adalah perubahan air dari wujud cair ke wujud gas. Penguapan membutuhkan atau

memanfaatkan panas, sedangkan proses *kondensasi* atau pengembunan melepaskan panas. Penguapan terjadi langsung dari permukaan air maupun dari tanah, terutama tumbuhan. Penguapan dari ketiga titik ini disebut *evaporasi*.

2.6 Curah Hujan

Curah hujan adalah jumlah air hujan yang terakumulasi pada permukaan datar dan tidak menguap, meresap atau mengalir. Curah hujan 1 mm, yaitu pada area datar seluas 1 m^2 yang menampung air setinggi 1 mm atau sebanyak 1 $liter$ (Mulyono, 2016). Hujan memiliki peran penting dalam siklus air. Kelembaban di laut menguap, membentuk awan kemudian berubah menjadi mendung dan turun kembali ke permukaan bumi, dan akhirnya kembali ke laut melalui sungai dan saluran air, lalu siklus tersebut terjadi berulang-ulang. Intensitas hujan adalah jumlah curah hujan per satuan periode tertentu. Jadi, jika intensitas hujannya besar, maka ini pertanda akan terjadi hujan yang lebat yang dapat menyebabkan banjir. Faktor curah hujan yang perlu diperhatikan adalah jumlah curah hujan dan intensitas curah hujan.

Menurut BMKG, intensitas curah hujan perhari dapat dibagi menjadi empat yaitu hujan ringan antara $0{,}5\ mm$ sampai $20\ mm$, hujan sedang antara $20\ mm$ sampai $50\ mm$, hujan lebat antara $50\ mm$ sampai $100\ mm$, dan hujan sangat lebat melebihi $100\ mm$. Sedangkan, jumlah curah hujan perbulan dapat dibedakan menjadi empat yaitu rendah antara $0\ mm$ dan $100\ mm$, menengah antara $101\ mm$ dan $300\ mm$, tinggi antara $301\ mm$ dan $500\ mm$, dan sangat tinggi melebihi $500\ mm$.

2.7 Hujan dalam Al-Qur'an

Hujan merupakan anugerah dari Allah Swt. Namun hujan sering disalahartikan sebagai faktor penyebab terjadinya banjir, tanah longsor, dan sebagainya. Sebaliknya hujan juga membawa berkah. Misalnya hujan sangat bermanfaat bagi petani karena saat hujan dapat mengairi sawah dan ladang tanpa pengairan secara manual. Jika musim kemarau datang, terkadang berlangsung berbulan-bulan akan merasakan kesulitan air dan mengalami kekeringan.

Dalam Al-Qur'an telah dijelaskan bahwa hujan digambarkan sebagai nikmat yang besar dari Allah Swt pada QS. Al-A'raf ayat 57 yang berbunyi:

وَهُوَ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيَاحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهٖۗ حَتّٰٓى إِذَآ أَقَلَّتْ سَحَابًا ثِقَالًا سُقْنَاهُ لِبَلَدٍ مَّيِّتٍ فَأَنْزَلْنَا بِهِ الْمَاءَ

فَأَخْرَجْنَا بِهٖ مِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ ۚ كَذٰلِكَ نُخْرِجُ الْمَوْتٰى لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ

"Dan Dialah yang meniupkan angin sebagai pembawa berita gembira sebelum kedatangan Rahmat-Nya (hujan); hingga apabila angin itu telah membawa awan mendung, Kami halau ke suatu daerah yang tandus, lalu Kami turunkan hujan di daerah itu, maka Kami keluarkan dengan sebab hujan itu berbagai macam buah-buahan. Seperti itulah Kami membangkitkan orang-orang yang telah mati, mudah-mudahan kamu mengambil pelajaran" (QS. Al-A'raf:57) (Departemen Agama RI., 2006).

Menurut Quraish Shihab (Shihab, 2002) menjelaskan bahwa hanya Allah Swt yang mengirimkan angin dan hujan sebagai berkah untuk menanam dan menyirami tanaman. Angin membawa awan yang mengandung air. Kami membiarkan awan tersebut di atas area di mana tidak ada tanaman yang tumbuh seperti orang mati tak bernyawa. Lalu turun hujan. Dalam ayat ini, Allah Swt menumbuhkan berbagai jenis buah-buahan. Hal ini seperti orang-orang yang telah mati dihidupkan kembali. Semoga dengan kejadian ini membuat manusia mengingat kekuatan Allah Swt dan percaya dengan hari kebangkitan.

Dalam ayat yang lain hujan juga digambarkan sebagai hukuman atau bencana pada QS. Al-Ahqaf ayat 24 yang berbunyi:

فَلَمَّا رَأَوْهُ عَارِضًا مُسْتَقْبِلَ أَوْدِيَتِهِمْ قَالُوا هَٰذَا عَارِضٌ مُمْطِرُنَا ۚ بَلْ هُوَ مَا اسْتَعْجَلْتُمْ بِهِ ۖ رِيحٌ فِيهَا عَذَابٌ أَلِيمٌ

"Maka tatkala mereka melihat azab itu berupa awan yang menuju ke lembah-lembah mereka, berkatalah mereka: Inilah awan yang akan menurunkan hujan kepada kami. (Bukan)! Bahkan itulah azab yang kamu minta supaya datang dengan segera (yaitu) angin yang mengadung azab yang yang pedih" (QS. Al-Ahqaf:24) (Departemen Agama RI., 2006).

Menurut Quraish Shihab (Shihab, 2002) menjelaskan bahwa hujan sebagai musibah yang Allah Swt timpakan kepada hamba-hamba-Nya. Mereka menganggap hujan sebagai nikmat, tetapi hujan tersebut sebagai bencana yaitu berupa angin pedih yang bisa menghancurkan semua yang ada di depan mata.

Dari kedua ayat dan tafsiran di atas, dapat disimpulkan bahwa hujan sejatinya adalah siklus air di bumi yang menguap karena panas matahari menjadi sekumpulan awan. Ketika awan menjadi berat, mereka seperti spons yang diperas sehingga air jatuh ke bumi berupa hujan. Hujan merupakan salah satu pertanda dikirimkan nikmat ataupun bencana. Hujan pertanda nikmat dari Allah melalui hujan yang dapat menumbuhkan dan menyirami tanaman di tempat yang tandus dan kering. Tetapi hujan juga dapat sebagai pertanda bencana melalui hujan dengan angin yang dapat menghancurkan segala sesuatu yang ada di depan mata. Sebagai umat manusia yang beriman dianjurkan untuk tidak mencela bencana yang terjadi karena semua yang terjadi telah diatur oleh Allah Swt.

Ketika turun hujan, Rasulullah berdoa:

اللَّهُمَّ صَيِّبًا نَافِعًا

"Ya Allah, turunkanlah hujan yang membawa manfaat dan kegembiraan"

Sebagai umat muslim, hendaknya membaca doa seperti yang dilakukan Rasulullah. Adapun hal yang perlu diketahui bahwa pada saat hujan merupakan salah satu waktu yang tepat untuk berdoa kepada Allah Swt. Ibnu Qudamah dalam Al-Mughni mengatakan bahwa, dianjurkan untuk berdoa ketika turun hujan, sebagaimana diriwayatkan oleh Nabi Muhammad Saw:

أُطْلُبُوا اسْتِجَابَةَ الدُّعَاءِ عِنْدَ ثَلَاثٍ : عِنْدَ الْتِقَاءِ الْجُيُوشِ ، وَإِقَامَةِ الصَّلَاةِ ، وَنُزُولِ الْغَيْثِ

"Carilah doa yang mustajab pada tiga keadaan: bertemunya dua pasukan, menjelang shalat dilaksanakan, dan saat turun hujan" (H.R Baihaqi)

Oleh sebab itu, alangkah baiknya ketika hujan kita sebagai umat muslim memanjatkan doa sebagai ungkapan syukur dan rasa nikmat kepada Allah Swt.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Pada penelitian ini, penulis menggunakan jenis penelitian kuantitatif berdasarkan tahapan-tahapan yang terstruktur dan sistematis. Adapun untuk penelitian ini, data yang digunakan berupa data numerik yang diolah menggunakan *Fuzzy Associative Memory* (FAM) lalu disajikan dalam bentuk numerik dan diinterpretasikan dari hasil numerik tersebut.

3.2 Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa data curah hujan, suhu, kelembaban, tekanan udara, dan kecepatan angin Kota Malang 2021 menurut Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Karangploso melalui *website* BPS Kota Malang.

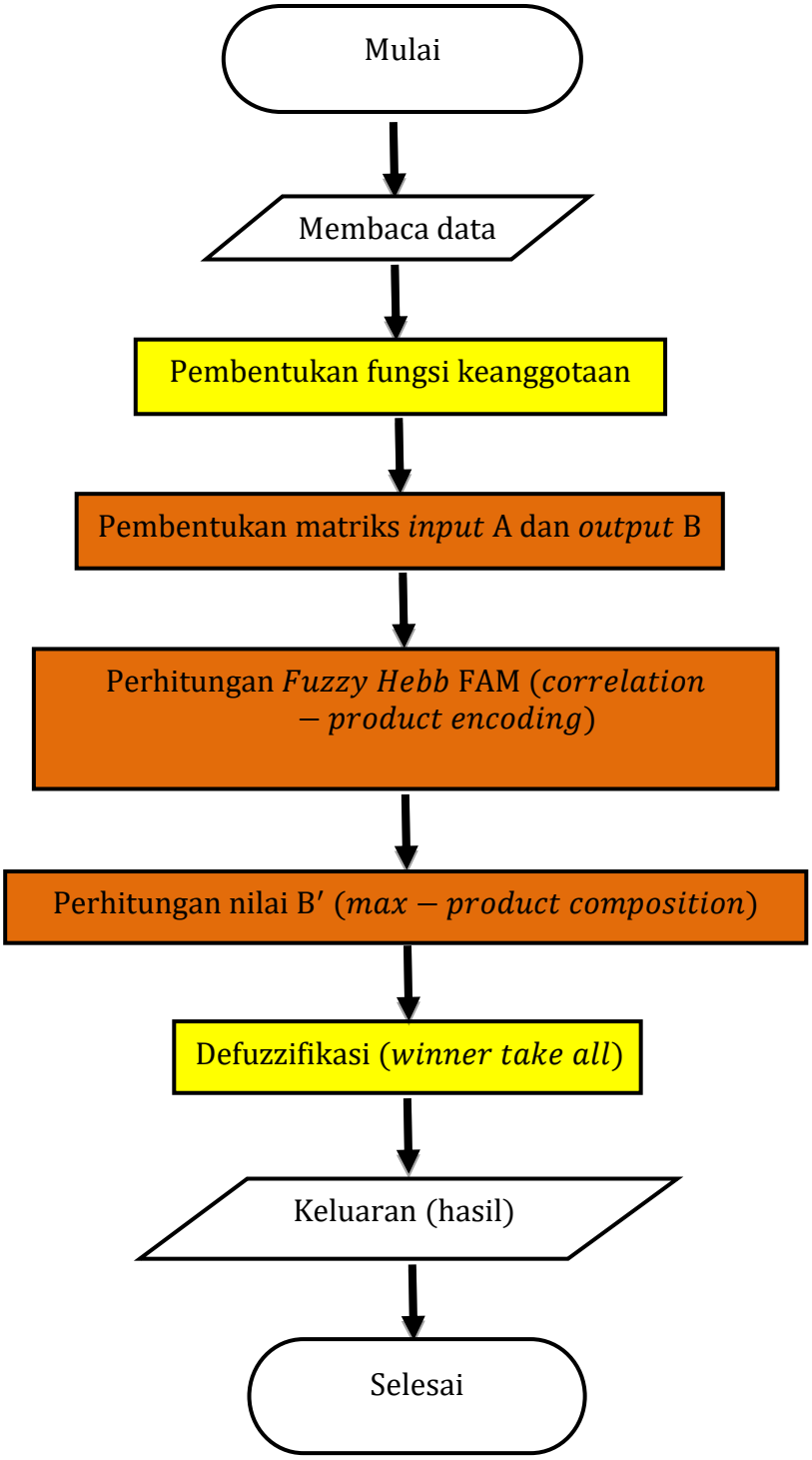
3.3 Tahapan Penelitian

Berikut tahapan-tahapan mengolah data menggunakan *Fuzzy Associative Memory* (FAM):

1. Identifikasi data.
2. Pembentukan fungsi keanggotaan.
3. Pembentukan matriks *input* A dan *output* B.
4. Pembentukan sistem FAM.
5. Pengujian data menggunakan FAM.
6. Perhitungan tingkat keakuratan hasil perhitungan *Fuzzy Associative Memory* (FAM) dari data sebenarnya menggunakan MAPE.

