

METODE MULTI-CRITERIA ITERATIVE FORWARD SEARCH UNTUK PENJADWALAN UJIAN DAN PENGAWAS UJIAN

Agus Subhan Akbar^{1*)}, Akhmad Khanif Zyen²⁾

¹⁾Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara
Jalan Taman Siswa, Pekeng, Tahunan, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah 59427

²⁾Program Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara
Jalan Taman Siswa, Pekeng, Tahunan, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah 59427

e-mail: agussa@unisnu.ac.id¹⁾, khanif.zyen@gmail.com²⁾

ABSTRAK

Pengaturan jadwal ujian untuk mendukung evaluasi pembelajaran merupakan hal yang krusial. Penjadwalan yang ideal untuk ujian ini haruslah mampu mengalokasikan semua komponen yang terkait dalam pelaksanaan ujian dalam rentang waktu yang telah ditentukan. Komponen pelaksanaan ujian dalam sebuah universitas meliputi program studi yang ada dalam fakultas, sejumlah mata kuliah beserta pesertanya, ruangan yang digunakan, waktu pelaksanaan, dan dosen yang bertugas sebagai pengawas. Pengaturan masing-masing komponen pelaksanaan ujian tersebut perlu dilakukan dengan tepat sehingga tidak terjadi tabrakan jadwal antara peserta, jadwal, ruang yang digunakan, dan pengawas yang bertugas. Tujuan penelitian ini untuk menghasilkan penjadwalan ujian dan pengawas ujian yang ideal. Penelitian dilakukan dengan menerapkan Multi-Criteria Iterative Forward Search dari data Sistem Informasi Akademis (SIKAD) di Fakultas Sains dan Teknologi, Unisnu Jepara. Penelitian ini telah menghasilkan sistem yang mampu membuat jadwal ujian dan jadwal pengawas secara otomatis yang mengakomodasi semua faktor tanpa ada konflik, teruji, dan teraplikasi dengan baik.

Kata-Kunci: Multi-Criteria Iterative Forward Search; Penjadwalan Pengawas; Sistem Penjadwalan Ujian.

ABSTRACT

Setting examination schedules to support learning evaluation is crucial. The ideal scheduling for this exam must be able to allocate all related components in the implementation of the test within a predetermined time span. The components of the implementation of an examination in a university include the departments in the faculty, a number of courses and participants, the room used, the time of execution, and the lecturer serving as supervisor. The arrangement of each component of the implementation of the exam needs to be carried out appropriately so there is no collision of the schedule between the participants, the schedule, the room used, and the supervisor in charge. The purpose of this study is to produce an ideal exam scheduling and examination supervisor. The study was conducted by applying the Multi-Criteria Iterative Forward Search from the Academic Information System (SIKAD) data at the Faculty of Science and Technology, Unisnu Jepara. This research has resulted in a system that is able to create an examination schedule and supervisory schedule that accommodates all factors without conflict, well tested, and applied.

Keywords - Multi-Criteria Iterative Forward Search; Exam Scheduling; Supervisor Scheduling.

I. PENDAHULUAN

PENGATURAN jadwal ujian dan pengawas ujian menjadi satu hal yang krusial di lembaga pendidikan. Berbeda dengan jadwal kuliah harian yang memiliki ruang yang cukup untuk penjadwalannya, dalam satu kelas kuliah harian bisa menjadi beberapa ruang saat ujian. Satu kelas saat kuliah bisa diisi 30 sampai dengan 40 peserta dalam satu ruangan, tetapi saat ujian jumlah peserta per-ruangan bisa 20, 27, atau 30 peserta tergantung kapasitas ruangan. Ruangan yang digunakan terbagi atas 3 jenis yaitu Ruang Kelas Teori (RUT), Ruang Praktek Komputer (RPK), dan Ruang Gambar (RPG). RPK dan RPG digunakan sesuai peruntukan terlebih dahulu baru kemudian bisa digunakan untuk ujian teori.

Perangkat lunak SIKAD yang digunakan oleh beberapa kampus menyediakan fasilitas pembuatan jadwal baik jadwal kuliah maupun jadwal ujian. Tetapi fitur pembuatan jadwal ini merupakan pembuatan secara manual lewat pemasukan satu demi satu item jadwal yang sudah tersusun. Jadi Fitur ini mendapatkan masukan jadwal yang sudah dirancang dan melakukan pengecekan apakah terjadi tabrakan antara satu jadwal dengan jadwal yang lain, baik untuk dosen, mahasiswa peserta kuliah, maupun ruangan yang digunakan [1]–[3].

Penjadwalan ujian dan pengawas ujian menjadi penting terkait dengan penggunaan sumber daya yang ada dan terbatas untuk mendapatkan hasil yang efektif. Parameter-parameter yang terkait dengan penjadwalan ujian ini meliputi mata kuliah, kelas dari mata kuliah, dosen pengampu, mahasiswa pengambil mata kuliah, ruangan ujian yang digunakan dan tenaga pengawas ruangan yang terdiri atas dosen dan tenaga kependidikan. Dosen sendiri bisa merupakan dosen tetap dan dosen tidak tetap dari industri yang diminta untuk mengajar. Dosen tetap bisa ditugaskan sebagai pengawas ruang ujian, sedangkan dosen tidak tetap tidak ditugaskan sebagai pengawas ruang ujian. Hasil akhir dari penjadwalan ujian ini adalah jadwal yang efisien dari sisi waktu dan efektif untuk membagi sumber daya-sumber daya yang terlibat sehingga tidak terjadi tabrakan penggunaan sumber daya.

Hasil penjadwalan ujian dan pengawas ini bisa disebarakan lewat media sosial yang digunakan oleh mahasiswa peserta ujian, dosen dan tenaga kependidikan sebagai pengawas ujian. Dengan media sosial tersebut pihak-pihak terkait (mahasiswa dan pengawas) bisa mendapatkan jadwal secara keseluruhan untuk masing-masing atau sesuai dengan pertanyaan/parameter yang dikirimkan. Sistem secara otomatis akan menjawab sesuai dengan pertanyaan terkait jadwal tersebut. Mungkin saja pertanyaannya berupa jadwal menyeluruh untuk masing-masing peserta, jadwal ujian per-hari ini, jadwal pengawas menyeluruh, atau jadwal pengawas per-hari ini.

II. KERANGKA TEORI

A. Tinjauan sistem informasi akademis

SIAKAD merupakan aplikasi yang sudah umum digunakan di lingkungan perguruan tinggi / lembaga pendidikan untuk mengoptimalkan pemanfaatan teknologi informasi bagi keperluan operasionalnya. Banyak lembaga / perusahaan produsen perangkat lunak yang mengalokasikan sumber dayanya untuk membangun dan mengembangkan fitur-fitur yang terdapat dalam SIAKAD untuk semakin memenuhi kebutuhan penggunanya. Pihak perguruan tinggi sendiri juga memiliki sumber daya TI yang dialokasikan untuk mengembangkan SIAKAD ini bagi keperluan internal. Dengan adanya sumber daya sendiri, pihak PT tidak terlalu tergantung dengan produsen perangkat lunak SIAKAD ini [1]–[3].

