

**IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY TIPE-2 SEBAGAI SISTEM
PENDUKUNG KEPUTUSAN DALAM PENENTUAN HARGA JUAL
PRODUK**

TUGAS AKHIR

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



Nama : Nur Arif Hamzah
No. Mahasiswa : 20522024

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 19 Agustus 2024



Nur Arif Hamzah
20522024

SURAT BUKTI PENELITIAN



FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI

Gedung KH. Mas Mansur
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext. 4110, 4100
F. (0274) 895007
E. fti@uii.ac.id
W. fti.uii.ac.id

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Nomor : 308/Ka.lab SIMANTI/20/Lab.SIMANTI/VII/2024

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh

Dengan hormat,

Yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa:

Nama : Nur Arif Hamzah

Nim : 20522024

Jurusan : Teknik Industri

Dosen Pembimbing : Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM

Menyatakan bahwa mahasiswa tersebut diatas telah melaksanakan penelitian tugas akhir dengan judul " **IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY TIPE-2 SEBAGAI SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN DALAM PENENTUAN HARGA JUAL PRODUK**" mulai pelaksanaan penelitian 7 Mei 2024 sampai 9 Juli 2024.

Demikian surat keterangan penelitian ini kami buat. Atas perhatian dan kerja samanya kami mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Kepala Laboratorium
Sistem Manufaktur Terintegrasi

Putri Dwi Annisa, S.T., M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY TIPE-2 SEBAGAI SISTEM
PENDUKUNG KEPUTUSAN DALAM PENENTUAN HARGA JUAL
PRODUK**



Disusun Oleh :

Nama : Nur Arif Hamzah

No. Mahasiswa : 20522024

Yogyakarta, 24 Juli 2024

Dosen Pembimbing

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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY TIPE-2 SEBAGAI SISTEM
PENDUKUNG KEPUTUSAN DALAM PENENTUAN HARGA JUAL
PRODUK****TUGAS AKHIR**

Disusun Oleh :

Nama : Nur Arif Hamzah

No. Mahasiswa : 20522024

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 21 Agustus 2024

Tim Penguji

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

Ketua

Dr. Ir. Dwi Handayani, S.T., M.Sc., IPM

Anggota I

Bambang Suratno, S.T., M.T., Ph.D.

Anggota II



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



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

NIK. 015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kepada Allah SWT atas nikmat dan hidayah-Nya.

Terima kasih saya ucapkan kepada kedua orang tua saya H. Wahrudin dan Hj. Juhaeriyah. Kedua Kakak saya Sutrisno dan Nur Indah Sari atas doa dan dukungannya.

Terima Kasih kepada Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo S.T., M.Sc., Ph.D., IPM. atas ilmu dan bimbingannya.

MOTTO

“Maka Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”

(Q.S Al-Insyirah: 5-6)

“Di antara kebaikan islam seseorang adalah meninggalkan hal yang tidak bermanfaat”

(HR. Tirmidzi no. 2317, Ibnu Majah no. 3976. Syaikh Al Albani mengatakan bahwa hadits ini shahih)

“Jangan pernah berhenti untuk berbuat kebaikan minimal kepada diri kita sendiri dan orang lain. Dan juga jangan mengharapkan timbal balik dari orang lain karena kebaikan akan dibalas dengan cara tertentu yang lebih indah.”

(Ustadz Handy Bonny)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Implementasi Logika Fuzzy Tipe-2 Sebagai Sistem Pendukung Keputusan Dalam Penentuan Harga Jual Produk”**. Tak lupa shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad *Shallallahu 'Alaihi Wa Sallam* beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman yang telah berjuang dan membimbing kita dari zaman yang berjuang dan membimbing kita dari zaman kegelapan menuju jalan yang terang benderang untuk menggapai Ridho Allah Subhanahu Wa Ta'ala.

Laporan Tugas Akhir dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Strata Satu pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Penyusunan laporan Tugas Akhir banyak mendapat bantuan dan bimbingan yang dibutuhkan baik langsung maupun tidak langsung. Sehingga kesempatan kali ini penulisan mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo M.T., IPU, ASEAN.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo S.T., M.Sc., Ph.D., IPM selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia dan Dosen pembimbing Tugas Akhir yang selalu memberikan bimbingan, masukan, arahan dan pandangan kepada penulis.
4. Orang tua (Bapak H. Wahrudin dan Ibu Hj. Juhaeriyah), kakak kandung (Sutrisno dan Nur Indah Sari) yang memberikan dukungan dan motivasi sehingga Tugas Akhir dapat menyelesaikan dengan baik.
5. Teman-Teman penulis, yaitu Zuhdi, Fikry, Sofi, Rini, Hari dan lain-lain yang selalu mendukung dalam tercapainya pengerjaan Tugas Akhir.

Penulis mengucapkan permohonan maaf karena penulis menyadari bahwa laporan ini jauh dari kata sempurna. Semoga seluruh bantuan dan bimbingan yang telah diberikan dapat balasan dari Allah SWT. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan masukan yang bersifat membangun dari pembaca sebagai bahan pembelajaran di masa mendatang. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir dapat bermanfaat bagi para pembaca dan bagi semua pihak. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 18 Juli 2024



Nur Arif Hamzah
NIM. 20522024

ABSTRAK

Harga adalah jumlah uang yang ditukarkan atau dikeluarkan oleh konsumen yang digunakan dalam mendapatkan suatu barang atau jasa. Perusahaan yang menggunakan produksi secara konvensional dengan mendapatkan harga jual produk. Namun, perusahaan tidak mempertimbangkan biaya pengembangan produk. Dalam pengembangan produk kertas pembungkus hadiah penting bahwa perusahaan perlu berkembang sehingga memasukkan biaya pengembangan ke dalam harga jual produk untuk menanggung pengembangan perusahaan dimasa mendatang. Salah satu aspek yang dapat ditempuh, yaitu dengan memasukkan aspek kualitas yang dapat dirasakan oleh konsumen. Harga jual kertas pembungkus hadiah yang didapatkan tidak hanya memasukkan nilai *profit*, harga jual dapat dilakukan dengan memasukkan nilai kualitas dalam membangun kepercayaan konsumen pada produk yang dibeli sehingga konsumen dapat membayar lebih pada produknya dari harga jual kertas pembungkus hadiah yang telah ditetapkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan keputusan yang dilakukan berdasarkan persepsi para ahli dalam memilih logika fuzzy tipe-2 yang digunakan sebagai pendukung keputusan dalam menentukan harga jual kertas pembungkus hadiah yang layak. Metode yang digunakan dalam implementasi ini yaitu logika fuzzy tipe-2. Variabel *input* yaitu *raw material quality*, *aesthetic design*, *quality of the web system to place customized order*, dan *quality of the web system for after sales service*. Variabel *output*, yaitu *selling price*. Penggunaan metode logika fuzzy tipe-2 disebut sebagai alat untuk mendukung keputusan harga jual produk kertas pembungkus hadiah yang terbaik. Hasil logika fuzzy tipe-2 untuk menentukan *selling price* sebagai *output*. *Output* yang dihasilkan dari proses fuzzy tipe-2 melalui defuzzifikasi yang didapatkan sebesar 2,6098. Hasil dari defuzzifikasi dapat dikalikan dengan *production cost* ditambahkan dengan *profit* yang menghasilkan harga jual sebesar 26.098,5520 rupiah dan volume penjualan 123 unit. Harga jual maksimum menghasilkan 51.664 rupiah, saat harga jual mencapai titik maksimum maka volume penjualan yaitu 0 unit. Sehingga hasil dari yang diusulkan berada di bawah titik harga jual maksimum dan hasil harga jual yang didapatkan masih layak.

Kata Kunci: *Logika Fuzzy Tipe-2, Mendukung Keputusan, Kertas Pembungkus Hadiah.*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
SURAT BUKTI PENELITIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
1.6 Sistematika penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kajian Literatur	6
2.2 Landasan Teori.....	13
2.2.1 Logika Fuzzy.....	13
2.2.2 Pendukung Keputusan.....	28
2.2.3 Geometric Mean.....	29
2.2.4 Harga	29
2.2.5 Penetapan Harga.....	30
2.2.6 Penerapan Logika Fuzzy Tipe-2 dalam Industri	30
2.2.7 Python	31
BAB III METODE PENELITIAN	32
3.1 Objek Penelitian	32
3.2 Alur Penelitian	32
3.3 Identifikasi Masalah.....	34
3.4 Tinjauan Pustaka	34
3.5 Pengumpulan Data	34
3.6 Pengolahan Data.....	35
3.7 Hasil dan Pembahasan.....	36
3.8 Kesimpulan dan Saran.....	36
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	37
4.1 Pengumpulan Data	37
4.2 Pengolahan Data.....	42
4.2.1 Model Sistem Logika Fuzzy Tipe-2.....	42
4.2.2 Fuzzifikasi	42
4.2.3 Sistem inferensi	50
4.2.4 Reduksi Tipe	56
4.2.5 Defuzzifikasi	58
4.2.6 Penentuan Harga Jual Kertas Pembungkus Hadiah	58

4.2.7	Harga Jual Maksimum	58
BAB V PEMBAHASAN.....		60
5.1	Hasil Pembahasan Implementasi Logika Fuzzy Tipe-2.....	60
5.2	Kekurangan Penelitian	61
BAB VI PENUTUP		62
6.1	Kesimpulan	62
6.2	Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA		63
LAMPIRAN.....		A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>State of The Art</i>	12
Tabel 4.1 Data Kuesioner Variabel <i>Input</i>	37
Tabel 4.2 Harga Jual dan Volume Penjualan Perusahaan	41
Tabel 4.3 Variabel <i>Input</i> dan <i>Output</i>	42
Tabel 4.4 Aturan Logika Fuzzy	50
Tabel 4.5 <i>Final Score Geometric Mean</i>	53
Tabel 4.6 <i>Geometric Mean</i> x1	53
Tabel 4.7 <i>Geometric Mean</i> x2	54
Tabel 4.8 <i>Geometric Mean</i> x3	55
Tabel 4.9 <i>Geometric Mean</i> x4	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Logika Fuzzy Tipe-1	14
Gambar 2.2 Representasi Linear Naik	15
Gambar 2.3 Representasi Linear Turun	16
Gambar 2.4 Representasi Kurva Segitiga	17
Gambar 2.5 Representasi Kurva Trapesium	18
Gambar 2.6 Proses Logika Fuzzy Tipe-2	20
Gambar 2.7 Himpunan Fuzzy Tipe-2	21
Gambar 2.8 (a) Fuzzy Tipe-1, (b) Tipe-1 Ketidakpastian dan (c) Sekunder	22
Gambar 2.9 <i>Footprint of Uncertainty</i> (FOU)	23
Gambar 2.10 Fungsi Keanggotaan Logika Fuzzy Tipe-2	24
Gambar 2.11 Inferensi Fuzzy	25
Gambar 3.1 Alur Penelitian	33
Gambar 4.1 <i>Raw Material Quality</i>	43
Gambar 4.2 <i>Aesthetic Design</i>	45
Gambar 4.3 <i>Web System Customised Order</i>	46
Gambar 4.4 <i>Web System After Sales</i>	48
Gambar 4.5 <i>Selling Price</i>	49
Gambar 4.6 Hasil Reduksi Tipe (Logika Fuzzy Tipe-2)	57
Gambar 4.7 Hasil Reduksi Tipe (Logika Fuzzy Tipe-1)	57
Gambar 4.8 Harga Jual Maksimum	59

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era globalisasi diiringi dengan perkembangan teknologi yang begitu pesat dapat mempermudah kehidupan manusia dengan lebih cepat dan mudah dalam mendapatkan berbagai macam informasi. Khususnya, perkembangan yang sangat pesat dalam teknologi informasi yang membantu manusia dalam pekerjaan dan sering diharapkan dengan keadaan yang membutuhkan suatu keputusan dalam memilih dari pilihan yang sulit untuk membuat keputusan yang terbaik dengan membutuhkan data dan informasi, tetapi sering ditemukan informasi dan data yang diperlukan dalam menentukan informasi kepastiannya sulit untuk dikur nilainya (Hidayati et al., 2021).

Kehidupan manusia tidak lepas dalam memilih hal tertentu dalam pengambilan keputusan seperti dalam menentukan harga jual dari produk yang memerlukan pertimbangan dalam pengambilan keputusan yang memerlukan ketelitian dalam menentukan biaya produksi yang akan berdampak dalam penetapan harga jual. Kesalahan dalam mengambil keputusan terkait dalam menentukan biaya produksi saat melakukan pelaporan keuangan yang menyebabkan kerugian bagi perusahaan yang dapat berpengaruh dalam jumlah keuntungan yang didapatkan (Rahmat, 2019).

Harga adalah jumlah uang yang ditukarkan atau dikeluarkan oleh konsumen yang digunakan dalam mendapatkan suatu barang atau jasa yang memiliki nilai manfaat-manfaat dengan menggunakan barang atau jasa tersebut (Kotler & Keller, 2016). Harga dapat digunakan sebagai unsur strategi pemasaran dengan menghasilkan laba terhadap perusahaan, sehingga perusahaan dapat berfokus pada faktor harga yang ditetapkan yang sangat mempengaruhi persaingan antar perusahaan yang mampu mempengaruhi konsumen dalam membeli produk.

Perusahaan yang menggunakan produksi secara konvensional dengan mendapatkan harga jual produk dari *production cost* ditambah dengan *profit*. Namun, perusahaan tidak mempertimbangkan biaya pengembangan produk. Dalam pengembangan produk kertas pembungkus hadiah juga penting yang berarti bahwa perusahaan perlu berkembang sehingga perlu memasukkan biaya pengembangan ke dalam harga jual produk untuk menanggung pengembangan pada Perusahaan dimasa yang akan mendatang. Salah satu aspek yang dapat

ditempuh, yaitu dengan memasukkan aspek kualitas yang dapat dirasakan oleh konsumen. Harga jual kertas pembungkus hadiah yang didapatkan tidak hanya memasukkan nilai *profit*, harga jual dapat dilakukan dengan memasukkan nilai kualitas dalam membangun kepercayaan konsumen pada produk yang dibeli sehingga konsumen dapat membayar lebih pada produknya dari harga jual kertas pembungkus hadiah yang telah ditetapkan.

Dalam persaingan yang sangat ketat dan perubahan yang cepat, menentukan harga jual kertas pembungkus hadiah produk dapat ditentukan dalam berbagai macam metode seperti *exponensial smoothing*, metode regresi linear berganda, metode logika fuzzy, dan metode lainnya. Salah satu pendekatan yang digunakan sesuai dengan menentukan harga jual kertas pembungkus hadiah produk adalah implementasi logika fuzzy. Aplikasi dalam kehidupan nyata banyak dalam menggunakan penerapan logika fuzzy sebagai dasar teknologi. Seiring dengan peningkatan yang semakin luas yang terutama masyarakat dalam bidang pendidikan yang tertarik untuk belajar dan menerapkan prinsip logika fuzzy (Iswari & Wahid, 2005).

Fuzzy memiliki keunggulan dalam melakukan perhitungan yang tidak pasti dari masalah yang kompleks, sehingga mampu menghasilkan perhitungan pada kemungkinan yang tidak pasti menjadi lebih sederhana dan jelas (Urbanowicz & Moore, 2009). Perbandingan dengan sistem yang lain, logika fuzzy dapat menghasilkan keputusan yang tepat dan sesuai. Logika fuzzy adalah suatu sistem pendukung keputusan untuk menghasilkan ruang *input* ke *output* dengan nilai *input* yang tidak pasti. Aturan yang diterapkan tidak banyak dan hanya beberapa langkah dalam menghasilkan *output* yang sesuai (Siahaan & Lubis, 2017).

Logika fuzzy diciptakan oleh Zadeh pada tahun 1965 sebagai cara untuk memperluas logika klasik dimana hanya terdapat dua pilihan, yaitu benar atau salah. Dalam kasus yang lain, logika fuzzy memiliki lebih banyak pilihan seperti lebih atau kurang salah, hampir benar, dan lain-lain. Secara matematis, himpunan fuzzy dianggap sebagai lanjut dari himpunan klasik, dimana keanggotaan suatu elemen tidak hanya terbatas pada termasuk atau tidak termasuk, tetapi dapat bersifat parsial. Misalnya, dalam himpunan klasik, seseorang yang berusia di atas 70 tahun dianggap sebagai 'orang tua', sementara seseorang yang berusia 69 tahun tidak dianggap orang tua. Namun, dalam himpunan fuzzy, seseorang yang berusia 69 tahun dapat dianggap sebagai 'orang tua' dengan derajat keanggotaan 0,95 (dalam skala keanggotaan 0-1). Karakteristik dari logika fuzzy dapat digunakan untuk model yang lebih mudah, karena lebih intuitif (.

Logika fuzzy tipe-2 pertama kali diperkenalkan oleh Zadeh dan kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh Mendel. Logika fuzzy tipe-2 adalah suatu sistem perluasan dari logika fuzzy tipe-1. Sistem ini dapat menangani kemungkinan dari ketidakpastian dalam fungsi keanggotaan dengan menggunakan konsep FOU (*footprint of uncertainty*). Konsep ini dibatasi oleh dua fungsi keanggotaan tipe-1. Sehingga dapat memungkinkan nilai keanggotaan dalam himpunan fuzzy untuk diwakili sebagai interval dan tidak hanya satu nilai. Pendekatan ini sangat berguna dalam memodelkan situasi yang kompleks karena tidak memerlukan penentuan nilai keanggotaan yang tepat untuk keanggotaan pada himpunan fuzzy dan keanggotaan berubah antara nilai interval atas dan interval bawah (.).

Logika fuzzy tipe-2 tingkatan dari logika fuzzy tipe-1 dapat digunakan lebih baik sebagai sistem pendukung keputusan dalam permasalahan yang kompleks atau sulit dipecahkan oleh logika fuzzy tipe-1. Sistem pendukung keputusan sendiri adalah suatu sistem berbasis teknologi informasi yang dirancang untuk membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih efisien dan efektif dalam situasi yang rumit atau tidak menentu. Sistem ini dapat berguna dalam menangani isu yang kompleks atau permasalahan yang tidak struktur. Tujuan dalam sistem ini untuk meningkatkan kualitas keputusan yang diambil, karena sifatnya yang adaptif, fleksibel, dan interaktif. Sistem ini berperan dalam mendukung analisis data, pembuatan model keputusan, serta perencanaan strategis masa depan, dan dapat digunakan dalam keadaan yang tidak biasa (Sari et al., 2020).

Dalam memanfaatkan kemajuan teknologi informasi dan data dengan memahami pelaku pembeli secara mendalam maka diperlukan implementasi suatu metode yang dapat digunakan sebagai sistem pendukung keputusan dalam penentuan harga jual produk yang dapat membantu perusahaan untuk meningkatkan efektivitas strategi, memperkuat keuntungan dan melakukan reaksi lebih cepat dan tepat terhadap perubahan pasar. Pemilihan metode mengenai logika fuzzy tipe-2 yang digunakan dalam menentukan harga jual kertas pembungkus hadiah berdasarkan persepsi yang berbeda yang dilakukan oleh para ahli yaitu manajer bidang marketing, sistem informasi manajemen, dan produksi. Sehingga dari masing-masing persepsi yang berbeda akan dilakukan suatu perhitungan dalam menggabungkan persepsi untuk mendapatkan hasil yang terbaik pada harga jual produk.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka rumusan masalah yang digunakan menjadi fokus pada penelitian ini yaitu bagaimana keputusan yang dilakukan berdasarkan persepsi para ahli dalam memilih logika fuzzy tipe-2 yang digunakan sebagai pendukung keputusan dalam menentukan harga jual kertas pembungkus hadiah yang layak.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan yaitu mengimplementasikan keputusan yang dilakukan berdasarkan persepsi para ahli dalam memilih logika fuzzy tipe-2 yang digunakan sebagai pendukung keputusan dalam menentukan harga jual kertas pembungkus hadiah yang layak.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini dapat digunakan untuk mahasiswa atau pihak lain yang bersangkutan adalah sebagai berikut.

1. Bagi penulis

Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai wawasan ilmu untuk memahami strategi penentuan harga produk yang akan dipasarkan ke masyarakat.

2. Bagi perusahaan

Hasil dari penelitian ini digunakan sebagai alternatif untuk digunakan dalam penentuan harga produk yang berdasarkan beberapa faktor seperti kebutuhan konsumen, strategi penetapan harga, nilai produk dan kepuasan konsumen.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini mencakup sebagai berikut.

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini data wawancara terkait kepuasan oleh ahli terhadap kertas pembungkus hadiah.
2. Penelitian ini melakukan pengolahan data dengan menggunakan *software Jupiter Notebook* dan *Excel*.
3. Penelitian ini berfokus dalam melakukan pengambilan keputusan harga jual kertas pembungkus hadiah dengan menerapkan metode logika fuzzy tipe-2 dan tidak menggunakan perbandingan dengan metode fuzzy tipe-1.

1.6 Sistematika penelitian

Berikut ini merupakan penulisan sistematika penelitian tugas akhir.

BAB I PENDAHULUAN

Latar belakang permasalahan yang menjadi fokus penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan yang digunakan dalam pembahasan ini.

