

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini didapatkan dari hasil observasi objek maupun kuesioner dan wawancara. Observasi objek secara langsung maupun kuesioner dan membagikan kuesioner kepada dosen. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui jadwal hari mata kuliah yang sesuai dengan kesediaan dosen atau waktu preferensi mengajar dosen pengampu untuk pelaksanaan perkuliahan semester Genap Tahun Ajaran 2022-2023. Kemudian pengumpulan data juga dilakukan melalui wawancara. Wawancara dilakukan untuk mengetahui data profil jurusan, mata kuliah, dosen pengampu, jumlah mata kuliah per-hari, jumlah mata kuliah per-minggu dan proses penyusunan jadwal mata kuliah pada jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Sementara, wawancara tersebut dilakukan dengan staf admin yang telah berpengalaman dan mengetahui proses penyusunan jadwal mata kuliah secara spesifik.

4.1.1 Data Dosen Pengampu Mata Kuliah pada Jurusan Studi Teknik Industri

Berikut ini adalah data mata kuliah dan dosen pengampu pada jurusan Teknik industri semester genap tahun ajaran 2022-2023.

Tabel 3. Data Dosen Pengampu Mata Kuliah

No.	Dosen Pengampu	Kelas	SKS	Mata Kuliah
1	Achmad Bahauddin,S.T., M.T.	A	2	Analitika Data
2	Achmad Bahauddin,S.T., M.T.	B	2	Analitika Data
3	Achmad Bahauddin,S.T., M.T.	C	2	Analitika Data
4	Achmad Bahauddin,S.T., M.T.	D	2	Analitika Data
5	Akbar Gunawan,S.T., M.T.	C	2	Analisis dan Perancangan Sistem Informasi
6	Akbar Gunawan,S.T., M.T.	D	2	Analisis dan Perancangan Sistem Informasi
7	Ade Irman Saeful Mutaqin S,S.T., M.T	C	2	Proses Manufaktur
8	Ade Irman Saeful Mutaqin S,S.T., M.T	D	2	Proses Manufaktur

Tabel 4. Data Dosen Pengampu Mata Kuliah (Lanjutan)

No.	Dosen Pengampu	Kelas	SKS	Mata Kuliah
9	Dr. Ing. Ir. H Asep Ridwan, S.T., M.T.	A	3	Pengendalian dan Penjaminan Mutu
10	Aditya Rahadian Fachrur, S.Si, M.MT	D	3	Penelitian Operasional 2
11	Aditya Rahadian Fachrur, S.Si, M.MT	D	3	Pengendalian dan Penjaminan Mutu
12	Atia Sonda, S.Si., M.Si	A	3	Aljabar Linear
13	Atia Sonda, S.Si., M.Si	B	3	Aljabar Linear
14	Dr. Ade Sri Mariawati, S.T., M.T.	C	3	Ergonomi 2
15	Ani Umiyati, S.T., M.T.	D	3	Ergonomi 2
16	Dr. Anting Wulandari, S.T.P., M.Si.	A	3	Fisika Dasar 2
17	Dr. Anting Wulandari, S.T.P., M.Si.	B	3	Fisika Dasar 2
18	Dr. Anting Wulandari, S.T.P., M.Si.	C	3	Fisika Dasar 2
19	Dr. Anting Wulandari, S.T.P., M.Si.	D	3	Fisika Dasar 2
20	Bobby Kurniawan, S.T., M.T.	A	2	Proses Manufaktur
21	Dr. Ir Daenulhay, M.M.	C	3	Ekonomika dan Ekonomi Teknik
22	Dyah Lintang Trenggonowati, S.T., M.T.	A	2	Pemodelan Sistem
23	Dyah Lintang Trenggonowati, S.T., M.T.	B	2	Pemodelan Sistem
24	Dyah Lintang Trenggonowati, S.T., M.T.	C	2	Pemodelan Sistem
25	Dyah Lintang Trenggonowati, S.T., M.T.	D	2	Pemodelan Sistem
26	Evi Febianti, S.T., M.Eng.	C	3	Aljabar Linear
27	Evi Febianti, S.T., M.Eng.	D	3	Aljabar Linear
28	Dr. Faula Arina, S.Si., M.Si.	A	3	Statistika 2
29	Dr. Faula Arina, S.Si., M.Si.	B	3	Statistika 2
30	Hadi Setiawan, S.T., M.T	A	3	Perancangan dan Manajemen Organisasi Industri
31	Hadi Setiawan, S.T., M.T	B	3	Perancangan dan Manajemen Organisasi Industri
32	Dr. Lely Herlina, S.T., M.T.	B	2	Metodologi Penelitian
33	Dr. Lovely Lady, ST, MT	A	3	Ergonomi 2

Tabel 5. Data Dosen Pengampu Mata Kuliah (Lanjutan)