Fitur-fitur yang terdapat dalam SIAKAD beraneka ragam. Diantara fitur yang terkait dengan penelitian ini adalah tentang penjadwalan kuliah dan ujian. Penjadwalan kuliah dan ujian yang terdapat dalam SIAKAD berisi fitur pengisian jadwal kuliah dan ujian dari jadwal yang sudah dirancang bukan berupa fitur yang membuat jadwal secara otomatis dari parameter-parameter yang tersedia. Parameter-parameter untuk penjadwalan otomatis untuk masing-masing perguruan tinggi tentu berbeda sehingga SIAKAD yang tersedia di pasaran tentu harus diadaptasikan terlebih dahulu dengan sejumlah parameter tersebut. Hal ini menjadi sebab SIAKAD hanya menyediakan pengisian jadwal bukan pembuatan jadwal secara otomatis.

B. Integrasi teknologi

SIAKAD yang tersedia di pasaran telah memiliki fasilitas pengisian data penjadwalan tetapi belum memiliki fasilitas pembuatan jadwal secara otomatis. Akan tetapi data-data yang tersedia dan dibutuhkan untuk pembuatan jadwal secara otomatis telah tersedia di sistem tersebut. Sehingga untuk keperluan pembuatan jadwal secara otomatis perlu adanya integrasi pengambilan data yang tidak mengganggu sistem yang sudah berjalan. Untuk keperluan tersebut telah disiapkan rutin pengambilan data dari SIAKAD ke sistem penjadwalan seperti yang disajikan pada Gambar 1. Item yang berulang di rutin integrasi menunjukkan mata kuliah tersebut dilaksanakan lebih dari 1 kelas. Semua mata kuliah yang diadakan di periode tersebut diambil semua untuk masukan penjadwalan otomatis.

C. Algoritma penjadwalan

Sejumlah pendekatan telah dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan jenis ini. Ada yang menggunakan algoritma optimisasi Ant-Colony untuk menyelesaikan persoalan penjadwalan di FTI Untar untuk

MULAI
INTEGRASI: Download Data
1: Proses MK: TIF5212 Algoritma dan Struktur Data Finish
2: Proses MK: TIF5212 Algoritma dan Struktur Data Finish
3: Proses MK: TIF5212 Algoritma dan Struktur Data Finish
4: Proses MK: TIF5211 Aljabar Linear Finish
5: Proses MK: TIF5211 Aljabar Linear Finish

Gambar 1. Rutin integrasi dengan data SIAKAD

periode ujian semester ganjil 2012/2013 dan semester ganjil 2013/2014 dengan kesimpulan bahwa *hard-constraint* (konstrains yang harus dipenuhi) bisa dipenuhi tetapi ada batasan *soft-constraint* yang masih tidak bisa dipenuhi [4].

Penjadwalan kuliah dengan menggunakan metode Constraint Programming pada tahapan pertama dan dilanjutkan dengan Simulated Annealing pada tahapan kedua telah menghasilkan jadwal akhir yang mendekati optimal [5]. Penelitian tersebut menerapkan pemenuhan *hard constraint* pada tahap awal sehingga terbentuk jadwal kuliah yang dikehendaki tetapi masih ada beberapa pelanggaran *soft constraint*. Pada tahapan berikutnya dengan menggunakan Simulated Annealing, pelanggaran syarat bisa diturunkan sampai 23.4% dan terjadi penurunan jumlah kelas yang tidak teralokasi sebesar 34.5%.

Penelitian tentang penjadwalan dengan metode Longest Job First (LJF) ataupun Shortest Job First (SJF) seperti penjadwalan khataman quran online yang digunakan untuk mengatur jadwal bacaan masing-masing anggotanya secara online [6]. Penelitian ini membagi ayat-ayat quran yang terdiri atas 30 juz menjadi 120 bagian (1 juz dibagi menjadi 4 bagian dengan dinomori a, b, c dan d). Setiap anggota akan mendapatkan jatah bacaan setiap hari setelah jam 12 siang. Dengan anggota yang cukup, 1 hari akan khatam berjamaah 30 juz (30 anggota dengan komitmen 1 juz/hari untuk masing-masing anggota). Sedangkan setiap anggota akan khatam secara individu minimal 30 hari dan maksimal 120 hari.

Penelitian lain menggunakan algoritma Genetika dengan melakukan simulasi proses evolusi yang menghasilkan kromosom-kromosom yang acak. Kromosom-kromosom dari setiap populasi bisa disilangkan untuk menghasilkan kromosom lain atau masing-masing kromosom juga bisa bermutasi seperti prinsip dalam evolusi. Kromosom ini merupakan solusi dari permasalahan penjadwalan tersebut [7].

Algoritma Assignment juga digunakan untuk menyelesaikan persoalan penjadwalan. Penjadwalan yang diselesaikan berupa penjadwalan kuliah dengan parameter mata kuliah, data preferensi dosen, dan data ruang fisik. Proses yang dilakukan dengan memberikan pembobotan untuk kombinasi dari masing-masing data. Dengan pembobotan 100% untuk kombinasi kapasitas ruang kuliah dengan jumlah peserta yang sama. Jika pesertanya lebih kecil atau lebih besar maka akan diberi bobot yang kecil [8].

Pendekatan lain menggunakan algoritma Iterative Forward Search dengan mencari solusi-solusi secara berulang untuk mendapatkan solusi yang optimal [9]. Hasil yang sudah dicapai sudah bagus dengan memenuhi kriteria *hard-constraint* maupun *soft-constraint* tetapi untuk mata kuliah dengan jumlah peserta melebihi kapasitas ruang ujian tidak berhasil dijadwalkan [9], [10]. Problem lain yang tidak ditangani dalam penelitian tersebut seperti batasan maksimal item ujian yang dijadwalkan setiap hari untuk peserta ujian. Sehingga seorang peserta bisa mendapatkan jadwal 1 kali atau lebih dalam satu hari ujian.

Pendekatan Iterative Forward Search ini berusaha mendapatkan solusi-solusi dengan prinsip pencarian secara kontinyu, berbasis iterasi, dan interaktif [10]. Untuk mengisi slot waktu ujian yang kosong, dicari beberapa alternatif mata ujian yang paling memungkinkan untuk menempati. Penggambaran lebih jelas seperti pada Gambar 2.

Multi-Criteria Iterative Forward Search merupakan pengembangan dari metode Iterative Forward Search. Metode ini dilakukan dengan menambahkan sejumlah kriteria pada saat pemilihan kotak-kotak yang kosong untuk menempatkan item-item yang harus diselesaikan. Kriteria-kriteria ini bisa berupa *hard constraint* (kriteria yang harus dipenuhi) ataupun *soft constraint* (kriteria yang perlu dipenuhi). Kriteria-kriteria tersebut disatukan menjadi syarat yang harus dipenuhi pada saat pemilihan kotak-kotak solusi.

III. METODOLOGI

A. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan metode pengembangan sistem Waterfall Methodology dengan tahapan seperti pada Gambar 3. Tahapan pertama, studi pustaka, merupakan tahapan untuk mengumpulkan pustaka-pustaka terkait dengan penelitian ini. Diantaranya meliputi algoritma-algoritma yang terkait dengan penjadwalan, dan algoritma yang paling mendekati dengan kasus yang dihadapi.

