

**PENGEMBANGAN SISTEM PENJADWALAN PERKULIAHAN
MENGUNAKAN ALGORITMA
*ANT COLONY OPTIMIZATION***

SKRIPSI

**Oleh :
ILHAM RAFIF DHAIFULLAH
NIM. 18650006**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**PENGEMBANGAN SISTEM PENJADWALAN PERKULIAHAN
MENGUNAKAN ALGORITMA
*ANT COLONY OPTIMIZATION***

SKRIPSI

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

Oleh :
ILHAM RAFIF DHAIFULLAH
NIM. 18650006

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGEMBANGAN SISTEM PENJADWALAN PERKULIAHAN
MENGUNAKAN ALGORITMA
ANT COLONY OPTIMIZATION**

SKRIPSI

Oleh :
ILHAM RAFIF DHAIFULLAH
NIM. 18650006

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 2025

Pembimbing I,



Fatchurrochman, M.Kom
NIP. 19700731 200501 1 002

Pembimbing II,



Dr. Zainal Abidin, M.Kom
NIP. 19760613 200501 1 004

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




Dr. Ir. Fachrul Kurniawan ST, M.MT, IPU
NIP. 19771020 200912 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

PENGEMBANGAN SISTEM PENJADWALAN PERKULIAHAN MENGUNAKAN ALGORITMA ANT COLONY OPTIMIZATION

SKRIPSI

Oleh :
ILHAM RAFIF DHAIFULLAH
NIM. 18650006

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal: 2025

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji : Dr. Ir. Fachrul Kurniawan ST, M.MT, IPU
NIP. 19771020 200912 1 001

Anggota Penguji I : Dr. Ir. Fresy Nugroho, ST., MT, IPM
NIP. 19710722 201101 1 001

Anggota Penguji II : Fatchurrochman, M.Kom
NIP. 19700731 200501 1 002

Anggota Penguji III : Dr. Zainal Abidin, M.Kom
NIP. 19760613 200501 1 004



(Fachrul)



(Fatchur)



(Zainal)

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




Dr. Ir. Fachrul Kurniawan ST, M.MT, IPU
NIP. 19771020 200912 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ilham Rafif Dhaifullah
NIM : 18650006
Fakultas / Program Studi : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika
Judul Skripsi : Pengembangan Sistem Penjadwalan Perkuliahan
Menggunakan Algoritma *Ant Colony Optimization*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar 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 skripsi ini merupakan hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 25 Juni 2025

Yang membuat pernyataan,



Ilham Rafif Dhaifullah
NIM.18650006

MOTTO

وَعَسَىٰ أَنْ تَكْرَهُوا شَيْئًا وَهُوَ خَيْرٌ لَّكُمْ وَعَسَىٰ أَنْ تُحِبُّوا شَيْئًا وَهُوَ شَرٌّ لَّكُمْ

“... Boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal itu baik bagimu, dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu, padahal itu buruk bagimu;” ~

(QS. Al-Baqarah:216)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya, Ayahanda Kusno dan Ibunda Susi Dwikoraningsih. Terimakasih banyak atas semua limpahan do'a, dukungan, motivasi, materi, serta ilmu dunia akhirat yang amat sangat berharga sehingga pada akhirnya memotivasi saya agar dapat menyelesaikan skripsi dan studi.

Skripsi ini juga saya persembahkan untuk Istri dan Puteri tercinta saya yang menjadi motivasi untuk menyelesaikan skripsi dan studi saya di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim ini.

Kepada semua teman-teman dan rekan-rekan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terimakasih banyak karena selalu memberi motivasi dan dukungan lewat senda gurau sehari-hari sehingga menyadarkan dan membangkitkan saya hingga mampu menyelesaikan skripsi ini.

Kepada semua orang yang telah mengenal saya, terimakasih atas pelajaran hidup yang diberikan sehingga memotivasi saya untuk menyelesaikan skripsi ini.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, Sang Pemilik segala ilmu dan hikmah. Dengan limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, penulis akhirnya dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, suri teladan sepanjang zaman, yang telah membawa cahaya ilmu dari langit ke bumi, menuntun umat manusia keluar dari lorong gelap yang tersesat menuju terang benderang peradaban. Dengan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. M. Zainuddin, MA selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Ir. Fachrul Kurniawan ST., M.MT., IPU, selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus dosen ketua penguji yang telah berkenan mengoreksi, memberikan arahan dan saran untuk penulis.
4. Fatchurrochman, M.Kom dan Dr. Zainal Abidin, M.Kom selaku pembimbing I dan II yang telah meluangkan waktu untuk membimbing

penulis, memberikan support dan semangat hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

5. Prof. Dr. Suhartono S.Si M.Kom, selaku wali dosen yang telah banyak memberi masukan, saran dan dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Dr. Ir. Fachrul Kurniawan ST., M.MT., IPU dan Dr. Ir. Fresy Nugroho, ST., MT, IPM selaku dosen penguji I dan II yang bersabar dan berkenan meluangkan waktunya untuk membimbing, memberi masukan, memberi arahan dan dukungan.
7. Segenap Civitas Akademika Jurusan Teknik Informatika, terutama seluruh dosen Teknik Informatika, yang telah membimbing dan memberi ilmu baru kepada penulis selama menjadi mahasiswa Teknik Informatika di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
8. Ayah Kusno, dan Ibu Susi Dwikoraningsih, serta seluruh keluarga yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan baik secara moril dan materi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
9. Kawan-kawan "UFO" Teknik Informatika 2018 yang telah memberikan semangat dan bantuan selama menyusun skripsi ini.

Malang, 25 Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
البحث مستخلص.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II STUDI PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terkait	7
2.2 Penjadwalan Perkuliahan	9
2.3 Algoritma <i>Ant Colony Optimization</i>	11
2.4 Perspektif Islam.....	14
BAB III DESAIN DAN PERANCANGAN SISTEM	16
3.1 Metode Penelitian.....	16
3.2 Desain Sistem.....	17
3.3 Pengumpulan Data	18
3.4 Inisialisasi.....	19
3.5 <i>Pre-processing</i>	20
3.5.1 Pencarian Probabilitas Jalur	20
3.6 Mencari Bilangan Pembilang	22
3.6.1 Mencari Bilangan Penyebut.....	23
3.6.2 Pembaruan dan Evaporasi Feromon	24
3.7 Hasil Miniatur Perhitungan Algoritma <i>Ant Colony Optimization</i>	25
3.8 Implementasi Sistem	26
3.8.1 Inisialisasi.....	27
3.8.2 <i>Pre-processing</i>	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Kerangka Uji Coba.....	36
4.1.1 Uji Coba I	38

4.1.2 Uji Coba II.....	40
4.1.3 Uji Coba III.....	43
4.1.4 Uji Coba IV.....	45
4.2 Pembahasan.....	48
4.2.1 Mencari Nilai Pembilang.....	48
4.2.2 Mencari Nilai Penyebut.....	49
4.3 Hasil.....	50
4.4 Integrasi Islam.....	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konsep <i>Ant Colony Optimization</i>	12
Gambar 3.1 Metode Penelitian.....	16
Gambar 3.2 Desain Sistem.....	18
Gambar 3.3 Pseudocode InitializePheromones.....	27
Gambar 3.4 Pseudocode Inisialisasi Parameter.....	27
Gambar 3.5 Pseudocode calculateProbabilities.....	28
Gambar 3.6 Pseudocode optimize.....	29
Gambar 3.7 Pseudocode buildSchedule.....	30
Gambar 3.8 Psuedocode Fungsi Inisialisasi.....	31
Gambar 3.9 Pseudocode calculateFitness.....	32
Gambar 3.10 Pseudocode updatePheromones.....	32
Gambar 3.11 Pseudocode evaporatePheromones.....	33
Gambar 3.12 Pseudocode displayConflictedSchedules.....	34
Gambar 4.1 Kombinasi alpha dan beta pada Siklus Semut.....	36
Gambar 4.2 Hasil Fungsi Pencarian Konflik Uji Coba ke-1.....	39
Gambar 4.3 Hasil Fungsi Pencarian Konflik Uji Coba ke-2.....	42
Gambar 4.4 Hasil Fungsi Pencarian Konflik Uji Coba ke-3.....	44
Gambar 4.5 Hasil Fungsi Pencarian Konflik Uji Coba ke-4.....	47
Gambar 4.6 Frekuensi Matakuliah per Uji Coba.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Parameter Inisialisasi	19
Tabel 3.2 Miniatur Perhitungan Ant Colony Optimization	21
Tabel 3.3 Inisialisasi Variabel.....	21
Tabel 3.4 Hasil Pencarian Probabilitas	24
Tabel 3.5 Nilai Pembaruan Feromon	25
Tabel 3.6 Nilai Evaporasi Feromon	25
Tabel 3.7 Hasil Miniatur Perhitungan Ant Colony Optimization	26
Tabel 4.1 Variabel uji coba alpha dan beta	36
Tabel 4.2 Data uji coba	37
Tabel 4.3 Hasil Uji Coba I	38
Tabel 4.4 Hasil Penjadwalan Uji Coba ke-1	40
Tabel 4.5 Hasil Uji Coba ke-2.....	40
Tabel 4.6 Hasil Penjadwalan Pengujian ke-2.....	42
Tabel 4.7 Hasil Pengujian ke-3	43
Tabel 4.8 Hasil Penjadwalan Uji Coba ke-3	45
Tabel 4.9 Hasil Uji Coba ke-4.....	46
Tabel 4.10 Hasil Penjadwalan Uji Coba ke-4	47

DAFTAR SIMBOL

Lambang Romawi

<i>Lambang</i>	<i>Kuantitas</i>	<i>Satuan</i>
α	Parameter feromon (<i>alpha</i>)	-
β	Parameter heuristic (<i>beta</i>)	-
η	Invers jarak (<i>eta</i>)	-
τ	Jumlah feromon (<i>tau</i>)	-
P	Probabilitas	-
d	Jarak (<i>distance</i>)	-
ρ	Koefisien evaporasi feromon (<i>rho</i>)	-

Singkatan

ACO	<i>Ant Colony Optimization</i>
TSP	<i>Travelling Salesman Problem</i>

ABSTRAK

Dhaifullah, Ilham Rafif. 2025. **Pengembangan Sistem Penjadwalan Perkuliahan Menggunakan Algoritma *Ant Colony Optimization***. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Fatchurrochman, M.Kom (II) Dr. Zainal Abidin, M.Kom.

Kata kunci: penjadwalan, *ant colony optimization*, perkuliahan

Penjadwalan perkuliahan merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen akademik yang kerap menghadapi kendala dalam hal efisiensi dan pemenuhan berbagai batasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem penjadwalan perkuliahan menggunakan algoritma *ant colony optimization* (ACO) sebagai solusi terhadap permasalahan tersebut. Algoritma ACO diaplikasikan untuk menghasilkan jadwal perkuliahan yang meminimalkan konflik dengan memperhitungkan batasan seperti ketersediaan dosen, ruang kelas, serta waktu istirahat (*ishoma*). Penelitian dilakukan pada data nyata dari salah satu program studi di universitas, dengan total 284 matakuliah dengan kelas yang berbeda sebagai objek pengujian. Hasil implementasi menunjukkan bahwa kombinasi parameter ACO memengaruhi kualitas jadwal yang dihasilkan, di mana peningkatan nilai parameter heuristik (β) cenderung mengurangi konflik namun membatasi jumlah jadwal yang terbentuk. Selain itu, pendekatan ini juga menekankan prinsip kerja sama dan ketertiban yang sejalan dengan nilai-nilai Islam, sebagaimana tercermin dalam perilaku semut yang diabadikan dalam Al-Qur'an. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi langkah awal menuju digitalisasi penjadwalan yang efisien dan adaptif.

ABSTRACT

Dhaifullah, Ilham Rafif. 2025. **The Development of Lecture Scheduling System Using the Ant Colony Optimization Algorithm.** Thesis. Informatics Engineering Department, Faculty of Science and Technology. Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Adviser: (I) Fatchurrochman, M.Kom (II) Dr. Zainal Abidin, M.Kom.

Lecture scheduling is a crucial aspect of academic management which often faces difficulties regarding efficiency and various restriction fulfilments. The research aims to develop a lecture scheduling system using the ant colony optimization (ACO) algorithm to solve the problems. The ACO algorithm is applied to generate lecture schedules and reduce conflicts by considering restrictions, such as the availability of lecturers, classrooms, and break time (for having lunch and praying). The research was conducted on real data from a university study program, having 284 lectures with different classrooms as research objects. The implementation results show that the combination of ACO parameters influences generated schedule quality, in which the heuristic value (β) increase tends to reduce conflicts and restrict the schedule numbers. In addition, the approach emphasizes teamwork and discipline following Islamic values as reflected in ant's behavior and stated in the Qur'an. The developed system is expected to be an initial step toward efficient and adaptive scheduling digitalization

Key words: : scheduling, ant colony optimization, lecture

مستخلص البحث

ضيف الله، إلهام رفيف. 2025. تطوير نظام جدولة المحاضرات باستخدام خوارزمية تحسين مستعمرة النمل. البحث الجامعي. قسم هندسة المعلوماتية، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولنا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالنج.
المشرفان: (1) فتح الرحمن الماجستير، (2) الدكتور زين العابدين الماجستير.

الكلمات الأساسية: العمارة، محرك اللعبة، نظام مكون الكيان.

تُعد جدولة المحاضرات أحد الجوانب المهمة في إدارة الشؤون الأكاديمية، وغالباً ما تواجه تحديات في الكفاءة والامتثال لمجموعة من الحدود. يهدف هذا البحث إلى تطوير نظام لجدولة المحاضرات باستخدام خوارزمية تحسين مستعمرة النمل كحل لتلك المشكلات. تم تطبيق الخوارزمية لتوليد جدول يقلل من حالات التعارض، مع مراعاة القيود مثل توفر المعلمون، وقاعات المحاضرات، وأوقات الاستراحة. أُجريت الدراسة باستخدام بيانات حقيقية من أحد البرامج الدراسية في الجامعة، حيث تم اختبار النظام على 284 مادة دراسية موزعة على صفوف مختلفة. أظهرت نتائج التنفيذ أن تركيبة معلمات الخوارزمية تؤثر على جودة الجدول الناتج، حيث إن زيادة قيمة المعامل التوجيهي (β) تُقلل من التعارضات، لكنها في الوقت ذاته تحدّ من عدد الجداول الممكن إنشاؤها. تمّ ذلك، يُبرز هذا النهج مبدأ التعاون والانضباط بما يتوافق مع القيم الإسلامية، كما يتجلى في سلوك النمل الذي ورد ذكره في القرآن الكريم. ويُتوقع أن يكون النظام المطور خطوة أولى نحو رقمنة الجدولة بشكل أكثر كفاءة وتكيفاً.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada proses pelaksanaan perkuliahan, hal yang menjadi awal dari beberapa kegiatan yang dilakukan oleh civitas akademika yaitu salah satunya membuat penjadwalan mata kuliah (Nugraha et al., 2017). Penjadwalan perkuliahan merupakan permasalahan pada penempatan waktu dan ruangan yang berhubungan dengan kapasitas ruang, waktu, serta toleransi ketersediaan dosen (Amalia & Suwarjono, 2018). Penjadwalan perkuliahan pada universitas merupakan bagian dari penjadwalan di bidang Pendidikan. Jenis penjadwalan yang lain adalah penjadwalan ujian dan penjadwalan sekolah (Ceschia et al., 2023). Dalam menyelesaikan persoalan penjadwalan perkuliahan telah banyak dilakukan dengan 6 kelompok pendekatan atau algoritma yaitu dengan pendekatan riset operasi, *meta-heuristic* berbasis tunggal, *meta-heuristic* berbasis populasi, *hyper-heuristic*, multi kriteria/multi objektif dan *hybrid* (Pillay, 2014)

Pada kenyataannya, terdapat dua garis besar permasalahan yang saat ini masih belum direalisasikan yaitu penelitian yang berkaitan dengan algoritma dan penyelesaian masalah penjadwalan perkuliahan, dan yang kedua adalah penelitian yang berkaitan dengan penerapan hasil penelitian yang dilakukan secara nyata di universitas. Pada penelitian ini mengarah pada pembahasan kedua yaitu penerapan penelitian di universitas secara praktis dan nyata. Hal ini menjadi pembahasan yang penting karena masih banyak universitas yang memiliki sistem penjadwalan akan

tetapi masih menggunakannya secara manual (Lindahl 2017). Pada persoalan penjadwalan perkuliahan dapat ditemukan kesenjangan terhadap riset yang dilakukan dan implementasi penggunaan sistem pada kondisi riil di sebuah universitas (Oude Vrielink et al., 2019) sehingga dibutuhkan investigasi dan penelitian yang lebih mendalam pada persoalan penjadwalan perkuliahan ini agar riset dan implementasi dari penelitian tersebut saling terhubung pada kebutuhan nyata di universitas (Mccollum, 2007).

Universitas memiliki batasan perkuliahan yang unik dan berbeda. Pada penelitian ini harapannya dapat diimplementasikan pada sebuah sistem yang telah berjalan dan telah di implementasikan dan memungkinkan universitas dapat menyelesaikan penjadwalan perkuliahan dengan cepat sesuai dengan batasan yang dimiliki sehingga diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sumberdaya universitas. Sistem yang menjadi acuan pada penelitian ini menggunakan sistem penjadwalan perkuliahan pada Program Studi xyz di universitas xyz.

Menurut penelitian yang dilakukan (Fatchurrochman et al., 2023) terdapat 2 jenis batasan/*constraint* yang diteliti pada persoalan penjadwalan perkuliahan yaitu adanya batasan keras/*hard-constraint* dan batasan lunak/*soft-constraint*. Batasan keras merupakan batasan yang tidak dapat dilanggar, pelanggaran tersebut berakibat jadwal perkuliahan tidak dapat dilaksanakan dan penjadwalan harus diperbaiki, sedangkan batasan lunak merupakan batasan yang masih boleh dilanggar tetapi jumlahnya harus diminimalkan pelanggarannya. Batasan tersebut akan diproses oleh algoritma yang diimplementasikan sehingga menghasilkan

keluaran yang terbaik meskipun kurang optimal. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan algoritma *ant colony optimization* dalam menyelesaikan dan melakukan optimasi pada permasalahan penjadwalan perkuliahan dengan mengikuti perilaku semut dalam menyelesaikan suatu permasalahan.