No.	Dosen Pengampu	Kelas	SKS	Mata Kuliah
34	Dr. Muhammad Adha Ilhami, S.T., M.T.	B	2	Proses Manufaktur
35	Dr. Ir. Maria Ulfah., MT.	C	3	Statistika 2
36	Dr. Ir. Maria Ulfah., MT.	D	3	Statistika 2
37	Nustin Merdiana Dewantari, ST., MT	A	2	Ekologi Industri
38	Nustin Merdiana Dewantari, ST., MT	B	2	Ekologi Industri
39	Nuraida Wahyuni, S.T., M.T.	A	2	Analisis dan Perancangan Sistem Informasi
40	Nuraida Wahyuni, S.T., M.T.	B	2	Analisis dan Perancangan Sistem Informasi
41	Nuraida Wahyuni, S.T., M.T.	D	3	Ekonomika dan Ekonomi Teknik
42	Dr. Putiri Bhuana Katili, M.T.	A	4	Kalkulus 2
43	Dr. Putiri Bhuana Katili, M.T.	B	4	Kalkulus 2
44	Dr. Putiri Bhuana Katili, M.T.	C	4	Kalkulus 2
45	Dr. Putiri Bhuana Katili, M.T.	D	4	Kalkulus 2
46	Putro Ferro Ferdinant, S.T., M.T.	B	3	Pengendalian dan Penjaminan Mutu
47	Putro Ferro Ferdinant, S.T., M.T.	C	3	Pengendalian dan Penjaminan Mutu
48	Dr. Ratna Ekawati, ST., MT.	A	3	Penelitian Operasional 2
49	Dr. Ratna Ekawati, ST., MT.	B	3	Penelitian Operasional 2
50	Dr. Ratna Ekawati, ST., MT.	C	3	Penelitian Operasional 2
51	Sidik Susilo, S.T., M.Sc	C	2	Mekanika Teknik
52	Sidik Susilo, S.T., M.Sc	D	2	Mekanika Teknik
53	Dr. Shanti Kirana Anggraeni, S.P., M.T.	A	3	Ekonomika dan Ekonomi Teknik
54	Dr. Shanti Kirana Anggraeni, S.P., M.T.	B	3	Ekonomika dan Ekonomi Teknik
55	Dr. Shanti Kirana Anggraeni, S.P., M.T.	D	2	Metodologi Penelitian
56	Dr. Ir., Sirajudin, S.T., M.T.	C	3	Proses Manufaktur
57	Dr. Ir., Sirajudin, S.T., M.T.	D	3	Perancangan dan Manajemen Organisasi Industri

Tabel 6. Data Dosen Pengampu Mata Kuliah (Lanjutan)

No.	Dosen Pengampu	Kelas	SKS	Mata Kuliah
58	Prof. Dr. Ir. Wahyu Susihono, ST.,MT.,IPM.,ASEAN Eng.	D	2	Ekologi Industri
59	Prof.Dr. Ir. Wahyu Susihono, ST.,MT.,IPM.,ASEAN Eng.	A	2	Metodologi Penelitian
60	Dr. Yayan Haryy Yadi, S.T., M.T.	C	2	Ekologi Industri
61	Dr. Yayan Haryy Yadi, S.T., M.T.	B	3	Ergonomi 2
62	Dr. Yayan Haryy Yadi, S.T., M.T.	C	2	Metodologi Penelitian
63	Yusvardi Yusuf, S.T., M.T.	A	2	Mekanika Teknik
64	Yusvardi Yusuf, S.T., M.T.	B	2	Mekanika Teknik

Berdasarkan Tabel 3-Tabel 6 dapat diketahui bahwa jumlah mata kuliah untuk pelaksanaan perkuliahan semester genap tahun ajaran 2022-2023 adalah sebanyak 16 mata kuliah. Mata kuliah tersebut hanya terdiri dari mata kuliah wajib dengan setiap mata kuliahnya dibagi menjadi 4 kelas yakni kelas A, B, C dan D. Mata kuliah dibagi menjadi 4 kelas tersebut dikarenakan setiap 1 tingkatan dibagi menjadi 4 kelompok mahasiswa (indeks n). Sehingga terdapat 12 kelompok mahasiswa untuk 3 tingkatan yakni tingkat 1, 2 dan 3. Setiap kelompok mahasiswa wajib mengambil mata kuliah sesuai dengan kelas yang sudah ditentukan. Adapun untuk mata kuliah pilihan tidak dijadwalkan karena tidak masuk dalam ruang lingkup (batasan) penelitian. Maka untuk mata kuliah pilihan disisipkan di sesi waktu yang kosong setelah penjadwalan mata kuliah wajib dilakukan. Sehingga total mata kuliah keseluruhan sebanyak 64 mata kuliah dengan dosen pengampunya masing-masing. Begitu pula untuk data jumlah SKS setiap mata kuliahnya ada yang memiliki 2 SKS, 3 SKS serta 4 SKS.

4.1.2 Periode Waktu Kuliah per Hari

Berikut ini adalah data periode waktu kuliah per hari yang merupakan sesi yang terdapat pada satu hari di pelaksanaan perkuliahan. Kemudian, untuk setiap 1 sesi perkuliahan sama dengan 1 SKS atau setara dengan 50 menit. Terdapat 10 sesi dengan masing-masing periode waktunya yang disediakan untuk pelaksanaan perkuliahan pada satu hari.

Tabel 7. Periode Waktu Kuliah Per Hari

No.	Periode Waktu	Sesi
1	7.30 – 8.20	1
2	8.20 – 9.10	2
3	9.10 – 10.00	3
4	10.00 – 10.50	4
5	10.50 – 11.40	5
6	13.10 – 14.00	6
7	14.00 – 14.50	7
8	14.50 – 15.40	8
9	15.40 – 16.30	9
10	16.30 – 17.20	10

Dari Tabel 7 dapat diketahui bahwa periode waktu kuliah per harinya yaitu sebanyak 10 sesi. Pada sesi 1 dengan periode waktu dari jam 7.30 sampai jam 8.20. Pada sesi 2 dengan periode waktu dari jam 8.20 sampai jam 9.10. Pada sesi 3 dengan periode waktu dari jam 9.10 sampai jam 10.00. Pada sesi 4 dengan periode waktu dari jam 10.00 sampai jam 10.50. Pada sesi 5 dengan periode waktu 10.50 sampai jam 11.40. Pada sesi 6 dengan periode waktu dari jam 13.10 sampai jam 14.00. Pada sesi 7 dengan periode waktu dari jam 14.00 sampai jam 4.50. Pada sesi 8 dengan periode waktu dari jam 14.50 sampai jam 15.40. Pada sesi 9 dengan periode waktu dari jam 15.40 sampai 16.30. Pada sesi 10 dengan periode waktu dari jam 16.30 sampai jam 17.20.