7. Menarik kesimpulan dari penelitian.

Berikut diagram alur (*Flowchart*) hubungan BAM, FAM dan *Fuzzy Hebb* FAM pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 *Flowchart* Hubungan BAM, FAM dan *Fuzzy Hebb* FAM

Keterangan:

= proses awalan dan akhiran proses

= proses *input* dan *output*, parameter dan informasi

= proses perhitungan atau proses pengolahan data

= arah aliran

Warna kuning = algoritma FAM

Warna orange = algoritma BAM dalam FAM

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Data

Data diperoleh dari *website* Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Malang yang bersumber dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Karangploso. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data rata-rata curah hujan bulanan Kota Malang tahun 2021 dengan parameter suhu, kelembaban, tekanan udara, kecepatan angin dan curah hujan.

Pada Tabel 4.1 data rata-rata curah hujan Kota Malang tahun 2021 perbulan dapat disimpulkan, bahwa suhu terendah mencapai 24,5℃ dan suhu tertinggi mencapai 25,8℃. Kelembaban terendah mencapai 70,6% dan kelembaban tertinggi mencapai 83,2%. Tekanan udara terendah mencapai 943,4 $mbar$ dan tekanan udara tertinggi mencapai 946,4 $mbar$. Kecepatan angin terendah mencapai 2,7 $m/detik$ dan kecepatan angin tertinggi mencapai 5 $m/detik$. Curah hujan terendah mencapai 17 mm dan curah hujan tertinggi mencapai 486,4 mm. Berikut data yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Suhu Kelembaban, Tekanan Udara, Kecepatan Angin, dan Curah Hujan Kota Malang 2021

Bulan (2021)	**Suhu** (℃)	**Kelembaban** (%)	**Tekanan Udara** ($\boldsymbol{mbar}$)	**Kecepatan Angin** ($\boldsymbol{m/detik}$)	**Curah Hujan** ($\boldsymbol{mm}$)
Januari	24,5	83	943,4	3,3	373,5
Februari	24,9	80	943,8	4,1	486,4
Maret	24,9	81,2	944,2	2,8	299,7
April	25,7	73,7	945,2	3,3	123,8
Mei	25,8	74,2	944,7	3,7	82,7
Juni	25,5	76,3	946	3,3	206,3

Juli	24,6	70,6	945,9	4,2	17
Agustus	24,9	73,2	946,4	5	36,9
September	25,1	74	945,8	4,9	107
Oktober	25,3	76,9	945,6	4,3	132,8
November	24,7	83,2	944	2,7	367,1
Desember	25,3	81,6	944,8	3,3	214,6

Sumber : Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Karangploso

4.2 Analisis *Fuzzy Associative Memory* (FAM)

4.2.1 Pembentukan Fungsi Keanggotaan

Pada tahapan pertama yang harus dilakukan adalah membentuk variabel *input* dan *output*, himpunan, semesta pembicaraan, dan domain *fuzzy*. Pada penelitian ini, variabel *input* yang digunakan adalah suhu, kelembaban, tekanan udara, dan kecepatan angin. Sedangkan variabel *output* yang digunakan adalah curah hujan.

Semesta pembicaraan pada penelitian ini, diperoleh dari data terendah dan tertinggi yang berasal dari variabel *input* dan *output.* Berikut rincian dari variabel *input* dan *output* serta semesta pembicaraan pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Semesta Pembicaraan Untuk Setiap Variabel *Fuzzy*

Fungsi	Variabel	Semesta Pembicaraan
Input	Suhu	[24,5 - 25,8]
	Kelembaban	[70,6 - 83,2]
	Tekanan Udara	[943,4 - 946,4]
	Kecepatan Angin	[2,7 - 5]
Output	Curah Hujan	[0-500]

Himpunan *fuzzy* pada penelitian ini dibagi menjadi tiga himpunan *fuzzy*. Hal ini karena minimal pembagian himpunan *fuzzy* adalah tiga. Oleh karena itu, penelitian ini membagi tiap variabel menjadi tiga himpunan *fuzzy*. Domain himpunan *fuzzy* pada penelitian ini, diperoleh dengan menghitung nilai maksimum

dan nilai minimum dijumlahkan lalu dibagi dua. Sehingga variabel suhu diperoleh sebagai berikut.

$$\text{Suhu } (X) = \frac{24{,}5+25{,}8}{2} = \frac{50{,}3}{2} = 25{,}2$$

Hal yang sama dilakukan pada variabel lainnya sehingga variabel kelembaban diperoleh sebagai berikut.

$$\text{Kelembaban } (Y) = \frac{70{,}6+83{,}2}{2} = \frac{153{,}8}{2} = 76{,}9$$

Hal yang sama dilakukan pada variabel lainnya sehingga variabel tekanan udara diperoleh sebagai berikut.

$$\text{Tekanan udara } (Z) = \frac{943{,}4+946{,}4}{2} = \frac{1889{,}8}{2} = 944{,}9$$

Hal yang sama dilakukan pada variabel lainnya sehingga variabel kecepatan angin diperoleh sebagai berikut.

$$\text{Kecepatan angin } (W) = \frac{2{,}7+5}{2} = \frac{7{,}7}{2} = 3{,}9$$

Berikut data yang diperoleh setelah dilakukan perhitungan untuk mencari domain pada setiap himpunan *fuzzy* disajikan pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Himpunan *Fuzzy*

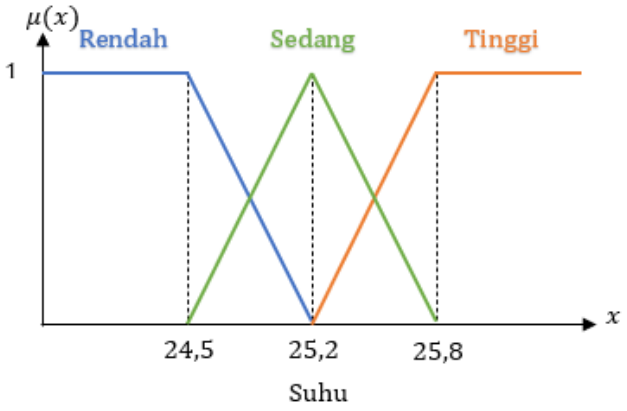
Fungsi	Variabel	Himpunan	Semesta Pembicaraan	Domain
Input	Suhu	Rendah	[24,5 - 25,8]	[24,5 - 25,2]
		Sedang		[24,5 - 25,8]
		Tinggi		[25,2 - 25,8]
	Kelembaban	Rendah	[70,6 - 83,2]	[70,6 - 76,9]
		Sedang		[70,6 - 83,2]
		Tinggi		[76,9 - 83,2]
	Tekanan Udara	Rendah	[943,4 - 946,4]	[943,4 - 944,9]
		Sedang		[943,4 - 946,4]

		Tinggi		[944,9 - 946,4]
	Kecepatan Angin	Lambat	[2,7 - 5]	[2,7 - 3,9]
		Sedang		[2,7 - 5]
		Cepat		[3,9 - 5]
Output	Curah Hujan	Rendah	[0-500]	[0 - 100]
		Menengah		[101 - 300]
		Tinggi		[301 - 500]

Berdasarkan variabel dan domain himpunan *fuzzy* yang telah dibuat, lalu menentukan fungsi keanggotaan untuk masing-masing variabel.

1. Himpunan *Fuzzy* Variabel Suhu (X)

   Variabel suhu (X) dapat dibagi menjadi 3 himpunan *fuzzy* yaitu RENDAH, SEDANG, dan TINGGI. Untuk merepresentasikan variabel suhu digunakan bentuk kurva bahu kiri, segitiga dan bahu kanan. Berikut representasi variabel suhu pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Variabel Suhu

Berdasarkan data yang dimiliki, maka berikut fungsi keanggotaan

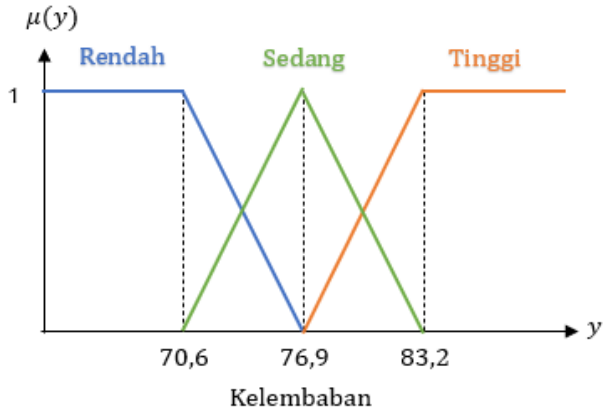
$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 24{,}5 \\ \dfrac{25{,}2 - x}{25{,}2 - 24{,}5}, & 24{,}5 \leq x \leq 25{,}2 \\ 0, & x \geq 25{,}2 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0, x \leq 24{,}5 \text{ atau } x \geq 25{,}8 \\ \dfrac{x - 24{,}5}{25{,}2 - 24{,}5}, \ 24{,}5 \leq x \leq 25{,}2 \\ \dfrac{25{,}8 - x}{25{,}8 - 25{,}2}, \ 25{,}2 \leq x \leq 25{,}8 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 0, \ x \leq 25{,}2 \\ \dfrac{x - 25{,}2}{25{,}8 - 25{,}2}, \ 25{,}2 \leq x \leq 25{,}8 \\ 1, \ x \geq 25{,}8 \end{cases}$$

2. Himpunan *Fuzzy* Variabel Kelembaban (Y)

   Variabel kelembaban (Y) dapat dibagi menjadi 3 himpunan *fuzzy* yaitu RENDAH, SEDANG, dan TINGGI. Untuk merepresentasikan variabel kelembaban digunakan bentuk kurva bahu kiri, segitiga dan bahu kanan. Berikut representasi variabel kelembaban pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Variabel Kelembaban