Tahap kedua dari penelitian ini merupakan survey kebutuhan user/system. Kebutuhan user dan sistem terkait penjadwalan ujian dan pengawas ujian dikumpulkan seperti kriteria-kriteria yang harus dipenuhi, data mata kuliah yang diujikan dalam setiap semester, data dosen dan tenaga kependidikan yang dilibatkan dalam proses pengawasan dan piket, dan data ruangan yang digunakan selama ujian.

Tahapan berikutnya merupakan perancangan sistem berdasarkan kebutuhan-kebutuhan yang telah dikumpulkan dalam tahapan sebelumnya. Keluaran dari tahapan ini berupa rancangan sistem yang akan dibangun dalam penelitian ini.

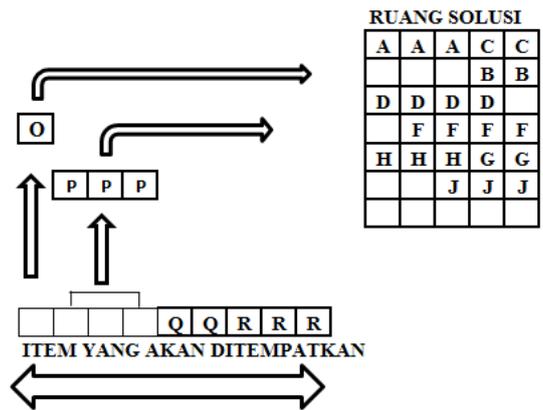
Rancangan sistem yang merupakan keluaran dari tahap perancangan sistem menjadi masukan bagi tahapan implementasi sistem. Keluaran dari tahapan implementasi sistem adalah sistem yang siap untuk diujicoba.

Tahap ujicoba sistem digunakan untuk menguji sistem yang telah selesai dibuat. Keluaran dari tahapan ini berupa kesalahan-kesalahan yang mungkin muncul dan rekomendasi perbaikan atas kesalahan-kesalahan tersebut. Perbaikan sistem atas kesalahan-kesalahan tersebut merupakan tahapan berikutnya dari penelitian ini. Hasil dari tahapan perbaikan ini berupa sistem yang siap digunakan dengan kesalahan-kesalahan yang sudah diminimalkan.

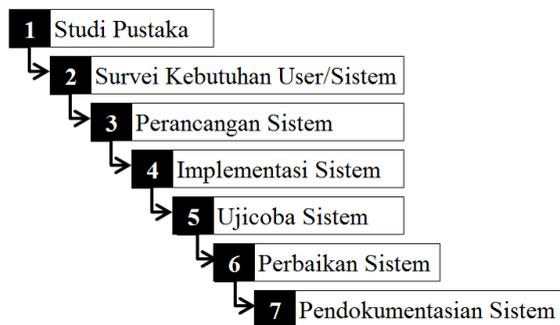
Tahapan terakhir dari penelitian ini adalah pembuatan dokumentasi dan laporan atas sistem yang telah dibangun. Dokumentasi ini penting untuk mempelajari sistem yang telah dibangun dan menjadi bahan pengembangan berikutnya dari sistem.

B. Arsitektur Sistem Penelitian

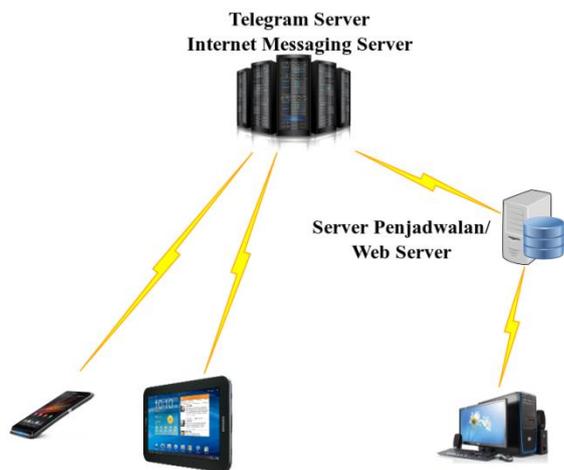
Arsitektur sistem yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan arsitektur *client-server* seperti yang terlihat pada Gambar 4. Server penjadwalan merupakan server tempat dilaksanakannya penjadwalan ujian ini. Server ini berisi data-data yang dibutuhkan dalam sistem penjadwalan yang meliputi data mata kuliah, data



Gambar 2. Iterative Forward Search



Gambar 3. Tahapan Penelitian



Gambar 4. Arsitektur Sistem

peserta mata kuliah, data ruangan ujian, data pengawas, dan data waktu ujian. Server ini juga berfungsi sebagai web server yang memungkinkannya diakses oleh klien dan bisa berkomunikasi dengan server telegram. Komunikasi dengan server telegram memungkinkan klien *smartphone* bisa meminta jadwal lewat aplikasi telegram, juga bisa mendistribusikan jadwal yang sudah dibuat ke para pengguna jadwal seperti dosen pengawas dan peserta ujian.

Server telegram merupakan server aplikasi percakapan online yang memungkinkan para pengguna bisa saling berkomunikasi via aplikasi percakapan. Keunggulan server aplikasi ini dibandingkan dengan server percakapan lainnya adalah penyimpanan data percakapan di server tersebut. Jika di server lain data percakapan dikirim ke masing-masing klien dan tidak disimpan di server, sedangkan telegram menyimpan data percakapan ini di *cloud* sehingga suatu saat jika aplikasi kliennya mengalami kegagalan sehingga harus diinstall ulang, data percakapan sebelumnya bisa diambil ulang. Data percakapan yang disimpan meliputi data teks dan data multimedia lainnya seperti gambar, video, dan audio.

Klien aplikasi ini berupa komputer desktop dan perangkat mobile. Perangkat mobile / *smartphone* digunakan oleh pengguna untuk berkomunikasi dengan server jadwal lewat aplikasi percakapan online. Server penjadwalan akan merespons setiap pertanyaan yang sudah ditentukan dengan jawaban sesuai dengan pertanyaan tersebut.

C. Data Penjadwalan

Data yang dibutuhkan dalam proses penjadwalan ujian dan pengawas ujian ini meliputi data mata kuliah beserta dosen pengampunya, data peserta ujian mata kuliah, data ruangan beserta jenisnya, data dosen dan tenaga kependidikan yang bertugas sebagai pengawas ujian dan piket ujian, dan data waktu ujian dilaksanakan.

Data mata kuliah beserta pengampunya dibutuhkan karena bisa saja satu mata kuliah terdiri atas sejumlah kelas dengan masing-masing kelas diampu oleh dosen yang berbeda. Sedangkan jadwal ujian masing-masing kelas bisa dalam waktu yang sama atau berbeda.

Data peserta ujian digunakan sebagai bahan pengecekan untuk tabrakan jadwal yang mungkin terjadi. Seorang peserta ujian hanya mendapatkan satu jadwal ujian pada satu waktu.

Data ruangan terdiri atas ruang komputer, ruang gambar, dan ruang ujian teori. Ruang komputer diprioritaskan untuk ujian praktek komputer. Ruang gambar juga diprioritaskan untuk ujian yang berupa praktek gambar. Untuk ujian teori bisa menggunakan ruang teori. Ruang komputer dan ruang gambar bisa digunakan untuk ujian teori dengan syarat ujian praktek komputer/praktek gambar sudah selesai dilaksanakan.