Algoritma *ant colony optimization* merupakan algoritma pendekatan dari *meta-heuristic* yang ditemukan oleh Marco Dorigo. algoritma ini memiliki konsep implementasi dari perilaku semut nyata dalam menemukan jalur optimal antara sarang semut dan sumber makanan. Algoritma *ant colony optimization* merupakan penyelesaian yang digunakan pada permasalahan perjalanan seorang *salesman* atau *Travelling Salesman Problem* (TSP). kelebihan pada penggunaan metode *meta-heuristic* semacam *ant colony optimization* untuk mendapatkan solusi meskipun tidak 100% optimal pada hasil yang didapatkan (Tavares Neto & Godinho Filho, 2013). Dari permasalahan yang terjadi yaitu kurangnya implementasi algoritma dari penelitian-penelitian yang sudah ada dan memaksa instansi pendidikan dan universitas untuk melakukan pembuatan penjadwalan perkuliahan secara manual (Lindah, 2017). Oleh karena itu, penelitian yang dilakukan yaitu mengimplementasikan penggunaan algoritma *ant colony optimization* pada persoalan penjadwalan perkuliahan dengan meminimalisir batasan yang bertabrakan menggunakan pengukuran probabilitas jalur hingga didapatkan data penjadwalan yang optimal dengan jumlah batasan yang kecil. Maka dari itu peneliti mengambil judul skripsi **“PENGEMBANGAN SISTEM PENJADWALAN PERKULIAHAN MENGGUNAKAN ALGORITMA ANT COLONY**

OPTIMIZATION” yang diharapkan dapat membantu sumberdaya yang dimiliki dalam mengatur jadwal dan dapat digunakan secara efisien dan optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini, rumusan masalah yang akan dibahas yaitu bagaimana hasil pengembangan algoritma *ant colony optimization* pada sistem penjadwalan perkuliahan

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, Batasan masalah yang tidak dikemukakan yaitu:

- a. peneliti hanya meneliti algoritma yang digunakan pada persoalan penjadwalan perkuliahan di lingkup program studi xyz pada universitas xyz.
- b. batasan yang digunakan yaitu ruang, dosen, dan waktu isihoma.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui perhitungan probabilitas dari algoritma *ant colony optimization* dalam melakukan penjadwalan perkuliahan sesuai batasan yang telah ditetapkan.

1.5 Manfaat Penelitian

Proses penyusunan jadwal perkuliahan dapat dilaksanakan dengan cepat dan memenuhi batasan yang telah ditetapkan, mengatasi bentroknya penjadwalan perkuliahan yang disebabkan oleh batasan unik yang berlaku di berbagai universitas dan program studi serta mempermudah penjadwalan di berbagai universitas serta

memberikan pandangan luas terhadap penelitian yang menggunakan algoritma *ant colony*

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada skripsi ini yaitu sebagai berikut:

- a. BAB I – PENDAHULUAN yaitu memuat latar belakang, mengemukakan permasalahan, mengemukakan tujuan, manfaat dan batasan yang diterapkan pada skripsi ini.
- b. BAB II – STUDI PUSTAKA yaitu memuat penelitian terkait yang sejenis dengan yang peneliti lakukan pada skripsi ini. Terdapat definisi-definisi sesuai dengan tema pembahasan yang disajikan oleh peneliti yaitu penelitian terkait penjadwalan perkuliahan dengan algoritma *ant colony optimization*.
- c. BAB III – DESAIN DAN IMPLEMENTASI yaitu memuat langkah dan implementasi yang dilakukan peneliti terhadap objek yang diteliti. Objek tersebut yaitu sistem penjadwalan perkuliahan yang akan diimplementasikan oleh algoritma *ant colony optimization (ACO)* sehingga kinerja sistem dalam memuat jadwal perkuliahan menjadi lebih efisien terhadap memori maupun *resource* yang ada.
- d. BAB IV – HASIL DAN PEMBAHASAN yaitu menjelaskan hasil dari implementasi yang dilakukan sehingga mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan dilakukannya penelitian ini oleh peneliti
- e. BAB V – KESIMPULAN DAN SARAN yaitu memuat kesimpulan dari penelitian yang dilakukan peneliti dan penjabaran saran terhadap

penelitian yang pastinya terdapat kekurangan peneliti dalam mengimplementasikan metode yang dilakukan.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian yang dilakukan (Fatchurrochman et al., 2023) terkait penggunaan algoritma penanganan *constraint*/batasan pada persoalan penjadwalan perkuliahan universitas di lingkup Perguruan Tinggi Keagamaan Islam (PTKI). Algoritma yang digunakan yaitu algoritma *sequential search* dan pengujian dilakukan pada program studi Teknik Informatika, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Hasil yang didapatkan menunjukkan, dengan melibatkan 10 batasan pada sistem yang dibangun dapat menjadwalkan 190 kelas perkuliahan secara otomatis dan 21 kelas perkuliahan dan dijadwalkan secara interaktif. Sehingga seluruh kelas perkuliahan sebanyak 211 dapat terjadwal meskipun terdapat pelanggaran pada batasan lunak/*soft-constraint* dari 17 kelas perkuliahan. *Gap research* pada penelitian diatas yaitu tertelak pada algoritma yang digunakan untuk menangani batasan pada persoalan perkuliahan. Metode yang digunakan yaitu algoritma *sequential search* dengan menggunakan parameter seperti waktu belajar, dosen, ruang, shalat dhuhur, sholat jum'at, preferens mengajar, matakuliah paket 1 semester, kapasitas ruang, SKS praktikum, dan ruang praktikum. Sedangkan metode yang digunakan pada penelitian ini hanya berfokus pada metode dari algoritma *ant colony optimization* dengan menggunakan parameter matakuliah yang meliputi nama dosen, jam mengajar, kelas, serta ruang kelas dan jam isihoma

Selanjutnya terdapat penelitian yang dilakukan (Febianti et al., 2023) terkait penjadwalan produksi paralel menggunakan algoritma *ant colony optimization* dan *longest processing time*. Hasil yang diperoleh dari penggunaan 2 metode tersebut yaitu menunjukkan bahwa metode yang ada memperoleh nilai *makespan* sebesar 9.118 menit dan metode usulan dengan menggunakan *longest processing time* dan *ant colony optimization* memperoleh nilai *makespan* sebesar 8.394 menit. Sehingga metode usulan memiliki nilai lebih baik dan dapat diterapkan dalam penjadwalan produksi pada PT ABC. *Gap research* pada penelitian diatas yaitu penggunaan dua metode paralel yaitu algoritma *ant colony optimization* dan algoritma *long processing time*. Sedangkan pada penelitian ini, metode yang digunakan yaitu metode pada algoritma *ant colony optimization* dengan menggunakan parameter seperti data dimensi produk, data jumlah mesin, data waktu *setup*, data waktu proses dan data total mesin produksi yang tersedia dengan hasil berupa nilai *makespan* sebagai *output*. Sedangkan penelitian ini menggunakan parameter penjadwalan perkuliahan seperti data pemasaran perkuliahan yang meliputi data matakuliah dan data ruangan.

Kemudian pada penelitian yang dilakukan (Putra et al., 2022) terkait penjadwalan produksi pada PT Raja Ampat Indotim dengan menggunakan algoritma *ant colony optimization* dan algoritma *tabu search*. Permasalahan yang terjadi yaitu nilai *makespan* perusahaan yang terlalu tinggi pada pembuatan mesin parutan kelapa, pelet lokal, dan pemipil jagung dengan nilai *makespan* sebesar 757,97 menit sehingga berimbas pada keterlambatan target pemesanan produk. Hasil penelitian dari penggunaan metode algoritma *tabu search* pada *job 3-1-2* yaitu

didapatkan nilai *makespan* sebesar 621,11 menit. Pada penggunaan metode algoritma *ant colony optimization* pada *job* 3-1-2 didapatkan titik *makespan* sebesar 683,27 menit. Kesimpulannya, perusahaan menggunakan metode dari algoritma *tabu search* untuk mengatasi jadwal keterlambatan produksi. *Gap research* pada penelitian diatas yaitu membandingkan antara penggunaan algoritma *ant colony optimization* dan algoritma *tabu search*. Sedangkan pada penelitian ini, metode yang digunakan yaitu penggunaan metode algoritma *ant colony optimization* dengan menggunakan parameter seperti data produksi, data mesin produksi, data stasiun kerja produksi, dan data waktu proses produksi sehingga mendapatkan hasil berupa nilai *makespan* yang terbaik. Sedangkan penelitian ini menggunakan parameter penjadwalan perkuliahan seperti data pemasaran perkuliahan yang meliputi data matakuliah dan data ruangan.

2.2 Penjadwalan Perkuliahan

Penjadwalan adalah bidang penelitian yang penting dengan penerapan di beberapa bidang seperti universitas, transportasi, sekolah, rumah sakit, olahraga, karyawan, dll. Penjadwalan merupakan solusi pada masalah optimasi NP-hard dengan dampak yang praktis dan optimal (Bettinelli et al., 2015). Penjadwalan berisi beberapa sumber aktivitas seperti slot waktu dan lokasi serta terdapat serangkaian batasan yang kompleks, biasanya batasan memiliki variasi sesuai dengan permasalahan yang spesifik. Tujuan dari penjadwalan yaitu untuk menemukan solusi penjadwalan yang layak dan berkesinambungan antara aktivitas pada perkuliahan dan sumber daya yang dimiliki, serta meminimalisir jumlah

bobot. Bobot tersebut berdasarkan dengan bobot yang diberikan dan sesuai dengan pelanggaran pada batasan.

Menurut referensi yang lain, penjadwalan terdiri atas serangkaian jadwal mengajar antara dosen dan mahasiswa dalam periode waktu tertentu yang biasanya dilakukan selama seminggu dan jadwal tersebut memenuhi dari berbagai jenis batasan (Ceschia et al., 2023). Permasalahan penjadwalan perkuliahan di universitas juga berkaitan dengan kelompok atau kelas dari mahasiswa yang mengikuti mata kuliah tertentu dan kegiatan tersebut memerlukan alokasi waktu dan sumber daya dalam mengolahnya secara terstruktur (Mccollum, 2007). Permasalahan perkuliahan membutuhkan solusi dari beberapa macam batasan, Batasan tersebut perlu diberikan solusi supaya permasalahan pada penjadwalan yang dilakukan terpenuhi.

Pada beberapa instansi universitas mendapatkan kesulitan dengan menambahkan jumlah dari mahasiswa, sehingga juga melibatkan proses automasi dalam merancang penjadwalan yang efisien yang mana juga mampu memenuhi setiap batasannya (Burke & Petrovic, 2002). Pada kasus tersebut, proses penjadwalan lebih sering melibatkan interaksi manusia (Mccollum, 2007). Penjadwalan yang melibatkan interaksi manusia biasanya membutuhkan beberapa orang dalam mengerjakan dan merancang jadwal. Solusi yang diberikan pun bisa saja tidak sesuai dengan yang diharapkan, contohnya yaitu; para mahasiswa tidak dapat mengambil mata kuliah yang mereka inginkan karena terjadwal dengan waktu yang sama (Ceschia et al., 2023).

2.3 Algoritma *Ant Colony Optimization*

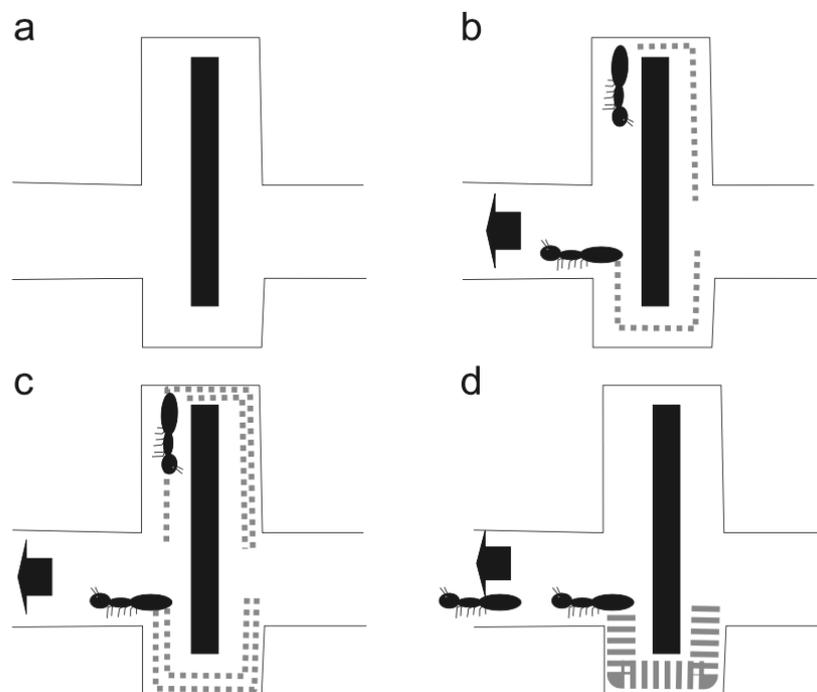
Ant colony optimization adalah pendekatan *meta-heuristic* yang diprakarsai oleh Marco Dorigo pada pertengahan 1990-an. Algoritma *ant colony optimization* menerapkan pendekatan algoritma berbasis semut. Pendekatan algoritma *ant colony optimization* tersebut dapat ditinjau pada peniruan perilaku yang dilakukan oleh semut dalam menemukan jalur optimal antara sarang dan sumber makanan (Tavares Neto & Godinho Filho, 2013).

Salah satu konsep utama pada algoritma ini yaitu ada pada mekanisme pengaruh feromon pada semut. Di alam liar, ketika semut mencari makanan, feromon yang dihasilkan oleh semut sangat berpengaruh. Pengaruh ini dimodelkan secara matematis sebagai bobot yang dihitung menggunakan feromon yang ada. Perilaku yang ditunjukkan semut dalam menghasilkan jejak yang mendekati optimal. Seperti pada Gambar 1.1, dapat dijelaskan terdapat empat langkah-langkah yang dilakukan semut yaitu antara lain:

- Pertama, dengan keadaan lingkungan yang “bersih” dan terdapat dua semut yang dapat memilih jalur mana pun dengan probabilitas yang sama
- Kemudian semut memilih jalur, dan dalam hal ini semut yang satu memilih jalur yang lebih pendek dan semut lainnya memilih jalur yang lebih panjang. Saat bergerak, mereka menyimpan zat kimia yang disebut feromon.
- Ketika siklus berulang, jalur yang lebih pendek akan memiliki jejak feromon yang lebih kuat dengan lebih cepat, karena semut yang memilih jalur terpendek tiba lebih cepat dari sumber makanan menuju sarang kembali. Untuk memilih langkah selanjutnya, seekor semut menggunakan

fungsi probabilitas yang diberi bobot berdasarkan jumlah feromon pada jejaknya. Dengan demikian, lebih banyak semut yang akan memilih jalur yang lebih pendek.

- Setelah melewati waktu tertentu, feromon pertama yang dijatuhkan menguap, dan jejak feromon pada jalur yang lebih pendek menjadi dominan. Dalam hal ini, semua semut akan memilih jalur yang lebih pendek.



