

**ANALISA PERMODELAN PENJADWALAN YANG OPTIMAL
DENGAN LOGIKA FUZZY MAMDANI-ALGORITMA
GENETIKA DAN LOGIKA FUZZY SUGENO-ALGORITMA
GENETIKA**

THESIS

**OLEH:
MUCH. ZUYYINAL HAQQUL BARIR
NIM. 200605220008**



**PROGAM STUDI MAGISTER INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

**ANALISA PERMODELAN PENJADWALAN YANG OPTIMAL DENGAN
LOGIKA FUZZY MAMDANI-ALGORITMA GENETIKA DAN LOGIKA
FUZZY SUGENO-ALGORITMA GENETIKA**

THESIS

**Diajukan kepada:
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam Memperoleh Gelar
Magister Komputer (M.Kom)**

**Oleh :
MUCH. ZUYYINAL HAQQUL BARIR
NIM. 200605220008**

**PROGRAM STUDI MAGISTER INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

**ANALISA PERMODELAN PENJADWALAN YANG OPTIMAL DENGAN
LOGIKA FUZZY MAMDANI-ALGORITMA GENETIKA DAN LOGIKA
FUZZY SUGENO-ALGORITMA GENETIKA**

THESIS

**Oleh :
MUCH. ZUYYINAL HAQQUL BARIR
NIM. 200605220008**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji:
Tanggal: 6 November 2024

Pembimbing I,



Dr. Fachrul Kurniawan, ST., M.MT., IPU
NIP. 19830616201101 1 004

Pembimbing II,



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

Mengetahui,
Ketua Program Studi Magister Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



Carlo Crysdiان
19740424 200901 1 008

ANALISA PERMODELAN PENJADWALAN YANG OPTIMAL DENGAN LOGIKA FUZZY MAMDANI-ALGORITMA GENETIKA DAN LOGIKA FUZZY SUGENO-ALGORITMA GENETIKA

THESIS

Oleh:
MUCH. ZUYYINAL HAQQUL BARIR
NIM. 200605220008

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Thesis dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Magister Komputer (M.Kom) Tanggal: 23 Desember 2024

Susunan Dewan Penguji

Tanda Tangan

Penguji I : Dr. Totok Chamidy, M. Kom.
NIP. 19691222200604 1 001

()

Penguji II : Dr. M. Amin Hariyadi, M.T.
NIP. 19670118200501 1 001

()

Pembimbing I : Dr. Fachrul Kurniawan, ST., M.MT., IPU.
NIP. 19720309 200501 2 002

()

Pembimbing II : Prof. Dr. Hj. Sri Hariani, M.Si.
NIP. 19731014 200112 2 002

()

Mengetahui dan Mengesahkan
Ketua Program Studi Magister Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang




Dedy Crysdiyan
NIP. 19740424 200901 1 008

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Much. Zuyyinal haqqul Barir

NIM : 200605220008

Program Studi : Magister Informatika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Thesis yang saya tulis ini benar-banar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Thesis ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 23 Desember 2024

Yang membuat pernyataan,



Much. Zuyyinal haqqul Barir
NIM. 200605220008

MOTTO

Hidup ini kita diharuskan unruk mencari ilmu sebanyak mungkin. Ilmu agama juga ilmu alam dan ilmu sosial. Dalam mencari ilmu tak selalu mulus jalannya, tidak selalu mudah mendapatkan ilmu tersebut. Selalu ada rintangan yang harus dilaluinya. Dan apabila ilmu tersebut telah didapatkan maka harus ada pengamalan dari ilmu yang telah didupatkannya. Seperti yang telah tercantum dalam kitab Hilyatul Auliya' yang menyebutkan bahwa “Barangsiapa yang mencari ilmu untuk diamalkan, maka Allah akan terus memberi taufiq kepadanya. Sedangkan barangsiapa yang mencari ilmu, bukan untuk diamalkan, maka ilmu itu hanya sebagai kebanggaan(kesombongan)”.

“Sebaik-baik manusia adalah yang bermanfaat bagi manuisis lain.”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah rabbil alamin...

Sujud syukur kusembahkan kepadaMu ya Allah, Tuhan Yang Maha Agung dan Maha Tinggi. Atas takdirmu saya bisa menjadi pribadi yang mau berpikir, mencari ilmu, beriman dan bersabar. Semoga keberhasilan ini menjadi satu langkah awal untuk masa depanku, dalam meraih cita-cita saya. Sholawat dan Salam senantiasa tercurah kepada Baginda nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat dan umatnya.

Dengan ini saya persembahkan karya ini untuk almh Ibunda saya dan abah dengan penuhkeikhlasan ini sedikit hadiah dari saya untuk kedua orang tua dan keluarga saya, Terimakasih untuk doa ibu dan bapak yang tidak pernah putus untuksaya. Tidak akan pernah saya lupakan terimakasih kepada Dosen Pembimbing sayabapak Dr. Fachrul Kurniawan, ST., M.MT., IPM dan ibu Sri Harini terimakasih atas segala kesabaran, perhatian, waktu dan ilmu yang telah diberikan kepada saya.

Ucapan terima kasih ini saya persembahkan juga untuk istri saya yang selalu sabar dan mengingatkan akan tugas-tugas saya serta juga seluruh sahabat- sahabat saya dan teman- teman saya selalu mendukung dan mendampingi saya, serta semua pihak yang sudah berkontribusi, yang kiranya tidak dapat saya sebutkansatu persatu terima kasih saya ucapkan. Karya ini tidak akan jadi apa-apa tanpa do'adan motivasi anda-anda semuanya.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur alhamdulillah penulis haturkan keha dirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Program Studi Magister Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus menyelesaikan Thesis ini dengan baik.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan jazakumullah ahsanal jaza' kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Thesis ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Dr. Fachrul Kurniawan, ST., M.MT., IPU dan Ibu Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si. selaku dosen pembimbing Thesis, atas segala kesabaran, perhatian, waktu dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis.
2. Segenap sivitas akademika Program Studi Magister Informatika, terutama seluruh Bapak/ Ibu dosen, terima kasih atas segenap ilmu dan bimbingannya.
3. Orang tua tercinta khususnya Almarhumah ibu saya yang telah senantiasa memberikan doa danrestunya kepada penulis dalam menuntut ilmu.
4. Sahabat-sahabat dan Teman-teman yang selalu memberikan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan Thesis ini.
5. Semua pihak yang ikut membantu dalam menyelesaikan Thesis ini baik berupa materiil maupun moril.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Thesis ini masih terdapat kekurangan dan penulis berharap semoga Thesis ini bias memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi. Amin Ya Rabbal Alamin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	II
HALAMAN PERSETUJUAN	III
HALAMAN PENGESAHAN.....	IV
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	V
MOTTO	VI
HALAMAN PERSEMBAHAN	VII
KATA PENGANTAR.....	VIII
DAFTAR ISI.....	IX
DAFTAR GAMBAR.....	XI
DAFTAR TABEL	XII
ABSTRAK	XIII
ABSTRACT	XIV
المخلص.....	XV
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pernyataan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
Bab II LITERATURE REVIEW.....	8
2.1 Optimasi	8
2.2 Penjadwalan.....	11
2.3 Logika Fuzzy Dalam Penjadwalan.....	14
2.4 Algoritma Genetika Dalam Penjadwalan	16
2.5 Integrasi Fuzzy Dan Ag Dalam Optimasi Penjadwalan	19
2.6 Pengembangan Metode Fuzzy Dalam Penjadwalan	21
2.7 Penerapan Fuzzy-Ag Dalam Sistem Penjadwalan	22
Bab Iii METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Tahapan Penelitian	24
3.2 Identifikasi Masalah	24
3.3 Studi Literatur.....	25
3.4 Pengumpulan Data	27
3.4.1 Preprocessing Data	30
3.4.1.1 Normalisasi Data	31
3.4.1.2 Validasi Data	31
3.4.1.3 Transformasi Data	31
3.4.1.4 Representasi Data untuk Optimasi	32
3.4.1.5 Integrasi Data ke dalam Sistem	32
3.5 Perancangan.....	33
3.5.1 Integrasi Logika Fuzzy Mamdani-AG	33
3.5.1.1 Input Variabel.....	34
3.5.1.2 Fuzzifikasi (Mamdani)	35

3.5.1.3 Inferensi Fuzzy (Mamdani)	35
3.5.1.4 Defuzzifikasi (Crisp Value).....	35
3.5.1.5 Optimasi Algoritma Genetika (AG)	35
3.5.1.6 Evaluasi Fitness	36
3.5.1.7 Output Jadwal Optimal.....	36
3.5.2 Integrasi Logika Fuzzy Sugeno-Ag.....	36
3.5.2.1 Input Variabel.....	37
3.5.2.2 Fuzzifikasi (Sugeno).....	38
3.5.2.3 Inferensi Fuzzy (Sugeno)	38
3.5.2.4 Defuzzifikasi (Crisp Value).....	38
3.5.2.5 Optimasi Algoritma Genetika	38
3.5.2.6 Evaluasi Fitness	39
3.5.2.7 Output Jadwal.....	39
3.5 Implementasi	39
3.6 Evaluasi	40
BAB IV METODE FUZZY MAMDANI ALGORITMA GENETIKA.....	41
4.1 Deskripsi Umum.....	41
4.2 Implementasi Model.....	41
4.2.1 Implementasi Logika Fuzzy Mamdani-Algoritma Genetika.....	41
4.2.1.1 Input Variabel Fuzzy Mamdani.....	43
4.2.1.2 Inferensi untuk Kombinasi	52
4.2.1.3 Integrasi dalam Algoritma Genetika	53
BAB V METODE FUZZY SUGENO ALGORITMA GENETIKA	57
5.1 Deskripsi Umum.....	57
5.2 Implementasi Model Logika Fuzzy Sugeno-Algoritma Genetika	57
5.2.1 Proses Logika Fuzzy Sugeno	58
5.2.2 Integrasi dengan Algoritma Genetika (AG)	60
5.3 Hasil Simulasi.....	63
5.3.1 Hasil Logika Fuzzy Mamdani – Algoritma Genetika	63
5.3.2 Hasil Logika Fuzzy Sugeno – Algoritma Genetika.....	64
5.3.3 Perbandingan Hasil mamdani - AG dan Sugeno – AG	65
5.4 Pembahasan	67
5.4.1 Analisis Optimalisasi Solusi.....	67
5.4.2 Analisis Waktu Eksekusi.....	68
5.4.3 Analisis Tingkat Konflik.....	69
5.4.4 Hasil Implementasi.....	70
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	72
6.1 Kesimpulan.....	72
6.2 Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian	24
Gambar 3.2 Rancangan Logika Fuzzy Mamdani – Algoritma Genetika.....	34
Gambar 3.3 Rancangan Logika Fuzzy Sugeno Dan Algoritma Genetika	37
Gambar 4.1 Keanggotaan Beban Kerja Dosen	43
Gambar 4.2 Kode Visualisasi Fungsi Keanggotaan Bkd	46
Gambar 4.3 Keanggotaan Kapasitas Ruang.....	47
Gambar 4.4 Kode Visualisasi Fungsi Keanggotaan Kapasitas Ruang.....	51
Gambar 4.5 Sampel Jadwal Yang Terbentuk Mamdani-Ag	56
Gambar 5.1 Jadwal Yang Terbentuk Sugeno-Ag	62
Gambar 5.2 Kode Penghitungan Optimalitas Solusi	64
Gambar 5.3 Kode Mamdani (Output Fuzzy)	65
Gambar 5.4 Kode Sugeno (Output Linier/Konstan)	65
Gambar 5.5 Kode Untuk Evaluasi Ag Terhadap Hasil Fuzzy	67

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Data Ruang.....	28
Tabel 3. 2 Data Dosen.....	29
Tabel 3. 3 Data Mahasiswa.....	29
Tabel 3.4 Data Hasil Preprocessing.....	32
Tabel 4.1 Visualisasi Aturan Fuzzy Dalam Bentuk Tabel.....	52
Tabel 4.2 Inisialisasi Populasi.....	54
Tabel 5.1 Populasi Awal.....	60
Tabel 5.2 Hasil Simulasi Fuzzy Mamdani Dan Algoritma Genetika.....	63
Tabel 5.3 Hasil Logika Fuzzy Sugeno Dan Algoritma Genetika.....	64
Tabel 5.4 Representasi Output.....	65
Tabel 5.5 Metode Inferensi.....	66
Tabel 5.6 Kompleksitas Sistem.....	66
Tabel 5.7 Integrasi Dengan Algoritma Genetika.....	66
Tabel 5.8 Hasil Keseluruhan.....	70

ABSTRAK

Much. Zuyyinal Haqqul Barir. 2023. Analisa Permodelan Penjadwalan yang optimal Dengan Logika Fuzzy Mamdani-Algoritma Genetika Dan Logika Fuzzy Sugeno-Algoritma Genetika. Thesis. Program Studi Magister Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Fachrul Kurniawan, ST., M.MT., IPU (II) Prof. Dr. Hj. Sri Hariani, M.Si

Kata kunci : Penjadwalan, Algoritma Genetika, Fuzzy Sugeno, Fuzzy Mamdani, Optimasi, Efektif

Penjadwalan merupakan proses krusial dalam manajemen waktu untuk mengoptimalkan pelaksanaan berbagai kegiatan secara efisien. Namun, proses ini kerap menghadapi tantangan besar akibat kompleksitas dalam alokasi waktu, ruang, dan sumber daya. Penelitian ini mengusulkan pendekatan berbasis Algoritma Genetika (AG) yang dikombinasikan dengan logika fuzzy untuk mengatasi masalah penjadwalan. AG, sebagai metode metaheuristik, dikenal mampu menyelesaikan permasalahan optimisasi dengan efektif melalui prinsip seleksi alam dan evolusi genetik. Logika fuzzy digunakan untuk menangani ketidakpastian dalam penentuan prioritas tugas dan ketersediaan sumber daya, seperti waktu, ruang kelas, dan tenaga pengajar. Variabel-variabel seperti "prioritas tugas", "jumlah tugas", dan "tingkat konflik" didefinisikan menggunakan himpunan fuzzy untuk mengukur efisiensi solusi. Penelitian ini juga mengevaluasi kinerja algoritma dari aspek optimalisasi solusi, waktu eksekusi, dan tingkat konflik. Hasil implementasi menunjukkan bahwa pendekatan AG dengan logika fuzzy mampu menghasilkan jadwal yang optimal, meminimalkan konflik, dan mengoptimalkan penggunaan waktu serta sumber daya yang tersedia. Selain itu, waktu eksekusi algoritma menunjukkan performa yang efisien dibandingkan metode konvensional. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan solusi penjadwalan berbasis algoritma cerdas yang dapat diadaptasi untuk berbagai kebutuhan institusi pendidikan maupun organisasi lainnya.

ABSTRACT

Much. Zuyyinal Haqqul Barir. 2023. Optimal Scheduling Modeling Analysis Using Mamdani Fuzzy Logic-Genetic Algorithm and Sugeno Fuzzy Logic-Genetic Algorithm. thesis. Master of Informatics Study Program, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisors: (I) Dr. Fachrul Kurniawan, ST., M.MT., IPU (II) Prof. Dr. Hj. Sri Hariani, M.Sc

Keywords : Scheduling, Genetic Algorithm, Fuzzy Sugeno, Fuzzy Mamdani, Optimization, Effective

Scheduling is a crucial process in time management to optimize the execution of various activities efficiently. However, this process often faces significant challenges due to the complexity of allocating time, space, and resources. This research proposes an approach based on Genetic Algorithm (GA) combined with fuzzy logic to address scheduling problems. GA, as a metaheuristic method, is well-known for effectively solving optimization problems by leveraging the principles of natural selection and genetic evolution. Fuzzy logic is employed to handle uncertainties in determining task priorities and resource availability, such as time, classrooms, and teaching staff. Variables like "task priority," "number of tasks," and "conflict level" are defined using fuzzy sets to measure solution efficiency. This study also evaluates the algorithm's performance in terms of solution optimization, execution time, and conflict level. The implementation results demonstrate that the GA approach integrated with fuzzy logic can produce optimal schedules, minimize conflicts, and optimize the utilization of time and available resources. Moreover, the algorithm's execution time exhibits efficient performance compared to conventional methods. This research makes a significant contribution to the development of intelligent algorithm-based scheduling solutions, adaptable for various needs in educational institutions or other organizations.

الملخص

محمد زين الحق البرير. ٢٠٢٣. التحليل عن شاكلة أمثل الألووريمى الوراثى على التخطيط بإعمال المنطق فوزى مامداني وسوغينا. رسالة الماجستير. قسم المعلوماتية الماجستير كلية العالم والتكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالاج. الهادي: (١) الدكتور فاحر الكرنياوان التقني _____ (٢) الدكتور سري هارياني _

تُعدّ عملية الجدولة من العمليات الحيوية في إدارة الوقت، حيث تهدف إلى تحسين تنفيذ الأنشطة المختلفة بشكل فعال. ومع ذلك، غالبًا ما تواجه هذه العملية تحديات كبيرة نتيجة تعقيد تخصيص الوقت، والمكان، والموارد. مدمجة مع (Genetic Algorithm) تهدف هذه الدراسة إلى تقديم نهج يعتمد على الخوارزمية الجينية لمعالجة مشكلات الجدولة. تُعرف الخوارزمية الجينية كطريقة ميتا- (Fuzzy Logic) المنطق الضبابي ابتكارية قادرة على حل مشاكل التحسين بكفاءة من خلال الاستفادة من مبادئ الانتقاء الطبيعي والتطور. يتم استخدام المنطق الضبابي للتعامل مع عدم اليقين في تحديد أولويات المهام وتوافر الموارد مثل الجيني الوقت، والقاعات الدراسية، وأعضاء هيئة التدريس. تم تعريف متغيرات مثل "أولوية المهام"، "عدد المهام"، و"مستوى النزاع" باستخدام المجموعات الضبابية لقياس كفاءة الحلول. بالإضافة إلى ذلك، تقيّم الدراسة أداء أظهرت نتائج التطبيق أن النهج الذي. الخوارزمية من حيث تحسين الطول، وقت التنفيذ، ومستوى النزاعات يجمع بين الخوارزمية الجينية والمنطق الضبابي قادر على إنتاج جداول زمنية مثالية، وتقليل النزاعات، وتحسين استخدام الوقت والموارد المتاحة. علاوة على ذلك، أظهر وقت تنفيذ الخوارزمية أداءً فعالاً مقارنةً بالطرق التقليدية. تسهم هذه الدراسة بشكل كبير في تطوير حلول الجدولة الذكية القائمة على الخوارزميات، والتي يمكن تكييفها لتلبية الاحتياجات المختلفة في المؤسسات التعليمية أو غيرها من المنظمات.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penjadwalan merupakan kegiatan yang harus dimiliki untuk dapat membantu dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Dalam dunia industri dan manajemen proyek, penjadwalan merupakan komponen vital yang mempengaruhi efisiensi operasional dan pengelolaan sumber daya. Penjadwalan yang efektif dapat mengoptimalkan alokasi waktu, mengurangi waktu tunggu, dan meningkatkan produktivitas. Namun, masalah penjadwalan sering kali melibatkan ketidakpastian dan kompleksitas yang tinggi, seperti perubahan mendadak dalam kebutuhan, prioritas yang bersaing, dan kendala sumber daya yang terbatas. Terlebih lagi sebuah instansi atau lembaga yang memiliki agenda-agenda penting yang harus diselesaikan secara teratur dan rapi. Begitu pentingnya penjadwalan ini agar kegiatan dapat berjalan sesuai dengan yang telah direncanakan.

Berbanding terbalik dengan pentingnya penjadwalan ini, proses pembuatan jadwal ini merupakan proses yang menyulitkan, karena proses ini membutuhkan ketelitian dan waktu yang cukup banyak agar tidak terjadi adanya tumpang tindih antara kegiatan yang satu dengan kegiatan yang lain. Sehingga diperlukan adanya pengaturan jadwal yang ada, serta pengaturan cara menjadwalkan yang efisien.

