

Sistem Penjadwalan Hybrid Learning di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Hybrid Learning Scheduling System in Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Luri Shafira Amalia¹, Ira Prasetyaningrum², Rengga Asmara³

Program Studi Teknik Informatika, Departemen Teknik Informatika dan Komputer,

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya^{1,2,3}

Jl. Raya ITS, Keputih, Kec. Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur, 60111^{1,2,3}

lurishafa@gmail.com¹, ira@pens.ac.id², rengga@pens.ac.id³

Abstrak

Penjadwalan kuliah merupakan aktivitas rutin yang dilakukan tiap semester dalam sistem akademik. Pada proses penyusunan jadwal terdapat beberapa komponen seperti matakuliah, pengampu, ruang kelas, dan waktu. Dalam pelaksanaannya, terkadang hasil penyusunan jadwal kurang sesuai dengan kebutuhan. Pada dasarnya untuk menentukan jadwal kuliah perlu diatur agar mahasiswa dapat mengikuti perkuliahan tanpa bertabrakan dengan jadwal kuliah lain dan sesuai dengan jam dosen mengajar. Terutama penjadwalan di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya yang juga menerapkan sistem *hybrid learning* dalam pelaksanaan kuliah. Sistem penjadwalan yang diperlukan bukan hanya jadwal kuliah pada umumnya, melainkan sistem jadwal yang memadukan pertemuan tatap muka dengan perkuliahan daring. Agar dapat merancang jadwal yang sesuai, maka susunan jadwal harus detail dan dapat mencakup semua kemungkinan, sehingga pembuatan jadwal dapat dilakukan secara komputerisasi menggunakan suatu algoritma. Penelitian ini merepresentasikan sistem *hybrid learning* menggunakan algoritma genetika untuk sistem penjadwalan di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya yang berbasis web, sekaligus bertujuan untuk mengukur tingkat keberhasilan pemetaan jadwal dengan algoritma genetika. Dari rancangan sistem tersebut dapat bermanfaat dalam melakukan penjadwalan kuliah secara otomatis, ataupun mampu menjadi dasar untuk pengembangan sistem akademik. Berdasarkan hasil rancangan program, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat kesamaan jadwal yang bertabrakan serta proses dalam penjadwalan bisa lebih singkat sesuai dengan data-data yang di *generate*.

Kata kunci: Algoritma Genetika; Penjadwalan; *Hybrid Learning*.

Abstract

Scheduling is a routine activity in every semester of academic system. When preparing the schedule there are various components needed such as courses, lectures, classrooms, and time. Sometimes the schedule made is not as expected. Basically, indentified the schedule, it needs to arranged in detail so that students can attend lectures without colliding with other class schedules and according to the teaching hours of the lecturer. Especially scheduling at the Politeknik Elektronika Negeri Surabaya which also implements a hybrid learning system in the academic system. The scheduling system needed is not as usual class schedule, but a schedule system that combines face-to-face meetings with online meetings. In order to able to design an efficient schedule, the schedule must be thorough and include all possibilities that can be made, so that the schedule can be made computerized using an algorithm. This final project research represents a hybrid learning system using a genetic algorithm for a web-based scheduling system at Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, while also aiming to measure the success rate of scheduling mapping with a genetic algorithm. From the design of the system, it can be useful in scheduling automatically, or being able to become the new method for the development of an academic system. The conclusion of this research is that there are no crash schedules and the scheduling process can be faster by around 60 to 300 seconds according to the data generated.

Keywords: Genetic Algorithm; Scheduling; Hybrid Learning.

Naskah diterima 2 Januari 2023; direvisi 3 Maret 2023; dipublikasi 6 Maret 2023.

JATI is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



1. Pendahuluan

Penjadwalan merupakan salah satu aktivitas dalam sistem akademik di Instansi Pendidikan. Terutama pada proses pembelajaran di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, yang tidak hanya mencakup aspek pembelajaran di kampus, tetapi juga pembelajaran daring. Sistem yang dikembangkan untuk menunjang perkuliahan adalah *hybrid learning*, yang memadukan antara perkuliahan di kampus dengan kuliah daring. Dalam proses penjadwalan yang mampu mencakup seluruh kemungkinan bisa membutuhkan waktu dan ketelitian, sehingga cukup rumit untuk disusun secara manual. Selain proses yang cukup rumit, penjadwalan juga memiliki suatu fungsi sebagai sistem pengambilan keputusan untuk pengaturan dan alokasi sumber daya berupa sarana serta waktu tanpa adanya kesamaan jadwal yang bertabrakan supaya perkuliahan berjalan

dengan lancar [13][15]. Penjadwalan sistem *hybrid learning* dapat dibuat dengan melibatkan parameter unsur perkuliahan dengan sistem komputerisasi menggunakan algoritma tertentu.

Penelitian ini merepresentasikan penjadwalan sistem *hybrid learning* menggunakan algoritma genetika untuk penjadwalan di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya dalam bentuk aplikasi berbasis web. Penjadwalan disusun menggunakan algoritma genetika yang merupakan metode dengan pendekatan komputasional digunakan dalam penyelesaian masalah dengan pemodelan evolusi biologis. Proses penjadwalan menggunakan algoritma tersebut diawali dengan inisialisasi populasi, seleksi, crossover, dan mutasi [18]. Hasil dari sistem pembuatan jadwal ini adalah penjadwalan yang sesuai dengan kesediaan waktu, mata kuliah, ruang kuliah, dan jadwal dosen.

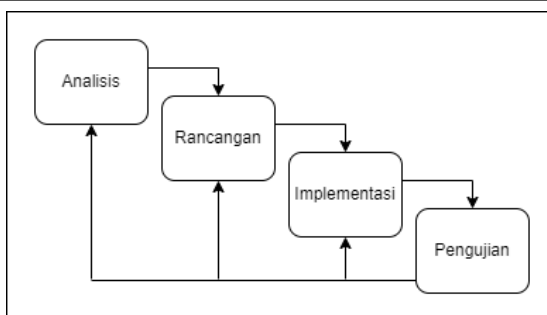
Penelitian ini bertujuan untuk membuat aplikasi sebagai representasi dari susunan penjadwalan dan mengetahui ukuran tingkat keberhasilan dalam pemetaan jadwal menggunakan algoritma genetika. Dengan ini, mahasiswa yang sedang dikampus maupun tidak dikampus tetap dapat berpartisipasi dalam kegiatan perkuliahan. Mahasiswa akan diatur penjadwalannya. Ada mahasiswa yang mengikuti pembelajaran dikampus dan sebaliknya, yaitu mengikuti perkuliahan dari luar kampus secara daring

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Akhmad Qashlim dan Muhammad Assidiq, di tahun 2016 membangun tentang sistem penjadwalan kuliah dengan algoritma genetika yang digunakan dalam melakukan pengelolaan data sumber daya dan *constraint* yang tersedia disertai hasil optimal. Sesuai hasil pengujian menggunakan parameter *soft constraint* dan *hard constraint* disimpulkan bahwa penjadwalan dapat dibuat dengan sistem otomatis dan menghasilkan jadwal yang tidak bertabrakan dengan waktu penyusunan jadwal yang relatif lebih cepat [8]. Sedangkan penelitian lainnya yang dilakukan oleh Yuslena Sari, Muhammad Alkaf, Eka Setya Wijaya, Syarifah Soraya, dan Dany Primanita Kartikasari, pada tahun 2018. Penelitian ini membangun sistem jadwal menggunakan algoritma genetika dengan metode seleksi berupa teknik *tournament selection* yang dapat memberikan kemudahan dan kecepatan pada user atau admin dalam penyusunan jadwal untuk kegiatan kuliah, yaitu hanya diperlukan waktu sekitar 14,7 menit dibandingkan dalam sistem manual yang memerlukan waktu sekitar 2 hari. Sistem ini dapat menghasilkan penjadwalan kuliah dengan kombinasi terbaik antara matakuliah, dosen pengampu, mahasiswa yang mengambil matakuliah, dan ruangan yang tersedia. Hasil pengujian didapatkan nilai variabel dari jumlah populasi dibangkitkan adalah 25, maksimal generasi adalah 600, probabilitas crossover adalah 75 dan probabilitas mutasi adalah 5. Sedangkan *hard constraint* sudah terpenuhi keseluruhan dengan estimasi waktu 109.270 detik atau sekitar 1,8 menit. Sedangkan untuk *soft constraint* yang disertai 6 dosen melakukan permintaan khusus adalah 880,430 detik atau sekitar 14,7 menit [6]. Dan ada juga penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Entot Suhartono, pada tahun 2015. Penelitian ini merancang sebuah sistem penyusunan penjadwalan matakuliah yang dapat dioptimalkan dengan Algoritma Genetika. Dengan metode ini mampu menghasilkan solusi untuk mahasiswa dengan waktu terbatas dan memanfaatkan jumlah ruangan yang terbatas. Dengan menggunakan metode *best fitness*, maka algoritma genetika akan menunjukkan peningkatan fitness atau d, generasi selanjutnya lebih baik atau minimal sama dengan generasi sebelumnya [9].