Gambar 2.1 Konsep *Ant Colony Optimization*

Algoritma *ant colony optimization* membangun solusi secara bertahap dengan memilih komponen solusi berdasarkan probabilitas. Probabilitas tersebut dihitung dari jumlah feromon yang tersimpan pada setiap penguapan yang dihasilkan. Menurut (Dorigo & Colorni, 1996) serta diperbaharui dan diberikan

beberapa referensi baru oleh Dorigo & Stützle (2001) terdapat tiga langkah utama pada mekanisme algoritma *ant colony optimization* yaitu antara lain:

2.3.1 Pencarian Probabilitas

Pencarian probabilitas yang mana memilih jalur berdasarkan probabilitas pemilihan jalur yang ditempuh oleh semut dari node i ke node j . Pembaharuan tersebut dapat dilihat dari persamaan (2.1) berikut ini

$$P_{ij} = \frac{T_{ij}^{\alpha} \cdot \eta_{ij}^{\beta}}{\sum_{k \in J_i} T_{ik}^{\alpha} \cdot \eta_{ik}^{\beta}} \quad (2.1)$$

Keterangan:

P_{ij} = Probabilitas semut yang memilih rute dari node i ke node j

T_{ij} = Jumlah feromon pada node i ke node j

η_{ij} = Invers jarak dari node i - j ; didefinisikan $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$ dimana d_{ij} jarak node i dan j

α = Parameter dari feromon

β = Parameter dari informasi heuristic

J_i = Kumpulan node yang belum dikunjungi semut

Dari rumus diatas, node merupakan kombinasi mata kuliah, dosen, waktu, dan ketersediaan ruangan. Feromon (T_{ij}) mempresentasikan tingkat jalur “favorit” dari suatu jadwal berdasarkan penggunaan sebelumnya. Kemudian factor heuristic (η_{ij}) merupakan invers dari konflik atau ketidakefektifan suatu jadwal karena pelanggaran tertentu. Jika konflik yang didapatkan lebih sedikit, maka nilai heuristic yang didapatkan lebih tinggi

2.3.2 Pembaruan dan Evaporasi Feromon

Pembaruan feromon yang mana merupakan pembaharuan dari feromon semut ketika semua semut menyelesaikan perjalanan mereka, dalam konteks penelitian ini yaitu pencarian matakuliah. Pembaruan feromon digunakan dalam

memperbarui feromon pada jalur yang dilalui oleh semut terbaik setelah semua semut menyelesaikan siklusnya. Feromon diperkuat pada jalur-jalur yang menghasilkan jadwal yang terbaik. Setelah itu dilakukan penguapan atau evaporasi feromon pada jalur-jalur yang jarang dilalui oleh semut. Berikut ini adalah persamaan dari pembaruan dan evaporasi feromon:

$$\tau_{ij} = (1 - \rho) \cdot \tau_{ij} + \rho \cdot \Delta\tau_{ij} \quad (2.2)$$

Keterangan:

ΔT_{ij} = Peningkatan feromon akibat jalur yang dilalui semut, dimana:

$\frac{Q}{L_{best}}$ = jika jalur dilalui semut

Q = Konstanta untuk penguatan feromon (bernilai tetap, misal 50 atau 100)

L_{best} = Jalur terpendek yang ditemukan bernilai 0 jika jalur tidak dilalui

ρ = Koefisien evaporasi feromon

2.4 Perspektif Islam

Konsep pada algoritma *ant colony optimization* (ACO) yaitu menggunakan konsep alami dari perilaku semut dalam mencari makanan melalui sarang menuju sumber makanan. Rute dalam mencapai sumber makanan tersebut melalui rute terpendek secara berulang mencerminkan sikap kedisiplinan dan kerja sama yang baik. Prinsip kerja dan perilaku alami yang dilakukan oleh semut tersebut tertuang dalam penggalan Ayat Al-Qur'an Surah Al-Naml Ayat 18 dan Ayat 19:

حَتَّىٰ إِذَا آتَوَا عَلَىٰ وَادِ النَّمْلِ قَالَتْ مَمْلَةٌ يَا أَيُّهَا النَّمْلُ ادْخُلُوا مَسَكِنَكُمۡ لَا يَحِطَمَنَّ كُمۡ سُلَيْمٰنُ وَجُنُودُهُ ۗ وَهُمْ لَا يَشْعُرُونَ ﴿١٨﴾

“Hingga ketika mereka sampai di lembah semut, berkatalah seekor semut, "Wahai semut-semut! Masuklah ke dalam sarang-sarangmu, agar kamu tidak diinjak oleh Sulaiman dan bala tentaranya, sedangkan mereka tidak menyadari."” (Q.S. An-Naml:18)

فَتَبَسَّمَ ضَاحِكًا مِّن قَوْلِهَا وَقَالَ رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَىٰ وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ
صَالِحًا تَرْضَاهُ وَأَدْخِلْنِي بِرَحْمَتِكَ فِي عِبَادِكَ الصَّالِحِينَ ﴿١٩﴾

“Maka dia (Sulaiman) tersenyum lalu tertawa karena (mendengar) perkataan semut itu. Dan dia berdoa, "Ya Tuhanku, anugerahkanlah aku ilham untuk tetap mensyukuri nikmat-Mu yang telah Engkau anugerahkan kepadaku dan kepada kedua orang tuaku dan agar aku mengerjakan kebajikan yang Engkau ridai; dan masukkanlah aku dengan rahmat-Mu ke dalam golongan hamba-hamba-Mu yang saleh.” (Q.S An-Naml:19)

Terdapat juga beberapa hadist yang juga menyebut tentang semut, terutama yang berkaitan dengan larangan membunuh semut karena mereka adalah makhluk yang diciptakan Allah. Salah satunya adalah hadis yang diriwayatkan oleh Abu Hurairah:

Hadis dari Abu Hurairah Rasulullah ﷺ bersabda: *"Sesungguhnya Nabi pernah melarang membunuh empat makhluk: semut, lebah, burung hudhud, dan burung shurad."* (HR. Abu Dawud dan Ahmad)

Hadis ini menunjukkan bahwa semut adalah makhluk yang tidak boleh dibunuh tanpa alasan yang jelas. Mereka dilarang untuk dibunuh karena juga merupakan ciptaan Allah yang memiliki kehidupan yang teratur.

Hadis lain tentang Pembakaran Semut terdapat pula pada hadist yang diriwayatkan oleh Abdullah bin Mas'ud yang menyebutkan peristiwa ketika Rasulullah ﷺ melarang seseorang untuk membakar semut yaitu:

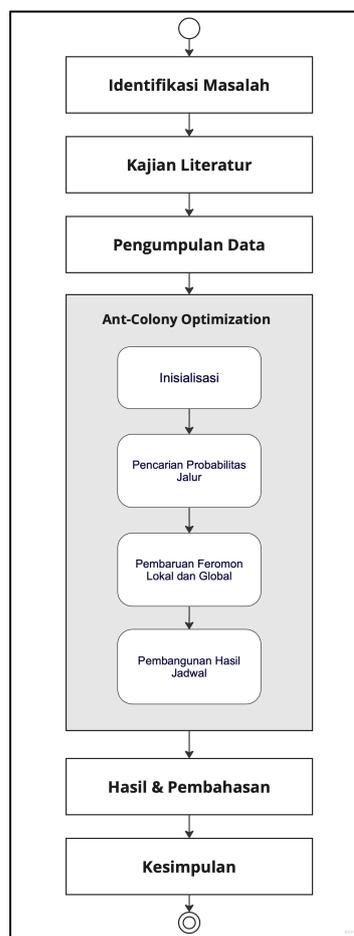
"Pada suatu ketika Nabi melihat ada sarang semut yang terbakar, maka Beliau bersabda, 'Tidak ada yang boleh menyiksa dengan api kecuali Rabb yang menciptakannya.'" (HR. Bukhari dan Muslim)

BAB III

DESAIN DAN PERANCANGAN SISTEM

3.1 Metode Penelitian

Pada penelitian ini, metode penelitian yang dilakukan sebagai berikut:



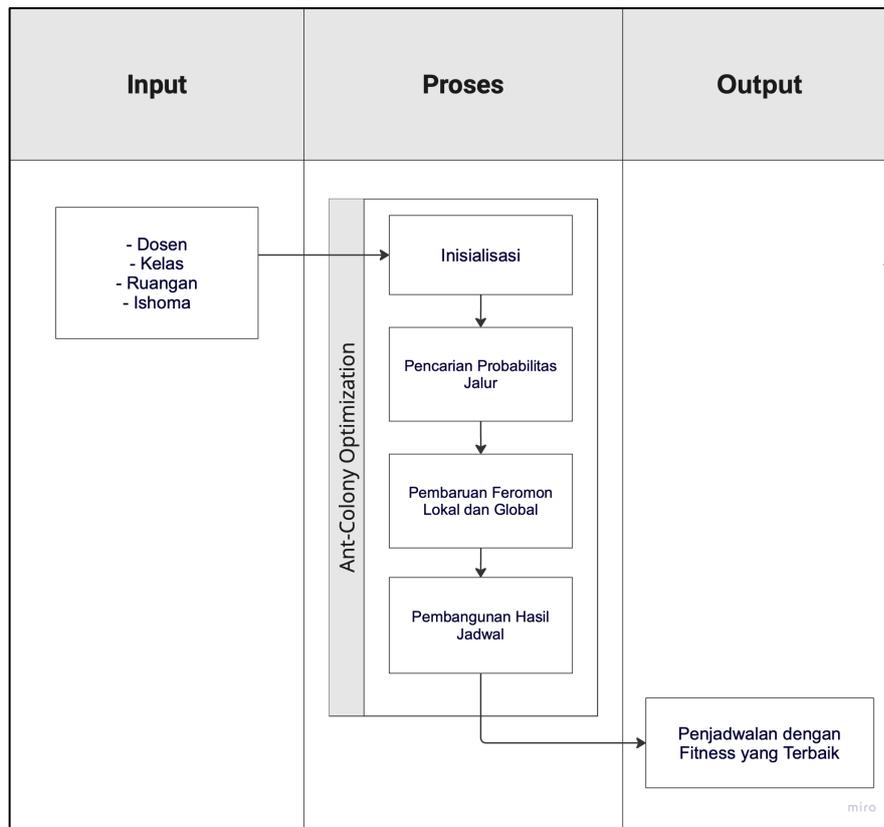
Gambar 3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan oleh peneliti dapat dilihat pada Gambar 3.1, yaitu melakukan identifikasi permasalahan yang akan diteliti pada penelitian yang dibahas, kemudian peneliti melakukan kajian literatur pada penelitian dengan

menemukan celah/*gap* penelitian-penelitian terdahulu agar dapat ditemukan perbedaan antara penelitian yang diteliti dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, selanjutnya melakukan pengumpulan data yang relevan dengan tema penelitian, kemudian peneliti melakukan implementasi pada algoritma *ant colony optimization* dengan melakukan deklarasi/inisialisasi parameter, kemudian mencari probabilitas jalur yang disukai oleh semut, selanjutnya melakukan pembaruan dan penguapan feromon pada jalur yang lebih sering dilewati oleh semut, kemudian peneliti menentukan hasil dan pembahasan pada implementasi algoritma *ant colony optimization* yaitu terhadap pengukuran bobot. Penelitian diakhiri dengan mengemukakan kesimpulan dari hasil yang telah ditemukan melalui proses deklarasi parameter bobot hingga bobot akhir berdasarkan kecocokan/*fitness* yang terbaik.

3.2 Desain Sistem

Desain sistem yang digunakan pada penelitian ini yaitu untuk mempresentasikan langkah-langkah yang dilakukan sistem dalam memulai tahap pencarian solusi dengan menerapkan batasan yang menjadi parameter penelitian sehingga dapat ditemukan bentrok yang paling sedikit dalam memenuhi syarat untuk penjadwalan perkuliahan. Berikut ini merupakan alur penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini:



Gambar 3.2 Desain Sistem

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara menggunakan data dari penjadwalan perkuliahan di lingkungan program studi xyz pada universitas xyz. Data yang dikumpulkan terbagi menjadi 2 bagian yaitu data primer dan data sekunder.

Data primer yang digunakan yaitu data yang dapat dijadikan batasan. Data tersebut berupa data perkuliahan yang umum digunakan sebagai batasan sebuah penelitian terkait penjadwalan perkuliahan yaitu ketersediaan dosen, ruang kelas, dan waktu mengajar dosen. Data tersebut kemudian dikelompokkan menjadi jenis batasan yang tidak dapat dilanggar oleh aturan.

Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini yaitu berupa data mata kuliah pada program studi xyz di universitas xyz beserta hari dan jam mata kuliah tersebut berlangsung. Kemudian data sekunder yang dibutuhkan yaitu data dosen pengampu yang mengisi mata kuliah.

3.4 Inisialisasi

Hal pertama yang dilakukan yaitu melakukan inisialisasi pada parameter dari algoritma *ant colony optimization*. Parameter yang diinisialisasikan yaitu jumlah iterasi dalam melakukan pencarian jadwal pada algoritma *ant colony optimization*, kemudian menginisialisasi jumlah semut atau jadwal perkuliahan, lalu inisialisasi koefisien yang digunakan pada penguapan feromon setelah jadwal matakuliah yang terbaik terpilih. Kemudian menginisialisasikan bobot dari feromon yang dibawa oleh jadwal melewati beberapa macam matakuliah tersebut, lalu menginisialisasikan bobot *heuristic* yang berpengaruh pada informasi yang didapatkan oleh semut setelah melewati jalur yang terbaik, kemudian menginisialisasikan matriks feromon awal dari setiap jalur yang dilalui oleh semut, serta inisialisasi fitness jadwal yang terbaik setelah iterasi-iterasi algoritma dijalankan. Feromon diterapkan juga pada masing-masing parameter seperti matakuliah, ruangan, dan ishoma. Masing-masing parameter yang digunakan yaitu sebagai berikut:

Tabel 3.1 Parameter Inisialisasi

No	Parameter
1	Matakuliah (Dosen, Kelas, Jam Mengajar, Hari)
2	Ruangan
3	Ishoma

A. Matakuliah (Dosen, Kelas, Jam Mengajar, Hari)

Data ruangan yang digunakan sebagai sample penelitian yaitu menggunakan data pemasaran matakuliah pada program studi xyz di universitas xyz

B. Ruangan

Data yang digunakan yaitu data ruangan matakuliah yang digunakan pada program studi xyz di universitas xyz.

C. Ishoma

Waktu Ishoma menjadi salah satu batasan dalam penjadwalan perkuliahan pada program studi xyz. Waktu ishoma memiliki *range* antara jam 11:20 WIB sampai jam 12:30 WIB

3.5 Pre-processing

Pada langkah sebelumnya telah dilakukan inisialisasi menggunakan beberapa parameter, kemudian data yang telah di inisialisasi akan dicari besar konflik sesuai dengan parameter seperti bentroknnya antara matakuliah yang meliputi dosen, kelas, dan jam mengajar dengan ruang kelas dan waktu ishoma. Langkah pertama yaitu dengan melakukan pencarian probabilitas jalur yang akan dilalui oleh semut sehingga ditemukan jalur terbaik yang dilalui sehingga didapatkan probabilitas berupa persentase.

3.5.1 Pencarian Probabilitas Jalur

Proses inialisasi meliputi inputan berupa *node* atau jadwal matakuliah, informasi heuristik serta feromon yang dibawa oleh masing-masing *node* atau

jadwal matakuliah. *Node* diibaratkan dengan 1 jalur yang berisi 1 matakuliah yang meliputi hari matakuliah, preferensi dosen, waktu mengajar dosen, dan kelas.

Setelah melakukan inisialisasi dari beberapa parameter diatas, maka selanjutnya melakukan pencarian probabilitas jalur yang akan dilalui oleh semut, yaitu menentukan nilai informasi heuristic berdasarkan konflik yang didapatkan. Perhitungan probabilitas *node* terbaik berdasarkan 1 iterasi yang tampak pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Miniatur Perhitungan Ant Colony Optimization

Iteration	Node Asal	Feromon Awal	Nilai Heuristic	Probabilitas	Pembaruan Feromon	Evaporasi Feromon
1	N1 - N2	1,0	0,50			
	N1 - N3	1,0	0,33			
	N1- N4	1,0	0,25			

Pada Tabel 3.2, peneliti melakukan sampling pada 1 iterasi pada pencarian salah satu matakuliah yang diibaratkan dengan N1 sebagai node asal dan node tujuan yang diibaratkan dengan N2. Selanjutnya yaitu menetapkan beberapa nilai dari variabel pada rumus pencarian probabilitas. Nilai-nilai tersebut seperti yang tampak pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Inisialisasi Variabel

Deskripsi	Nilai
feromon (α)	1
heuristic (β)	2
koefisien evaporasi (ρ)	0,5
konstanta feromon (Q)	50
jarak/solusi terbaik (L_best)	100

Selanjutnya menentukan feromon awal dengan memberi nilai $\tau_{ij} = 1$ untuk dijalankan pada awal iterasi seperti yang ditampilkan pada Tabel 3.2. Kemudian

menentukan nilai invers atau jarak antar node atau nilai heuristik yang disimbolkan sebagai η_{ij} dari masing-masing antar *node*. Jarak antar *node* sebagai nilai heuristic dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$\eta_{ij} = \frac{1}{1 + n} \quad (2.3)$$

Setelah melakukan inisialisasi atribut yang akan diolah, maka dapat diimplementasikan persamaan probabilitas berikut ini:

$$P_{ij} = \frac{\tau_{ij}^{\alpha} \cdot \eta_{ij}^{\beta}}{\sum_{k \in J_i} \tau_{ik}^{\alpha} \cdot \eta_{ik}^{\beta}} \quad (2.4)$$

Pada parameter feromon diberi nilai $\alpha = 1$, sedangkan parameter heuristic diberi nilai $\beta = 2$.