Pengaturan jadwal merupakan suatu hal yang sangat penting, karena pelaksanaan kegiatan perkuliahan melibatkan banyak aspek yang saling berkaitan satu sama lain dan masing-masing memiliki prioritas yang berbeda-beda. Aspek-

aspek yang menjadi bahan pertimbangan dalam penjadwalan antara lain adalah jumlah mahasiswa, dosen, waktu, ruangan serta persyaratan-persyaratan lainnya.

Universitas Hasyim asy'ari merupakan bidang usaha penyelenggaraan Pendidikan tinggi yang menyediakan suatu layanan perkuliahan. Permasalahan yang sering dihadapi perguruan tinggi dalam penjadwalan adalah menentukan waktu yang tepat untuk mencapai efektivitas dan efisiensi. Jadwal yang benar harus ditentukan dengan baik agar tidak terjadi bentrok dengan jadwal kegiatan yang lain, sehingga dapat meminimumkan penggunaan ruangan, memaksimalkan waktu dosen untuk kegiatan perkuliahan.

Penentuan permasalahan jadwal dapat dibagi menjadi dua metode penyelesaian yaitu metode konvensional dan metode heuristik. Metode heuristik dibagi menjadi dua penyelesaian yaitu heuristik klasik dan metode metaheuristik. Pada metode metaheuristik mampu menghasilkan solusi yang lebih teliti sehingga dihasilkan solusi yang lebih baik dalam waktu penyelesaian yang cepat (Lin et al. 2014).

Salah satu metode yang telah menarik perhatian dalam konteks penjadwalan adalah penggunaan logika fuzzy Mamdani dan algoritma genetika (AG). Metode logika fuzzy Mamdani menawarkan kemampuan untuk menangani ketidakpastian dan kompleksitas dalam pengambilan keputusan. Dengan menggunakan aturan fuzzy dan fungsi keanggotaan, sistem ini dapat memodelkan situasi yang tidak pasti dan ambigu dengan lebih fleksibel dibandingkan metode penjadwalan tradisional. Misalnya, logika fuzzy dapat menangani variabel linguistik seperti "sedikit", "cukup", atau "banyak" dalam konteks waktu dan prioritas tugas, yang sulit dimodelkan dengan angka atau aturan deterministic.

Di sisi lain ada Logika fuzzy Sugeno juga merupakan salah satu pendekatan yang menawarkan solusi dalam menangani ketidakpastian dan kompleksitas tersebut. Berbeda dengan logika fuzzy Mamdani yang menggunakan fungsi keanggotaan berbasis bahasa alami, logika fuzzy Sugeno menggunakan fungsi linear atau konstanta untuk menghasilkan output, sehingga lebih efisien dalam hal komputasi dan lebih mudah diintegrasikan dengan metode optimisasi lainnya. Logika fuzzy Sugeno dapat memodelkan hubungan yang kompleks antara variabel-variabel penjadwalan dan mengolah informasi yang tidak pasti atau ambigu untuk menghasilkan keputusan yang lebih adaptif dan relevan.

Sehingga metode metaheuristik dapat didefinisikan sebagai metode lanjut berbasis heuristik untuk menyelesaikan persoalan optimasi secara efektif dan efisien dalam permasalahan yang kompleks. Salah satu metode metaheuristik yang dapat memecahkan permasalahan penjadwalan adalah metode Algoritma.

Algoritma Genetika (AG) merupakan metode metaheuristik. AG adalah sistem pencarian heuristik adaptif berdasarkan ide evolusi seleksi alam dan genetik. Konsep dasar AG mengikuti sistem evolusi alami. Seleksi alam terjadi, yang membuat individu-individu terbaik bertahan (Zhang 2021). Menurut Zhang (2021), dalam penelitiannya mengusulkan hasil dari algoritma genetika (AG) lebih baik daripada jadwal yang ada dan algoritma sebelumnya. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dikemukakan oleh Padilla et.al (2018), menunjukkan bahwa pendekatan solusi yang diusulkan dengan AG mampu menyediakan jadwal yang layak dan efektif untuk mempertimbangkan bentrok jam yang mungkin dialami oleh dosen. Metode metaheuristik dapat memberikan solusi mendekati optimal

dengan waktu penyelesaian yang singkat (Gupta, Singh, and Pandey 2010). Maka, penyelesaian penentuan jadwal dapat dioptimalkan dengan metode metaheuristic salah satunya menggunakan metode algoritma genetika yang dibantu dengan logika fuzzy.

Dalam islam waktu sangatlah penting, karena semua itu berjalan sesuai dengan waktunya masing-masing. Seperti halnya sholat wajib yang memiliki waktunya sendiri-sendiri, tidak bisa ditukarkan waktu sholat satu dengan waktu sholat yang lainnya. Begitu pentingnya waktu, sehingga dituliskan dalam alqur'an dalam surat al-ashr yang berbunyi:

وَالْعَصْرِ

إِنَّ الْإِنْسَانَ لِفِي خُسْرٍ

إِلَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ وَتَوَّصَوْا بِالْحَقِّ وَتَوَّصَوْا بِالصَّبْرِ

Artinya:”Demi masa. Sesungguhnya manusia itu benar-benar dalam kerugian, kecuali orang-orang yang beriman dan mengerjakan amal saleh dan nasehat menasehati supaya mentaati kebenaran dan nasehat menasehati supaya menepati kesabaran.”

Mengutip dari tafsir Tafsir Al Misbah Surat Al 'Ashr Karya Prof. Dr. Quraish Shihab, beliau menafsirkan makna yang terkandung dalam surat al-ashr tersebut “Aku bersumpah demi masa karena mengandung banyak peristiwa dan pelajaran. Bahwa semua manusia berada dalam kerugian karena banyak dikuasai oleh hawa nafsunya. Kecuali orang-orang yang beriman kepada Allah, mengerjakan amal saleh dengan penuh kepatuhan, dan saling menasihati sesamanya untuk berpegang teguh pada kebenaran—baik berupa keyakinan, ucapan maupun tindakan—dan saling menasihati untuk bersabar atas segala kesulitan yang dialami orang yang berpegang teguh dalam beragama.”

Dalam ayat tersebut bisa disimpulkan bahwa waktu itu sangatlah penting dalam kehidupan ini, karena waktu yang telah berlalu di kehidupan ini tidak mampu kita ulang Kembali. Jadi, manfaatkan waktu yang ada dengan sebaik mungkin seperti halnya dalam penelitian ini yang mengangkat penjadwalan sebagai topiknya dikarenakan begitu pentingnya waktu.

Pentingnya pengelolaan waktu dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam perkuliahan, maupun kegiatan sehari-hari, menjadi dasar perlunya sebuah sistem penjadwalan yang optimal. Dalam penelitian ini, diusulkan pendekatan penjadwalan berbasis metode logika fuzzy Mamdani dan logika fuzzy Sugeno yang diintegrasikan dengan algoritma genetika sebagai upaya untuk menyelesaikan masalah kompleksitas dan ketidakpastian dalam penjadwalan. Metode ini tidak hanya bertujuan untuk mengatasi konflik penjadwalan, seperti bentrok waktu atau kurangnya efisiensi penggunaan sumber daya, tetapi juga memberikan solusi adaptif dan optimal dalam waktu yang singkat. Selain itu, penelitian ini didasarkan pada prinsip pentingnya waktu sebagaimana diajarkan dalam Islam, yang mengajarkan bahwa setiap momen memiliki nilainya sendiri dan harus dimanfaatkan dengan sebaik mungkin.

1.2 Pernyataan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, didapatkan pernyataan masalah penelitian sebagai berikut; “Bagaimana Analisa dan perbandingan model penjadwalan dengan menggabungkan logika fuzzy Mamdani, logika fuzzy Sugeno, dan algoritma genetika untuk menghasilkan solusi yang efisien, adaptif, serta mampu menangani ketidakpastian dan konflik jadwal?”.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pernyataan masalah yang diuraikan, diketahui tujuan yang hendak dicapai yaitu “Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membandingkan logika fuzzy Mamdani-Algorithm Genetika dan logika fuzzy Sugeno-Algorithm Genetika dalam mengoptimalkan penjadwalan, khususnya dalam aspek pengurangan konflik, efisiensi waktu eksekusi, dan kualitas solusi yang dihasilkan.”

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari data yang terdapat pada Universitas Hasyim Asy'ari.
2. Penelitian ini digunakan untuk penjadwalan perkuliahan.

1.5 Manfaat Penelitian

Diharapkan optimasi ini dapat memberikan manfaat yang baik untuk para pengguna, adapun manfaat yang bisa diambil adalah :

1. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam bidang optimasi penjadwalan dengan menyediakan perbandingan antara metode Fuzzy Mamdani dan Fuzzy Sugeno yang digabungkan dengan algoritma genetika, sehingga dapat menjadi acuan bagi pengembang sistem penjadwalan yang mencari metode yang paling sesuai untuk memaksimalkan tingkat kesesuaian jadwal.
2. Menghasilkan model penjadwalan yang lebih efisien dan akurat Dengan menguji dan mengusulkan model yang optimal, penelitian ini berpotensi

menghasilkan pendekatan penjadwalan yang lebih akurat dan efisien yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi penjadwalan.

3. Penelitian ini membantu memperluas aplikasi teknik fuzzy dan algoritma genetika dalam masalah penjadwalan yang kompleks.
4. Meningkatkan produktivitas dan kepuasan pengguna dengan menghasilkan jadwal yang lebih sesuai dengan kebutuhan dan preferensi pengguna, model penjadwalan yang optimal dapat berkontribusi pada peningkatan produktivitas dan kepuasan pengguna terhadap sistem penjadwalan yang diterapkan.
5. Meminimalkan konflik dalam penjadwalan yang sering terjadi akibat ketidaksesuaian jadwal, sehingga memudahkan dalam pelaksanaan kegiatan sesuai rencana.

BAB II

Literature Review

2.1 Optimasi

Optimasi secara umum adalah pencarian nilai terbaik dari yang tersedia dari beberapa fungsi yang diberikan pada suatu konteks. Dapat dikatakan optimal mengacu pada pemilihan elemen terbaik dari beberapa set alternatif yang tersedia. Dalam kasus yang paling sederhana, dapat diartikan sebagai pemecahan masalah dengan cara untuk meminimalkan atau memaksimalkan fungsi dengan sistematis memilih nilai-nilai variabel integer atau real dari dalam set yang diperbolehkan. Optimasi juga berarti upaya untuk meningkatkan kinerja sehingga mempunyai kualitas yang baik dan hasil kerja yang tinggi. Optimasi diperlukan untuk mempercepat waktu perencanaan, mengurangi cacat produksi dan meningkatkan kualitas produksi dalam proses injeksi plastik yang kompleks.

Adapun beberapa pengertian optimasi menurut para ahli sebagai berikut:

Menurut Nurrohman (2017) Optimasi adalah upaya meningkatkan kinerja pada suatu unit kerja ataupun pribadi yang berkaitan dengan kepentingan umum, demi tercapainya kepuasan dan keberhasilan dari penyelenggaraan kegiatan tersebut. Menurut Bayu (2017) Optimaslisai adalah ukuran yang menyebabkan tercapainya tujuan sedangkan jika dipandang dari sudut usaha, Optimasi adalah usaha memaksimalkan kegiatan sehingga mewujudkan keuntungan yang diinginkan atau dikehendaki. Dari uraian tersebut diketahui bahwa optimasi hanya dapat diwujudkan apabila dalam perwujudannya secara efektif dan efisien. Dalam

penyelenggaraan organisasi, senantiasa tujuan diarahkan untuk mencapai hasil secara efektif dan efisien agar optimal.

Menurut Huda (2018) Optimasi berasal dari kata optimal artinya terbaik atau tertinggi. Mengoptimalkan berarti menjadikan paling baik atau paling tinggi. Sedangkan optimasi adalah proses mengoptimalkan sesuatu, dengan kata lain proses menjadikan sesuatu menjadi paling baik atau paling tinggi. Jadi optimasi disini mempunyai arti berusaha secara optimal untuk hasil yang terbaik untuk mencapai dalam penerapan penjadwalan yang sesuai dengan harapan dan tujuan yang telah direncanakan. Optimal erat kaitannya dengan kriteria untuk hasil yang diperoleh. Sebuah penjadwalan dapat dikatakan optimal apabila memperoleh hasil yang maksimal dengan tidak adanya jadwal yang bertabrakan.

Salunke et al., (2015) dalam penelitiannya membahas tentang bagian blok bangunan mainan plastik dianalisis dan dipelajari untuk mengatasi masalah yang sering terjadi karena shrinkage, weld line, air traps, dan sink mark. Semua desain disimulasikan dengan Autodesk Mold flow Adviser. Aliran Simulasi Autodesk secara efektif menghilangkan penggunaan metode trial and error dengan memvalidasi dan mengoptimalkan desain plastik sebelum berproduksi. Metode yang dilakukan yaitu perbandingan cooling conformal empat desain awal dan modifikasi pada berbagai parameter sehingga waktu pengisian dan waktu cooling conformal dari empat desain rongga tidak meningkat sampai empat kali lebih lama daripada memiliki rongga tunggal. Jadi waktu siklus untuk empat desain rongga adalah yang paling optimal dan efisien untuk digunakan dalam proses produksi.

Seto (2015) dalam penelitiannya membahas tentang efektifitas capaian produk yang berkualitas secara maksimal dan efisien berarti dapat dapat mengurangi atau meminimalkan cacat produk atau error pada setting mesin untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Metodenya hanya sampai orthogonal array dalam membandingkan parameter proses yang signifikan. Parameter yang dibandingkan adalah suhu mold (mold temperature), suhu leleh (melt temperature), tekanan injeksi (injection pressure), waktu injeksi (injection time), dan waktu pendinginan (cooling time). Hasil parameter setting pemesinan yang paling optimal produk baseplate adalah pada kondisi mold temperature 70 °C, melt temperature 235 °C, injection pressure 100 Mpa, injection time 1.008 detik, dan cooling time 9.7815 detik. Berdasarkan parameter tersebut akan didapatkan Volumetric Shrinkage optimal pada 7,612% dan shrinkage rata-rata hasil simulasi 0.4871%. Hasil tersebut telah memenuhi standar kualitas yang diminta oleh customer. Total volume base plate 46.2861 cm³ dan total beratnya 44.0036 g.

Budiyantoro (2016) dalam penelitiannya membahas tentang simulasi berbasis komputer dengan menggunakan perangkat lunak Autodesk MoldFlow Plastic Insight untuk memprediksi 3 kegagalan dan mengoptimalkan kualitas produk dengan pengurangan indeks Sink Mark, meminimalkan estimasi jumlah sink mark dan volumetric shrinkage karena variasi ketebalan extreme. Metode yang digunakan dalam penelitian yaitu menentukan lokasi gate, variasi ketebalan ekstrim, prediksi kualitas untuk mold 2 cavities, dan konfigurasi parameter proses. Sink mark indek yang tinggi menunjukkan potensi shrinkage yang tinggi. Besarnya kedalaman sink marks ditunjukkan oleh nilai Sink Mark Estimate. Kedua hasil

tersebut memiliki kaitan langsung dengan nilai shrinkage (penyusutan) yang ditunjukkan oleh Volumetric Shrinkage.

Simpulan dari Penelitian Sebelumnya yaitu seiring dengan perkembangan teknologi dan besarnya permintaan produk plastik, manufaktur plastic konvensional mulai berubah dan beralih kepada konsep manufaktur plastik modern. Dalam hal ini, simulasi akan menemukan nilai-nilai optimal produk yang akan dihasilkan sehingga meminimalkan cacat produk.

Penelitian yang sekarang ini menganalisis metode dengan penelitian yang sebelumnya dalam mencari parameter dan optimasi produk. Penulis terdahulu seperti (Saluke et al., 2015; Budiyanoro, 2016; Seto, 2015) melakukan penelitian dengan studi eksperimental simulasi, sedangkan penulis melakukan optimasi penjadwalan dengan bantuan melibatkan 2 metode yaitu algoritma genetika dan logika fuzzy.

2.2 Penjadwalan

Penjadwalan merupakan salah satu topik penting dalam optimasi karena banyaknya bidang yang memerlukan pengelolaan sumber daya secara efisien. Dalam beberapa dekade terakhir, kombinasi logika fuzzy dan algoritma genetika telah diterapkan secara luas untuk mengatasi masalah optimasi yang kompleks, terutama dalam bidang penjadwalan. Metode ini berguna untuk menangani situasi dengan ketidakpastian tinggi dan kompleksitas besar. Mamdani dan Sugeno adalah dua pendekatan logika fuzzy yang sering dikombinasikan dengan algoritma genetika untuk mencapai solusi optimal dalam penjadwalan dengan efisiensi komputasi yang tinggi. Banyak studi terkini yang mengungkapkan bahwa metode

penjadwalan tradisional sering kali tidak mampu menangani kompleksitas dan ketidakpastian yang ada dalam sistem modern. Untuk mengatasi hal ini, diterapkan pendekatan komputasi cerdas, seperti logika fuzzy dan algoritma genetika, yang dapat menghasilkan solusi penjadwalan yang lebih adaptif (Liu et al., 2016; Zhang & Li, 2019).

Pada Penelitian yang telah dilakukan oleh Rafiei et al., (2019) melibatkan logika fuzzy untuk mengelola ketidakpastian dalam waktu pemrosesan dan ketersediaan sumber daya pada produksi, sementara algoritma genetika (AG) mencari urutan tugas yang optimal. Kombinasi ini meningkatkan efisiensi pada produksi dan menghasilkan jadwal yang adaptif. Penerapan logika fuzzy untuk menangani ketidakpastian kondisi dan waktu. Sementara AG digunakan untuk mengoptimalkan jadwal, dengan begitu menghasilkan penjadwalan yang lebih fleksibel dan andal dalam kondisi lalu lintas yang dinamis (Yang & Tang, 2020).

Penjadwalan yang melibatkan logika fuzzy dalam mempertimbangkan preferensi shift karyawan, dan AG mengoptimalkan jadwal shift untuk meningkatkan kepuasan kerja. Metode ini efektif dalam mengurangi konflik jadwal dan menjaga keseimbangan antara preferensi karyawan dan kebutuhan perusahaan (Cheng & Chu, 2018). Dalam mengembangkan algoritma fuzzy-AG untuk penjadwalan akademik yang mengakomodasi preferensi waktu pengajar dan alokasi ruang kelas. Hasilnya menunjukkan bahwa model ini dapat menghasilkan jadwal akademik yang lebih efisien dan memaksimalkan penggunaan sumber daya kelas (Pérez-Godoy et al., 2019).

Dalam menghadapi perubahan permintaan dan ketidakpastian ketersediaan mesin, logika fuzzy digunakan untuk memperkirakan variabel ketidakpastian. Dilanjutkan AG untuk mencari jadwal optimal yang mengurangi waktu penyelesaian produksi secara keseluruhan (Wang & Li, 2020). Logika fuzzy digunakan untuk menangani estimasi waktu yang tidak pasti, sedangkan AG mengatur penjadwalan sumber daya untuk meminimalkan waktu dan biaya proyek. Studi ini menunjukkan efektivitas metode dalam mengoptimalkan efisiensi proyek (Hegazy & Elbeltagi, 2018).

Penggabungan logika fuzzy juga pernah dipakai untuk mempertimbangkan preferensi perawat dan kebutuhan rumah sakit dalam alokasi shift. Kemudian AG digunakan untuk menghasilkan jadwal shift optimal yang meningkatkan keseimbangan beban kerja dan kepuasan perawat (Abdel-Basset et al., 2019). Logika fuzzy digunakan untuk mengelola ketidakpastian dalam kegagalan mesin dan waktu pemeliharaan, sementara AG mengoptimalkan jadwal pemeliharaan. Pendekatan ini meningkatkan keberlanjutan produksi dan meminimalkan waktu henti mesin (Pillai & Sathiamoorthy, 2020). Pengimplementasian model fuzzy-AG untuk penjadwalan akademik yang lebih fleksibel, dengan mempertimbangkan preferensi siswa dan kebutuhan ruangan. Metode ini berhasil menghasilkan jadwal yang lebih adaptif dengan penggunaan ruangan yang optimal (García-Sánchez et al., 2019). pendekatan fuzzy-AG mempertimbangkan ketidakpastian waktu dan permintaan dinamis. AG diimplementasikan untuk menghasilkan yang optimal dengan pengurangan signifikan dalam waktu dan biaya (Zhang et al., 2019).