4.1.3 Jumlah SKS per Mata Kuliah

Setiap mata kuliah yang terdapat pada Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa memiliki jumlah SKS yang bervariasi. Ada yang memiliki jumlah SKS sebanyak 2 SKS, 3 SKS serta ada pula yang memiliki jumlah SKS sebanyak 4 SKS. Sementara, untuk durasi 1 SKS yaitu selama 50 menit.

Tabel 8. Jumlah SKS Per Mata Kuliah

Jumlah SKS	Durasi (menit)
2 SKS	100
3 SKS	150
4 SKS	200

Dari Tabel 8 dapat diketahui durasi pada setiap jumlah SKS yang dimiliki setiap mata kuliah. Mata kuliah dengan jumlah SKS sebanyak 2 SKS memiliki durasi perkuliahan selama 100 menit, untuk mata kuliah dengan jumlah SKS

sebanyak 3 SKS memiliki durasi perkuliahan selama 150 menit dan untuk mata kuliah dengan jumlah SKS sebanyak 4 SKS durasi perkuliahan sebanyak 200 menit.

4.1.4 Waktu Preferensi Mengajar

Waktu Preferensi mengajar dosen merupakan petunjuk, saran atau pendapat yang diberikan dosen pengampu setiap mata kuliah melalui kuesioner yang diberikan. Sehingga dari kuesioner tersebut dapat diketahui waktu preferensi mengajar setiap dosen pengampu mata kuliah. Dosen berhak memilih hari dan sesi sesuai keinginannya. Berikut ini adalah data waktu preferensi mengajar.

Tabel 9. Preferensi Sesi Mengajar

No.	Daftar Dosen	Hari	Sesi
1	Achmad Bahauddin,S.T., M.T.	Selasa, Rabu, dan Kamis	3, 4, 5, 6, 7, 8
2	Akbar Gunawan,S.T., M.T.	Senin, Selasa, Rabu dan Kamis	4, 5, 6, 7
3	Ade Irman Saeful Mutaqin S,S.T., M.T	Senin, Selasa dan Kamis	4, 5, 6, 7, 8, 9
4	Dr. Ing. Ir. H Asep Ridwan, S.T., M.T.	Selasa	1, 2, 3
5	Aditya Rahadian Fachrur,S.Si, M.MT	Senin, Selasa , Rabu	3, 4, 5, 6, 7, 8
		Kamis	4, 5, 6, 7, 8
		Jumat	7, 8
6	Atia Sonda,S.Si., M.Si	Senin, Selasa, Rabu dan Kamis	2, 3, 4, 5
7	Dr. Ade Sri Mariawati, S.T., M.T.	Jumat	2, 3, 4
		Selasa dan Rabu	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
8	Ani Umiyati,S.T., M.T.	Selasa	3
9	Dr. Anting Wulandari, S.T.P., M.Si.	Rabu	4
		Selasa	7
10	Bobby Kurniawan, S.T., M.T.	Rabu dan Kamis	4
		Senin dan Selasa	1, 2, 3, 4, 5, 6
11	Dr. Ir Daenulhay, M.M.	Senin, Selasa, Rabu, Kamis dan Jumat	3, 4, 5, 6, 7, 8
12	Dyah Lintang Trenggonowati,S.T., M.T.	Senin, Selasa, Rabu, Kamis dan Jumat	3, 4, 5
		Selasa	1, 2
13	Evi Febianti, S.T., M.Eng.	Rabu	1
14	Dr. Faula Arina, S.Si., M.Si.	Senin dan Kamis	1, 2
15	Hadi Setiawan, S.T., M.T	Selasa dan Kamis	1, 2, 3, 4, 6, 7
16	Dr. Lely Herlina, S.T., M.T.	Selasa	7
		Rabu	2

Tabel 10. Preferensi Sesi Mengajar (Lanjutan)

No.	Daftar Dosen	Hari	Sesi
17	Dr. Lovely Lady, ST, MT	Selasa	5, 6, 7, 8
		Rabu dan Kamis	1, 2, 3, 4, 5
18	Dr. Muhammad Adha Ilhami, S.T., M.T.	Senin, Selasa dan Rabu	1, 2, 3
		Senin	7
19	Dr. Ir. Maria Ulfah., MT.	Selasa, Kamis dan Jumat	2
		Rabu	4
20	Nustin Merdiana Dewantari, ST., MT	Rabu	3
21	Nuraida Wahyuni, S.T., M.T.	Senin, Selasa, Rabu dan Kamis	3
22	Dr. Putiri Bhuana Katili, M.T.	Senin dan Rabu	1, 2
23	Putro Ferro Ferdinand, S.T., M.T.	Senin dan Kamis	1, 2
		Senin dan Jumat	2, 3, 4
24	Dr. Ratna Ekawati, ST., MT.	Selasa, Rabu dan Kamis	1, 2, 3, 4
25	Dr. Shanti Kirana Anggraeni, S.P., M.T.	Selasa, Rabu dan Kamis	3, 4, 5
26	Dr. Ir., Sirajudin, S.T., M.T.	Rabu dan Kamis	3
27	Prof. Dr. Ir. Wahyu Susihono, ST., MT., IPM., ASEAN Eng.	Selasa dan Rabu	2, 3, 4, 5, 6
28	Dr. Yayan Haryy Yadi, S.T., M.T.	Rabu	2, 3, 4, 5

Dari data Tabel 9 dan Tabel 10 dapat diketahui bahwa jumlah dosen yang memiliki waktu preferensi mengajar sesuai dengan hari dan sesi keinginannya masing-masing sebanyak 28 dosen dari jumlah total keseluruhan dosen pengampu sebanyak 30 dosen. Sehingga dapat diartikan bahwa terdapat 2 dosen yang bersedia mengajar di jadwal hari dan sesi berapa pun. Sebagai contoh Dosen Dr. Ing. Ir. H Asep Ridwan, S.T., M.T. memiliki waktu preferensi mengajar pada hari Selasa untuk sesi 1, 2, dan 3.