Dari beberapa penelitian serupa tentang sistem penjadwalan kuliah yang sudah pernah dilakukan, penelitian ini memiliki perbedaan dari penelitian sebelumnya, seperti objek penelitian yang sebelumnya terbatas hanya pada program studi tertentu, penelitian yang akan dilakukan ini di implementasikan untuk mahasiswa pada satu perguruan tinggi dan memiliki unsur waktu tidak bersedia untuk dosen dalam mengajar. Selain itu juga terdapat perbedaan jika pada penelitian sebelumnya ditujukan untuk sistem penjadwalan kuliah pada umumnya, sedangkan pada penelitian ini ditujukan untuk penjadwalan kuliah dengan model *hybrid learning*. Perbedaan lainnya pada algoritma yang digunakan, jika pada penelitian di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya sebelumnya menggunakan algoritma PSO, maka kali ini akan dilakukan penelitian dengan metode lain, yaitu algoritma genetika. Untuk ruang lingkup penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terdapat kesamaan pada pembahasan tentang sistem penjadwalan pada proses perkuliahan.

2. Metode Penelitian

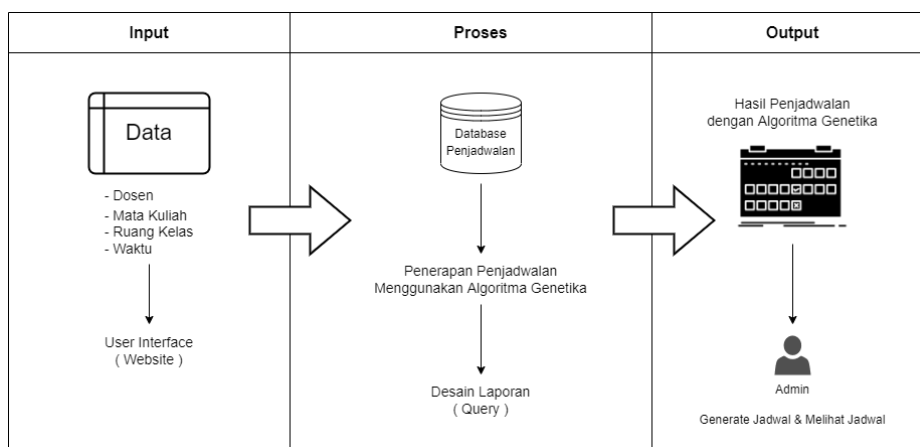
Metode penelitian meliputi analisis permasalahan, arsitektur atau rancangan sistem yang digunakan dalam menyelesaikan masalah. Perancangan sistem penjadwalan bertujuan untuk mencari bentuk yang optimal dari aplikasi yang akan dibangun dengan mempertimbangkan berbagai faktor permasalahan serta kebutuhan yang ada pada sistem. Pada metode penelitian ini menggunakan tahapan *Software Development Life Cycle* (SDLC) yang meliputi : tahap analisis (*requirement analysis*), tahap rancangan sistem (*design system*), tahap implementasi sistem (*coding*), dan tahap pengujian (*testing*) [1][20] seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Metode Penelitian

2.1 Tahap Analisis (*requirement analysis*)

Tahap analisis ini merupakan tahap untuk mendapatkan kebutuhan informasi yang akan digunakan dalam pembuatan sistem. Tahapan analisis ini terbagi menjadi dua tahap lagi, yaitu tahapan pengumpulan data melalui observasi ataupun survei mengenai masalah yang dihadapi sebenarnya dan tahap yang kedua adalah melakukan analisis terhadap kendala yang dihadapi selama proses rancangan jadwal untuk menemukan solusi dari permasalahan tersebut. Kerangka sistem penjadwalan melibatkan bagian administrator sistem penjadwalan yang bertugas untuk melakukan input data Program Studi, Mata Kuliah, Ruang Kelas, Dosen, Hari, dan Jam melalui sebuah interface sistem yang dirancang berbasis website [16]. Data yang di input kemudian masuk ke database untuk diproses menggunakan algoritma genetika [12]. Output yang dihasilkan dari proses data ini adalah jadwal kuliah yang telah di generate oleh admin.

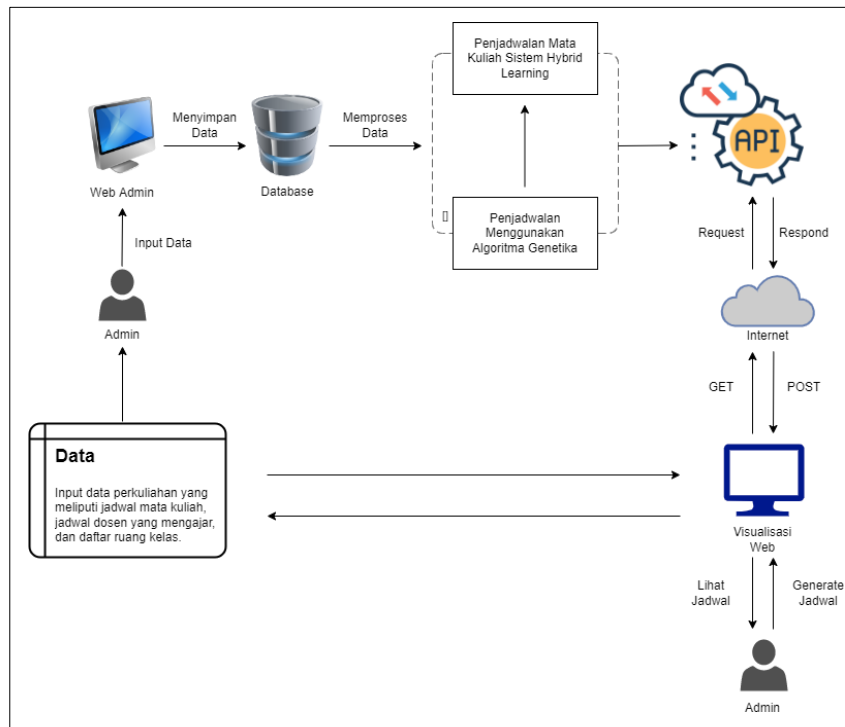


Gambar 2. Skema Proses

2.2 Tahap Rancangan Sistem (*design system*)

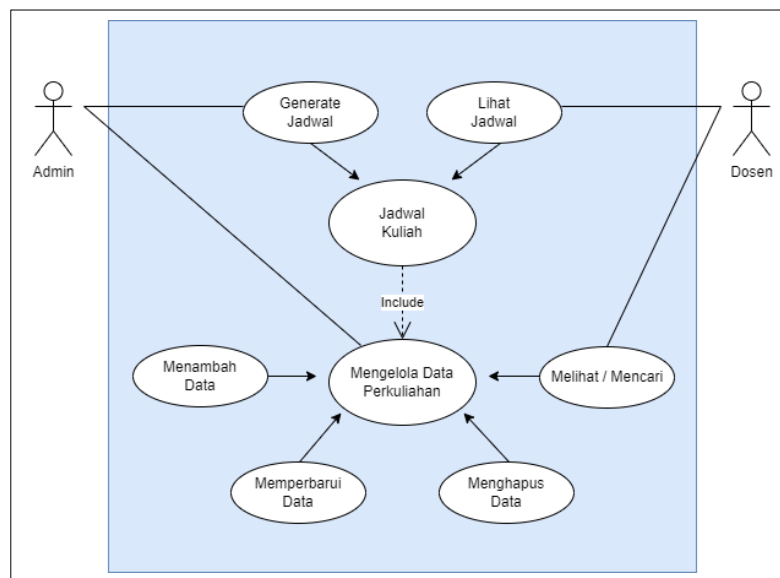
Perancangan sistem dilakukan berdasarkan data yang telah didapatkan untuk penyusunan aplikasi pada penelitian ini. Perancangan ini juga disebut desain sistem yang merupakan penjelasan teknikal dari solusi yang berisi urutan – urutan proses yang kan dilakukan untuk menyelesaikan masalah. Desain sistem ini disertai dengan diagram arsitektur secara *high level view* untuk mendapatkan gambaran menyeluruh tentang sistem yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan. Gambar 3 merupakan contoh diagram desain sistem secara *high level view* dan contoh sistematika pembahasan dari diagram desain.