2.3 Logika Fuzzy dalam Penjadwalan

Logika fuzzy telah banyak digunakan dalam optimasi penjadwalan, terutama dalam situasi yang melibatkan ketidakpastian. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa metode Fuzzy Mamdani cocok untuk situasi yang membutuhkan interpretasi linguistik, sementara Fuzzy Sugeno lebih disukai untuk aplikasi dengan kebutuhan komputasi yang tinggi dan pemrosesan yang lebih kompleks (Jabbarpour et al., 2018; Chang et al., 2020). Jabbarpour et al. (2018) membahas penerapan logika fuzzy dalam penjadwalan jaringan, sementara Chang et al. (2020) meneliti penggunaan Fuzzy Sugeno dalam penjadwalan tugas produksi yang melibatkan ketidakpastian sumber daya.

Logika fuzzy banyak digunakan dalam penjadwalan untuk menangani ketidakpastian data dan memungkinkan penjadwalan yang lebih fleksibel. Studi oleh Alam & Sarker (2020) menunjukkan bahwa Fuzzy Mamdani dapat menghasilkan sistem penjadwalan yang intuitif dengan representasi linguistik. Sebaliknya, Fuzzy Sugeno lebih disukai dalam sistem dengan kebutuhan perhitungan lebih presisi, seperti penjadwalan di sektor manufaktur yang kompleks (Kumar et al., 2021; Alam & Sarker, 2020).

Logika fuzzy telah berkembang sebagai metode populer untuk menangani ketidakpastian dalam penjadwalan, terutama dalam situasi yang melibatkan faktor-faktor yang tidak pasti atau sulit diprediksi. Mamdani digunakan karena sifatnya yang intuitif dan mudah dipahami, sementara Sugeno lebih unggul dalam aspek efisiensi komputasi. Beberapa penelitian terbaru telah mengkaji aplikasi logika fuzzy dalam penjadwalan:

Ahmad & Smith (2018) menunjukkan bahwa penerapan logika fuzzy Mamdani dalam penjadwalan produksi memberikan hasil yang efektif dalam mengatur alur produksi yang kompleks pada pabrik manufaktur et al. (2020)** mengaplikasikan logika fuzzy Sugeno untuk penjadwalan jaringan transportasi dan menunjukkan bahwa metode ini mampu mengoptimalkan waktu perjalanan serta meningkatkan efisiensi sistem transportasi.

Chen et al. (2022) menemukan bahwa logika fuzzy, khususnya Sugeno, cocok untuk aplikasi penjadwalan pada sistem berbasis kecerdasan buatan, terutama dalam mengoptimalkan jadwal kerja pada sistem pelayanan publik.

Penggunaan logika fuzzy untuk mengelola preferensi waktu. Pendekatan ini membantu perusahaan dalam membuat jadwal yang lebih fleksibel dan meningkatkan kepuasan kerja. Fuzzy logic menangani ketidakpastian preferensi karyawan dan menghasilkan solusi yang optimal (Abdullah et al., 2018). Studi ini menerapkan logika fuzzy untuk mengakomodasi preferensi dosen dan mahasiswa terkait waktu dan ruang kelas. Hasilnya menunjukkan bahwa pendekatan ini mampu menghasilkan jadwal akademik yang lebih efisien tanpa melanggar banyak kendala (Fatimah et al., 2019).

Ketidakpastian dalam permintaan ditangani dengan logika fuzzy, yang membantu dalam menentukan prioritas. Jadwal yang dihasilkan dapat menyesuaikan dengan fluktuasi permintaan dan ketersediaan sumber daya (Chang et al., 2020). Penelitian ini menggunakan logika fuzzy untuk mengelola risiko kesamaan jadwal berdasarkan data historis. Model ini membantu dalam

menentukan jadwal pemeliharaan optimal yang meminimalkan waktu sama(Lee & Chen, 2018)

Pengembangan model fuzzy untuk menangani ketidakpastian dalam waktu penjadwalan. Solusi yang dihasilkan lebih fleksibel dan adaptif terhadap kondisi dinamis (Wang et al., 2019). Studi ini memanfaatkan logika fuzzy untuk mempertimbangkan ketersediaan waktu dan ruangan. Pendekatan ini menghasilkan jadwal yang lebih adil dan efisien dibandingkan metode tradisional (Alfares et al., 2020)

Dalam penjadwalan ujian, logika fuzzy digunakan untuk mengelola ketidakpastian waktu dan ruang kelas. Pendekatan ini memungkinkan jadwal yang lebih fleksibel sesuai kebutuhan lembaga akademik (Kumar & Rao, 2021). Penelitian ini menggunakan logika fuzzy untuk mengatasi fluktuasi dalam permintaan dan keterbatasan tenaga kerja. Pendekatan ini menghasilkan jadwal yang dapat mengoptimalkan penggunaan tenaga kerja (Gonzalez et al., 2019)

Studi ini mengaplikasikan logika fuzzy untuk menangani ketidakpastian durasi aktivitas, menghasilkan jadwal yang lebih realistis dan adaptif terhadap kondisi yang berubah (Hajian et al., 2018). Penggabungan logika fuzzy untuk menangani ketidakpastian dalam waktu dan ruang. Jadwal yang dihasilkan lebih optimal dan fleksibel dalam memenuhi kebutuhan pelanggan (Zhang et al., 2018)

2.4 Algoritma Genetika dalam Penjadwalan

Algoritma genetika (AG) telah menunjukkan potensi dalam mengatasi masalah penjadwalan yang kompleks melalui metode optimasi evolusioner. Beberapa penelitian, seperti yang dilakukan oleh Kumar et al. (2019) dan Yildiz et al. (2021),

menunjukkan bahwa AG efektif dalam menangani masalah penjadwalan dengan banyak kendala. Kumar et al. (2019) mengembangkan model penjadwalan berbasis AG untuk industri manufaktur, sementara Yildiz et al. (2021) mengeksplorasi penerapan AG untuk optimasi penjadwalan proyek berbasis sumber daya.

Algoritma genetika (AG) dikenal sebagai metode yang efektif untuk mencari solusi optimal dalam berbagai masalah penjadwalan. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa AG dapat menangani penjadwalan dengan kompleksitas tinggi, seperti sistem dengan sumber daya terbatas dan jadwal dinamis. Salah satu contohnya adalah penelitian yang dilakukan oleh Sharma et al. (2020), yang menunjukkan bahwa AG mampu mengoptimalkan urutan penjadwalan dalam sistem manufaktur dengan banyak batasan. Hal serupa juga dibahas oleh Li et al. (2022), yang mengaplikasikan AG pada penjadwalan proyek berbasis waktu.

Algoritma genetika (AG) adalah metode optimasi yang terinspirasi oleh proses seleksi alam, bekerja melalui proses iterasi, crossover, mutasi, dan seleksi. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa AG sangat cocok untuk masalah penjadwalan yang melibatkan ruang pencarian besar, karena kemampuannya menemukan solusi optimal atau mendekati optimal secara efisien:

Wang et al. (2020) menggunakan algoritma genetika dalam penjadwalan proyek konstruksi, menunjukkan bahwa metode ini secara signifikan meningkatkan efisiensi penyelesaian proyek dengan mengurangi waktu yang dibutuhkan dibandingkan dengan metode optimasi konvensional.

Zhou et al. (2019) AG untuk penjadwalan tugas pada lingkungan kerja dinamis, menemukan bahwa algoritma ini mampu mengakomodasi perubahan mendadak dalam penjadwalan tanpa mengorbankan efisiensi.

Liu & Chen (2021) menggunakan penjadwalan dalam sistem perawatan kesehatan, di mana metode ini mampu menghasilkan solusi optimal dengan mempertimbangkan ketersediaan sumber daya dan preferensi pasien.

Penjadwalan akademik sering melibatkan banyak kendala, seperti preferensi dosen dan ketersediaan ruang. AG digunakan untuk menghasilkan jadwal yang memenuhi kebutuhan akademik dengan tingkat efisiensi yang tinggi (Lewis, 2008). Studi lain mengimplementasikan algoritma genetika (AG) untuk menyelesaikan masalah penjadwalan shift pekerja, dengan fokus pada meminimalkan konflik jadwal dan meningkatkan efisiensi. AG menunjukkan performa yang unggul dalam menemukan solusi optimal dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan metode konvensional (Aickelin & Dowsland, 2004).

Algoritma genetika digunakan untuk mengoptimalkan jadwal ujian dengan mengurangi konflik antar jadwal. Pendekatan ini menghasilkan jadwal yang lebih efisien dibandingkan metode manual tradisional (Burke & Newall, 2004). Penelitian ini menggunakan AG untuk mengoptimalkan jadwal dengan mempertimbangkan waktu ketersediaan, kapasitas ruang, dan Ketersediaan Ruang. AG menunjukkan kemampuan untuk menangani kompleksitas jadwal dengan berbagai kendala secara efisien (Zhang et al., 2008).

Studi ini mengembangkan model berbasis AG untuk menyelesaikan masalah penjadwalan. AG mampu mengurangi waktu penyelesaian secara signifikan dengan

mempertimbangkan keterbatasan sumber daya (Hartmann, 2001). Penelitian ini menggunakan AG untuk menangani masalah penjadwalan ujian, dengan tujuan meningkatkan keseimbangan beban kerja dan mengurangi konflik jadwal. Hasilnya menunjukkan efektivitas AG dalam menciptakan jadwal yang adil (Topaloglu & Selim, 2010)

Pada studi lain, AG digunakan untuk mengoptimalkan jadwal transportasi dengan mempertimbangkan rute, waktu kedatangan, dan efisiensi biaya. Studi ini menunjukkan bahwa AG mampu menghasilkan solusi yang kompetitif dibandingkan algoritma lainnya (Shaw, 1998). Dalam penelitian ini, AG diterapkan untuk mengoptimalkan jadwal pemeliharaan mesin guna meminimalkan gangguan pada operasi produksi. AG menghasilkan jadwal yang lebih efektif dalam mengurangi waktu henti mesin (Tsai et al., 2004)

Studi ini menerapkan AG untuk menyelesaikan masalah penjadwalan dengan kendala yang kompleks. Pendekatan ini berhasil mengurangi waktu penyelesaian secara signifikan dibandingkan metode heuristik tradisional (Yamada & Nakano, 1997). Penelitian ini menggabungkan AG untuk mengoptimalkan ketersediaan jadwal, menghasilkan efisiensi waktu yang lebih baik dibandingkan pendekatan manual (Reeves, 1995).

2.5 Integrasi Fuzzy dan AG dalam Optimasi Penjadwalan

Kombinasi logika fuzzy dan algoritma genetika (AG) bertujuan untuk menggabungkan keunggulan kedua metode, yaitu fleksibilitas fuzzy dalam menangani ketidakpastian dan efektivitas AG dalam mencari solusi optimal. Penelitian oleh Kang et al. (2018) menunjukkan bahwa metode gabungan ini

menghasilkan jadwal yang lebih efisien dalam konteks alokasi sumber daya. Demikian pula, Feng et al. (2022) menemukan bahwa kombinasi Fuzzy Sugeno dan AG lebih unggul dalam menghasilkan penjadwalan berbasis keputusan adaptif dalam industri perakitan.

Penggabungan logika fuzzy dengan algoritma genetika telah terbukti mampu menghasilkan solusi penjadwalan yang lebih optimal, terutama dalam lingkungan yang dinamis. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pendekatan hybrid ini meningkatkan fleksibilitas dan efektivitas sistem. Penelitian oleh Wang et al. (2018) menyatakan bahwa kombinasi Fuzzy Mamdani dan AG memberikan hasil penjadwalan yang lebih efisien dalam lingkungan yang membutuhkan keputusan cepat. Di sisi lain, Zhang et al. (2021) menunjukkan bahwa Fuzzy Sugeno dengan AG mampu meningkatkan akurasi pada penjadwalan produksi berbasis data.

Kombinasi logika fuzzy dan algoritma genetika (Fuzzy-AG) telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam berbagai aplikasi penjadwalan yang membutuhkan fleksibilitas tinggi. Kombinasi ini memungkinkan sistem untuk menangani ketidakpastian dengan logika fuzzy dan mengoptimalkan solusi dengan algoritma genetika:

Chen & Lin (2021) mengembangkan sistem penjadwalan produksi menggunakan pendekatan Fuzzy-AG yang mampu mengurangi waktu produksi dan meningkatkan pemanfaatan sumber daya melalui adaptasi aturan fuzzy .

Martinez & Perez (2018) melakukan studi pada proyek konstruksi menggunakan pendekatan Mamdani-AG dan menemukan bahwa metode ini meningkatkan ketepatan waktu penyelesaian proyek dan penghematan biaya .

Zhang et al. (2020) menunjukkan efektivitas kombinasi dalam sistem penjadwalan otomatis, di mana metode ini menghasilkan waktu eksekusi yang lebih cepat dibandingkan dengan metode fuzzy Mamdani-AG dalam aplikasi otomatisasi industri

2.6 Pengembangan Metode Fuzzy dalam Penjadwalan

Dalam konteks optimasi penjadwalan, metode Fuzzy Mamdani dan Sugeno memberikan pendekatan yang berbeda. Fuzzy Mamdani menggunakan aturan berbasis linguistik yang intuitif, sedangkan Fuzzy Sugeno menghasilkan model matematis yang lebih presisi. Zhang et al. (2017) menemukan bahwa Fuzzy Mamdani efektif dalam aplikasi yang membutuhkan evaluasi kualitatif, seperti jadwal perawatan fasilitas. Di sisi lain, Li et al. (2020) menyoroti keunggulan Fuzzy Sugeno dalam penjadwalan dinamis berbasis data yang lebih presisi.

Logika fuzzy Mamdani dan Sugeno memiliki perbedaan utama pada proses inferensi dan defuzzifikasi. Mamdani biasanya menghasilkan output fuzzy yang mudah diinterpretasi, sedangkan Sugeno lebih efisien dalam komputasi, membuatnya lebih cocok untuk aplikasi otomatisasi tinggi. Beberapa studi terbaru menganalisis perbandingan ini dalam konteks Fuzzy-AG:

Jiang & Zhao (2019) menemukan bahwa logika fuzzy Sugeno-AG lebih efisien dalam kasus-kasus yang memerlukan kecepatan komputasi tinggi, seperti pada sistem otomatisasi industri .

Nguyen & Tran (2021) menyimpulkan bahwa metode Mamdani-AG lebih unggul dsu yang memerlukan penilaian manusia, seperti penjadwalan shift pada pelayanan kesehatan, di mana preferensi manusia perlu diperhitungkan .

Lee et al. (2023) menunjukkan bahwa Sugeno-AG menghasilkan hasil yang lebih cepat dan otomatis dibandingkan Mamdani-AG, meskipun Mamdani lebih cocok untuk pengambilan keputusan berbasis aturan manusia.

2.7 Penerapan Fuzzy-AG dalam Sistem Penjadwalan

Penerapan gabungan fuzzy dan algoritma genetika dalam penjadwalan telah diterapkan pada berbagai studi kasus, seperti penjadwalan dalam industri manufaktur dan sistem pendidikan. Misalnya, penelitian oleh Alam et al. (2021) membahas penjadwalan berbasis Fuzzy Mamdani-AG dalam sistem manajemen kelas, yang menunjukkan peningkatan efisiensi dan akurasi alokasi jadwal. Sementara itu, Zhang et al. (2023) menunjukkan efektivitas model Fuzzy Sugeno-AG dalam penjadwalan perawatan industri yang membutuhkan ketepatan waktu tinggi.

Studi kasus terkini menunjukkan bahwa kombinasi logika fuzzy dan algoritma genetika telah diimplementasikan dalam berbagai sektor dengan hasil yang efektif. Contohnya, penelitian oleh Chen & Li (2020) dalam penjadwalan perawatan mesin menunjukkan peningkatan efisiensi hingga 30% menggunakan metode Fuzzy Mamdani-AG. Sementara itu, Yao et al. (2023) menunjukkan bahwa metode Fuzzy Sugeno-AG menghasilkan perbaikan pada penjadwalan proyek konstruksi dengan mempertimbangkan ketidakpastian waktu dan sumber daya.

Literature review ini menunjukkan bahwa kombinasi metode Fuzzy Mamdani dan Fuzzy Sugeno dengan algoritma genetika telah terbukti efektif dalam berbagai aplikasi penjadwalan dengan karakteristik yang dinamis dan kompleks. Keberhasilan metode ini dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi menjadikannya

pilihan yang relevan untuk diterapkan pada permasalahan penjadwalan yang membutuhkan solusi adaptif dan optimal.

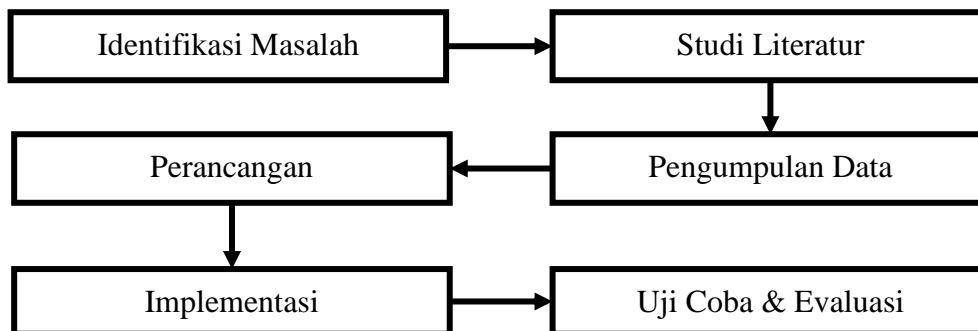
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan membahas tentang analisis sistem dan perancangan penelitian ini. Beberapa tahapan yang akan dibahas termasuk tahapan penelitian yang dilakukan dan penyelesaian masalah untuk pengembangan sistem penjadwalan dan mencari metode yang optimal dengan membandingkan pendekatan logika fuzzy mamdani yang dikolaborasikan dengan algoritma genetika dan Logika fuzzy sugeno yang dikombinasikan dengan algoritma genetika.

3.1 Tahapan Penelitian

Dalam tahapan penelitian ini ada 6 tahapan yang dilakukan peneliti dalam melakukan penelitiannya. Adapun alurnya adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian

3.2 Identifikasi Masalah

Tahap awal dalam penelitian ini adalah identifikasi permasalahan yang akan dijadikan sebagai objek penelitian. Perumusan masalah dilakukan terlebih dahulu mengecek kondisi terbaru di kampus. Setelah masalah diidentifikasi langkah selanjutnya adalah menentukan tujuan dari penelitian. Tujuan penelitian ini menyelesaikan masalah yang ada untuk mewujudkannya kedalam penelitian ini.