BAB II KAJIAN LITERATUR

Pada bab ini menjelaskan kajian pada penelitian yang terdahulu yang digunakan sebagai landasan dalam penelitian ini yaitu Logika Fuzzy Tipe-2.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini mengenai metode penelitian yang dapat digambarkan dengan berjalannya penelitian ini. Berisi terkait metode pengumpulan data, diagram alur penelitian, proses pengolahan data menggunakan logika fuzzy tipe-2, dan analisis data.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini terkait dengan pengumpulan data yang akan diolah sesuai penelitian yang dilakukan dan pengolahan data yang dapat menyelesaikan kasus dalam melakukan pengambilan keputusan. Pada bab ini juga dapat digunakan sebagai acuan yang akan digunakan dalam bab V yaitu pembahasan hasil.

BAB V PEMBAHASAN

Bab ini melakukan pembahasan yang diperoleh dari bab IV yaitu pengumpulan dan pengolahan data dengan hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian sehingga dapat menghasilkan suatu rekomendasi yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi terkait kesimpulan dan saran yang berdasarkan hasil dan pembahasan terkait penelitian atas hasil yang ditemukan, maka dilakukan kesimpulan dan saran yang digunakan dalam pengembangan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Kajian induktif menjelaskan penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik penelitian ini untuk menjadi acuan dalam pengembangan metode penelitian yang dilakukan.

Penelitian yang dilakukan oleh Adnan Rafi Al Tahtawi (2021) yang berjudul *Kendali Posisi Motor DC Menggunakan Logika Fuzzy Interval Tipe 2*. Penelitian ini dilakukan mengetahui metode pengendalian posisi motor DC menggunakan logika fuzzy tipe 2 dengan menerapkan melalui simulasi perangkat lunak *Matlab/Simulink* untuk mengetahui respon kendali dengan menambahkan sinyal derau dan dua skenario. Hasil simulasi yang dilakukan menunjukkan pengendalian logika fuzzy tipe 2 dapat menghasilkan yang lebih baik dibandingkan logika fuzzy tipe 1 dalam mengatasi pengukuran derau. Pengendalian yang dilakukan logika fuzzy tipe 2, FoU 0,2 menghasilkan *error* lebih kecil dibandingkan FoU 0,1 dengan selisih sebesar 0,001.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Gita Fadila Fitriana (2021) yang berjudul *Optimasi Performansi Pengendalian Robot Swarm menggunakan Logika Fuzzy Tipe 2-Particle Swarm Optimization*. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan arah robot agar tidak bertabrakan satu sama lain dan dapat mencapai target. Hasil pengukuran berdasarkan data robot pada lingkungan tanpa hambatan sebanyak 110 data dan lingkungan persegi sebanyak 1342. Hasil pengukuran berdasarkan data waktu robot pada lingkungan empat hambatan memiliki waktu tercepat sebesar 10,83 detik dan lingkungan waktu robot terlama pada lingkungan bentuk oval sebesar 134,9 detik. Hasil pengukuran yang didapatkan berdasarkan sumber daya pada lingkungan tanpa hambatan sebesar 10,6 kb dan lingkungan bentuk persegi sebesar 49,1 kb. Hal itu menandakan bahwa logika fuzzy tipe 2-PSO memiliki waktu yang lebih tinggi yang berarti hasil kecepatan stabil serta dilihat dari *trajektori* dalam menghindari hambatan, sehingga robot *leader follower* memiliki respon lebih cepat.

Pada penelitian ini yang dilakukan oleh Tio Dewantho Sunoto, Riko Adlando Saragih, Judea Janoto Jarden, dan Kioe (Oeij) O.K. Ricky Wijaya (2022) yang berjudul *Perbaikan Kualitas Citra Menggunakan Metode Fuzzy Type-2*. Penelitian ini dilakukan meningkatkan tingkat kualitas citra dengan metode fuzzy *type-2*. Hasil penilaian kualitatif yang didapatkan kualitas citra dengan metode fuzzy *type-2* lebih baik dibandingkan dengan fuzzy *type-1* dan

histogram equalization. Namun, hasil yang didapatkan dari penilaian kuantitatif menunjukkan tidak ada metode yang terbaik karena hasil nilai MSE (*Mean Square Error*) dan PNSR (*Signal-to-Noise Raion*) masih bervariasi.

Pada Penelitian ini yang dilakukan oleh Muhammad Ruswandi Djalal dan Imam Robandi (2022) yang berjudul *Pemodelan Peramalan beban Pada System Sulselrabar Menggunakan Tipe-2 Logika Fuzzy*. Penelitian ini membahas perbandingan model peramalan beban jangka pendek selama 24 jam dengan menggunakan metode logika fuzzy tipe-1 dan logika fuzzy tipe-2. Hasil dari penelitian ini diperoleh *mean Percentage Error* (MAPE) minimum dengan metode logika fuzzy tipe-1 sebesar 2,1% sedangkan metode logika fuzzy tipe-2 sebesar 1,7%.

Pada Penelitian ini yang dilakukan oleh Adha Mashur Sajiah, Reza Sanjaya, dan Bambang Pramono (2023) yang berjudul *Aplikasi Perkiraan Curah Hujan Kota Kendari Menggunakan Metode Interval Type-2 Fuzzy Logic System*. Penelitian ini membahas perkiraan curah hujan dengan menggunakan metode *interval type-2 fuzzy logic system* yang merupakan perkembangan dari logika fuzzy tipe-1. Hasil dari penelitian ini didapatkan tingkat akurasi rata-rata dalam perkiraan curah hujan sebesar 85,98%. Sehingga dapat diketahui bahwa metode *interval type-2 fuzzy logic system* efektif dalam memperkirakan curah hujan.

Pada penelitian ini yang dilakukan oleh Devan C. M. Wijaya, Basuki Rahmat, dan Eva Y. Puspaningrum (2022) yang berjudul *Sistem Pendukung Keputusan Berbasis Interval Type-2 Fuzzy Sugeno pada Kendali PH Air*. Penelitian ini menjelaskan untuk memberikan gambaran sederhana dalam menerapkan logika fuzzy tipe-2 Sugeno sebagai sarana pengembangan Teknologi Pertanian. Hasil dari penelitian ini menunjukkan Sistem Pendukung keputusan (SPK) 0 aksi PH *u pon*: 25 detik, SPK 1 untuk aksi Ph *7liva*: 10 detik, SPK 2 untuk aksi semua PH *off*: 0 detik, SPK 3 untuk aksi PH *down on*: 10 detik, dan SPK 4 untuk aksi pH *down on*: 25 detik. Kategori PH dibagi menjadi 5 macam, yaitu Asam Kuat (0-3), Asam Lemah (4-6), Netral (7), Basa Lemah (8-10), dan Basa Kuat (11-14). Pengujian dilakukan dengan hasil memenuhi syarat standar perhitungan pada sensor dengan akurasi rata-rata 91,8%; galat selisih rata-rata sebesar 0,6 dan galat sistematis rata-rata sebesar 8,2%.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Adriana Pálková dan Jaroslav Mašek (2024) yang berjudul *Fuzzy Logic as a Decision-Making Tool for Transport Request Selection*. Penelitian ini digunakan untuk mengevaluasi permintaan transportasi dan dapat menghasilkan layanan yang baik sehingga keuntungan meningkat dengan mengusulkan logika fuzzy. Hasil yang

terdapat pada penelitian ini 6 permintaan transportasi yang dapat menguntungkan dari sudut pandang transportasi dengan menunjukkan tertinggi, yaitu permintaan transportasi 1 yang paling menguntungkan sebesar 54 poin dengan persentase tercapai 85,42%, permintaan transportasi 2 sebesar 49 poin dengan persentase tercapai 75%, dan permintaan transportasi 3 sebesar 46 poin dengan persentase tercapai 68,75%. Sisa dari permintaan transportasi yaitu dengan mempertimbangkan kembali atau ditolak.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Marcin Woźniak, Józef Szczotka, Andrzej Sikora, dan Adam Zielonka (2024) yang berjudul *Fuzzy Logic type-2 Intelligent Moisture Control System*. Penelitian ini dilakukan untuk menciptakan suatu sistem infrastruktur IoT dan kecerdasan buatan untuk pengeringan ruangan lembab yang efektif dan hemat biaya. Hasil yang diperoleh dengan menggunakan himpunan fuzzy tipe-2 dapat menghemat 24% konsumsi energi dalam tahunan operasi sistem.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Khalam J. Rostam dan Suzan S. Haydar (2022) yang berjudul *Making The Optimal Decision For Production By Using The Fuzzy Linear Programming Method*. Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi metode *Fuzzy Linear Programming* (FLP) untuk mengambil keputusan optimal dan mencapai produksi optimal pada produk minyak mentah. Hasil dari penelitian ini terdapat keuntungan maksimum tertinggi sebesar 993423791 juta dinar dengan menggunakan metode terikat dan masalah program linear lebih tinggi dari keuntungan yang dicapai Perusahaan sebesar 50%. Hal ini didapatkan dari hasil menunjukkan dengan menghilangkan ketidakpastian dalam mencapai keuntungan tertinggi dari keuntungan sebenarnya yang dicapai. Serta hasil menunjukkan efisiensi dari program linear fuzzy yang menangani sifat tidak stabil dan mencapai solusi terbaik.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Zen-hui Chen dan Wen Luo (2023) dengan judul *An Integrated Interval Type-2 Fuzzy Rough Technique For Emergency Decision Making*. Tujuan dari penelitian ini untuk memperluas *best-worst method* (BWM) ke lingkungan trapesium logika fuzzy tipe-2. Hasil dari penelitian ini terdapat tiga alternatif teratas dalam kasus pesimistis, yaitu (i) alternatif terbaik ditentukan oleh metode trapesium logika fuzzy tipe-2 yang sesuai dengan hasil seleksi sebenarnya, (ii) model gabungan yang ditentukan dalam trapesium logika fuzzy tipe-2-BWM memiliki ketahanan yang kuat, dan (iii) teori prospek bermanfaat dalam peningkatan kualitas keputusan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Yeni Kustiyahningsih, Eza Rahmanita, Perbadini, dan Jaka Purnama (2022) yang berjudul *Fuzzy Type-2 Trapezoid Methods For Decision Making Salt Farmer Mapping*. Tujuan penelitian ini membangun model pengambilan Keputusan multi kriteria *fuzzy Analitical Hierarchy Process* (FAHP) *hybrid* tipe-2 dan *Technique for Order Preference by Simillarity to Ideal Solution* (TOPSIS) yang digunakan pemetaan petani garam dan dapat meningkatkan produksi dan penjualan saat pasca pandemi covid-19 dan revolusi industri 4.0. hasil yang didapatkan dengan metode FAHP *hybrid* tipe-2 dan TOPSIS untuk petani garam berdasarkan rasio konsistensi di bawah 10 persen, Dimana 37% kriteria kelas tinggi, 28% kriteria kelas menengah, dan 35% kriteria kelas rendah.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Marcin Woźniak, Adam Zielonka, dan Andrzej Sikora (2022) yang berjudul *Driving Support By Type-2 Fuzzy Logic Control Model*. Tujuan penelitian ini mendukung berkendara dengan menggunakan control logika fuzzy tipe-2. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem logika fuzzy tipe-2 yang dikembangkan menunjukkan tingkat efisien yang lebih baik, seperti pada kasus pertama mendeteksi jalan yang rusak di perlintasan kereta api dengan menunjukkan laju mobil yang sedang, pada kasus kedua yang disajikan bahu jalan yang rusak dengan menunjukkan mobil bergerak dengan kecepatan sedang dan mengalami kelebihan beban besar di dalam kabin.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Aleksandar Jovanovic dan Dusan Teodorovic (2022) yang berjudul *Type-2 Fuzzy Logic Based Transit Priority Strategy*. Tujuan dari penelitian ini dilakukan untuk menciptakan sistem prioritas transit berbasis logika fuzzy tipe-2. Hasil penelitian ini terdapat 6 skenario prioritas, dimana dalam kasus skenario 1 menunjukkan bahwa strategi bus dengan menggunakan fuzzy menghasilkan penundaan penumpang sebesar 18,4% lebih kecil dibandingkan dengan strategi bus tanpa syarat. Skenario 4, strategi prioritas bus fuzzy menunjukkan 10,1% lebih baik dibanding strategi bus tanpa syarat. Skenario 5, strategi prioritas bus fuzzy lebih baik daripada tanpa syarat dan tanpa kondisional dengan masing-masing sebesar 19,7% dan 31,8%. Skenario 6 strategi prioritas menghasilkan penundaan seluruh penumpang 54,1% lebih kecil dibandingkan prioritas bus tanpa syarat. Seluruh perbandingan untuk skenario lain berada sama dengan atau dibawah 3%. Hal ini menunjukkan hasil yang diperoleh cukup menjanjikan untuk diterapkan dan strategi yang diusulkan dapat meningkatkan operasional lalu lintas kota atau wilayah dengan frekuensi bus yang tinggi atau volume lalu lintas yang rendah atau sedang.

Pada penelitian yang dilakukan oleh İhsan Erozan, Emre Özel, dan Damlanur Erozan yang berjudul *A Two-Stage System Proposal Based on A Type-2 Fuzzy Logic System For Ergonomic Control of Classroom and Office*. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk penerapan sistem logika fuzzy tipe-2 pada kontrol lingkungan ergonomi dalam ruangan seperti ruang kelas dan kantor. Hasil dari penelitian ini menunjukkan persamaan regresi dan logika fuzzy tipe-2 yang diterima dengan banyak kasus, pada kasus ini mengukur kelembapan ruangan dan karbon dioksida. Namun, jika perbandingan antara kedua metode tersebut, hasil menunjukkan dengan menggunakan pengujian logika fuzzy tipe-2 untuk kontrol ergonomi yang lebih baik di lingkungan yang bersifat tidak pasti.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Zuzana Jankova dan Petr Dostal (2021) yang berjudul *Type-2 Fuzzy Expert System Approach for Decision-Making of Januari Assets and Investing under Different Uncertainty*. Tujuan dari penelitian ini membuat model logika fuzzy tipe-2 dalam penerapan pasar saham dengan memberikan hasil yang akurat dibandingkan logika fuzzy tipe-1. Hasil dari penelitian ini perbandingan yang dikatakan bahwa *logika fuzzy tipe-2* lebih baik dalam mendeskripsikan data waktu keuangan dan memberikan *output* lebih akurat. Namun, hasil menunjukkan bahwa kinerja model logika fuzzy tipe-2 menurun seiring dengan meningkatnya ketidakpastian dalam himpunan fuzzy.

Pada penelitian ini yang dilakukan oleh Frumen Olivas, Fevrier Valdez, Patricia Melin, Alberto Sombra, dan Oscar Castillo (2019) yang berjudul *Interval Type-2 Fuzzy Logic For Dynamic Parameter Adaptation In A Modified Gravitational Search Algorithm*. Tujuan penelitian ini untuk meningkatkan hasil yang dicapai oleh Gravitational Search Algorithm (GSA) dengan pendekatan logika fuzzy tipe-2. Hasil penelitian ini didapatkan dengan memperoleh kualitas yang lebih baik dengan memodelkan parameter GSA yang dilakukan untuk melakukan eksplorasi ruang pencarian waktu tertentu. Hasil pada optimalisasi matematika *benchmark* memodelkan GSA dengan pendekatan logika fuzzy tipe-2 dapat mengontrol keamanan dalam melakukan pencarian global dan lokal. Hasil dari uji statistik pendekatan logika fuzzy tipe-2 pada model GSA memperoleh hasil rata-rata yang lebih baik jika dibandingkan GSA asli dan logika fuzzy tipe-1.

Pada penelitian ini yang dilakukan oleh Firdaus Irwanto, Umar Hasan, Eric Saputra Lays, Ntivuguruzwa Jean De La Croix, Didacienne Mukanyiligira, Louis Sibomana, Tohari Januari (2024) yang berjudul *Iot And Fuzzy Logic Integration For Improved Substrate Environment Management In Mushroom Cultivation*. Tujuan penelitian ini dilakukan

mengatasi tantangan produksi jamur dengan mengembangkan sistem berbasis IoT dan fuzzy *logic*. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan contoh potensi teknologi IoT dengan pendekatan yang efisien dalam pengambilan keputusan secara *real*. Sistem yang diterapkan dapat membantu dalam peningkatan kualitas dan hasil panen jamur.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Enrique Brazález, Hermenegilda Maciàa, Gregorio Díaz, María Teresa Baeza Romerod, Edelmira Valerof, dan Valentín Valeroa (2022) yang berjudul *FUME: An Air Quality Decision Support System For Cities Based On CEP Technology And Fuzzy Logic*. Tujuan penelitian ini menerapkan peraturan dalam memenuhi standar *Air Quality* (AQ) untuk mengurangi polusi. Hasil dari penelitian ini dalam mengurangi polusi dengan melakukan pengambilan keputusan pada tempat sumber polusi berbeda, yaitu lalu lintas, industri, domestik, dan pertanian. Didapatkan polusi tertinggi dari Desember 2018 sampai Januari 2019 yaitu tempat polusi pada sektor industri dan lalu lintas. Aksi yang dilakukan untuk mengurangi polusi dilakukan menggunakan pendekatan FUME. FUME, yaitu alat untuk menganalisis informasi kualitas udara yang dikumpulkan dan dapat mengusulkan rencana aksi untuk mengurangi polusi.

Tabel 2.1 *State of The Art*

Penulis	Objek				Metode		
	Teknologi	Lingkungan	Bisnis	Lokasi	Fuzzy Tipe-2	Fuzzy Tipe-1	Fuzzy Linear Program
(Al Tahwi, 2021)	✓				✓		
(Fitriana, 2021)	✓				✓		
(Dewantho Sunoto et al., 2022)	✓				✓		
(Djalal & Robandi, 2022)	✓				✓		
(Sajiah et al., 2023)	✓				✓		
(Wijaya et al., 2022)		✓			✓		
(Palkova & Mašek, 2024)	✓					✓	
(Woźniak et al., 2024)	✓				✓		
(Rostam & Haydar, 2022)	✓						✓
(Chen & Luo, 2023)				✓	✓		
(Kustiyahningsih et al., 2022)		✓			✓		
(Woźniak et al., 2022)	✓				✓		
(Erozan et al., 2023)		✓			✓		
(Janková & Dostál, 2021)			✓		✓		
(Olivas et al., 2019)	✓				✓		

Penulis	Objek				Metode		
	Teknologi	Lingkungan	Bisnis	Lokasi	Fuzzy Tipe-2	Fuzzy Tipe-1	Fuzzy Linear Program
(Irwanto et al., 2024)		✓				✓	
(Brazález et al., 2022)	✓					✓	

2.2 Landasan Teori

Landasan teori berisikan tentang pembahasan teori yang akan digunakan dalam mendukung penelitian ini.

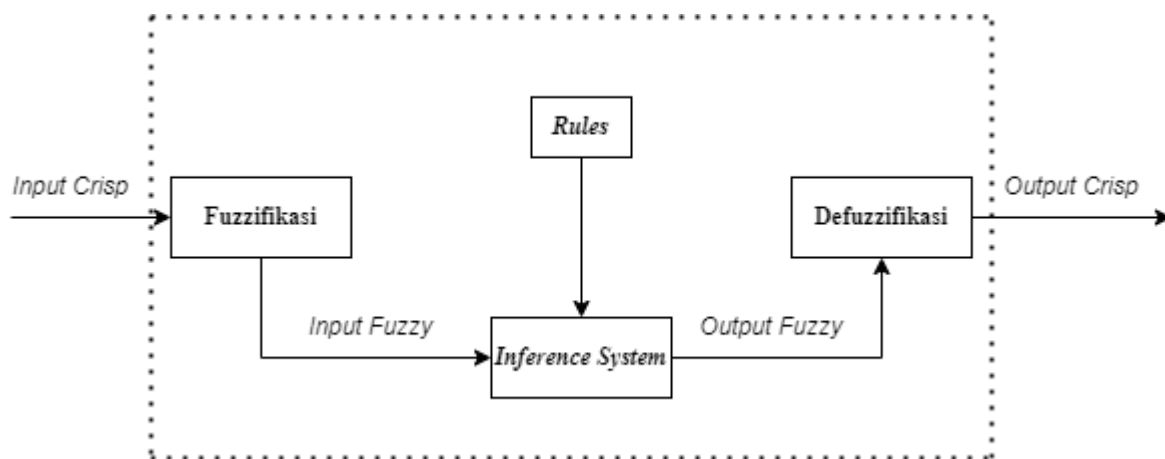
2.2.1 Logika Fuzzy

Logika *Fuzzy* adalah suatu metode klasik yang mengembangkan tingkatan kebenaran variabel dalam himpunan bilangan *real* antara 0 dan 1 ke dalam himpunan yang memiliki nilai keanggotaan tidak pasti antara 0 dan 1 sehingga logika *fuzzy* disebut juga dengan metode logika kabur (Djalal & Robandi, 2022). Logika *fuzzy* digunakan sebagai penghubung antara bahasa mesin dan bahasa manusia yang digunakan untuk menjelaskan ketidakpastian.

Definisi yang lain menyebutkan logika fuzzy adalah suatu metode sistem kontrol yang digunakan sebagai solusi untuk permasalahan yang cocok diterapkan dalam sistem, mulai dari sistem sederhana sampai sistem yang kompleks. Dalam logika klasik dinyatakan bersifat bilangan biner artinya ada dua kemungkinan, yaitu “ya atau tidak”, “benar atau salah”, “baik atau buruk”. Namun nilai yang digunakan sama besarnya tergantung pada bobot keanggotaan yang dimiliki (Ariya Caraka et al., 2015).