3.6 Mencari Bilangan Pembilang

Langkah pertama yaitu mencari pembilang dari rumus pencarian probabilitas menggunakan rumus berikut $\tau_{ij}^{\alpha} \cdot \eta_{ij}^{\beta}$

- Node N1 – Node N2:

$$\begin{aligned} P_{12} &= \tau_{12}^{\alpha} \cdot \eta_{12}^{\beta} = (1)^1 \cdot (0.50)^2 \\ &= 1 \cdot 0.25 = 0.25 \end{aligned}$$

- Node N1 – Node N3

$$\begin{aligned} P_{13} &= \tau_{13}^{\alpha} \cdot \eta_{13}^{\beta} = (1)^1 \cdot (0.33)^2 \\ &= 1 \cdot 0.11 = 0.11 \end{aligned}$$

- Node N1 – Node N4:

$$P_{14} = \tau_{14}^{\alpha} \cdot \eta_{14}^{\beta} = (1)^1 \cdot (0.25)^2$$

$$= 1 \cdot 0.06 = 0.06$$

3.6.1 Mencari Bilangan Penyebut

Setelah mendapatkan nilai pembilang, selanjutnya mencari bilangan penyebut menggunakan persamaan berikut

$$\sum_{k \in J_i} \tau_{ik}^{\alpha} \cdot \eta_{ik}^{\beta} \quad (2.5)$$

$$\text{Total} = 0.25 + 0.11 + 0.06 = 0.42$$

Jadi hasil probabilitas yang didapatkan dari masing-masing *node* menggunakan rumus pencarian probabilitas yaitu:

- Node N1 – Node N2:

$$P_{12} = \frac{0.25}{0.42} = 0.59$$

- Node N1 – Node N3:

$$P_{13} = \frac{0.11}{0.42} = 0.26$$

- Node N1 – Node N4:

$$P_{14} = \frac{0.06}{0.42} = 0.15$$

Dari perhitungan diatas, dapat diambil hasil bahwasannya semut akan memilih node **N1 – N2** karena node tersebut berisi probabilitas matakuliah yang tidak mengalami bentrok dengan nilai probabilitas sebesar 0.59 atau 59%, sedangkan untuk node **N1 – N3** dan node **N1 – N4** memiliki nilai probabilitas yang kecil sebesar 0.26 atau

26% dan 0.15 atau 15%. Hasil dari perhitungan tersebut diimplementasikan pada miniatur perhitungan probabilitas yang terdapat pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Hasil Pencarian Probabilitas

Iteration	Node Asal	Feromon Awal	Nilai Heuristic	Probabilitas	Pembilang	Penyebut
1	N1 - N2	1,0	0,50	0,59	0,25	0,42
	N1 - N3	1,0	0,33	0,26	0,11	0,42
	N1 - N4	1,0	0,25	0,15	0,06	0,42

3.6.2 Pembaruan dan Evaporasi Feromon

Setelah mencari pembaruan probabilitas dengan tujuan menentukan besar probabilitas matakuliah yang sering dilalui oleh semut, selanjutnya melakukan perhitungan dengan mencari pembaruan feromon. Pembaruan sekaligus penguapan feromon dihitung menggunakan persamaan (2.6) berikut.

$$\tau'_{ij} = (1 - \rho) \cdot \tau_{ij} + \rho \cdot \Delta\tau_{ij} \quad (2.6)$$

Pada rumus diatas, yang pertama yaitu mencari nilai peningkatan feromon yang disimbolkan $\Delta\tau_{ij}$, yang mana nilai diambil dari insialisasi variabel yang tampak pada Tabel 3.3. Jika diimplementasikan pada persamaan (2.7) berikut ini:

$$\Delta\tau_{12} = \frac{Q}{L_{best}} \quad (2.7)$$

$$\frac{5}{100} = 0.50$$

Maka perhitungan tersebut diimplementasikan pada miniatur perhitungan seperti yang tampak pada Tabel 3.5

Tabel 3.5 Nilai Pembaruan Feromon

Iteration	Node Asal	Feromon Awal	Nilai Heuristic	Probabilitas	Pembaruan Feromon	Evaporasi Feromon
1	N1 - N2	1,0	0,50	0,59	0,50	
	N1 - N3	1,0	0,33	0,26	0,50	
	N1- N4	1,0	0,25	0,15	0,50	

Setelah mendapatkan nilai pembaruan feromon, selanjutnya menghitung nilai evaporasi feromon dengan menerapkan nilai koefisien evaporasi (ρ) dan nilai feromon awal (τ) yang telah diinisialisasi pada Tabel 3.3 dengan menerapkan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\tau'_{ij} &= (1 - \rho) \cdot \tau_{ij} + \rho \cdot \Delta\tau_{ij} \\ &= (1 - 0,5) \cdot 1 + 0,5 \cdot 0,5 \\ \tau'_{12} &= 0,5 + 0,5 \cdot 0,5 = 0,75\end{aligned}$$

Tabel 3.6 Nilai Evaporasi Feromon

Iteration	Node Asal	Feromon Awal	Nilai Heuristic	Probabilitas	Pembaruan Feromon	Evaporasi Feromon
1	N1 - N2	1,0	0,50	0,59	0,50	0,75
	N1 - N3	1,0	0,33	0,26	0,50	0,75
	N1- N4	1,0	0,25	0,15	0,50	0,75

Dari hasil perhitungan diatas, evaporasi feromon yang didapatkan yaitu sebesar 0.50, lalu untuk nilai pembaruan feromon yang didapatkan yaitu sebesar 0.75 seperti yang tampak pada Tabel 3.6 diatas.

3.7 Hasil Miniatur Perhitungan Algoritma *Ant Colony Optimization*

Dari perhitungan pencarian probabilitas serta evaporasi feromon, ditemukan node yang lebih baik dan minim dengan bentrok berdasarkan nilai heuristik antar *node* atau antar matakuliah (η_{ij}) dari node N1 – N3 dengan nilai 0.50 dengan

probabilitas jalur sebesar 0.59 atau 59% node tersebut dilewati atau disukai oleh semut sehingga dalam 1 iterasi. Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.7

Tabel 3.7 Hasil Miniatur Perhitungan Ant Colony Optimization

Iteration	Node Asal	Feromon Awal	Nilai Heuristic	Probabilitas	Pembaruan Feromon	Evaporasi Feromon
1	N1 - N2	1,0	0,50	0,59	0,50	0,75
	N1 - N3	1,0	0,33	0,26	0,50	0,75
	N1- N4	1,0	0,25	0,15	0,50	0,75

3.8 Implementasi Sistem

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari perhitungan matematis yang dipaparkan diatas, selanjutnya melakukan implementasi perhitungan tersebut pada sistem yang dibangun sebagai media untuk membuktikan bahwasanya algoritma *ant colony optimization* berfungsi sebagai metode dalam melakukan pencarian penjadwalan perkuliahan yang optimal pada solusi penjadwalan perkuliahan di universitas. Sistem dibangun menggunakan bahasa pemrograman Java dengan *tools* bernama *BlueJ* dan dioperasikan menggunakan sistem operasi MacOS 11.7.10. Implementasi sistem diawali dengan inialisasi variabel yang akan digunakan sebagai perhitungan dalam proses implementasi dari algoritma *ant colony optimization*. Selanjutnya melakukan proses data pada tahap *pre-processing* dengan memasukkan nilai dari variabel yang di inialisasi diawal tahap. Setelah melakukan tahap *pre-processing* maka ditemukan nilai probabilitas yang akan dijadikan acuan sebagai hasil optimal dari sebuah *node* hingga memenuhi menjadi satu penjadwalan perkuliahan yang berisi *node-node* yang optimal.

3.8.1 Inisialisasi

Pada tahap inisialisasi pada variabel yang digunakan untuk menjalankan algoritma *ant colony optimization* yaitu feromon awal yang digunakan sebagai penentu feromon dari parameter yang akan digunakan sebagai acuan dari algoritma seperti parameter matakuliah, ruang, dan waktu ishoma. Feromon awal yang akan diinisialisasi dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.

```

PROCEDURE initializePheromones(pheromones)
  FOR i ← 0 TO number of rows in pheromones - 1 DO
    FOR j ← 0 TO number of columns in pheromones[i] - 1 DO
      pheromones[i][j] ← 1.0 // initialize pheromone to 1.0
    END FOR
  END FOR
END PROCEDURE

```

Gambar 3.3 Pseudocode InitializePheromones

Selanjutnya menginisialisasi beberapa parameter seperti nilai evaporasi feromon, nilai bobot feromon, nilai bobot heuristik, nilai untuk jumlah semut dan jumlah iterasi yang dilakukan. Inisialisasi beberapa parameter tersebut dapat dilihat pada *pseudocode* pada Gambar 3.4.

```

CONSTANT numAnts ← 10 // Total number of ants (nodes)
CONSTANT numIterations ← 20 // Total number of iterations
CONSTANT pheromoneDecay ← 0.5 // Pheromone evaporation rate
CONSTANT pheromoneWeight ← 1.0 // Alpha: influence of pheromone
CONSTANT heuristicWeight ← 5.0 // Beta: influence of heuristic

```

Gambar 3.4 Pseudocode Inisialisasi Parameter

Setelah melakukan proses inisialisasi, selanjutnya melakukan proses *pre-processing* untuk mencari probabilitas dan pembaruan serta evaporasi feromon.

3.8.2 Pre-processing

Pada tahap *pre-processing*, variabel yang telah di-inisialisasi dicari nilai probabilitasnya. Nilai probabilitas yang dicari mencakup pada parameter matakuliah, parameter ruangan, parameter ishoma, parameter hari, dan parameter kelas. Fungsi salah satu pencarian probabilitas dari parameter SKS

diimplementasikan pada *pseudocode* yang ditampilkan pada Gambar 3.5. Sedangkan untuk fungsi dari pencarian probabilitas dari parameter-parameter yang lainnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

```

PROCEDURE calculateProbabilitiesSlot(courseIndex, totalSlots)
  CREATE array probabilitiesSlot with size totalSlots
  SET sum ← 0.0

  FOR timeslot ← 0 TO totalSlots - 1 DO
    SET pheromoneValue ← pheromonesSlot[courseIndex][timeslot]

    IF pheromoneValue > 0 THEN
      SET probabilitiesSlot[timeslot] ← (pheromoneValue ^ pheromoneWeight) × ((1 / (1 +
timeslot)) ^ heuristicWeight)
      ADD probabilitiesSlot[timeslot] TO sum
    END IF
  END FOR

  IF sum = 0 THEN
    RETURN probabilitiesSlot
  END IF

  // Normalize probabilities
  FOR timeslot ← 0 TO totalSlots - 1 DO
    SET probabilitiesSlot[timeslot] ← probabilitiesSlot[timeslot] / sum
  END FOR

  RETURN probabilitiesSlot
END PROCEDURE

```

Gambar 3.5 Pseudocode calculateProbabilities

Setelah mencari probabilitas dari setiap parameter diatas, selanjutnya memasukkan hasil probabilitas yang dicari dari masing-masing parameter kedalam *class* yang bernama *optimize*. Kelas ini menampung hasil probabilitas yang dicari pada iterasi pertama pada saat menjalankan program pertama kali serta melakukan pembaruan dan evaporasi feromon hingga ditemukan 1 baris *node* atau matakuliah yang memenuhi dan tidak terjadi konflik antar parameter yang lainnya. Kelas *optimize* dapat diimplementasikan pada *pseudocode* di Gambar 3.6.

```

PROCEDURE optimize()
  DECLARE allSchedules as list of schedule lists

  FOR iteration ← 0 TO numIterations - 1 DO
    INITIALIZE allSchedules as empty list

    // Phase 1: Schedule construction and conflict detection
    FOR ant ← 0 TO numAnts - 1 DO
      SET schedule ← buildSchedule()
      ADD schedule TO allSchedules
      CALL detectConflicts(schedule, iteration, ant)
    END FOR

    // Phase 2: Fitness evaluation and pheromone update
    FOR EACH schedule IN allSchedules DO
      SET fitness ← calculateFitness(schedule)

      IF fitness > bestFitness THEN
        SET bestFitness ← fitness
        SET bestSchedule ← schedule
      END IF

      CALL updatePheromones(schedule, fitness)
    END FOR
  END FOR

  CALL evaporatePheromones()
  CALL displayConflictedSchedules()
END PROCEDURE

```

Gambar 3.6 Pseudocode optimize

Pada kelas ini, hasil probabilitas ditampung pada kelas bernama *buildSchedule* yang mana menyimpan probabilitas pada 1 matakuliah yang memenuhi, yang mana tidak ditemukan konflik dengan parameter-parameter seperti matakuliah, ruangan, dan ishoma. Kelas tersebut diimplementasikan pada *pseudocode* yang dapat dilihat pada Gambar 3.7.

```

FUNCTION buildSchedule
  INITIALIZE empty list schedule

  DEFINE list of available rooms
  DEFINE list of available days
  DEFINE list of class labels

  FOR each course in allCourses
    SET added = false
    SET attempts = 0

    GET available time slots based on course SKS
    IF no time slots available, CONTINUE to next course

    CALCULATE:
      - probabilities for time slot
      - probabilities for room
      - probabilities for class
      - probabilities for day

    WHILE not added AND attempts < 10
      INCREMENT attempts
      SELECT timeSlotIndex based on slot probabilities
      SELECT roomIndex based on room probabilities
      SELECT classIndex based on class probabilities
      SELECT dayIndex based on day probabilities
      GET selected timeSlot from timeSlots[timeSlotIndex]

      SET sholat = "Sholat Dhuhur" IF timeSlotIndex == 1
    ELSE "Tidak Ada Sholat"

      CREATE newSchedule with:
        - course, lecturer, SKS
        - selected room
        - selected time slot
        - sholat info
        - selected class
        - selected day

      IF newSchedule is valid (not conflicting):
        ADD newSchedule to schedule
        SET added = true

  RETURN schedule
END FUNCTION

```

Gambar 3.7 Pseudocode buildSchedule

Pada kelas *optimize*, kelas tersebut merupakan kelas dalam algoritma *ant colony optimization* secara keseluruhan yang hasilnya terdapat pada kelas *buildSchedule*. Setelah menyimpan 1 matakuliah yang tidak terdapat konflik kedalam tabel jadwal, tahap selanjutnya yaitu memperbarui bobot feromon ketika *fitness* yang dimiliki 1 matakuliah tersebut lebih besar daripada *bestFitness* yang diinisialisasikan.

Pseudocode pencarian *bestFitness* terdapat pada proses inisialisasi pada kelas

Inisialisasi yang bisa dilihat pada *pseudocode* pada Gambar 3.8.

```

FUNCTION Inisialisasi(courses)
  SET allCourses = courses
  INITIALIZE conflictIterations as empty map
  CALCULATE bestFitness to 2 decimal places
  INITIALIZE random number generator
  CREATE empty bestSchedule list with size of courses
  INITIALIZE pheromonesSlot matrix with size [jumlah_course][]

  FOR i from 0 to courses.size() - 1 DO
    GET course from courses[i]
    GET timeslots based on SKS of the course
    INITIALIZE pheromonesSlot[i] as array with size of timeslots.length
  END FOR

  INITIALIZE pheromonesRoom matrix [jumlah_course][8] // 8 rooms
  INITIALIZE pheromonesClass matrix [jumlah_course][5] // 5 class labels
  INITIALIZE pheromonesDay matrix [jumlah_course][5] // 5 days
  INITIALIZE pheromonesSholat matrix [jumlah_course][2] // 2 sholat options

  // Inisialisasi nilai feromon awal untuk semua matriks
  CALL initializePheromones(pheromonesSlot)
  CALL initializePheromones(pheromonesRoom)
  CALL initializePheromones(pheromonesClass)
  CALL initializePheromones(pheromonesDay)
  CALL initializePheromones(pheromonesSholat)
END FUNCTION

```

Gambar 3.8 Psuedocode Fungsi Inisialisasi

Pada baris ke-4 kode program diatas menampilkan inisialisasi dari *bestFitness* yang diambil pada nilai hasil dari pembentukan jadwal matakuliah pada kelas *buildSchedule*. Kemudian menghitung *fitness* berdasarkan konflik pada pencarian probabilitas matakuliah. Pencarian konflik tersebut ditentukan pada fungsi di kelas *calculateFitness* yang dapat dilihat pada *pseudocode* yang ditampilkan pada Gambar 3.9.

```

FUNCTION calculateFitness(schedule)
  SET conflicts = 0
  FOR i from 0 to schedule.size() - 1 DO
    FOR j from i + 1 to schedule.size() - 1 DO
      SET s1 = schedule[i]
      SET s2 = schedule[j]

      // Cek konflik kelas (hari, kelas, dan timeslot sama)
      IF s1.hari == s2.hari AND s1.kelas == s2.kelas AND s1.timeslot == s2.timeslot
      THEN
        INCREMENT conflicts

      // Cek konflik ruangan (hari, ruangan, dan timeslot sama)
      IF s1.hari == s2.hari AND s1.room == s2.room AND s1.timeslot == s2.timeslot
      THEN
        INCREMENT conflicts

      // Cek konflik mata kuliah (mata kuliah yang sama di hari yang sama)
      IF s1.hari == s2.hari AND s1.course == s2.course THEN
        INCREMENT conflicts
      END FOR
    END FOR

  RETURN 1.0 / (1 + conflicts) // Semakin banyak konflik, nilai fitness semakin kecil
END FUNCTION

```

Gambar 3.9 Pseudocode calculateFitness

Setelah mencari *bestFitness* dan *fitness* yang ditentukan oleh fungsi *calculateFitness*, maka selanjutnya melakukan pembaruan feromon pada nilai *fitness* yang lebih besar daripada *bestFitness* yang sudah ada sebelumnya. Selanjutnya yaitu melakukan pembaruan feromon pada jalur yang dilalui oleh setiap semut yang di-inisialisasi serta melakukan penguapan feromon pada jalur yang jarang dilalui oleh semut agar memperkuat nilai heuristic dari jalur yang paling sering dilalui oleh setiap semut. Pembaruan feromon di-implementasikan pada setiap parameter yang dicari probabilitasnya pada tahap sebelumnya. Pembaruan feromon terlihat pada *pseudocode* berikut.

```

FUNCTION updatePheromones(schedule, fitness)
  FOR each entry s in schedule DO
    SET courseIndex = index of s in allCourses
    IF courseIndex == -1 THEN CONTINUE

    SET timeslot = getTimeSlotIndex(s.timeslot, s.sks)
    IF timeslot == -1 THEN CONTINUE

    INCREMENT pheromonesSlot[courseIndex][timeslot] by fitness
    INCREMENT pheromonesRoom[courseIndex][getRoomIndex(s.room)] by fitness
    INCREMENT pheromonesClass[courseIndex][getClassIndex(s.kelas)] by fitness
    INCREMENT pheromonesDay[courseIndex][getDayIndex(s.hari)] by fitness
  END FOR
END FUNCTION

```

Gambar 3.10 Pseudocode updatePheromones

Setelah melakukan pembaruan feromon pada masing-masing parameter seperti yang terlihat pada *pseudocode* yang tampak pada Gambar 3.10, selanjutnya melakukan penguapan feromon pada parameter yang diperbarui. Penguapan feromon diimplementasikan pada *pseudocode* yang dapat dilihat pada Gambar 3.11.

```

FUNCTION evaporatePheromones()
  FOR i from 0 to pheromonesSlot.length - 1 DO
    FOR j from 0 to pheromonesSlot[i].length - 1 DO
      pheromonesSlot[i][j] *= (1 - pheromoneDecay)

      IF j < pheromonesRoom[i].length THEN
        pheromonesRoom[i][j] *= (1 - pheromoneDecay)

      IF j < pheromonesClass[i].length THEN
        pheromonesClass[i][j] *= (1 - pheromoneDecay)

      IF j < pheromonesDay[i].length THEN
        pheromonesDay[i][j] *= (1 - pheromoneDecay)

      IF j < pheromonesSholat[i].length THEN
        pheromonesSholat[i][j] *= (1 - pheromoneDecay)
    END FOR
  END FOR
END FUNCTION

```

Gambar 3.11 Pseudocode evaporatePheromones

Setelah melakukan penguapan feromon, hasil dari kelas *buildSchedule* ditampilkan dan mengulang proses pencarian probabilitas hingga terbentuk 1 matakuliah yang terpenuhi dan dimasukkan pada kelas *buildSchedule* sampai iterasi terakhir.