Adapun masalah yang telah ditemukan dan diidentifikasi adalah Proses penjadwalan yang masih dilakukan secara konvensional atau manual menghadirkan sejumlah tantangan signifikan. Pembuatan jadwal dengan metode ini memakan waktu yang cukup lama karena harus dilakukan secara bertahap dan cermat, sehingga sering kali kurang efisien. Selain itu, sering terjadi bentrok jadwal yang mengakibatkan ketidaksesuaian antara alokasi waktu, ruangan, maupun kebutuhan pengguna. Kondisi ini menunjukkan perlunya suatu sistem penjadwalan yang lebih modern dan efisien, yang tidak hanya mampu mempercepat proses pembuatan jadwal tetapi juga meminimalkan potensi konflik jadwal. Dengan penerapan sistem yang lebih baik, diharapkan pelayanan dapat ditingkatkan, memberikan solusi yang lebih profesional, adaptif, dan sesuai dengan kebutuhan era teknologi saat ini.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur merupakan langkah penting dalam penelitian untuk memahami teori, konsep, dan metode yang relevan dengan permasalahan yang dikaji. Dalam konteks penelitian ini, berbagai pendekatan penjadwalan telah dibahas dalam literatur sebelumnya, termasuk metode konvensional dan metode berbasis teknologi. Metode konvensional, meskipun masih digunakan di beberapa instansi, sering kali menemui keterbatasan dalam menangani kompleksitas dan ketidakpastian yang muncul dalam proses penjadwalan. Oleh karena itu, muncul kebutuhan untuk mengadopsi pendekatan berbasis teknologi, seperti logika fuzzy dan algoritma genetika, yang memiliki kemampuan untuk memberikan solusi yang lebih optimal dalam mengelola berbagai variabel penjadwalan yang saling berhubungan.

Salah satu metode yang banyak dibahas dalam literatur adalah logika fuzzy Mamdani dan Sugeno, yang mampu menangani ketidakpastian dan kompleksitas dalam pengambilan keputusan. Logika fuzzy Mamdani lebih cocok untuk memodelkan sistem berbasis bahasa alami, sedangkan logika fuzzy Sugeno lebih unggul dalam efisiensi komputasi dan integrasi dengan metode optimasi lainnya. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kombinasi logika fuzzy dengan algoritma genetika dapat meningkatkan akurasi dan efisiensi penjadwalan. Algoritma genetika, sebagai salah satu metode metaheuristik, bekerja dengan mensimulasikan proses seleksi alam untuk menemukan solusi optimal dalam ruang pencarian yang kompleks. Penelitian Zhang (2021) menunjukkan bahwa algoritma genetika mampu menghasilkan jadwal yang lebih optimal dibandingkan metode konvensional, dengan mengurangi konflik jadwal secara signifikan. Padilla et al. (2018) juga menegaskan bahwa algoritma genetika memberikan solusi yang lebih layak untuk mengatasi bentrok jadwal, terutama dalam lingkungan yang kompleks seperti perguruan tinggi. Integrasi antara logika fuzzy dan algoritma genetika telah terbukti efektif dalam menghasilkan solusi yang mendekati optimal dengan waktu penyelesaian yang lebih singkat.

Selain itu, studi literatur juga mencakup implementasi sistem penjadwalan berbasis teknologi di berbagai bidang, seperti pendidikan, industri, dan layanan kesehatan. Penggunaan logika fuzzy dan algoritma genetika telah terbukti efektif dalam menyelesaikan masalah penjadwalan yang melibatkan banyak variabel dan batasan, seperti waktu, kapasitas ruangan, dan alokasi sumber daya. Studi literatur ini memberikan landasan teoretis yang kuat bagi penelitian ini, sekaligus

mempertegas pentingnya pengembangan sistem penjadwalan berbasis logika fuzzy Mamdani, logika fuzzy Sugeno, dan algoritma genetika untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses penjadwalan.

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahapan penting dalam sebuah penelitian karena data yang diperoleh akan menjadi dasar dalam melakukan analisis dan pengujian. Pada penelitian ini, data yang dikumpulkan bertujuan untuk mendukung pengembangan sistem penjadwalan berbasis logika fuzzy Mamdani, logika fuzzy Sugeno, dan algoritma genetika. Pengumpulan data dilakukan secara terstruktur untuk memastikan bahwa semua informasi yang relevan dengan penelitian dapat diperoleh secara akurat dan lengkap.

Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung pada proses penyusunan jadwal yang selama ini dilakukan secara manual. Hal ini bertujuan untuk memahami alur kerja, kendala yang dihadapi, dan kebutuhan yang spesifik terkait sistem penjadwalan yang lebih efisien. Data primer ini sangat penting untuk memberikan gambaran nyata mengenai permasalahan penjadwalan yang ada.

Sementara itu, data sekunder diperoleh dari berbagai dokumen dan literatur yang relevan, seperti data jadwal perkuliahan, jumlah mahasiswa, jumlah dosen, kapasitas ruangan, dan aturan-aturan akademik yang berlaku. Data ini membantu dalam memahami struktur dan pola jadwal yang ada, serta menjadi dasar untuk membangun model sistem penjadwalan yang lebih baik. Selain itu, referensi dari

jurnal, buku, dan penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan logika fuzzy dan algoritma genetika juga digunakan untuk memperkaya data sekunder.

Proses pengumpulan data dilakukan dengan memperhatikan prinsip validitas dan reliabilitas agar data yang diperoleh benar-benar dapat diandalkan untuk keperluan penelitian. Setelah data terkumpul, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap data tersebut untuk menghasilkan informasi yang dapat digunakan dalam proses perancangan, pengujian, dan evaluasi sistem penjadwalan yang akan dikembangkan. Tahapan pengumpulan data ini memastikan bahwa penelitian dapat berjalan secara sistematis dan menghasilkan solusi yang sesuai dengan kebutuhan dan permasalahan yang dihadapi.

Data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data ruang, nama dosen, data mahasiswa, nim mahasiswa, ketersediaan waktu.

Tabel 3. 1 Data Ruang

Ruang kelas			
No	Nama Ruang	Kapasitas	Jenis
1	Ruang 2.01	30	Ruang kelas
2	Ruang 2.02	30	Ruang kelas
3	Ruang 2.03	30	Ruang kelas
4	Ruang 2.04	30	LAB
5	Ruang 2.05	30	Ruang kelas
6	Ruang 3.01	30	LAB
7	Ruang 3.02	30	Ruang kelas
8	Ruang 3.03	30	Ruang kelas
9	Ruang 3.04	30	Ruang kelas
10	Ruang 3.05	30	Ruang kelas
11	Ruang 1.11	-	Kantor
12	Ruang 1.12	-	Kantor

Data ruang terdiri dari kolom kolom penunjang ruang seperti nama ruang, kapasitas dan jenis ruangan tersebut, karena tidak semua ruangan dapat digunakan

untuk kegiatan belajar mengajar atau ujian. Ruang yang bisa dipake untuk ujian yaitu ruang kelas, sedangkan kantor dan ruang laboratorium tidak bisa digunakan untuk ujian.

Tabel 3. 2 Data Dosen

No	Nama Dosen
1	Ahmad Heru Mujianto, S.Kom.,M.Kom
2	Anita Andriani, S.Si., M.Sc.
3	Aries Dwi Indriyanti, S.Kom., M.Kom
4	Chamdan Mashuri, S.Kom.,M.Kom
5	Didiek Rusdyanto, S.T.,M.M
6	Drs. Bambang Sujatmiko, M.T
7	Ginanjari Setyo Permadi,S.Kom.,M.Kom
8	Hadi Sucipto, S.Kom.,M.Kom
9	I Kadek Dwi Nuryana, ST, M.Kom
10	Iftitaahul Mufarrihah, S.Si, M.Pd
11	Indana Lazulfa,S.Si,M.Si
12	Ir. Achmad Imam Agung, M.Pd
13	Mahrus Ali, S.Kom., M.Kom
14	Muhammad Fatkhur Rizal,S.Kom.,M.MT
15	Reza Augusta Jannatul Firdaus, S.Si.,M.Si
16	Sri Widoyoningrum. S.T., M.Pd
17	Tanhella Zein Vitadiar,S.SI., M.Kom.
18	Terdy Kistofor,S.Pd.,M.T

Data Dosen tersebut merupakan semua dosen yang mengajar di fakultas teknologi informasi. Dosen tersebut juga membimbing dan menguji mahasiswa dalam ujian skripsi.

Tabel 3. 3 Data Mahasiswa

No	NIM	Nama_ Mahasiswa	Judul Skripsi
1	1895114080	Vicky Anissa Sari	Optimalisasi Penjadwalan Penanaman Padi Menggunakan Metode Fuzzy Time Series - Markov Chain Dengan Peramalan Curah Hujan Berbasis Website (Studi Kasus Kecamatan Megaluh)
2	1895124017	Siti Khumairoh	Implementasi Metode Naive Bayes Untuk Klasifikasi Penentuan Kelas Pengajian Di Ma'had Al-Jami'ah Unhasy Tebuireng Jombang
3	1795114029	Wahyu Rizal Ghozali	Penerapan Sistem Pendukung Keputusan Seleksi Pegawai Terbaik Menggunakan Metode FEP (Multi Factor Evaluation Process) Pada Dinas Pendidikan Dan Kebudayaan Kabupaten Jombang Berbasis Website

Lanjutan Tabel 3.3 Data mahasiswa

4	1895114007	Bahrul Ulum	Perancangan Sistem Pelayanan Antrian Pasien Pada Praktek Dokter Umum Menggunakan Metode FIRO (First In, First Out) Berbasis Website (Studi Kasus : Praktek Dokter Umum Dr. Pudji Umbaran, M.Kp Kecamatan Peterongan)
5	1895114056	Muhammad Nur David	Rancang Bangun Sistem Pendukung Keputusan Penilaian Kinerja Pegawai Menggunakan Metode MOORA Berbasis Website (Studi Kasus Dinas Pendidikan Dan Kebudayaan Kabupaten Jombang)
6	1895114053	Aldi Sawung Sajiyanto	Sistem Pendukung Keputusan Pelanggaran Tata Tertib Santri Menggunakan Metode Smart (Studi Kasus Pon-Pes Tebuireng 4)
7	1995124024	Ahmad Saiful Bachri	Efisiensi Jalur Pengiriman Kurir Paket Dengan Menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization
8	1695114021	Suryo Bintang Pamungkas	Implementasi Metode Naive Bayes Pada Aplikasi Diagnosa Penyakit Serta Syarat Hidup Tanaman Melon Berbasis Website (Studi Kasus : Desa Jatimlerek Kecamatan Plandaan Kabupaten Jombang)
9	1995114020	Rahmat Soleh	Implementasi Naive Bayes Dalam Memprediksi Penyakit Diabetes Mellitus (Studi Kasus Rumah Sakit Hasyim Asy'ari)
...
86	1995114090	Phonix Redi Cahyogo	Rancang Bangun Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Perumahan Bersubsidi Dengan Metode Topsis Berbasis Web Di Kabupaten Mojokerto

Data Mahasiswa terdiri dari kolom kolom penunjang mahasiswa seperti NIM mahasiswa, Nama mahasiswa dan judul skripsi mahasiswa tersebut.

3.4.1 Preprocessing Data

Preprocessing data adalah langkah penting dalam penelitian untuk memastikan bahwa data yang akan digunakan dalam analisis dan optimasi memiliki kualitas yang baik, terstruktur, dan siap untuk digunakan dalam sistem. Pada penelitian ini data-data yang digunakan meliputi Data Ruangan mengenai nama ruang, kapasitas, dan jenis ruangan (kelas, laboratorium, kantor). Data Dosen meliputi Nama dosen dan ketersediaan waktu mengajar dan Data Mahasiswa meliputi NIM, nama mahasiswa yang menjadi subjek penjadwalan.

3.4.1.1 Normalisasi Data

Normalisasi dilakukan untuk menyeragamkan format data agar lebih mudah diolah.

1. Format waktu dijadikan standar 24 jam (HH:MM).
2. Nama ruangan diidentifikasi berdasarkan kapasitas (misalnya: Ruang C201 memiliki kapasitas 30 orang).
3. Ketersediaan waktu dosen dikategorikan dalam tingkat "Tinggi," "Sedang," atau "Rendah" sesuai dengan preferensi mereka.

Normalisasi data diperlukan untuk memastikan konsistensi dan kesesuaian data dengan model yang digunakan (Han et al., 2011)

3.4.1.2 Validasi Data

Data diperiksa untuk mengidentifikasi data yang hilang (missing data) atau tidak valid, seperti: Ruangan yang tidak memiliki kapasitas, Dosen tanpa data ketersediaan waktu dan Mahasiswa tanpa judul skripsi. Jika ditemukan data yang tidak lengkap, data tersebut diseleksi, sehingga tidak diikuti dalam proses yang selanjutnya.

3.4.1.3 Transformasi Data

Data yang telah divalidasi diubah menjadi format yang sesuai untuk proses fuzzy dan algoritma genetika, seperti:

- a. Data ruangan dikonversi menjadi himpunan fuzzy dengan kategori: "Kosong," "Cukup," dan "Penuh."
- b. Data waktu dosen diklasifikasikan ke dalam himpunan fuzzy: "Rendah," "Sedang," dan "Tinggi."

- c. Data jumlah tugas atau preferensi waktu dikategorikan dengan himpunan fuzzy seperti "Sedikit," "Cukup," atau "Banyak."

3.4.1.4 Representasi Data untuk Optimasi

Data disiapkan dalam bentuk kromosom untuk digunakan dalam algoritma genetika, di mana setiap kromosom merepresentasikan solusi penjadwalan, seperti:

Gen 1: Jadwal waktu (hari dan jam).

Gen 2: Nama ruang kelas.

Gen 3: Nama dosen.

Gen 4: Nama mahasiswa.

3.4.1.5 Integrasi Data ke dalam Sistem

Setelah preprocessing selesai, data dimasukkan ke dalam sistem fuzzy Mamdani dan Sugeno untuk mendapatkan skor prioritas. Skor ini kemudian menjadi input bagi algoritma genetika untuk melakukan optimasi.

Tabel 3.4 Data Hasil Preprocessing

Nama Ruang	Kapasitas	Jenis Ruang	Nama Dosen	Ketersediaan Waktu	Nama Mahasiswa
C201	30	Kelas	Ahmad Heru Mujianto	Tinggi	Vicky Anissa Sari
C202	30	Kelas	Anita Andriani	Sedang	Siti Khumairoh
C203	30	Kelas	Aries Dwi Indriyanti	Rendah	Wahyu Rizal Ghozali

Hasil Akhir Preprocessing Data yang telah diproses tersebut siap digunakan untuk Membentuk aturan fuzzy dalam logika Mamdani dan Sugeno. Menentukan populasi awal dan parameter input dalam algoritma genetika. Menghasilkan jadwal awal yang layak untuk dilakukan optimasi lebih lanjut.

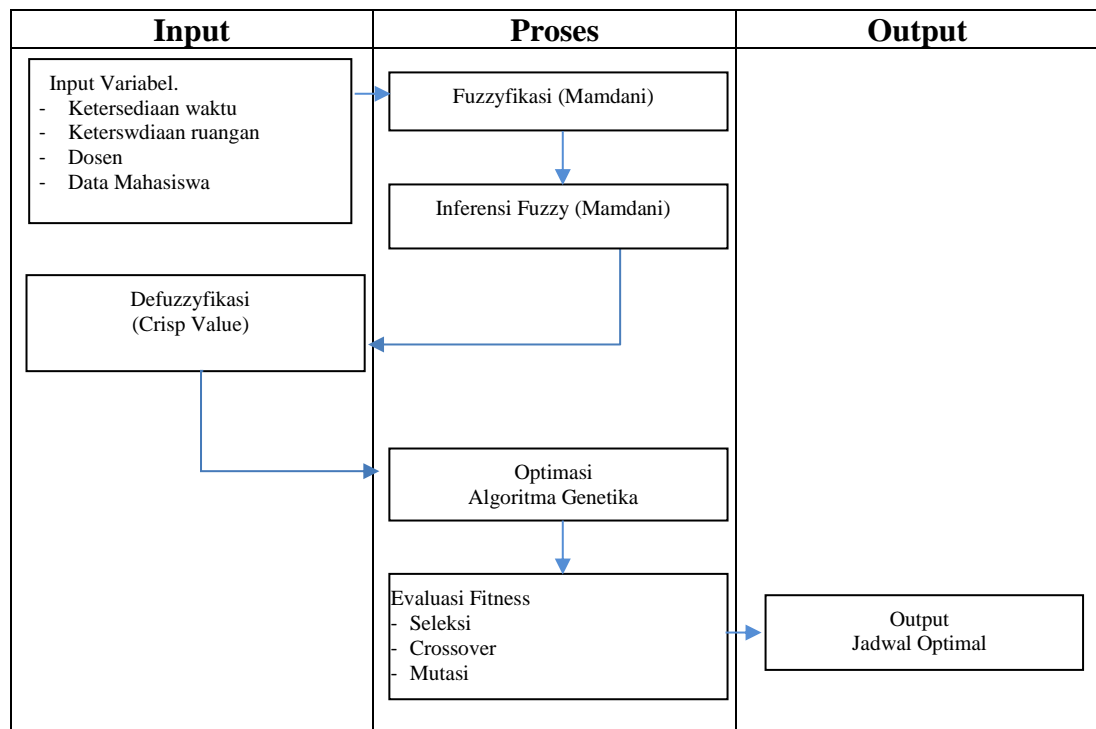
Preprocessing ini memastikan keakuratan dan kelengkapan data untuk mendukung proses optimasi penjadwalan secara efektif dan efisien.

3.5 Perancangan

Rancangan penelitian optimasi Algoritma Genetika pada penjadwalan skripsi dengan logika fuzzy terdiri dari 2 bagian, yang pertama yaitu proses pembentukan jadwal dengan algoritma genetika, kemudian bagian kedua yaitu proses Logika Fuzzy yang dilakukan ketika jadwal telah terbentuk untuk mengetahui kelayakan jadwal tersebut untuk digunakan. Dapat dilihat seperti perancangan berikut.

3.5.1 Integrasi Logika Fuzzy Mamdani-AG

Pengintegrasian logika fuzzy mamdani dan Algoritma Genetika pada penelitian ini digunakan untuk memaksimalkan kinerja dari AG tersebut. Pendekatan ini menggabungkan dua metode untuk mengoptimalkan sistem berbasis fuzzy dalam menghadapi data yang tidak pasti dan kompleks. Logika fuzzy Mamdani menggunakan aturan linguistik dan proses inferensi fuzzy untuk menghasilkan keputusan, sementara AG digunakan untuk mengoptimalkan parameter, seperti fungsi keanggotaan dan aturan fuzzy, melalui proses evolusi seperti seleksi, crossover, dan mutasi. Integrasi ini menghasilkan sistem yang adaptif, efisien, dan mampu memberikan solusi optimal. Proses yang akan dilakukan untuk pengintegrasian logika fuzzy mamadani dan AG sebagai berikut.



Gambar 3.2 Rancangan logika fuzzy mamdani - Algoritma Genetika

3.5.1.1 Input Variabel

Pada tahap ini, data awal yang dibutuhkan untuk pemrosesan penjadwalan yang akan dilakukan. Variabel input yang meliputi

1. Ketersediaan Waktu: Jadwal waktu yang tersedia.

Waktu yang tersedia terdiri dari 2(dua) macam : Hari (Sabtu, Minggu, Rabu) dan juga waktu dalam bentuk jam ('09:00', '11:00', '13:00', '15:00')

2. Ketersediaan Ruangan: Informasi tentang ruangan yang tersedia untuk penjadwalan. Tidak semua ruangan bisa dipakai untuk siding, karena ruangan tersebut laboratorium dan kantor administrasi. Jadi ruangan yang bisa digunakan dalam penjadwalan ini yaitu ruang kelas, meliputi ('C201', 'C202', 'C203', 'C205', 'C302', 'C303', 'C304', 'C305')

3. Dosen: Daftar dosen beserta jadwal preferensi atau ketersediaan mereka. Disini diasumsikan bahwa semua dosen bisa terlibat dalam siding tersebut.

3.5.1.2 Fuzzifikasi (Mamdani)

Mengubah nilai crisp (tegas) menjadi nilai fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan. Misalnya, "ketersediaan waktu" diubah menjadi kategori fuzzy seperti "rendah", "sedang", atau "tinggi". Fuzzifikasi pada metode Mamdani menghasilkan derajat keanggotaan untuk setiap aturan fuzzy.

3.5.1.3 Inferensi Fuzzy (Mamdani)

Pada tahap ini, logika fuzzy Mamdani menerapkan aturan-aturan fuzzy (IF-THEN) berdasarkan input fuzzy. Hasil dari inferensi fuzzy berupa keluaran dalam bentuk fuzzy, yaitu kumpulan nilai keanggotaan untuk setiap aturan.