2.2.1.1 Logika Fuzzy Tipe-1

Logika *fuzzy* tipe-1 struktur utama pada gambar 2.1 Logika *fuzzy* tipe-1 memiliki empat proses yaitu fuzzifikasi, *rules* (aturan kaidah), inferensi (penarikan kesimpulan), dan defuzzifikasi (Zadeh, 1965).



Gambar 2.1 Proses Logika Fuzzy Tipe-1

Dalam proses logika *fuzzy* tipe-1 memiliki beberapa tahapan menurut (Ariya Caraka et al., 2015), yaitu:

1. Fuzzifikasi yaitu suatu proses yang digunakan dalam mengubah nilai *input* dan ke dalam himpunan *fuzzy* dan menentukan derajat keanggotaan dalam himpunan fuzzy yang digunakan pada tiap variabel *fuzzy* yang ditentukan berdasarkan data.
2. Inferensi yaitu suatu proses pemetaan pernyataan kualitatif yang dapat memperoleh tindakan dari *input* fuzzy dan *rules* fuzzy dengan menggunakan aturan IF-THEN yang dapat memudahkan sehingga menghasilkan fuzzy *output*. Dalam sistem inferensi terdapat metode, seperti metode Mamdani, metode Sugeno, dan metode Tsukamoto. Berikut fuzzy *rules* yang dituliskan: *IF antecedent THEN consequent*.
3. Defuzzifikasi yaitu suatu proses yang mengubah kembali dari *output* fuzzy menjadi nilai *Crisp* (nilai tunggal) untuk pengambilan keputusan.

A. Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy tipe-1 secara umum konsep yang meluaskan gagasan dari himpunan *crisp* yang nilai keanggotaannya memiliki nilai rentang antara 0 dan 1. Himpunan fuzzy *A* dapat didefinisikan pada semesta *X* dan ditandai dengan tingkat keanggotaan yang mengambil nilai interval 0 dan 1, artinya setiap anggota *x* dalam semesta pembicaraan *X* memiliki tingkat anggota tertentu dalam himpunan fuzzy *A*, sehingga menggambarkan sejauh mana himpunan *x* berdada dalam himpunan *A* (Mendel, 1995). Himpunan fuzzy yaitu suatu himpunan yang dapat diwakilkan sebagai fungsi keanggotaan dalam variabel fuzzy. Konsep himpunan fuzzy memiliki 2 macam atribut, yaitu (Sutojo et al., 2011):

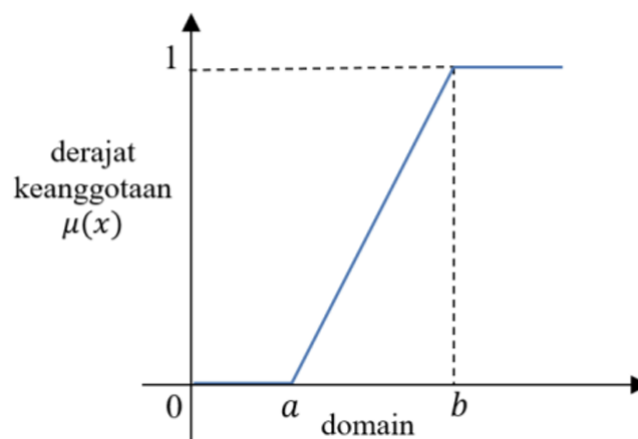
1. Linguistik, yaitu suatu kelompok yang mewakili pada keadaan tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti dingin, mewakili variabel temperatur
2. Numeris, yaitu suatu bentuk nilai yang dapat menunjukkan ukuran dari variabel, misalnya 20, 30, 50 dan lainnya.

B. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah suatu grafik yang dapat mewakili nilai dari derajat keanggotaan dari tiap variabel *input* berada dalam rentang 0 dan 1. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan yang menggambarkan suatu elemen (x) yang masuk dalam suatu himpunan fuzzy yang dinotasikan $\mu(x)$. Salah satu cara dalam menentukan nilai keanggotaan sebagai faktor bobot yang menentukan pengaruh saat melakukan inferensi dalam menarik kesimpulan (Sutojo et al., 2011). Berikut ini ada beberapa fungsi yang dapat digunakan, yaitu:

1. Representasi Linear

Representasi linear menggambarkan pemetaan nilai *input* ke dalam derajat keanggotaan sebagai garis lurus. Representasi linear terdapat 2 grafik keanggotaan yang pertama dengan representasi linear naik, yaitu kenaikan himpunan fuzzy dimulai dengan domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah menuju domain yang lebih tinggi (Sutojo et al., 2011).



Gambar 2.2 Representasi Linear Naik

Fungsi keanggotaan:

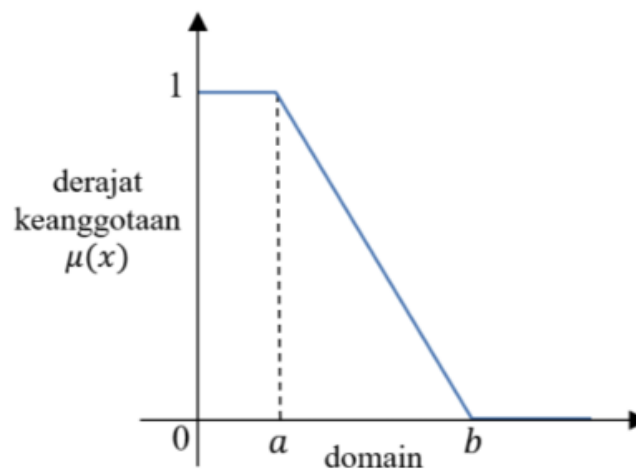
$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq a \\ (x - a)/(b - a) & ; \quad a \leq x \leq b \\ 1 & ; \quad x \geq b \end{cases} \quad (2.1)$$

Keterangan:

$\mu(x)$ = Derajat Keanggotaan

x = Nilai *input* yang akan diubah ke bilangan fuzzy dengan $a \leq x \leq b, x \in R$

Kedua, representasi linear turun adalah fungsi keanggotaan diwakili sebagai garis yang diawali derajat keanggotaan lebih tinggi menuju domain yang lebih rendah.



Gambar 2.3 Representasi Linear Turun

Fungsi keanggotaan:

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

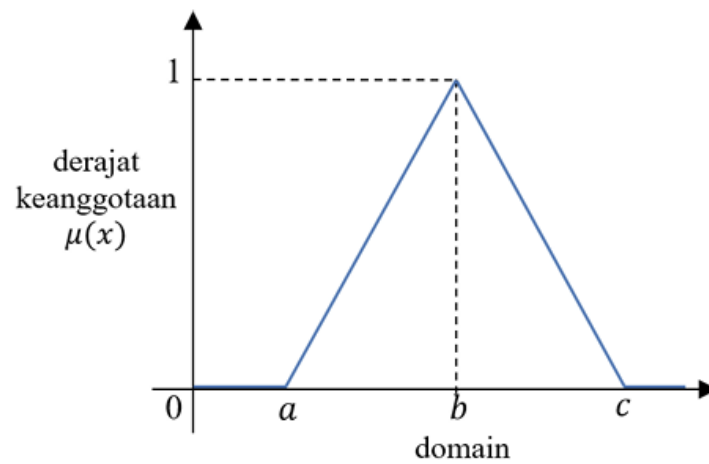
Keterangan:

$\mu(x)$ = Derajat Keanggotaan

x = Nilai *input* yang akan diubah ke bilangan fuzzy dengan $a \leq x \leq b, x \in R$

2. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga adalah gabungan antara 2 garis linear.



Gambar 2.4 Representasi Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & ; \quad x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ (c - x)/(c - b); & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.3)$$

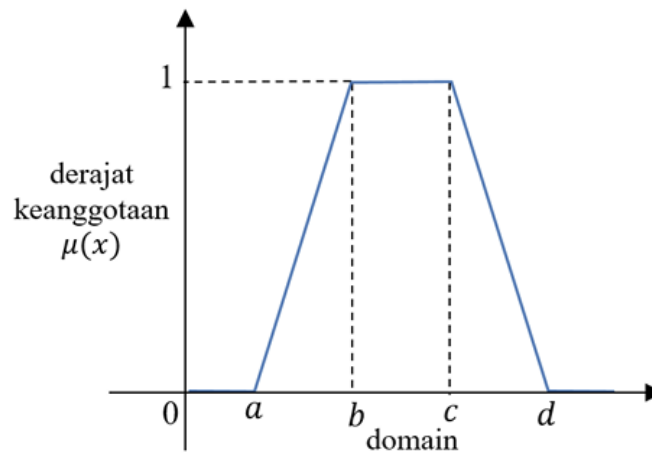
Keterangan:

$\mu(x)$ = Derajat Keanggotaan

x = Nilai *input* yang akan diubah ke bilangan fuzzy dengan $a \leq x \leq c, x \in R$

3. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium digambarkan sebagai gabungan antara dua garis (linear) yang memiliki beberapa titik dengan nilai keanggotaan satu.



Gambar 2.5 Representasi Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan:

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

Keterangan:

$\mu(x)$ = Derajat Keanggotaan

x = Nilai *input* yang akan diubah ke bilangan fuzzy dengan $a \leq x \leq d, x \in R$

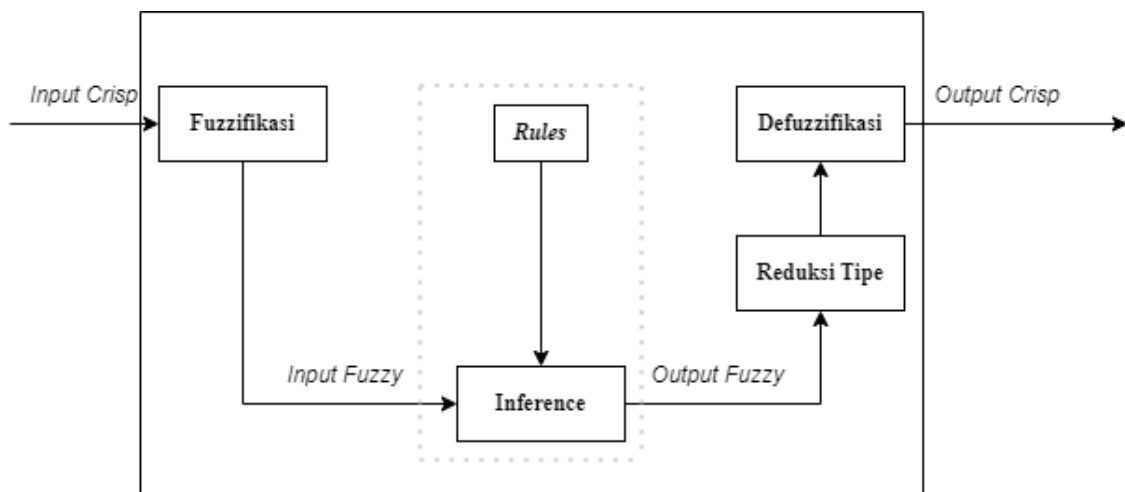
2.2.1.2 Logika Fuzzy Tipe-2

Dalam permasalahan harga jual produk kertas pembungkus hadiah dengan menggunakan logika fuzzy tipe-2 yang didapatkan berdasarkan pendapat para ahli yang berbeda dari masing-masing bidang, yaitu bidang marketing, bidang sistem manajemen informasi, dan bidang produksi. Sehingga dengan menggabungkan persepsi untuk mendapatkan hasil yang terbaik dari harga jual produk. Dalam permasalahan ini logika fuzzy tipe-2 diperlukan untuk menggabungkan persepsi ahli dari masing-masing bidang yang berbeda, sedangkan logika fuzzy tipe-1 hanya diperlukan dari persepsi satu ahli. Sehingga logika fuzzy tipe-2 dapat lebih baik dibandingkan logika fuzzy tipe-1 dalam permasalahan ketidakpastian dari data yang didapatkan dengan kompleks.

Logika fuzzy tipe-2 adalah pengembangan dari logika fuzzy tipe-1 yang mampu dalam menangani ketidakpastian kompleks yang tidak dimiliki oleh logika fuzzy tipe-1 (Karnik et al., 1999; Mendel, 2007, 2009; N. Karnik & M. Mendel, 2001). Logika fuzzy tipe-2 adalah pengembangan dari logika fuzzy tipe-1 yang mempunyai ketidakpastian lebih unggul, memiliki fungsi keanggotaan dan reduksi tipe memiliki potensi yang unggul. Logika fuzzy tipe-2 diciptakan oleh Profesor Lotfi Aliasker Zadeh pada tahun 1975 yang digunakan pengembangan dari logika fuzzy tipe-1. Pada tahun 1998 dipopulerkan oleh Mendel dan Karnik untuk melengkapi teori logika fuzzy tipe-2 (Sajiah, 2016). Himpunan keanggotaan dalam logika fuzzy tipe-2 dengan memiliki dua tingkat derajat keanggotaan, yaitu derajat keanggotaan primer dan sekunder. Dalam derajat keanggotaan menggunakan elemen memiliki tingkat keanggotaan berada di antara 0 dan 1 untuk memenuhi karakteristik dari himpunan fuzzy.

Logika fuzzy tipe-2 dapat berguna dalam lingkungan yang tidak diketahui dan ketidakpastian pengukuran (Mendel, 2000). Metode ini dapat meminimalkan kemungkinan dari efek ketidakpastian yang tidak dapat dimodelkan oleh Logika fuzzy tipe-1 (Mendel & Wu, 2002). Oleh karena itu, dalam logika fuzzy tipe-2 dapat meningkatkan fungsi keanggotaan dari logika fuzzy tipe-1 dengan melakukan penambahan pada tingkat dimensi dari derajat (Mendel & Wu, 2002).

Logika fuzzy tipe-2 memiliki proses struktur utama terdapat 5 bagian, terdiri dari fuzzifikasi, *rules* (aturan kaidah), inferensi (penarikan kesimpulan), reduksi tipe (mengubah himpunan fuzzy tipe-2 menjadi beberapa himpunan fuzzy tipe-1) dan defuzzifikasi (Liang & Mendel, 2000). Metode yang terdapat pada proses reduksi tipe terdapat 2 macam, yaitu metode *iterative* Karnik-Mendel (KM) dan metode Wu-Mendel (Wu & Mendel, 2002). Berikut ini diagram proses dari logika fuzzy tipe-2 dengan fungsi keanggotaan.

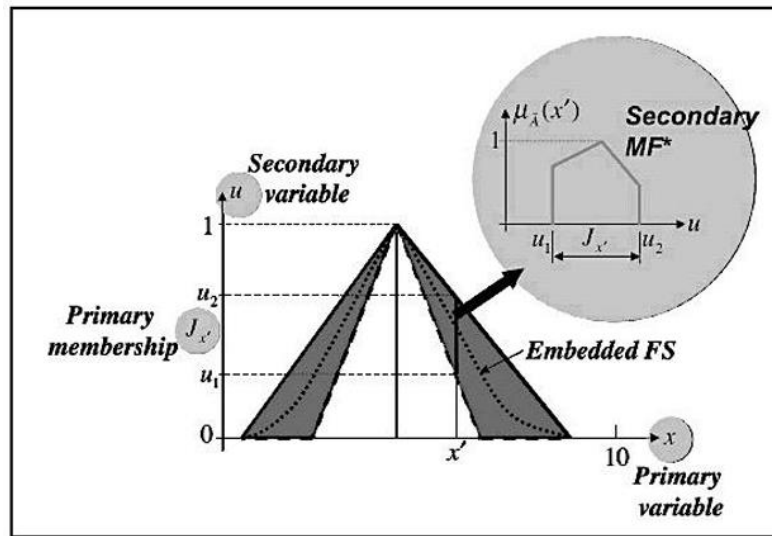


Gambar 2.6 Proses Logika Fuzzy Tipe-2

A. Himpunan Fuzzy Tipe-2

Logika fuzzy secara umum dapat melakukan solusi dengan memasukkan rentang nilai dari ketidakpastian antara 0 dan 1. Logika fuzzy tipe-1 dalam menentukan nilai yang kompleks dari ketidakpastian seperti kesalahan dalam pengukuran masih sangat sulit. Sehingga jenis himpunan fuzzy dapat menyelesaikan yang diperlukan, agar dapat menyelesaikan permasalahan yang kompleks dari masalah ketidakpastian dengan menggunakan logika fuzzy tipe-2 (John, 1998; Mendel & Bob John, 2002).

Derajat keanggotaan pada himpunan fuzzy tipe-1 bernilai *crisp* diantara 0 dan 1, himpunan fuzzy tipe-2 juga memiliki fungsi keanggotaan fuzzy. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan dapat digunakan pada setiap elemen dari himpunan fuzzy 0 dan 1. Himpunan fuzzy tipe-1 melakukan pendekatan dengan orde ke satu dalam menggambarkan ketidakpastian. Sedangkan himpunan fuzzy tipe-2 menggunakan pendekatan orde ke dua (Mendel, 2000). Himpunan fuzzy tipe-2 pada fungsi keanggotaan orde ke dua menambah satu dimensi lagi menjadi 3 dimensi yang digunakan pada fungsi keanggotaan. Berikut merupakan himpunan fuzzy tipe-2.



Gambar 2.7 Himpunan Fuzzy Tipe-2

Sumber: (Mendel, 2007)

Pada tiap nilai x merupakan suatu sub-set dari semesta pembicara X yang dapat disebut sebagai $\tilde{A}$ (Karnik et al., 1999).

$$\tilde{A} = \int_{x \in X} \mu_{\tilde{A}}(x)/x \quad (2.5)$$

Atau

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \int_u f_x(u)/u, u \in J_x \subseteq [0,1] \quad (2.6)$$

Keterangan:

x : variabel primer pada domain X

$\mu_{\tilde{A}}(x)$: nilai fungsi keanggotaan himpunan fuzzy tipe-2 dari x

$f_x(u)$: derajat sekunder dari u , dimana dari bobot yang didapatkan dengan tandai u

u : variabel sekunder yang memiliki domain J_x pada setiap nilai $x \in X$

J_x : variabel primer dari x

$\tilde{A}$: lambang dari himpunan fuzzy tipe-2

Dalam fungsi keanggotaan fuzzy tipe-2 $\mu_{\tilde{A}}(x, u)$ merupakan suatu karakteristik dari himpunan fuzzy tipe-2, dimana $x \in X$ dan $u \in J_x$ dalam interval $0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x, u) \leq 1$. Berikut merupakan rumus yang digunakan dalam menggambarkan himpunan fuzzy tipe-2.

$$\tilde{A} = \int_{x \in X} \int_{u \in J_x} \mu_{\tilde{A}}(x, u) / (x, u), J_x \subseteq [0, 1] \quad (2.7)$$

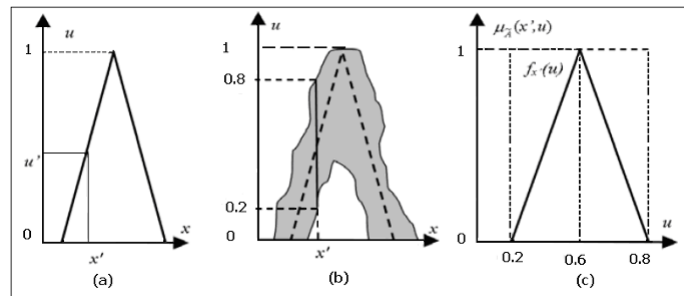
Dalam $\iint$ dapat menunjukkan union untuk semua kemungkinan yang didapatkan yaitu x dan u . Pada setiap dari nilai x , ($x = x'$), lus penampang yang digunakan pada bentuk 2 Dimensi memiliki titik koordinat u dan $\mu_{\tilde{A}}(x', u)$ disebut sebagai *vertical slice* dari $\mu_{\tilde{A}}(x', u)$. *Vertical slice* dari $\mu_{\tilde{A}}(x', u)$ dapat digunakan untuk fungsi keanggotaan sekunder. Sehingga dalam model $\mu_{\tilde{A}}(x = x', u)$ dapat dinyatakan.

$$\mu_{\tilde{A}}(x = x', u) = \mu_{\tilde{A}}(x') = \int_{u \in J_x} f_{x'}(u) / (u), J_x \subseteq [0, 1] \quad (2.8)$$

Keterangan :

$\mu_{\tilde{A}}(x') = \mu_{\tilde{A}}(x)$: fungsi keanggotaan sekunder, $0 \leq f_{x'}(u) \leq 1$ karena $\forall u \in J_x \subseteq [0, 1]$

Jika $f_x(u) = 1$, untuk $\forall u \in J_x \subseteq [0, 1]$ dapat digambarkan sebagai fungsi kanggotaan sekunder yang mewakili notasi fungsi keanggotaan tipe-2. Berikut merupakan himpunan interval dari fungsi keanggotaan.



Gambar 2.8 (a) Fuzzy Tipe-1, (b) Tipe-1 Ketidakpastian dan (c) Sekunder

B. Fungsi Keanggotaan *Footprint of Uncertainty*

Footprint of Uncertainty disebut sebagai nilai ketidakpastian yang disebabkan oleh kesulitan dalam menentukan *antecedent* dan *consequent* dari fungsi keanggotaan fuzzy. *Upper* dan *lower membership function* adalah dua fungsi keanggotaan tipe-1 yang membatasi daerah fungsi keanggotaan tipe-2. *Upper Membership Function* (UMF) adalah memiliki derajat

keanggotaan bernilai maksimum dalam FoU dengan dinotasikan dengan $\bar{u}_{\tilde{A}}$, *Lower Membership Function* (LMF) adalah suatu derajat keanggotaan dengan nilai minimum dalam FoU dapat dinotasikan dengan $\underline{u}_{\tilde{A}}$ (Qilian Liang & Mendel, 2000a). Model matematis dalam gabungan semua fungsi keanggotaan utama J_x dapat dinyatakan sebagai berikut.