4.2 Pengolahan Data

Pada subbab ini dibahas mengenai pengolahan data yang dilakukan. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan model matematika *Integer Linear Programming*. Penggunaan model matematika tersebut dikarenakan seluruh variabel yang terdapat pada penelitian ini merupakan bilangan bulat (*integer*) dan tidak terdapat variabel dalam bentuk bilangan desimal maupun bilangan pecahan maka model yang digunakan adalah *Integer Linear Programming* (ILP). Pengolahan data tersebut diawali dengan melakukan konstruksi model matematika *Integer Linear Programming* yaitu dengan cara melakukan pemetaan model dan

membuat formulasi model untuk menentukan parameter, variabel keputusan, fungsi tujuan dan fungsi pembatas. Selanjutnya membuat *coding* pada *software Lingo*, yang kemudian diperoleh hasil *output* dari *Lingo* dan diinterpretasikan sehingga hasil penjadwalan tersebut dapat diimplementasikan untuk pelaksanaan perkuliahan pada Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

4.2.1 Pengelompokan Dosen Pengampu dan Indeks Mata Kuliah

Pada tahap ini peneliti melakukan pengelompokan dosen pengampu dan indeks mata kuliah kemudian diurutkan berdasarkan abjad guna mempermudah proses pengolahan data pada penelitian ini. Berikut ini adalah pengelompokan data dosen pengampu dan indeks mata kuliah.

Tabel 11. Dosen Pengampu dan Indeks Mata Kuliah

No.	Dosen Pengampu	Indeks Mata Kuliah	Kode
1	Achmad Bahauddin,S.T., M.T.	1, 2, 3, 4	MD 1
2	Akbar Gunawan,S.T., M.T.	5, 6	MD 2
3	Ade Irman Saeful Mutaqin S,S.T., M.T	7, 8	MD 3
4	Dr. Ing. Ir. H Asep Ridwan, S.T., M.T.	9	MD 4
5	Aditya Rahadian Fachrur,S.Si, M.MT	10, 11	MD 5
6	Atia Sonda,S.Si., M.Si	12, 13	MD 6
7	Dr. Ade Sri Mariawati, S.T., M.T.	14	MD 7
8	Ani Umiyati,S.T., M.T.	15	MD 8
9	Dr. Anting Wulandari, S.T.P., M.Si.	16, 17, 18, 19	MD 9
10	Bobby Kurniawan, S.T., M.T.	20	MD 10
11	Dr. Ir Daenulhay, M.M.	21	MD 11
12	Dyah Lintang Trenggonowati,S.T., M.T.	22, 23, 24, 25	MD 12
13	Evi Febianti, S.T., M.Eng.	26, 27	MD 13
14	Dr. Faula Arina, S.Si., M.Si.	28, 29	MD 14
15	Hadi Setiawan, S.T., M.T	30, 31	MD 15
16	Dr. Lely Herlina, S.T., M.T.	32	MD 16
17	Dr. Lovely Lady, ST, MT	33	MD 17
18	Dr. Muhammad Adha Ilhami, S.T., M.T.	34	MD 18
19	Dr. Ir. Maria Ulfah., MT.	35, 36	MD 19
20	Nustin Merdiana Dewantari, ST., MT	37, 38	MD 20
21	Nuraida Wahyuni, S.T., M.T.	39, 40, 41	MD 21
22	Dr. Putiri Bhuana Katili,M.T.	42, 43, 44, 45	MD 22
23	Putro Ferro Ferdinant,S.T., M.T.	46, 47	MD 23
24	Dr. Ratna Ekawati, ST., MT.	48, 49, 50	MD 24
25	Sidik Susilo, S.T., M.Sc	51, 52	MD 25
26	Dr. Shanti Kirana Anggraeni, S.P., M.T.	53, 54, 55	MD 26

Tabel 12. Dosen Pengampu dan Indeks Mata Kuliah (Lanjutan)

No.	Dosen Pengampu	Indeks Mata Kuliah	Kode
27	Dr. Ir., Sirajudin, S.T.,M.T.	56, 57	MD 27
28	Prof.Dr. Ir. Wahyu Susihono, ST., MT., IPM., ASEAN Eng.	58, 59	MD 28
29	Dr. Yayan Haryy Yadi, S.T., M.T.	60, 61, 62	MD 29
30	Yusvardi Yusuf, S.T., M.T.	63, 64	MD 30

Dari Tabel 11 dan Tabel 12 mengenai data mata kuliah dan dosen pengampu di atas dapat diketahui bahwa terdiri dari 30 dosen pengampu dengan indeks mata kuliah yang bervariasi terdapat dosen yang mengampu 4 mata kuliah, 3 mata kuliah, 2 mata kuliah dan 1 mata kuliah. Sebagai contoh, dosen Dr. Lely Herlina, S.T., M.T. sebagai pengampu mata kuliah metodologi penelitian, kelas B dengan indeks mata kuliah 32 dengan kode MD 16. Arti dari kode MD16 menunjukkan bahwa mata kuliah metodologi penelitian yang diampu oleh dosen ke-16 yaitu dosen Dr. Lely Herlina, S.T., M.T.