Setelah melakukan penguapan feromon, selanjutnya menampilkan kumpulan matakuliah berupa jadwal pada rentang waktu satu minggu yang memiliki *fitness* terbaik. Setelah membuat kumpulan matakuliah menjadi 1 jadwal penuh pada fungsi *buildSchedule*, selanjutnya mendeteksi adanya konflik pada hasil jadwal yang ditelah dibangun tersebut. Terdapat fungsi untuk mencari parameter apa saja yang berkonflik setelah melalui proses pembangunan jadwal yang dilakukan pada kelas *buildSchedule*. Fungsi tersebut terdapat pada kelas

displayConflictedSchedules dan diimplementasikan dengan *pseudocode* pada Gambar 3.12.

```

FUNCTION displayConflictedSchedules()
  IF conflictIterations is empty THEN
    PRINT "Tidak ada konflik yang ditemukan."
    RETURN

  SET lastIter = maximum key in conflictIterations
  SET conflicts = conflictIterations[lastIter]

  PRINT "=== Jadwal yang Mengandung Konflik (Iterasi lastIter) ==="

  INITIALIZE printed as empty set

  FOR each entry (key, valueList) in conflicts DO
    PRINT key
    FOR each schedule s in valueList DO
      IF s not in printed THEN
        PRINT "- " + s
        ADD s to printed
    END FOR
  END FOR
END FUNCTION

```

Gambar 3.12 Pseudocode *displayConflictedSchedules*

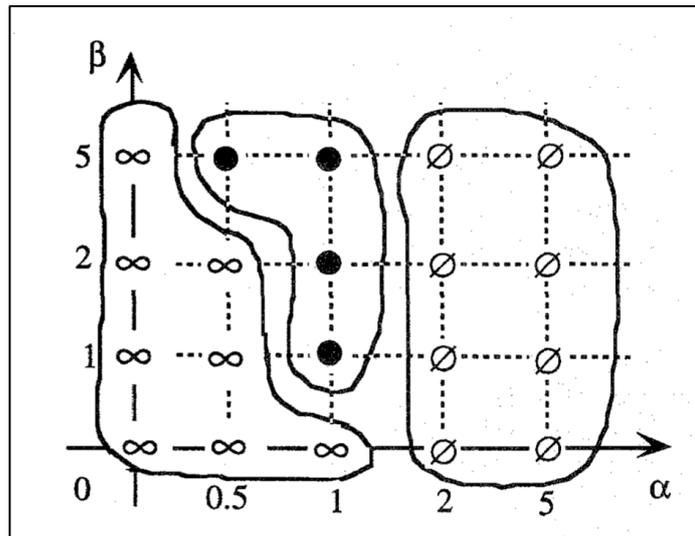
Hasil dari kelas *displayConflictedSchedules* pada Gambar 3.13 menampilkan penjadwalan yang telah melalui tahap *pre-processing* dan ditampung pada fungsi *buildSchedule*. Hasil dari penjadwalan tersebut berupa tabel sederhana menggunakan variabel yang digunakan untuk menampilkan data tabel pada *output* di database.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas hasil serta pembahasan dari penelitian yang berdasarkan pada kerangka penelitian dan desain sistem yang telah dijelaskan di BAB III terkait penerapan algoritma *ant colony optimization* pada solusi penjadwalan perkuliahan. Implementasi dari BAB III tersebut yaitu mencakup inisialisasi variabel, kemudian tahap *pre-processing* dengan melakukan pencarian probabilitas. Jika nilai probabilitas ditemukan, maka selanjutnya melakukan pembaruan feromon agar semut memilih jalur yang memiliki probabilitas tertinggi. Selanjutnya melakukan evaporasi atau penguapan feromon pada jalur yang sedikit dan jarang dilalui oleh semut agar nilai heuristic antar jalur seimbang

Hasil yang akan dibahas pada bab ini merupakan hasil dari iterasi yang dilakukan sebanyak 100 iterasi dan menggunakan semut sebanyak 284 *nodes* yang mana merupakan banyaknya data matakuliah yang digunakan pada pembuatan penjadwalan, akan tetapi pada setiap pengujian akan dibahas pada iterasi yang terakhir saja. Hasil percobaan dilakukan sebanyak 4 kali percobaan pada masing-masing *alpha* dan *beta* yang bervariasi sesuai dengan yang diterapkan oleh Marco Dorigo pada penelitiannya. Variasi dari masing-masing *alpha* dan *beta* merupakan variabel yang mempengaruhi cara kerja algoritma *ant colony optimization*. Variasi dari variabel tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Kombinasi alpha dan beta pada Siklus Semut

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa nilai dari *alpha* (α) dan *beta* (β) yang bervariasi dan setiap nilai dari variabel tersebut memiliki hasil yang berbeda. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Marco Dorigo pada penelitiannya (Dorigo et al. 1996), hasil dari nilai-nilai tersebut dapat berupa *infinity* atau tak hingga (∞) maupun *invalid* atau tidak valid (\emptyset) yang mana tidak menghasilkan hasil yang optimal dalam sebuah penjadwalan. Nilai *alpha* dan *beta* yang digunakan sebagai data uji coba dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Variabel uji coba alpha dan beta

Pengujian ke-	Alpha	Beta
1	$\alpha = 1$	$\beta = 1$
2	$\alpha = 1$	$\beta = 2$
3	$\alpha = 1$	$\beta = 5$
4	$\alpha = 0.5$	$\beta = 5$

4.1 Kerangka Uji Coba

Dalam penelitian ini, data yang digunakan merupakan data penjadwalan perkuliahan pada universitas xyz yang mana tidak mencantumkan matakuliah

Praktikum karena matakuliah Praktikum hanya memiliki nilai SKS sebanyak 1. Hasil penelitian yang diharapkan pada penelitian ini yaitu mengetahui nilai probabilitas matakuliah mana saja yang akan digunakan dan diterapkan pada penjadwalan perkuliahan.

Pertama peneliti menentukan data uji yang digunakan, beberapa data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2. Data uji yang digunakan yaitu data penjadwalan perkuliahan pada universitas xyz sebanyak 284 matakuliah beserta nama dosen yang diinisialisasikan dengan “D”, kemudian jumlah SKS, dan kelas yang diampu oleh dosen tersebut. Data uji coba yang lengkap dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 4.2 Data uji coba

No	Matakuliah	Dosen	SKS	Kelas
1	sistem informasi cerdas	D1	3	a
2	isu profesional & proyek group	D2	2	a
3	metedologi penelitian	D3	2	a
4	bahasa indonesia	D4	2	a
5	ilmu budaya dasar	D5	1	a
6	sejarah peradaban islam	D6	2	a
7	tarbiyah ulul albab	D7	1	a
8	bahasa inggris 1	D8	3	a
9	studi al-qur an	D9	2	a
10	teologi islam	D10	2	a

Selanjutnya menerapkan algoritma *ant colony optimization* dengan mengambil data uji yang telah ditentukan menggunakan *query* dan diterapkan pada fungsi dari algoritma pada program Java yang dirancang. Uji coba dilakukan berdasarkan variabel yang digunakan seperti yang dilampirkan pada Tabel 4.1. selanjutnya akan dijelaskan terkait uji coba pada iterasi pertama sebagai berikut.

4.1.1 Uji Coba I

Uji coba I menggunakan variabel *alpha* dan *beta* dengan masing-masing nilai $\alpha = 1$ dan $\beta = 1$. Berdasarkan pada rumus algoritma *ant colony optimization* yang diterapkan pada kode program, beberapa data hasil pada uji coba I dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Uji Coba I

No	Node Asal	Feromon Awal	Nilai Heuristic	Probabilitas
1	SISTEM INFORMASI CERDAS	1,00	0,50	0,10
2	ISU PROFESIONAL & PROYEK GROUP	1,00	0,33	0,06
3	METODOLOGI PENELITIAN	1,00	0,25	0,05
4	BAHASA INDONESIA	1,00	0,20	0,04
5	ILMU BUDAYA DASAR	1,00	0,17	0,03

Pada uji coba pertama, node asal yang ditampilkan sebagai nama matakuliah diinisialisasi memiliki masing-masing feromon sebesar 1,00 dengan nilai heuristic yang ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\eta_{ij} = \frac{1}{1 + n} \quad (2.8)$$

Pada *node* ke-1 yang berisi matakuliah SISTEM INFORMASI CERDAS diberi garis stabilo kuning pada Tabel 4.3, memiliki feromon awal sebesar 1,00 dengan nilai heuristic sebesar 0,50. Nilai probabilitas yang ditemukan pada *node* ke-1 sebesar 0,10 dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$P_{ij} = \frac{\tau_{ij}^{\alpha} \cdot \eta_{ij}^{\beta}}{\sum_{k \in J_i} \tau_{ik}^{\alpha} \cdot \eta_{ik}^{\beta}} \quad (2.9)$$

Sedangkan nilai penyebut pada rumus persamaan merupakan total perhitungan dari keseluruhan data sebanyak 284 *node*. Dengan menggunakan rumus diatas maka dapat ditampilkan perhitungan matematisnya sebagai berikut:

$$P_{ij} = \frac{(1)^1 \cdot (0.50)^1}{5.23} = \frac{0.50}{5.23} \approx 0.10$$

Hasil dari uji coba tersebut juga memuat informasi berupa konflik sebanyak 3 jenis konflik, seperti yang ditampilkan pada *pseudocode* pada fungsi *displayConflictedSchedules*.

Pada fungsi *displayConflictedSchedules* ditemukan konflik pada iterasi ke-99 dengan jenis konflik berupa konflik pada waktu Ishoma. Jenis konflik tersebut bertabrakan dengan *node* yang berisi data matakuliah **Sistem Informasi Geografis** dengan 3 SKS pada **hari Selasa pukul 09:50 – 12:20 di Ruang B.318, hari Jum'at pukul 09:00 – 11:30 di Ruang B.307, dan hari Kamis pukul 09:00 – 11:30 di Ruang B.314**. Hasil dari *pseudocode* pada fungsi *displayConflictedSchedules* dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.

```

=== Konflik per Iterasi ===
Iterasi 99: 3 konflik ditemukan.
- Jenis: Waktu Sholat Duhur/Ishoma: Selasa 09:50 - 12:20 → Jumlah: 1
- Jenis: Waktu Sholat Duhur/Ishoma: Jum'at 09:00 - 11:30 → Jumlah: 1
- Jenis: Waktu Sholat Duhur/Ishoma: Kamis 09:00 - 11:30 → Jumlah: 1

=== Jadwal yang Mengandung Konflik (Iterasi 99) ===
>> Waktu Sholat Duhur/Ishoma: Selasa 09:50 - 12:20
- | Selasa | SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS | 3 | Fachrul Kurniawan | B.318 | A | 09:50 - 12:20 |

>> Waktu Sholat Duhur/Ishoma: Jum'at 09:00 - 11:30
- | Jum'at | SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS | 3 | Fachrul Kurniawan | B.307 | C | 09:00 - 11:30 |

>> Waktu Sholat Duhur/Ishoma: Kamis 09:00 - 11:30
- | Kamis | SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS | 3 | Fachrul Kurniawan | B.314 | B | 09:00 - 11:30 |

```

Gambar 4.2 Hasil Fungsi Pencarian Konflik Uji Coba ke-1

Dari hasil uji coba ke-1 diatas, ditemukan bahwa pada beberapa matakuliah dengan urutan 1-5 menjadi jalur yang paling sering dilalui oleh semut sehingga konflik

yang muncul terdapat pada matakuliah dengan nilai probabilitas paling tinggi sebesar 0,10 atau 10%. Berikut ini beberapa matakuliah yang berhasil dibuat menjadi satu jadwal pada uji coba ke-1 yang dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran 2.

Tabel 4.4 Hasil Penjadwalan Uji Coba ke-1

Hari	Matakuliah	SKS	Dosen	Ruang	Kelas	Jam
Senin	SISTEM INFORMASI CERDAS	3	D1	B.317	D	06:30 - 09:00
	METEDOLOGI PENELITIAN	2	D3	B.315	A	06:30 - 08:10
	BAHASA INDONESIA	2	D4	B.314	D	06:30 - 08:10
	ILMU BUDAYA DASAR	1	D5	B.306	D	06:30 - 07:20
	TARBIYAH ULUL ALBAB	1	D7	B.307	B	06:30 - 07:20
	BAHASA INGGRIS I	3	D8	B.316	E	06:30 - 09:00
	STUDI AL-QUR AN	2	D9	B.318	B	06:30 - 08:10

4.1.2 Uji Coba II

Pada uji coba ke-2 menggunakan variabel *alpha* dan *beta* dengan masing-masing nilai $\alpha = 1$ dan $\beta = 2$. Berdasarkan pada rumus algoritma *ant colony optimization* yang diterapkan pada kode program, beberapa data hasil pada uji coba ke-2 dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Uji Coba ke-2

No	Node Asal	Feromon Awal	Nilai Heuristic	Probabilitas
1	SISTEM INFORMASI CERDAS	1,00	0,50	0,39
2	ISU PROFESIONAL & PROYEK GROUP	1,00	0,33	0,17
3	METODOLOGI PENELITIAN	1,00	0,25	0,10
4	BAHASA INDONESIA	1,00	0,20	0,06
5	ILMU BUDAYA DASAR	1,00	0,17	0,04

Pada uji coba ke-2, node asal yang ditampilkan sebagai nama matakuliah diinisialisasi memiliki masing-masing feromon sebesar 1,00 dengan nilai heuristic yang ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\eta_{ij} = \frac{1}{1 + n} \quad (2.10)$$

Pada *node* ke-1 yang berisi matakuliah SISTEM INFORMASI CERDAS diberi garis stabilo kuning pada Tabel 4.5, memiliki feromon awal sebesar 1,00 dengan nilai heuristic sebesar 0,50. Nilai probabilitas yang ditemukan pada *node* ke-1 sebesar 0,39 dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$P_{ij} = \frac{\tau_{ij}^{\alpha} \cdot \eta_{ij}^{\beta}}{\sum_{k \in J_i} \tau_{ik}^{\alpha} \cdot \eta_{ik}^{\beta}} \quad (2.11)$$

Sedangkan nilai penyebut pada rumus persamaan merupakan total perhitungan dari keseluruhan data sebanyak 284 *node*. Dengan menggunakan rumus diatas maka dapat ditampilkan perhitungan matematisnya sebagai berikut:

$$P_{ij} = \frac{(1)^1 \cdot (0.50)^2}{0.64} = \frac{0.25}{0.64} \approx 0.39$$

Pada fungsi *displayConflictedSchedules* ditemukan konflik pada iterasi ke-99 dengan jenis konflik berupa konflik pada waktu Ishoma. Jenis konflik tersebut bertabrakan dengan *node* yang berisi data matakuliah **Sistem Informasi Geografis** dengan **3 SKS** pada **hari Rabu pukul 10:40 – 13:10** di **Ruang B.306**. Hasil dari *pseudocode* pada fungsi *displayConflictedSchedules* dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut ini.

```

=== Konflik per Iterasi ===
Iterasi 99: 1 konflik ditemukan.
- Jenis: Waktu Sholat Dhuhur/Ishoma: Rabu 10:40 - 13:10 → Jumlah: 1

=== Jadwal yang Mengandung Konflik (Iterasi 99) ===

>> Waktu Sholat Dhuhur/Ishoma: Rabu 10:40 - 13:10
- | Rabu | SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS | 3 | Fachrul Kurniawan | B.306 | C | 10:40 - 13:10 |

```

Gambar 4.3 Hasil Fungsi Pencarian Konflik Uji Coba ke-2

Dari hasil uji coba ke-2 yang ditampilkan pada Tabel 4.5, ditemukan bahwa pada beberapa matakuliah dengan urutan 1-5 menjadi jalur yang paling sering dilalui oleh semut sehingga konflik yang muncul terdapat pada matakuliah dengan nilai probabilitas paling tinggi sebesar 0,39 atau 39%. Berikut ini beberapa matakuliah yang berhasil dibuat menjadi satu jadwal pada percobaan ke-2 yang dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan untuk hasil keseluruhan penjadwalan dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 4.6 Hasil Penjadwalan Uji Co ke-2

Hari	Matakuliah	SKS	Dosen	Ruang	Kelas	Jam
Senin	SISTEM INFORMASI CERDAS	3	D1	B.314	C	06:30 - 09:00
	METEDOLOGI PENELITIAN	2	D3	B.307	B	06:30 - 08:10
	BAHASA INDONESIA	2	D4	B.317	D	06:30 - 08:10
	ILMU BUDAYA DASAR	1	D5	B.306	C	06:30 - 07:20
	SEJARAH PERADABAN ISLAM	2	D6	B.316	C	06:30 - 08:10
	BAHASA INGGRIS I	3	D8	B.318	B	06:30 - 09:00
	STUDI AL-QUR AN	2	D9	D.222	D	06:30 - 08:10
	ILMU SOSIAL DASAR	1	D5	B.315	A	06:30 - 07:20
	SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS	3	D29	B.306	A	07:20 - 09:50
	ISU PROFESIONAL & PROYEK GROUP	2	D2	B.315	A	07:20 - 09:00
	METEDOLOGI PENELITIAN	2	D3	B.307	A	08:10 - 09:50
	MANAJ. PROYEK PERANGKAT LUNAK	2	D26	B.316	D	08:10 - 09:50

	SEJARAH PERADABAN ISLAM	2	D6	B.317	B	09:00 - 10:40
	Studi al-Qur an dan al-Hadits	2	D9	B.314	E	09:00 - 10:40
	TARBIYAH ULUL ALBAB	1	D7	B.306	A	09:50 - 10:40

4.1.3 Uji Coba III

Pada uji coba ke-3 menggunakan variabel *alpha* dan *beta* dengan masing-masing nilai $\alpha = 1$ dan $\beta = 5$. Berdasarkan pada rumus algoritma *ant colony optimization* yang diterapkan pada kode program, beberapa data hasil pada uji coba ke-3 dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Uji Coba ke-3

No	Node Asal	Feromon Awal	Nilai Heuristic	Probabilitas
1	SISTEM INFORMASI CERDAS	1,00	0,50	0,85
2	ISU PROFESIONAL & PROYEK GROUP	1,00	0,33	0,11
3	METODOLOGI PENELITIAN	1,00	0,25	0,03
4	BAHASA INDONESIA	1,00	0,20	0,01
5	ILMU BUDAYA DASAR	1,00	0,17	0,00