Dari desain sistem pada Gambar 3, Aplikasi penjadwalan ini akan dirancang berbasis web. Untuk input dari aplikasi ini adalah data – data yang menunjang proses perkuliahan. Data tersebut di input kedalam database untuk dapat diolah pada proses selanjutnya. Pada tahapan selanjutnya, data inputan akan diproses menggunakan algoritma genetika. Sedangkan untuk output berupa aplikasi sistem penjadwalan untuk perkuliahan semi-daring atau disebut *hybrid learning* sebagai jadwal kuliah mahasiswa dan jam mengajar dosen.



Gambar 3. Desain Sistem

Pada sistem penjadwalan terdapat 3 user yang dapat mengaksesnya, yaitu admin, dosen, dan mahasiswa. Apa saja yang dapat dilakukan oleh user, digambarkan pada *use case* berikut.



Gambar 4. Use-case Diagram

Gambar 4. adalah gambaran mengenai *use case* yang merupakan rancangan umum pada sistem dimana didalamnya terdapat *actor* yang menjalankan sistem pada *case* tertentu [11]. Dalam hal ini bisa dikatakan fitur yang dapat digunakan oleh user. Fitur inti pada aplikasi untuk user admin adalah melakukan input data dan generate penjadwalan. Sedangkan hasilnya, aplikasi ini dapat menampilkan tabel jadwal untuk dosen mengajar dan kuliah mahasiswa.

2.3 Tahap Implementasi Sistem (*coding*)

Pada tahapan implementasi sistem (*coding*) ini dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman Web yaitu PHP dengan *framework Code Igniter*, HTML, CSS yang dihubungkan dengan database dijalankan menggunakan XAMPP. Pengerjaan dalam implementasi sistem pada penelitian ini menggunakan PC dengan spesifikasi perangkat keras berupa sistem 64-bit OS, x-64 *based processor*, Processor Intel® Core™ i5-6300U, RAM sebesar 8 GB, Penyimpanan 512 GB SSD, *Graphic Card* Intel® HD Graphics 520, dan Sistem Operasi windows 10.

2.4 Tahap Pengujian (*testing*)

Setelah keseluruhan komponen selesai dirancang, maka diperlukan skema uji coba yang berisi skenario untuk melakukan percobaan terhadap penelitian yang dilakukan agar dapat mengetahui percobaan yang dilakukan apakah sudah sesuai dengan rancangan atau tidak sehingga nantinya dari pengujian dapat disimpulkan bahwa aplikasi dapat berjalan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat [7][17]. Metode pengujian dilakukan dengan menggunakan *black box testing*. Berikut merupakan tabel 1 sebagai representasi komponen untuk melakukan skema uji coba pada penelitian ini.

Tabel 1. Skema Uji Coba

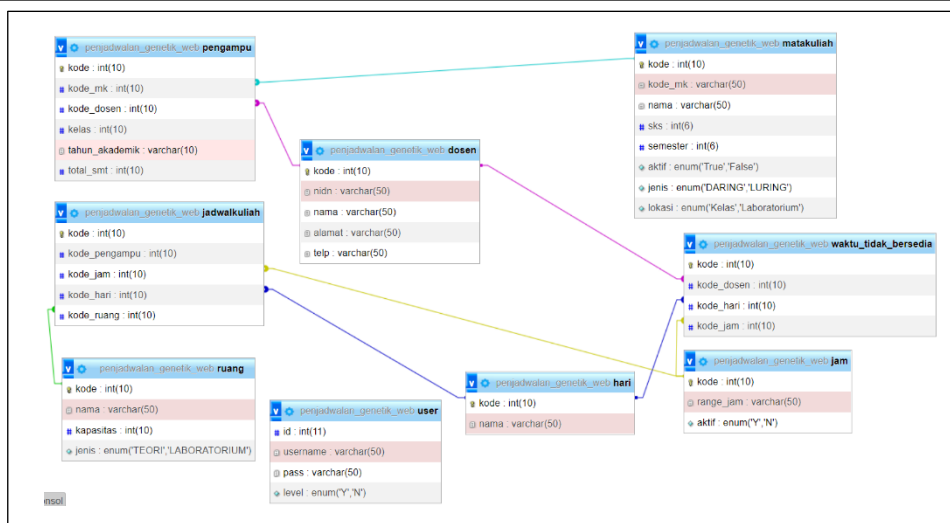
No.	Subjek	Objek	Skenario	Ekspektasi Hasil
1	Admin	Data Dosen, Matakuliah, Pengampu, Ruang, Jam, Hari	Melakukan proses Create, Read, Update, Delete terhadap objek pengujian	Sistem berhasil mengeksekusi perintah CRUD objek pengujian dan memberi respon terhadap aksi yang dijalankan
2	Dosen	Data Dosen dan Pengampu	Melihat dan melakukan pencarian terhadap objek pengujian	Sistem dapat menampilkan hasil sesuai aksi yang dijalankan
3	Admin	Proses Penjadwalan	Melakukan generate jadwal sesuai inputan data pada halaman penjadwalan	Sistem dapat menampilkan jadwal kuliah sesuai dengan tahun ajaran akademik
4	Dosen	Jadwal Kuliah	Melihat dan melakukan pencarian terhadap objek pengujian	Sistem berhasil menampilkan jadwal kuliah sesuai dengan tahun ajaran akademik

Tabel 1 merupakan Skema uji coba berupa tabel yang berisi beberapa kolom komponen yang diperlukan dalam tahap pengujian. Beberapa kolom tersebut seperti kolom subjek merepresentasikan *role* atau *user* yang memiliki akses pada fitur tertentu dalam aplikasi. Dalam hal ini terdapat dua *role* pada subjek, yaitu Admin dan Dosen. Lalu terdapat kolom objek yang berisi beberapa menu atau fitur tertentu untuk dapat diakses sesuai *role*. Selanjutnya terdapat kolom skenario yang berisi *action* tertentu yang dapat dilakukan oleh masing – masing *user* atau *role* yang sesuai. Dari skema tersebut dapat disimpulkan untuk skenario input data dan akses fitur proses data dilakukan oleh *role* admin, sedangkan skenario untuk melihat hasil dari pemrosesan data dan melihat berbagai inputan data dapat dilakukan oleh *role* dosen. Dan untuk kolom terakhir, terdapat kolom ekspektasi hasil yang didalamnya berisi hasil yang diharapkan dari *action* yang telah dilakukan oleh masing – masing *role* pada keseluruhan fitur.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan metode penelitian didapatkan hasil mengenai proses pembuatan sistem penjadwalan yang dapat dijelaskan dari pembahasan yang telah disatukan menjadi beberapa bagian seperti rancangan database, perhitungan dari komponen algoritma genetika yang dihasilkan, representasi jadwal dari hasil algoritma, tampilan antarmuka pada aplikasi sistem penjadwalan berbasis website dengan akses masing – masing *role* yang berbeda, dan skema hasil dari skenario pengujian yang telah ditentukan sebelumnya. Selain itu juga disertai performansi hasil dari penelitian yang sudah dikerjakan dan saran sebagai bentuk perbaikan yang dapat dilakukan untuk penelitian dalam kedepannya yang telah dirangkum pada bagian kesimpulan.

Dalam pembuatan aplikasi ini, semua data yang diinput oleh admin disatukan penyimpanan dalam basis data agar semua data dapat ditampung secara terpusat dan sistematis. Berikut merupakan Tabel Relasi Database dari aplikasi penjadwalan ini.



Gambar 5. Tabel Relasi Database

Pada Gambar 5, pembuatan basis data mengacu pada tabel relasi database atau bagan relasi entitas dimana bagan ini merupakan gambaran mengenai hubungan masing – masing entitas yang terlibat dalam penelitian. Dalam entitas tersebut terdapat tabel dosen pengampuh, matakuliah, ruang kelas, hari, jam, waktu tidak bersedia, dan jadwal kuliah.