D. Prosedur Penjadwalan

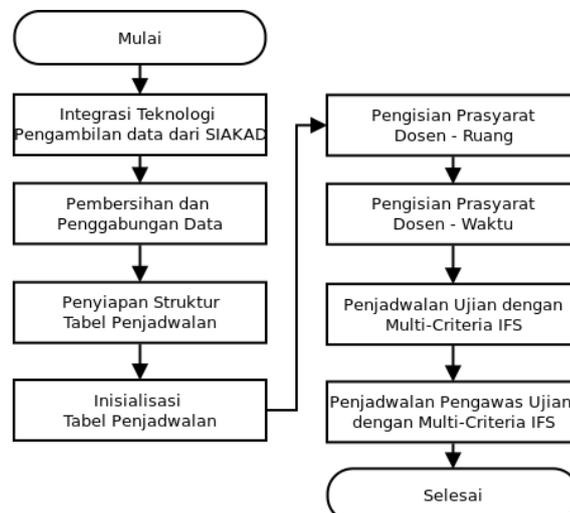
Urut-urutan langkah dalam penjadwalan ujian dan pengawas ujian disajikan dalam Gambar 5.

1. Prosedur Perolehan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari SIAKAD dengan menggunakan metode integrasi teknologi seperti yang disebutkan di bagian sebelumnya. Prosedur perolehan data yang digunakan seperti yang disajikan pada Gambar 6.

Proses diawali dengan mengambil data mata kuliah yang dilaksanakan di semester berjalan. Hasil proses ini berupa file html yang disimpan dalam *memory*. Penggunaan *memory* ini untuk mempercepat proses *parsing*. Proses *parsing* terhadap data tersebut menghasilkan data mata kuliah yang bisa disimpan ke dalam tabel / database sistem. Informasi yang dapat diperoleh dari hasil *parsing* tersebut seperti yang disajikan dalam Tabel I.

Untuk setiap data mata kuliah, dilakukan proses pengambilan data mahasiswa yang mengikuti mata



Gambar 5. Prosedur Penjadwalan

TABEL I
INFORMASI DATA MATA KULIAH

No	Kolom	Keterangan
1	Hari	Jadwal hari kuliah
2	Jam Awal	Jam awal kuliah
3	Jam Akhir	Jam akhir kuliah
4	Ruang	Ruang kuliah
5	Kurikulum	Kurikulum dari mata kuliah
6	Kodemk	Kode mata kuliah
7	Namamk	Nama mata kuliah
8	Kelas	Kelas mata kuliah
9	Jml Mhs	Jumlah mahasiswa peserta mata kuliah dalam kelas
10	Sks	Jumlah sks mata kuliah
11	Sem	Semester jatah mata kuliah
12	Prodi	Program studi dari mata kuliah
13	Dosen	Dosen pengampu mata kuliah
14	Jenis	Jenis mata kuliah (Teori, Gambar, Praktek komputer)
15	Ujian	Diujikan / tidak diujikan
16	Link	link kombinasi mata kuliah, kelas, dan dosen pengampu

TABEL II
INFORMASI DATA MAHASISWA

No	Kolom	Keterangan
1	Nim	Nomor induk mahasiswa
2	Nama	Nama mahasiswa
3	Link	Link ke kombinasi data mata kuliah, kelas, dan dosen pengampu

TABEL III
SATU KELAS MATA KULIAH YANG DINYATAKAN DALAM DUA BARIS DATA

Kurikulum	Kode MK	Nama MK	Kelas	Jml Mhs
2016	SISFO1125	Pemrograman Basis Data	H	15
2017	SISFO1720	Pemrograman Basis Data	H	1

kuliah/kelas tersebut. Data ini penting untuk memastikan jadwal ujian mahasiswa tidak ada yang tabrakan. Proses *parsing* data mahasiswa menghasilkan informasi seperti tersaji di Tabel II.

2. Prosedur Pembersihan dan Penggabungan Data

Beberapa data yang diperoleh dari SIAKAD dengan integrasi teknologi masih mengandung informasi yang perlu dibersihkan ataupun perlu digabung dengan data lain. Kondisi data yang perlu ditangani meliputi:

- Adanya pengkodean mata kuliah yang berbeda tetapi seharusnya sama dan seharusnya menjadi satu baris data. hal ini terjadi dimungkinkan karena beda kurikulum dan tidak disatukan pada saat penyusunan jadwal kuliah. Contoh data ini seperti pada Tabel III. Pembersihan data seperti ini dilakukan dengan menyamakan kode / menyatukan kode MK sehingga saat diambil dengan *query grouping* bisa menjadi satu dan jumlah mahasiswa menjadi 16 dengan menggunakan fungsi agregat *sum* dalam *query*
- Adanya penamaan mata kuliah yang berbeda, tetapi kode mata kuliah sama, dosen pengampu sama, jadwal kuliah sama, dan menjadi dua baris dalam data. Hal ini dimungkinkan karena kesalahan pengetikan. Contoh data penamaan mata kuliah yang berbeda seperti pada Tabel IV. Pembersihan dilakukan dengan menyamakan nama mk menjadi satu. Sehingga pada saat dilakukan perintah *query grouping* berdasarkan kodemk, namamk, dan dosen akan menghasilkan satu baris data dengan jumlah mahasiswa merupakan penjumlahan dari keduanya dengan menggunakan fungsi agregat *sum*.
- Penandaan jenis mata kuliah apakah masuk dalam kelompok teori, praktek gambar, atau praktek komputer. Mata kuliah yang perlu diletakkan di ruang gambar (D203, D204) adalah mata kuliah praktek gambar. Mata kuliah yang perlu diletakkan di ruang praktek komputer (D101, D102, D103, D104). Sedangkan mata kuliah yang diadakan di ruang selain ruang gambar dan praktek komputer merupakan mata kuliah teori. Akan tetapi ada beberapa mata kuliah teori yang diletakkan di ruang gambar sehingga perlu pengubahan jenis mata kuliah ini menjadi mata kuliah teori.

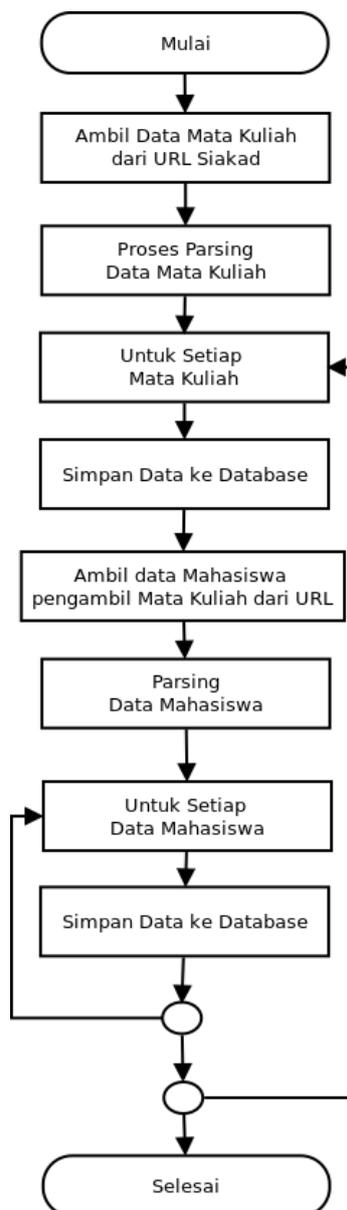
3. Penyiapan Struktur Tabel Penjadwalan

Tabel penjadwalan merupakan tempat penyimpanan hasil penjadwalan yang telah dibuat. Tabel ini berisi daftar kolom yang dibutuhkan untuk penjadwalan dan diinisialisasi dengan baris data / *record* yang merupakan kombinasi dari tanggal, jam ujian, dan ruang ujian yang digunakan. Tabel ini merupakan inti dari penggunaan metode ini. Di dalamnya terdapat penjadwalan ujian sekaligus penjadwalan pengawas ujian bagi dosen atau tenaga kependidikan yang ditugasi.