Berdasarkan data yang dimiliki, maka berikut fungsi keanggotaan

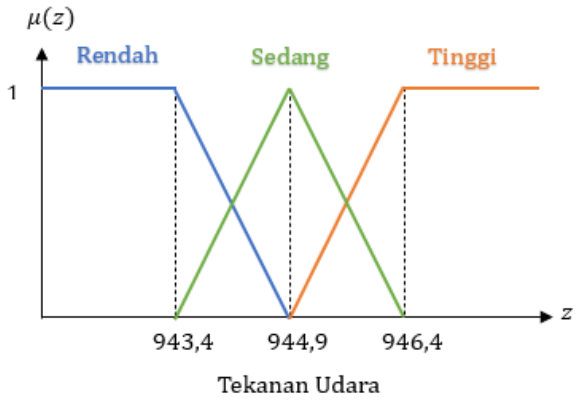
$$\mu_{rendah}(y) = \begin{cases} 1, \ y \leq 70{,}6 \\ \dfrac{76{,}9 - y}{76{,}9 - 70{,}6}, \ 70{,}6 \leq y \leq 76{,}9 \\ 0, \ y \geq 76{,}9 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(y) = \begin{cases} 0, y \leq 70{,}6 \text{ atau } y \geq 83{,}2 \\ \dfrac{y - 70{,}6}{76{,}9 - 70{,}6}, \ 70{,}6 \leq y \leq 76{,}9 \\ \dfrac{83{,}2 - y}{83{,}2 - 76{,}9}, \ 76{,}9 \leq y \leq 83{,}2 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}(y) = \begin{cases} 0, \ y \leq 76{,}9 \\ \dfrac{y - 76{,}9}{83{,}2 - 76{,}9}, \ 76{,}9 \leq y \leq 83{,}2 \\ 1, \ y \geq 83{,}2 \end{cases}$$

3. Himpunan *Fuzzy* Variabel Tekanan Udara (Z)

   Variabel tekanan udara (Z) dapat dibagi menjadi 3 himpunan *fuzzy* yaitu RENDAH, SEDANG, dan TINGGI. Untuk merepresentasikan variabel tekanan udara digunakan bentuk kurva bahu kiri, segitiga dan bahu kanan. Berikut representasi variabel tekanan udara pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Variabel Tekanan Udara

Berdasarkan data yang dimiliki, maka berikut fungsi keanggotaan

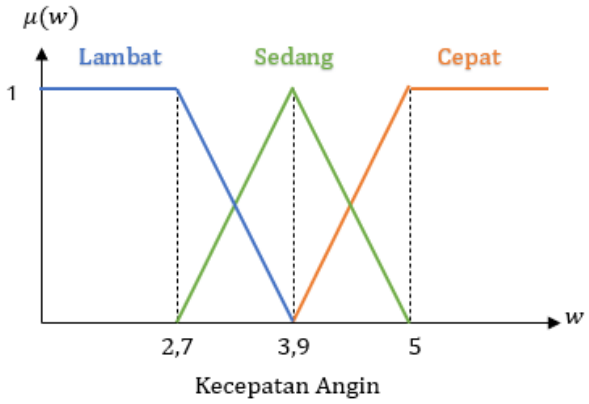
$$\mu_{rendah}(z) = \begin{cases} 1, \ z \leq 943{,}4 \\ \dfrac{944{,}9 - z}{944{,}9 - 943{,}4}, \ 943{,}4 \leq z \leq 944{,}9 \\ 0, \ z \geq 944{,}9 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(z) = \begin{cases} 0, z \leq 943{,}4 \text{ atau } z \geq 946{,}4 \\ \dfrac{z - 943{,}4}{944{,}9 - 943{,}4}, \ 943{,}4 \leq z \leq 944{,}9 \\ \dfrac{946{,}4 - z}{946{,}4 - 944{,}9}, \ 944{,}9 \leq z \leq 946{,}4 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}(z) = \begin{cases} 0, \ z \leq 944{,}9 \\ \dfrac{z - 944{,}9}{946{,}4 - 944{,}9}, \ 944{,}9 \leq z \leq 946{,}4 \\ 1, \ z \geq 946{,}4 \end{cases}$$

4. Himpunan *Fuzzy* Variabel Kecepatan Angin (W)

   Variabel kecepatan angin (W) dapat dibagi menjadi 3 himpunan *fuzzy* yaitu LAMBAT, SEDANG, dan CEPAT. Untuk merepresentasikan variabel kecepatan angin digunakan bentuk kurva bahu kiri, segitiga dan bahu kanan. Berikut representasi variabel kecepatan angin pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Variabel Kecepatan Angin

Berdasarkan data yang dimiliki, maka berikut fungsi keanggotaan

$$\mu_{lambat}(w) = \begin{cases} 1, \ w \leq 2{,}7 \\ \dfrac{3{,}9 - w}{3{,}9 - 2{,}7}, \ 2{,}7 \leq w \leq 3{,}9 \\ 0, \ w \geq 3{,}9 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(w) = \begin{cases} 0, w \leq 2{,}7 \text{ atau } w \geq 5 \\ \dfrac{w - 2{,}7}{3{,}9 - 2{,}7}, \ 2{,}7 \leq w \leq 3{,}9 \\ \dfrac{5 - w}{5 - 3{,}9}, \ 3{,}9 \leq w \leq 5 \end{cases}$$

$$\mu_{cepat}(w) = \begin{cases} 0, \ w \leq 3{,}9 \\ \dfrac{w - 3{,}9}{5 - 3{,}9}, \ 3{,}9 \leq w \leq 5 \\ 1, \ w \geq 5 \end{cases}$$

Contoh: untuk suhu 24,5 ℃, kelembaban 83 %, tekanan udara 943,4 $mbar$ kecepatan angin 3,3 $m/detik$ maka derajat keanggotaan yang diperoleh sebagai berikut.

Suhu 24,5 ℃ memiliki derajat keanggotaan:

$\mu_{rendah}(24{,}5) = 1$

$\mu_{sedang}(24{,}5) = 0$

$\mu_{tinggi}(24{,}5) = 0$

Kelembaban 83 % memiliki derajat keanggotaan:

$\mu_{rendah}(83\ ) = 0$

$\mu_{sedang}(83) = \dfrac{83{,}2 - 83}{83{,}2 - 76{,}9} = \dfrac{0{,}2}{6{,}3} = 0{,}032$

$\mu_{tinggi}(83) = \dfrac{83 - 76{,}9}{83{,}2 - 76{,}9} = \dfrac{6{,}1}{6{,}3} = 0{,}968$

Tekanan udara 943,4 $mbar$ memiliki derajat keanggotaan:

$\mu_{rendah}(943{,}4) = 1$

$\mu_{sedang}(943{,}4) = 0$

$\mu_{tinggi}(943{,}4) = 0$

Kecepatan angin 3,3 $m/detik$ memiliki derajat keanggotaan:

$$\mu_{lambat}(3{,}3) = \frac{3{,}9 - 3{,}3}{3{,}9 - 2{,}7} = \frac{0{,}6}{1{,}2} = 0{,}500$$

$$\mu_{sedang}(3{,}3) = \frac{3{,}3 - 2{,}7}{3{,}9 - 2{,}7} = \frac{0{,}6}{1{,}2} = 0{,}500$$

$\mu_{cepat}(3{,}3) = 0$

4.2.2 Pembentukan Matriks *Input* A dan *Output* B

Setelah fungsi keanggotaan ditentukan, maka akan diperoleh derajat keanggotaan setiap data pada setiap himpunan dalam variabel suhu, kelembaban, tekanan udara, dan kecepatan angin.

Variabel suhu (X) terdiri atas 3 himpunan, yang berarti bahwa:

$$\mu(x) = \mu_{rendah}(x), \mu_{sedang}(x), \mu_{tinggi}(x)$$

Variabel kelembaban (Y) terdiri atas 3 himpunan, yang berarti bahwa:

$$\mu(y) = \mu_{rendah}(y), \mu_{sedang}(y), \mu_{tinggi}(y)$$

Variabel tekanan udara (Z) terdiri atas 3 himpunan, yang berarti bahwa:

$$\mu(z) = \mu_{rendah}(z), \mu_{sedang}(z), \mu_{tinggi}(z)$$

Variabel kecepatan angin (W) terdiri atas 3 himpunan, yang berarti bahwa:

$$\mu(w) = \mu_{lambat}(w), \mu_{sedang}(w), \mu_{cepat}(w)$$

Satu FAM yang merupakan suatu pasangan himpunan (A, B) akan memetakan vektor $input\ A$ ke vektor $output\ B$, dimana variabel *input* yang dimiliki ada 4 yaitu suhu, kelembaban, tekanan udara dan kecepatan angin maka *input* vektor *A* akan berisi 12 elemen yaitu:

$$A = (\mu_{rendah}(x), \mu_{sedang}(x), \mu_{tinggi}(x), \mu_{rendah}(y), \mu_{sedang}(y), \mu_{tinggi}(y),$$

$$\mu_{rendah}(z), \mu_{sedang}(z), \mu_{tinggi}(z), \mu_{lambat}(w), \mu_{sedang}(w), \mu_{cepat}(w))$$

Maka akan diperoleh

$A_1 = (1; 0; 0; 0; 0{,}032; 0{,}968; 1; 0; 0; 0{,}500; 0{,}500; 0)$

$A_2 = (0{,}429; 0{,}571; 0; 0; 0{,}508; 0{,}492; 0{,}733; 0{,}267; 0; 0; 0{,}818; 0{,}182)$

$A_3 = (0{,}429; 0{,}571; 0; 0; 0{,}317; 0{,}683; 0{,}467; 0{,}533; 0; 0{,}917; 0{,}083; 0)$

$A_4 = (0; 0{,}167; 0{,}833; 0{,}508; 0{,}492; 0; 0; 0{,}800; 0{,}200; 0{,}500; 0{,}500; 0)$

$A_5 = (0; 0; 1; 0{,}429; 0{,}571; 0; 0{,}133; 0{,}867; 0; 0{,}167; 0{,}833; 0)$

$A_6 = (0; 0{,}500; 0{,}500; 0{,}095; 0{,}905; 0; 0; 0{,}267; 0{,}733; 0{,}500; 0{,}500; 0)$

$A_7 = (0{,}857; 0{,}143; 0; 1; 0; 0; 0; 0{,}333; 0{,}667; 0; 0{,}727; 0{,}273)$

$A_8 = (0{,}429; 0{,}571; 0; 0{,}587; 0{,}413; 0; 0; 0; 1; 0; 0; 1)$

$A_9 = (0{,}143; 0{,}857; 0; 0{,}460; 0{,}540; 0; 0; 0{,}400; 0{,}600; 0; 0{,}091; 0{,}909)$

$A_{10} = (0; 0{,}833; 0{,}167; 0; 1; 0; 0; 0{,}533; 0{,}467; 0; 0{,}636; 0{,}364)$

$A_{11} = (0{,}714; 0{,}286; 0; 0; 0; 1; 0{,}600; 0{,}400; 0; 1; 0; 0)$

$A_{12} = (0; 0{,}833; 0{,}167; 0; 0{,}254; 0{,}746; 0{,}067; 0{,}933; 0; 0{,}500; 0{,}500; 0)$

Matriks B akan berisi sebanyak jumlah data yang ada pada database, isi dari vektor B yaitu elemen ke$-i$ akan bernilai 1 selain itu bernilai 0. Maka akan diperoleh