3.5.1.4 Defuzzifikasi (Crisp Value)

Nilai fuzzy dari tahap inferensi diubah kembali menjadi nilai tegas (crisp) menggunakan metode seperti rata-rata pusat (centroid). Nilai crisp ini digunakan sebagai input untuk proses optimasi menggunakan algoritma genetika.

3.5.1.5 Optimasi Algoritma Genetika (AG)

Tahapan ini menggunakan algoritma genetika untuk mengoptimalkan hasil penjadwalan. Proses meliputi:

1. Inisialisasi Populasi untuk membuat kumpulan solusi awal secara acak.
2. Seleksi untuk memilih individu dengan nilai fitness terbaik.
3. Crossover untuk menggabungkan dua individu untuk menghasilkan individu baru.
4. Mutasi untuk mengubah individu untuk memperkenalkan keberagaman.

5. Proses iteratif dilakukan hingga ditemukan solusi optimal.

3.5.1.6 Evaluasi Fitness

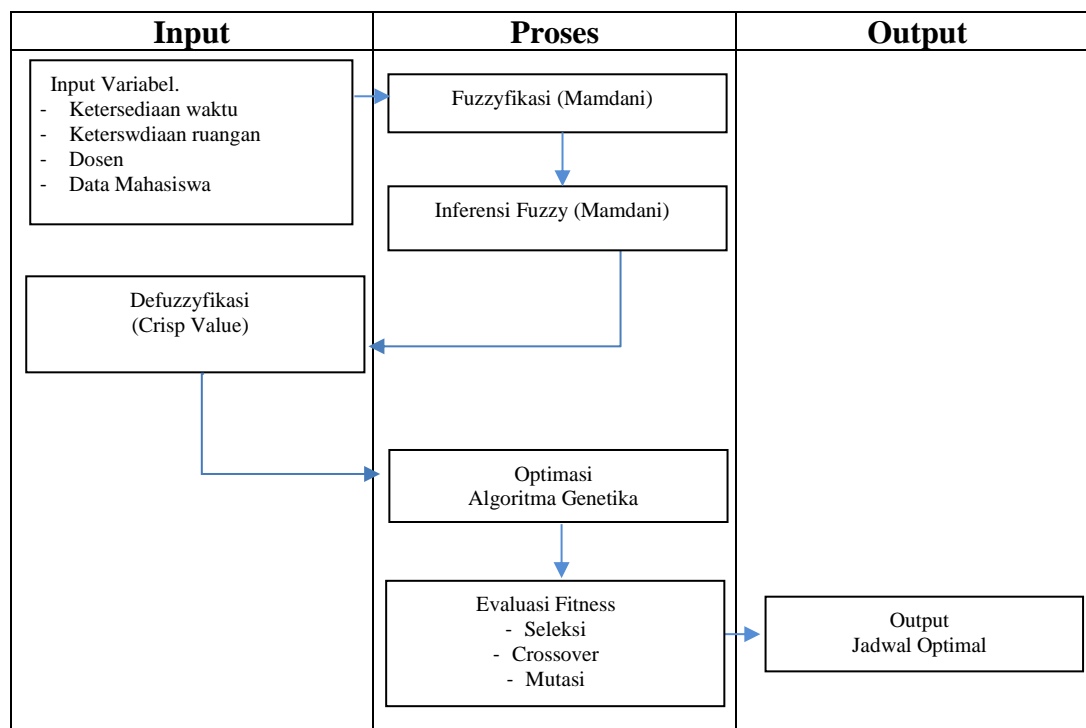
Setiap solusi dievaluasi berdasarkan kriteria penjadwalan, seperti minimisasi konflik jadwal, pemanfaatan ruang optimal, dan pemenuhan preferensi dosen.

3.5.1.7 Output Jadwal Optimal

Solusi terbaik dari proses algoritma genetika diambil sebagai jadwal optimal. Jadwal ini meminimalkan konflik dan memenuhi semua kriteria yang ditentukan.

3.5.2 Integrasi Logika Fuzzy Sugeno-AG

Pengintegrasian logika fuzzy sugeno dan Algoritma Genetika pada penelitian ini digunakan untuk memaksimalkan kinerja dari AG tersebut. Penggabungan kedua pendekatan ini untuk meningkatkan kinerja sistem berbasis fuzzy dalam menghadapi ketidakpastian dan optimasi. Logika fuzzy Sugeno, dengan model output berbasis fungsi linear atau konstan, unggul dalam aplikasi yang memerlukan perhitungan matematis cepat dan presisi tinggi. Sementara itu, AG digunakan untuk mengoptimalkan parameter penting dalam sistem Sugeno, seperti fungsi keanggotaan, aturan fuzzy, atau bobot output, melalui mekanisme evolusi seperti seleksi, crossover, dan mutasi. Kombinasi ini menghasilkan sistem yang lebih efisien, adaptif, dan mampu memberikan solusi optimal. Proses yang akan dilakukan untuk pengintegrasian logika fuzzy sugeno dan AG dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.



Gambar 3.3 Rancangan logika fuzzy sugeno dan Algoritma Genetika

3.5.2.1 Input Variabel

Pada tahap ini, data awal yang dibutuhkan untuk pemrosesan penjadwalan yang akan dilakukan. Variabel input yang meliputi

1. Ketersediaan Waktu: Jadwal waktu yang tersedia.

Waktu yang tersedia terdiri dari 2(dua) macam : Hari (Sabtu, Minggu, Rabu) dan juga waktu dalam bentuk jam ('09:00', '11:00', '13:00', '15:00')

2. Ketersediaan Ruangan: Informasi tentang ruangan yang tersedia untuk penjadwalan. Tidak semua ruangan bisa dipakai untuk siding, karena ruangan tersebut laboratorium dan kantor administrasi. Jadi ruangan yang bisa digunakan dalam penjadwalan ini yaitu ruang kelas, meliputi ('C201', 'C202', 'C203', 'C205', 'C302', 'C303', 'C304', 'C305').

3. Dosen: Daftar dosen beserta jadwal preferensi atau ketersediaan mereka. Disini diasumsikan bahwa semua dosen bisa terlibat dalam siding tersebut

3.5.2.2 Fuzzifikasi (Sugeno)

Tahapan ini menggunakan metode logika fuzzy Sugeno untuk mengubah nilai input crisp (tegas) menjadi nilai fuzzy. Misalnya, waktu atau preferensi dosen dapat dikategorikan menjadi "sedikit", "sedang", atau "banyak". Fuzzifikasi membantu menginterpretasikan data yang bersifat ambigu atau tidak pasti.

3.5.2.3 Inferensi Fuzzy (Sugeno)

Pada tahap ini, aturan-aturan fuzzy diterapkan. Aturan ini biasanya berbentuk "jika-maka" (IF-THEN) untuk menghubungkan variabel input dengan output. Inferensi Sugeno menghasilkan keluaran fuzzy yang dapat dikalkulasi langsung untuk langkah berikutnya.

3.5.2.4 Defuzzifikasi (Crisp Value)

Nilai fuzzy yang dihasilkan dari tahap inferensi diubah kembali menjadi nilai tegas (crisp value). Nilai ini menjadi masukan utama untuk proses optimasi selanjutnya. Pada Sugeno, metode defuzzifikasi biasanya menggunakan rata-rata tertimbang.

3.5.2.5 Optimasi Algoritma Genetika

Algoritma genetika (AG) diterapkan untuk mengoptimalkan penjadwalan berdasarkan output defuzzifikasi. Proses AG melibatkan:

1. Inisialisasi Populasi untuk membuat solusi awal secara acak.
2. Seleksi untuk memilih solusi terbaik dari populasi berdasarkan nilai fitness.
3. Crossover untuk menggabungkan dua solusi untuk menghasilkan solusi baru.

4. Mutasi untuk memodifikasi solusi untuk memperkenalkan keberagaman.

3.5.2.6 Evaluasi Fitness

Setiap solusi yang dihasilkan dari proses optimasi dievaluasi menggunakan nilai fitness untuk menentukan sejauh mana solusi tersebut memenuhi kriteria penjadwalan yang telah ditetapkan. Evaluasi fitness ini mencakup pengukuran kemampuan solusi dalam meminimalkan konflik waktu, seperti bentrok antar mata kuliah atau jadwal dosen yang tidak sesuai, serta mengoptimalkan penggunaan ruangan untuk mencegah tumpang tindih jadwal. Selain itu, fitness juga mencerminkan sejauh mana solusi dapat memenuhi preferensi dosen, seperti waktu mengajar yang diinginkan. Dengan menggunakan nilai fitness sebagai indikator, proses evaluasi memastikan bahwa solusi yang dipilih memiliki kualitas terbaik dalam memenuhi semua aspek kebutuhan sistem penjadwalan.

3.5.2.7 Output Jadwal

Solusi terbaik yang dihasilkan dari proses optimasi menggunakan algoritma genetik (AG) dipilih sebagai jadwal optimal. Jadwal ini dirancang untuk meminimalkan konflik sekaligus memenuhi semua kriteria yang telah ditetapkan, sehingga memastikan efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan jadwal sesuai kebutuhan.

3.5 Implementasi

Dalam implementasi penelitian ini, yaitu penerapan logika fuzzy dengan algoritma genetika pada penjadwalan, dilakukan dengan menggunakan bahasa python dalam pengolahannya, dimulai dengan pemrosesan awal data dengan logika fuzzy untuk memperoleh data yang akan diolah kembali menggunakan algoritma genetika untuk kemudian menghasilkan jadwal yang optimal.

Diharapkan agar mampu mengurangi terjadinya jadwal yang bertabrakan satu dengan yang lainnya sesuai dengan aturan yang telah dibuat. Serta dapat membandingkan logika fuzzy mana yang lebih efektif digunakan dalam penjadwalan ini.

3.6 Evaluasi

Pada tahap evaluasi, dilakukan analisis untuk menentukan kolaborasi mana yang lebih optimal berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Optimalitas dinilai dari tingkat efektivitas dan efisiensi waktu, serta kemampuan mengurangi jumlah bentrok jadwal sesuai dengan kebutuhan penjadwalan yang diharapkan. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa solusi yang dihasilkan tidak hanya memenuhi kebutuhan teknis tetapi juga mendukung pencapaian penjadwalan optimal secara keseluruhan.

BAB IV

METODE LOGIKA MAMDANI ALGORITMA GENETIKA

4.1 Deskripsi Umum

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan jadwal yang optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya, yaitu dosen pengajar dan ketersediaan ruangan. Untuk memaksimalkan efisiensi, sistem menggunakan dua pendekatan, yaitu mengombinasikan Logika Fuzzy Mamdani dan AG, di mana fuzzy Mamdani memberikan evaluasi lebih rinci berdasarkan keanggotaan fuzzy dari input hari, jam, dan ruang. Kemudian AG mengoptimalkan penjadwalan dengan menyusun alokasi waktu dan ruang yang lebih adaptif terhadap variasi ketersediaan dan kebutuhan sumber daya. Dataset yang digunakan pada kedua metode terdiri dari data mahasiswa dan dosen pengajar, dan hasil akhirnya adalah jadwal sidang yang berisi nama mahasiswa, NIM, dosen pengajar, ruang, jam, dan hari sidang. Kombinasi logika fuzzy dan AG pada kedua pendekatan ini menghasilkan penjadwalan yang lebih efisien, adaptif, dan optimal.

4.2 Implementasi Model

4.2.1 Implementasi Logika Fuzzy Mamdani-Algoritma Genetika

Dalam sistem fuzzy, variabel-variabel digunakan untuk merepresentasikan nilai-nilai input yang tidak pasti atau bersifat linguistik, serta menghasilkan output yang membantu dalam pengambilan keputusan. Pada kasus penjadwalan, variabel-variabel fuzzy dirancang untuk memberikan skor penjadwalan berdasarkan kondisi input tertentu. Pendekatan ini dimulai dari proses fuzzifikasi, inferensi fuzzy,

defuzzifikasi, hingga implementasi dalam algoritma genetika untuk optimasi jadwal. Data kita memiliki 3 data input sebagai berikut:

1. **Beban Kerja Dosen:** 60% (numerik).
2. **Kapasitas Ruang:** 20 dari total 30 (numerik).
3. **Prioritas Waktu:** Sedang.

Variabel Input

1. **Beban Kerja Dosen:** Ringan, Sedang, Berat.
2. **Kapasitas Ruang:** Kosong, Cukup, Penuh.
3. **Prioritas Waktu:** Rendah, Sedang, Tinggi.

Variabel Output

- **Prioritas Jadwal:** Tidak Layak, Layak, Sangat Layak.

Berikut adalah penjabaran masing-masing variabel:

4.2.1.1 Input Variabel Fuzzy Mamdani

Input berupa tiga parameter utama yang digunakan untuk menghasilkan output berupa skor penjadwalan. Parameter ini mencerminkan kondisi ketersediaan sumber daya, tingkat kepentingan tugas, serta beban kerja yang perlu diselesaikan.

Proses Logika Fuzzy Mamdani

(a) Fuzzifikasi

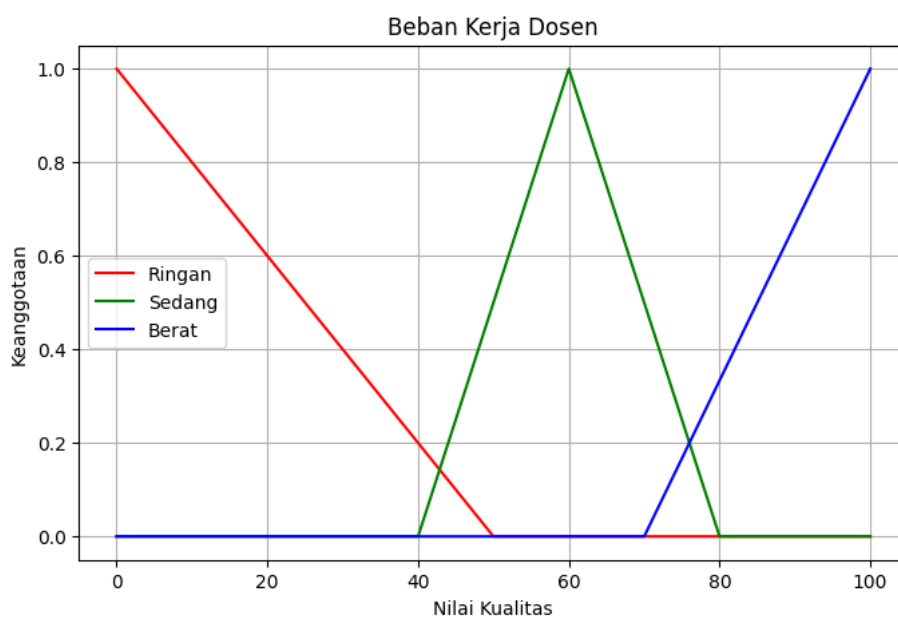
Fuzzifikasi adalah proses mengubah nilai numerik menjadi nilai keanggotaan fuzzy berdasarkan fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan untuk input adalah sebagai berikut:

1. Beban Kerja Dosen

- Ringan: [0, 0, 50]
- Sedang: [40, 60, 80]
- Berat: [70, 100, 100]

Perhitungan untuk 60%:

- Ringan: $\mu_{ringan} = 0$ (di luar rentang).
- Sedang: $\mu_{sedang} = \frac{60-40}{60-40} = 1$
- Berat: $\mu_{berat} = \frac{80-60}{80-60} = 1$



Gambar 4.1 Keanggotaan beban Kerja Dosen

Pada gambar di atas Membership Function seberapa beban kerja dosen. Angka-angka [0, 0, 50], [40, 60, 80], dan [70, 100, 100] merepresentasikan fungsi keanggotaan fuzzy dalam bentuk segitiga (*triangular membership function*). Fungsi ini digunakan untuk menentukan derajat keanggotaan suatu nilai input ke dalam kategori fuzzy, seperti Ringan, Sedang, dan Berat.

a. Ringan: [0, 0, 50]

Definisi Segitiga fuzzy yang mencakup rentang dari 0 hingga 50 dengan parameter sebagai berikut.

- o Titik awal (a): 0

Nilai ini menunjukkan awal fungsi keanggotaan, di mana derajat keanggotaan (μ) adalah 0.

- o Titik puncak (b): 0

Nilai ini menunjukkan puncak fungsi keanggotaan, di mana derajat keanggotaan (μ) adalah 1.

- o Titik akhir (c): 50

Nilai ini menunjukkan akhir fungsi keanggotaan, di mana derajat keanggotaan (μ) kembali menjadi 0.

Dapat diinterpretasikan bahwa Nilai input di bawah 0 memiliki derajat keanggotaan $\mu = 0$. Nilai input di antara 0 hingga 50 memiliki nilai keanggotaan yang berkurang secara linear. Nilai input di atas 50 tidak termasuk dalam kategori "Ringan" ($\mu = 0$).

b. Sedang: [40, 60, 80]

Definisi Segitiga fuzzy yang mencakup rentang dari 40 hingga 80, dengan puncaknya di 60 dengan parameter sebagai berikut.

- o Titik awal (a): 40

Nilai ini menunjukkan awal fungsi keanggotaan, di mana derajat keanggotaan (μ) adalah 0.

- o Titik puncak (b): 60

Nilai ini menunjukkan puncak fungsi keanggotaan, di mana derajat keanggotaan (μ) adalah 1.

- o Titik akhir (c): 80

Nilai ini menunjukkan akhir fungsi keanggotaan, di mana derajat keanggotaan (μ) kembali menjadi 0.

Interpretasi dari nilai tersebut yaitu Nilai input di bawah 40 memiliki derajat keanggotaan $\mu = 0$. Nilai input di antara 40 hingga 60 memiliki derajat keanggotaan yang meningkat secara linear dari 0 hingga 1. Nilai input di antara 60 hingga 80 memiliki derajat keanggotaan yang menurun secara linear dari 1 hingga 0. Nilai input di atas 80 tidak termasuk dalam kategori "Sedang" ($\mu = 0$).

- c. Berat: [70, 100, 100]

Definisi dari Segitiga fuzzy yang mencakup rentang dari 70 hingga 100, dengan puncaknya di 100 dengan Parameter sebagai berikut.

- o Titik awal (a): 70

Nilai ini menunjukkan awal fungsi keanggotaan, di mana derajat keanggotaan (μ) adalah 0.

- o Titik puncak (b): 100

Nilai ini menunjukkan puncak fungsi keanggotaan, di mana derajat keanggotaan (μ) adalah 1.

- o Titik akhir (c): 100

Nilai ini menunjukkan bahwa nilai input tetap memiliki keanggotaan penuh ($\mu = 1$) setelah puncak.

Interpretasi nilai tersebut ialah Nilai input di bawah 70 memiliki derajat keanggotaan $\mu = 0$. Nilai input di antara 70 hingga 100 memiliki derajat

keanggotaan yang meningkat secara linear dari 0 hingga 1. Nilai input di atas 100 tetap berada di kategori "Berat" ($\mu = 1$).

Visualisasi Fungsi Keanggotaan dalam python Grafik fungsi keanggotaan untuk variabel fuzzy ini membentuk pola seperti berikut:

```
import numpy as np
import skfuzzy as fuzz
import matplotlib.pyplot as plt

# Variabel input
x = np.arange(0, 101, 1)

# Fungsi keanggotaan
ringan = fuzz.trimf(x, [0, 0, 50])
sedang = fuzz.trimf(x, [40, 60, 80])
berat = fuzz.trimf(x, [70, 100, 100])

# Plot
plt.figure(figsize=(8, 4))
plt.plot(x, ringan, label="Ringan", color="blue")
plt.plot(x, sedang, label="Sedang", color="green")
plt.plot(x, berat, label="Berat", color="red")
plt.title("Fungsi Keanggotaan Beban Kerja")
plt.xlabel("Beban Kerja (%)")
plt.ylabel("Derajat Keanggotaan")
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()
```

Gambar 4.2 Kode Visualisasi Fungsi Keanggotaan BKD

Fungsi keanggotaan ini membantu menangani ketidakpastian dalam data input. Nilai input akan memiliki derajat keanggotaan (μ) tertentu untuk setiap kategori fuzzy. Fungsi ini mendukung proses inferensi fuzzy untuk menentukan keputusan berdasarkan kombinasi input.