4.2.2 Pengelompokan Mata Kuliah dan Mahasiswa

Setelah melakukan pengelompokan mata kuliah dan dosen pengampu. Selanjutnya dilakukan pengelompokan sesuai dengan tingkatan dan kelasnya. Pada perkuliahan semester genap ini terdapat empat tingkatan. Tetapi hanya 3 tingkat yang dijadwalkan yakni tingkat satu untuk mahasiswa yang mengontrak mata kuliah di semester dua, tingkat dua untuk mahasiswa yang mengontrak mata kuliah di semester empat, dan tingkat tiga untuk mahasiswa yang mengontrak mata kuliah di semester 6.

Tabel 13. Pengelompokan Mata Kuliah dan Mahasiswa

Kode	(Kelas/Semester)	Indeks Mata Kuliah
1	A/2	12, 16, 20, 37, 42, 63
2	B/2	13, 17, 34, 38, 43, 64
3	C/2	7, 18, 26, 44, 51, 60
4	D/2	8, 19, 27, 45, 52, 58
5	A/4	1, 9, 22, 28, 33, 39, 48
6	B/4	2, 23, 29, 40, 46, 49, 61
7	C/4	3, 5, 14, 24, 35, 47, 50
8	D/4	4, 6, 10, 11, 15, 25, 36
9	A/6	30, 53, 59
10	B/6	31, 32, 54
11	C/6	21, 56, 62
12	D/6	41, 55, 57

Pada Tabel 13 mata kuliah dan kelompok mahasiswa di atas, dapat diketahui bahwa terdapat 12 kelompok mahasiswa berdasarkan kelas dan semester dengan indeks mata kuliahnya masing-masing. Sebagai contoh untuk kelompok mahasiswa 1 dengan kode 1 merupakan mahasiswa dari kelas A semester 2 dengan indeks mata kuliah 12, 16, 20, 37, 42, 63 atau mata kuliah ke 12, 16, 20, 37, 42, 63.

4.2.3 Pengembangan Model Matematika

Teknik Industri merupakan salah satu jurusan yang terdapat di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Bertempat di Jl. Jend. Sudirman KM. 3, Kota Cilegon, Provinsi Banten. Jurusan Teknik Industri memiliki dosen pengajar sebanyak 31 dosen dan 1 staf admin jurusan. Selanjutnya terdapat 4 Laboratorium yaitu Laboratorium Sistem Produksi, Laboratorium Optimasi Sistem Industri dan Kualitas, Studio Manajemen Industri dan Laboratorium Rekayasa Sistem Kerja dan Ergonomi. Berdasarkan rekapitulasi mahasiswa aktif jurusan Teknik Industri sebanyak 517 mahasiswa. Jurusan Teknik Industri memiliki beberapa fasilitas yang cukup baik sebagai penunjang kegiatan setiap civitas akademik baik ruang kelas, aula, dan laboratorium. Pada pelaksanaan perkuliahannya dilakukan secara *offline*. Sebelum pelaksanaan perkuliahan dimulai dilakukan penjadwalan perkuliahan terlebih dahulu.

Pengembangan model dilakukan dengan membuat model matematika dari permasalahan di atas yaitu menggunakan model matematika *Integer Linear Programming* (ILP). Langkah-langkah yang dilakukan dalam pemodelan matematika. Pertama, menentukan asumsi model dan batasan model kemudian mulai dengan penulisan indeks dan parameter. Kedua, menentukan variabel keputusan untuk model penjadwalan perkuliahan. Ketiga, menetapkan batasan dan fungsi tujuannya. Berikut adalah asumsi dan batasan beserta uraian untuk indeks dan parameter model usulan:

Asumsi Model :

1. Setiap mahasiswa mengambil mata kuliah sesuai dengan tingkatannya dan kelompok mahasiswa selalu sama untuk setiap mata kuliah yang di ambil.
2. Dosen pengampu setiap mata kuliah sudah ditentukan.

3. Mahasiswa tingkat 4 sudah tidak ada mata kuliah wajib, sehingga tidak dimasukkan ke dalam kelompok mahasiswa.

Batasan Model :

1. Setiap ruangan kelas hanya dapat digunakan maksimal satu mata kuliah pada hari dan sesi yang sama.
2. Setiap mata kuliah dan kelompok mahasiswa jumlah jadwal mata kuliah tersebut di seluruh hari, sesi dan ruang harus sesuai dengan jumlah SKS mata kuliah tersebut.
3. Setiap ruang, hari, mata kuliah, mahasiswa dan untuk sesi $L= 1- 10$ dijadwalkan secara berurutan maka sesi berikutnya sampai dengan jumlah SKS harus bernilai 1.
4. Setiap hari, dan sesi jumlah mata kuliah yang diampu dosen yang sama hanya dapat dijadwalkan maksimal 1 mata kuliah.
5. Setiap ruang, hari dan sesi hanya dapat dijadwalkan untuk 1 mata kuliah.
6. Pada hari Jumat untuk sesi 6 tidak ada pelaksanaan perkuliahan dikarenakan pada waktu tersebut merupakan jam istirahat Shalat Jumat.
7. Variabel keputusan X_{jklmn} merupakan bilangan biner (bulat)
8. Setiap tingkatan mahasiswa dibagi ke dalam 4 kelompok mahasiswa, sehingga total kelompok mahasiswa terdapat 12 kelompok yang terdiri dari 3 tingkatan.
9. Secara teknis, disarankan menjadwalkan mata kuliah pilihan setelah jadwal untuk 3 tingkatan atau jadwal untuk mahasiswa semester 2, 4, dan 6. Sehingga mata kuliah yang dijadwalkan atau dibuat model adalah mata kuliah wajib.