$B_1 = (1; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0)$

$B_2 = (0; 1; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0)$

$B_3 = (0; 0; 1; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0)$

$B_4 = (0; 0; 0; 1; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0)$

$B_5 = (0; 0; 0; 0; 1; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0)$

$B_6 = (0; 0; 0; 0; 0; 1; 0; 0; 0; 0; 0; 0)$

$B_7 = (0; 0; 0; 0; 0; 0; 1; 0; 0; 0; 0; 0)$

$B_8 = (0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 1; 0; 0; 0; 0)$

$B_9 = (0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 1; 0; 0; 0)$

$B_{10} = (0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 1; 0; 0)$

$B_{11} = (0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 1; 0)$

$B_{12} = (0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 1)$

4.2.3 Pembentukan Sistem FAM

Berdasarkan data penelitian yang diperoleh, maka FAM akan memiliki 12 jumlah aturan yang sesuai dengan data yang diperoleh. Oleh karena itu, FAM

akan terdiri dari aturan (A_k, B_k) dengan $k = 1,2, \dots ,12$. Sehingga didapatkan 12 matriks FAM $(M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6, M_7, M_8, M_9, M_{10}, M_{11}, M_{12})$ masing-masing berukuran 12×12 yang dibentuk menggunakan *correlation product encoding* dengan persamaan

$$M = A^T B$$

Maka diperoleh

$M_1 = {A_1}^T B_1$

$$M_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0{,}032 \\ 0{,}968 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0{,}500 \\ 0{,}500 \\ 0 \end{pmatrix} (1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0)$$

$$= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0{,}032 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0{,}968 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0{,}500 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0{,}500 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$M_2 = {A_2}^T B_2$$

$$M_2 = \begin{pmatrix} 0{,}429 \\ 0{,}571 \\ 0 \\ 0 \\ 0{,}508 \\ 0{,}492 \\ 0{,}733 \\ 0{,}267 \\ 0 \\ 0 \\ 0{,}818 \\ 0{,}182 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 0 & 0{,}429 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0{,}571 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0{,}508 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0{,}492 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0{,}733 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0{,}267 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0{,}818 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0{,}182 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$M_3 = {A_3}^T B_3$$

$$M_3 = \begin{pmatrix} 0{,}429 \\ 0{,}571 \\ 0 \\ 0 \\ 0{,}317 \\ 0{,}683 \\ 0{,}467 \\ 0{,}533 \\ 0 \\ 0{,}917 \\ 0{,}083 \\ 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0{,}429 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0{,}571 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0{,}317 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0{,}683 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0{,}467 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0{,}533 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0{,}917 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0{,}083 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$M_4 = {A_4}^T B_4$$

$$M_4 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0{,}167 \\ 0{,}833 \\ 0{,}508 \\ 0{,}492 \\ 0 \\ 0 \\ 0{,}800 \\ 0{,}200 \\ 0{,}500 \\ 0{,}500 \\ 0 \end{pmatrix} (0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0)$$

$$= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0{,}167 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0{,}833 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0{,}508 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0{,}492 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0{,}800 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0{,}200 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0{,}500 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0{,}500 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$M_5 = {A_5}^T B_5$$

$$M_5 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0{,}429 \\ 0{,}571 \\ 0 \\ 0{,}133 \\ 0{,}867 \\ 0 \\ 0{,}167 \\ 0{,}833 \\ 0 \end{pmatrix} (0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0)$$

$$= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}429 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}571 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}133 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}867 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}167 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}833 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$M_6 = {A_6}^T B_6$$

$$M_6 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0{,}500 \\ 0{,}500 \\ 0{,}095 \\ 0{,}905 \\ 0 \\ 0 \\ 0{,}267 \\ 0{,}733 \\ 0{,}500 \\ 0{,}500 \\ 0 \end{pmatrix} (0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0)$$

$$= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}500 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}500 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}095 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}905 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}267 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}733 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}500 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}500 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$M_7 = {A_7}^T B_7$$

$$M_7 = \begin{pmatrix} 0{,}857 \\ 0{,}143 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0{,}333 \\ 0{,}667 \\ 0 \\ 0{,}727 \\ 0{,}273 \end{pmatrix} (0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0)$$

$$= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}857 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}143 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}333 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}667 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}727 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}273 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$M_8 = {A_8}^T B_8$$

$$M_8 = \begin{pmatrix} 0{,}429 \\ 0{,}571 \\ 0 \\ 0{,}587 \\ 0{,}413 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} (0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0)$$

$$= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}429 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}571 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}587 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}413 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$M_9 = {A_9}^T B_9$$

$$M_9 = \begin{pmatrix} 0{,}143 \\ 0{,}857 \\ 0 \\ 0{,}460 \\ 0{,}540 \\ 0 \\ 0 \\ 0{,}400 \\ 0{,}600 \\ 0 \\ 0{,}091 \\ 0{,}909 \end{pmatrix} (0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0)$$

$$= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}143 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}857 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}460 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}540 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}400 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}600 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}091 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}909 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$M_{10} = {A_{10}}^T B_{10}$$

$$M_{10} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0{,}833 \\ 0{,}167 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0{,}533 \\ 0{,}467 \\ 0 \\ 0{,}636 \\ 0{,}364 \end{pmatrix} (0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 0)$$

$$= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}833 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}167 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}533 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}467 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}636 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}364 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$M_{11} = {A_{11}}^T B_{11}$$

$$M_{11} = \begin{pmatrix} 0{,}714 \\ 0{,}286 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0{,}600 \\ 0{,}400 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}714 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}286 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}600 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}400 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$M_{12} = {A_{12}}^T B_{12}$$

$$M_{12} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0{,}833 \\ 0{,}167 \\ 0 \\ 0{,}254 \\ 0{,}746 \\ 0{,}067 \\ 0{,}933 \\ 0 \\ 0{,}500 \\ 0{,}500 \\ 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,833 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,167 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,254 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,746 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,067 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,933 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,500 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,500 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

4.2.4 Pengujian Data Menggunakan FAM

Berikut hasil pengujian data menggunakan FAM:

1. Bulan Januari

   Input: suhu = 24,5 ℃, kelembaban = 83 %, tekanan udara = 943,4 $mbar$ kecepatan angin = 3,3 $m/detik$. *Output* curah hujan (yang sebenarnya) adalah 373,5 mm.

   Data ini memberikan suatu vektor *input*:

   $A_1 = (1; 0; 0; 0; 0{,}032; 0{,}968; 1; 0; 0; 0{,}500; 0{,}500; 0)$

   Dengan menggunakan *max-product composition*, nilai setiap $B_k{}'$ untuk $k = 1,2, \ldots ,12$; diperoleh dari:

   $$B_k{}' = AM_k$$

   Setelah diperoleh nilai $B_k{}'$, akan didapat nilai vektor B dari penjumlahan $B_k{}'$, yaitu:

   $B = (1; 0{,}733; 0{,}661; 0{,}250; 0{,}417; 0{,}250; 0{,}857; 0{,}429; 0{,}143; 0{,}318;$

   $0{,}968; 0{,}722)$

Elemen terbesar dari vektor B adalah elemen pertama $(= 1)$, dengan menggunakan metode *winner take all* diperoleh nilai curah hujan $373{,}5\ mm$.

2. Bulan Februari

Input: suhu = $24{,}9$ ℃, kelembaban = 80 %, tekanan udara = $943{,}8\ mbar$ kecepatan angin = $4{,}1\ m/detik$. *Output* curah hujan (yang sebenarnya) adalah $486{,}4\ mm$.

Data ini memberikan suatu vektor *input*:

$$A_2 = (0{,}429; 0{,}571; 0; 0; 0{,}508; 0{,}492; 0{,}733; 0{,}267; 0; 0; 0{,}818; 0{,}182)$$

Dengan menggunakan *max-product composition*, nilai setiap ${B_k}'$ untuk $k = 1,2, \ldots ,12$; diperoleh dari:

$$B_k{}' = AM_k$$

Setelah diperoleh nilai ${B_k}'$, akan didapat nilai vektor B dari penjumlahan ${B_k}'$, yaitu:

$$B = (0{,}733; 0{,}669; 0{,}342; 0{,}409; 0{,}682; 0{,}460; 0{,}595; 0{,}326; 0{,}489; 0{,}521; 0{,}492; 0{,}476)$$

Elemen terbesar dari vektor B adalah elemen pertama $(= 0{,}733)$, dengan menggunakan metode *winner take all* diperoleh nilai curah hujan $373{,}5\ mm$.

3. Bulan Maret

   Input: suhu = 24,9 ℃, kelembaban = 81,2 %, tekanan udara = 944,2 $mbar$ kecepatan angin = 2,8 $m/detik$. *Output* curah hujan (yang sebenarnya) adalah 299,7 mm.

   Data ini memberikan suatu vektor *input*:

   $A_3 = (0{,}429; 0{,}571; 0; 0; 0{,}317; 0{,}683; 0{,}467; 0{,}533; 0; 0{,}917; 0{,}083; 0)$

   Dengan menggunakan *max-product composition*, nilai setiap $B_k{}'$ untuk $k = 1,2, \ldots ,12$; diperoleh dari:

   $$B_k{}' = AM_k$$

   Setelah diperoleh nilai $B_k{}'$, akan didapat nilai vektor B dari penjumlahan $B_k{}'$, yaitu:

   $B = (0{,}661; 0{,}342; 0{,}841; 0{,}459; 0{,}462; 0{,}459; 0{,}368; 0{,}326; 0{,}489; 0{,}476;$

   $0{,}917; 0{,}510)$

   Elemen terbesar dari vektor B adalah elemen kesebelas $(= 0{,}917)$, dengan menggunakan metode *winner take all* diperoleh nilai curah hujan 367,1 mm.

4. Bulan April

   Input: suhu = 25,7 ℃, kelembaban = 73,7 %, tekanan udara = 945,2 $mbar$ kecepatan angin = 3,3 $m/detik$. *Output* curah hujan (yang sebenarnya) adalah 123,8 mm.

   Data ini memberikan suatu vektor *input*:

$A_4 = (0; 0{,}167; 0{,}833; 0{,}508; 0{,}492; 0; 0; 0{,}800; 0{,}200; 0{,}500; 0{,}500; 0)$

Dengan menggunakan *max-product composition*, nilai setiap $B_k{}'$ untuk $k = 1,2, \ldots ,12$; diperoleh dari:

$$B_k{}' = AM_k$$

Setelah diperoleh nilai $B_k{}'$, akan didapat nilai vektor B dari penjumlahan $B_k{}'$, yaitu:

$B = (0{,}250; 0{,}409; 0{,}458; 0{,}694; 0{,}833; 0{,}445; 0{,}508; 0{,}298; 0{,}320; 0{,}492;$

$0{,}500; 0{,}747)$

Elemen terbesar dari vektor B adalah elemen kelima $(= 0{,}833)$, dengan menggunakan metode *winner take all* diperoleh nilai curah hujan $82{,}7\ mm$.

5. Bulan Mei

Input: suhu = 25,8 ℃, kelembaban = 74,2 %, tekanan udara = 944,7 $mbar$ kecepatan angin = 3,7 $m/detik$. *Output* curah hujan (yang sebenarnya) adalah $82{,}7\ mm$.