Sistem penjadwalan pada penelitian ini menggunakan algoritma genetika, yaitu suatu metode untuk menyelesaikan permasalahan dalam hal optimasi berbasis teori evolusi yang digunakan dalam biologi. Algoritma ini bekerja pada populasi kandidat penyelesaian yang disebut kromosom. Awal mula dibangkitkan secara acak dari ruang penyelesaian fungsi tujuan. Dengan menggunakan mekanisme operator genetik yaitu persilangan dan mutasi populasi yang dibuat evolusi melalui fungsi fitness. Algoritma ini dapat diterapkan pada sebagian besar area fungsi optimasi, salah satunya adalah diterapkan pada sistem penjadwalan.

Untuk menyusun suatu jadwal dengan menggunakan algoritma genetika, langkah yang dilakukan adalah melakukan representasi mata kuliah dalam bentuk yang dapat dipahami oleh Algoritma Genetika. Dalam Genetika terdapat kata kunci Gen, Kromosom, serta Populasi. Dalam penerapannya pada penjadwalan kuliah terdapat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Komponen Algoritma Genetika

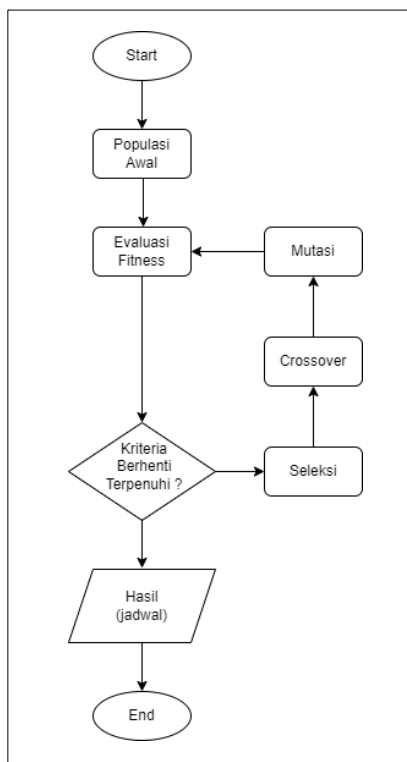
Kata Kunci	Definisi
Gen	Representasi hari, jam, dan ruang tertentu untuk kelas kuliah tersebut.
Kromosom	Kumpulan Gen, sebagai representasi jadwal matakuliah selama seminggu.
Populasi	Kumpulan dari jadwal mata kuliah.

Proses yang dilakukan dengan membangun populasi awal, evaluasi nilai fitness, seleksi, persilangan, dan mutasi [17]. Sebagai gambaran pada umumnya, *flowchart* algoritma genetika diterapkan pada penjadwalan mata kuliah sebagai berikut.

Gambar 6 merupakan *flowchart* algoritma genetika yang secara umum strukturnya dilakukan implementasi kedalam beberapa tahapan untuk dapat menghasilkan output yang sesuai. Sebelum masuk ke tahap operasi algoritma genetika, langkah awal adalah membangkitkan populasi awal. Pada tahap awal ini terdapat beberapa entitas yang disebut sebagai gen dalam pembentukan kromosom, yaitu jam, hari, ruang, dan pengampuh mata kuliah [16]. Kemudian kumpulan kromosom ini membentuk suatu individu. Pada penelitian ini, kromosom yang terbentuk berupa sejumlah pengampuh mata kuliah. Sedangkan satu individu yang terbentuk adalah suatu jadwal yang dibangkitkan secara acak dan belum memenuhi *constraint* yang ditetapkan. Jadi kromosom disini merupakan sekumpulan gen kode pengampuh, gen kode mata kuliah, gen kode hari, dan gen kode jam. Gabungan beberapa kromosom ini merupakan individu yang berperan sebagai kandidat jadwal yang terbentuk.

Setelah dilakukan representasi keseluruhan komponen gen dalam kromosom, dan kromosom terbentuk maka dapat dilakukan evaluasi fitness. Evaluasi fitness ini dapat menentukan nilai fitness pada tiap kromosom. Nilai fitness berperan sebagai penentu kromosom tersebut baik atau tidak. Nilai fitness didapat kan dari banyaknya pelanggaran dalam 1 kromosom. Tahap evaluasi ini memiliki tujuan untuk mencari individu terbaik dalam suatu populasi. Individu terbaik ditandai dengan nilai pelanggaran minimum yang

diberikan pada individu akibat adanya pelanggaran *hard constraint* dan *soft constraint* antar kromosom. Setiap adanya pelanggaran akan dikenakan nilai penalty 1, dan jika tidak terdapat pelanggaran maka diberi nilai penalty 0 [14]. Tahapan proses dari evaluasi nilai fitness yang pertama yaitu tiap kromosom dalam satu populasi dicek masing – masing nilai gen yang terdapat pelanggaran sehingga dikenakan penalty. Lalu jumlahkan setiap penalty yang terjadi pada setiap kromosom mulai dari kromosom awal hingga kromosom terakhir. Hitung nilai fitness untuk populasi tersebut.



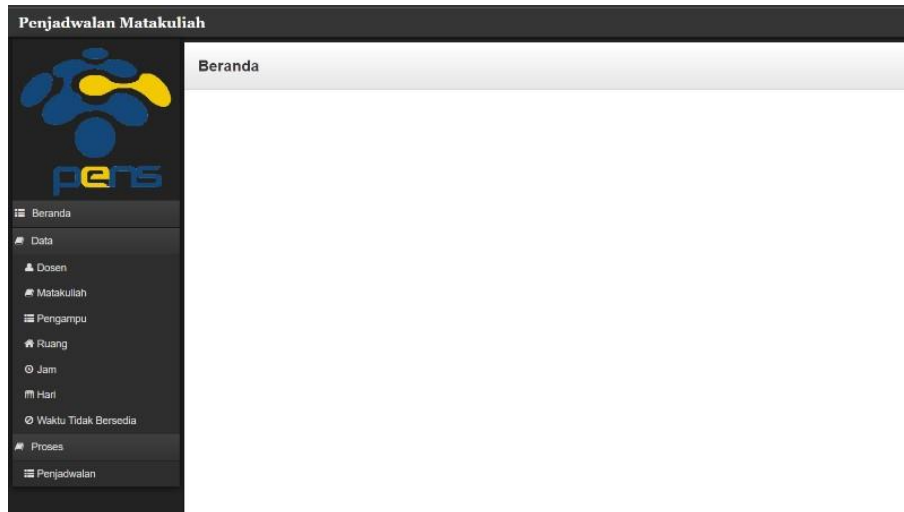
Gambar 6. Flowchart Algoritma Genetika

Setelah didapatkan hasil dari evaluasi fitness, maka tahap selanjutnya masuk pada proses regenerasi yang merupakan proses perubahan gen – gen generasi sekarang ke gen generasi berikutnya. Proses regenerasi ini meliputi Seleksi, Crossover, dan Mutasi. Proses regenerasi yang pertama adalah Seleksi. Seleksi merupakan proses penentuan dua kromosom yang akan menjadi calon kandidat parent untuk membentuk kromosom baru. Pada proses seleksi dilakukan model seleksi *Roulette Wheel Selection* dengan mengacu pada nilai fitness tersebut. Semakin kecil nilai fitnessnya, maka kromosom tersebut dipilih sebagai parent untuk populasi selanjutnya. Semakin kecil jumlah fitness yang dimiliki kromosom tersebut, maka akan berdampak pada pergeseran kromosom ke slot teratas. Semakin banyak nilai fitnessnya maka akan menduduki posisi terendah. Pada proses seleksi akan menentukan 2 kromosom terbaik untuk dijadikan parent. Dari proses seleksi ini diambil 2 kromosom dengan nilai fitness terkecil yang kemudian kedua individu tersebut akan dipakai pada proses selanjutnya, yaitu persilangan atau crossover [5].

Sesudah diperoleh parent dari hasil seleksi, selanjutnya diproses pada tahap perkawinan silang atau crossover. Crossover merupakan proses penggabungan dua kromosom yang berasal dari dua parent terpilih. Hasil dari penggabungan ini akan membentuk kromosom baru. Seleksi kromosom berdasarkan seleksi *Roulette Wheel Selection*. Pada Crossover ini dilakukan dengan cara nilai gen pada parent pertama, ditukar secara acak dengan nilai gen pada parent kedua. Untuk kasus penjadwalan kuliah ini akan menerapkan One Point Crossover [10].