Notasi

Indeks :

J	$= \{1, \dots, J\}$
K	$= \{1, \dots, K\}$
L	$= \{1, \dots, L\}$
M	$= \{1, \dots, M\}$
N	$= \{1, \dots, K\}$

Parameter :

- M_{Dl} Mata kuliah ke $- M$ yang diampu dosen ke $- L$.
- S_m Durasi Perkuliahan untuk mata kuliah ke $- M$ sesuai dengan beban SKS S_m .
- Y_{mn} Mata kuliah ke $- M$ yang dijadwalkan untuk kelompok mahasiswa ke $- N$.
- Q_{klm} Waktu preferensi mengajar dosen pada hari ke $- K$ dan sesi ke $- L$ untuk mata kuliah ke $- M$.

Variabel Keputusan:

- X_{jklmn} Jadwal pelaksanaan perkuliahan
- $X_{jklmn} \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ Apabila perkuliahan dijadwalkan pada ruangan ke } - J, \text{ hari ke } - K, \text{ sesi ke } - L, \text{ mata kuliah ke } - M, \text{ untuk kelompok mahasiswa ke } - N \\ 0, \text{ Apabila tidak dijadwalkan perkuliahan pada ruangan ke } - J \text{ hari ke } - K, \text{ sesi ke } - L, \text{ mata kuliah ke } - M, \text{ untuk kelompok mahasiswa ke } - N \end{array} \right.$

Dari indeks di atas dapat diketahui bahwa ruangan j yang digunakan untuk pelaksanaan perkuliahan ($J= 1, \dots, J$). Selanjutnya, indeks hari k selama satu minggu perkuliahan hanya dilaksanakan selama 5 hari ($K= 1, \dots, K$). Pada pelaksanaan perkuliahan selama satu hari terdiri dari 10 sesi l ($L= 1, \dots, L$). Kemudian indeks mata kuliah m terdiri dari 64 mata kuliah ($M= 1, \dots, M$). Pembagian kelompok mahasiswa n terbagi menjadi 12 kelompok mahasiswa ($N= 1, \dots, N$). Sementara untuk pengelompokan mata kuliah m dengan setiap dosen pengampu ke 1 (MD_1) dan selanjutnya hingga dosen pengampu ke- 30 (MD_{30}). Selanjutnya setiap mata kuliah dijadwalkan sesuai dengan durasi beban SKS mata kuliah tersebut.

4.2.3.1 Variabel Keputusan

Variabel keputusan dalam model penjadwalan mata kuliah ini adalah menentukan mata kuliah M diambil oleh kelompok mahasiswa N . Serta menentukan penjadwalan mata kuliah M sesuai dengan ruangan J yang tersedia, pada hari ke $- K$, sesi ke $- L$ dengan memperhatikan waktu preferensi mengajar setiap dosen pengampu mata kuliah.

X_{jklmn} Pelaksanaan perkuliahan yang dijadwalkan.

$X_{jklmn} \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ Apabila perkuliahan dijadwalkan pada ruangan ke } - J, \text{ hari ke } - K, \text{ sesi ke } - L, \text{ mata kuliah ke } - M, \text{ untuk kelompok mahasiswa ke } - N \\ 0, \text{ Apabila tidak dijadwalkan perkuliahan pada ruangan ke } - J, \text{ hari ke } - K, \text{ sesi ke } - L, \text{ mata kuliah ke } - M, \text{ untuk kelompok mahasiswa ke } - N \end{array} \right.$

4.2.3.2 Fungsi Tujuan

Pada penulisan model matematika ini menggunakan model matematika *Integer Linear Programming* sehingga fungsi tujuan dari model ini adalah memaksimalkan penggunaan ruangan tersedia yang terpakai selama satu minggu kegiatan perkuliahan dengan memperhatikan waktu preferensi mengajar dosen. Notasi X_{jklmn} merupakan variabel keputusan yang menunjukkan suatu mata kuliah yang dijadwalkan pada ruang, hari, sesi dan kelompok mahasiswa tertentu, bernilai 1 apabila dijadwalkan bernilai 0 apabila tidak dijadwalkan. Selanjutnya notasi Y_{mn} merupakan parameter yang menunjukkan relasi mata kuliah dengan kelompok mahasiswa, bernilai 1 apabila suatu mata kuliah diambil untuk suatu kelompok mahasiswa. Terakhir yaitu notasi Q_{klm} yang merupakan waktu preferensi mengajar dosen, bernilai 1 apabila suatu mata kuliah dijadwalkan di hari dan sesi tertentu. Maka perkalian antara ketiga persamaan tersebut akan bernilai maksimal apabila semuanya bernilai 1. Sehingga jadwal (X_{jklmn}) akan cenderung memilih sesi dan hari yang sesuai dengan (Q_{klm}).

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N X_{jklmn} Y_{mn} Q_{klm} \quad (7)$$

Untuk lebih jelasnya berikut ini adalah ilustrasi dari fungsi tujuan model matematika pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.