Data ini memberikan suatu vektor *input*:

$A_5 = (0; 0; 1; 0{,}429; 0{,}571; 0; 0{,}133; 0{,}867; 0; 0{,}167; 0{,}833; 0)$

Dengan menggunakan *max-product composition*, nilai setiap $B_k{}'$ untuk $k = 1,2, \ldots ,12$; diperoleh dari:

$$B_k{}' = AM_k$$

Setelah diperoleh nilai $B_k{}'$, akan didapat nilai vektor B dari penjumlahan $B_k{}'$, yaitu:

$B = (0{,}417; 0{,}682; 0{,}462; 0{,}833; 1; 0{,}517; 0{,}606; 0{,}252; 0{,}347; 0{,}571;$

$0{,}347; 0{,}809)$

Elemen terbesar dari vektor B adalah elemen kelima $(= 1)$, dengan menggunakan metode *winner take all* diperoleh nilai curah hujan $82{,}7\ mm$.

6. Bulan Juni

Input: suhu = 25,5 ℃, kelembaban = 76,3 %, tekanan udara = $946\ mbar$ kecepatan angin = $3{,}3\ m/detik$. *Output* curah hujan (yang sebenarnya) adalah $206{,}3\ mm$.

Data ini memberikan suatu vektor *input*:

$A_6 = (0; 0{,}500; 0{,}500; 0{,}095; 0{,}905; 0; 0; 0{,}267; 0{,}733; 0{,}500; 0{,}500; 0)$

Dengan menggunakan *max-product composition*, nilai setiap ${B_k}'$ untuk $k = 1,2, \ldots, 12$; diperoleh dari:

$$ {B_k}' = AM_k $$

Setelah diperoleh nilai ${B_k}'$, akan didapat nilai vektor B dari penjumlahan ${B_k}'$, yaitu:

$B = (0{,}250; 0{,}460; 0{,}458; 0{,}445; 0{,}517; 0{,}819; 0{,}489; 0{,}733; 0{,}488;$

$0{,}905; 0{,}500; 0)$

Elemen terbesar dari vektor B adalah elemen kesepuluh $(= 0{,}905)$, dengan menggunakan metode *winner take all* diperoleh nilai curah hujan $132{,}8\ mm$.

7. Bulan Juli

   Input: suhu = 24,6 ℃, kelembaban = 70,6 %, tekanan udara = 945,9 $mbar$ kecepatan angin = 4,2 $m/detik$. *Output* curah hujan (yang sebenarnya) adalah 17 mm.

   Data ini memberikan suatu vektor *input*:

   $A_7 = (0{,}857; 0{,}143; 0; 1; 0; 0; 0; 0{,}333; 0{,}667; 0; 0{,}727; 0{,}273)$

   Dengan menggunakan *max-product composition*, nilai setiap $B_k{}'$ untuk $k = 1,2, \ldots ,12$; diperoleh dari:

   $$B_k{}' = AM_k$$

   Setelah diperoleh nilai $B_k{}'$, akan didapat nilai vektor B dari penjumlahan $B_k{}'$, yaitu:

   $B = (0{,}857; 0{,}595; 0{,}367; 0{,}508; 0{,}606; 0{,}489; 1; 0{,}667; 0{,}460; 0{,}463;$

   $0{,}612; 0{,}364)$

   Elemen terbesar dari vektor B adalah elemen ketujuh $(= 1)$, dengan menggunakan metode *winner take all* diperoleh nilai curah hujan 17 mm.

8. Bulan Agustus

   Input: suhu = 24,9 ℃, kelembaban = 73,2 %, tekanan udara = 946,4 $mbar$ kecepatan angin = 5 $m/detik$. *Output* curah hujan (yang sebenarnya) adalah 36,9 mm.

   Data ini memberikan suatu vektor *input*:

   $A_8 = (0{,}429; 0{,}571; 0; 0{,}587; 0{,}413; 0; 0; 0; 1; 0; 0; 1)$

Dengan menggunakan *max-product composition*, nilai setiap $B_k{}'$ untuk $k = 1,2, \ldots ,12$; diperoleh dari:

$$B_k{}' = AM_k$$

Setelah diperoleh nilai $B_k{}'$, akan didapat nilai vektor B dari penjumlahan $B_k{}'$, yaitu:

$B = (0{,}429; 0{,}326; 0{,}326; 0{,}298; 0{,}252; 0{,}733; 0{,}667; 1; 0{,}909; 0{,}476;$

$0{,}306; 0{,}476)$

Elemen terbesar dari vektor B adalah elemen kedelapan $(= 1)$, dengan menggunakan metode *winner take all* diperoleh nilai curah hujan $36{,}9\ mm$.

9. Bulan September

Input: suhu = 25,1 ℃, kelembaban = 74 %, tekanan udara = $945{,}8\ mbar$ kecepatan angin = $4{,}9\ m/detik$. *Output* curah hujan (yang sebenarnya) adalah $107\ mm$.

Data ini memberikan suatu vektor *input*:

$A_9 = (0{,}143; 0{,}857; 0; 0{,}460; 0{,}540; 0; 0; 0{,}400; 0{,}600; 0; 0{,}091; 0{,}909)$

Dengan menggunakan *max-product composition*, nilai setiap $B_k{}'$ untuk $k = 1,2, \ldots ,12$; diperoleh dari:

$$B_k{}' = AM_k$$

Setelah diperoleh nilai $B_k{}'$, akan didapat nilai vektor B dari penjumlahan $B_k{}'$, yaitu:

$B = (0{,}143; 0{,}490; 0{,}490; 0{,}320; 0{,}347; 0{,}489; 0{,}460; 0{,}909; 0{,}826;$

$0{,}714; 0{,}245; 0{,}714)$

Elemen terbesar dari vektor B adalah elemen kedelapan $(= 0{,}909)$, dengan menggunakan metode *winner take all* diperoleh nilai curah hujan $36{,}9\ mm$.

10. Bulan Oktober

Input: suhu = $25{,}3$ ℃, kelembaban = $76{,}9$ %, tekanan udara = $945{,}6\ mbar$ kecepatan angin = $4{,}3\ m/detik$. *Output* curah hujan (yang sebenarnya) adalah $132{,}8\ mm$.

Data ini memberikan suatu vektor *input*:

$A_{10} = (0; 0{,}833; 0{,}167; 0; 1; 0; 0; 0{,}533; 0{,}467; 0; 0{,}636; 0{,}364)$

Dengan menggunakan *max-product composition*, nilai setiap $B_k{}'$ untuk $k = 1{,}2, \ldots, 12$; diperoleh dari:

$$B_k{}' = AM_k$$

Setelah diperoleh nilai $B_k{}'$, akan didapat nilai vektor B dari penjumlahan $B_k{}'$, yaitu:

$B = (0{,}318; 0{,}520; 0{,}476; 0{,}492; 0{,}571; 0{,}905; 0{,}463; 0{,}476; 0{,}714; 1;$

$0{,}238; 0{,}694)$

Elemen terbesar dari vektor B adalah elemen kesepuluh $(= 1)$, dengan menggunakan metode *winner take all* diperoleh nilai curah hujan $132{,}8\ mm$.

11. Bulan November

    Input: suhu = 24,7 ℃, kelembaban = 83,2 %, tekanan udara = 944 $mbar$ kecepatan angin = 2,7 $m/detik$. *Output* curah hujan (yang sebenarnya) adalah 367,1 mm.

    Data ini memberikan suatu vektor *input*:

    $A_{11} = (0{,}714; 0{,}286; 0; 0; 0; 1; 0{,}600; 0{,}400; 0; 1; 0; 0)$

    Dengan menggunakan *max-product composition*, nilai setiap ${B_k}'$ untuk $k = 1,2, \ldots ,12$; diperoleh dari:

    $$ {B_k}' = AM_k $$

    Setelah diperoleh nilai ${B_k}'$, akan didapat nilai vektor B dari penjumlahan ${B_k}'$, yaitu:

    $B = (0{,}968; 0{,}492; 0{,}917; 0{,}500; 0{,}347; 0{,}500; 0{,}612; 0{,}306; 0{,}245;$
    $0{,}238; 1; 0{,}746)$

    Elemen terbesar dari vektor B adalah elemen kesebelas $(= 1)$, dengan menggunakan metode *winner take all* diperoleh nilai curah hujan 367,1 mm.

12. Bulan Desember

    Input: suhu = 25,3 ℃, kelembaban = 81,6 %, tekanan udara = 944,8 $mbar$ kecepatan angin = 3,3 $m/detik$. *Output* curah hujan (yang sebenarnya) adalah 214,6 mm.

    Data ini memberikan suatu vektor *input*:

    $A_{12} = (0; 0{,}833; 0{,}167; 0; 0{,}254; 0{,}746; 0{,}067; 0{,}933; 0; 0{,}500; 0{,}500; 0)$

    Dengan menggunakan *max-product composition*, nilai setiap ${B_k}'$ untuk $k = 1,2, \ldots ,12$; diperoleh dari:

$$B_k{}' = AM_k$$

Setelah diperoleh nilai $B_k{}'$, akan didapat nilai vektor B dari penjumlahan $B_k{}'$, yaitu:

$B = (0{,}722; 0{,}476; 0{,}509; 0{,}746; 0{,}809; 0{,}417; 0{,}364; 0{,}476; 0{,}714;$
$0{,}694; 0{,}746; 0{,}871)$

Elemen terbesar dari vektor B adalah elemen keduabelas $(= 0{,}871)$, dengan menggunakan metode *winner take all* diperoleh nilai curah hujan $214{,}6\ mm$.

4.3 Analisis Menggunakan MAPE

MAPE merupakan alat statistik untuk mengukur keakuratan model statistik saat membuat peramalan atau prediksi. Untuk menentukan nilai MAPE perlu dihitung nilai kesalahan absolut untuk setiap periode data yang digunakan lalu dibagi dengan nilai yang diamati untuk periode tersebut dan persentase absolut dirata-ratakan. Berikut hasil perhitungan MAPE akan ditunjukkan pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan MAPE

Bulan (2021)	**Curah Hujan**	**Variabel *Linguistic***	**FAM**	**Variabel *Lingustic***	**Persentase Kesalahan Absolut**
Januari	373,5	Tinggi	373,5	Tinggi	0,00
Februari	486,4	Tinggi	373,5	Tinggi	23,21
Maret	299,7	Menengah	367,1	Tinggi	22,49
April	123,8	Menengah	82,7	Rendah	33,20
Mei	82,7	Rendah	82,7	Rendah	0,00
Juni	206,3	Menengah	132,8	Menengah	35,63
Juli	17	Rendah	17	Rendah	0,00
Agustus	36,9	Rendah	36,9	Rendah	0,00
September	107	Menengah	36,9	Rendah	65,51
Oktober	132,8	Menengah	132,8	Menengah	0,00
November	367,1	Tinggi	367,1	Tinggi	0,00
Desember	214,6	Menengah	214,6	Menengah	0,00

				MAPE (%)	**15,00**

Pada Tabel 4.4 menunjukkan bahwa dari 12 data hanya terdapat 7 data yang sesuai dengan data aktual dan 5 data yang tidak sesuai dengan data aktual. Contohnya pada bulan Februari memiliki data aktual curah hujan sebesar 486,4 mm tetapi pada hasil perhitungan FAM sebesar 373,5 mm. Selain itu data aktual curah hujan pada bulan Maret memiliki variabel *linguistic* dalam kondisi menengah sedangakan dalam FAM menunjukkan curah hujan dalam kondisi tinggi.