Struktur lengkap tabel ini seperti dalam Tabel V. *Primary key* dari tabel penjadwalan merupakan gabungan dari kolom tgl, jam, dan ruang. Tabel penjadwalan tidak dinormalisasi untuk kemudahan penampilan laporan penjadwalan.

4. Inisialisasi Tabel Penjadwalan

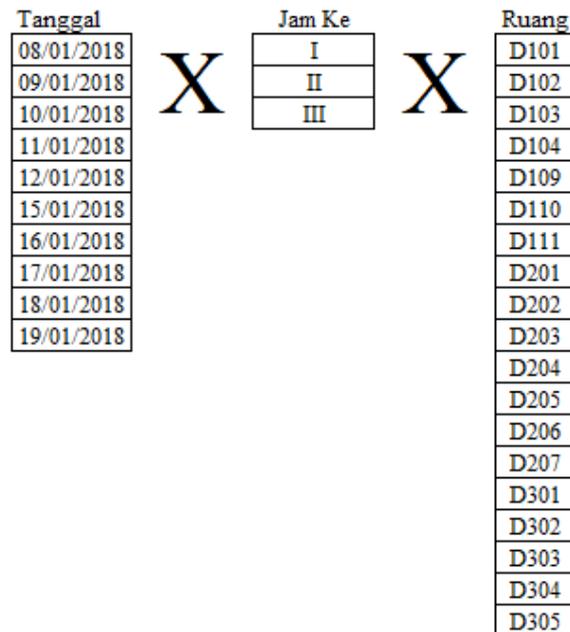
Tabel penjadwalan diinisialisasi dengan kombinasi tanggal pelaksanaan ujian dan jumlah pelaksanaan ujian per-harinya. Untuk UAS semester gasal 2017/2018 diadakan mulai tanggal 8 januari 2018 sampai dengan tanggal 19 januari 2018 (senin-jumat). Sedangkan ujian dilakukan 3 kali dalam satu hari dengan ruang ujian berjumlah 19



Gambar 6. Diagram Alir Perolehan Data

TABEL IV
MATA KULIAH DENGAN KODE MK YANG SAMA TETAPI NAMA MK BERBEDA

Kurikulum	Kode MK	Nama MK	Kelas	Jml Mhs
2016	TSU 304	Matematika 3	G	22
2015	TSU 304	Matematika III	L	1



Gambar 7. Kombinasi item penjadwalan

TABEL V
STRUKTUR TABEL PENJADWALAN

No	Kolom	Tipe Data	Keterangan
1	Tgl	date	Tanggal, <i>primary key</i>
2	Hari	varchar(10)	Hari
3	jam	varchar(5)	Jam ke-1/2/3, <i>primary key</i>
4	waktu	varchar(12)	Waktu
5	kodek	varchar(12)	
6	namamk	varchar(64)	
7	prodi	varchar(5)	
8	Sem	int(110)	
9	Ruang	varchar(64)	<i>primary key</i>
10	Kapasitas	int(11)	Kapasitas ruangan
11	Isi	int(11)	Isi ruangan
12	Jenis	varchar(20)	teori/gambar/ praktek
13	Guna	int(11)	0: tidak digunakan, 1: digunakan
14	Dosen	varchar(64)	Dosen pengampu
15	pengawas	varchar(64)	Pengawas ruangan

ruangan. Kombinasi dari ketiga informasi tersebut menghasilkan 570 kombinasi / baris data. Diagram kombinasi dari ketiga item tersebut disajikan seperti pada Gambar 7. Sebagian kombinasi data dari ketiga informasi tersebut disajikan dalam Tabel VI.

5. Pengisian Prasyarat Dosen-Ruang

Prasyarat Dosen-Ruang merupakan pengisian ruangan-ruangan bisa diisi oleh dosen saat menjadi pengawas. Ruang ujian berada di gedung lantai 1, lantai 2, dan lantai 3. Sejumlah dosen dialokasikan hanya mengawasi di lantai 1, atau hanya mengawasi di lantai 1 dan 2. Sejumlah dosen yang lain bisa mengawasi di setiap lantai. Prasyarat ini digunakan dengan pertimbangan usia, kondisi fisik, dan sebab lain sehingga hanya bisa mengawasi di lantai tertentu saja. Informasi prasyarat ini disimpan dalam tabel dengan struktur seperti pada Tabel VII.

Data yang disimpan di tabel tersebut merupakan daftar ruangan yang tidak diawasi/dihindari oleh dosen tersebut. Sehingga jika ada ruangan D301 sebagai contoh masuk dalam tabel tersebut dengan nama dosen A, maka dosen A saat pengalokasian pengawas tidak akan dialokasikan di ruangan D301. Contoh data dari prasyarat dosen ruang ini seperti disajikan pada Tabel VIII.

Dari data di Tabel VIII diperoleh informasi bahwa Dosen A bisa dialokasikan di semua ruang ujian kecuali di lantai 3 (D301, D302, D303, D304, D305). Sedangkan Dosen B hanya bisa dialokasikan sebagai pengawas di lantai 1.

TABEL VI
INISIALISASI TABEL PENJADWALAN

Tgl	Jam	Ruang	Kapasitas	Isi	Guna
08/01/2018	I	D101	27	0	1
08/01/2018	I	D102	27	0	1
08/01/2018	I	D103	27	0	1
08/01/2018	I	D104	27	0	1
08/01/2018	I	D109	30	0	1
08/01/2018	I	D110	30	0	1
08/01/2018	I	D111	30	0	1
08/01/2018	I	D201	32	0	1
08/01/2018	I	D202	40	0	1
08/01/2018	I	D203	20	0	1
08/01/2018	I	D204	20	0	1
08/01/2018	I	D205	10	0	0
08/01/2018	I	D206	30	0	1
08/01/2018	I	D207	30	0	1
08/01/2018	I	D301	40	0	1
08/01/2018	I	D302	40	0	1
08/01/2018	I	D303	30	0	1
08/01/2018	I	D304	30	0	1
08/01/2018	I	D305	30	0	1

TABEL VII
STRUKTUR TABEL PRASYARAT DOSEN - RUANG

No	Kolom	Tipe	Keterangan
1	Dosen	varchar(64)	Nama dosen
2	Ruang	varchar(64)	Ruang yang tidak diawasi oleh dosen

TABEL VIII
CONTOH DATA PRASYARAT DOSEN-RUANG

Dosen	Ruang
A	D301
A	D302
A	D303
A	D304
A	D305
B	D301
B	D302
B	D303
B	D304
B	D305
B	D201
B	D202
B	D203
B	D204
B	D205
B	D206
B	D207

6. Pengisian Prasyarat Dosen-Waktu

Prasyarat dosen-waktu merupakan kriteria untuk menentukan waktu-waktu yang tidak bisa dialokasikan untuk dosen-dosen yang ditentukan. Prasyarat ini digunakan untuk menyimpan daftar waktu pengawasan yang tidak boleh dialokasikan. Struktur tabel yang digunakan untuk menyimpan informasi prasyarat ini seperti yang disajikan di Tabel IX. Contoh data dari prasyarat dosen waktu ini seperti disajikan pada Tabel X.