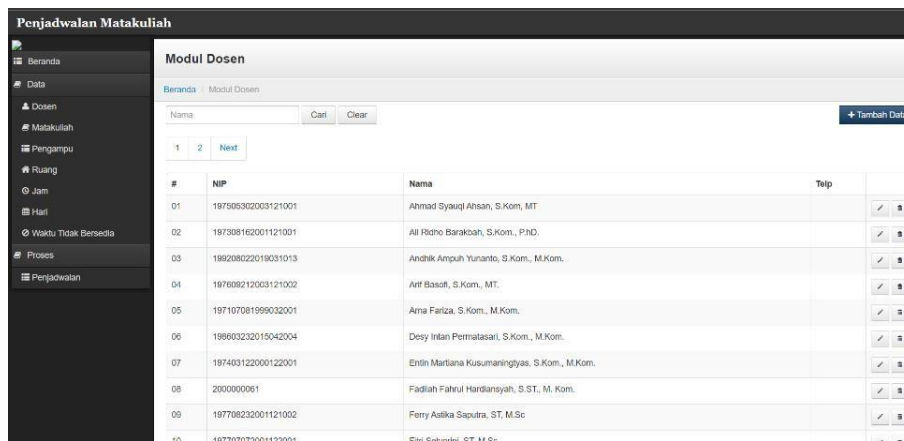
Tahapan selanjutnya setelah proses Crossover adalah Mutasi. Mutasi merupakan pertukaran gen yang satu ke gen yang lain dalam satu kromosom [19]. Mutasi yang digunakan dalam aplikasi adalah mutasi biasa, yang tidak memperlihatkan nilai fitness. Semua gen memiliki probabilitas yang sama untuk dimutasi. Proses mutasi dilakukan atas berbagai pertimbangan, seperti terjadinya duplikasi alel setelah melewati tahap crossover dan mempercepat kromosom untuk mencapai solusi.

Setelah tahapan rancangan sistem selesai, maka selanjutnya adalah tahapan untuk melakukan pengujian aplikasi agar mengetahui kesesuaian aplikasi dengan tujuan. Tahapan hasil eksperimen ini berupa tampilan user interface aplikasi beserta detail – detail komponen didalamnya.



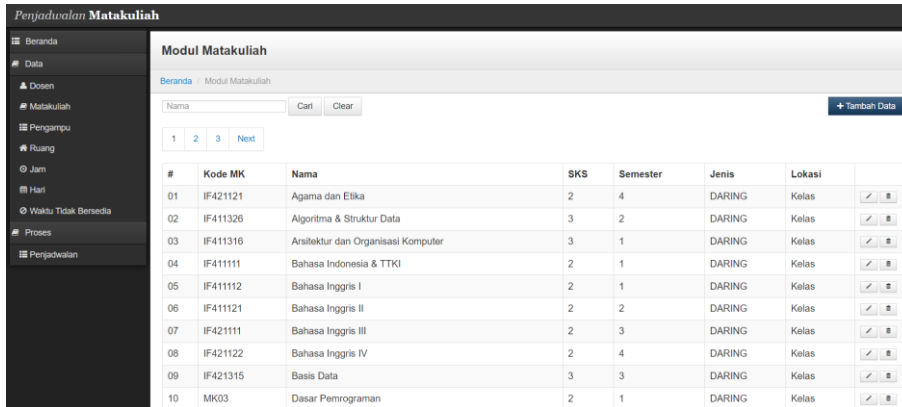
Gambar 7. Halaman Beranda

Gambar 7 sebagai halaman beranda menjadi tampilan pertama setelah user mengakses aplikasi. Terdapat *sidebar* pada sisi kiri tampilan. Disini terdapat pilihan menu yang menjadi akses untuk menuju halaman yang menjadi fitur utama pada aplikasi ini. Pilihan menu tersebut seperti Modul Dosen, Modul Matakuliah, Modul Pengampu, Modul Ruang, Modul Waktu/Jam, Modul Hari, Modul Waktu Tidak Tersedia, dan Menu untuk Proses Penjadwalan.



Gambar 8. Halaman Modul Dosen

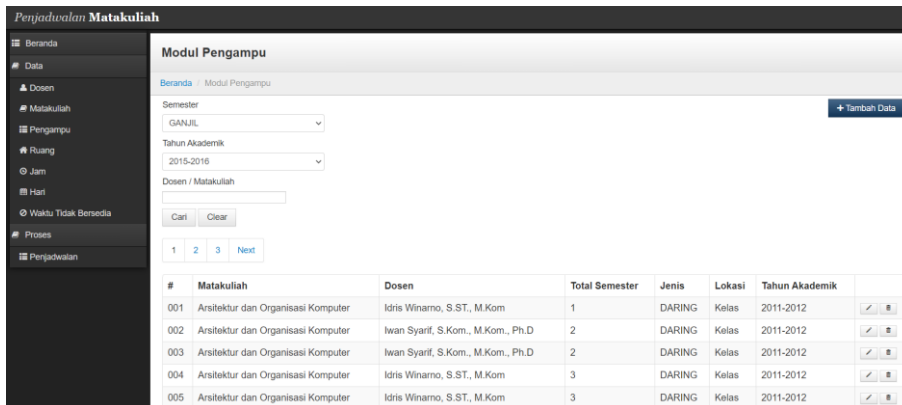
Gambar 8 menunjukkan halaman modul dosen yang berisi tabel data dosen pengajar di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Tabel halaman ini terdiri dari kolom NIP dosen yang berisi nomor induk kepegawaian milik masing – masing dosen, dan kolom nama dosen yang berisi nama lengkap beserta gelar akademik masing – masing dosen. Pada halaman ini terdapat fitur tambah data untuk menambahkan data dosen baru, fitur edit untuk memperbaiki perubahan data dosen, fitur *search* untuk mencari data dosen berdasarkan nama ataupun NIP dosen, dan fitur *delete* untuk menghapus data dosen.



#	Kode MK	Nama	SKS	Semester	Jenis	Lokasi	
01	IF421121	Agama dan Etika	2	4	DARING	Kelas	
02	IF411326	Algoritma & Struktur Data	3	2	DARING	Kelas	
03	IF411316	Arsitektur dan Organisasi Komputer	3	1	DARING	Kelas	
04	IF411111	Bahasa Indonesia & TTKI	2	1	DARING	Kelas	
05	IF411112	Bahasa Inggris I	2	1	DARING	Kelas	
06	IF411121	Bahasa Inggris II	2	2	DARING	Kelas	
07	IF421111	Bahasa Inggris III	2	3	DARING	Kelas	
08	IF421122	Bahasa Inggris IV	2	4	DARING	Kelas	
09	IF421315	Basis Data	3	3	DARING	Kelas	
10	MK03	Dasar Pemrograman	2	1	DARING	Kelas	

Gambar 9. Halaman Modul Matakuliah

Gambar 9 menunjukkan halaman modul matakuliah berisi tabel data matakuliah untuk tiap program studi di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Tabel halaman ini terdiri dari kolom untuk kode matakuliah yang berisi campuran huruf dan angka sebagai kode tertentu untuk membedakan masing – masing matakuliah, kolom nama yang berisi nama dari masing – masing matakuliah, kolom sks yang berisi jumlah sks pada tiap matakuliah, kolom semester yang berisi jenjang semester untuk tiap matakuliah, kolom jenis yang berisi jenis pelaksanaan dari tiap matakuliah yang dimaksudkan untuk kuliah teori dengan pelaksanaan secara daring dan untuk kuliah praktikum dilaksanakan secara luring, dan yang terakhir terdapat kolom lokasi yang berisi tempat dilaksanakan kegiatan perkuliahan. Pada halaman ini juga terdapat beberapa fitur seperti fitur tambah data yang berfungsi untuk menambahkan data matakuliah baru, fitur edit untuk memperbarui jika ada perubahan terkait data matakuliah, fitur *search* untuk mencari nama matakuliah tertentu berdasarkan kode matakuliah ataupun nama dari matakuliah, dan fitur *delete* untuk menghapus data matakuliah yang sudah tidak diperlukan dalam sistem.