Hasil yang diperoleh dengan menggunakan MAPE pada penelitian ini sebesar 15%. Berdasarkan Tabel 2.1, hasil tersebut bekisar di range MAPE $10\% - 20\%$ maka dapat dikatakan bahwa hasil MAPE memiliki hasil peramalan yang baik, sehingga metode yang digunakan dapat menjadi acuan untuk mengetahui estimasi curah hujan beberapa waktu ke depan.

4.4 Kendala Percobaan dalam Proses Analisis FAM

Pada percobaan sebelumnya telah dilakukan proses analisis FAM pada data BPS curah hujan Kota Malang 2021 dengan semesta pembicaraan berdasarkan nilai terendah pada data minimum dan nilai tertinggi pada data maksimum dengan batasan penelitian yang telah dijelaskan dalam skripsi penelitian ini. Akan tetapi menghasilkan persentase kesalahan 327,12% sehingga menyebabkan hasil peramalan tidak akurat.

Selanjutnya untuk membuat peramalan menjadi lebih baik, semesta pembicaraan diubah berdasarkan nilai terendah dan nilai tertinggi pada data rata-rata. Dengan cara ini, ternyata menghasilkan persentase kesalahan 15% yang

lebih kecil dari persentase kesalahan sebelumnya sehingga metode ini memiliki peramalan yang baik seperti yang telah dijelaskan pada pembahasan skripsi ini.

4.5 *Fuzzy Associative Memory* (FAM) dalam Perspektif Islam

FAM merupakan suatu metode *fuzzy* yang dapat di terapkan dalam dunia nyata. Saat ini, hasil perkiraan curah hujan yang berbeda dengan kenyataannya. Oleh karena itu, dengan FAM sebagai alat perencanaan yang dapat memperkirakan curah hujan untuk lokasi dan waktu tertentu mendekati keadaan sebenarnya.

Hujan yang tinggi sering disalahartikan sebagai penyebab banjir, tanah longsor dan sebagainya. Kita sebagai umat muslim, tidak boleh menyalahkan alam. Terkadang curah hujan menengah bisa menyebabkan musibah. Hal ini ada faktor ilmiah lainnya yaitu kemampuan daya serap lingkungan melemah. Faktor lainnya adalah kehendak Allah Swt atas segala sesuatu yang terjadi di bumi dan seisinya.

Oleh karena itu, kita sebagai umat manusia hanya mampu memprediksi atau memperkirakan akan tetapi bahwasanya semua itu ada di bawah kekuasaan Allah Swt.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada penelitian ini, beberapa hal yang diperhatikan dalam proses FAM adalah sebagai berikut:
   a. Pencarian faktor-faktor yang mempengaruhi curah hujan didasarkan pada teori curah hujan dan hasil uji regresi data yang diperoleh. Penelitian ini menggunakan empat variabel bebas (X) dan satu variabel terikat (Y). Uji regresi yang sesuai dengan penelitian ini adalah uji regresi linier berganda. Perhitungan uji regresi linier berganda dengan menggunakan *software* Minitab didapatkan bahwa 70,72% variabel bebas berpengaruh terhadap variabel terikat. Sisanya terdapat 29,28% curah hujan dipengaruhi oleh faktor-faktor lainnya. Pengujian regresi ini, menghasilkan persamaan regresi. Lalu dilakukan pengujian data atas persamaan regresi tersebut dan menghasilkan persentase kesalahan MAPE sebesar 63,36%.
   b. Pemilihan fungsi keanggotaan harus disesuaikan dengan data yang digunakan. Pada penelitian ini, fungsi keanggotaan yang sesuai adalah kurva bentuk bahu dan segitiga. Hal ini berarti suatu bilangan tegas (*crisp*) dipandang dalam tiga himpunan *fuzzy*. Jika hanya dipandang dalam satu himpunan *fuzzy*, maka tidak dapat dilakukan

pengelompokan data dalam satu himpunan *fuzzy* saja. Hal ini dikarenakan adanya data yang bervariasi.

c. Operasi FAM yang digunakan adalah *correlation-product encoding* untuk aturan pembelajaran *Fuzzy Hebb* FAM dan *max-product composition* untuk relasi komposisi. Hal ini dikarenakan operasi *product* dapat menghasilkan nilai FAM dengan defuzzifikasi *winner take all* dan *weighted average*. Sedangkan operasi *minimum* hanya dapat menghasilkan nilai FAM dengan defuzzifikasi *weighted average.*

d. Dipilih metode defuzzifikasi *winner take all* karena solusi terbaik dalam metode ini adalah nilai maksimum. Metode defuzzifikasi ini yang paling sesuai untuk diterapkan pada data yang diteliti.

2. Tingkat keakuratan metode FAM untuk mengestimasi curah hujan di Kota Malang dengan menggunakan MAPE sebesar 15%. Karena MAPE dan peramalan tersebut berkisar antara $10\% - 20\%$ maka dapat dikatakan bahwa metode FAM menghasilkan peramalan yang baik sehingga metode yang digunakan dapat menjadi acuan untuk mengetahui estimasi curah hujan beberapa waktu ke depan.

5.2 Saran

Pada penelitian ini untuk mengestimasi curah hujan dengan *Fuzzy Associative Memory* (FAM) pada parameter suhu, kelembaban, tekanan udara, dan kecepetan angin memiliki hasil peramalan yang baik. Untuk menambah tingkat keakuratan dapat dilakukan dengan membagi tiap variabel menjadi lebih dari tiga himpunan *fuzzy* dan dapat memodifikasi operasi pada proses FAM.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik. (2022). Kota Malang Dalam Angka 2022. *Badan Pusat Statistik*, 1–458. https://malangkota.bps.go.id/publication/2022/02/25/f0956410736a31dde7f7af54/kota-malang-dalam-angka-2022.htmll (Diakses: 10 Juli 2022)

Binh, P. V., Hoa, N. T., Thai, V. D., & Truong, Q. X. (2014). A new fuzzy associative memory. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST*, *128*, 219–227. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05939-6_22

Dahria, M., Arief, S. N., Santoso, I., & Kustini, R. (2020). Sistem Pendukung Keputusan Menentukan Tingkat Kepuasan Customer Terhadap Pelayanan Jasa Kebersihan Di Pt. SASMenggunakanMetode Fuzzy Asosiative Memory. *J-SISKO TECH (Jurnal Teknologi Sistem Informasi Dan Sistem Komputer TGD)*, *3*(1), 1. https://doi.org/10.53513/jsk.v3i1.237

David. (2001). Penerapan Fuzzy Associative Memory pada Penjurusan Siswa Sekolah Menengah Atas. *Seminar Nasional Corisindo*, (10), 49-54. https://stmikpontianak.org/jurnal/?pages=read&id=1683

Departemen Agama RI, 2006. Al-Qur'an Al-Karim dan Terjemah Bahasa Indonesia. Kudus: Menara Kudus.

Djatna, T., & Ihsan, M. R. (2015). A Fuzzy Associative Memory Modeling for Production Equipment Status Assessment. *Procedia Manufacturing*, *4*(Iess), 163–167. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.027

Gunadi, I., Khuriati, A., Maulana, M. F., Putranto, A. B., & Endro, J. (2021). Penentuan Curah Hujan Berdasarkan Input Cuaca Menggunakan Metode Logika Fuzzy Mamdani. *Jurnal Pengabdian Vokasi*, 02 (01), 155–159. https://doi.org/10.14710/Gading.

Hartono. (2007). *Geografi: Jelajah Bumi dan Alam Semesta*. Bandung: Citra Praya.

Iskandar, I. (2001). Aplikasi Bidirectional Assosiatif Memori (BAM) Network Pada Pengenalan Model. *Jurnal Penelitian Sains,* (10), 36-49. http://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/article/view/350

Kusumadewi, S & Hartati, S. (2006). *Neuro Fuzzy: Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf.* Yogyakarta: Graha Ilmu.

Kusumadewi, S & Purnomo, H. (2013). *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Kosko, B. (1992). *Neural networks and fuzzy systems: a dynamical approach to*

machine intelligence (p. 449). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Lumbantoruan, L. M. (2018). Sistem Pendukung Keputusan Dalam Menentukan Jumlah Produksi Sarung Tangan Karet Berdasarkan Permintaan pada PT. Shamrock Manufacturing Corpora. *Jurnal Ilmiah INTI*, 5(2), 107-111. http://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/inti/article/view/638/pdf

Maisarah, D. Y., & Sugiyarto, S. (2020). Implementasi Fuzzy Neural Network untuk Peramalan Penjualan Sepeda Motor. *Jurnal Ilmiah Matematika*, *7*(2), 65. https://doi.org/10.26555/konvergensi.v7i2.19604

Malau, M., Gratianus, F., Larosa, N., & Simanullang, H. G. (2022). Sistem Pendukung Keputusan Penyeleksian Calon Penerima Manfaat (PM) Pada BRSKPN " Insyaf " Medan Sumut Dengan Metode Fam. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, 2(1), 66–75. https://ojs.fikom-methodist.net/index.php/methosisfo/article/view/53

Mardiana, Y., Toibah,) ;, Kalsum, U., Yoli,) ;, & Rozzi, A. (2022). Rainfall Prediction In Bengkulu City Fuzzy Logic-Based. *Jurnal Media Computer Science*, *1*(2), 313–320–313–320. https://jurnal.unived.ac.id/index.php/jmcs/article/view/2853

Mulyono, D. (2016). Analisis Karakteristik Curah Hujan Di Wilayah Kabupaten Garut Selatan. *Jurnal Konstruksi*, *12*(1), 1–9. https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.12-1.274

Nabillah, I. & Ranggadara, I. (2020). Mean Absolute Percentage Error untuk Evaluasi Hasil Prediksi Komoditas Laut. *Jurnal of Information System*, *5*(2), 250-255. http://publikasi.dinus.ac.id/index.php/joins/article/view/3900

Navianti, D. R., Ngurah Ray, I. G., Agustini, F. A. (2012). Penerapan Fuzzy Inference System Pada Prediksi Curah Hujan di Surabaya Utara. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, *I*(1), I. https://media.neliti.com/media/publications/15857-ID-penerapan-fuzzy-inference-system-pada-prediksi-curah-hujan-di-surabaya-utara.pdf

Permadi, I., Nugroho, A. K., & Rachmat, M. R. (2022). Prediction of the Amount of Pepper Harvest By Using Fuzzy. *Jutif*, *3*(1), 177–182. https://www.neliti.com/id/publications/496464/prediction-of-the-amount-of-pepper-harvest-by-using-fuzzy-associative-memory

Puspita, E. S., & Yulianti, L. (2016). Perancangan Sistem Peramalan Cuaca Berbasis Logika Fuzzy. *Jurnal Media Infotama*, *12*(1). https://doi.org/10.37676/jmi.v12i1.267

Shihab, M. Quraish. (2002). *Tafsir Al-Misbah, 9.* Jakarta: Lentera Hati.