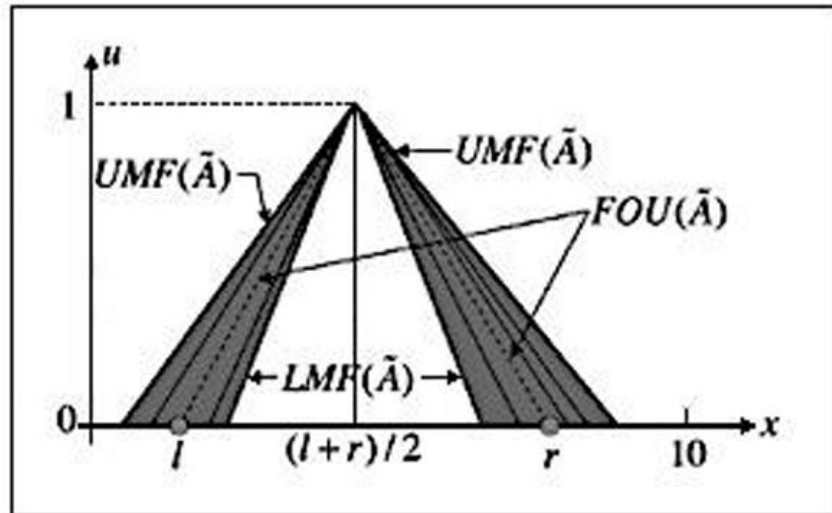
$$FOU(\tilde{A}) = \bigcup_{x \in X} J_x \quad (2.9)$$

$FOU(\tilde{A})$ dibatasi oleh fungsi keanggotaan atas (UMF) dan fungsi keanggotaan bawah (LMF) dapat dinyatakan sebagai persamaan berikut (Karnik & Mendel, 2002).

$$\bar{\mu}_{\tilde{A}}(x) = \overline{FOU(\tilde{A})} \quad (2.10)$$

$$\underline{\mu}_{\tilde{A}}(x) = \underline{FOU(\tilde{A})} \quad (2.11)$$

Berikut model dari *Footprint of Uncertainty* (FoU).



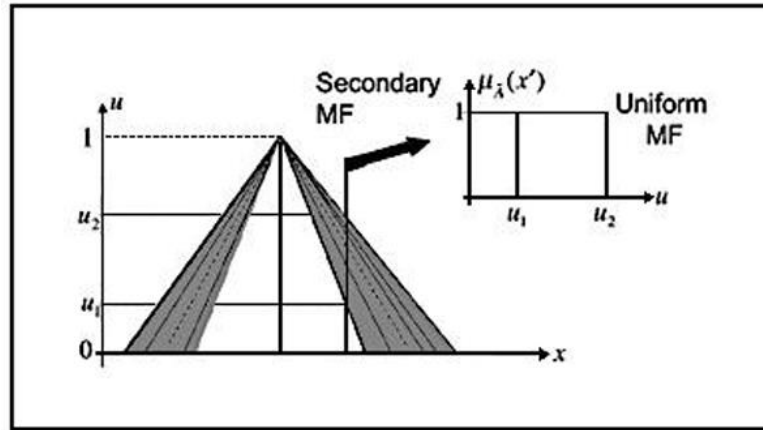
Gambar 2.9 *Footprint of Uncertainty* (FOU)

Sumber: (Mendel, 2007)

Jika pada setiap bobot yang dimiliki oleh derajat keanggotaan sama dengan 1 (satu), maka persamaan derajat keanggotaan logika fuzzy tipe-2 dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut (Mendel & Bob John, 2002).

$$\tilde{A} = 1 / [\bar{\mu}_{\tilde{A}}(x), \underline{\mu}_{\tilde{A}}(x)] \quad (2.12)$$

Berikut model dari fungsi keanggotaan area yang diarsir dengan bobot secara *uniform* dalam FOU, garis tebal bagian atas disebut UMF dan bagian bawah disebut LMF.



Gambar 2.10 Fungsi Keanggotaan Logika Fuzzy Tipe-2

Sumber: (Mendel, 2007)

C. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi dapat memetakan nilai *crisp* $x = (x_1, \dots, x_p)^T \in X_1 \times X_2 \times \dots \times X_p \equiv X$, ke dalam himpunan fuzzy tipe-2 ($\tilde{A}_x$) dalam X (Mendel, 2001). Dalam konteks ini, tipe fuzzifikasi singleton yang digunakan agar hanya satu titik yang menghasilkan nilai tidak nol (Liang & Mendel, 2000; Mendel, 2001). $\tilde{A}_x$ merupakan suatu himpunan fuzzy tipe-2 singleton jika $\bar{\mu}_{\tilde{A}_x}(x) = 1/1$ untuk $x=x'$ dan $\bar{\mu}_{\tilde{A}_x}(x) = 1/0$ untuk semua $x \neq x'$.

D. Kaidah Rules

Struktur aturan yang digunakan pada logika fuzzy tipe-1 dan tipe-2 adalah sama, tetapi dalam logika fuzzy tipe-2 *antecedents* dan *consequents* dapat direpresentasikan menggunakan himpunan fuzzy tipe-2. sehingga untuk himpunan logika fuzzy tipe-2 dengan *input* p ke $x_1 \in X_1, \dots, x_p \in X_p$ dan satu *output* $y_k \in Y_k$ untuk *Multiple Input Single Output* (MISO), jika diasumsikan aturan M , maka aturan ke- i pada logika fuzzy tipe-2 dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$R^i: \text{IF } x_1 \text{ is } \tilde{F}_1^i \text{ and } \dots \text{ and } x_p \text{ is } \tilde{F}_p^i, \text{ THEN } y \text{ is } \tilde{G}_k^i \quad i = 1, \dots, M \quad (2.13)$$

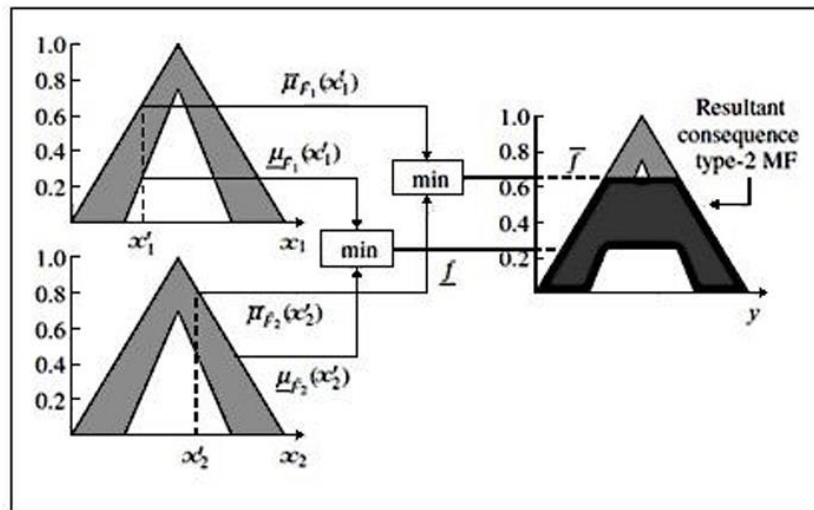
Dalam kaidah *rules* dari himpunan logika fuzzy tipe-2 dapat direlasikan dari *input* $x \times \dots \times x_p$ ke dalam ruang *output* y dari inferensi fuzzy (Qilian Liang & Mendel, 2000b)

E. Inferensi Fuzzy

Pada logika fuzzy tipe-2, sistem inferensi dapat menggabungkan aturan serta memberikan pemetaan dari *output* himpunan fuzzy tipe-2 ke *input* himpunan fuzzy tipe-2 menggunakan komposisi *extended sup-star*.

Komposisi *extended sup-star* didapatkan dengan melakukan perluasan komposisi *extended sup-star* dari fungsi keanggotaan fuzzy tipe-1 dengan menggantikan fungsi keanggotaan fuzzy tipe-1 dengan fungsi keanggotaan fuzzy tipe-2. Proses operasi yang digunakan dapat melibatkan operasi gabungan dan operasi irisan (Karnik & Mendel, 2002). komposisi *extended sup-star* digunakan dalam perhitungan logika fuzzy tipe-1 dan logika fuzzy tipe-2. Kaidah aturan yang diterapkan dapat dianggap sebagai kumpulan kaidah yang dapat melakukan pemetaan dari multi *input* ke *single output*. Sehingga dalam setiap kaidah yang memiliki p input $x_1 \in X_1, \dots, x_p \in X_p$ dan satu *output* $y_k \in Y_k$ (Mendel, 2001).

$$R^1: \text{IF } x_1 \text{ is } \tilde{F}_1^i \text{ and } \dots \text{ and } x_p \text{ is } \tilde{F}_p^i, \text{ THEN } y \text{ is } \tilde{G}_k^i \quad i = 1, \dots, M \quad (2.13)$$



Gambar 2.11 Inferensi Fuzzy

Sumber: (Mendel, 2007)

R^1 digambarkan oleh fungsi keanggotaan MFs (*membership functions*) $\mu_{R^i}(x, y_k) = \mu_{R^i}(x_1, \dots, x_p, y_k)$, dimana

$$\mu_{R^i}(x, y) = \mu_{\tilde{A}^i \rightarrow \tilde{G}^i}(x, y) = \mu_{\tilde{F}_1^i}(x_1) \dots \mu_{\tilde{F}_p^i}(x_p) \dots \mu_{\tilde{G}_p^i}(y_k) \quad (2.14)$$

Secara umum, dimensi p dari *input* ke dalam R^1 yang diberikan dalam himpunan fuzzy tipe-1 $\tilde{A}_x$ dengan memiliki nilai,

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \mu_{\tilde{x}_1}(x_1) \prod \dots \prod \mu_{\tilde{x}_p}(x_p) = \prod_{i=1}^p \mu_{\tilde{x}_1}(x_1) \quad (2.15)$$

Dalam $\tilde{X}_1 (i = 1, \dots, p)$ adalah suatu label dari himpunan fuzzy yang menggambarkan *input*. Setiap kaidah *rules* R^1 dapat menentukan suatu aturan dalam himpunan fuzzy tipe-2 $\tilde{B}^1 = \tilde{A}_x \circ R^1$ dapat dinyatakan sebagai berikut (Qilian Liang & Mendel, 2000a).

$$\mu_{B^1}(y) = \mu_{\tilde{A}_x \circ R^1} = \bigwedge_{x \in X} [\mu_{\tilde{A}_x}(x) \prod [\mu_{R^1}(x, y)]] \quad y \in Y, l = 1, \dots, M \quad (2.16)$$

Ketergantungan yang dilakukan dalam melakukan *output relasi* ditunjukkan pada persamaan yang berlaku antara himpunan fuzzy tipe-2 dengan melakukan pengaktifan aturan dalam sistem *interference* dan himpunan fuzzy tipe-2 pada sistem *output* $\prod_{i=1}^p \mu_{\tilde{F}_{i1}}(x'_1 \equiv F^1(x'))$ dalam bentuk himpunan fuzzy tipe-1 yang dinyatakan sebagai (Qilian Liang & Mendel, 2000a).

$$F^1(x') = [\underline{f}^1(x'), \bar{f}^1(x')] = [\underline{f}^1, \bar{f}^1] \quad (2.17)$$

Interval aktif yaitu level bawah dan level atas yang di hitung menggunakan minimum *t-norm*, berikut:

Level bawah

$$\underline{f}^1(x') = \min [\underline{\mu}_{\tilde{F}_1^1}(x'_1), \dots, \underline{\mu}_{\tilde{F}_p^1}(x'_p)] \quad (2.18)$$

Level atas

$$\bar{f}^1(x') = \min [\bar{\mu}_{\tilde{F}_1^1}(x'_1), \dots, \bar{\mu}_{\tilde{F}_p^1}(x'_p)] \quad (2.19)$$

Operasi dari perhitungan $\underline{f}^1(x')$ menggunakan *t-norm* batas bawah FOU ($\tilde{G}$) dan $\bar{f}^1(x')$ menggunakan *t-norm* batas atas dari FOU ($\tilde{G}$)

F. Reduksi Tipe

Reduksi tipe adalah lanjutan dari proses defuzzifikasi tipe-1. Metode ini diperoleh dengan menerapkan prinsip lanjutan dari Zadeh k metode defuzzifikasi tertentu yang menghasilkan pemetaan dari logika fuzzy tipe-2 menjadi logika fuzzy tipe-1 (Karnik & Mendel, 1998). Setelah melakukan proses reduksi tipe, himpunan tersebut kemudian dilakukan proses defuzzifikasi untuk menghasilkan *ouput*. Proses himpunan yang tereduksi terbagi menjadi dua langkah. Langkah pertama adalah menghitung centeroid dari konsekuensi fuzzy tipe-2 dalam setiap aturan, langkah kedua terjadi setiap siklus kontrol untuk menghitung set tipe-reduksi yang akan di defuzzifikasi sehingga menghasilkan *output* yang diinginkan.

Metode proses reduksi tipe memiliki beberapa jenis, seperti *centroid*, *center-ofsets*, *center-of-sums*, dan *height type-reduction*. Namun, dalam proses logika fuzzy tipe-2 terlepas

dari metode reduksi tipe atau bagaimana input dimodelkan, hasil dari reduksi tipe selalu berupa himpunan interval dan ditentukan oleh titik batas kanan $y_r(x)$ dan titik batas kiri $y_l(x)$ (Hagras, 2004).

Reduksi tipe umumnya menghasilkan jenis himpunan fuzzy tipe-1, kemudian diubah menjadi *output numeric* dengan menggunakan defuzzifikasi. Himpunan fuzzy tipe-1 dilakukan penyelesaian secara iterative dari metode reduksi tipe dengan menggunakan algoritma *center-of-sets* (cos) atau disebut sebagai $Y_{cos}(x)$ (Karnik & Mendel, 1999).

$$Y_{cos}(x) = [y_l, y_r] = \int_{y^1 \in [y_l^1, y_r^1]} \dots \int_{y^M \in [y_l^M, y_r^M]} \int_{f^1 \in [f_l^1, f_r^1]} \dots \int_{f^M \in [f_l^M, f_r^M]} 1 / \frac{\sum_{i=1}^M f^i y^i}{\sum_{i=1}^M f^i} \quad (2.20)$$

Interval ditentukan oleh nilai y_l dan y_r yang berhubungan dengan *centeroid* dari himpunan fuzzy tipe-2 konsekuen $\tilde{G}$. Persamaan dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$C_{\tilde{G}} = \int_{\theta_1 \in J_{y^1}} \dots \int_{\theta_N \in J_{y^N}} 1 / \frac{\sum_{i=1}^N y_i \theta_i}{\sum_{i=1}^N \theta_i} = [y_l^i, y_r^i] \quad (2.21)$$

Sebelum melakukan perhitungan $Y_{cos}(x)$, jika nilai f_i dan y_i yang berasosiasi dengan y_l dinotasikan sebagai f_l dan y_l , dan nilai f_i dan y_i yang berasosiasi dengan y_r masing-masing dinotasikan sebagai f_r dan i . Dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$y_r = \frac{\sum_{n=1}^N \bar{y}^n f^n}{\sum_{n=1}^N f^n} \quad (2.22)$$

$$y_l = \frac{\sum_{n=1}^N \underline{y}^n f^n}{\sum_{n=1}^N f^n} \quad (2.23)$$

G. Defuzzifikasi

Tahapan defuzzifikasi adalah proses terakhir dari logika fuzzy yang menghasilkan nilai nyata sebagai representasi dari keputusan. Proses ini dilakukan menghitung nilai yang tegas atau sebenarnya dari suatu himpunan tereduksi dengan rata-rata nilai paling kiri y_l dan nilai paling kanan y_r dinyatakan sebagai berikut

$$y = \frac{y_l + y_r}{2} \quad (2.23)$$

2.2.2 Pendukung Keputusan

Keputusan merupakan suatu proses yang digunakan dalam seleksi pilihan atau opsi yang paling efektif dalam menyelesaikan suatu permasalahan yang terjadi. Karakteristik dari keputusan terdiri dari adanya beragam pilihan, persyaratan yang harus terpenuhi, penerapan metode atau pola tertentu, memiliki beberapa variabel, konsekuensi dari Keputusan yang diambil serta ketepatan, kebenaran dan kecepatan dalam melakukan keputusan (Kusrini, 2007). Sistem pendukung keputusan biasanya dibuat untuk mendukung Solusi dari suatu permasalahan atau menjadi bahan evaluasi suatu peluang. Sistem pendukung Keputusan ditujukan dalam mendukung manajemen dalam melakukan pekerjaan yang bersifat analitis dengan situasi yang tidak pasti dan kurang jelasnya dari kriteria (Zulita, 2013).

Karakteristik dan prinsip dasar yang digunakan dari sistem pengambilan keputusan adalah suatu proses melibatkan pemilihan di antara berbagai macam alternatif tindakan untuk menyelesaikan masalah dalam menggapai tujuan tertentu. Secara umum, pengambilan keputusan merupakan suatu teknik yang digunakan ketika terjadi situasi yang memerlukan keputusan terkait dengan masalah atau kondisi tertentu. dalam menyusun suatu model keputusan dengan menciptakan kerangka atau model matematis yang dirancang berdasarkan hubungan logis dalam mendukung proses pengambilan keputusan yang mencerminkan interaksi antar faktor yang sesuai (Arman & Defiariany, 2017). Berikut tahapan dalam pengambilan keputusan (Maarif et al., 2019).

1. Tahap Pemahaman

Tahap ini terkait proses pemahaman dan pengenalan permasalahan yang memerlukan pengambilan keputusan. Dalam tahap ini juga melibatkan identifikasi masalah, tujuan kriteria yang sesuai dan pengumpulan informasi yang dibutuhkan.

2. Tahap Perancangan

Dalam tahap ini, pengambilan Keputusan merancang berbagai macam pilihan dari tindakan yang potensial sebagai solusi untuk permasalahan dalam mencapai tujuan. Selain itu, tahapan ini juga mencakup penetapan kriteria yang digunakan dalam evaluasi alternatif yang dirancang.

3. Tahap Pemilihan

Pada tahap ini, pembuat keputusan mengembangkan solusi untuk rancangan yang sudah digunakan, melakukan evaluasi dan analisis terhadap solusi yang dipilih berdasarkan

kriteria yang telah ditentukan dan memilih alternatif yang sesuai dengan tujuan yang akan dicapai.

4. Tahap Implementasi

Pada tahap ini, pengambil keputusan melakukan tindakan dalam mengimplementasikan alternatif yang terpilih. Tahap ini juga mengevaluasi efektivitas tindakan yang diambil untuk memastikan bahwa pilihan tersebut berhasil dalam mencapai tujuan yang ditentukan.

2.2.3 Geometric Mean

Geometric mean adalah jenis rata-rata yang digunakan untuk melakukan perhitungan nilai tengah yang didapatkan dari rasio, persentase, dan nilai perubahan pada periode tertentu yang dibandingkan dengan periode lainnya (Perdana & Demiral, 2018). Perhitungan *geometric mean* didapatkan dengan rumus:

$$G = \sqrt[n]{X_1 \cdot X_2 \cdot \dots \cdot X_n} \quad (2.24)$$

Keterangan:

G : *Geometric Mean*

$(X_1 \cdot X_2 \cdot \dots \cdot X_n)$: Nilai-nilai kumpulan data

n : jumlah nilai dalam kumpulan data

Setelah mendapatkan perhitungan *geometric mean*, dilakukan perhitungan *geometric mean* terbobot yang digunakan untuk mengetahui hasil akhir gabungan dari nilai terbobot dengan nilai *geometric mean*. Berikut perhitungan dari akhir *geometric mean*:

$$\text{Skor akhir } goemetric \text{ mean} = \sum_{i=1}^n (\text{Weight } i \times \text{Geo Mean } i) \quad (2.25)$$

Hasil akhir *geometric mean* digunakan sebagai nilai *input* reduksi tipe untuk menjaga stabilitas hasil dan mengurangi bias pada data agar nilai yang dihasilkan sesuai.

2.2.4 Harga

Harga adalah suatu komponen dari pemasaran yang menghasilkan pendapatan komponen lainnya dalam menghasilkan biaya. Harga sering kali menjadi aspek termudah untuk diubah dalam strategi pemasaran. Fitur produk, distribusi, dan promosi yang memerlukan waktu lebih lama untuk diatur. Selain itu, harga berperan dalam menyampaikan persepsi nilai suatu

produk kepada pasar. Harga menjadi faktor yang penting dalam menarik perhatian pembeli, apabila harga yang ditetapkan terlampaui tinggi atau tidak terlalu mahal ataupun tidak terlalu murah, maka konsumen cenderung menganggap harga tersebut sesuai dengan harga yang diharapkan (Santoso & Setiawati, 2023).

2.2.5 Penetapan Harga

Penetapan harga adalah proses yang menentukan dalam seberapa besarnya pendapatan yang diperoleh oleh perusahaan dari produk maupun jasa yang dihasilkan. Dalam proses penetapan harga, perusahaan harus menghubungkan produk yang ingin dipasarkan, yang berarti dengan mempelajari kebutuhan, keinginan, dan harapan pelanggan (Usli, 2022).