TABEL IX
STRUKTUR TABEL PRASYARAT DOSEN - WAKTU

No	Kolom	Tipe	Keterangan
1	Tgl	Date	Tanggal prasyarat
2	Jam	varchar(5)	Jam ujian ke-
3	dosen	varchar(64)	Nama dosen

TABEL X
CONTOH DATA PRASYARAT DOSEN-WAKTU

Tgl	Jam	Dosen
2018-01-08	III	A
2018-01-09	III	A
2018-01-10	III	A
2018-01-08	III	B
2018-01-09	III	B
2018-01-08	II	C
2018-01-09	I	C
2018-01-08	II	D
2018-01-09	I	D
2018-01-10	II	D

7. Proses Penjadwalan Ujian dengan Multi-Criteria Iterative Forward Search

Proses penjadwalan dilakukan untuk mengisi kolom kode_mk, namamk, prodi, sem, isi, dan dosen dari tabel penjadwalan yang telah diinisialisasi. Tahapan algoritma *Multi-Criteria IFS* yang digunakan disajikan dalam bentuk *pseudo-code* berikut ini:

Inisialisasi jenis_uji ← [PRAKT, GAMBAR, TEORI]

FOR jenis IN jenis_uji

Ambil daftar mk yang bertipe jenis dari tabel mk (prodi, sem, dosen, kode_mk, namamk, jml_mhs) dan urut secara random
FOR data IN daftar_mk

Ambil satu data dari tabel jadwal (tgl, jam, daftar ruang dan kapasitas, kapasitas total) yang memenuhi syarat :

1. Pada tgl dan jam ini tidak ada mhs mata kuliah ini yang sedang mengikuti ujian mata kuliah lain
2. Pada tgl dan jam ini ruang yang diambil belum digunakan
3. Pada tgl dan jam ini ruang tersebut bisa digunakan
4. Pada tgl dan jam ini ruang yang diambil sesuai dengan jenis mk yang diujikan
5. Total kapasitas dari ruang yang diambil pada tgl dan jam ini sama dengan atau lebih besar dibandingkan dengan jml_mhs peserta mk ini.

IF ketemu satu data THEN

jml ← jml_mhs

FOR ruang, kap IN daftar_ruang_kapasitas

IF jml = 0 THEN

SELESAI

END IF

isi ← kap

IF jml >= isi THEN

jml = jml - isi

ELSE

isi = jml

jml = 0

END IF

UPDATE tabel jadwal pada tgl, jam, ruang tersebut :

Kode_mk ← kode

Namamk ← nama

Prodi ← prodi

Sem ← sem

Isi ← isi

Dosen ← dosen

NEXT FOR

END IF

NEXT FOR

NEXT FOR

8. Proses Penjadwalan Pengawas Ujian dengan Multi-Criteria Iterative Forward Search

Proses penjadwalan dilakukan untuk mengisi kolom pengawas dari tabel penjadwalan yang telah diinisialisasi. Pengisian dengan menggunakan tabel daftar pengawas (dosen dan staf kependidikan).

Tahapan algoritma Multi-Criteria IFS yang digunakan untuk mengisi kolom pengawas disajikan dalam bentuk *pseudo-code* berikut ini:

```

InisialisasiPengawas ← NULL
putaranalokasi ← 0
alokasisukses ← 0
rerata ← 0
ruangpengawas ← ambil data jadwal yang belum ada pengawasnya
WHILE (ruangpengawas > 0 ) DO
    putaranalokasi ← putaranalokasi + 1
    rerata ← rerata + 3
    daftarpengawas ← ambil data pengawas
    FOR npengawas IN daftarpengawas
        daftarlantairuang ← ambil daftar rantai ruang yang memenuhi syarat untuk pengawas ini
        jml_awas ← ambil jumlah pengawasan untuk pengawas ini
        IF (jml_awas <= rerata) THEN
            FOR lantai IN daftarlantairuang
                druang = ambil ruang di lantai yang memenuhi syarat
                IF jumlah (druang) > 0 THEN
                    Isikan pengawas ini di jadwal pada tgl, jam, dan ruang tersebut
                    alokasisukses ← alokasisukses + 1
                END IF
            NEXT FOR
        END IF
    NEXT FOR
    ruangpengawas ← ambil data jadwal yang belum ada pengawasnya
    IF ruangpengawas > 0 THEN
        IF alokasisukses = 0 THEN
            CETAK → ADA ruang kosong=ruangkosong yang belum teralokasi
            BREAK
        END IF
    END IF
END WHILE

```

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penjadwalan Ujian

Hasil dari penelitian ini berupa aplikasi yang bisa digunakan untuk menghasilkan penjadwalan ujian dan penjadwalan pengawas dari parameter-parameter masukan yang disediakan. Parameter-parameter masukan tersebut meliputi data mata kuliah beserta dosen pengampu, data hari pelaksanaan ujian, data dosen beserta prasyarat ruang dan waktu untuk pengawasan ujian. Sistem telah diujicoba dan digunakan untuk menjadwal pada ujian uts dan uas untuk semester gasal dan genap periode 2017/2018 dan uts semester gasal periode 2018/2019.

Aplikasi penjadwalan ujian dan pengawas ujian ini dijalankan dengan proses di terminal. Proses pencarian waktu untuk ujian dilakukan dengan metode seperti yang dijelaskan di bagian prosedur penelitian. Hasil penjadwalan yang diperoleh ditampilkan dengan menggunakan browser seperti yang tersaji pada Gambar 8.

Dari gambar 8, ujian direncanakan di mulai pada hari selasa mulai jam ke-2 dengan menampilkan nama mata kuliah, program studi dari mata kuliah, ruang tempat pelaksanaan ujian dan dosen pengampu dari mata kuliah tersebut. Salah satu mata kuliah tersebut yaitu **Algoritma dan Struktur Data** merupakan mata kuliah praktek komputer dari Program Studi TIF dengan jumlah mahasiswa peserta kuliah 79 orang, berhasil dijadwalkan dengan menggunakan 3 ruang laboratorium komputer dari 4 laboratorium yang ada. Ruang terakhir D103 terisi 25 dari 27 kapasitas yang ada. Mata kuliah **Ilustrasi I** dari Program Studi DKV merupakan mata kuliah gambar dengan jumlah peserta 39 orang juga berhasil dijadwalkan di ruang gambar D203 dan D204.

Dari hasil tersebut, terlihat mata kuliah dengan jumlah peserta melebihi kapasitas ruangan ujian tetap dijadwalkan pada hari dan jam yang sama dengan menambahkan jumlah ruangan yang sesuai. Peserta ujian juga hanya mendapatkan satu jadwal ujian pada satu saat.