Fungsi Tujuan												
Xjklmn	1-1	1-2	2-1	2-2	Ymn	1	2	Qklm	1	2	Misal	
1-1-1					1			1-1			j	1
1-1-2					2	1		1-2			k	2
1-2-1				1				2-1		1	l	2
1-2-2								2-2			n	2
Xjklmn × Ymn × Qklmn = 1										m	2	

Gambar 5. Ilustrasi Fungsi Tujuan

4.2.3.3 Batasan Model

Pada model ini terdiri dari beberapa pembatas model. Berikut ini adalah pembatas model yang terdapat pada penelitian ini.

a. Pembatas 1

Pembatas ini untuk memastikan setiap ruangan (J), hari (K), sesi (L) dan kelompok mahasiswa (N) hanya dapat dijadwalkan untuk 1 mata kuliah. Secara matematis pembatas ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sum_{m=1}^M X_{jklmn} \leq 1 \quad \forall jkln \quad (8)$$

Secara sederhana pembatas ini membuat logika bahwa jumlah ruangan (J), hari (K), sesi (L) dan kelompok mahasiswa (N) berdasarkan jadwal (X_{jklmn}) tidak akan melebihi 1. Untuk lebih jelasnya berikut ini adalah ilustrasi dari pembatas 1 dapat dilihat pada Gambar 6.

Pembatas 1					
Xjklmn	1-1	1-2	2-1	2-2	Misal
1-1-1					j 1
1-1-2					k 2
1-2-1		0		1	l 1
1-2-2					n 2
1-3-1					
1-3-2					
2-1-1					
2-1-2					
2-2-1					
2-2-2					
2-3-1					
2-3-2					

Gambar 6. Ilustrasi Pembatas 1

b. Pembatas 2

Pembatas ini untuk memastikan setiap mata kuliah (M) dan kelompok mahasiswa (N) jumlah jadwal mata kuliah tersebut di seluruh hari (K), sesi (L) dan ruangan (J) harus berjumlah sesuai dengan jumlah SKS (S_m). Secara matematis pembatas ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \sum_{n=1}^N X_{jklmn} Y_{mn} = S_m \quad \forall m \quad (9)$$

Dari pembatas 2 di atas membuat logika bahwa jumlah ruangan (J), hari (K), sesi (L) dan kelompok mahasiswa (N) berdasarkan jadwal (X_{jklmn}) dan mata kuliah yang diambil oleh kelompok mahasiswa (Y_{mn}) sesuai dengan jumlah SKS mata kuliah tersebut (S_m). Berikut ini adalah ilustrasi untuk pembatas 2 dapat dilihat pada Gambar 7.

Pembatas 2									
Xjklmn	1-1	1-2	2-1	2-2	Ymn	1	2	Misal	
1-1-1					1		1	j	1
1-1-2					2			k	2
1-1-3								l	3
1-2-1		1						m	1
1-2-2		1						n	2
1-2-3		1							
Total (S_m)		3							

m	
S_m	3 SKS

Gambar 7. Ilustrasi Pembatas 2

c. Pembatas 3

Pembatas ini untuk memastikan setiap ruangan (J), hari (K), mata kuliah (M) dan kelompok mahasiswa (N) dan untuk sesi maka sesi berikutnya sampai dengan jumlah SKS harus bernilai 1. Secara matematis pembatas ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$X_{jk1mn} Y_{mn} - X_{jkl+2mn} Y_{mn} \leq 0 \quad \forall jkmn$$

$$\forall l \in \{1, \dots, S_m - 1\}$$

$$\forall t \in \{1, \dots, S_m - 1\}$$
(10)

$$X_{jkmn} Y_{mn} - X_{jkl-tmn} Y_{mn} - X_{jkl+1mn} Y_{mn} \leq 0 \quad \forall jkmn$$

$$\forall l \in \{S_m, \dots, L - S_m\}$$

$$\forall t \in \{1, \dots, S_m - 1\}$$
(11)

$$X_{jkl-tmn} Y_{mn} - X_{jklm} Y_{mn} \leq 0 \quad \forall jkmn$$

$$\forall l \in \{L - S_m + 1, \dots, L\}$$

$$\forall t \in \{1, \dots, S_m - 1\}$$
(12)

Secara sederhana pembatas ini membuat logika bahwa mata kuliah yang dijadwalkan pada setiap ruangan (J), hari (K), mata kuliah (M) dan

kelompok mahasiswa (N) dari sesi (L) = 1 sampai 10 dijadwalkan secara berurutan sesuai dengan jumlah SKS (S_m) sehingga (t) bernilai 1. Berikut ini adalah ilustrasi untuk pembatas 3 dapat dilihat pada Gambar 8.

Pembatas 3

Xjkmn	1-1	1-2	2-1	2-2
1-1	1			
1-2				1

Ymn	1	2
1	1	0
2	0	1

Misal	
j	1
k	2
l	10
m	2
n	2

Xjklmn	1-1	1-2	2-1	2-2
1-1-1				
1-1-2				
1-1-3				
1-1-4				
1-1-5				
1-1-6				
1-1-7				
1-1-8				
1-1-9	1			
1-1-10	1			
1-2-1				
1-2-2				
1-2-3				
1-2-4				
1-2-5				
1-2-6				
1-2-7				
1-2-8				1
1-2-9				1
1-2-10				1

m	
S_{m1}	2 SKS
S_{m2}	3 SKS

Gambar 8. Ilustrasi Pembatas 3

d. Pembatas 4

Pembatas ini untuk memastikan setiap hari (K) dan sesi (L) jumlah mata kuliah yang diampu dosen yang sama hanya bisa dijadwalkan maksimal 1 mata kuliah. Secara matematis pembatas ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{m=1 \in Md_1}^M X_{jklmn} Y_{mn} = 1 \quad \forall kl \quad (13)$$

Pada model matematis pembatas 4 di atas membuat logika bahwa jumlah mata kuliah yang diampu dosen (M_{DI}) yang sama berdasarkan jadwal (X_{jklmn}) dan mata kuliah yang diambil oleh kelompok mahasiswa (Y_{mn}) pada hari (K) dan sesi (L) bernilai 1. Berikut ini adalah ilustrasi dari pembatas 4 dapat dilihat pada Gambar 9.