Pengertian yang lain, menjelaskan bahwa perusahaan dapat mengharapkan salah satu dari lima tujuan dalam menetapkan harga, yaitu bertahan hidup (*survival*), laba maksimum (*maximum current profit*), pangsa pasar maksimum (*maximum market share*), pemerahan pasar maksimum (*maximum market skimming*), pemimpin dalam kualitas (*product quality leadership*), dan tujuan yang lain (*other objectives*) (Kotler & Keller, 2012).

2.2.6 Penerapan Logika Fuzzy Tipe-2 dalam Industri

Penerapan logika fuzzy tipe-2 dalam bidang industri yang digunakan dalam pengambilan keputusan dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas. Logika fuzzy tipe-2 dapat digunakan dalam sistem yang memiliki ketidakpastian dan kompleksitas yang banyak terjadi dalam bidang industri, seperti digunakan dalam perhitungan jumlah produksi gula tebu, pengisian energi surya dan pengendalian PH air. Berikut merupakan penerapan logika fuzzy tipe-2 dalam bidang industri.

1. Pada pengendalian produk gula dapat menggunakan logika fuzzy tipe-2 untuk memprediksi fluktuasi jumlah produksi gula tebu (juta ton/tahun) diketahui dengan variabel curah hujan (mm/tahun), rata-rata rendemen (%/tahun), jumlah produksi tebu (juta ton/tahun). Hal ini digunakan dalam membantu dalam efisiensi produk dan mengurangi biaya (Ekawati, 2021).
2. Pada kendali PH air dapat menggunakan logika fuzzy tipe-2 digunakan untuk melakukan pengambilan keputusan pada PH air karena bersifat ambiguitas atau ketidakpastian yang tinggi. Hal ini dapat membantu pengembangan IPTEK dalam bidang industri pertanian (Wijaya et al., 2022).

3. Pada pengisian energi surya dengan menggunakan logika fuzzy tipe-2 untuk mengoptimalkan pengisian energi surya pada sistemnya. Sistem dapat menyesuaikan pengisian energi berdasarkan kondisi sistem dan meminimalkan kerusakan (Widya Mulya et al., 2021).

2.2.7 *Python*

Python adalah suatu bahasa pemrograman yang digunakan oleh pembuat program dalam membuat perancangan program yang berfokus pada keterbacaan kode yang mudah dipahami. Dalam menggunakan bahasa pemrograman *python* terdapat aturan yang harus dipenuhi dalam menjalankannya. Hal ini dapat menjauhkan dari *error* pada programnya (Pasek et al., 2022).

BAB III

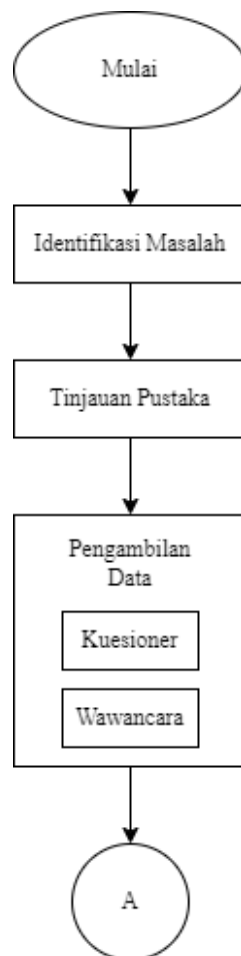
METODE PENELITIAN

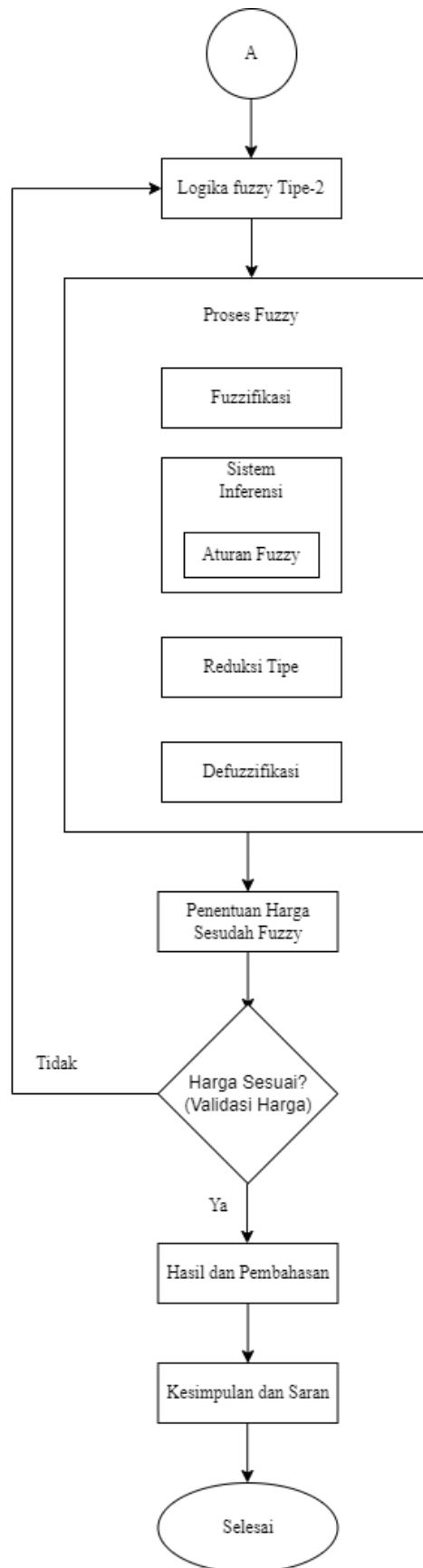
3.1 Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini difokuskan pada persepsi para ahli dari bidang marketing, sistem informasi manajemen, dan produksi dengan memilih logika fuzzy tipe-2 sebagai sistem pendukung keputusan dalam penentuan harga jual produk kertas pembungkus hadiah yang layak.

3.2 Alur Penelitian

Alur penelitian pada penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan langkah-langkah peneliti dalam merancang penelitian ini dari awal sampai akhir. Berikut merupakan *flowchart* alur penelitian ini.





Gambar 3.1 Alur Penelitian

3.3 Identifikasi Masalah

Salah satu hal sangat penting dalam melakukan penjualan suatu produk dengan melihat harga yang ditawarkan apakah sesuai dengan *raw material quality* yang digunakan, *design aesthetic* dengan kualitas yang baik, *customer service* yang tanggap kepada konsumen, dan *convenience* yang dapat memenuhi kebutuhan konsumen dalam minimal waktu untuk kepercayaan dari konsumen. Identifikasi masalah yang dilakukan pada harga jual kertas pembungkus hadiah, perusahaan belum mempertimbangkan pengembangan produk. Dimana perlu dilakukan pengembangan produk yang didapatkan dari hasil harga jual untuk keberlangsungan pengembangan perusahaan dimasa mendatang. Tujuan penelitian ini adalah mengimplementasikan keputusan yang dilakukan berdasarkan persepsi para ahli dalam memilih logika fuzzy tipe-2 yang digunakan sebagai pendukung keputusan dalam menentukan harga jual kertas pembungkus hadiah yang layak.

3.4 Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka terdapat kajian induktif dan kajian deduktif. Kajian induktif menjelaskan dari penelitian terdahulu yang digunakan sebagai landasan atau acuan dari penelitian ini dan mengetahui perbandingan antara satu penelitian dengan penelitian yang lainnya. Sedangkan kajian deduktif digunakan untuk mendapatkan suatu konsep dasar teori terkait penelitian ini yang sesuai.

3.5 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini terdapat dari data primer dan data sekunder, kedua data ini yang digunakan dalam melakukan penelitian.

1. Data primer, yaitu data yang didapatkan dari kegiatan yang berlangsung tanpa melalui perantara. Data yang digunakan dalam penelitian ini melalui wawancara, dan *group discussion*. Wawancara yang dilakukan kepada pihak Perusahaan berdasarkan dari sudut pandang para ahli pada manajer bidang marketing, sistem informasi manajemen, dan produksi terhadap variabel *raw material quality*, *aesthetic design*, *quality of the web system to place customized order*, dan *quality of the web system for after sales service*. Variabel output, yaitu *selling price*,
2. Data sekunder, yaitu data yang didapatkan melalui perantara seperti melalui jurnal, buku, artikel dan dokumen lainnya. Data sekunder digunakan untuk membantu penelitian ini.

3.6 Pengolahan Data

Setelah data yang dibutuhkan terkumpul, maka dilakukan dengan pengolahan data yang dilakukan sesuai dengan metode dalam penelitian ini. Berikut merupakan langkah dalam pengolahan data.

1. Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy dilakukan untuk mengidentifikasi batasan yang diterapkan dalam proses fuzzifikasi dan defuzzifikasi. Pembentukan himpunan fuzzy dilakukan dari data harga penjualan produk yang memungkinkan dalam menentukan domain dan batasan pada setiap himpunan.

2. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi dilakukan dengan tujuan untuk mengukur derajat keanggotaan pada setiap nilai *input* yang berkaitan dengan himpunan fuzzy. Derajat keanggotaan ditentukan oleh parameter yang telah ditetapkan pada masing-masing himpunan fuzzy. Dalam himpunan fuzzy tipe-2 *singeleton* jika $\bar{\mu}_{\tilde{A}x}(x) = 1/1$ untuk $x=x'$ dan $\bar{\mu}_{\tilde{A}x}(x) = 1/0$ untuk semua $x \neq x'$.

3. Sistem Inferensi

Kaidah aturan yang digunakan Kaidah aturan yang diterapkan dapat dianggap sebagai kumpulan kaidah yang dapat melakukan pemetaan dari *multi input* ke *single output*. Dengan persamaan aturan yang dibuat yaitu:

$$R^1: \text{IF } x_1 \text{ is } \tilde{F}_1^i \text{ and } \dots \text{ and } x_p \text{ is } \tilde{F}_p^i, \text{ THEN } y \text{ is } \tilde{G}_k^i \quad i = 1, \dots, M \quad (3.1)$$

4. Reduksi Tipe

Reduksi tipe digunakan dengan tujuan mengubah himpunan fuzzy tipe-2 menjadi himpunan tipe-1 yang dapat mempermudah dalam melakukan proses *output* yang akan dilanjutkan ke defuzzifikasi. Reduksi tipe memiliki berbagai macam *algorithm* diantaranya metode karnik-mendel, wu-mendel, enhanced karnik-mendel, *genetic algorithms*, *particle swarm optimization*, interval type-2 fuzzy logic systems, dan lainnya. Himpunan fuzzy tipe-1 yang didapatkan dari reduksi tipe dengan penyelesaian secara *iterative* menggunakan algoritma *center-ofsets* (cos) atau disebut sebagai $Y_{cos}(x)$. Reduksi tipe selalu berupa himpunan interval dan ditentukan oleh titik batas kanan $y_r(x)$ dan titik batas kiri $y_l(x)$.

$$y_r = \frac{\sum_{n=1}^N \bar{y}^n f^n}{\sum_{n=1}^N f^n} \quad (3.2)$$

$$y_l = \frac{\sum_{n=1}^N y^n f^n}{\sum_{n=1}^N f^n} \quad (3.3)$$

5. Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi merupakan tahapan terakhir dalam proses fuzzy dengan menghasilkan *output* yang digunakan dalam keputusan dan tindakan yang nyata.

$$y = \frac{y_l + y_r}{2} \quad (3.4)$$

3.7 Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian yang diperoleh dari pengolahan data telah selesai, maka dilakukan analisis data digunakan untuk mengetahui kekurangan atau kelebihan dari pengolahan data yang telah dilakukan. Setelah itu dapat dilakukan rekomendasi dari hasil penelitian ini.

3.8 Kesimpulan dan Saran

Pada bagian ini menjelaskan terkait menjawab pertanyaan dari rumusan masalah yang telah ditetapkan pada awal penelitian. Selain itu, terdapat saran dan rekomendasi yang dapat digunakan sebagai bahan penelitian selanjutnya.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan merupakan data yang dilakukan dengan wawancara terkait penentuan harga jual yang digunakan pada produk kertas pembungkus hadiah. Data yang didapatkan dalam penelitian ini meliputi data *raw material quality*, *aesthetic design*, *quality of the web system to place customized order*, dan *quality of the web system for after sales service* yang digunakan sebagai faktor yang mempengaruhi penjualan produk dalam mendapatkan harga jua atau *selling price* yang terbaik. Data yang digunakan pada faktor penjualan produk sebagai landasan dalam membangun suatu model.

Tabel 4.1 Data Kuesioner Variabel *Input*

Variabel Input	Atribut	Weight	Min	Average	Max	Geo Mean	Final Score Mean
Raw Materials Quality	Kertas pembungkus terasa tahan lama dan kokoh.	0,15	3	4,05	5	3,93	3,95
	Tekstur kertas pembungkus halus dan konsisten	0,05	3	4,72	5	4,14	
	Warna kertas pembungkus cerah dan sesuai dengan deskripsi.	0,05	3	3,82	5	3,86	
	Kertas pembungkus memiliki hasil akhir yang menarik (<i>glossy & matte</i>).	0,1	3	4,16	5	3,97	
	Ketebalan kertas pembungkus cocok untuk berbagai kebutuhan pembungkusan.	0,05	3	4,78	5	4,15	
	Kertas pembungkus tidak	0,1	3	4,18	5	3,97	

Variabel Input	Atribut	Weight	Min	Average	Max	Geo Mean	Final Score Mean
Aesthetic Design	mudah robek saat digunakan.						
	Desain cetakan pada kertas pembungkus berkualitas tinggi.	0,1	3	4,09	5	3,94	
	Kertas pembungkus bertahan dengan baik di bawah perekat dan lem lainnya.	0,1	3	4,69	5	4,13	
	Bahan baku yang digunakan dalam kertas pembungkus tampak berkualitas tinggi.	0,15	3	3,90	5	3,88	
	Kertas pembungkus memiliki tampilan dan nuansa premium.	0,15	3	3,73	5	3,82	
	Desain pada kertas pembungkus terlihat menarik.	0,2	3	4,11	5	3,95	3,94
	Kombinasi warna yang digunakan pada kertas pembungkus menarik.	0,1	3	3,73	5	3,82	
	Pola pada kertas pembungkus unik dan kreatif.	0,1	2	4,75	5	3,62	
	Desain kertas pembungkus cocok untuk berbagai acara (misalnya, ulang tahun, liburan, dll.).	0,1	3	4,23	5	3,99	

Variabel Input	Atribut	Weight	Min	Average	Max	Geo Mean	Final Score Mean
Quality of the web system to place customised order	Desain kertas pembungkus sesuai dengan tren saat ini.	0,1	3	4,27	5	4,00	
	Estetika keseluruhan dari kertas pembungkus meningkatkan pengalaman memberikan hadiah.	0,2	3	3,94	5	3,90	
	Saya cenderung merekomendasikan kertas pembungkus ini kepada orang lain berdasarkan desainnya.	0,2	3	4,69	5	4,13	
	Situs web mudah dinavigasi.	0,1	3	4,51	5	4,07	3,94
	Proses pemesanan khusus sederhana dan mudah.	0,1	3	3,80	5	3,85	
	Situs web memuat dengan cepat dan berfungsi dengan baik.	0,05	3	4,66	5	4,12	
	Desain dan tata letak situs web terlihat menarik.	0,05	2	3,91	5	3,39	
	Mudah menemukan informasi tentang opsi produk dan kustomisasi.	0,15	3	4,10	5	3,95	
	Situs web menyediakan	0,1	3	4,46	5	4,06	

Variabel Input	Atribut	Weight	Min	Average	Max	Geo Mean	Final Score Mean
Quality of the web system for after sales service	instruksi yang jelas dan rinci untuk melakukan pemesanan khusus.						
	Proses pembayaran di situs web aman dan efisien.	0,1	3	3,99	5	3,91	
	Opsi dukungan pelanggan yang tersedia di situs web sangat membantu.	0,1	3	3,51	5	3,75	
	Situs web menampilkan pratinjau desain kertas pembungkus khusus dengan akurat.	0,1	3	4,53	5	4,08	
	Secara keseluruhan, saya puas dengan pengalaman menggunakan situs web untuk melakukan pemesanan khusus.	0,15	3	4,35	5	4,03	
	Situs web mudah digunakan untuk mengakses layanan purna jual.	0,1	3	4,21	5	3,98	4,04
	Mudah menemukan informasi kontak untuk dukungan pelanggan di situs web.	0,15	3	3,90	5	3,88	
	Waktu tanggapan dari tim dukungan pelanggan memuaskan.	0,15	3	4,59	5	4,10	

Variabel Input	Atribut	Weight	Min	Average	Max	Geo Mean	Final Score Mean
	Situs web menyediakan informasi yang berguna dan jelas tentang layanan purna jual.	0,1	3	4,77	5	4,15	
	Sistem obrolan langsung atau pesan di situs web efisien dan efektif.	0,15	3	4,58	5	4,10	
	Situs web memungkinkan saya untuk dengan mudah melacak dan mengelola permintaan layanan penjualan saya.	0,15	3	4,29	5	4,01	
	Secara keseluruhan, saya puas dengan layanan penjualan yang disediakan melalui situs web.	0,2	3	4,51	5	4,07	

Berikut merupakan tabel data yang digunakan untuk perbandingan hasil harga jual kertas pembungkus hadiah yang ditetapkan perusahaan dengan hasil dari logika fuzzy tipe-2.

Tabel 4.2 Harga Jual dan Volume Penjualan Perusahaan

Data	Selling Price	Sales Volume
1	12200	190
2	12900	188
3	17000	162
4	10900	196
5	17000	171
6	11900	189
7	10000	200

Data	<i>Selling Price</i>	<i>Sales Volume</i>
8	11600	192
9	15000	174
10	10300	198
11	13700	181
12	10600	197
13	13900	180
14	14800	174
15	16100	172

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Model Sistem Logika Fuzzy Tipe-2

Pada sistem logika fuzzy tipe-2 digunakan dalam pengambilan keputusan yang kompleks. Logika fuzzy tipe-2 terbagi menjadi beberapa bagian proses fuzzifikasi, inferensi, reduksi tipe, dan defuzzifikasi.

4.2.2 Fuzzifikasi

Pada proses fuzzifikasi ini akan dilakukan penggambaran variabel yang digunakan. Terdapat 4 variabel *input*, yaitu *raw material quality*, *aesthetic design*, *quality of the web system to place customized order*, dan *quality of the web system for after sales service*. Variabel *output*, yaitu *selling price*.

Tabel 4.3 Variabel *Input* dan *Output*

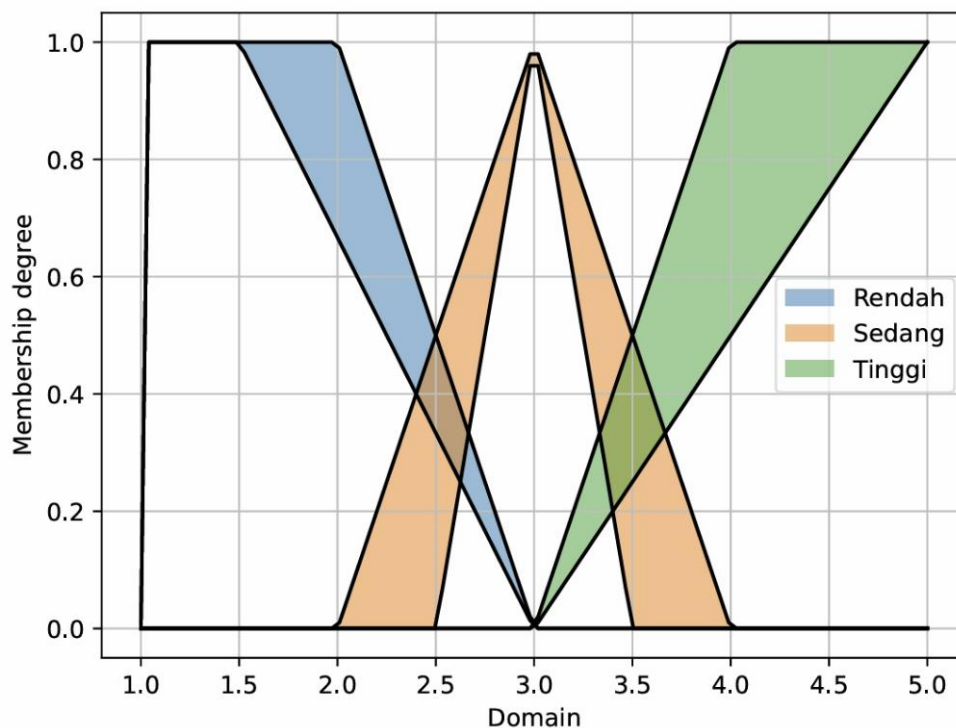
Fungsi	Nama Variabel
<i>Input</i>	<i>Raw material quality</i>
	<i>Aesthetic design</i>
	<i>Quality of the web system to place customized order</i>
	<i>Quality of the web system for after sales service</i>
<i>Output</i>	<i>Selling Price</i>

- Raw material quality* digunakan sebagai salah satu variabel *input* yang terdiri dari 3 himpunan fuzzy, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Fungsi keanggotaan dari *raw material quality* ini telah didapatkan sehingga himpunan fuzzy, domain, parameter, jenis kurva dari modelnya dapat dilihat sebagai berikut.

```

from pyit2fls import IT2FS, trapezoid_mf, tri_mf, IT2FS_plot, meet, \
    join, min_t_norm, max_s_norm, TR_plot, crisp, IT2Mamdani,
IT2FS_Gaussian_UncertStd
from numpy import linspace
domain = linspace(1., 5., 100)
Rendah = IT2FS(domain,
    trapezoid_mf, [1., 1.0001, 2., 3., 1.],
    trapezoid_mf, [1., 1.0001, 1.5, 3., 1.])
Sedang = IT2FS(domain,
    trapezoid_mf, [2., 3., 3., 4., 1.],
    tri_mf, [2.5, 3, 3.5, 1.])
Tinggi = IT2FS(domain,
    trapezoid_mf, [3., 5., 5., 5.0001, 1.],
    trapezoid_mf, [3., 4., 5., 5.0001, 1.])
IT2FS_plot(Rendah, Sedang, Tinggi, legends=["Rendah", "Sedang", "Tinggi"],
    filename="raw_material_quality")

```



Gambar 4.1 Raw Material Quality

Pada himpunan fuzzy rendah dengan menggunakan domain atau *range* 1 sampai 5, jenis kurva yang digunakan adalah kurva trapesium (`trapezoid_mf`), nilai parameter bagian atas

(*upper*) sebesar [1., 1.0001, 2., 3., 1.] dan bagian bawah (*lower*) sebesar [1., 1.0001, 1.5, 3., 1.]. Himpunan fuzzy sedang menggunakan domain 2 sampai 4, jenis kurva yang digunakan adalah kurva trapesium (*trapezoid_mf*) dan kurva segitiga (*tri_mf*), nilai parameter bagian atas (*upper*) sebesar [2., 3., 3., 4., 1.] dan bagian bawah (*lower*) sebesar [2.5, 3, 3.5, 1.]. Himpunan fuzzy tinggi menggunakan domain 3 sampai 5, jenis kurva yang digunakan adalah kurva trapesium (*trapezoid_mf*), nilai parameter bagian atas (*upper*) sebesar [3., 5., 5., 5.0001, 1.] dan bagian bawah (*lower*) sebesar [3., 4., 5., 5.0001, 1.]. Dalam kurva grafik dengan menghasilkan gambar yang berbeda yang menggambarkan persepsi berbeda yang dilakukan dari para ahli manajer bidang marketing, sistem informasi manajemen, dan produk.

b. Aesthetic Design

Aesthetic Design digunakan sebagai salah satu variabel input yang terdiri dari 3 himpunan fuzzy, yaitu tidak menarik, normal, dan menarik. Fungsi keanggotaan dari *Aesthetic Design* ini telah didapatkan sehingga himpunan fuzzy, domain, parameter, jenis kurva dari modelnya dapat dilihat sebagai berikut.