Tanggal	Jam Ke-	Kode	Nama MK	Prodi	Sem	Ruang	Kap	Isi	Dosen
2018-07-03 SELASA	I 08:00-09:30					D101	27	0	
						D102	27	0	
	II 10:00-11:30	TIF5212	Algoritma dan Struktur Data	TIF	2	D101	27	27	R. HADAPININGRADJA KUSUMODESTONI S.Kom., M.Kom
		TIF5212	Algoritma dan Struktur Data	TIF	2	D102	27	27	R. HADAPININGRADJA KUSUMODESTONI S.Kom., M.Kom
		TIF5212	Algoritma dan Struktur Data	TIF	2	D103	27	25	R. HADAPININGRADJA KUSUMODESTONI S.Kom., M.Kom
		TE5433	Prak. Dasar Sistem Kendali	TE	4	D104	27	11	M. SAGAF, S.T., M.T.
		TI 5401	Keselamatan dan Kesehatan Kerja	TI	4	D109	30	19	Khusna Dwijayanti, S.T., M.Eng, Ph.D.
		TSW 406P	Desain Pondasi	TS	4	D110	30	17	Masrurotun SPdT., MT.
		DP5421	Teknik Finishing I	DP	4	D111	30	22	Jati Widagdo, S.Sn., M.SN.
		DKP5204	Nirmana II	DP	2	D201	32	27	H. Ariyanto, ST. MT.
		BP5306	Pengantar Oceanografi	BP	2	D202	40	7	Arif Mustofa, S.T., M.Si
		DKV5202	Ilustrasi I	DKV	2	D203	20	20	Zainul Arifin MA, M.Hum.
		DKV5202	Ilustrasi I	DKV	2	D204	20	19	Zainul Arifin MA, M.Hum.
							D205	10	0
	DKV 5208	Fotografi	DP	5	D206	30	21	DS. Drajat Wibowo, M.Sn.	
	TI 5702	Perancangan dan Analisis Sistem Informasi	TI	7	D207	30	17	Noor Azizah, M.Kom.	
	BP5428	Managemen Pembenihan Ikan	BP	4	D301	40	12	Noor Hamid, M.Sc	
	SISFO1130	Analisis dan Perancangan Sistem Informasi	SI	4	D302	40	18	Noor Azizah, M.Kom.	
	TE5647	Grounding dan Proteksi	TE	6	D303	30	16	Safrizal, S.T., M.T.	
	TE5210	Teknik Digital	TE	2	D304	30	13	Dias Prihatmoko, ST. M.Eng.	
	BP130	Fisiologi Reproduksi Hewan Air	BP	6	D305	30	8	NURCAHYO KURSISTIYANTO, Drs. M.Si.	
	III 13:00-14:30	TIF5639	Modelling dan Ringging Karakter	TIF	6	D101	27	27	Guntur Wahyu NyiproWibowo, M.Kom.
		TIF5639	Modelling dan Ringging Karakter	TIF	6	D102	27	12	Guntur Wahyu NyiproWibowo, M.Kom.
		TIF5428	Jaringan Komputer Lanjut	TIF	4	D103	27	27	TEGUH TAMRIN, S.Kom., M.Kom.
		TIF5428	Jaringan Komputer Lanjut	TIF	4	D104	27	3	TEGUH TAMRIN, S.Kom., M.Kom.
		UNIS14108	Sejarah Peradaban Islam	DP	4	D109	30	23	H. Agus Nawawi, Drs., M.Pd.
UNIS17106		Ke-NU-an	TE	2	D110	30	30	SYAMSUL MA'ARIF, S.H.I., M.S.I.	

Gambar 8. Jadwal ujian yang dihasilkan.

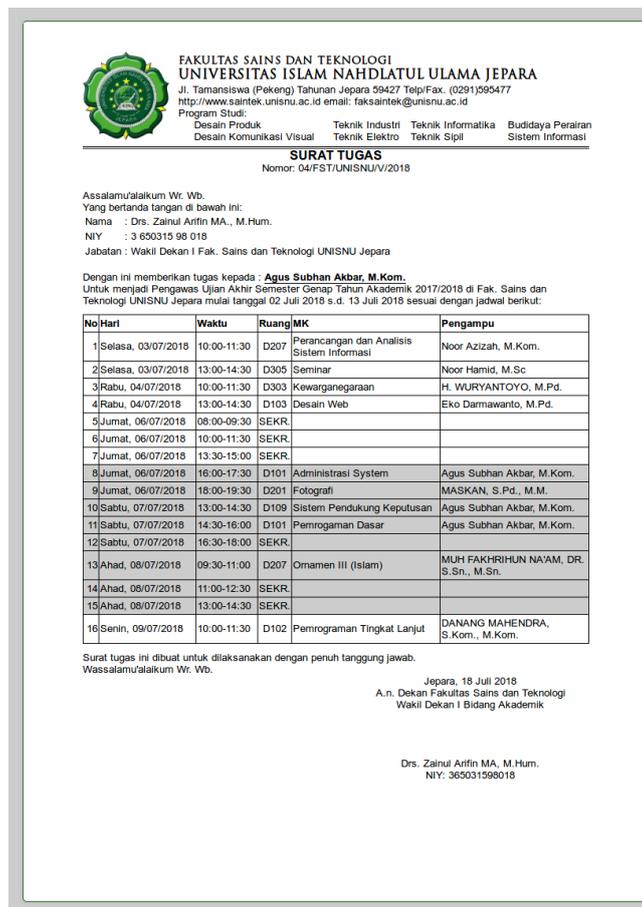
Tanggal	Jam Ke-	Kode	Nama MK	Prodi	Sem	Ruang	Dosen	Kap	Isi	Pengawas
	II 10:00-11:30	TIF5212	Algoritma dan Struktur Data	TIF	2	D101	R. HADAPININGRADJA KUSUMODESTONI, S.Kom., M.Kom	27	27	Safrizal, S.T., M.T.
		TIF5212	Algoritma dan Struktur Data	TIF	2	D102	R. HADAPININGRADJA KUSUMODESTONI, S.Kom., M.Kom	27	27	Mochammad Qomaruddin, ST. MT.
		TIF5212	Algoritma dan Struktur Data	TIF	2	D103	R. HADAPININGRADJA KUSUMODESTONI, S.Kom., M.Kom	27	25	H. NOOR HAMID, Ir., M.Sc.
		TE5433	Prak. Dasar Sistem Kendali	TE	4	D104	M. SAGAF, S.T., M.T.	27	11	Khusna Dwijayanti, S.T., M.Eng, Ph.D.
		TI 5401	Keselamatan dan Kesehatan Kerja	TI	4	D109	Khusna Dwijayanti, S.T., M.Eng, Ph.D.	30	19	DWI RETNA SULISTYOWATI, S.E., M.M.
		TSW 406P	Desain Pondasi	TS	4	D110	Masrurotun SPdT., MT.	30	17	DS.DRAJAT WIBOWO, M.Sn
		DP5421	Teknik Finishing I	DP	4	D111	Jati Widagdo, S.Sn., M.SN.	30	22	ARIF MUSTOFA, ST., M.Si.
		DKP5204	Nirmana II	DP	2	D201	H. Ariyanto, ST. MT.	32	27	BUANG BUDI WAHONO, S.Si., M.Kom
		BP5306	Pengantar Oceanografi	BP	2	D202	Arif Mustofa, S.T., M.Si	40	7	LUKY MUDIARTI, Ir. M.Si.
		DKV5202	Ilustrasi I	DKV	2	D203	Zainul Arifin MA, M.Hum.	20	20	Nur Aeni Widiastuti, S.Pd., M.Kom
		DKV5202	Ilustrasi I	DKV	2	D204	Zainul Arifin MA, M.Hum.	20	19	HERU SAPUTRO, M.Kom
							D205		10	0
	DKV 5208	Fotografi	DP	5	D206	DS. Drajat Wibowo, M.Sn.	30	21	Darl Fikr Sabilul Illiyin	
	TI 5702	Perancangan dan Analisis Sistem Informasi	TI	7	D207	Noor Azizah, M.Kom.	30	17	Agus Subhan Akbar, M.Kom.	
	BP5428	Managemen Pembenihan Ikan	BP	4	D301	Noor Hamid, M.Sc	40	12	DIAS PRIHATMOKO, S.T., M.Eng.	
	SISFO1130	Analisis dan Perancangan Sistem Informasi	SI	4	D302	Noor Azizah, M.Kom.	40	18	Sisno Riyoko, S.E., M.M.	
	TE5647	Grounding dan Proteksi	TE	6	D303	Safrizal, S.T., M.T.	30	16	SYAMSUL MA'ARIF, S.H.I., M.S.I.	
	TE5210	Teknik Digital	TE	2	D304	Dias Prihatmoko, ST. M.Eng.	30	13	ADI SUCIPTO, Ir., M.Kom.	
	BP130	Fisiologi Reproduksi Hewan Air	BP	6	D305	NURCAHYO KURSISTIYANTO, Drs. M.Si.	30	8	Ike Istanti	