Sholihah, U. (2022). Penerapan Logika Fuzzy Tsukamoto untuk Memprediksi Curah Hujan di Kabupaten Kotawaringin Timur. *E-Journal Computer*,

Technology and Information System, 02(01), 31–39. https://jurnal.unda.ac.id/index.php/ejects/article/view/256

Sunarmi, N., Kumailia, E. N., Nurfaiza, N., Nikmah, A. K., Aisyah, H. N., Sriwahyuni, I., & Lailly, S. N. (2022). Analisis Faktor Unsur Cuaca terhadap Perubahan Iklim Di Kabupaten Pasuruan pada Tahun 2021 dengan Metode Principal Component Analysis. *Newton-Maxwell Journal of Physics*, *3*(2), 56–64. https://doi.org/10.33369/nmj.v3i2.23380

Susilo, F. (2006). *Himpunan & Logika Kabur serta Aplikasinya.* Yogyakarta: Graha Ilmu.

Wati, D. A. R. (2011). *Sistem Kendali Cerdas.* Yogyakarta: Graha Ilmu.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Curah Hujan Kota Malang 2021 Menurut BPS Kota Malang

	Pengamatan Suhu di Kota Malang (°C)												
	2021												
Suhu	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Tahunan
Minimum	20.0	19.6	19.0	17.7	17.6	19.2	14.9	16.2	18.5	19.0	18.8	20.0	-
Rata-Rata	24.5	24.9	24.9	25.7	25.8	25.5	24.6	24.9	25.1	25.3	24.7	25.3	-
Maksimum	29.4	30.4	30.0	31.2	30.6	30.6	30.6	31.2	31.2	31.5	31.4	30.6	-
Sumber : Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Karangploso													
Source Url: https://malangkota.bps.go.id/indicator/151/505/1/pengamatan-suhu-di-kota-malang.html													
Access Time: February 18, 2023, 9:23 am													

	Pengamatan Kelembaban Udara di Kota Malang (Persen (%))												
	2021												
Kelembaban Udara	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Tahunan
Minimum	56.0	56.0	55.0	39.0	53.0	53.0	21.0	36.0	38.0	45.0	57.0	57.0	-
Rata-Rata	83.0	80.0	81.2	73.7	74.2	76.3	70.6	73.2	74.0	76.9	83.2	81.6	-
Maksimum	98.0	98.0	99.0	97.0	95.0	97.0	95.0	95.0	97.0	97.0	98.0	100.0	-
Sumber : Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Karangploso													
Source Url: https://malangkota.bps.go.id/indicator/151/511/1/pengamatan-kelembaban-udara-di-kota-malang.html													

Access Time: February 18, 2023, 9:22 am

	Pengamatan Tekanan Udara di Kota Malang (milibar (mbar))												
	2021												
Tekanan Udara	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Tahunan
Minimum	940.2	937.7	938.8	939.3	940.8	942.2	942.2	942.8	941.9	940.9	939.8	940.8	-
Rata-Rata	943.4	943.8	944.2	945.2	944.7	946.0	945.9	946.4	945.8	945.6	944.0	944.8	-
Maksimum	946.3	947.6	948.0	948.9	948.1	1014.6	949.3	949.5	949.4	950.9	947.8	947.9	-
Sumber : Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Karangploso													
Source Url: https://malangkota.bps.go.id/indicator/151/509/1/pengamatan-tekanan-udara-di-kota-malang.html													
Access Time: February 18, 2023, 9:23 am													

	Pengamatan Kecepatan Angin di Kota Malang (meter/detik)												
	2021												
Kecepatan Angin	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Tahunan
Minimum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-
Rata-Rata	3.3	4.1	2.8	3.3	3.7	3.3	4.2	5.0	4.9	4.3	2.7	3.3	-
Maksimum	18.0	16.0	18.0	15.0	17.0	19.0	19.0	16.0	16.0	13.0	15.0	16.0	-
Sumber : Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Karangploso													
Source Url: https://malangkota.bps.go.id/indicator/151/508/1/jumlah-curah-hujan-di-kota-malang.html													
Access Time: February 18, 2023, 9:15 am													

Curah Hujan	Jumlah Curah Hujan di Kota Malang (milimeter (mm))												
	2021												
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Tahunan
Curah Hujan (mm)	373.5	486.4	299.7	123.8	82.7	206.3	17.0	36.9	107.0	132.8	367.1	214.6	-
Sumber : Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Karangploso													
Source Url: https://malangkota.bps.go.id/indicator/151/508/1/jumlah-curah-hujan-di-kota-malang.html													
Access Time: February 18, 2023, 9:15 am													

Lampiran 2 Hasil *Fuzzifikasi* Data Curah Hujan Kota Malang 2021

BULAN (2021)	**Nilai**	**Suhu (°C)**			**Nilai**	**Kelembaban (%)**			**Nilai**	**Tekanan Udara(mbar)**			**Nilai**	**Kecepatan Angin (m/detik)**		
		Rendah	**Sedang**	**Tinggi**		**Rendah**	**Sedang**	**Tinggi**		**Rendah**	**Sedang**	**Tinggi**		**Lambat**	**Sedang**	**Cepat**
Januari	24,5	1,000	0,000	0,000	83	0,000	0,032	0,968	943,4	1,000	0,000	0,000	3,3	0,500	0,500	0,000
Februari	24,9	0,429	0,571	0,000	80	0,000	0,508	0,492	943,8	0,733	0,267	0,000	4,1	0,000	0,818	0,182
Maret	24,9	0,429	0,571	0,000	81,2	0,000	0,317	0,683	944,2	0,467	0,533	0,000	2,8	0,917	0,083	0,000
April	25,7	0,000	0,167	0,833	73,7	0,508	0,492	0,000	945,2	0,000	0,800	0,200	3,3	0,500	0,500	0,000
Mei	25,8	0,000	0,000	1,000	74,2	0,429	0,571	0,000	944,7	0,133	0,867	0,000	3,7	0,167	0,833	0,000
Juni	25,5	0,000	0,500	0,500	76,3	0,095	0,905	0,000	946	0,000	0,267	0,733	3,3	0,500	0,500	0,000
Juli	24,6	0,857	0,143	0,000	70,6	1,000	0,000	0,000	945,9	0,000	0,333	0,667	4,2	0,000	0,727	0,273
Agustus	24,9	0,429	0,571	0,000	73,2	0,587	0,413	0,000	946,4	0,000	0,000	1,000	5	0,000	0,000	1,000
September	25,1	0,143	0,857	0,000	74	0,460	0,540	0,000	945,8	0,000	0,400	0,600	4,9	0,000	0,091	0,909
Oktober	25,3	0,000	0,833	0,167	76,9	0,000	1,000	0,000	945,6	0,000	0,533	0,467	4,3	0,000	0,636	0,364
November	24,7	0,714	0,286	0,000	83,2	0,000	0,000	1,000	944	0,600	0,400	0,000	2,7	1,000	0,000	0,000
Desember	25,3	0,000	0,833	0,167	81,6	0,000	0,254	0,746	944,8	0,067	0,933	0,000	3,3	0,500	0,500	0,000

Lampiran 3 Matriks Hasil Komposisi $B_k{}' - 12$ aturan dengan *Max-Product Composition*

Bulan Januari

B1'	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B2'	0,000	0,733	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B3'	0,000	0,000	0,661	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B4'	0,000	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B5'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,417	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B6'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B7'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,857	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B8'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,429	0,000	0,000	0,000	0,000
B9'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,143	0,000	0,000	0,000
B10'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,318	0,000	0,000
B11'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,968	0,000
B12'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,722
SUM	1,000	0,733	0,661	0,250	0,417	0,250	0,857	0,429	0,143	0,318	0,968	0,722

Bulan Februari

B1'	0,733	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B2'	0,000	0,669	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B3'	0,000	0,000	0,342	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B4'	0,000	0,000	0,000	0,409	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B5'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,682	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B6'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,460	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B7'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,595	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B8'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,326	0,000	0,000	0,000	0,000
B9'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,489	0,000	0,000	0,000
B10'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,521	0,000	0,000
B11'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,492	0,000
B12'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,476
SUM	0,733	0,669	0,342	0,409	0,682	0,460	0,595	0,326	0,489	0,521	0,492	0,476

Bulan Maret

B1'	0,661	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B2'	0,000	0,342	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B3'	0,000	0,000	0,841	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B4'	0,000	0,000	0,000	0,459	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B5'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,462	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B6'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,459	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B7'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,368	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B8'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,326	0,000	0,000	0,000	0,000
B9'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,489	0,000	0,000	0,000
B10'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,476	0,000	0,000
B11'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,917	0,000
B12'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,510
SUM	0,661	0,342	0,841	0,459	0,462	0,459	0,368	0,326	0,489	0,476	0,917	0,510

Bulan April

B1'	0,250	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B2'	0,000	0,409	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B3'	0,000	0,000	0,458	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B4'	0,000	0,000	0,000	0,694	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B5'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,833	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B6'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,445	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B7'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,508	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B8'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,298	0,000	0,000	0,000	0,000
B9'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,320	0,000	0,000	0,000
B10'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,492	0,000	0,000
B11'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,500	0,000
B12'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,747
SUM	0,250	0,409	0,458	0,694	0,833	0,445	0,508	0,298	0,320	0,492	0,500	0,747

Bulan Mei

B1'	0,417	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B2'	0,000	0,682	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B3'	0,000	0,000	0,462	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B4'	0,000	0,000	0,000	0,833	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B5'	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B6'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,517	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B7'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,606	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B8'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,252	0,000	0,000	0,000	0,000
B9'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,347	0,000	0,000	0,000
B10'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,571	0,000	0,000
B11'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,347	0,000
B12'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,809
SUM	0,417	0,682	0,462	0,833	1,000	0,517	0,606	0,252	0,347	0,571	0,347	0,809

Bulan Juni

B1'	0,250	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B2'	0,000	0,460	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B3'	0,000	0,000	0,458	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B4'	0,000	0,000	0,000	0,445	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B5'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,517	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B6'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,819	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B7'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,489	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B8'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,733	0,000	0,000	0,000	0,000
B9'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,488	0,000	0,000	0,000
B10'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,905	0,000	0,000
B11'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,500	0,000
B12'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SUM	0,250	0,460	0,458	0,445	0,517	0,819	0,489	0,733	0,488	0,905	0,500	0,000

Bulan Juli

B1'	0,857	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B2'	0,000	0,595	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B3'	0,000	0,000	0,367	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B4'	0,000	0,000	0,000	0,508	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B5'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,606	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B6'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,489	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B7'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B8'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,667	0,000	0,000	0,000	0,000
B9'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,460	0,000	0,000	0,000
B10'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,463	0,000	0,000
B11'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,612	0,000
B12'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,364
SUM	0,857	0,595	0,367	0,508	0,606	0,489	1,000	0,667	0,460	0,463	0,612	0,364

Bulan Agustus

B1'	0,429	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B2'	0,000	0,326	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B3'	0,000	0,000	0,326	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B4'	0,000	0,000	0,000	0,298	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B5'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,252	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B6'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,733	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B7'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,667	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B8'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B9'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,909	0,000	0,000	0,000
B10'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,476	0,000	0,000
B11'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,306	0,000
B12'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,476
SUM	0,429	0,326	0,326	0,298	0,252	0,733	0,667	1,000	0,909	0,476	0,306	0,476