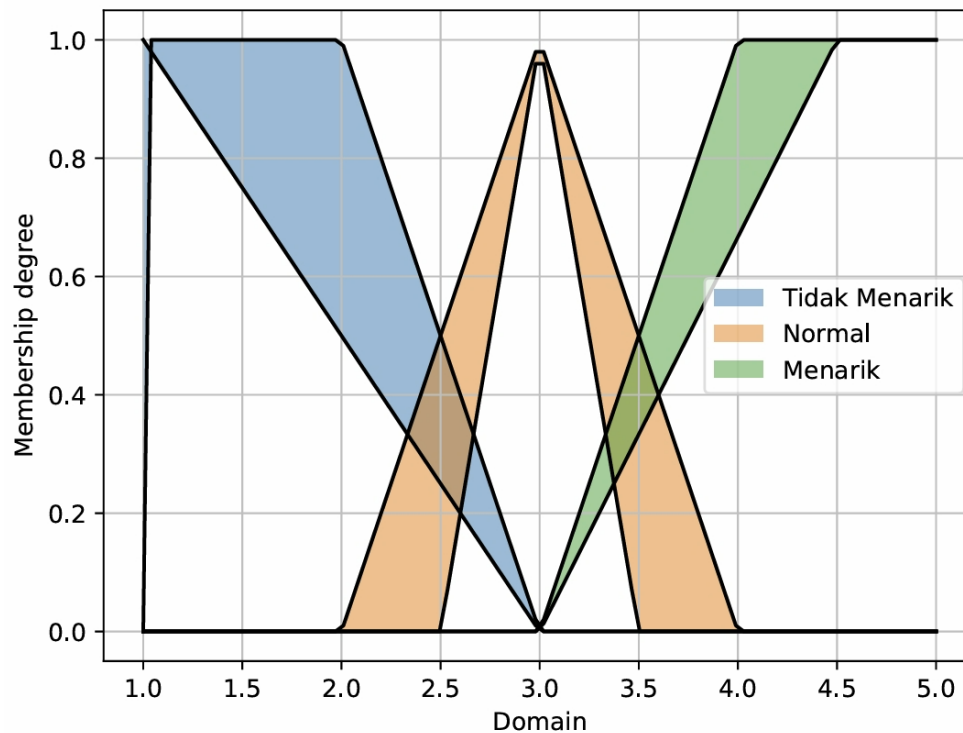
```
domain = linspace(1., 5., 100)
```

```
Tidak_Menarik = IT2FS(domain,
    trapezoid_mf, [1., 1.0001, 2., 3., 1.],
    trapezoid_mf, [1., 1.0001, 1., 3., 1.])
```

```
Normal = IT2FS(domain,
    trapezoid_mf, [2., 3., 3., 4., 1.],
    tri_mf, [2.5, 3, 3.5, 1.])
```

```
Menarik = IT2FS(domain,
    trapezoid_mf, [3., 4.5, 5.0001, 5., 1.],
    trapezoid_mf, [3., 4., 5.0001, 5., 1.])
```

```
IT2FS_plot(Tidak_Menarik, Normal, Menarik, legends=["Tidak Menarik", "Normal",
    "Menarik"], filename="aesthetic_design")
```



Gambar 4.2 *Aesthetic Design*

Pada himpunan fuzzy tidak menarik dengan menggunakan domain atau *range* 1 sampai 5, jenis kurva yang digunakan adalah kurva trapesium (*trapezoid_mf*), nilai parameter bagian atas (*upper*) sebesar [1., 1.0001, 2., 3., 1.] dan bagian bawah (*lower*) sebesar [1., 1.0001, 1., 3., 1.]. Himpunan fuzzy normal menggunakan domain 2 sampai 4, jenis kurva yang digunakan adalah kurva trapesium (*trapezoid_mf*) dan kurva segitiga (*tri_mf*), nilai parameter bagian atas (*upper*) sebesar [2., 3., 3., 4., 1.] dan bagian bawah (*lower*) sebesar [2.5, 3, 3.5, 1.]. Himpunan fuzzy tinggi menggunakan domain 3 sampai 5, jenis kurva yang digunakan adalah kurva trapesium (*trapezoid_mf*), nilai parameter bagian atas (*upper*) sebesar [3., 4.5, 5.0001, 5., 1.] dan bagian bawah (*lower*) sebesar [3., 4., 5.0001, 5., 1.]. Dalam kurva grafik dengan menghasilkan gambar yang berbeda yang menggambarkan persepsi berbeda yang dilakukan dari para ahli manajer bidang marketing, sistem informasi manajemen, dan produk.

c. *Quality Of The Web System To Place Customized Order*

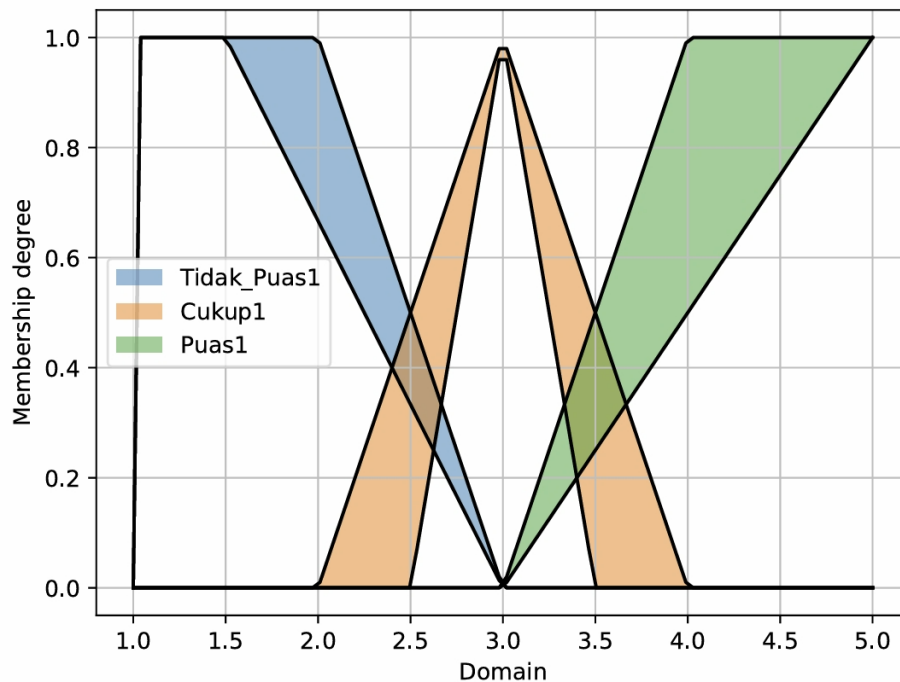
Quality of the web system to place customized order digunakan sebagai salah satu variabel input yang terdiri dari 3 himpunan fuzzy, yaitu tidak puas, cukup, dan puas. Fungsi keanggotaan dari *Quality of the web system to place customized order* ini telah didapatkan sehingga himpunan fuzzy, domain, parameter, jenis kurva dari modelnya dapat dilihat sebagai berikut.

domain = `linspace(1., 5., 100)`

```

Tidak_Puas = IT2FS(domain,
    trapezoid_mf, [1., 1.0001, 2., 3., 1.],
    trapezoid_mf, [1., 1.0001, 1.5, 3., 1.])
Cukup = IT2FS(domain,
    trapezoid_mf, [2., 3., 3., 4., 1.],
    tri_mf, [2.5, 3, 3.5, 1.])
Puas = IT2FS(domain,
    trapezoid_mf, [3., 5., 5., 5.0001, 1.],
    trapezoid_mf, [3., 4., 5., 5.0001, 1.])
IT2FS_plot(Tidak_Puas1, Cukup1, Puas1, legends=["Tidak_Puas1", "Cukup1", "Puas1"],
    filename="customised_order")

```



Gambar 4.3 Web System Customised Order

Pada himpunan fuzzy tidak puas1 dengan menggunakan domain atau *range* 1 sampai 5, jenis kurva yang digunakan adalah kurva trapesium (trapezoid_mf), nilai parameter bagian atas (*upper*) sebesar [1., 1.0001, 2., 3., 1.] dan bagian bawah (*lower*) sebesar [1., 1.0001, 1.5, 3., 1.]. Himpunan fuzzy cukup1 menggunakan domain 2 sampai 4, jenis kurva yang digunakan adalah kurva trapesium (trapezoid_mf) dan kurva segitiga (tri_mf), nilai parameter bagian atas (*upper*) sebesar [2., 3., 3., 4., 1.] dan bagian bawah (*lower*) sebesar [2.5, 3, 3.5, 1.]. Himpunan fuzzy puas1 menggunakan domain 3 sampai 5, jenis kurva yang digunakan adalah

kurva trapesium (*trapezoid_mf*), nilai parameter bagian atas (*upper*) sebesar [3., 5., 5., 5.0001, 1.] dan bagian bawah (*lower*) sebesar [3., 4., 5., 5.0001, 1.]. Dalam kurva grafik dengan menghasilkan gambar yang berbeda yang menggambarkan persepsi berbeda yang dilakukan dari para ahli manajer bidang marketing, sistem informasi manajemen, dan produk.

d. *Quality Of The Web System For After Sales Service*

Quality of the web system for after sales service digunakan sebagai salah satu variabel input yang terdiri dari 3 himpunan fuzzy, yaitu tidak puas, cukup, dan puas. Fungsi keanggotaan dari *Quality of the web system for after sales service* ini telah didapatkan sehingga himpunan fuzzy, domain, parameter, jenis kurva dari modelnya dapat dilihat sebagai berikut.

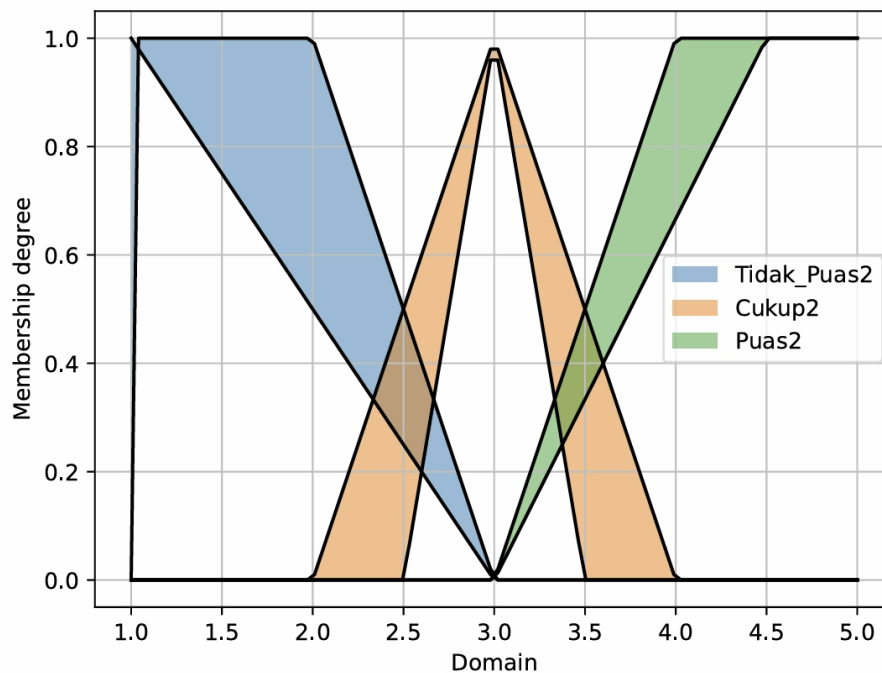
```
domain = linspace(1., 5., 100)
```

```
Tidak_Puas = IT2FS(domain,  
    trapezoid_mf, [1., 1.0001, 2., 3., 1.],  
    trapezoid_mf, [1., 1.0001, 1., 3., 1.])
```

```
Cukup = IT2FS(domain,  
    trapezoid_mf, [2., 3., 3., 4., 1.],  
    tri_mf, [2.5, 3, 3.5, 1.])
```

```
Puas = IT2FS(domain,  
    trapezoid_mf, [3., 4.5, 5.0001, 5., 1.],  
    trapezoid_mf, [3., 4., 5.0001, 5., 1.])
```

```
IT2FS_plot(Tidak_Puas2, Cukup2, Puas2, legends=["Tidak_Puas2", "Cukup2", "Puas2"],  
filename="after_sales_service")
```



Gambar 4.4 Web System After Sales

Pada himpunan fuzzy tidak puas2 dengan menggunakan domain atau *range* 1 sampai 5, jenis kurva yang digunakan adalah kurva trapesium (*trapezoid_mf*), nilai parameter bagian atas (*upper*) sebesar [1., 1.0001, 2., 3., 1.] dan bagian bawah (*lower*) sebesar [1., 1.0001, 1., 3., 1.]. Himpunan fuzzy cukup2 menggunakan domain 2 sampai 4, jenis kurva yang digunakan adalah kurva trapesium (*trapezoid_mf*) dan kurva segitiga (*tri_mf*), nilai parameter bagian atas (*upper*) sebesar [2., 3., 3., 4., 1.] dan bagian bawah (*lower*) sebesar [2.5, 3, 3.5, 1.]. Himpunan fuzzy puas2 menggunakan domain 3 sampai 5, jenis kurva yang digunakan adalah kurva trapesium (*trapezoid_mf*), nilai parameter bagian atas (*upper*) sebesar [3., 4.5, 5.0001, 5., 1.] dan bagian bawah (*lower*) sebesar [3., 4., 5.0001, 5., 1.]. Dalam kurva grafik dengan menghasilkan gambar yang berbeda yang menggambarkan persepsi berbeda yang dilakukan dari para ahli manajer bidang marketing, sistem informasi manajemen, dan produk.

e. *Selling Price*

Selling Price digunakan sebagai salah satu variabel *output* yang terdiri dari 3 himpunan fuzzy, yaitu murah, menengah, dan mahal. Fungsi keanggotaan dari *Selling Price* ini telah didapatkan sehingga himpunan fuzzy, domain, parameter, jenis kurva dari modelnya dapat dilihat sebagai berikut.

domain = linspace(1., 3., 100)

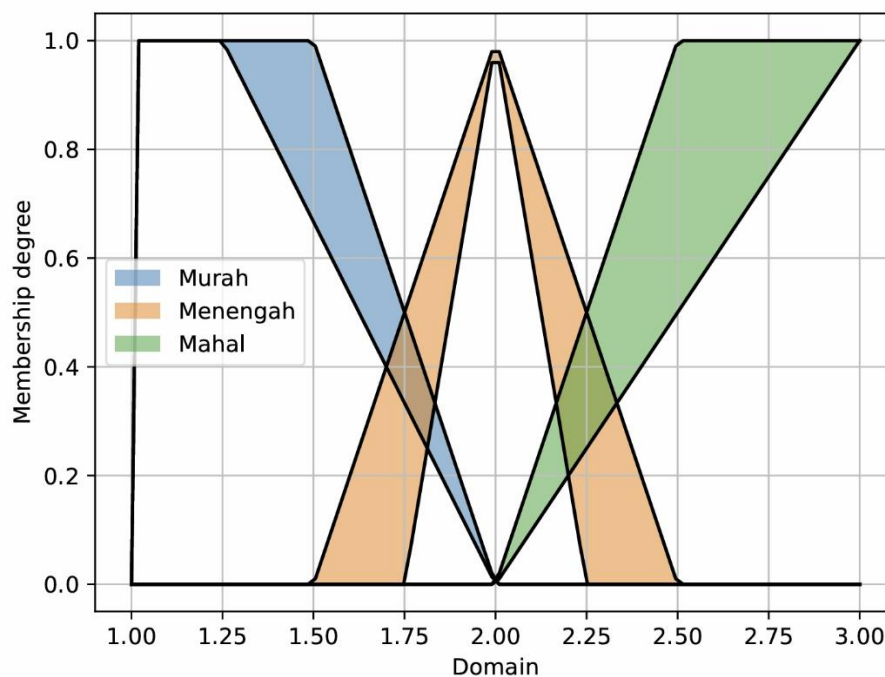
Murah = IT2FS(domain,

trapezoid_mf, [1., 1.0001, 1.5, 2., 1],

```

trapezoid_mf, [1., 1.0001, 1.25, 2., 1.])
Menengah = IT2FS(domain,
    trapezoid_mf, [1.5, 2., 2., 2.5, 1.],
    tri_mf, [1.75, 2., 2.25, 1.])
Mahal = IT2FS(domain,
    trapezoid_mf, [2., 3., 3., 3.0001, 1.],
    trapezoid_mf, [2., 2.5, 3., 3.0001, 1.])
IT2FS_plot(Murah, Menengah, Mahal, legends=["Murah", "Menengah", "Mahal"],
    filename="selling_price")

```



Gambar 4.5 Selling Price

Pada himpunan fuzzy murah dengan menggunakan domain atau *range* 1 sampai 3, jenis kurva yang digunakan adalah kurva trapesium (*trapezoid_mf*), nilai parameter bagian atas (*upper*) sebesar [1., 1.0001, 1.5, 2., 1] dan bagian bawah (*lower*) sebesar [1., 1.0001, 1.25, 2., 1.]. Himpunan fuzzy menengah menggunakan domain 1,5 sampai 2,5, jenis kurva yang digunakan adalah kurva trapesium (*trapezoid_mf*) dan kurva segitiga (*tri_mf*), nilai parameter bagian atas (*upper*) sebesar [1.5, 2., 2., 2.5, 1.] dan bagian bawah (*lower*) sebesar [1.75, 2., 2.25, 1.]. Himpunan fuzzy puas2 menggunakan domain 2 sampai 3, jenis kurva yang digunakan adalah kurva trapesium (*trapezoid_mf*), nilai parameter bagian atas (*upper*) sebesar [2., 3., 3., 3.0001, 1.] dan bagian bawah (*lower*) sebesar [2., 2.5, 3., 3.0001, 1.]. Dalam kurva grafik dengan

menghasilkan gambar yang berbeda yang menggambarkan persepsi berbeda yang dilakukan dari para ahli manajer bidang marketing, sistem informasi manajemen, dan produk.