#	Matakuliah	Dosen	Total Semester	Jenis	Lokasi	Tahun Akademik	
001	Arsitektur dan Organisasi Komputer	Idris Winarno, S.ST., M.Kom	1	DARING	Kelas	2011-2012	
002	Arsitektur dan Organisasi Komputer	Iwan Syarif, S.Kom., M.Kom., Ph.D	2	DARING	Kelas	2011-2012	
003	Arsitektur dan Organisasi Komputer	Iwan Syarif, S.Kom., M.Kom., Ph.D	2	DARING	Kelas	2011-2012	
004	Arsitektur dan Organisasi Komputer	Idris Winarno, S.ST., M.Kom	3	DARING	Kelas	2011-2012	
005	Arsitektur dan Organisasi Komputer	Idris Winarno, S.ST., M.Kom	3	DARING	Kelas	2011-2012	

Gambar 10. Halaman Modul Pengampu

Gambar 10 menunjukkan halaman modul pengampu berisi tabel data pengampu atau biasa disebut pengajar matakuliah tertentu di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Tabel pada halaman ini terdiri dari kolom matakuliah yang berisi nama matakuliah sesuai pada inputan menu matakuliah, kolom dosen yang berisi nama dosen yang mengampu matakuliah tertentu sesuai bidangnya, kolom total semester yang berisi jumlah semester dari setiap dosen mengajar matakuliah tertentu, kolom jenis perkuliahan yang berisi jenis pelaksanaan untuk tiap perkuliahan seperti kuliah teori yang dilaksanakan secara daring dan kuliah praktikum yang dilaksanakan secara luring, kolom lokasi yang berisi tempat pelaksanaan dari tiap matakuliah tertentu, dan kolom tahun akademik yang berisi tahun pelaksanaan dari setiap matakuliah yang berjalan. Selain itu juga terdapat beberapa fitur pada halaman ini seperti fitur tambah data untuk menambahkan data pengampu yang baru, fitur edit untuk memperbarui data pengampu jika ada perubahan komponen didalamnya, fitur *delete* untuk menghapus data pengampu, dan filter untuk mencari data pengampu berdasarkan nama dosen ataupun matakuliah dan bisa juga difilter berdasarkan kategori semester ganjil atau genap, serta berdasarkan tahun akademik.

#	Nama	Kapasitas	Jenis
01	C102	30	LABORATORIUM
02	C103	30	LABORATORIUM
03	C104	30	LABORATORIUM
04	A201	40	TEORI
05	C202	30	LABORATORIUM
06	C203	30	LABORATORIUM
07	C204	30	LABORATORIUM
08	C205	30	LABORATORIUM
09	A202	40	TEORI
10	A203	40	TEORI
11	C301	30	LABORATORIUM

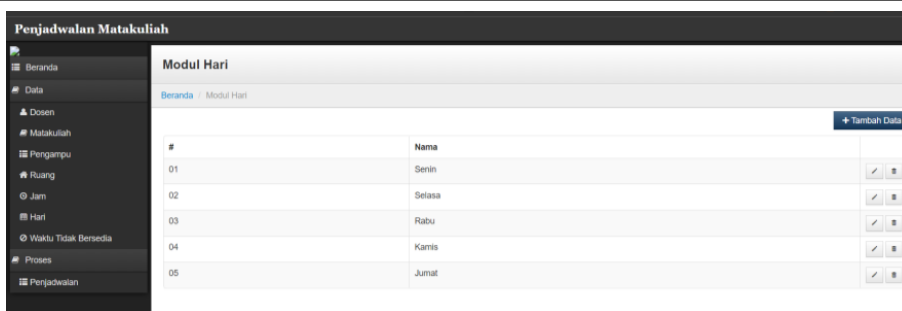
Gambar 11. Halaman Modul Ruang

Gambar 11 menunjukkan halaman modul ruang yang berisi daftar ruangan untuk kegiatan perkuliahan di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Tabel halaman ini terdiri dari kolom nama yang berisi kombinasi huruf dan angka sebagai representasi ruangan tertentu, kolom kapasitas yang berisi muatan dari jumlah mahasiswa yang dapat ditampung dalam satu ruangan, dan kolom jenis yang berisi kategori dari tiap ruang perkuliahan apakah termasuk ruangan kelas untuk kuliah teori atau termasuk kategori laboratorium untuk kuliah praktikum. Pada halaman ini juga terdapat berbagai fitur seperti fitur tambah data berfungsi untuk menambahkan data ruangan baru, fitur edit untuk memperbarui jika ada perubahan komponen dalam data ruangan yang ada, dan fitur *delete* untuk menghapus data ruangan.

#	Range Jam
01	08.00-08.50
02	08.50-09.30
03	09.40-10.30
04	10.30-11.20
05	11.20-12.10
06	12.10-13.00
07	13.00-13.50
08	13.50-14.40
09	14.40-15.30
10	15.30-16.20
11	16.20-17.10

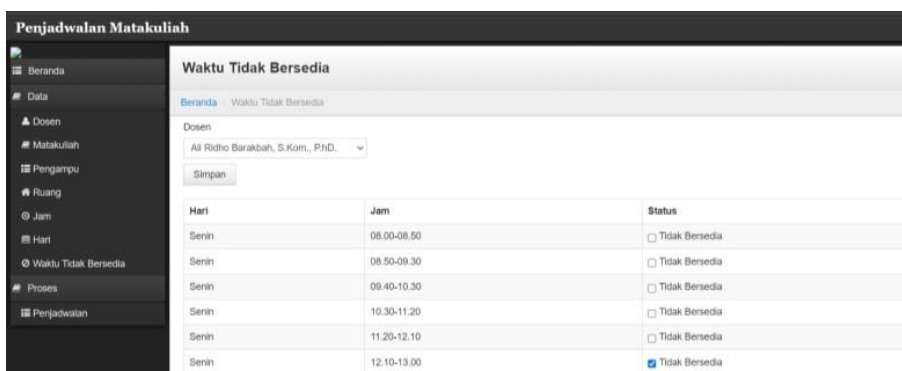
Gambar 12. Modul Jam

Gambar 12 menunjukkan halaman modul jam yang berisi data untuk tiap rentang waktu yang digunakan dalam jadwal perkuliahan di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Tabel halaman ini terdiri dari kolom *range* jam yang berisikan rentang waktu sesuai urutan perkuliahan. Rentang waktu yang diisikan juga harus menyesuaikan dengan standar waktu kegiatan perkuliahan. Dalam kasus penelitian ini, mengikuti standar waktu kegiatan perkuliahan yang ada di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Standar waktu tersebut juga dikelompokkan berdasarkan urutan sesi seperti waktu mulai hingga waktu selesainya perkuliahan. Pada halaman modul jam ini juga terdapat beberapa fitur seperti fitur tambah data yang digunakan untuk menambahkan data rentang waktu yang baru, fitur edit untuk memperbarui perubahan data rentang waktu yang ada, dan fitur *delete* yang berfungsi untuk menghapus interval waktu yang tidak digunakan.



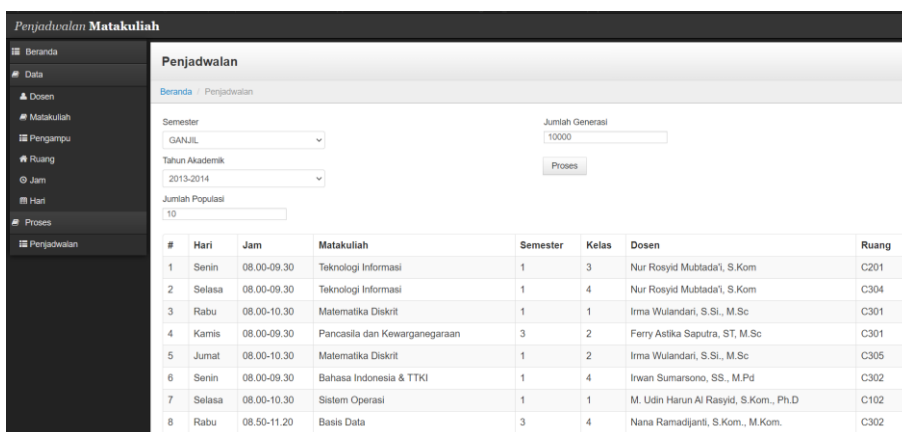
Gambar 13. Halaman Modul Hari

Gambar 13 menunjukkan halaman modul hari yang berisi daftar hari aktif selama masa perkuliahan di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Di menu modul hari terdapat kolom nama yang berisikan nama dari hari tertentu untuk pelaksanaan kegiatan perkuliahan. Pada halaman ini juga terdapat beberapa fitur seperti fitur tambah data yang berfungsi dalam menambahkan nama hari yang baru, fitur edit untuk memperbarui jika ada perubahan dari data hari yang ada, dan fitur *delete* yang digunakan untuk menghapus data hari yang sudah tidak digunakan.