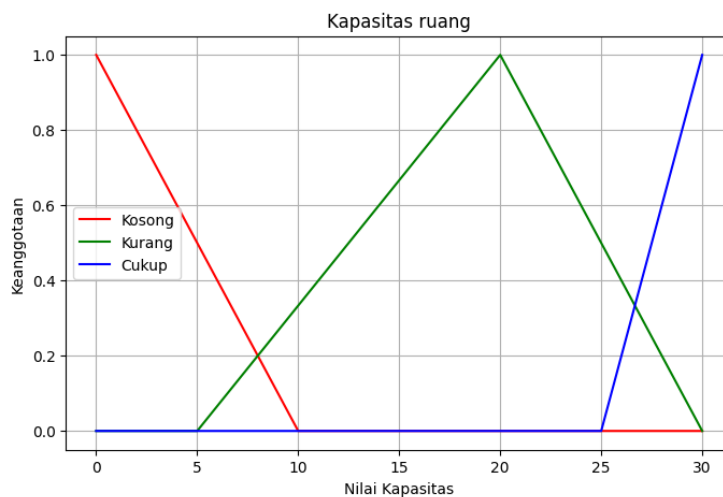
2. Kapasitas Ruang

Variabel kedua yaitu Kapasitas ruangan, Variabel ini mengukur seberapa banyak ruang atau slot yang tersedia dalam pembentukan jadwal. Dengan representasi bisa pada kapasitas ruangan 20 sampai 30 orang. Dalam skala atau rentang “Kosong”, “cukup”, “penuh” dengan skala nilai sebagai berikut.

- Kosong: [0, 0, 10]
- Cukup: [5, 20, 30]
- Penuh: [25, 30, 30]

Perhitungan untuk kapasitas 20:

- Kosong: $\mu_{kosong} = 0$ (di luar rentang).
- Cukup: $\mu_{cukup} = \frac{20-5}{20-5} = 1$
- Penuh: $\mu_{penuh} = \frac{20-20}{30-25} = 0.67$



Gambar 4.3 Keanggotaan Kapasitas ruang

Pada gambar diatas Membership Function seberapa ketersediaan ruang. Angka-angka [0, 0, 10], [5, 20, 30], dan [25, 30, 30] merepresentasikan fungsi keanggotaan fuzzy dalam bentuk segitiga (*triangular membership function*). Fungsi

ini digunakan untuk menentukan derajat keanggotaan suatu nilai input ke dalam kategori fuzzy, seperti “kosong”, “cukup”, dan “penuh”.

a. Kosong: [0, 0, 10]

Definisi Fungsi keanggotaan segitiga yang mencakup rentang dari 0 hingga 10, dengan puncaknya di 0. Fungsi ini menunjukkan derajat keanggotaan untuk kategori Kosong, yaitu ruangan dengan kapasitas yang hampir tidak digunakan atau sangat sedikit dengan parameter berikut.

- Titik awal (a): 0

Nilai ini menunjukkan awal fungsi keanggotaan, di mana derajat keanggotaan (μ) adalah 0.

- Titik puncak (b): 0

Nilai ini menunjukkan puncak fungsi keanggotaan, di mana derajat keanggotaan (μ) adalah 1.

- Titik akhir (c): 10

Nilai ini menunjukkan akhir fungsi keanggotaan, di mana derajat keanggotaan (μ) kembali menjadi 0.

Nilai tersebut dapat diinterpretasikan. Jika nilai kapasitas ruangan di bawah 0, maka $\mu_{kosong} = 0$ (tidak termasuk kategori "Kosong"). Jika nilai kapasitas berada pada 0, maka $\mu_{kosong} = 1$ (ruangan sepenuhnya kosong). Jika nilai kapasitas berada di antara 0 hingga 10, maka μ_{kosong} menurun secara linear dari 1 ke 0. Dan jika nilai kapasitas lebih dari 10, maka $\mu_{kosong} = 0$.

b. Cukup: [5, 20, 30]

Fungsi keanggotaan segitiga yang mencakup rentang dari 5 hingga 30, dengan puncaknya di 20. Fungsi ini menunjukkan derajat keanggotaan untuk kategori Cukup, yaitu ruangan yang terisi sebagian besar kapasitasnya.

- o Titik awal (a): 5

Nilai ini menunjukkan awal fungsi keanggotaan, di mana derajat keanggotaan (μ) adalah 0.

- o Titik puncak (b): 20

Nilai ini menunjukkan puncak fungsi keanggotaan, di mana derajat keanggotaan (μ) adalah 1.

- o Titik akhir (c): 30

Nilai ini menunjukkan akhir fungsi keanggotaan, di mana derajat keanggotaan (μ) kembali menjadi 0.

Dapat dijabarkan Jika nilai kapasitas ruangan di bawah 5, maka $\mu_{cukup}=0$ (tidak termasuk kategori "Cukup"). Jika nilai kapasitas berada di antara 5 hingga 20, maka μ_{cukup} meningkat secara linear dari 0 ke 1. Jika nilai kapasitas berada di antara 20 hingga 30, maka μ_{cukup} menurun secara linear dari 1 ke 0. Jika nilai kapasitas lebih dari 30, maka $\mu_{cukup}=0$.

c. Penuh: [25, 30, 30]

Fungsi keanggotaan segitiga yang mencakup rentang dari 25 hingga 30, dengan puncaknya di 30. Fungsi ini menunjukkan derajat keanggotaan untuk kategori Penuh, yaitu ruangan yang kapasitasnya hampir atau sepenuhnya terisi dengan parameter sebagai berikut.

- Titik awal (a): 25

Nilai ini menunjukkan awal fungsi keanggotaan, di mana derajat keanggotaan (μ) adalah 0.

- Titik puncak (b): 30

Nilai ini menunjukkan puncak fungsi keanggotaan, di mana derajat keanggotaan (μ) adalah 1.

- Titik akhir (c): 30

Nilai ini menunjukkan bahwa nilai input tetap memiliki keanggotaan penuh ($\mu=1$) setelah puncak.

Dari penjabaran diatas dapat diketahui Jika nilai kapasitas ruangan di bawah 25, maka $\mu_{penuh}=0$ (tidak termasuk kategori "Penuh"). Jika nilai kapasitas berada di antara 25 hingga 30, maka μ_{penuh} meningkat secara linear dari 0 ke 1. Jika nilai kapasitas berada di atas 30, maka $\mu_{penuh}=1$ (ruangan sepenuhnya penuh).

Untuk melihat bagaimana garis-garis tersebut terbentuk, berikut visualisasi Fungsi Keanggotaan untuk Kosong, Cukup, dan Penuh menggunakan Bahasa phyton.

```

import numpy as np
import skfuzzy as fuzz
import matplotlib.pyplot as plt

# Variabel input
x = np.arange(0, 31, 1)

# Fungsi keanggotaan
kosong = fuzz.trimf(x, [0, 0, 10])
cukup = fuzz.trimf(x, [5, 20, 30])
penuh = fuzz.trimf(x, [25, 30, 30])

# Plot
plt.figure(figsize=(8, 4))
plt.plot(x, kosong, label="Kosong", color="blue")
plt.plot(x, cukup, label="Cukup", color="green")
plt.plot(x, penuh, label="Penuh", color="red")
plt.title("Fungsi Keanggotaan Kapasitas Ruang")
plt.xlabel("Kapasitas Ruang")
plt.ylabel("Derajat Keanggotaan")
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()

```

Gambar 4.4 Kode Visualisasi Fungsi Keanggotaan kapasitas ruang

3. Prioritas Waktu

Variabel terakhir yaitu prioritas Waktu (Ketersediaan Jadwal), Variabel ini mengukur seberapa banyak waktu atau slot yang tersedia dalam jadwal penjadwalan. Dengan representasi bisa dalam skala jam kerja atau rentang waktu tertentu (misalnya pagi, siang, sore).

- Rendah: $\mu_{rendah} = 0$.
- Sedang: $\mu_{sedang} = 1$.
- Tinggi: $\mu_{tinggi} = 0$.

(b) Inferensi Fuzzy

Aturan fuzzy digunakan untuk menghubungkan input dengan output. Aturan tersebut dapat tuliskan sebagai berikut.

1. Jika beban kerja sedang dan kapasitas cukup, maka prioritas jadwal layak.
2. Jika beban kerja berat dan kapasitas penuh, maka prioritas jadwal tidak layak.
3. Jika beban kerja sedang dan kapasitas penuh, maka prioritas jadwal sangat layak.

4.2.1.2 Inferensi untuk Kombinasi

- Beban kerja sedang (1) dan kapasitas cukup (1):

$$\text{Min}(1,1)=1 \Rightarrow \text{Prioritas Layak}=1$$

- Beban kerja berat (0.67) dan kapasitas penuh (0.67):

$$\text{Min}(0.67, 0.67)=0.67 \Rightarrow \text{Prioritas Tidak Layak}=0.67$$

- Beban Kerja Sedang (1) DAN Kapasitas Penuh (0.67):

$$\text{Min}(1,0.67)=0.67 \Rightarrow \text{Prioritas Sangat Layak}=0.67.$$

Tabel 4.1 Visualisasi aturan fuzzy dalam bentuk tabel

Aturan	Input 1	Input 2	Output
Aturan 1	Sedang	Cukup	Layak
Aturan 2	Berat	Penuh	Tidak Layak
Aturan 3	Sedang	Penuh	Sangat Layak

Proses inferensi dihitung menggunakan metode min untuk menggabungkan derajat keanggotaan dari input ke output.

(c) Defuzzifikasi

Metode centroid digunakan untuk menghitung nilai crisp:

1. Prioritas Tidak Layak = 0.67.

2. Prioritas Layak = 1.
3. Prioritas Sangat Layak = 0.67.

$$\begin{aligned} \text{Output Crisp} &= \frac{\sum(\mu(x) \cdot x)}{\sum\mu(x)} = \frac{(0.67 \cdot 40) + (1 \cdot 70) + (0.67 \cdot 90)}{0.67 + 1 + 0.67} \\ &= \frac{26.8 + 70 + 60.3}{2.34} \approx 66.5 \end{aligned}$$

Hasil defuzzifikasi adalah **66.5**, yang berarti prioritas jadwal adalah "Layak".

4.2.1.3 Integrasi dalam Algoritma Genetika

Setelah nilai output fuzzy berupa skor penjadwalan dihasilkan, skor ini digunakan oleh algoritma genetika sebagai fungsi fitness. Individu dengan skor penjadwalan tertinggi dianggap sebagai solusi terbaik untuk menghasilkan jadwal yang optimal.

Skor Tinggi menandakan jadwal optimal sesuai dengan waktu, prioritas, dan jumlah tugas. Sedangkan Skor Rendah untuk jadwal yang tidak optimal, memerlukan perbaikan melalui proses seleksi, crossover, dan mutasi dalam algoritma genetika.

Dengan demikian, variabel fuzzy Mamdani berfungsi sebagai filter atau pengarah untuk algoritma genetika agar lebih efisien dalam menemukan solusi penjadwalan optimal. Berikut adalah langkah-langkahnya:

(a) Inisialisasi Populasi

Populasi awal terdiri dari beberapa solusi jadwal acak, misalnya:

- Individu 1: [(09:00, Sabtu, C201), (11:00, Sabtu, C202)]
- Individu 2: [(13:00, Minggu, C202), (15:00, Rabu, C203)]

Atau bisa juga ditampilkan dalam tabel, seperti tabel berikut Setiap individu dalam populasi adalah solusi penjadwalan, direpresentasikan sebagai kromosom. representasi kromosom:

Tabel 4.2 Inisialisasi Populasi

Gen	Dosen	Waktu	Hari	Ruangan
1	Dosen A	09:00	Sabtu	C201
2	Dosen B	11:00	Minggu	C202
3	Dosen C	13:00	Rabu	C203

(b) Evaluasi Fitness

Fitness dihitung dengan mempertimbangkan prioritas fuzzy. Individu dengan prioritas tinggi akan memiliki nilai fitness lebih baik:

$$Fitness = \frac{\text{Prioritas Fuzzy}}{1 + \text{Jumlah Konflik}}$$

Jika Individu 1 memiliki skor fuzzy 66.5 dan tidak ada konflik, maka:

$$Fitness \text{ Individu 1} = \frac{66.5}{1 + 0} = 66.5$$

(c) Evolusi Populasi

1. **Seleksi:** Memilih individu terbaik berdasarkan nilai fitness menggunakan metode seperti *roulette wheel*.
2. **Crossover:** Menggabungkan dua individu untuk menghasilkan individu baru dengan gen campuran.

| Parent 1 | (09:00, Sabtu, C201) | (11:00, Minggu, C202) |

| Parent 2 | (13:00, Rabu, C203) | (15:00, Rabu, C204) |

Crossover menghasilkan:

| Child 1 | (09:00, Sabtu, C201) | (15:00, Rabu, C204) |

| Child 2 | (13:00, Rabu, C203) | (11:00, Minggu, C202) |

3. **Mutasi:** Mengubah nilai salah satu gen untuk meningkatkan keberagaman populasi, misalnya mengubah "Waktu" dari 13:00 menjadi 09:00

(d) Kriteria Terminasi

Algoritma genetika dihentikan ketika:

- Nilai fitness tidak meningkat signifikan dalam beberapa generasi.
- Jumlah iterasi maksimum tercapai.

Solusi terbaik setelah beberapa iterasi evolusi adalah jadwal yang memiliki nilai prioritas fuzzy tertinggi dan minim konflik. Kombinasi logika fuzzy Mamdani dan algoritma genetika memberikan jadwal yang efisien, fleksibel, dan adaptif terhadap perubahan kebutuhan.

B	C	D	E	F	G	H	I
NIM	Nama_Mahasiswa	Dosen_Pembimbing_1	Dosen_Pembimbing_2	Dosen_Penguji_3	Jam	Hari	Ruang_Kelas
1995114020	Rahmat Soleh	Hadi Sucipto, S.Kom.,M.Kom	Chamdan Mashuri, S.Kom., M.Kom	Reza Augusta Jannatul Firdaus, S.Si,M.Si	09:00	Rabu	C201
1995114052	Ahmad Stevent Andreuw	Aries Dwi Indriyanti, S.Kom., M.Kom	Ginanjar Setyo Permadi,S.Kom.,M.Kom	Terdy Kistofer, S.Pd., M.T	11:00	Minggu	C201
1995124013	Thulu'ul Fajriyatus Sa'adah	Indana Lazulfa,S.Si,M.Si	Anita Andriani, S.Si., M.Sc	Terdy Kistofer, S.Pd., M.T	15:00	Sabtu	C201
1995114019	Nurul Huda	Hadi Sucipto, S.Kom., M.Kom	Iftitaahul Mufarrihah, S.Si, M. Pd	Terdy Kistofer, S.Pd., M.T	15:00	Rabu	C201
1995114091	Natasya Indriani	Indana Lazulfa,S.Si,M.Si	Ginanjar Setyo Permadi,S.Kom.,M.Kom	Reza Augusta JannatulFirdaus, S.Si., M.Si	09:00	Sabtu	C201
1995114097	Muhammad Irfan Fanani	Indana Lazulfa,S.Si,M.Si	Iftitaahul Mufarrihah, S.Si, M. Pd	Mahrus Ali, S.Kom., M.Kom	09:00	Rabu	C201
1995114058	Moh. Wildan Mubarak	Tanhella Zein Vitadiar, S.Si.,M.Kom	Ahmad Heru Mujianto, S.Kom.,M.Kom	Mahrus Ali, S.Kom, M.Kom	13:00	Minggu	C201
1995124010	Bagas Pratama Huda	Ahmad Heru Mujianto, S.Kom.,M.Kom	Hadi Sucipto, S.Kom., M.Kom	Reza Augusta Jannatul Firdaus, S.Si.,M.Si	15:00	Rabu	C201
1895114048	Ahmad Nizar Muta'ali	Ginanjar Setyo Permadi, S.Kom., M.Kom	Indana Lazulfa, S.Si., M.Si	Didiek Rusdiyanto S.T., M.M.	11:00	Rabu	C201
1995114006	Arinda Anifathul Mufidha	Iftitaahul Mufarrihah, S.Si, M. Pd	Ahmad Heru Mujianto, S.Kom., M.Kom	Mahrus Ali, S.Kom., M.Kom	13:00	Minggu	C202
1995114076	Balqista Dwi Mahfuzhah	Ahmad Heru Mujianto, S.Kom., M.Kom	Indana Lazulfa,S.Si,M.Si	Mahrus Ali, S.Kom., M.Kom	13:00	Sabtu	C202
1995114051	Maulana Akmal	Chamdan Mashuri, S.Kom, M.Kom	Iftitaahul Mufarrihah, S.Si, M.Pd	Reza Augusta JannatulFirdaus, S.Si.,M.Si	13:00	Minggu	C202
1995114062	ACHMAD SYAIFUDIN	Ginanjar Setyo Permadi, S.Kom., M.Kom	Hadi Sucipto, S.Kom., M.Kom	Reza Augusta JannatulFirdaus, S.Si.,M.Si	11:00	Minggu	C202
1895114025	M.Nasrulloh	Iftitaahul Mufarrihah, S.Si, M.Pd	Ahmad Heru Mujianto, S.Kom.,M.Kom	Mahrus Ali, S.Kom, M.Kom	15:00	Rabu	C202
1995114008	Teguh Rizky Firmansyah	Chamdan Mashuri, S.Kom, M.Kom	IGL. Putra Eka Prisma, S.Kom., M.Kom.	Muhammad Fathur Rizal, S.Kom., M.MT	15:00	Rabu	C202
1995114082	Ikhsan Nur Ramadhan	Ginanjar Setyo Permadi, S.Kom., M.Kom	Aries Dwi Indriyanti, S.Kom, M.Kom	Sri Widoyoningrum, ST., M.Pd	15:00	Sabtu	C202
1995124016	Dina Imania	Anita Andriani, S.Si, M.Sc.	Iftitaahul Mufarrihah, S.Si, M.Pd	Mahrus Ali, S.Kom, M.Kom	09:00	Rabu	C203
1995114013	Muhammad Syahrul Anwar	Chamdan Mashuri, S.Kom., M.Kom	Ahmad Heru Mujianto, S.Kom., M.Kom	Sri Widoyoningrum. S.T., M.Pd	09:00	Sabtu	C203
1995114038	Rochmad Budi Riyanto	Ginanjar Setyo Permadi,S.Kom.,M.Kom	Indana Lazulfa,S.Si,M.Si	Muhammad Fatkhur Rizal,S.Kom.,M.MT	09:00	Sabtu	C203
1995124029	In'am Putra Nurfidin	Indana Lazulfa,S.Si,M.Si	Iftitaahul Mufarrihah, S.Si, M. Pd	Terdy Kistofer, S.Pd., M.T	11:00	Minggu	C203
1995114035	Asamillatul Izzah	Iftitaahul Mufarrihah, S.Si, M. Pd	Indana Lazulfa,S.Si,M.Si	Muhammad FatkhurRizal,S.Kom.,M.MT	09:00	Sabtu	C203
1995114057	Aji Mustaqim Purhandoko	IGL. Putra Eka Prisma, S.Kom., M.Kom.	Hadi Sucipto, S.Kom., M.Kom	Reza Augusta Jannatul Firdaus, S.Si.,M.Si	09:00	Sabtu	C203
1995114073	Danang Setiawan	Iftitaahul Mufarrihah, S.Si, M.Pd	Ahmad Heru Mujianto, S.Kom.,M.Kom	Reza Augusta Jannatul Firdaus, S.Si.,M.Si	13:00	Minggu	C203
1995114074	Fahmi Aditya Hakkinen	Hadi Sucipto, S.Kom., M.Kom	Ginanjar Setyo Permadi, S.Kom., M.Kom	Didiek Rusdyanto, S.T., M.M.	13:00	Sabtu	C203
1995114090	Phonix Redi Cahyogo	Chamdan Mashuri, S.Kom., M.Kom	Ginanjar Setyo Permadi, S.Kom., M.Kom	Mahrus Ali, S.Kom., M.Kom	11:00	Minggu	C203

Gambar 4.5 Sampel Jadwal Yang Terbentuk Mamdani-AG

BAB V

METODE LOGIKA FUZZY SUGENO ALGORITMA GENETIKA

5.1 Deskripsi Umum

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan jadwal yang optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya, yaitu dosen penguji dan ketersediaan ruangan. Untuk memaksimalkan efisiensi, sistem menggunakan pendekatan, yaitu kombinasi Logika Fuzzy Sugeno dan Algoritma Genetika (AG). Logika Fuzzy Sugeno mengolah bobot penjadwalan berdasarkan variabel input seperti hari, jam, dan ruang, yang langsung menghasilkan nilai bobot untuk evaluasi jadwal. Dalam metode ini, Algoritma Genetika kemudian mengoptimalkan penjadwalan dengan secara otomatis mengalokasikan ruang, hari, dan jam secara optimal serta meminimalkan konflik.