Pada uji coba ke-3, node asal yang ditampilkan sebagai nama matakuliah diinisialisasi memiliki masing-masing feromon sebesar 1.00 dengan nilai *heuristic* yang ditentukan dengan persamaan (2.12) sebagai berikut:

$$\eta_{ij} = \frac{1}{1 + n} \quad (2.12)$$

Pada *node* ke-1 yang berisi matakuliah SISTEM INFORMASI CERDAS diberi garis stabilo kuning pada Tabel 4.7, memiliki feromon awal sebesar 1,00 dengan nilai *heuristic* sebesar 0,50. Nilai probabilitas yang ditemukan pada *node* ke-1 sebesar 0,85 dengan menggunakan persamaan (2.13)

$$P_{ij} = \frac{\tau_{ij}^{\alpha} \cdot \eta_{ij}^{\beta}}{\sum_{k \in J_i} \tau_{ik}^{\alpha} \cdot \eta_{ik}^{\beta}} \quad (2.13)$$

Sedangkan nilai penyebut pada rumus persamaan (2.13) merupakan total perhitungan dari keseluruhan data sebanyak 284 *node*. Dengan menggunakan rumus diatas maka dapat ditampilkan perhitungan matematisnya sebagai berikut:

$$P_{ij} = \frac{(1)^1 \cdot (0.50)^5}{0.04} = \frac{0.03}{0.04} \approx 0.85$$

Pada fungsi *displayConflictedSchedules* ditemukan konflik pada iterasi ke-99 dengan jenis konflik berupa konflik pada waktu Ishoma. Jenis konflik tersebut bertabrakan dengan *node* yang berisi data matakuliah **Sistem Informasi Geografis** dengan **3 SKS** pada **hari Senin pukul 09:00 – 11:30** di **Ruang B.306**. Hasil dari *pseudocode* pada fungsi *displayConflictedSchedules* dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut ini.

```

=== Konflik per Iterasi ===
Iterasi 99: 1 konflik ditemukan.
- Jenis: Waktu Sholat Duhur/Ishoma: Senin 09:00 - 11:30 - Jumlah: 1

=== Jadwal yang Mengandung Konflik (Iterasi 99) ===
>> Waktu Sholat Duhur/Ishoma: Senin 09:00 - 11:30
- | Senin          | SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS          | 3 | Fachrul Kurniawan          | B.306 | A | 09:00 - 11:30 |

```

Gambar 4.4 Hasil Fungsi Pencarian Konflik Uji Coba ke-3

Dari hasil uji coba ke-3 yang ditampilkan pada Tabel 4.7, ditemukan bahwa pada beberapa matakuliah dengan urutan 1-5 menjadi jalur yang paling sering dilalui oleh semut sehingga konflik yang muncul terdapat pada matakuliah dengan nilai probabilitas paling tinggi sebesar 0,85 atau 85%. Berikut ini beberapa matakuliah yang berhasil dibuat menjadi satu jadwal pada uji coba ke-3 yang dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran 4

Tabel 4.8 Hasil Penjadwalan Uji Coba ke-3

Hari	Matakuliah	SKS	Dosen	Ruang	Kelas	Jam
Senin	SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS	3	D29	B.306	A	06:30 - 09:00
	ISU PROFESIONAL & PROYEK GROUP	2	D2	B.307	A	06:30 - 08:10
	ILMU BUDAYA DASAR	1	D5	B.314	B	06:30 - 07:20
	Sistem Terdistribusi Dan Keamanan	3	D52	B.315	B	06:30 - 09:00
	STRUKTUR DATA	3	D12	B.314	A	07:20 - 09:50
	SEJARAH PERADABAN ISLAM	2	D6	B.306	A	09:00 - 10:40
Selasa	SISTEM INFORMASI CERDAS	3	D1	B.306	A	06:30 - 09:00
	BAHASA INDONESIA	2	D4	B.314	A	06:30 - 08:10
	ILMU BUDAYA DASAR	1	D5	B.307	A	06:30 - 07:20
	ALJABAR LINIER DAN MATRIKS	3	D11	B.307	A	07:20 - 09:50
Rabu	METEDOLOGI PENELITIAN	2	D3	B.306	A	06:30 - 08:10
Kamis	TEOLOGI ISLAM	2	D10	B.306	A	06:30 - 08:10
Jum'at	TARBIYAH ULUL ALBAB	1	D7	B.306	A	06:30 - 07:20

4.1.4 Uji Coba IV

Pada uji coba ke-4 menggunakan variabel *alpha* dan *beta* dengan masing-masing nilai $\alpha = 0.5$ dan $\beta = 5$. Berdasarkan pada rumus algoritma *ant colony optimization* yang diterapkan pada kode program, beberapa data hasil pada uji coba ke-4 dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Uji Coba ke-4

No	Node Asal	Feromon Awal	Nilai Heuristic	Probabilitas
1	SISTEM INFORMASI CERDAS	1,00	0,50	0,85
2	ISU PROFESIONAL & PROYEK GROUP	1,00	0,33	0,11
3	METODOLOGI PENELITIAN	1,00	0,25	0,03
4	BAHASA INDONESIA	1,00	0,20	0,01
5	ILMU BUDAYA DASAR	1,00	0,17	0,00

Pada uji coba ke-4, node asal yang ditampilkan sebagai nama matakuliah diinisialisasi memiliki masing-masing feromon sebesar 1.00 dengan nilai *heuristic* yang ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\eta_{ij} = \frac{1}{1 + n} \quad (2.14)$$

Pada *node* ke-1 yang berisi matakuliah SISTEM INFORMASI CERDAS diberi garis stabilo kuning pada Tabel 4.9, memiliki feromon awal sebesar 1,00 dengan nilai heuristic sebesar 0,50. Nilai probabilitas yang ditemukan pada *node* ke-1 sebesar 0,85 dengan menggunakan persamaan (2.15) berikut ini:

$$P_{ij} = \frac{\tau_{ij}^{\alpha} \cdot \eta_{ij}^{\beta}}{\sum_{k \in J_i} \tau_{ik}^{\alpha} \cdot \eta_{ik}^{\beta}} \quad (2.15)$$

Sedangkan nilai penyebut pada rumus persamaan merupakan total perhitungan dari keseluruhan data sebanyak 284 *node*. Dengan menggunakan persamaan (2.15) diatas maka dapat ditampilkan perhitungan matematisnya sebagai berikut:

$$P_{ij} = \frac{(1)^{0.5} \cdot (0.50)^5}{0.04} = \frac{0.03}{0.04} \approx 0.85$$

Pada fungsi *displayConflictedSchedules* tidak ditemukan konflik. Hasil dari *pseudocode* pada fungsi *displayConflictedSchedules* dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut ini.

```

=== Konflik per Iterasi ===

Tidak ada konflik yang ditemukan.

```

Gambar 4.5 Hasil Fungsi Pencarian Konflik Uji Coba ke-4

Dari hasil uji coba ke-4 yang dapat dilihat pada Tabel 4.9, ditemukan bahwa pada beberapa matakuliah dengan urutan 1-5 menjadi jalur yang paling sering dilalui oleh semut sehingga konflik yang muncul terdapat pada matakuliah dengan nilai probabilitas paling tinggi sebesar 0,85 atau 85%. Berikut ini beberapa matakuliah yang berhasil dibuat menjadi satu jadwal pada uji coba ke-4 yang dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Penjadwalan Uji Coba ke-4

Hari	Matakuliah	SKS	Dosen	Ruang	Kelas	Jam
Senin	SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS	3	D29	B.306	A	06:30 - 09:00
	SISTEM INFORMASI CERDAS	3	D1	B.307	B	06:30 - 09:00
	ILMU BUDAYA DASAR	1	D5	B.314	A	06:30 - 07:20
	RANGKAIAN DIGITAL	2	D14	B.315	A	06:30 - 08:10
	STRUKTUR DATA	3	D12	B.314	A	07:20 - 09:50
Selasa	SISTEM INFORMASI CERDAS	3	D1	B.306	A	06:30 - 09:00
	BAHASA INDONESIA	2	D4	B.315	A	06:30 - 08:10
	TARBIYAH ULUL ALBAB	1	D7	B.307	A	06:30 - 07:20
Rabu	ISU PROFESIONAL & PROYEK GROUP	2	D2	B.306	A	06:30 - 08:10
	ALJABAR LINIER DAN MATRIKS	3	D11	B.307	A	06:30 - 09:00
	Manajemen Proyek	2	D26	B.306	B	09:00 - 10:40
Kamis	METEDOLOGI PENELITIAN	2	D3	B.306	A	06:30 - 08:10
Jum'at	STUDI AL-QUR AN	2	D9	B.306	A	06:30 - 08:10

4.2 Pembahasan

Setelah dilakukan proses pembentukan jadwal perkuliahan dengan menggunakan 4 nilai *alpha* (α) dan *beta* (β) yang berbeda, ditemukan beberapa perbedaan hasil jadwal yang signifikan yaitu pada uji coba ke-3 dan uji coba ke-4. Berdasarkan uji coba tersebut, hasilnya yaitu jadwal perkuliahan yang ditampilkan justru lebih sedikit serta tidak terdapat konflik pada uji coba ke-4, sedangkan pada uji coba ke-3 terdapat konflik sebanyak 1. Hal ini dapat dibuktikan pada perhitungan matematis dibawah ini:

$$P_{ij} = \frac{\tau_{ij}^{\alpha} \cdot \eta_{ij}^{\beta}}{\sum_{k \in J_i} \tau_{ik}^{\alpha} \cdot \eta_{ik}^{\beta}} \quad (2.16)$$

Perhitungan diatas di-implementasikan pada uji coba ke-3 dan uji coba ke-4. Pada uji coba ke-3, variabel *alpha* diberi nilai $\alpha = 1$, sedangkan parameter *heuristic*, *beta* diberi nilai $\beta = 5$. Berikut ini merupakan hasil perhitungan untuk uji coba ke-3 dan uji coba ke-4

4.2.1 Mencari Nilai Pembilang

Langkah pertama yaitu mencari pembilang dari rumus pencarian probabilitas menggunakan rumus berikut $\tau_{ij}^{\alpha} \cdot \eta_{ij}^{\beta}$ pada beberapa list *node* sebanyak 4 *nodes*. Nilai dari pencarian probabilitas pada uji coba ke-3 dan uji coba ke-4 dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.9.

- Node N1:

$$\begin{aligned} P_{12} &= \tau_{12}^{\alpha} \cdot \eta_{12}^{\beta} = (1)^1 \cdot (0.50)^5 \\ &= 1 \cdot 0.03125 = 0.03125 \end{aligned}$$

- Node N2:

$$\begin{aligned} P_{13} &= \tau_{13}^{\alpha} \cdot \eta_{13}^{\beta} = (1)^1 \cdot (0.33)^5 \\ &= 1 \cdot 0.00412 = 0.00412 \end{aligned}$$

- Node N3:

$$\begin{aligned} P_{14} &= \tau_{14}^{\alpha} \cdot \eta_{14}^{\beta} = (1)^1 \cdot (0.25)^5 \\ &= 1 \cdot 0.00098 = 0.00098 \end{aligned}$$

- Node N4:

$$\begin{aligned} P_{14} &= \tau_{14}^{\alpha} \cdot \eta_{14}^{\beta} = (1)^1 \cdot (0.20)^5 \\ &= 1 \cdot 0.00032 = 0.00032 \end{aligned}$$

4.2.2 Mencari Nilai Penyebut

Setelah mendapatkan nilai pembilang, selanjutnya mencari bilangan penyebut menggunakan rumus berikut

$$\begin{aligned} \sum_{k \in J_i} \tau_{ik}^{\alpha} \cdot \eta_{ik}^{\beta} &= \\ &= 0.03125 + 0.00412 + 0.00098 + 0.00032 = 0.03667 \end{aligned}$$

Hasil probabilitas yang didapatkan dari masing-masing *node* menggunakan rumus diatas pada pencarian probabilitas uji coba ke-3 yaitu:

- Node N1:

$$P_1 = \frac{0.03125}{0.03667} = 0.84625 = 0.85 \text{ (dibulatkan)}$$

- Node N2:

$$P_2 = \frac{0.00412}{0.03667} = 0.1114 = 0.11 \text{ (dibulatkan)}$$

- Node N3:

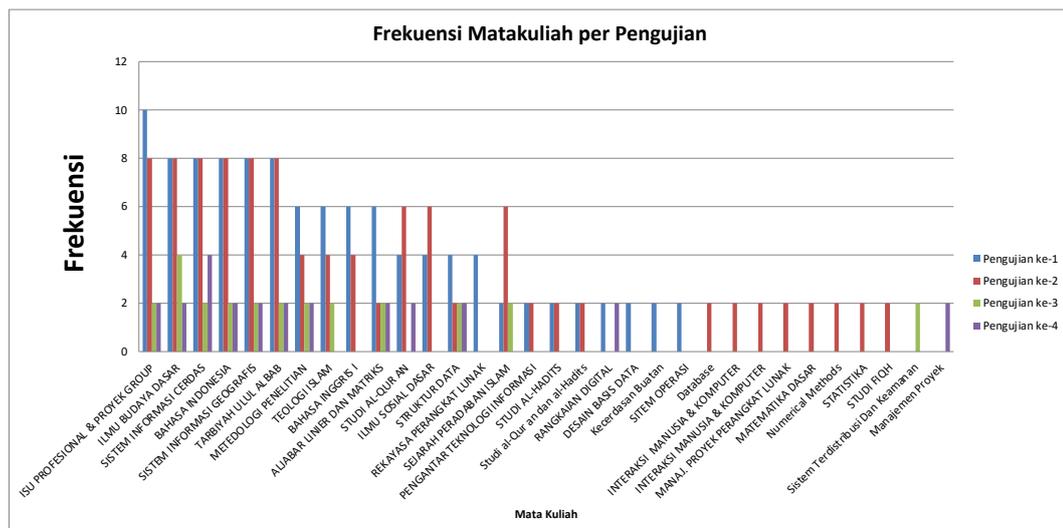
$$P_3 = \frac{0.00098}{0.03667} = 0.02645 = 0.03 \text{ (dibulatkan)}$$

- Node N4:

$$P_4 = \frac{0.00032}{0.03667} = 0.00867 = 0.01 \text{ (dibulatkan)}$$

4.3 Hasil

Penjadwalan yang dihasilkan berdasarkan pada uji coba ke-1 hingga uji coba ke-4 menghasilkan beberapa variasi jadwal. Hasil penjadwalan pada uji coba ke-1 yang terlampir pada Lampiran 2 terdapat kurang lebih sebanyak 60 matakuliah yang terjadwal. Selanjutnya hasil penjadwalan pada uji coba ke-2 yang terlampir pada Lampiran 3 terdapat kurang lebih sebanyak 54 matakuliah yang terjadwal. Pada hasil penjadwalan pada uji coba ke-3 yang dapat dilihat pada Tabel 4.8 menunjukkan bahwa hanya 13 matakuliah saja yang terjadwal. Kemudian hasil penjadwalan pada uji coba ke-4 yang dapat dilihat pada Tabel 4.10 menunjukkan sebanyak 12 matakuliah yang terjadwal. Hasil dari penjadwalan yang dilakukan pada uji coba ke-1 hingga uji coba ke-4 ditampilkan pada grafik yang digambarkan pada Gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 4.6 Frekuensi Matakuliah per Uji Coba

Pada **uji coba ke-1**, frekuensi matakuliah ditampilkan pada bar dengan warna biru dengan jumlah matakuliah sebanyak 22 jenis matakuliah dengan minimal frekuensi munculnya matakuliah sebanyak 2 kali pada 8 matakuliah, lalu muncul sebanyak 4 kali pada 4 matakuliah, lalu muncul sebanyak 8 kali pada 5 matakuliah, dan maksimal frekuensi munculnya matakuliah sebesar 10 kali pada 1 matakuliah dalam penjadwalan selama satu minggu. Kemudian pada **uji coba ke-2**, frekuensi matakuliah yang muncul ditampilkan pada bar warna merah dengan jumlah matakuliah sebanyak 25 jenis matakuliah. Batas minimal pada frekuensi munculnya matakuliah sebesar 2 kali pada 13 matakuliah, lalu muncul sebanyak 4 kali pada 3 matakuliah, lalu muncul sebanyak 6 kali pada 3 matakuliah, lalu muncul sebanyak, serta frekuensi maksimal munculnya matakuliah sebesar 8 pada 6 matakuliah dalam penjadwalan selama satu minggu. Kemudian pada **uji coba ke-3** yang digambarkan dengan bar warna hijau menghasilkan jenis matakuliah sebanyak 12 dengan minimal frekuensi munculnya matakuliah sebanyak 2 pada 11 matakuliah dan maksimal frekuensi munculnya matakuliah sebanyak 4 pada 1 matakuliah. Selanjutnya pada **uji coba ke-4** yang digambarkan dengan bar warna ungu menghasilkan matakuliah sebanyak 12 dengan minimal frekuensi munculnya matakuliah sebanyak 2 pada 11 matakuliah dan maksimal frekuensi munculnya matakuliah sebanyak 4 pada 1 matakuliah.