4.2.3 Sistem inferensi

Dalam proses inferensi hasil yang didapatkan dari fuzzifikasi akan dievaluasi dengan menggunakan aturan atau *rule*. Pada aturan ini didapatkan hubungan dari setiap himpunan fuzzy dalam masing-masing variabel dengan melakukan kombinasi antar himpunan dan variabel sehingga terbentuk aturan. Variabel yang digunakan terdapat 4 variabel *input* dan 1 variabel *output*. Variabel *input* disebut sebagai pendahuluan (*antecedent*) dan variabel *output* disebut sebagai kesimpulan (*consequent*). Hubungan yang dilakukan antar variabel *input* dengan menggunakan pendahuluan AND. Aturan ini dengan menggunakan IF-THEN, dimana IF untuk pendahuluan dan THEN untuk kesimpulan. Aturan ini dalam membangun model dalam pengambilan keputusan harga sebanyak 15 aturan berdasarkan keputusan para ahli perusahaan. Aturan yang digunakan dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4.4 Aturan Logika Fuzzy

Aturan	Logika
1	IF x1 is Rendah AND x2 is Tidak_Menarik AND x3 is Tidak_Puas1 AND x4 is Tidak_Puas2 THEN y1 is Murah
2	IF x1 is Sedang AND x2 is Normal AND x3 is Cukup1 AND x4 is Cukup2 THEN y1 is Menengah
3	IF x1 is Tinggi AND x2 is Menarik AND x3 is Puas1 AND x4 is Puas2 THEN y1 is Mahal
4	IF x1 is Rendah AND x2 is Menarik AND x3 is Cukup1 AND x4 is Tidak_Puas2 THEN y1 is Murah
5	IF x1 is Sedang AND x2 is Tidak_Menarik AND x3 is Puas1 AND x4 is Cukup2 THEN y1 is Menengah
6	IF x1 is Tinggi AND x2 is Tidak_Menarik AND x3 is Cukup1 AND x4 is Puas2 THEN y1 is Mahal
7	IF x1 is Rendah AND x2 is Normal AND x3 is Cukup1 AND x4 is Tidak_Puas2 THEN y1 is Murah
8	IF x1 is Sedang AND x2 is Menarik AND x3 is Tidak_Puas1 AND x4 is Cukup2 THEN y1 is Menengah

Aturan	Logika
9	IF x1 is Tinggi AND x2 is Tidak_Menarik AND x3 is Cukup1 AND x4 is Puas2 THEN y1 is Mahal
10	IF x1 is Rendah AND x2 is Tidak_Menarik AND x3 is Tidak_Puas1 AND x4 is Puas2 THEN y1 is Murah
11	IF x1 is Sedang AND x2 is Menarik AND x3 is Puas1 AND x4 is Cukup2 THEN y1 is Menengah
12	IF x1 is Tinggi AND x2 is Normal AND x3 is Puas1 AND x4 is Tidak_Puas2 THEN y1 is Mahal
13	IF x1 is Rendah AND x2 is Menarik AND x3 is Cukup1 AND x4 is Cukup2 THEN y1 is Menengah
14	IF x1 is Sedang AND x2 is Tidak_Menarik AND x3 is Cukup1 AND x4 is Tidak_Puas2 THEN y1 is Murah
15	IF x1 is Tinggi AND x2 is Menarik AND x3 is Tidak_Puas1 AND x4 is Cukup2 THEN y1 is Mahal

Pada aturan yang menggunakan *software jupyter notebook* dengan bahasa pemrograman *python* kategori interval tipe 2 mamdani untuk mencari alternatif kemungkinan yang terbaik dari setiap aturan. Berikut ini merupakan *pseudocode* proses sistem inferensi:

```
myIT2FLS = IT2Mamdani(min_t_norm, max_s_norm,
                      method="Centroid", algorithm="KM")
```

Variabel *input*

x1: *Raw Material Quality*

x2: *Aesthetic Design*

x3: *Quality Of The Web System To Place Customized Order*

x4: *Quality Of The Web System For After Sales Service*

Variabel *output*

y1: *Selling Price*

```
myIT2FLS.add_input_variable("x1")
```

```
myIT2FLS.add_input_variable("x2")
```

```
myIT2FLS.add_input_variable("x3")
myIT2FLS.add_input_variable("x4")
myIT2FLS.add_output_variable("y1")
```

```
myIT2FLS.add_rule([("x1", Rendah), ("x2", Tidak_Menarik), ("x3", Tidak_Puas1), ("x4",
Tidak_Puas2)], [("y1", Murah)])
myIT2FLS.add_rule([("x1", Sedang), ("x2", Normal), ("x3", Cukup1), ("x4", Cukup2)],
[("y1", Menengah)])
myIT2FLS.add_rule([("x1", Tinggi), ("x2", Menarik), ("x3", Puas1), ("x4", Puas2)], [("y1",
Mahal)])
myIT2FLS.add_rule([("x1", Rendah), ("x2", Menarik), ("x3", Cukup1), ("x4", Tidak_Puas2)],
[("y1", Murah)])
myIT2FLS.add_rule([("x1", Sedang), ("x2", Tidak_Menarik), ("x3", Puas1), ("x4", Cukup2)],
[("y1", Menengah)])
myIT2FLS.add_rule([("x1", Tinggi), ("x2", Normal), ("x3", Cukup1), ("x4", Puas2)], [("y1",
Mahal)])
myIT2FLS.add_rule([("x1", Rendah), ("x2", Normal), ("x3", Cukup1), ("x4", Tidak_Puas2)],
[("y1", Murah)])
myIT2FLS.add_rule([("x1", Sedang), ("x2", Menarik), ("x3", Tidak_Puas1), ("x4", Cukup2)],
[("y1", Menengah)])
myIT2FLS.add_rule([("x1", Tinggi), ("x2", Tidak_Menarik), ("x3", Cukup1), ("x4", Puas2)],
[("y1", Mahal)])
myIT2FLS.add_rule([("x1", Rendah), ("x2", Tidak_Menarik), ("x3", Tidak_Puas1), ("x4",
Puas2)], [("y1", Murah)])
myIT2FLS.add_rule([("x1", Sedang), ("x2", Menarik), ("x3", Puas1), ("x4", Cukup2)], [("y1",
Menengah)])
myIT2FLS.add_rule([("x1", Tinggi), ("x2", Normal), ("x3", Puas1), ("x4", Tidak_Puas2)],
[("y1", Mahal)])
myIT2FLS.add_rule([("x1", Rendah), ("x2", Menarik), ("x3", Cukup1), ("x4", Cukup2)],
[("y1", Menengah)])
myIT2FLS.add_rule([("x1", Sedang), ("x2", Tidak_Menarik), ("x3", Cukup1), ("x4",
Tidak_Puas2)], [("y1", Murah)])
```

```
myIT2FLS.add_rule([("x1", Tinggi), ("x2", Menarik), ("x3", Tidak_Puas1), ("x4", Cukup2)],
[("y1", Mahal)])
```

Setelah didapatkan aturan yang sesuai maka dilanjutkan ke dalam proses inferensi dengan menentukan nilai *input final score geometric mean* dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4.5 *Final Score Geometric Mean*

Variabel	Final Score
<i>Raw material quality</i>	3,95
<i>Aesthetic design</i>	3,94
<i>Quality of the web system to place customized order</i>	3,94
<i>Quality of the web system for after sales service</i>	4,04

Dalam tabel diatas, didapatkan dari perhitungan *geometric mean* dengan sesuai persamaan (2.24) dan dilanjutkan dengan perhitungan skor akhir *geometric mean* dengan persamaan dari (2.25) dengan menggunakan variabel *Raw material quality* (x1), *Aesthetic design* (x2), *Quality of the web system to place customized order* (x3), *Quality of the web system for after sales service* (x4) sebagai berikut.

- a. *Raw material quality* (x1)

$$\text{Geometric Mean} = \sqrt[3]{\text{Min} \times \text{Average} \times \text{Max}}$$

Tabel 4.6 *Geometric Mean x1*

No.	Geometric Mean
1	3,93
2	4,14
3	3,86
4	3,97
5	4,15
6	3,97
7	3,94
8	4,13
9	3,88
10	3,82

$$\text{Final Geo Mean} = \sum_{i=1}^n (\text{Weight } i \times \text{Geo Mean } i)$$

$$\text{Final Geo Mean} = ([\text{weight } 1 \times \text{geo mean } 1] + [\text{weight } 2 \times \text{geo mean } 2] + \dots + [\text{weight } i \times \text{geo mean } i])$$

$$\begin{aligned} \text{x1} &= ([0,15 \times 3,93] + [0,05 \times 4,14] + [0,05 \times 3,86] + [0,1 \times 3,97] + \\ &\quad [0,05 \times 4,15] + [0,1 \times 3,97] + [0,1 \times 3,94] + [0,1 \times 4,13] + [0,15 \\ &\quad \times 3,88] + [0,15 \times 3,82]) \\ &= 3,95 \end{aligned}$$

b. *Aesthetic design (x2)*

$$\text{Geometric Mean} = \sqrt[3]{\text{Min} \times \text{Average} \times \text{Max}}$$

Tabel 4.7 *Geometric Mean x2*

No.	Geometric Mean
1	3,95
2	3,82
3	3,62
4	3,99
5	4,00
6	3,90
7	4,13

$$\text{Final Geo Mean} = \sum_{i=1}^n (\text{Weight } i \times \text{Geo Mean } i)$$

$$\text{Final Geo Mean} = ([\text{weight } 1 \times \text{geo mean } 1] + [\text{weight } 2 \times \text{geo mean } 2] + \dots + [\text{weight } i \times \text{geo mean } i])$$

$$\begin{aligned} \text{x2} &= ([0,2 \times 3,95] + [0,1 \times 3,82] + [0,1 \times 3,62] + [0,1 \times 3,99] + [0,1 \times \\ &\quad 4,00] + [0,2 \times 3,90] + [0,2 \times 4,13]) \\ &= 3,94 \end{aligned}$$

c. *Quality of the web system to place customized order (x3)*

$$\text{Geometric Mean} = \sqrt[3]{\text{Min} \times \text{Average} \times \text{Max}}$$

Tabel 4.8 *Geometric Mean* x3

No.	<i>Geometric Mean</i>
1	4,07
2	3,85
3	4,12
4	3,39
5	3,95
6	4,06
7	3,91
8	3,75
9	4,08
10	4,03

$$\text{Final Geo Mean} = \sum_{i=1}^n (\text{Weight } i \times \text{Geo Mean } i)$$

$$\text{Final Geo Mean} = ([\text{weight } 1 \times \text{geo mean } 1] + [\text{weight } 2 \times \text{geo mean } 2] + \dots + [\text{weight } i \times \text{geo mean } i])$$

$$\begin{aligned} \text{x3} &= ([0,1 \times 4,07] + [0,1 \times 3,85] + [0,05 \times 4,12] + [0,05 \times 3,39] + [0,15 \times 3,95] \\ &\quad + [0,1 \times 4,06] + [0,1 \times 3,91] + [0,1 \times 3,75] + [0,1 \times 4,08] + [0,15 \times 4,03]) \\ &= 3,94 \end{aligned}$$

d. *Quality of the web system for after sales service* (x4)

$$\text{Geometric Mean} = \sqrt[3]{\text{Min} \times \text{Average} \times \text{Max}}$$

Tabel 4.9 *Geometric Mean* x4

No.	<i>Geometric Mean</i>
1	3,98
2	3,88
3	4,10
4	4,15
5	4,10

No.	Geometric Mean
6	4,01
7	4,07

$$\text{Final Geo Mean} = \sum_{i=1}^n (\text{Weight } i \times \text{Geo Mean } i)$$

$$\text{Final Geo Mean} = ([\text{weight } 1 \times \text{geo mean } 1] + [\text{weight } 2 \times \text{geo mean } 2] + \dots + [\text{weight } i \times \text{geo mean } i])$$

$$\begin{aligned} \text{x4} &= ([0,1 \times 3,98] + [0,15 \times 3,88] + [0,15 \times 4,10] + [0,1 \times 4,15] + [0,15 \\ &\quad \times 4,10] + [0,15 \times 4,01] + [0,2 \times 4,07]) \\ &= 4,04 \end{aligned}$$

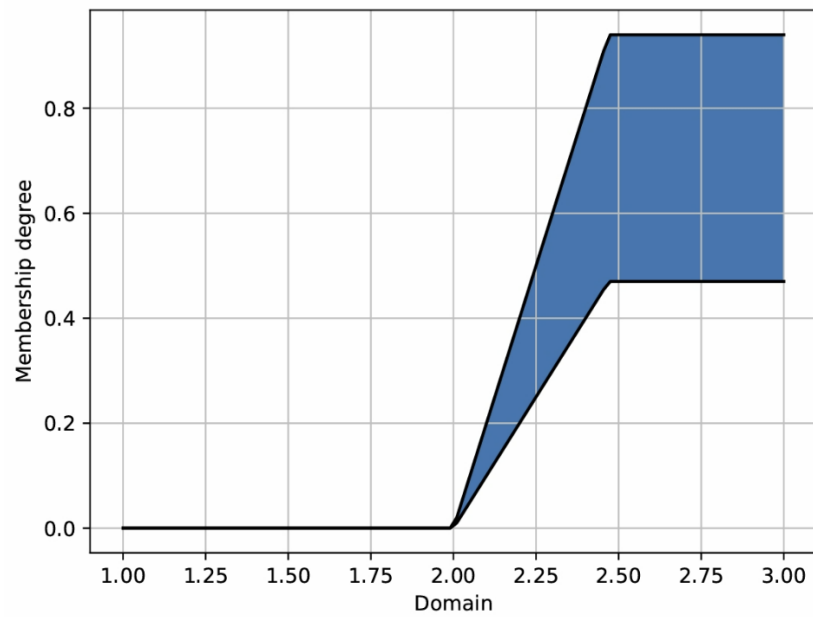
4.2.4 Reduksi Tipe

Pada proses selanjutnya adalah reduksi tipe. Reduksi tipe dilakukan untuk mengubah fungsi keanggotaan yang kompleks dari fuzzy menjadi fungsi keanggotaan yang lebih sederhana dengan mengubah fuzzy tipe-2 menjadi fuzzy tipe-1 untuk lebih mudah untuk dianalisis, reduksi tipe ini menggunakan algoritma Karnik-Mendel. Berikut merupakan *pseudocode* yang digunakan dari proses reduksi tipe.

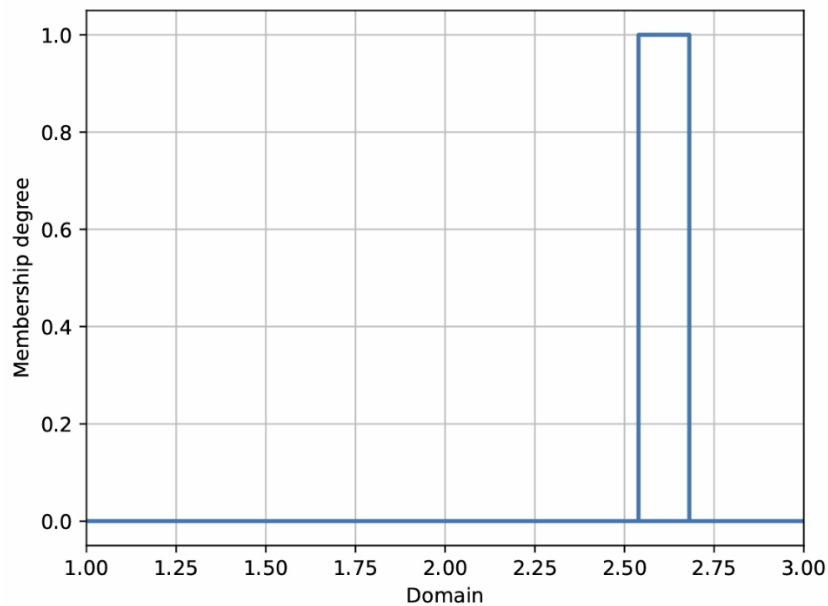
```
it2out, tr = myIT2FLS.evaluate({"x1":3.95, "x2":3.94, "x3":3.94, "x4":4.04})
```

```
it2out["y1"].plot(filename="y1_out")
```

```
TR_plot(domain, tr["y1"], filename="y1_tr")
```



Gambar 4.6 Hasil Reduksi Tipe (Logika Fuzzy Tipe-2)



Gambar 4.7 Hasil Reduksi Tipe (Logika Fuzzy Tipe-1)

Berdasarkan kedua gambar di atas, logika fuzzy tipe-2 pada gambar 4.6 terdapat kombinasi grafik antara *trapezoidal* dan *triangular*. Domain dari 1 sampai 2 dengan derajat keanggotaan 0 yang berarti bukan derajat keanggotaan yang terpilih, domain 2 sampai 2,5 dengan derajat keanggotaan naik secara linear. Domain 2,5 sampai 3 dengan derajat keanggotaan mencapai 0,8 dan stabil yang berarti derajat keanggotaan yang terpilih.

Logika fuzzy tipe-1 pada gambar 4.7 memiliki grafik lebih sederhana terdapat domain 1 sampai 2,5 dengan derajat keanggotaan sebesar 0 yang berarti derajat keanggotaan yang tidak terpilih, domain 2,5 sampai 2,7 dengan derajat keanggotaan tetap 1 yang berarti yang terpilih dan memiliki hasil yang mendekati yang lebih sesuai atau lebih halus.

4.2.5 Defuzzifikasi

Setelah dilakukan proses reduksi tipe, langkah selanjutnya dengan melakukan proses defuzzifikasi. Proses defuzzifikasi dapat mengubah ke nilai *crisp*. Hasil dari proses ini digunakan dalam menentukan *selling price*. Proses ini menggunakan metode *centeroid* yang digunakan pada fuzzy mamdani dalam mengubah nilai fuzzy menjadi keluaran nilai *crisp* yang didapatkan dari himpunan fuzzy melalui aturan fuzzy yang dihasilkan. Berikut merupakan *pseudocode* proses defuzzifikasi yang menghasilkan nilai *crisp*.

```
print(crisp(tr["y1"]))
```

Hasil dari defuzzifikasi yaitu 2,6098552031989914

4.2.6 Penentuan Harga Jual Kertas Pembungkus Hadiah

Setelah didapatkan hasil dari defuzzifikasi, selanjutnya dengan melakukan penentuan harga jual yang didapatkan dari *production cost* ditambahkan *profit* dikalikan dengan hasil dari defuzzifikasi.

Hasil harga jual = (*production cost* + *profit*) x hasil dari defuzzifikasi

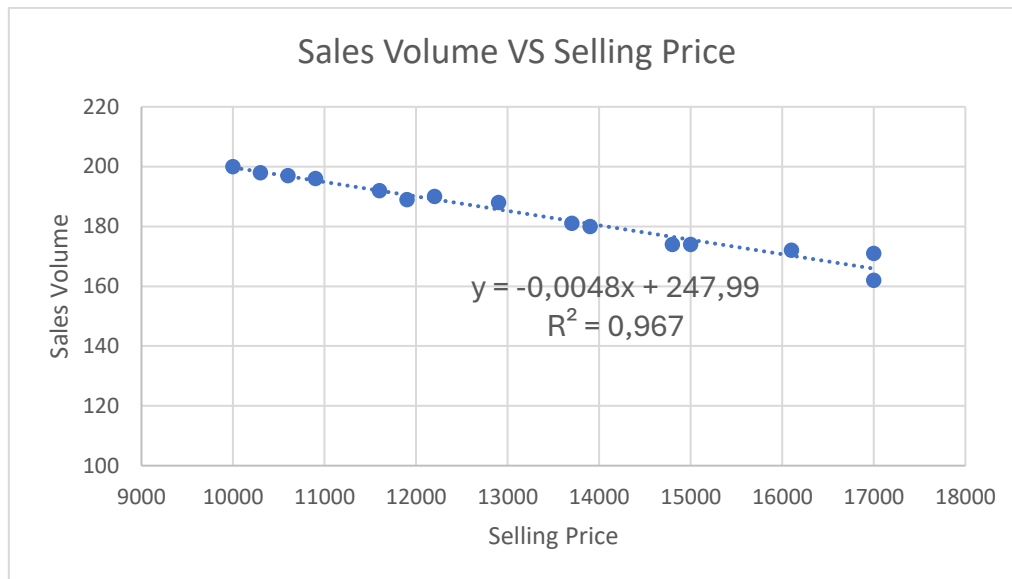
Hasil harga jual = (5000 + 5000) x 2,6098552031989914

Hasil harga jual = 10000 x 2,6098552031989914

Hasil harga jual = 26.098,5520 Rupiah

4.2.7 Harga Jual Maksimum

Berikut ini perbandingan antara *selling price* dan *sales volume* digunakan untuk menentukan harga jual maksimum perusahaan.



Gambar 4.8 Harga Jual Maksimum

Berdasarkan grafik yang didapatkan perbandingan antara harga jual dengan volume penjualan menghasilkan persamaan linear $y = -0,0048x + 247,99$ dengan setiap kenaikan 1 unit harga jual, volume penjualan turun sebesar 0,0048 unit.

a. Estimasi Harga Jual Maksimum Perusahaan

Dalam menentukan harga jual maksimum dengan mengetahui nilai x sebesar 5166,458 dan nilai y sebesar $2,271^{-11}$ didapatkan sebagai volume penjualan perusahaan.

$$\text{Estimasi harga jual maksimum} = \frac{(2,271^{-11} - 247,99)}{(-0,0048)}$$

$$\text{Estimasi harga jual maksimum} = 51.664,583 \text{ Rupiah}$$

$$\text{Estimasi volume penjualan} = 0 \text{ Unit}$$

b. Usulan Harga Jual dan Volume Penjualan

$$\text{Usulan harga jual} = 26.098,5520 \text{ Rupiah}$$

$$\text{Usulan volume penjualan} = -0,0048 (2609,855) + 247,99$$

$$\text{Usulan volume penjualan} = 122,715 \text{ Unit}$$

$$\text{Usulan volume penjualan} = 123 \text{ Unit}$$

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pembahasan Implementasi Logika Fuzzy Tipe-2

Hasil yang didapatkan harga jual kertas pembungkus hadiah dari perhitungan yang didapatkan dengan harga 26.098 rupiah dibandingkan dengan harga jual yang ditetapkan sebelumnya dengan harga sebesar 10.000 rupiah. Dimana dalam penambahan harga jual yang akan ditetapkan dapat dipengaruhi oleh aspek kualitas yang diperbaiki dari *raw material quality*, *aesthetic design*, *quality of the web system to place customized order*, dan *quality of the web system for after sales service*. Peningkatan kualitas yang dilakukan sangat penting dalam persaingan pasar global dan kepercayaan konsumen.