Gambar 14. Halaman Waktu Tidak Bersedia

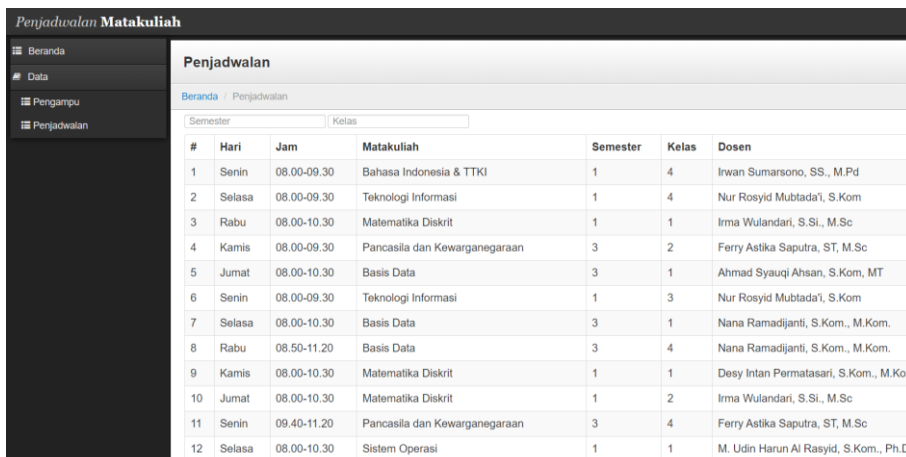
Gambar 14 menunjukkan halaman waktu tidak bersedia yang berisi data untuk keterangan tidak bersedianya dosen dalam mengajar di waktu tertentu. Tabel halaman ini terdiri dari kolom hari, jam yang berisi rentang waktu jadwal, dan kolom status yang berisi keterangan tidak bersedia dalam mengajar.



Gambar 15. Halaman Proses Penjadwalan

Gambar 15 menunjukkan halaman proses penjadwalan yang berisi kolom semester untuk memilih semester ganjil atau genap, kolom tahun akademik, form jumlah populasi, form jumlah generasi, dan *button* proses. Dari pilihan kolom tersebut digunakan untuk melakukan *generate* jadwal kuliah sesuai dengan data – data yang di inputkan pada halaman beberapa modul. Kemudian pada bagian bawah kolom terdapat tabel yang berisi hasil dari *generate* jadwal kuliah sebagai output utama. Output dari sistem penjadwalan ini

menghasilkan tabel jadwal kuliah yang terdiri dari kolom hari berisikan urutan hari perkuliahan yang tersusun dalam setiap minggu, kolom jam yang berisi keterangan waktu dalam bentuk interval untuk pelaksanaan perkuliahan, kolom matakuliah yang berisi nama dari matakuliah tertentu, kolom semester yang berisi pelaksanaan semester dalam masa perkuliahan dilaksanakan, kolom kelas yang berisi keterangan kelas tertentu untuk mahasiswa melaksanakan perkuliahan sesuai waktunya, kolom dosen yang berisi nama dosen pengampu sesuai bidang matakuliah tertentu, dan kolom ruang berisi nama ruangan tempat perkuliahan.



#	Hari	Jam	Matakuliah	Semester	Kelas	Dosen
1	Senin	08.00-09.30	Bahasa Indonesia & TTKI	1	4	Irwan Sumarsono, SS., M.Pd
2	Selasa	08.00-09.30	Teknologi Informasi	1	4	Nur Rosyid Mubtada'i, S.Kom
3	Rabu	08.00-10.30	Matematika Diskrit	1	1	Irma Wulandari, S.Si., M.Sc
4	Kamis	08.00-09.30	Pancasila dan Kewarganegaraan	3	2	Ferry Astika Saputra, ST, M.Sc
5	Jumat	08.00-10.30	Basis Data	3	1	Ahmad Syaqui Ahsan, S.Kom, MT
6	Senin	08.00-09.30	Teknologi Informasi	1	3	Nur Rosyid Mubtada'i, S.Kom
7	Selasa	08.00-10.30	Basis Data	3	1	Nana Ramadjaniti, S.Kom., M.Kom.
8	Rabu	08.50-11.20	Basis Data	3	4	Nana Ramadjaniti, S.Kom., M.Kom.
9	Kamis	08.00-10.30	Matematika Diskrit	1	1	Desy Intan Permatasari, S.Kom., M.Kom
10	Jumat	08.00-10.30	Matematika Diskrit	1	2	Irma Wulandari, S.Si., M.Sc
11	Senin	09.40-11.20	Pancasila dan Kewarganegaraan	3	4	Ferry Astika Saputra, ST, M.Sc
12	Selasa	08.00-10.30	Sistem Operasi	1	1	M. Udin Harun Al Rasyid, S.Kom., Ph.D

Gambar 16. Halaman Login Dosen

Halaman login dosen pada Gambar 16 merupakan fitur untuk dosen setelah melakukan login. Pada fitur ini hanya dapat diakses *role* dosen yang didalamnya terdapat halaman pengampu untuk dapat mengisikan matakuliah dari dosen yang bersangkutan dan halaman penjadwalan yang digunakan untuk melihat hasil dari jadwal yang dihasilkan tanpa perlu melakukan input keseluruhan komponen jadwal. Selain itu, di halaman penjadwalan ini juga terdapat kolom untuk melakukan pencarian semester dan kelas yang nantinya dapat muncul jadwal sesuai dengan kelas atau semester yang di inputkan.

Dari pembuatan sistem penjadwalan yang telah dilakukan mampu menghasilkan output yang dapat memenuhi beberapa skenario pengujian yang telah dibuat sebelumnya. Hasil dari skenario pengujian terhadap sistem yang telah dibuat pada rancangan aplikasi sesuai pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Skenario Uji Coba

No.	Subjek	Objek	Skenario	Ekspektasi	Hasil Pengujian
1	Admin	Data Dosen, Matakuliah, Pengampu, Ruang, Jam, Hari	Melakukan proses Create, Read, Update, Delete terhadap objek pengujian	Sistem berhasil mengeksekusi perintah CRUD objek pengujian dan memberi respon terhadap aksi yang dijalankan	Sesuai
2	Dosen	Data Dosen dan Pengampu	Melihat dan melakukan pencarian terhadap objek pengujian	Sistem dapat menampilkan hasil sesuai aksi yang dijalankan	Sesuai
3	Admin	Proses Penjadwalan	Melakukan generate jadwal sesuai inputan data pada halaman penjadwalan	Sistem dapat menampilkan jadwal kuliah sesuai dengan tahun ajaran akademik	Sesuai
4	Dosen	Jadwal Kuliah	Melihat dan melakukan pencarian terhadap objek pengujian	Sistem berhasil menampilkan jadwal kuliah sesuai dengan tahun ajaran akademik	Sesuai