4.4 Integrasi Islam

Hasil penelitian ini adalah mencari probabilitas pada matakuliah yang akan dibentuk menjadi sebuah penjadwalan. Hasil dari probabilitas tersebut merupakan hasil yang terbaik dari beberapa variabel *alpha* dan *beta* sehingga layak untuk

dibentuk menjadi sebuah penjadwalan perkuliahan yang akan diimplementasikan pada keadaan sesungguhnya di berbagai universitas. Penjadwalan merupakan definisi dari sebuah aturan dimana aturan tersebut harus dipenuhi dengan menjalankan berbagai matakuliah yang terkandung pada penjadwalan. Pada pendekatan islam, Allah SWT juga menekankan kita untuk mentaati sebuah jadwal dan sejumlah aturan, yaitu aturan untuk menunaikan sholat fardhu. Sholat fardhu merupakan ibadah yang wajib dilakukan oleh orang yang beriman. Hal ini disebutkan dalam Surah An-Nisa' ayat 103:

فَإِذَا قَضَيْتُمُ الصَّلَاةَ فَادْكُرُوا اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِكُمْ ۚ فَإِذَا اطْمَأْنَنْتُمْ فَأَقِيمُوا الصَّلَاةَ ۚ إِنَّ الصَّلَاةَ
كَانَتْ عَلَىٰ الْمُؤْمِنِينَ كِتَابًا مَّوْفُوتًا ۙ ١٠٣

“Selanjutnya, apabila kamu telah menyelesaikan salat(mu), ingatlah Allah ketika kamu berdiri, pada waktu duduk dan ketika berbaring. Kemudian, apabila kamu telah merasa aman, maka laksanakanlah salat itu (sebagaimana biasa). Sungguh, salat itu adalah kewajiban yang ditentukan waktunya bagi orang-orang yang beriman.” (Q.S. An-Nisa’: 103)

Dalam Tafsir Ibnu Katsir terkait ayat diatas, Allah SWT memerintahkan kita untuk banyak berdzikir setelah menunaikan sholat dalam rasa takut (khauf) dan hal tersebut bermakna pada kalimat *“Kemudian, apabila kamu telah merasa aman, maka laksanakanlah salat itu (sebagaimana biasa)”*. Allah SWT juga menganjurkan kita untuk menunaikan sholat disegala kondisi dan keadaan, sebagaimana dijelaskan pada kalimat *“Selanjutnya, apabila kamu telah menyelesaikan salat(mu), ingatlah Allah ketika kamu berdiri, pada waktu duduk dan ketika berbaring,”*.

Menurut Ibnu Abbas, sholat itu memiliki waktu dan sama seperti ibadah haji yang juga mempunyai waktu yang tertentu baginya. Zaid Ibnu Aslam juga

mengatakan bahwasanya sholat fardhu mempunyai waktunya masing-masing dan dengan kata lain, jika salah satu waktu pergi maka datanglah waktu (sholat) yang lain. Hal tersebut terkandung pada penggalan Surah An-Nisa' ayat 103 yang artinya *“Sesungguhnya, salat itu adalah kewajiban yang ditentukan waktunya bagi orang-orang yang beriman”*. Sama halnya dengan penelitian ini, yang mana penjadwalan berisi matakuliah yang wajib diampu oleh mahasiswa agar mampu menyelesaikan studi perkuliahan sesuai dengan aturan pada universitas.

Penerapan algoritma *ant colony optimization* pada penelitian ini adalah mencari kemungkinan atau probabilitas bagaimana manusia memilih jalur, entah itu jalur yang menuju kesesatan maupun jalur yang menuju rahmat Allah SWT., sebagaimana Allah SWT berfirman pada Surah Al-An'am ayat 153 berikut

وَأَنَّ هَذَا صِرَاطِي مُسْتَقِيمًا فَاتَّبِعُوهُ وَلَا تَتَّبِعُوا السُّبُلَ فَتَفَرَّقَ بِكُمْ عَن سَبِيلِهِ ۗ ذَٰلِكُمْ وَصَّاكُم بِهِ لَعَلَّكُمْ تَتَّقُونَ ﴿١٥٣﴾

“Sungguh, inilah jalan-Ku yang lurus, maka ikutilah! Jangan kamu ikuti jalan-jalan (yang lain) sehingga menceraikanmu dari jalan-Nya. Demikian itu Dia perintahkan kepadamu agar kamu bertakwa.” (Q.S. Al-An'am: 153)

Dalam Tafsir Ibnu Katsir, Ibnu Abbas berkata bahwasanya Allah SWT melarang kaum mukmin untuk bercerai-berai dan berselisih pendapat, dan menganjurkan mereka untuk bersatu (berjamaah). Abdullah Ibn Mas'ud RA juga mengatakan bahwasanya Rasulullah SAW, membuat garis di tanah dan bersabda, *“Ini jalan yang lurus”*, kemudian beliau kembali membuat garis di sebelah kanan dan kirinya, lalu bersabda, *“Ini jalan-jalan lain, tiada suatu jalan pun darinya melainkan terdapat setan yang menyerukan kepadanya (manusia)”*. Hal ini merupakan bukti

nyata bahwasanya dengan mengikuti jalan lurus yang dikehendai-Nya, maka manusia dihindarkan dari godaan setan

Penjadwalan merupakan salah satu bentuk manajemen waktu terhadap beberapa matakuliah yang diampu oleh mahasiswa. Setiap civitas akademika harus mampu memenuhi aturan yang telah ditetapkan oleh universitas melalui penjadwalan perkuliahan. Hal ini juga terkandung pada Surah Al-Asr ayat 1-3

وَالْعَصْرِ ۱ إِنَّ الْإِنْسَانَ لَفِي خُسْرٍ ۲ إِلَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ وَتَوَاصَوْا بِالْحَقِّ وَتَوَاصَوْا بِالصَّبْرِ ۳
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Demi masa. Sesungguhnya manusia itu benar-benar dalam kerugian, kecuali orang-orang yang beriman dan mengerjakan amal saleh, serta saling menasihati untuk kebenaran dan kesabaran.” (Q.S. Al-Asr:1-3)

Menurut Tafsir Ibnu Katsir, *Al-Asr* berarti zaman dimana Bani Adam melakukan perbuatan baik dan buruk. Allah SWT pula bersumpah dengan menyebutkan bahwa manusia itu benar-benar berada dalam kerugian yang mana dapat diartikan dengan rugi dan binasa. Akan tetapi, Allah SWT pula mengecualikan manusia yang merugi tersebut dengan, *“kecuali orang-orang yang beriman dan mengerjakan amal saleh,”*. Makna dari orang-orang yang beriman tersebut ialah orang-orang yang beriman hatinya serta anggota tubuhnya mengerjakan amalan-amalan saleh yang dianjurkan oleh Allah SWT. Amalan saleh yang dianjurkan Allah SWT ialah menunaikan dan meninggalkan semua yang diharamkan serta tabah dalam menghadapi musibah serta gangguan menyakitkan dari orang-orang yang mungkar.

Hasil penelitian ini yaitu berupa penjadwalan yang merujuk pada suatu waktu pergantian jam, pergantian hari, pergantian siang dan malam. Hal ini terkandung pada Surah Yasin ayat 40:

لَا الشَّمْسُ يَنْبَغِي لَهَا أَنْ تُدْرِكَ الْقَمَرَ وَلَا اللَّيْلُ سَابِقُ النَّهَارِ وَكُلٌّ فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ ﴿٤٠﴾

“Tidaklah mungkin bagi matahari mengejar bulan dan malam pun tidak dapat mendahului siang. Masing-masing beredar pada garis edarnya.” (Q.S. Yaasin:40)

Dalam kitab Tafsir Ibnu Katsir dijelaskan bahwasanya keduanya (siang dan malam) saling mengejar yang lainnya dengan waktu yang cepat dan salah satunya muncul dengan kepergian yang lainnya. Maksud dari tafsir ini ialah tidak ada tenggang waktu antara malam hari dan siang hari, bahkan masing-masing dari keduanya datang menyusul kepergian yang lainnya tanpa tenggang waktu, karena keduanya telah diperintahkan untuk terus menerus saling silih berganti dengan cepat. Menurut Ibnu Abbas dalam Riwayat yang lain menjelaskan bahwasanya waktu malam dan waktu siang, mentari dan rembulan, semuanya beredar pada cakrawala langit.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh peneliti terkait penjadwalan perkuliahan dengan menerapkan algoritma *ant colony optimization*, maka didapatkan hasil berupa penjadwalan perkuliahan yang memenuhi variabel batasan yang diinisialisasikan dengan menjalankan 100 iterasi pada 284 matakuliah tanpa memasukkan matakuliah dengan kata kunci Praktikum di dalamnya. Hasil yang memuat jadwal dengan *alpha* dan *beta* tertentu dapat menghasilkan jadwal dan konflik yang berbeda. Dengan menginisialisasi ($\alpha = 1, \beta = 5$) pada uji coba ke-1 dan $\alpha = 0.5, \beta = 5$ pada uji coba ke-2, hasil yang didapatkan yaitu jadwal dengan jumlah matakuliah yang sedikit dan kurang mengakomodir parameter pengujian seperti ruang kelas yang digunakan. Sedangkan dengan menginisialisasi $\alpha = 1, \beta = 1$ pada uji coba ke-1 dan $\alpha = 1, \beta = 2$ pada uji coba ke-2, hasil yang didapatkan yaitu jadwal dengan beberapa konflik, akan tetapi jadwal yang dibangun memenuhi dengan rata-rata berjumlah 52 – 55 matakuliah yang dijadwalkan dalam satu minggu. Hasil akhir dari penelitian ini yaitu jadwal dengan bobot heuristic yang besar dapat memperkecil kemungkinan adanya konflik, akan tetapi juga mempengaruhi pada hasil penjadwalan yang dibuat. Karena bobot heuristic yang dominan yang terdapat pada awal *node* dapat membuat semut memilih slot matakuliah yang proporsional tanpa memandang batas matakuliah yang harus dibuat di awal *node*.

5.2 Saran

Dalam penelitian yang dilakukan ini, tentunya masih banyak kekurangan yang dipaparkan peneliti, dan oleh karena itu

- a. Peneliti mengharapkan penelitian yang dilakukan di masa mendatang dapat memaparkan penggunaan algoritma *ant colony optimization* secara lebih luas lagi, khususnya terhadap tema penjadwalan perkuliahan di universitas seluruh Indonesia
- b. Penelitian ini dan yang sejenis dapat diimplementasikan pada sebuah sistem yang dapat melakukan automasi penjadwalan perkuliahan.
- c. Penggunaan algoritma *ant colony optimization* yang diterapkan oleh peneliti menggunakan algoritma *ant colony optimization* dasar. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan terapan algoritma *ant colony optimization* yang lebih luas dan kompleks

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, A., & Suwarjono, S. (2018). SISTEM PENJADWALAN PERKULIAHAN PADA UNIVERSITAS MUSAMUS MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA BERBASIS WEB. *Musamus Journal Of Research Information and Communications Technology*, 1(1). <http://unmus.ac.id>
- Bettinelli, A., Cacchiani, V., Roberti, R., & Toth, P. (2015). An overview of curriculum-based course timetabling. *TOP*, 23(2), 313–349. <https://doi.org/10.1007/s11750-015-0366-z>
- Burke, E. K., & Petrovic, S. (2002). Recent research directions in automated timetabling. *European Journal of Operational Research*, 140(2), 266–280. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00069-3](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00069-3)
- Ceschia, S., Di Gaspero, L., & Schaerf, A. (2023). Educational timetabling: Problems, benchmarks, and state-of-the-art results. *European Journal of Operational Research*, 308(1), 1–18. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2022.07.011>
- Dorigo, M., & Coloni, A. (1996). The Ant System: Optimization by a colony of cooperating agents. In *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part B* (Vol. 26, Issue 1).
- Dorigo, M., & Stützle, T. (2001). The Ant Colony Optimization Metaheuristic: Algorithms, Applications, and Advances The Ant Colony Optimization Metaheuristic: Algorithms, Applications, and Advance. In *International Series in Operations Research and Management Science*. <https://www.researchgate.net/publication/2330246>
- Fatchurrochman, Afandi, A. N., Arifin, M. Z., & Mahmudy, W. F. (2023). Algoritma Penanganan Constraint pada Persoalan Penjadwalan Perkuliahan Universitas di Lingkungan Pendidikan Tinggi Keagamaan Islam (PTKI). *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika*, 9(9).
- Febianti, E., Muharni, Y., Falti, D., Herlina, L., & Kulsum, K. (2023). Usulan Penjadwalan Mesin Paralel Menggunakan Metode Ant Colony Optimization Algorithm dan Longest Processing Time. *Journal of Integrated System*, 6(1), 42–52. <https://doi.org/10.28932/jis.v6i1.5610>
- Lindahl, M. (2017). Strategic, Tactical and Operational University Timetabling. In *Citation*. DTU Management.
- Mccollum, B. (2007). *A Perspective on Bridging the Gap between Theory and Practice in University Timetabling*. <http://www.cs.nott.ac.uk/~rxq/data.htm>

- Nugraha, D. W., Dodu, A. Y. E., & Aud, D. A. T. S. S. (2017). SISTEM PENJADWALAN PERKULIAHAN MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA (STUDI KASUS PADA JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO). In *JIMT* (Vol. 14, Issue 2).
- Oude Vrielink, R. A., Jansen, E. A., Hans, E. W., & van Hillegersberg, J. (2019). Practices in timetabling in higher education institutions: a systematic review. *Annals of Operations Research*, 275(1), 145–160. <https://doi.org/10.1007/s10479-017-2688-8>
- Pillay, N. (2014). A survey of school timetabling research. *Annals of Operations Research*, 218(1), 261–293. <https://doi.org/10.1007/s10479-013-1321-8>
- Putra, A. P., Hunusalela, Z. F., & Ruslan, H. (2022). Usulan Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Algoritma Tabu Search dan Ant Colony Optimization Untuk Meminimasi Makespan di PT. Raja Ampat Indotim. *Jurnal KaLIBRASI - Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri.*, 5(2), 139–147. <https://doi.org/10.37721/kalibrasi.v5i2.1022>
- Tavares Neto, R. F., & Godinho Filho, M. (2013). Literature review regarding Ant Colony Optimization applied to scheduling problems: Guidelines for implementation and directions for future research. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 26(1), 150–161. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2012.03.011>

LAMPIRAN

Lampiran 1

Data Uji Coba

no	matakuliah	dosen	sks	kelas
1	sistem informasi cerdas	D1	3	a
2	isu profesional & proyek group	D2	2	a
3	metedologi penelitian	D3	2	a
4	bahasa indonesia	D4	2	a
5	ilmu budaya dasar	D5	1	a
6	sejarah peradaban islam	D6	2	a
7	tarbiyah ulul albab	D7	1	a
8	bahasa inggris i	D8	3	a
9	studi al-qur an	D9	2	a
10	teologi islam	D10	2	a
11	aljabar linier dan matriks	D11	3	a
12	struktur data	D12	3	a
13	desain basis data	D13	3	a
14	rangkaian digital	D14	2	a
15	rekayasa perangkat lunak	D15	2	a
16	studi al-hadits	D16	2	a
17	studi fiqh	D17	2	a
18	statistika	D18	2	a
19	sitem operasi	D19	2	a
20	ilmu sosial dasar	D5	1	a
21	matematika dasar	D20	3	a
22	pengantar teknologi informasi	D21	2	a
23	logika dan algoritma	D7	2	a
24	interaksi manusia & komputer	D3	2	a
25	jaringan komputer	D22	3	a
26	kecerdasan buatan	D23	3	a
27	pengolahan citra	D24	3	a
28	pomrograman web	D25	3	a
29	manaj. proyek perangkat lunak	D26	2	a
30	pemrograman multimedia	D27	3	a
31	komputasi bergerak	D28	3	a
32	sistem informasi geografis	D29	3	a
33	calculus	D20	3	a
34	algorithm dan programming	D15	3	a

35	discrete mathematics	D14	3	a
36	data structure	D12	3	a
37	database	D30	3	a
38	computer system	D22	3	a
39	kecerdasan buatan	D23	3	a
40	komputer vision	D24	3	a
41	pemrograman mobile	D28	2	a
42	sistem informasi	D29	3	a
43	pemrograman multimedia dan game	D27	3	a
44	sistem terdistribusi dan keamanan	D31	3	a
45	technopreneurship	D3	2	a
46	manajemen proyek	D26	2	a
47	soft computing (opt subj 1)	D32	3	a
48	software quality (opt subj 1)	D30	3	a
49	software management (opt subj 2)	D26	3	a
50	enterprise architecture (opt subj 1)	D33	3	a
51	it governance (opt subj 2)	D34	3	a
52	scenario design (opt subj 1)	D27	3	a
53	pancasila	D35	2	a
54	bahasa inggris i	D36	3	a
55	filsafat ilmu	D37	2	a
56	studi al-qur an dan al-hadits	D9	2	a
57	studi fiqh	D38	2	a
58	introduction to computer science	D21	3	a
59	numerical methods	D18	3	a
60	machine learning (opt subj)	D23	3	a
61	biomedics (opt subj)	D39	3	a
62	bioinformatics (opt subj)	D18	3	a
63	natural language processing (opt subj)	D40	3	a
64	information retrieval (opt subj)	D32	3	a
65	data visualization (opt subj)	D12	3	a
66	simulation and modeling (opt subj)	D41	3	a
67	internet of thing (opt subj)	D41	3	a
68	robotic (opt subj)	D2	3	a
69	cloud computing (opt subj)	D31	3	a
70	system security (opt subj)	D42	3	a
71	geographical information system (opt subj)	D43	3	a
72	spatial analysis (opt subj)	D29	3	a

73	data warehouse (opt subj)	D43	3	a
74	datamining (opt subj)	D44	3	a
75	framework programming (opt subj)	D44	3	a
76	ios (opt subj)	D28	3	a
77	requirement engineering (opt subj)	D15	3	a
78	knowledge engineering (opt subj)	D33	3	a
79	animation creator (opt subj)	D45	3	a
80	game production (opt subj)	D45	3	a
81	bahasa indonesia	D46	2	a
82	sistem informasi cerdas	D1	3	b
83	isu profesional & proyek group	D2	2	b
84	bahasa indonesia	D4	2	b
85	ilmu budaya dasar	D5	1	b
86	sejarah peradaban islam	D6	2	b
87	tarbiyah ulul albab	D7	1	b
88	bahasa inggris i	D8	3	b
89	studi al-qur an	D9	2	b
90	teologi islam	D10	2	b
91	aljabar linier dan matriks	D11	3	b
92	struktur data	D12	3	b
93	desain basis data	D13	3	b
94	rangkaian digital	D14	2	b
95	rekayasa perangkat lunak	D15	2	b
96	studi al-hadits	D16	2	b
97	studi fiqh	D17	2	b
98	statistika	D18	2	b
99	ilmu sosial dasar	D5	1	b
100	matematika dasar	D20	3	b
101	pengantar teknologi informasi	D21	2	b
102	logika dan algoritma	D7	2	b
103	interaksi manusia & komputer	D3	2	b
104	sitem operasi	D19	2	b
105	jaringan komputer	D22	3	b
106	kecerdasan buatan	D23	3	b
107	pengolahan citra	D24	3	b
108	pomrograman web	D25	3	b
109	manaj. proyek perangkat lunak	D26	2	b
110	pemrograman multimedia	D27	3	b