Gambar 9. Hasil penjadwalan pengawas ujian

B. Hasil Penjadwalan Pengawas Ujian

Penjadwalan pengawas ujian di sistem ini bisa diakses dalam bentuk jadwal secara lengkap dengan menggunakan *browser* seperti yang tersaji pada Gambar 9. Kolom pengawas disajikan pada kolom terakhir dan memenuhi kriteria yang ditetapkan dalam penelitian ini. Kriteria tersebut meliputi bahwa pengawas hanya mengawasi satu ruangan pada satu saat, dialokasikan sesuai prasyarat ruangan yang ditentukan, dan memenuhi prasyarat waktu pengawasan yang telah ditentukan.

Keluaran lain dari jadwal pengawasan ini dalam bentuk surat tugas kepada masing-masing pengawas yang ditandatangani oleh wakil dekan 1 atas nama dekan fakultas. Surat tugas ini diperlukan sebagai pengingat akan tugas kepengawasan dari masing-masing dosen/tenaga kependidikan akan jadwal pengawasan yang ditugaskannya. Juga sebagai dokumen penunjang akademik yang bisa dimanfaatkan sebagai bukti



Gambar 10. Tampilan surat tugas kepengawasan

kepengawasannya. Salah satu contoh hasil surat tugas yang dihasilkan oleh sistem penjadwalan ini seperti yang disajikan pada Gambar 10.

V. KESIMPULAN

Sistem penjadwalan ujian dan pengawas ujian ini bisa menjadi alternatif penyusunan jadwal ujian dan kepengawasan secara otomatis dengan memasukkan sejumlah parameter yang dibutuhkan. Sistem berhasil mengalokasikan penjadwalan ujian untuk mata kuliah dengan peserta melebihi kapasitas satu ruang ujian dengan menambahkan ruangan lain yang memenuhi syarat (ruang praktek komputer, ruang gambar, dan ruang ujian teori), sehingga ujian dilaksanakan dalam waktu yang sama, tidak berbeda hari ataupun jam pelaksanaan ujian. Peserta ujian juga hanya mendapatkan satu jadwal ujian pada satu saat.

Sistem juga menghasilkan penjadwalan pengawas ruang ujian bagi dosen dan tenaga kependidikan dengan tetap mematuhi persyaratan-persyaratan yang ada. Persyaratannya meliputi pengawas hanya mendapatkan satu tugas kepengawasan pada satu saat, dan mendapatkan jatah kepengawasan sesuai dengan prasyarat ruang yang ditentukan dan prasyarat waktu yang telah ditentukan.

Keterbatasan yang masih ada dalam sistem ini seperti masih belum ada prasyarat untuk peserta ujian hanya mendapatkan satu atau dua jadwal dalam satu hari. Sistem masih mengalokasikan secara acak sehingga bisa saja satu orang peserta mendapatkan jadwal ujian 3 kali berturut-turut dalam satu hari ataupun tidak mendapatkan jadwal sama sekali dalam satu hari. Kondisi ini tentu akan mempengaruhi kualitas hasil dari pelaksanaan ujian.

Sistem penjadwalan ini bisa dintegrasikan ke dalam SIAKAD yang ada sehingga bisa memaksimalkan fungsi SIAKAD yang telah digunakan.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh DRPMRISTEK DIKTI lewat Program Hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun 2018. Penelitian ini merupakan penelitian tahun ke 1 dari 1 tahun rencana penelitian dari penulis. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada DRPM RISTEKDIKTI yang telah memberi kesempatan dan dukungan dana hingga selesainya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sevima.com, “SEVIMA siAkad,” 2017. [Online]. Available: <http://sevima.com/siakad/>. [Accessed: 07-Jun-2017].
- [2] Siakad-online.com, “Sistem Informasi Akademik Kampus | SIAKAD ONLINE,” 2017. [Online]. Available: <http://www.siakad-online.com/>. [Accessed: 07-Jun-2017].
- [3] Siakad.unisnu.ac.id, “Home - Sistem Informasi Akademik,” 2017. [Online]. Available: <https://siakad.unisnu.ac.id/>. [Accessed: 07-Jun-2017].
- [4] V. Tandean and L. Hiryanto, “Aplikasi Penjadwalan Ujian Dan Kuliah Pengganti Dengan Metode Ant Colony Optimization (Studi Kasus: FTI UNTAR),” *J. Ilmu Komput. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 1, pp. 156–161, 2014.
- [5] A. Rochman, “Penjadwalan kuliah menggunakan metode constraints programming dan simulated annealing,” *Semin. Nas. Apl. Teknol. Inf.*, no. 2012, 2012.
- [6] A. S. Akbar and D. Mahendra, “Khataman qur’an berjamaah secara online berbasis instant messaging server,” *Nusant. J. Comput. its Appl.*, vol. 2, no. 2, 2017.
- [7] A. Qoiriah, “Penjadwalan ujian akhir semester dengan algoritma genetika (studi kasus Jurusan Teknik Informatika UNESA),” *J. Manaj. Inform.*, vol. 3, no. 2, 2014.
- [8] B. Harnadi, “Analisis algoritma assignment pada program penjadwalan,” *Pros. Semin. Nas. Sains Dan Teknol. Fak. Tek.*, vol. 1, no. 1, 2011.
- [9] F. Regina and L. Hiryanto, “Sistem Penjadwalan Ujian dengan Metode Iterative Forward Search (Studi Kasus: Fti Untar),” *J. Ilmu Komput. dan Sist. Inf.*, vol. 3, no. 1, pp. 76–80, 2015.
- [10] T. Müller, “Iterative Forward Search Algorithm: Combining Local Search with Maintaining Arc Consistency and a Conflict-Based Statistics,” in *The 10th International Conference on the Principles and Practice of Constraint Programming*, 2004, p. 802.