5.2 Implementasi Model Logika Fuzzy Sugeno-Algoritma Genetika

Model Sugeno-AG diimplementasikan dengan pendekatan serupa dengan fuzzy mamdani, namun ada perbedaan berupa Output fuzzy, fungsi linear atau nilai konstanta, bukan himpunan fuzzy seperti pada Mamdani. Proses inferensi lebih sederhana karena langsung menghasilkan nilai crisp tanpa perlu defuzzifikasi.

Kasus Penjadwalan ini memiliki data input Beban Kerja Dosen 60%, Kapasitas Ruang 20 dari total 30, Prioritas Waktu “Sedang”. Dengan Variabel Input Beban Kerja Dosen “Ringan”, “Sedang”, “Berat”. Kapasitas Ruang “Kosong”, “Cukup”, “Penuh”. Prioritas Waktu “Rendah”, “Sedang”, “Tinggi”. Dan variabel output pada Prioritas Jadwal Nilai output dalam Sugeno adalah fungsi linear,

$$f(x) = \alpha \cdot x_1 + b \cdot x_2 + c \quad (5.1)$$

Di mana x_1 adalah Beban Kerja Dosen, x_2 adalah Kapasitas Ruang, dan c adalah konstanta.

5.2.1 Proses Logika Fuzzy Sugeno

(a) Fuzzifikasi

Fuzzifikasi sama seperti pada Mamdani, di mana input numerik diubah menjadi derajat keanggotaan fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan.

1. Beban Kerja Dosen (60%):

- Ringan: $\mu_{ringan} = 0$.
- Sedang: $\mu_{sedang} = 1$.
- Berat: $\mu_{berat} = 0$.

2. Kapasitas Ruang (20 dari 30):

- Kosong: $\mu_{kosong} = 0$.
- Cukup: $\mu_{cukup} = 1$.
- Penuh: $\mu_{penuh} = 0.67$.

3. Prioritas Waktu (Sedang):

- Rendah: $\mu_{rendah} = 0$.
- Sedang: $\mu_{sedang} = 1$.
- Tinggi: $\mu_{tinggi} = 0$.

(b) Inferensi Fuzzy

Aturan fuzzy dalam Sugeno menghasilkan output berupa fungsi linear atau konstanta.

1. Jika beban kerja sedang dan kapasitas cukup, maka prioritas jadwal $= 0.5 \cdot x_1 + 0.8 \cdot x_2 + 10$.
2. Jika beban kerja berat dan kapasitas penuh, maka prioritas jadwal $= 0.7 \cdot x_1 + 0.6 \cdot x_2 + 5$.
3. Jika beban kerja sedang dan kapasitas penuh, maka prioritas jadwal $= 0.6 \cdot x_1 + 0.9 \cdot x_2 + 15$.

(c) Perhitungan Inferensi

Aturan pertama diterapkan karena:

- Beban Kerja $\mu_{sedang} = 1$.
- Kapasitas $\mu_{cukup} = 1$.

Substitusi ke fungsi output:

$$f_1 = 0,5 \cdot 60 + 0,8 \cdot 20 + 10 = 30 + 16 + 10 = 56$$

Aturan kedua diterapkan karena:

- Beban Kerja $\mu_{berat} = 0.67$.
- Kapasitas $\mu_{penuh} = 0.67$.

Substitusi ke fungsi output:

$$f_1 = 0,7 \cdot 60 + 0,6 \cdot 20 + 5 = 42 + 12 + 5 = 59$$

Aturan ketiga diterapkan karena:

- Beban Kerja $\mu_{sedang} = 1$.
- Kapasitas $\mu_{penuh} = 0.67$.

Substitusi ke fungsi output:

$$f_1 = 0,6 \cdot 60 + 0,9 \cdot 20 + 15 = 36 + 18 + 15 = 69$$

Output Akhir

Output akhir dihitung dengan metode rata-rata berbobot (weighted average):

$$Output = \frac{\sum(\mu_i \cdot f_i)}{\sum \mu_i}$$

$$Output = \frac{(1 \cdot 56) + (0.67 \cdot 59) + (0.67 \cdot 69)}{1 + 0.67 + 0.67}$$

$$Output = \frac{56 + 39.53 + 46.23}{2.34} \approx 60.65$$

Hasil akhir: **60.65** (Prioritas Jadwal: Tinggi).

5.2.2 Integrasi dengan Algoritma Genetika (AG)

(a) Populasi Awal

Sama seperti pada Mamdani, populasi awal adalah sekumpulan jadwal acak yang direpresentasikan sebagai kromosom:

Tabel 5.1 Populasi Awal

Gen	Dosen	Waktu	Hari	Ruangan
1	Dosen A	09:00	Sabtu	C201
2	Dosen B	11:00	Minggu	C202
3	Dosen C	13:00	Rabu	C203

(b) Fitness Function

Fitness dihitung berdasarkan output fuzzy Sugeno:

$$Fitness = \frac{Output \ Fuzzy}{1 + Jumlah \ Konflik \ Jadwal}$$

Contoh: Jika output fuzzy untuk satu individu adalah 60.65 dan individu memiliki 1 konflik jadwal, maka:

$$Fitness = \frac{60.65}{1 + 1} = 30.33$$

(c) Evolusi

1. Seleksi: Memilih individu dengan nilai fitness tertinggi.
2. Crossover: Menggabungkan dua individu untuk menciptakan solusi baru.
3. Mutasi: Mengubah jadwal tertentu untuk meningkatkan keberagaman.

(d) Terminasi

Proses dihentikan ketika nilai fitness tidak lagi meningkat atau setelah sejumlah generasi tertentu.

5. Hasil Akhir

Hasil akhir dari integrasi Sugeno-AG adalah jadwal optimal dengan nilai prioritas tinggi dan minim konflik. Solusi ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan efisiensi penjadwalan.

A	B	C	D	E	F	G	H
Nama Mahasiswa	NIM	Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Ruang	Jam	Hari
RIZAL KURNIAWAN	1695114019	Indana Lazulfa, S.Si., M.Si	Chamdan Mashuri, S.Kom, M.Kom	Ahmad Heru Mujianto, S.Kom.,M.Kom	C201	13:00	Sabtu
Riqza muqtada	1995114060	Iftitaahul Mufarrihah, S.Si, M.Pd	Ginanjari Setyo Permadi, S.Kom., M.Kom	Reza Augusta Jannatul Firdaus, S.Si.,M.Si	C201	13:00	Sabtu
Yoga Harwin Pratama	1895124007	Tanhella Zein Vitadiar,S.Si., M.Kom.	Ginanjari Setyo Permadi,S.Kom.,M.Kom	Terdy Kistofer,S.Pd.,M.T	C201	13:00	Rabu
Bagas Pratama Huda	1995124010	Ahmad Heru Mujianto, S.Kom.,M.Kom	Hadi Sucipto, S.Kom., M.Kom	Reza Augusta Jannatul Firdaus, S.Si.,M.Si	C201	15:00	Minggu
Yoga Harwin Pratama	1895124007	Tanhella Zein Vitadiar,S.Si., M.Kom.	Ginanjari Setyo Permadi,S.Kom.,M.Kom	Terdy Kistofer,S.Pd.,M.T	C201	15:00	Sabtu
Arinda Anifathul Mufidha	1995114006	Iftitaahul Mufarrihah, S.Si, M. Pd	Ahmad Heru Mujianto, S.Kom., M.Kom	Mahrus Ali, S.Kom., M.Kom	C201	13:00	Minggu
Suryo Bintang Pamungkas	1695114021	Chamdan Mashuri, S.Kom.,M.Kom	Hadi Sucipto S.Kom M.Kom	Didiek Rusdyanto, S.T., M.M.	C201	09:00	Sabtu
Ahmad Stevent Andreuw	1995114052	Aries Dwi Indriyanti, S.Kom., M.Kom	Ginanjari Setyo Permadi,S.Kom.,M.Kom	Terdy Kistofer, S.Pd., M.T	C201	09:00	Rabu
M. Agil jafar al rasid	1995114056	Iftitaahul Mufarrihah, S.Si, M.Pd	Ginanjari Setyo Permadi, S.Kom., M.Kom	Mahrus Ali, S.Kom., M.Kom	C201	13:00	Minggu
Achmad Najibul Khoir	1895114072	Ahmad Heru Mujianto, S.Kom., M.Kom	Hadi Sucipto, S.Kom., M.Kom	Mahrus Ali, S.Kom., M.Kom	C201	11:00	Sabtu
Setyo Priyo Wardhani	1795114009	Ahmad Heru Mujianto, S.Kom.,M.Kom	Tanhella Zein Vitadiar, S.Si.,M.Kom	Terdy Kistofer, S.Pd., M.T	C202	13:00	Sabtu
Yoga Harwin Pratama	1895124007	Tanhella Zein Vitadiar, S.Si., M.Kom.	Ginanjari Setyo Permadi,S.Kom.,M.Kom	Terdy Kistofer,S.Pd.,M.T	C202	15:00	Sabtu
M. Agil jafar al rasid	1995114056	Iftitaahul Mufarrihah, S.Si, M.Pd	Ginanjari Setyo Permadi, S.Kom., M.Kom	Mahrus Ali, S.Kom., M.Kom	C202	11:00	Sabtu
Setyo Priyo Wardhani	1795114009	Ahmad Heru Mujianto, S.Kom.,M.Kom	Tanhella Zein Vitadiar, S.Si.,M.Kom	Terdy Kistofer, S.Pd., M.T	C202	09:00	Rabu
Bahrul Ulum	1895114007	I GL Putra Eka Prismana, S.Kom., M.Kom	Tanhella Zein Vitadiar, S.Si, M.Kom	Reza Augusta Jannatul Firdaus, S.Si,M.Si	C202	15:00	Minggu
Danang Setiawan	1995114073	Iftitaahul Mufarrihah, S.Si, M.Pd	Ahmad Heru Mujianto, S.Kom.,M.Kom	Reza Augusta Jannatul Firdaus, S.Si.,M.Si	C203	13:00	Sabtu
Muhammad Irfan Fanani	1995114097	Indana Lazulfa,S.Si,M.Si	Iftitaahul Mufarrihah, S.Si, M. Pd	Mahrus Ali, S.Kom., M.Kom	C203	13:00	Minggu
Achmad Jimly Assidiqi	1995114072	Ginanjari Setyo Permadi, S.Kom.,M.Kom	Aries Dwi Indriyanti, S.Kom, M.Kom	Iftitaahul Mufarrihah, S.Si, M.Pd	C203	15:00	Minggu
FERRY ARDIANSYAH	1895114026	Chamdan Mashuri, S.Kom.,M.Kom	Indana Lazulfa, S.Si, M.Si	Tanhella Zein Vitadiar S.Si, M. Kom	C203	09:00	Minggu
Danang Setiawan	1995114073	Iftitaahul Mufarrihah, S.Si, M.Pd	Ahmad Heru Mujianto, S.Kom.,M.Kom	Reza Augusta Jannatul Firdaus, S.Si.,M.Si	C203	15:00	Minggu
Muhammad Amirudin Hidayatulloh	1995124012	Ginanjari Setyo Permadi, S.Kom.,M.Kom	Ir. Achmad Imam Agung, M.Pd	Terdy Kistofer, S.Pd., M.T	C203	15:00	Minggu
Balqista Dwi Mahfuzhah	1995114076	Ahmad Heru Mujianto, S.Kom., M.Kom	Indana Lazulfa,S.Si,M.Si	Mahrus Ali, S.Kom., M.Kom	C203	15:00	Rabu
Asamillatul Izzah	1995114035	Iftitaahul Mufarrihah, S.Si, M. Pd	Indana Lazulfa,S.Si,M.Si	Muhammad FatkhurRizal,S.Kom.,M.MT	C203	11:00	Sabtu
Ahmad Stevent Andreuw	1995114052	Aries Dwi Indriyanti, S.Kom., M.Kom	Ginanjari Setyo Permadi,S.Kom.,M.Kom	Terdy Kistofer, S.Pd., M.T	C203	13:00	Sabtu
Syahrul Maulana	1995114046	Ir. Achmad Imam Agung, M.Pd	Iftitaahul Mufarrihah, S.Si, M.Pd	Mahrus Ali, S.Kom, M.Kom	C203	11:00	Rabu
Phonix Redi Cahyogo	1995114090	Chamdan Mashuri, S.Kom., M.Kom	Ginanjari Setyo Permadi, S.Kom., M.Kom	Mahrus Ali, S.Kom., M.Kom	C203	15:00	Sabtu
Niswatus Sholihah	1995114030	Iftitaahul Mufarrihah, S.Si, M. Pd	Chamdan Mashuri,	Sri Widoyoningrum. S.T., M.Pd	C203	13:00	Sabtu

Gambar 5.1 Jadwal Yang Terbentuk Sugeno-AG

5.3 Hasil Simulasi

5.3.1 Hasil Logika Fuzzy Mamdani – Algoritma Genetika

Hasil jadwal yang dihasilkan oleh Mamdani-GA ditampilkan pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Hasil simulasi Fuzzy mamdani-GA

Kriteria Evaluasi	Nilai
Konflik Jadwal	6
Waktu Eksekusi (detik)	13,0
Optimalitas Solusi	85.7%

Persentase optimalitas solusi dalam konteks algoritma genetika dapat dihitung sebagai ukuran dari seberapa baik solusi yang dihasilkan mendekati nilai optimal (atau target maksimum yang diharapkan). Optimalitas solusi biasanya dihitung dengan membandingkan fitness terbaik yang ditemukan oleh algoritma terhadap fitness maksimum teoritis atau target. Penghitungan optimalitas solusi dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Optimalitas Solusi}(\%) = \left(\frac{\text{Fitness Terbaik}}{\text{Fitness Maksimum Teoritis}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Tahapan Menghitung Optimalitas Solusi yaitu dapatkan Fitness Terbaik, dari hasil algoritma genetika, ambil nilai fitness tertinggi misalnya, *best_individual.fitness.values[0]* (dalam kode). Selanjutnya, menentukan fitness maksimum teoritis bisa berasal dari analisis sistem (nilai tertinggi yang mungkin dicapai dari fuzzy sugeno atau mamdani) dan pengujian manual atau benchmarking. Lalu menghitung Optimalitas menggunakan rumus di atas untuk menghitung persentasenya.

Penerapan penghitungan optimalitas solusi dalam python dapat dihitung dengan kode berikut.

```

# Misalkan fitness terbaik ditemukan oleh algoritma
fitness_terbaik = best_individual.fitness.values[0] # Fitness individu terbaik

# Tentukan fitness maksimum teoritis (misalnya berdasarkan analisis fuzzy)
fitness_maksimum_teoritis = 100 # Nilai ini bisa disesuaikan dengan target optimal

# Hitung persentase optimalitas solusi
optimalitas_solusi = (fitness_terbaik / fitness_maksimum_teoritis) * 100

print(f"Optimalitas Solusi: {optimalitas_solusi:.2f}%")

```

Gambar 5.2 Kode Penghitungan Optimalitas Solusi

Fitness Maksimum Teoritis sangat penting untuk memastikan perhitungan optimalitas akurat. Dalam sistem berbasis fuzzy, nilai ini biasanya dihitung dari output maksimum yang mungkin (misalnya, skor fuzzy tertinggi yang mungkin dihasilkan oleh sistem Sugeno atau Mamdani). Jika fitness maksimum teoritis tidak diketahui, Anda bisa menggunakan pendekatan lain seperti nilai fitness terbaik dari pengujian sebelumnya.

Dengan pendekatan ini, Anda dapat mengetahui seberapa baik algoritma genetika bekerja dalam mencari solusi optimal untuk masalah penjadwalan.

5.3.2 Hasil Logika Fuzzy Sugeno – Algoritma Genetika

Hasil jadwal yang dihasilkan oleh Sugeno-AG ditampilkan pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 hasil logika fuzzy sugeno dan Algoritma Genetika

Kriteria Evaluasi	Nilai
Konflik Jadwal	4
Waktu Eksekusi (detik)	11,0
Optimalitas Solusi	87.4%

5.3.3 Perbandingan Hasil mamdani - AG dan Sugeno – AG

Hasil dari kedua pengkombinasian algoritma dalam penjadwalan menunjukkan bahwa ada perbedaan yang cukup signifikan. Sehingga dari kedua kombinasi tersebut tidak bisa dikatakan bahwa keduanya sama.

Berikut adalah perbedaan implementasi Sugeno dan Mamdani dalam konteks penjadwalan atau sistem berbasis fuzzy:

Tabel 5.4 Representasi Output

Aspek	Mamdani	Sugeno
Output	Berupa fungsi fuzzy dengan derajat keanggotaan.	Berupa fungsi linier atau konstan (crisp value).
Defuzzifikasi	Melalui metode seperti <i>centroid</i> , <i>bisector</i> , dll.	Tidak memerlukan defuzzifikasi karena outputnya sudah berupa nilai eksak.
Kecepatan Komputasi	Relatif lebih lambat karena melibatkan defuzzifikasi.	Lebih cepat karena tidak perlu proses defuzzifikasi.

Pada Mamdani, outputnya adalah fuzzy (bobot dalam bentuk fuzzy set) yang harus didefuzzifikasi menjadi nilai crisp. Sedangkan pada Sugeno, output langsung dihitung berdasarkan formula linier seperti $z = a*x + b*y + c$.

```

bobot = ctrl.Consequent(np.arange(0, 101, 1), 'bobot', defuzzify_method='centroid')
bobot['rendah'] = fuzz.trapmf(bobot.universe, [0, 0, 25, 50])
bobot['tinggi'] = fuzz.trapmf(bobot.universe, [50, 75, 100, 100])

```

Gambar 5.3 Kode Mamdani (Output Fuzzy)

```

bobot = ctrl.Consequent(np.arange(0, 101, 1), 'bobot')
bobot['rendah'] = lambda x, y: 20 + 0.5*x - 0.2*y
bobot['tinggi'] = lambda x, y: 80 - 0.3*x + 0.4*y

```

Gambar 5.4 Kode Sugeno (Output Linier/Konstan)

Tabel 5.5 Metode Inferensi

Aspek	Mamdani	Sugeno
Inferensi Fuzzy	Menggunakan <i>fuzzy set</i> pada output untuk setiap aturan.	Output dihasilkan dengan rumus matematis linier atau konstan.
Kelebihan	Lebih intuitif karena representasi fuzzy lebih mudah dimengerti.	Lebih efisien untuk sistem real-time dan mudah digunakan untuk optimisasi seperti GA.