Bulan September

B1'	0,143	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B2'	0,000	0,490	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B3'	0,000	0,000	0,490	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B4'	0,000	0,000	0,000	0,320	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B5'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,347	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B6'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,489	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B7'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,460	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B8'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,909	0,000	0,000	0,000	0,000
B9'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,826	0,000	0,000	0,000
B10'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,714	0,000	0,000
B11'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,245	0,000
B12'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,714
SUM	0,143	0,490	0,490	0,320	0,347	0,489	0,460	0,909	0,826	0,714	0,245	0,714

Bulan Oktober

B1'	0,318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B2'	0,000	0,520	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B3'	0,000	0,000	0,476	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B4'	0,000	0,000	0,000	0,492	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B5'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,571	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B6'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,905	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B7'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,463	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B8'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,476	0,000	0,000	0,000	0,000
B9'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,714	0,000	0,000	0,000
B10'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
B11'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,238	0,000
B12'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,694
SUM	0,318	0,520	0,476	0,492	0,571	0,905	0,463	0,476	0,714	1,000	0,238	0,694

Bulan November

B1'	0,968	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B2'	0,000	0,492	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B3'	0,000	0,000	0,917	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B4'	0,000	0,000	0,000	0,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B5'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,347	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B6'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B7'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,612	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B8'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,306	0,000	0,000	0,000	0,000
B9'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,245	0,000	0,000	0,000
B10'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,238	0,000	0,000
B11'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000
B12'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,746
SUM	0,968	0,492	0,917	0,500	0,347	0,500	0,612	0,306	0,245	0,238	1,000	0,746

Bulan Desember

B1'	0,722	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B2'	0,000	0,476	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B3'	0,000	0,000	0,509	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B4'	0,000	0,000	0,000	0,746	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B5'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,809	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B6'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,417	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B7'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,364	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B8'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,476	0,000	0,000	0,000	0,000
B9'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,714	0,000	0,000	0,000
B10'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,694	0,000	0,000
B11'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,746	0,000
B12'	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,871
SUM	0,722	0,476	0,509	0,746	0,809	0,417	0,364	0,476	0,714	0,694	0,746	0,871

Lampiran 4 Uji Regresi Linier Berganda

WORKSHEET 1

Regression Analysis: Curah Hujan (mm) versus Suhu (℃); Kelembaban (%); Tekanan Udara (mbar); Kecepatan Angin (m/detik)

Regression Equation

Curah Hujan (mm) = 64498 - 13,6 Suhu (℃) + 19,1 Kelembaban (%) - 69,3 Tekanan Udara (mbar) + 23,7 Kecepatan Angin (m/detik)

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	64498	41475	1,56	0,164	
Suhu (℃)	-13,6	66,0	-0,21	0,842	1,33
Kelembaban (%)	19,1	10,6	1,81	0,114	3,53
Tekanan Udara (mbar)	-69,3	43,6	-1,59	0,156	3,11
Kecepatan Angin (m/detik)	23,7	46,6	0,51	0,627	2,13

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
80,3987	81,37%	70,72%	36,97%

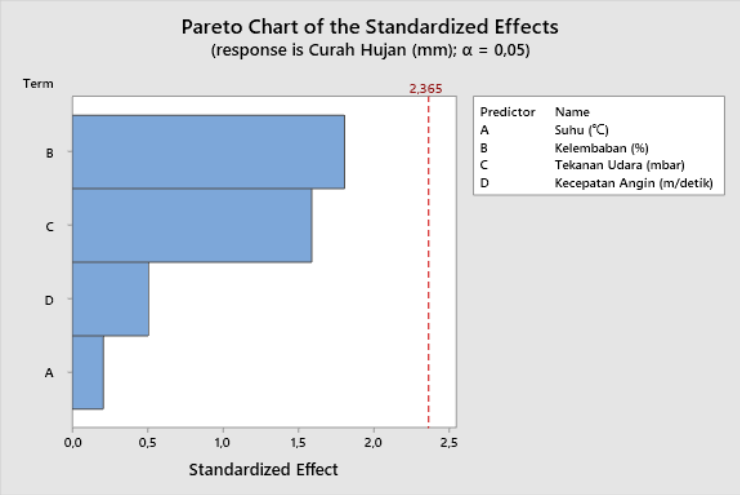
Analysis of Variance

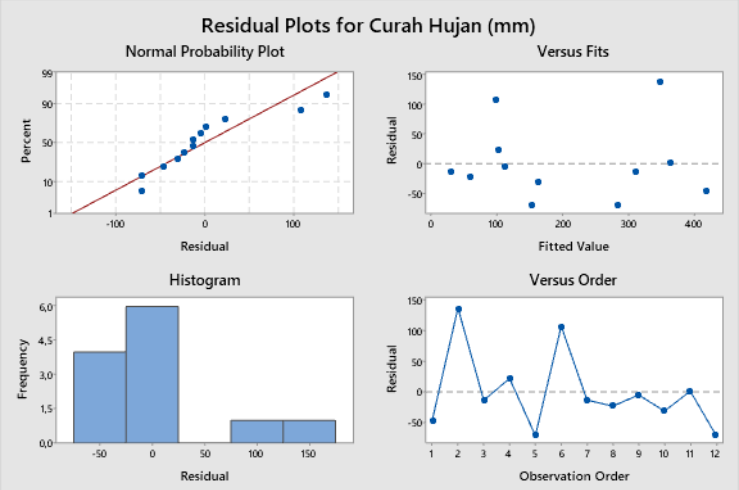
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	4	197626	49406,4	7,64	0,011
Suhu (℃)	1	276	276,1	0,04	0,842
Kelembaban (%)	1	21107	21107,1	3,27	0,114
Tekanan Udara (mbar)	1	16328	16327,9	2,53	0,156
Kecepatan Angin (m/detik)	1	1665	1665,2	0,26	0,627
Error	7	45248	6463,9		
Total	11	242873			

Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	Curah Hujan (mm)	Fit	Resid	Std Resid	
2	486,4	348,3	138,1	2,32	R

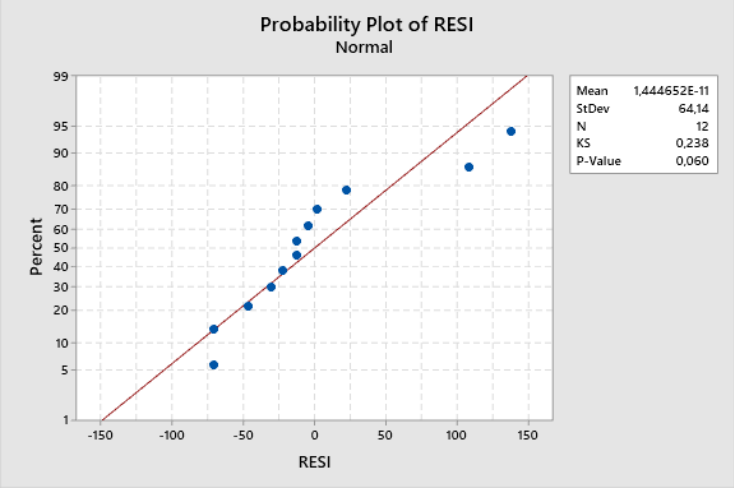
R Large residual





WORKSHEET 1

Probability Plot of RESI



Lampiran 5 Persentase Kesalahan MAPE pada Regresi Linier Berganda

Bulan (2021)	Suhu (℃)	Kelembaban (%)	Tekanan Udara (mbar)	Kecepatan Angin (m/detik)	Curah Hujan (mm)	Hasil Regresi	Persentase Kesalahan Absolut
Januari	24,5	83	943,4	3,3	373,5	450,69	20,67
Februari	24,9	80	943,8	4,1	486,4	379,19	22,04
Maret	24,9	81,2	944,2	2,8	299,7	343,58	14,64
April	25,7	73,7	945,2	3,3	123,8	132	6,62
Mei	25,8	74,2	944,7	3,7	82,7	184,32	122,88
Juni	25,5	76,3	946	3,3	206,3	128,94	37,50
Juli	24,6	70,6	945,9	4,2	17	60,57	256,29
Agustus	24,9	73,2	946,4	5	36,9	90,46	145,15
September	25,1	74	945,8	4,9	107	142,23	32,93
Oktober	25,3	76,9	945,6	4,3	132,8	194,54	46,49
November	24,7	83,2	944	2,7	367,1	395,99	7,87
Desember	25,3	81,6	944,8	3,3	214,6	316,05	47,27
						MAPE %	**63,36**

RIWAYAT HIDUP

Qhonita Guruh Dwi Lestari lahir di Magetan pada tanggal 8 Juni 1999. Perempuan yang biasa dipanggil Qonita ini beralamat di Jalan Kenongo No 3 RT.1/RW.1 Kelurahan Mangkujayan, Kecamatan Magetan, Kabupaten Magetan. Anak kedua dari tiga bersaudara yakni dari pasangan Bapak Syamsuri dan Ibu Dwi Wahyuni.

Penulis telah menempuh pendidikan formal mulai dari TKIT Al-Uswah dan lulus pada tahun 2006. Setelah itu, penulis menempuh pendidikan dasar di SDIT Al-Uswah dan lulus pada tahun 2012. Selanjutnya, penulis menempuh jenjang pendidikan menengah pertama dan pendidikan menengah atas di Pondok Modern Darussalam Gontor Putri Kampus 3 dan lulus pada tahun 2018. Selanjutnya, penulis melanjutkan pengabdian beserta kuliah selama 1 tahun di Universitas Darussalam Gontor Program Studi Ekonomi Islam pada tahun 2018 - 2019. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang pada tahun 2019.

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 : Qhonita Guruh Dwi Lestari
NIM : 19610096
Fakultas / Program Studi : Sains dan Teknologi / Matematika
Judul Skripsi : Implementasi *Fuzzy Associative Memory* (FAM) Untuk Mengestimasi Curah Hujan di Kota Malang
Pembimbing I : Mohammad Nafie Jauhari, M.Si.
Pembimbing II : Achmad Nashichuddin, M.A.

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	16 Desember 2022	Konsultasi Bab I	1.
2.	20 Desember 2022	Revisi Bab I	2.
3.	28 Februari 2023	Konsultasi Bab II dan III	3.
4.	6 Maret 2023	Revisi Bab II dan III	4.
5.	20 Maret 2023	Konsultasi Kajian Agama	5.
6.	23 Maret 2023	Revisi Kajian Agama	6.
7.	24 Maret 2023	ACC Bab I,II, dan III	7.
8.	28 Maret 2023	ACC Untuk Seminar Proposal	8.
9.	19 Mei 2023	Konsultasi Bab IV	9.
10.	23 Mei 2023	Revisi Bab IV	10.
11.	29 Mei 2023	Konsultasi Bab IV	11.
12.	5 Juni 2023	Revisi Bab IV	12.
13.	12 Juni 2023	Konsultasi Kajian Agama	13.
14.	15 Juni 2023	Revisi Kajian Agama	14.
15.	16 Juni 2023	Konsultasi Bab IV dan V	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.	20 Juni 2023	Revisi Bab IV dan V	16.
17.	21 Juni 2023	ACC Untuk Seminar Hasil	17.
18.	24 Juli 2023	ACC Matriks Revisi Seminar Hasil	18.
19.	26 Juli 2023	ACC untuk Sidang Skripsi	19.
20.	16 Agustus 2023	ACC Keseluruhan	20.

Malang, 16 Agustus 2023
Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika

Dr. Elly Susanti, M.Sc.
NIP. 19741129 200012 2 005