111	komputasi bergerak	D28	3	b
112	sistem informasi geografis	D29	3	b
113	calculus	D20	3	b
114	algorithm dan programming	D15	3	b
115	discrete mathematics	D14	3	b
116	data structure	D12	3	b
117	database	D30	3	b
118	computer system	D22	3	b
119	kecerdasan buatan	D23	3	b
120	komputer vision	D24	3	b
121	pemrograman mobile	D28	2	b
122	sistem informasi	D29	3	b
123	pemrograman multimedia dan game	D27	3	b
124	sistem terdistribusi dan keamanan	D31	3	b
125	technopreneurship	D3	2	b
126	manajemen proyek	D26	2	b
127	pancasila	D35	2	b
128	bahasa inggris i	D36	3	b
129	filsafat ilmu	D37	2	b
130	studi al-qur an dan al-hadits	D9	2	b
131	studi fiqh	D38	2	b
132	introduction to computer science	D21	3	b
133	numerical methods	D18	3	b
134	bahasa indonesia	D46	2	b
135	sistem informasi cerdas	D1	3	c
136	isu profesional & proyek group	D2	2	c
137	bahasa indonesia	D4	2	c
138	ilmu budaya dasar	D5	1	c
139	sejarah peradaban islam	D6	2	c
140	tarbiyah ulul albab	D7	1	c
141	bahasa inggris i	D8	3	c
142	studi al-qur an	D9	2	c
143	teologi islam	D10	2	c
144	aljabar linier dan matriks	D11	3	c
145	struktur data	D28	3	c
146	desain basis data	D13	3	c
147	rangkaian digital	D14	2	c
148	rekayasa perangkat lunak	D15	2	c

149	studi al-hadits	D16	2	c
150	studi fiqh	D17	2	c
151	ilmu sosial dasar	D5	1	c
152	matematika dasar	D20	3	c
153	pengantar teknologi informasi	D21	2	c
154	logika dan algoritma	D7	2	c
155	interaksi manusia & komputer	D3	2	c
156	sistem operasi	D19	2	c
157	jaringan komputer	D22	3	c
158	kecerdasan buatan	D23	3	c
159	pengolahan citra	D24	3	c
160	pemrograman web	D47	3	c
161	manaj. proyek perangkat lunak	D26	2	c
162	pemrograman multimedia	D27	3	c
163	komputasi bergerak	D12	3	c
164	sistem informasi geografis	D29	3	c
165	calculus	D39	3	c
166	algorithm dan programming	D7	3	c
167	discrete mathematics	D11	3	c
168	data structure	D12	3	c
169	database	D48	3	c
170	computer system	D22	3	c
171	kecerdasan buatan	D23	3	c
172	komputer vision	D24	3	c
173	pemrograman mobile	D28	2	c
174	sistem informasi	D34	3	c
175	pemrograman multimedia dan game	D27	3	c
176	sistem terdistribusi dan keamanan	D31	3	c
177	technopreneurship	D3	2	c
178	manajemen proyek	D26	2	c
179	pancasila	D35	2	c
180	bahasa inggris i	D36	3	c
181	filsafat ilmu	D37	2	c
182	studi al-qur an dan al-hadits	D9	2	c
183	studi fiqh	D38	2	c
184	introduction to computer science	D21	3	c
185	numerical methods	D18	3	c
186	bahasa indonesia	D46	2	c

187	sistem informasi geografis	D29	3	d
188	sistem informasi cerdas	D1	3	d
189	isu profesional & proyek group	D2	2	d
190	bahasa indonesia	D4	2	d
191	ilmu budaya dasar	D5	1	d
192	sejarah peradaban islam	D6	2	d
193	tarbiyah ulul albab	D7	1	d
194	bahasa inggris i	D8	3	d
195	studi al-qur an	D9	2	d
196	teologi islam	D10	2	d
197	aljabar linier dan matriks	D11	3	d
198	struktur data	D28	3	d
199	desain basis data	D13	3	d
200	rangkaian digital	D14	2	d
201	rekayasa perangkat lunak	D15	2	d
202	studi al-hadits	D16	2	d
203	studi fiqh	D17	2	d
204	statistika	D18	2	d
205	ilmu sosial dasar	D5	1	d
206	matematika dasar	D49	3	d
207	pengantar teknologi informasi	D50	2	d
208	logika dan algoritma	D7	2	d
209	interaksi manusia & komputer	D3	2	d
210	sitem operasi	D19	2	d
211	jaringan komputer	D22	3	d
212	kecerdasan buatan	D23	3	d
213	pengolahan citra	D24	3	d
214	pomrograman web	D47	3	d
215	manaj. proyek perangkat lunak	D26	2	d
216	pemrograman multimedia	D27	3	d
217	komputasi bergerak	D12	3	d
218	calculus	D39	3	d
219	algorithm dan programming	D7	3	d
220	discrete mathematics	D11	3	d
221	data structure	D12	3	d
222	database	D48	3	d
223	computer system	D22	3	d
224	kecerdasan buatan	D23	3	d

225	komputer vision	D24	3	d
226	pemrograman mobile	D28	2	d
227	sistem informasi	D34	3	d
228	pemrograman multimedia dan game	D27	3	d
229	sistem terdistribusi dan keamanan	D31	3	d
230	technopreneurship	D3	2	d
231	manajemen proyek	D26	2	d
232	pancasila	D35	2	d
233	bahasa inggris i	D51	3	d
234	filsafat ilmu	D37	2	d
235	studi al-qur an dan al-hadits	D9	2	d
236	studi fiqh	D38	2	d
237	introduction to computer science	D21	3	d
238	numerical methods	D18	3	d
239	bahasa indonesia	D46	2	d
240	sistem informasi geografis	D29	3	e
241	isu profesional & proyek group	D2	2	e
242	rangkaian digital	D14	2	e
243	rekayasa perangkat lunak	D15	2	e
244	statistika	D18	2	e
245	sitem operasi	D19	2	e
246	manaj. proyek perangkat lunak	D26	2	e
247	calculus	D39	3	e
248	algorithm dan programming	D7	3	e
249	discrete mathematics	D11	3	e
250	data structure	D15	3	e
251	database	D40	3	e
252	computer system	D42	3	e
253	kecerdasan buatan	D47	3	e
254	pemrograman mobile	D28	2	e
255	pemrograman multimedia dan game	D2	3	e
256	sistem terdistribusi dan keamanan	D52	3	e
257	technopreneurship	D3	2	e
258	manajemen proyek	D26	2	e
259	pancasila	D35	2	e
260	bahasa inggris i	D53	3	e
261	filsafat ilmu	D37	2	e
262	studi al-qur an dan al-hadits	D9	2	e

263	studi fiqh	D38	2	e
264	introduction to computer science	D14	3	e
265	bahasa indonesia	D46	2	e
266	calculus	D39	3	f
267	algorithm dan programming	D7	3	f
268	discrete mathematics	D11	3	f
269	data structure	D15	3	f
270	database	D40	3	f
271	computer system	D42	3	f
272	kecerdasan buatan	D47	3	f
273	pemrograman mobile	D28	2	f
274	pemrograman multimedia dan game	D2	3	f
275	sistem terdistribusi dan keamanan	D52	3	f
276	technopreneurship	D3	2	f
277	manajemen proyek	D26	2	f
278	pancasila	D35	2	f
279	bahasa inggris i	D53	3	f
280	filsafat ilmu	D37	2	f
281	studi al-qur an dan al-hadits	D9	2	f
282	studi fiqh	D38	2	f
283	introduction to computer science	D14	3	f
284	bahasa indonesia	D46	2	f

Lampiran 2

Hasil Penjadwalan Uji Coba ke-1

Hari	Matakuliah	SKS	Dosen	Ruang	Kelas	Jam
Senin	SISTEM INFORMASI CERDAS	3	D1	B.317	D	06:30 - 09:00
	METEDOLOGI PENELITIAN	2	D3	B.315	A	06:30 - 08:10
	BAHASA INDONESIA	2	D4	B.314	D	06:30 - 08:10
	ILMU BUDAYA DASAR	1	D5	B.306	D	06:30 - 07:20
	TARBIYAH ULUL ALBAB	1	D7	B.307	B	06:30 - 07:20
	BAHASA INGGRIS I	3	D8	B.316	E	06:30 - 09:00
	STUDI AL-QUR AN	2	D9	B.318	B	06:30 - 08:10
	STRUKTUR DATA	3	D28	D.222	B	06:30 - 09:00
	SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS	3	D29	B.306	A	07:20 - 09:50
	ISU PROFESIONAL & PROYEK GROUP	2	D2	B.307	A	07:20 - 09:00
	BAHASA INDONESIA	2	D4	B.314	A	08:10 - 09:50
	DESAIN BASIS DATA	3	D13	B.315	C	08:10 - 10:40
	RANGKAIAN DIGITAL	2	D14	B.318	B	08:10 - 09:50
	STUDI AL-QUR AN	2	D9	B.307	A	09:00 - 10:40
	REKAYASA PERANGKAT LUNAK	2	D15	B.316	C	09:00 - 10:40
	ILMU SOSIAL DASAR	1	D5	B.306	A	09:50 - 10:40
Selasa	SISTEM INFORMASI CERDAS	3	D1	B.314	C	06:30 - 09:00
	ISU PROFESIONAL & PROYEK GROUP	2	D2	B.307	B	06:30 - 08:10
	ILMU BUDAYA DASAR	1	D5	B.306	A	06:30 - 07:20
	BAHASA INGGRIS I	3	D8	B.315	D	06:30 - 09:00
	ALJABAR LINIER DAN MATRIKS	3	D11	B.316	E	06:30 - 09:00
	STUDI AL-HADITS	2	D16	D.222	D	06:30 - 08:10
	Studi al-Qur an dan al-Hadits	2	D9	B.317	E	06:30 - 08:10
	SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS	3	D29	B.306	E	07:20 - 09:50
	ISU PROFESIONAL & PROYEK GROUP	2	D2	B.307	C	08:10 - 09:50
	BAHASA INDONESIA	2	D4	B.318	B	09:00 - 10:40
	TARBIYAH ULUL ALBAB	1	D7	B.307	A	09:50 - 10:40
Rabu	SISTEM INFORMASI CERDAS	3	D1	B.314	B	06:30 - 09:00
	BAHASA INDONESIA	2	D4	B.306	C	06:30 - 08:10
	ILMU BUDAYA DASAR	1	D5	B.307	B	06:30 - 07:20
	REKAYASA PERANGKAT LUNAK	2	D15	B.316	D	06:30 - 08:10
	SITEM OPERASI	2	D19	D.222	E	06:30 - 08:10
	ILMU SOSIAL DASAR	1	D5	B.317	D	06:30 - 07:20
	ISU PROFESIONAL & PROYEK GROUP	2	D2	B.317	D	07:20 - 09:00
	METEDOLOGI PENELITIAN	2	D3	B.307	C	07:20 - 09:00
ALJABAR LINIER DAN MATRIKS	3	D11	B.315	D	07:20 - 09:50	

	SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS	3	D29	B.306	C	08:10 - 10:40
	TEOLOGI ISLAM	2	D10	D.222	D	08:10 - 09:50
Kamis	SEJARAH PERADABAN ISLAM	2	D6	B.315	A	06:30 - 08:10
	TARBIYAH ULUL ALBAB	1	D7	B.306	D	06:30 - 07:20
	STRUKTUR DATA	3	D12	B.314	C	06:30 - 09:00
	SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS	3	D29	B.306	B	07:20 - 09:50
	SISTEM INFORMASI CERDAS	3	D1	B.307	A	07:20 - 09:50
	Kecerdasan Buatan	3	D23	B.316	E	07:20 - 09:50
	ALJABAR LINIER DAN MATRIKS	3	D11	B.315	B	08:10 - 10:40
Jumat	METEDOLOGI PENELITIAN	2	D3	B.315	B	06:30 - 08:10
	BAHASA INGGRIS I	3	D8	B.314	A	06:30 - 09:00
	TEOLOGI ISLAM	2	D10	B.317	A	06:30 - 08:10
	ISU PROFESIONAL & PROYEK GROUP	2	D2	B.306	E	07:20 - 09:00
	ILMU BUDAYA DASAR	1	D5	B.307	C	07:20 - 08:10
	PENGANTAR TEKNOLOGI INFORMASI	2	D21	B.317	D	08:10 - 09:50
	TEOLOGI ISLAM	2	D10	B.306	C	09:00 - 10:40
	TARBIYAH ULUL ALBAB	1	D7	B.307	C	09:50 - 10:40

Lampiran 3

Hasil Penjadwalan Uji Coba ke-2

Hari	Matakuliah	SKS	Dosen	Ruang	Kelas	Jam
Senin	SISTEM INFORMASI CERDAS	3	D1	B.314	C	06:30 - 09:00
	METEDOLOGI PENELITIAN	2	D3	B.307	B	06:30 - 08:10
	BAHASA INDONESIA	2	D4	B.317	D	06:30 - 08:10
	ILMU BUDAYA DASAR	1	D5	B.306	C	06:30 - 07:20
	SEJARAH PERADABAN ISLAM	2	D6	B.316	C	06:30 - 08:10
	BAHASA INGGRIS I	3	D8	B.318	B	06:30 - 09:00
	STUDI AL-QUR AN	2	D9	D.222	D	06:30 - 08:10
	ILMU SOSIAL DASAR	1	D5	B.315	A	06:30 - 07:20
	SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS	3	D29	B.306	A	07:20 - 09:50
	ISU PROFESIONAL & PROYEK GROUP	2	D2	B.315	A	07:20 - 09:00
	METEDOLOGI PENELITIAN	2	D3	B.307	A	08:10 - 09:50
	MANAJ. PROYEK PERANGKAT LUNAK	2	D26	B.316	D	08:10 - 09:50
	SEJARAH PERADABAN ISLAM	2	D6	B.317	B	09:00 - 10:40
	Studi al-Qur an dan al-Hadits	2	D9	B.314	E	09:00 - 10:40
	TARBIYAH ULUL ALBAB	1	D7	B.306	A	09:50 - 10:40
Selasa	SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS	3	D29	B.306	C	06:30 - 09:00
	SISTEM INFORMASI CERDAS	3	D1	B.307	A	06:30 - 09:00
	BAHASA INDONESIA	2	D4	B.315	B	06:30 - 08:10
	TARBIYAH ULUL ALBAB	1	D7	D.222	E	06:30 - 07:20
	STUDI AL-HADITS	2	D16	B.316	C	06:30 - 08:10
	INTERAKSI MANUSIA & KOMPUTER	2	D3	B.317	D	06:30 - 08:10
	TEOLOGI ISLAM	2	D10	B.314	B	07:20 - 09:00
	ISU PROFESIONAL & PROYEK GROUP	2	D2	B.316	D	08:10 - 09:50
	ILMU BUDAYA DASAR	1	D5	B.315	E	08:10 - 09:00
	STUDI AL-QUR AN	2	D9	B.317	A	08:10 - 09:50
	SEJARAH PERADABAN ISLAM	2	D6	B.306	A	09:00 - 10:40
	ILMU SOSIAL DASAR	1	D5	B.307	B	09:50 - 10:40
Rabu	SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS	3	D29	B.307	D	06:30 - 09:00
	ISU PROFESIONAL & PROYEK GROUP	2	D2	B.306	E	06:30 - 08:10
	TARBIYAH ULUL ALBAB	1	D7	B.316	B	06:30 - 07:20
	ALJABAR LINIER DAN MATRIKS	3	D11	B.317	C	06:30 - 09:00
	Numerical Methods	3	D18	B.318	E	06:30 - 09:00
	SISTEM INFORMASI CERDAS	3	D1	B.314	B	07:20 - 09:50
	BAHASA INDONESIA	2	D4	B.306	A	08:10 - 09:50
	MATEMATIKA DASAR	3	D20	B.315	C	08:10 - 10:40

	PENGANTAR TEKNOLOGI INFORMASI	2	D21	B.318	C	09:00 - 10:40
	ILMU BUDAYA DASAR	1	D5	B.306	B	09:50 - 10:40
Kamis	SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS	3	D29	B.306	B	06:30 - 09:00
	BAHASA INDONESIA	2	D4	B.314	E	06:30 - 08:10
	STATISTIKA	2	D18	B.315	D	06:30 - 08:10
	ILMU SOSIAL DASAR	1	D5	B.307	C	06:30 - 07:20
	INTERAKSI MANUSIA & KOMPUTER	2	D3	D.222	C	06:30 - 08:10
	TEOLOGI ISLAM	2	D10	B.307	A	07:20 - 09:00
	STRUKTUR DATA	3	D28	B.316	D	07:20 - 09:50
	SISTEM INFORMASI CERDAS	3	D1	B.314	D	08:10 - 10:40
	STUDI AL-QUR AN	2	D9	B.306	B	09:00 - 10:40
Jumat	ILMU BUDAYA DASAR	1	D5	B.306	A	06:30 - 07:20
	TARBIYAH ULUL ALBAB	1	D7	B.307	C	06:30 - 07:20
	BAHASA INGGRIS I	3	D8	B.318	A	06:30 - 09:00
	STUDI FIQH	2	D17	B.316	E	06:30 - 08:10
	Database	3	D30	B.315	D	06:30 - 09:00
	ISU PROFESIONAL & PROYEK GROUP	2	D2	B.306	B	07:20 - 09:00