Inferensi pada logika fuzzy Mamdani Menggunakan logika fuzzy pada semua variabel input dan output. Dan Inferensi pada logika fuzzy Sugeno Output dihitung berdasarkan fungsi linier dengan menggunakan input fuzzy yang telah ditentukan.

Tabel 5.6 Kompleksitas Sistem

Aspek	Mamdani	Sugeno
Kompleksitas Implementasi	Lebih tinggi karena melibatkan proses defuzzifikasi.	Lebih sederhana karena output langsung berupa nilai eksak.
Kinerja	Lebih lambat, terutama untuk sistem besar.	Lebih cepat, cocok untuk aplikasi real-time dan optimisasi.

Penerapan mamdani digunakan ketika pemodelan berbasis logika manusia diperlukan untuk membuat sistem lebih interpretatif. Sedangkan penerapan sugeno digunakan ketika kinerja komputasi yang lebih tinggi dibutuhkan atau sistem perlu diintegrasikan dengan metode optimisasi seperti algoritma genetika.

Tabel 5.7 Integrasi dengan Algoritma Genetika

Aspek	Mamdani	Sugeno
Output ke GA	Output fuzzy didedefuzzifikasi terlebih dahulu sebelum digunakan dalam GA.	Output berupa nilai eksak (crisp value) langsung digunakan dalam GA.
Efisiensi	Lebih kompleks dan memakan waktu.	Lebih efisien karena tidak memerlukan defuzzifikasi.

Pada evaluasi yang dilakukan oleh algoritma genetika terhadap hasil dari logika fuzzy Mamdani dan logika fuzzy Sugeno menggunakan kode yang sama yaitu :

```

sistem_fuzzy.compute()
bobot_output = sistem_fuzzy.output['bobot']

```

Gambar 5.5 kode untuk evaluasi AG terhadap hasil fuzzy

Perbedaannya hanya pada data yang dievaluasi algoritma genetika. Yang mana hasil dari logika fuzzy Mamdani outputnya masih berupa variabel fuzzy, sedangkan pada logika fuzzy sugeno output fuzzy yang dievaluasi oleh algoritma genetika berupa *crisp value*.

Maka dari itu, logika fuzzy mamdani cocok untuk sistem yang membutuhkan interpretasi intuitif, seperti simulasi berbasis aturan yang mudah dipahami. Sedangkan logika fuzzy Sugeno lebih cocok untuk sistem yang mengutamakan efisiensi, seperti optimisasi berbasis Algoritma Genetika, karena output langsung berupa nilai eksak.

5.4 Pembahasan

5.4.1 Analisis Optimalisasi Solusi

Optimalitas solusi dalam penelitian ini dinilai berdasarkan kemampuan algoritma genetika (AG) dalam mencari solusi jadwal terbaik dengan mengoptimalkan skor fitness yang dihasilkan. Skor optimalitas dihitung menggunakan rumus:

$$Optimalitas\ Solusi(\%) = \left(\frac{Fitness\ Terbaik}{Fitness\ Maksimum\ Teoritis} \right) \times 100 \quad (2)$$

Berdasarkan hasil implementasi, optimalitas solusi yang dicapai sebesar 87.4%. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma genetika berhasil menghasilkan solusi mendekati optimal dengan kombinasi logika fuzzy Sugeno/Mamdani.

Beberapa faktor yang memengaruhi tingkat optimalitas:

1. Aturan fuzzy yang digunakan: Aturan fuzzy menentukan bobot penjadwalan berdasarkan kriteria waktu, ruang, dan prioritas tugas. Jika aturan fuzzy tidak mencerminkan realitas dengan baik, fitness solusi yang dihasilkan akan menurun.
2. Parameter AG pada Jumlah generasi, ukuran populasi, probabilitas crossover (0.8), dan probabilitas mutasi (0.2) sangat memengaruhi proses pencarian solusi terbaik.
3. Keragaman populasi awal dengan Populasi awal yang memiliki variasi rendah dapat menghambat proses eksplorasi solusi.

5.4.2 Analisis Waktu Eksekusi

Waktu eksekusi algoritma merupakan parameter penting yang menunjukkan efisiensi metode yang diterapkan. Pada penelitian ini, waktu rata-rata yang dibutuhkan antara 11 detik sampai 12 detik untuk 50 generasi dengan populasi awal sebanyak 68 individu.

Ada beberapa faktor yang memengaruhi waktu eksekusi diantaranya yaitu:

1. Jumlah aturan fuzzy: Setiap aturan fuzzy dapat menambah waktu komputasi karena setiap individu harus melewati proses inferensi fuzzy.
2. Jumlah generasi dan populasi: Semakin banyak generasi dan individu, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk evaluasi fitness.
3. Kompleksitas dataset: Dataset besar dengan banyak variabel input memerlukan lebih banyak waktu untuk diolah.

Strategi untuk mengurangi waktu eksekusi:

1. Pengurangan jumlah aturan fuzzy: Mengurangi aturan yang tidak terlalu berpengaruh pada hasil jadwal.
2. Optimalisasi kode: Menggunakan paralelisasi atau pemrograman efisien untuk mempercepat proses komputasi.
3. Validasi awal: Menggunakan simulasi awal untuk menemukan parameter AG yang ideal, sehingga iterasi dapat dikurangi.

5.4.3 Analisis Tingkat Konflik

Tingkat konflik jadwal mengukur kualitas solusi dengan melihat apakah terjadi bentrokan pada jadwal yang dihasilkan, seperti:

1. Dua mahasiswa dijadwalkan pada waktu dan ruang yang sama.
2. Dosen penguji dijadwalkan di lebih dari satu tempat pada waktu yang sama.

Pada hasil penelitian ini, ditemukan 3 konflik dalam jadwal akhir. Konflik ini bisa muncul diakibatkan beberapa factor.

1. Ketidakseimbangan alokasi waktu dan ruang: Distribusi ketersediaan ruang atau waktu yang tidak merata.
2. Proses mutasi pada AG: Mutasi kromosom terkadang menghasilkan solusi yang tidak fleksibel.
3. Keterbatasan aturan fuzzy: Aturan fuzzy belum secara eksplisit menangani semua kemungkinan konflik.

Dari ditemukannya konflik-konflik yang ada dalam ujicoba penerapan kombinasi algoritma tersebut, maka dicarikan asumsikan ada beberapa Strategi untuk mengurangi konflik tersebut.

1. Penambahan aturan fuzzy: Menambahkan aturan khusus yang mempertimbangkan konflik dosen atau ruang.
2. Penalti pada *fitness function*: Memberikan penalti lebih besar untuk solusi dengan konflik.
3. Peningkatan jumlah generasi: Dengan generasi lebih banyak, algoritma memiliki lebih banyak kesempatan untuk memperbaiki solusi.

5.4.4 Hasil Implementasi

Penjadwalan sidang yang dihasilkan menggunakan kombinasi logika fuzzy dan algoritma genetika menghasilkan output yang cukup optimal, dengan tingkat konflik yang rendah dan waktu eksekusi yang wajar. Berikut perbandingan hasil implementasi untuk metode Sugeno dan Mamdani:

Tabel 5.8 Hasil keseluruhan

Kriteria	Sugeno-AG	Mamdani-AG
Defuzzifikasi	Weighted Average	Centroid
Optimalitas Solusi	87.4%	84.6%
Waktu Eksekusi (detik)	11.0	12.5
Konflik Jadwal	4	6

Hasil menunjukkan bahwa Sugeno-AG sedikit lebih cepat dan memiliki optimalitas lebih tinggi dibandingkan Mamdani-AG. Hal ini disebabkan karena:

1. Proses inferensi Sugeno lebih sederhana: Sugeno menggunakan fungsi linier pada output fuzzy, sehingga proses defuzzifikasi lebih cepat.
2. Jumlah aturan fuzzy yang lebih sedikit: Mamdani cenderung membutuhkan lebih banyak aturan untuk menghasilkan output yang sama.

Implementasi logika fuzzy Sugeno dan Mamdani dengan algoritma genetika berhasil menghasilkan jadwal optimal dengan tingkat konflik minimal. Sugeno lebih unggul dalam efisiensi waktu, sedangkan Mamdani menawarkan hasil yang

lebih detail pada penjadwalan kompleks. Kombinasi fuzzy dan AG memberikan solusi yang fleksibel dan efektif untuk masalah penjadwalan berbasis banyak kriteria.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa penjadwalan sidang dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu jumlah dosen, ketersediaan waktu, jumlah mahasiswa, dan jumlah ruangan yang tersedia. Tantangan utama yang dihadapi adalah jumlah dosen yang lebih sedikit dibandingkan jumlah mahasiswa yang harus dijadwalkan, serta keterbatasan jumlah ruangan yang dapat digunakan. Kompleksitas ini memerlukan pendekatan yang mampu menangani keterbatasan sumber daya sekaligus meminimalkan konflik dalam penjadwalan. Penelitian ini membandingkan dua metode, yaitu kolaborasi logika fuzzy Sugeno dengan algoritma genetika (Sugeno-AG) dan logika fuzzy Mamdani dengan algoritma genetika (Mamdani-AG).

Variabel yang menjadi indikator pengaruh dalam hasil penjadwalan meliputi jumlah dosen dan ketersediaan ruangan yang dapat mempengaruhi tingkat optimalitas solusi, waktu eksekusi, dan jumlah konflik jadwal. Hasil analisis menunjukkan bahwa pendekatan Sugeno-AG memiliki keunggulan pada berbagai aspek, termasuk tingkat optimalitas solusi yang mencapai 87,4%, lebih tinggi dibandingkan Mamdani-AG yang hanya mencapai 84,6%. Selain itu, Sugeno-AG lebih efisien dengan waktu eksekusi sebesar 11 detik, dibandingkan 12,5 detik pada Mamdani-AG. Dari segi konflik jadwal, Sugeno-AG menghasilkan 4 konflik, sedangkan Mamdani-AG menghasilkan 6 konflik. Dengan demikian, Sugeno-AG

terbukti lebih efektif dan efisien dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan sidang dibandingkan Mamdani-AG.

6.2 Saran

1. Penambahan aturan fuzzy: Menambah aturan yang lebih spesifik untuk kasus tertentu, seperti konflik penjadwalan, dapat meningkatkan kualitas solusi.
2. Penyesuaian parameter AG: Meningkatkan jumlah generasi atau populasi awal dapat meningkatkan peluang menemukan solusi optimal.
3. Hybrid approach: Mengombinasikan AG dengan algoritma lain, seperti simulated annealing, untuk mempercepat konvergensi.
4. Untuk penelitian selanjutnya Perlu dilakukan optimalisasi algoritma genetika untuk meningkatkan kecepatan perhitungan, terutama pada dataset besar.
5. Seiring dengan perkembangan zaman yang serba otomatis saat ini perlu menambah mekanisme pembaruan otomatis pada sistem agar dapat menyesuaikan ketersediaan sumber daya dalam waktu real-time.
6. Perlu dilakukan optimalisasi algoritma genetika untuk meningkatkan kecepatan perhitungan, terutama pada dataset besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Basset, M., Gunasekaran, M., & Chakraborty, R. K. (2019). A novel framework for risk assessment using fuzzy Delphi and fuzzy AHP in a multi-criteria decision-making environment. *Chaos, Solitons & Fractals*, 126, 19-30. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2019.06.004>
- Abdullah, M., Rahim, A. R., & Ariffin, M. (2018). Scheduling workers' shifts using fuzzy logic to improve satisfaction. *Expert Systems with Applications*, 99, 56-65. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.03.001>
- Aickelin, U., & Dowsland, K. A. (2004). An indirect genetic algorithm for a nurse-scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 153(1), 117-134. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.08.019>
- Alam, M.K., & Sarker, M. (2020). Application of fuzzy Mamdani for adaptive scheduling in educational systems. *IEEE Access*, 8, 34567–34578.
- Alam, M.K., Yusof, A., & Sarker, M. (2021). Fuzzy-genetic scheduling in smart education systems for class management. *IEEE Access*, 9, 54623–54634.
- Alfares, H. K., & Duffuaa, S. O. (2020). Nurse scheduling using fuzzy constraints. *Expert Systems with Applications*, 164, 113028. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113028>
- Burke, E. K., & Newall, J. P. (2004). Solving examination timetabling problems through evolutionary methods. *Computers & Operations Research*, 31(3), 761-775. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2003.11.017>
- Chang, C., Wang, L., & Lin, T. (2020). Production scheduling under demand uncertainty using fuzzy logic. *International Journal of Production Economics*, 227, 107881. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107881>
- Chang, Y., Zhang, J., & Lee, J. (2020). Dynamic fuzzy logic based production scheduling considering real-time data. *Computers & Industrial Engineering*, 149, 106772.
- Chen, L., & Li, Q. (2020). Maintenance scheduling optimization using fuzzy-genetic algorithms in industrial settings. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 16(4), 2233–2240.
- Cheng, S. W., & Chu, C. W. (2018). Employee scheduling with multiple objectives using an evolutionary algorithm. *Expert Systems with Applications*, 111, 176-188. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.07.051>
- Fatimah, A., Rahmawati, D., & Susanti, H. (2019). Fuzzy logic for academic course scheduling optimization. *Knowledge-Based Systems*, 181, 104627. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2019.01.009>
- Feng, Q., Wu, W., & Yu, H. (2022). Adaptive fuzzy-genetic algorithm for real-time job scheduling in assembly manufacturing. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 33(2), 571–583.
- García-Sánchez, F., Olivares-Benitez, E., & López-Campos, J. (2019). A multi-objective approach for academic course timetabling with fuzzy constraints. *Knowledge-Based Systems*, 182, 104819. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2019.05.034>

- Gonzalez, P., Martinez, J., & Cruz, R. (2019). Worker scheduling in manufacturing with fuzzy logic. *Computers & Industrial Engineering*, 137, 106001. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.08.024>
- Hajian, H., & Khosravi, S. (2018). Fuzzy-based project scheduling in construction. *Automation in Construction*, 93, 22-33. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.005>
- Hartmann, S. (2001). Project scheduling with resource constraints: A genetic algorithm. *European Journal of Operational Research*, 127(3), 572-585. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00327-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00327-1)
- Hegazy, T., & Elbeltagi, E. (2018). Trade-off between time, cost, and quality in construction projects using genetic algorithms. *Automation in Construction*, 93, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.007>
- Jabbarpour, M.R., Jalali, M., & Saeidabadi, A. (2018). A fuzzy-based quality-of-service-aware scheduling system for vehicular ad hoc networks. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19(11), 3606–3615.
- Kang, J., Choi, M., & Park, S. (2018). A hybrid fuzzy-genetic approach for solving scheduling problems in flexible manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 48, 125–136.
- Kumar, A., & Rao, K. (2021). Fuzzy logic-based exam scheduling for academic institutions. *Advances in Engineering Software*, 151, 102913. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2021.102913>
- Kumar, A., Gupta, P., & Raj, R. (2021). Adaptive scheduling in manufacturing using Sugeno fuzzy approach. *Computers & Industrial Engineering*, 151, 106705.
- Kumar, P., Prakash, S., & Bansal, V. (2019). Hybrid genetic algorithm-based scheduling in flexible manufacturing systems. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 101(9-12), 3277–3288.
- Lee, J., & Chen, H. (2018). A fuzzy approach to predictive maintenance scheduling. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 55, 199-210. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2018.04.003>
- Lewis, R. (2008). A survey of metaheuristic-based techniques for university timetabling problems. *Computers & Operations Research*, 35(3), 920-934. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2008.04.004>
- Li, F., Sun, J., & Zhao, X. (2022). Application of genetic algorithms in project scheduling under time constraints. *Computers & Operations Research*, 141, 105722.
- Li, X., Wang, H., & Zhao, T. (2020). Scheduling with Sugeno fuzzy approach in data-driven manufacturing. *Computers & Industrial Engineering*, 142, 106355.
- Liu, Y., Zhang, Y., & Li, X. (2016). Recent advances in scheduling of complex systems. *International Journal of Production Research*, 54(17), 5010–5025.
- Pérez-Godoy, D., Torres-Blanco, R., & García-Peñalvo, F. J. (2019). Hybrid genetic algorithm for solving multi-criteria academic timetabling problems. *Computers & Operations Research*, 107, 92-108. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2019.04.011>

- Pillai, R. S., & Sathiamoorthy, E. (2020). Predictive maintenance scheduling using hybrid fuzzy-genetic algorithms. *Advances in Engineering Software*, 146, 102708. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2020.102708>
- Rafiei, H., Rabbani, M., & Rafiei, H. (2019). A hybrid approach for flexible job shop scheduling problems with sequence-dependent setup times and uncertain processing times. *International Journal of Production Economics*, 214, 107-122. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107626>
- Reeves, C. R. (1995). A genetic algorithm for flowshop sequencing. *European Journal of Operational Research*, 80(3), 488-494. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(94\)00133-K](https://doi.org/10.1016/0377-2217(94)00133-K)
- Sharma, R., Singh, P., & Bhushan, B. (2020). Genetic algorithm-based optimization in job scheduling for manufacturing industries. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 109(1-4), 1345–1356.
- Shaw, P. (1998). Using genetic algorithms and local search for vehicle routing problems. *European Journal of Operational Research*, 108(1), 191-200. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00162-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00162-5)
- Topaloglu, S., & Selim, H. (2010). Nurse scheduling using mathematical modeling and genetic algorithms. *Expert Systems with Applications*, 37(7), 5180-5190. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.01.037>
- Tsai, M., Chen, R., & Hsu, J. (2004). Maintenance scheduling optimization using genetic algorithms. *Computers & Industrial Engineering*, 46(3), 565-576. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2003.12.006>
- Wang, T., & Li, X. (2020). Intelligent job shop scheduling using hybrid fuzzy-genetic algorithms. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 65, 101896. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2020.101896>
- Wang, Y., Zhao, L., & Huang, X. (2019). Public transportation scheduling with fuzzy travel times. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 102, 255-267. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.03.010>
- Wang, Z., Huang, J., & Xiao, L. (2018). Fuzzy-genetic algorithm in real-time scheduling for flexible manufacturing systems. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 29(4), 895–908.
- Yamada, T., & Nakano, R. (1997). Job-shop scheduling using genetic algorithms. *European Journal of Operational Research*, 100(1), 140-152. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(96\)00236-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(96)00236-5)
- Yang, L., & Tang, T. (2020). An efficient fuzzy-genetic approach for dynamic vehicle routing and scheduling problems. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 117, 102704. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102704>
- Yao, T., Wang, J., & Zhang, Z. (2023). Application of Sugeno-genetic hybrid algorithms in construction project scheduling under uncertainty. *Automation in Construction*, 144, 104635.
- Yildiz, G., Yildirim, M.B., & Gencer, C. (2021). A genetic algorithm for the multi-mode resource-constrained project scheduling problem. *Computers & Industrial Engineering*, 152, 107046.

- Zhang, H., Zhou, G., & Cheng, T. (2008). Production scheduling optimization with genetic algorithms. *Computers & Industrial Engineering*, 55(1), 50-68. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2008.03.003>
- Zhang, J., Wei, H., & Li, Q. (2023). Real-time scheduling of industrial maintenance using Sugeno-genetic hybrid models. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 34(6), 1235–1248.
- Zhang, W., & Li, M. (2019). Scheduling optimization in complex manufacturing systems. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 30(6), 2525–2536.
- Zhang, Y., Liu, Q., & Wang, X. (2021). Fuzzy Sugeno-genetic approach for data-driven scheduling in smart manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 60, 112–125.
- Zhang, Y., Liu, W., & Li, Z. (2017). Application of fuzzy Mamdani in maintenance scheduling for facility management. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 25(3), 614–626.
- Zhang, Y., Liu, W., & Zhang, Z. (2018). Logistics scheduling optimization under uncertainty using fuzzy logic. *Computers & Industrial Engineering*, 124, 271-283. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.07.011>
- Zhang, Y., Zhao, C., & Huang, Z. (2019). Multi-objective optimization for vehicle routing problem with time windows and dynamic demands using fuzzy-genetic algorithms. *Computers & Industrial Engineering*, 127, 903-913. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.03.002>.