Berdasarkan hasil skenario uji coba pada Tabel 3 terdapat empat skenario hasil pengujian yang didapatkan. Pada skenario uji coba pertama, user admin melakukan input data pada objek pengujian yaitu data dosen, matakuliah, pengampu, ruang, jam, dan hari. Dari skenario pertama ini mendapatkan hasil yang

sesuai harapan, yaitu sistem berhasil mengeksekusi perintah CRUD objek pengujian dan memberi respon terhadap aksi yang dijalankan. Untuk skenario uji coba yang kedua, user dosen melihat dan melakukan pencarian terhadap objek pengujian, yaitu data dosen dan pengampu. Hasil pengujian kedua sesuai dengan harapan, yaitu sistem dapat menampilkan hasil sesuai aksi yang dijalankan. Selanjutnya untuk skenario uji coba yang ketiga, user admin melakukan *generate* jadwal sesuai inputan data pada halaman penjadwalan. Pengujian yang ketiga ini menghasilkan sistem yang sesuai harapan, yaitu dapat menampilkan jadwal kuliah sesuai dengan tahun ajaran akademik. Dan pengujian terakhir pada skenario user dosen melihat dan melakukan pencarian terhadap objek pengujian yaitu jadwal kuliah. Pengujian terakhir ini menghasilkan sistem yang sesuai harapan, yaitu sistem berhasil menampilkan jadwal kuliah sesuai dengan tahun ajaran akademik.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian membuat model penjadwalan kuliah menggunakan algoritma genetika didapatkan kesimpulan bahwa peran penting dari algoritma genetika pada proses penyusunan jadwal matakuliah dapat dioptimalkan. Program aplikasi penjadwalan matakuliah ini sebagai solusi untuk meminimalisir jadwal yang bertabrakan antar matakuliah sehingga dapat menghasilkan jadwal kuliah dengan susunan yang sesuai dalam kegiatan akademik. Lalu jika dilakukan perbandingan dengan sistem manual yang menyesuaikan satu persatu antara matakuliah, ruangan, waktu, hari, dan dosen pengampu membutuhkan waktu dalam jangka lebih lama sekitar 1 sampai 2 hari. Jika menggunakan aplikasi penjadwalan ini sistem mampu menghasilkan waktu dalam proses penjadwalan rata-rata sekitar 30 sampai dengan 100 detik sesuai dengan data-data yang di *generate* pada program. Selain itu output dari jadwal kuliah juga tidak ada yang bertabrakan di waktu yang sama. Sehingga sistem aplikasi penjadwalan ini memiliki efisiensi dalam melakukan proses penjadwalan matakuliah. Pada penelitian ini menghasilkan aplikasi yang belum memiliki beberapa fitur tambahan seperti perbedaan tampilan pada akses untuk role mahasiswa yang dapat melihat hasil penjadwalan kuliah dan mungkin diperlukan pengujian parameter yang lebih banyak lagi agar dapat menghasilkan solusi penjadwalan yang lebih optimal lagi.

Daftar Pustaka

- [1] D. Haryadi and A. Jamal, "Preferensi Dosen Pada Proses Penjadwalan Kuliah Menggunakan Algoritma Genetik Studi Kasus: Universitas Al Azhar Indonesia," *JURNAL AL-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI*, vol. 3, no. 2, p. 91, 2017, doi: 10.36722/sst.v3i2.191.
- [2] L. P. S. Ardiyani, "Perbandingan Algoritma Genetika dengan Algoritma Steepest Ascent Hill Climbing untuk Optimasi Penjadwalan Kuliah," *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, vol. 11, no. 1, p. 63, 2022, doi: 10.23887/janapati.v11i1.43172.
- [3] W. Setiawati, "Sistem Penjadwalan Mata Kuliah Berdasarkan Peminatan Mahasiswa Menggunakan Metode Asosiasi Yang Disempurnakan Dengan Algoritma Genetika," *Jurnal Informatika Universitas Dian Nuswantoro*, 2015, [Online]. Available: http://eprints.dinus.ac.id/16873/1/jurnal_15945.pdf.
- [4] A. Qashlim and M. Assidiq, "Penerapan Algoritma Genetika untuk Sistem Penjadwalan Kuliah," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2016, [Online]. Available: <http://ejournal.fikom-unasman.ac.id>.
- [5] Y. Sari, M. Alkaff, E. S. Wijaya, S. Soraya, and D. P. Kartikasari, "Optimasi Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Metode Algoritma Genetika dengan Teknik Tournament Selection," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 6, no. 1, p. 85, 2019, doi: 10.25126/jtiik.2019611262.
- [6] E. Suhartono, "Optimasi Penjadwalan Mata Kuliah dengan Algoritma Genetika (Studi Kasus di AMIK JTC Semarang)," *Infokam*, vol. 2, pp. 132–146, 2015, doi: 10.53845/infokam.v1i1i5.86.
- [7] F. Mone and J. E. Simarmata, "Aplikasi Algoritma Genetika Dalam Penjadwalan Mata Kuliah," *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan.*, vol. 15, no. 4, pp. 615–628, 2021, doi: 10.30598/barekengvol15iss4pp615-628.
- [8] H. D. Ariessanti, D. S. Suharti, A. B. Warsito, and I. J. Dewanto, "Pengembangan Penjadwalan Kuliah Menggunakan Metode : Auto Generate Time Table," *Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknologi Informasi 2018*, pp. 486–491, 2018, doi: 10.30700/pss.v1i1.244.
- [9] Y. Afandi and W. Setyaningsih, "Sistem Pejadwalan Kuliah Meggunakan Metode Algoritma Genetika pada Program Magister Fakultas Ekonomi dan Bisnis," *RAINSTEK: Jurnal Terapan Sains & Teknologi*, vol. 1, no. 1, pp. 40–47, 2019, doi: 10.21067/jtst.v1i1.3069.
- [10] A. Darmawan and R. M. Hasibuan, "Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Algoritma Genetika Dengan Mempertimbangkan Team-Teaching," *Simposium Nasional RAPI XIII*, vol. 8, pp. 125–132, 2014, [Online]. Available: <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/handle/11617/5490>.
- [11] C. Suranto, "Membangun Sistem Informasi Penjadwalan dengan Metode Algoritma Genetika pada

- Laboratorium Teknik Informatika UMMU Ternate,” *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 1, no. 2, p. 65, 2017, doi: 10.47324/ilkominfo.v1i2.13.
- [12] A. Josi, “Implementasi Algoritma Genetika pada Aplikasi Penjadwalan Perkuliahan Berbasis Web dengan Mengadopsi Model Waterfall,” *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT (JPIT)*, vol. 02, no. 02, pp. 77–83, 2017, [Online]. Available: <http://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/informatika/article/view/517/554>.
- [13] R. Ali, H. Umrah, and J. P. Senggarang, “Perbandingan Algoritma Genetika dan Particle Swarm Optimization dalam Optimasi Penjadwalan Matakuliah,” *Fakultas Teknik UMRAH.*, pp. 1–7, 2013, [Online]. Available: <http://jurnal.umrah.ac.id/wp-content/uploads/2013/08/Yuniar-Marbun-090155201007.pdf>.
- [14] M. Fachrie and Anita Fira Waluyo, “Model Paralelisasi Algoritma Genetika Terpandu pada Sistem Penjadwalan Kuliah Universitas dengan Alokasi Waktu Dinamis,” *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 5, no. 3, pp. 550–556, 2021, doi: 10.29207/resti.v5i3.2988.
- [15] H. Hermawan, A. Fauzi, Y. Cahyana, and H. H. Handayani, “Performa Optimal Penerapan Algoritma genetika Pada Penjadwalan Mata Kuliah,” *Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH 2020)*, no. 02 Desember 2020, pp. 683–690, 2020, [Online]. Available: <http://publishing-widyagama.ac.id/ejournal-v2/index.php/ciastech/article/view/1964>.
- [16] R. Christian and D. S. Donoriyanto, “Penerapan Algoritma Genetika Dalam Penjadwalan Mata Kuliah Program Studi Teknik Industri Upn ”Veteran” Jawa Timur,” *Tekmapro: Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 16, no. 2, pp. 1–12, 2021, doi: 10.33005/tekmapro.v16i2.157.
- [17] A. Janata and E. Haerani, “Sistem Penjadwalan Outsourcing Menggunakan Algoritma Genetika (Studi Kasus: PT . Syarikatama),” *Jurnal CoreIT*, vol. 1, no. 2, pp. 17–24, 2015, doi: 10.24014/coreit.v1i1.1220.
- [18] M. A. Priambodo, Nhita, Dan, and A. Aditsania, “Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Metode Hybrid Algoritma Genetika Dan Algoritma Koloni Semut,” *eProceedings of Engineering.*, vol. 3, no. 2, pp. 3711–3720, 2016, [Online]. Available: <http://librarye proceeding.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/2465>.
- [19] W. A. Puspaningrum, A. Djunady, dan R. A. Vinarti, “Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Algoritma Genetika di Jurusan Sistem Informasi ITS,” vol. 2, no. 1, pp. 127–131, 2013, [Online]. Available: <https://ejournal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/3234>.
- [20] H. Ardiansyah and M. B. S. Junianto, “Penerapan Algoritma Genetika untuk Penjadwalan Mata Pelajaran,” *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 6, no. 1, p. 329, 2022, doi: 10.30865/mib.v6i1.3418.