Hasil yang diperoleh dengan menggunakan logika fuzzy tipe-2 dalam menentukan harga jual produk kertas pembungkus hadiah sebesar 26.098 rupiah dengan volume penjualan sebesar 123 unit mendapatkan hasil lebih rendah atau kurang dari harga jual maksimum yang ditetapkan sebesar 51.664 rupiah. Saat estimasi harga jual mencapai maksimum sebesar 51.664 rupiah, menurut persamaan linear pada grafik gambar 4.8 maka volume penjualan yaitu 0 unit. Sehingga hasil harga jual yang di usulkan berada di bawah titik harga jual maksimum dan hasil yang diperoleh masih *feasible* atau layak.

Saran dari hasil usulan yang diperoleh yaitu dengan mengusulkan strategi *branding* produk dengan cara membangun, mengembangkan dan memperkuat produk. Produk yang dihasilkan dan pelayanan yang dilakukan perusahaan sudah mendapatkan penilaian yang baik dari konsumen, perusahaan melakukan *branding* produk yang lebih kuat untuk menarik konsumen membeli produk yang dihasilkan perusahaan dan dapat kepercayaan konsumen bahwa produk yang dihasilkan perusahaan memiliki kualitas tinggi dengan harga yang terjangkau. Serta produk tidak dipandang dengan produk murah dan tidak berkualitas tinggi oleh konsumen. Kepercayaan konsumen perlu didapatkan oleh perusahaan untuk keberlangsungan perusahaan dimasa mendatang, ketika konsumen membeli produk kertas pembungkus hadiah dengan mendapatkan kualitas produk yang baik dan pelayanan yang baik, maka konsumen akan datang kembali untuk membeli produknya dengan lebih banyak dari sebelumnya dan konsumen dapat membayar lebih dari harga yang ditetapkan perusahaan.

5.2 Kekurangan Penelitian

Pada penelitian dalam menentukan harga jual kertas pembungkus hadiah terdapat beberapa kekurangan yang harus diperhatikan untuk digunakan penelitian selanjutnya. Berikut ini merupakan kekurangan penelitian ini:

1. Aturan yang digunakan dalam sistem fuzzy bersifat subjektif ahli

Pada penentuan hasil dari defuzzifikasi, setiap bagian proses pengolahan data merupakan hal yang penting dalam menentukan keakuratan nilai *crisp* yang dihasilkan. Dalam aturan atau *rules* yang dilakukan untuk mengombinasikan seluruh kemungkinan yang terjadi dari himpunan fuzzy sehingga hasil yang didapatkan menjadi lebih besar akurasi. Pada penelitian ini dalam pengolahan data proses aturan menggunakan 15 aturan sehingga keakuratan yang didapatkan menjadi kurang baik dalam kemungkinannya.

2. Tidak menggunakan perbandingan model fuzzy

Validasi model dilakukan untuk memastikan suatu hasil yang telah dirancang dapat memberikan hasil yang lebih akurat. Pada penelitian ini data yang diperoleh masih terbatas sehingga sulit untuk membuat perbandingan logika fuzzy tipe-2 dengan logika fuzzy tipe-1.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian yang dilakukan yaitu mengimplementasikan keputusan yang dilakukan berdasarkan persepsi para ahli dalam memilih logika fuzzy tipe-2 yang digunakan sebagai pendukung keputusan dalam menentukan harga jual kertas pembungkus hadiah produk kertas pembungkus hadiah yang layak. Hasil dalam perhitungan logika fuzzy tipe-2 dalam menentukan harga jual kertas pembungkus hadiah bernilai layak atau di bawah harga jual maksimum, saat harga jual maksimum yang ditetapkan perusahaan mencapai titik maksimum maka volume penjualan yaitu 0 unit. Perusahaan dapat melakukan *branding* produk lebih kuat untuk menarik konsumen membeli produk yang dihasilkan perusahaan dan dapat kepercayaan konsumen bahwa produk yang dihasilkan perusahaan memiliki kualitas tinggi dengan harga yang terjangkau. Serta produk tidak dipandang dengan produk murah dan tidak berkualitas tinggi oleh konsumen.

6.2 Saran

Saran yang diberikan untuk kedepannya dalam pengembangan sistem yang lebih baik lagi adalah sebagai berikut:

1. Perusahaan perlu adanya peningkatan pada kualitas produk yang lebih baik lagi untuk keberlangsungan perusahaan dengan melakukan *trade off* pada pengembangan yang lain.
2. Perusahaan perlu melakukan inovasi produk untuk mendapatkan kepercayaan konsumen.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Tahwi, A. R. (2021). Kendali Posisi Motor DC Menggunakan Logika Fuzzy Interval Tipe 2 The Position Controlling of DC Motor Using Interval Type-2 Fuzzy Logic. *TELKA*, 7(1), 1–10.
- Ariya Caraka, A., Haryanto, H., Purwanti Kusumaningrum, D., & Astuti, S. (2015). Logika Fuzzy Menggunakan Metode Tsukamoto Untuk Prediksi Perilaku Konsumen Di Toko Bangunan. *Techno COM*, 14(4), 255–265.
- Arman, & Defiariany. (2017). Jurnal Edik Informatika Sistem Pendukung Keputusan Dengan Metode Fuzzy Logic Untuk Menseleksi Mahasiswa Penerima Beasiswa. *Edik Informatika*, 2(1), 45–52.
- Brazález, E., Macià, H., Díaz, G., Baeza_Romero, M. T., Valero, E., & Valero, V. (2022). FUME: An air quality decision support system for cities based on CEP technology and fuzzy logic. *Applied Soft Computing*, 129. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2022.109536>
- Chen, Z. hui, & Luo, W. (2023). An integrated interval type-2 fuzzy rough technique for emergency decision making. *Applied Soft Computing*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110150>
- Dewantho Sunoto, T., Arlando Saragih, R., Janoto Jarden, J., & Ricky Wijaya, K. O. (2022). Perbaikan Kualitas Citra Menggunakan Metode Fuzzy Type-2. *Jurnal Telematika*, 16(2).
- Djalal, M. R., & Robandi, I. (2022). Pemodelan Peramalan Beban pada System Sulselrabar Menggunakan Tipe-2 Logika Fuzzy. *Jurnal Teknologi Elekerika*, 19(2), 89. <https://doi.org/10.31963/elekerika.v6i2.3751>
- Ekawati, R. (2021). Analisis fluktuasi jumlah produksi gula tebu perbandingan bertahap triangular fuzzy inference system. *Journal Industrial Servicess*, 7(1), 27. <https://doi.org/10.36055/jiss.v7i1.10857>
- Erozan, İ., Özel, E., & Erozan, D. (2023). A two-stage system proposal based on a type-2 fuzzy logic system for ergonomic control of classrooms and offices. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 120. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.105854>
- Fitriana, G. F. (2021). Optimasi Performansi Pengendalian Robot Swarm menggunakan Logika Fuzzy Tipe 2-Particle Swarm Optimazation. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)*, 5(3), 602–608. <https://doi.org/10.29207/resti.v5i3.3194>
- Hagras, H. A. (2004). A Hierarchical Type-2 Fuzzy Logic Control Architecture for Autonomous Mobile Robots. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 12(4), 524–539. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2004.832538>
- Hidayati, N. U., Saripurna, D., & Ginting, R. I. (2021). Implementasi Logika Fuzzy Dalam Menentukan Persediaan Barang Dengan Metode Mamdani. *Jurnal CyberTech*, 4(2). <https://ojs.trigunadharma.ac.id/>
- Irwanto, F., Hasan, U., Lays, E. S., De La Croix, N. J., Mukanyiligira, D., Sibomana, L., & Ahmad, T. (2024). IoT and fuzzy logic integration for improved substrate environment management in mushroom cultivation. *Smart Agricultural Technology*, 7, 100427. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100427>
- Iswari, L., & Wahid, F. (2005). Alat Bantu Sistem Inferensi Fuzzy Metode Sugeno Orde Satu. *Jurnal Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI 2005)*, 979–756.
- Janková, Z., & Dostál, P. (2021). Type-2 Fuzzy Expert System Approach for Decision-Making of Financial Assets and Investing under Different Uncertainty. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/3839071>

- John, R. (1998). Type 2 Fuzzy Sets: An Appraisal of Theory and Applications. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 06(06), 563–576. <https://doi.org/10.1142/S0218488598000434>
- Karnik, N. N., & Mendel, J. M. (1998). Introduction to type-2 fuzzy logic systems. *IEEE International Conference on Fuzzy Systems Proceedings*, 915–920. <https://doi.org/10.1109/FUZZY.1998.686240>
- Karnik, N. N., & Mendel, J. M. (1999). Applications of type-2 fuzzy logic systems to forecasting of time-series. *Information Sciences*, 120(1–4), 89–111. [https://doi.org/10.1016/S0020-0255\(99\)00067-5](https://doi.org/10.1016/S0020-0255(99)00067-5)
- Karnik, N. N., & Mendel, J. M. (2002). Type-2 Fuzzy Logic System. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 7(6), 643–658.
- Karnik, N. N., Mendel, J. M., & Liang, Q. (1999). Type-2 fuzzy logic systems. *IEEE Trans. Fuzzy Syst.*, 7, 643–658. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:15709022>
- Kotler, & Keller. (2012). *Marketing Management* (14th ed.). Pearson.
- Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing Management*. Pearson. <https://books.google.co.id/books?id=UbfwtwEACAAJ>
- Kusrini. (2007). *Konsep Dan Aplikasi Pendukung Keputusan*. ANDI.
- Kustiyahningsih, Y., Rahmanita, E., Purbandini, P., & Purnama, J. (2022). Fuzzy Type-2 Trapezoid Methods for Decision Making Salt Farmer Mapping. *Kinetik: Game Technology, Information System, Computer Network, Computing, Electronics, and Control*. <https://doi.org/10.22219/kinetik.v7i3.1454>
- Liang, Q., & Mendel, J. M. (2000). Equalization of Nonlinear Time-Varying Channels Using Type-2 Fuzzy Adaptive Filters. In *IEEE Transactions On Fuzzy Systems* (Vol. 8, Issue 5).
- Maarif, V., Nur, H. M., & Septianisa, T. A. (2019). SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PEMILIHAN SKINCARE YANG SESUAI DENGAN JENIS KULIT WAJAH MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY. *EVOLUSI: Jurnal Sains Dan Manajemen*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:209097563>
- Mendel, J. M. (1995). Fuzzy logic systems for engineering: a tutorial. *Proceedings of the IEEE*, 83(3), 345–377. <https://doi.org/10.1109/5.364485>
- Mendel, J. M. (2000). Uncertainty, fuzzy logic, and signal processing. In *J.M. Mendel) Signal Processing* (Vol. 80).
- Mendel, J. M. (2001). *Uncertain rule-based fuzzy logic system: introduction and new direction*. Prentice Hall PTR.
- Mendel, J. M. (2007). Type-2 fuzzy sets and systems: an overview. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 2(1), 20–29. <https://doi.org/10.1109/MCI.2007.380672>
- Mendel, J. M. (2009). Type-2 Fuzzy Sets and Systems: How to Learn About Them. *IEEE SMC ENewsletter*, 1–8. <http://www.my-smc.org/>
- Mendel, J. M., & Bob John, R. I. (2002). Type-2 Fuzzy Sets Made Simple. In *IEEE Transactions On Fuzzy Systems* (Vol. 10, Issue 2). <http://sipi.usc.edu/~mendel/software>.
- Mendel, J. M., & Wu, H. (2002). Uncertainty Versus Choice in Rule-Based Fuzzy Logic Systems. *Proceedings of IEEE on Fuzzy Systems*.
- N. Karnik, N., & M. Mendel, J. (2001). Operations on type-2 fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 122(2), 327–348. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(00\)00079-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0165-0114(00)00079-8)
- Olivas, F., Valdez, F., Melin, P., Sombra, A., & Castillo, O. (2019). Interval type-2 fuzzy logic for dynamic parameter adaptation in a modified gravitational search algorithm. *Information Sciences*, 476, 159–175. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2018.10.025>

- Palkova, A., & Mašek, J. (2024). Fuzzy Logic as a Decision-Making Tool for Transport Request Selection. *Transportation Research Procedia*, 77, 116–122. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2024.01.015>
- Pasek, P., Mahawardana, O., Sasmita, G. A., Agus, P., & Pratama, E. (2022). Analisis Sentimen Berdasarkan Opini dari Media Sosial Twitter terhadap “Figure Pemimpin” Menggunakan Python. In *JITTER-Jurnal Ilmiah Teknologi dan Komputer* (Vol. 3, Issue 1).
- Perdana, S. A., & Demiral, N. (2018). Penduga Rataan Geometrik Pada Sampel Himpunan Terurut Untuk Sampel Distribusi Normal. *Jurnal Gantang*, 3(1). <http://ojs.umrah.ac.id/index.php/gantang/index>
- Qilian Liang, & Mendel, J. M. (2000a). Interval type-2 fuzzy logic systems: theory and design. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 8(5), 535–550. <https://doi.org/10.1109/91.873577>
- Qilian Liang, & Mendel, J. M. (2000b). Interval type-2 fuzzy logic systems: theory and design. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 8(5), 535–550. <https://doi.org/10.1109/91.873577>
- Rahmat. (2019). Analisa Sistem Inference Fuzzy Sugeno Dalam Menentukan Harga. *Jurnal Riset Komputer (JURIKOM)*, 6(1), 11–17. <http://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/jurikom|Page|11>
- Rostam, K. J., & Haydar, S. S. (2022). Making the optimal decision for production by using the fuzzy linear programming method. *Measurement: Sensors*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2022.100559>
- Sajiah, A. M. (2016). Interval Type-2 Fuzzy Logic System untuk Diagnosis Coronary Artery Disease. *Communications in Science and Technology*, 1(2), 13–19. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:113637590>
- Sajiah, A. M., Sanjaya, R., & Pramono, D. B. (2023). Aplikasi Perkiraan Curah Hujan Kota Kendari Menggunakan Metode Interval Type-2 Fuzzy Logic System. *Jurnal Fokus Elektroda : Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika Dan Kendali*, 8(2), 86–91. <https://elektroda.uho.ac.id/>
- Santoso, N. A., & Setiawati, W. (2023). Penerapan Metode Logika Fuzzy dalam Menentukan Harga Gabah pada Petani. *Remik: Riset Dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer*, 7(3). <https://doi.org/10.33395/remik.v7i3.12694>
- Sari, K. A. P., Irawan, E., & Rizky, F. (2020). Implementasi Algoritma Weighted Product (WP) Dengan Model Fuzzy Multi Attribute Decision Making (FMADM) Dalam Penilaian Kinerja Karyawan. *BRAHMANA: Jurnal Penerapan Kecerdasan Buatan*, 2(1), 57–65.
- Siahaan, A. P. U., & Lubis, A. H. (2017). Implementation of Fuzzy Tsukamoto Algorithm in Determining Work Feasibility. *IOSR Journal of Computer Engineering*, 19(4), 52–55. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:115264548>
- Sutojo, T., Edy mulyanto, & Vince suhartono. (2011). *Kecerdasan Buatan*. Andi Offset.
- Urbanowicz, R. J., & Moore, J. H. (2009). Learning Classifier Systems: A Complete Introduction, Review, and Roadmap. *Journal of Artificial Evolution and Applications*, 2009, 1–25. <https://doi.org/10.1155/2009/736398>
- Usli, V. A. (2022). Analisis Strategi Penetapan Harga PT. GRAB di Indonesia. *Jurnal Bisnis Net*, 2, 2621–3982.
- Widya Mulya, N., Ayub Windarko, N., & Eviningsih, R. P. (2021). Maximum Power Point Tracking Pada Iradiasi Dan Suhu Berfluktuasi Berbasis Fuzzy Type-2. *Jurnal J-Innovation*, 10(2).

- Wijaya, D. C. M., Rahmat, B., & Puspaningrum, E. Y. (2022). Sistem Pendukung Keputusan Berbasis Interval Type-2 Fuzzy Sugeno Pada Kendali pH Air. *InComTech : Jurnal Telekomunikasi Dan Komputer*, 12(3), 226. <https://doi.org/10.22441/incomtech.v12i3.15453>
- Woźniak, M., Szczotka, J., Sikora, A., & Zielonka, A. (2024). Fuzzy logic type-2 intelligent moisture control system. *Expert Systems with Applications*, 238. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121581>
- Woźniak, M., Zielonka, A., & Sikora, A. (2022). Driving support by type-2 fuzzy logic control model. *Expert Systems with Applications*, 207. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.117798>
- Wu, H., & Mendel, J. M. (2002). Uncertainty bounds and their use in the design of interval type-2 fuzzy logic systems. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 10(5), 622–639. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2002.803496>
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy S e t s *. In *INFOR~ATIO~ AND CONTROL* (Vol. 8).
- Zulita, L. N. (2013). Sistem Pendukung Keputusan Menggunakan Metode Saw Untuk Penilaian Dosen Berprestasi (Studi Kasus Di Universitas Dehasen Bengkulu). *Jurnal Media Infotama*, 9(2).

LAMPIRAN

A-1 Kuesioner

Raw materials quality questionnaire	Weight	Min	Average	Max	Geo Mean	Final Score Geo Mean
1. The wrapping paper feels durable and sturdy.	0,15	3	4,05	5	3,93	3,95
2. The texture of the wrapping paper is smooth and consistent.	0,05	3	4,72	5	4,14	
3. The colors of the wrapping paper are vibrant and true to the description.	0,05	3	3,82	5	3,86	
4. The wrapping paper has an appealing finish (glossy & matte).	0,1	3	4,16	5	3,97	
5. The thickness of the wrapping paper is suitable for various wrapping needs.	0,05	3	4,78	5	4,15	
6. The wrapping paper does not tear easily during use.	0,1	3	4,18	5	3,97	
7. The printed designs on the wrapping paper are of high quality.	0,1	3	4,09	5	3,94	
8. The wrapping paper holds up well under tape and other adhesives.	0,1	3	4,69	5	4,13	
9. The raw materials used in the wrapping paper appear to be of high quality.	0,15	3	3,90	5	3,88	
10. The wrapping paper has a premium look and feel.	0,15	3	3,73	5	3,82	
Aesthetic design questionnaire	Weight	Min	Average	Max	Geo Mean	Final Score Geo Mean
1. The designs on the wrapping paper are visually appealing.	0,2	3	4,11	5	3,95	3,94
2. The color combinations used in the wrapping paper are attractive.	0,1	3	3,73	5	3,82	
3. The patterns on the wrapping paper are unique and creative.	0,1	2	4,75	5	3,62	
4. The wrapping paper designs suit a variety of occasions (e.g., birthdays, holidays, etc.).	0,1	3	4,23	5	3,99	
5. The wrapping paper designs align well with current trends.	0,1	3	4,27	5	4,00	
6. The overall aesthetic of the wrapping paper enhances the gift-giving experience.	0,2	3	3,94	5	3,90	
7. I am likely to recommend the wrapping paper to others based on its design.	0,2	3	4,69	5	4,13	

A-1 Kuesioner (Lanjutan)

Quality of the web system to place customised order questionnaire	Weight	Min	Average	Max	Geo Mean	Final Score Geo Mean
1. The website is easy to navigate.	0,1	3	4,51	5	4,07	3,94
2. The custom order process is straightforward and simple.	0,1	3	3,80	5	3,85	
3. The website loads quickly and performs well.	0,05	3	4,66	5	4,12	
4. The design and layout of the website are visually appealing.	0,05	2	3,91	5	3,39	
5. It is easy to find information about product options and customization.	0,15	3	4,10	5	3,95	
6. The website provides clear and detailed instructions for placing custom orders.	0,1	3	4,46	5	4,06	
7. The payment process on the website is secure and efficient.	0,1	3	3,99	5	3,91	
8. The customer support options available on the website are helpful.	0,1	3	3,51	5	3,75	
9. The website accurately displays previews of custom wrapping paper designs.	0,1	3	4,53	5	4,08	
10. Overall, I am satisfied with my experience using the website to place custom orders.	0,15	3	4,35	5	4,03	
Quality of the web system for after sales service questionnaire	Weight	Min	Average	Max	Geo Mean	Final Score Geo Mean
1. The website is easy to use for accessing after-sales services.	0,1	3	4,21	5	3,98	4,04
2. It is simple to find the contact information for customer support on the website.	0,15	3	3,90	5	3,88	
3. The response time from the customer support team is satisfactory.	0,15	3	4,59	5	4,10	
4. The website provides useful and clear information about after-sales services.	0,1	3	4,77	5	4,15	
5. The live chat or messaging system on the website is efficient and effective.	0,15	3	4,58	5	4,10	
6. The website allows me to easily track and manage my after-sales service requests.	0,15	3	4,29	5	4,01	
7. Overall, I am satisfied with the after-sales services provided through the website.	0,2	3	4,51	5	4,07	

A-2 Harga Jual dan Volume Penjualan Untuk Validasi Perhitungan Fuzzy Tipe-2

Data	Selling Price	Sales Volume
1	12200	190
2	12900	188
3	17000	162
4	10900	196
5	17000	171
6	11900	189
7	10000	200
8	11600	192
9	15000	174
10	10300	198
11	13700	181
12	10600	197
13	13900	180
14	14800	174
15	16100	172