Pembatas 4									
Xjklmn	1-1	1-2	2-1	2-2	Ymn	1	2	Misal	
1-1-1					1	0	0	j	1
1-1-2					2	0	1	k	2
1-1-3								l	3
1-2-1								m	2
1-2-2								n	2
1-2-3				1					

Gambar 9. Ilustrasi Pembatas 4

e. Pembatas 5

Pembatas ini untuk memastikan setiap ruangan (J), hari (K) dan sesi (L) hanya dapat dijadwalkan untuk 1 mata kuliah. Secara matematis pembatas ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N X_{jklmn} = 1 \quad \forall jkl \quad (14)$$

Pada model matematis pembatas 5 di atas secara sederhana membuat logika bahwa jumlah mata kuliah (M) dan kelompok mahasiswa (N) berdasarkan jadwal (X_{jklmn}) bernilai 1. Berikut ini adalah ilustrasi pembatas 5 pada Gambar 10.

Pembatas 5									
Xjklmn	1-1	1-2	2-1	2-2	Ymn	1	2	Misal	
1-1-1					1	1		j	1
1-1-2					2			k	2
1-1-3								l	3
1-2-1								m	1
1-2-2								n	1
1-2-3	1								

Gambar 10. Ilustrasi Pembatas 5

f. Pembatas 6

Pembatas ini untuk memastikan setiap hari jumat ($K=5$) dan sesi 6 ($L=6$) tidak ada kegiatan perkuliahan yang dijadwalkan dikarenakan istirahat shalat jumat. Secara matematis pembatas ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N X_{j56mn} = 0 \quad \forall kl \quad (15)$$

Berikut ini adalah ilustrasi dari pembatas 6 pada Gambar 11.

Pembatas 6					
Xjklmn	1-1	1-2	2-1	2-2	Misal
1-1-1					j 1
1-1-2					k 5
1.....					l 6
1-5-1					
1-5-2					
1-5-3					
1-5-4					
1-5-5					
1-5-6	0	0	0	0	

Gambar 11. Ilustrasi Pembatas 6

g. Pembatas 7

Pembatas ini untuk memastikan X_{jklmn} adalah biner.

$$X_{jklmn} \in \{0,1\} \quad \forall jklmn \quad (16)$$

Pada pembatas di atas berlaku bahwa mata kuliah yang diambil oleh kelompok mahasiswa (Y_{mn}) yang dijadwalkan pada (X_{jklmn}) bernilai biner (0 dan 1). Berikut ini adalah ilustrasi dari pembatas 7 pada Gambar 12.

Xjklmn	1-1	1-2	2-1	2-2	Misal
1-1-1	0	0	0	0	j 1
1-1-2	1	0	0	0	k 1
					l 2
					m 2
					n 2

Gambar 12. Ilustrasi Pembatas 7

4.2.4 Implementasi Model

Pengimplementasian model ini bertujuan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan perkuliahan untuk menghasilkan penjadwalan terbaik. Implementasi model dilakukan dengan menggunakan *software Lingo* 18.0 untuk menyelesaikan permasalahan yang diterapkan pada model. Selain menggunakan *software Lingo* pencarian solusi juga menggunakan *software Microsoft Excel* untuk mengekspor dan mengimpor data. Ekspor data dilakukan dari *output Lingo* sedangkan impor data dilakukan dari *Microsoft Excel* ke *Lingo*. Pada saat mengimpor dan mengekspor data tersebut menggunakan fungsi @ole.

4.2.4.1 Pendeklarasian Indeks

Pendeklarasian indeks merupakan tahapan awal dalam menginput model permasalahan ke *software Lingo*. Berikut ini adalah deklarasi indeks pada *software Lingo* dapat dilihat pada Gambar 13.

```
SETS:
    matakuliah/1..64/:Sm;
    hari/1..5/;;
    sesi/1..10/;;
    sks/1..3/;;
    ruang/1..5/;;
    mahasiswa/1..12/;;
    LM(sesi,matakuliah): ;
    KL(hari,sesi):;
    JK(ruang,hari):;
    JN(ruang,mahasiswa):;
    MN(matakuliah,mahasiswa): Ymn;
    JM(ruang,matakuliah):;
    JKL(ruang,hari,sesi):;
    KLM(hari,sesi,matakuliah): Qklm;
    JKM(ruang,hari,matakuliah):;
    JMN(ruang,matakuliah,mahasiswa):;
    JKLN(ruang,hari,sesi,mahasiswa):;
    JKMN(ruang,hari,matakuliah,mahasiswa):;
    JKLMN(ruang,hari,sesi,matakuliah,mahasiswa): Xjklmn;
ENDSETS
```

Gambar 13. Input Indeks pada Lingo

Pada *coding Lingo* di atas menjelaskan indeks yang di deklarasikan pada *Lingo* meliputi indeks mata kuliah (m), hari (k), sesi (l), jumlah beban SKS (S_m), ruangan (j), dan mahasiswa (n). Beberapa indeks gabungan seperti lm , kl , jk , jn dan lain sebagainya juga dideklarasikan untuk mempermudah dan mempersingkat

penulisan model matematika dalam *software Lingo* tersebut. Penulisan indeks tersebut juga diawali dengan *command sets* dan diakhiri oleh *command endsets*.

4.2.4.2 Penentuan Parameter dan Variabel Keputusan

Parameter dan variabel merupakan tahap selanjutnya setelah tahap pendeklarasian indeks. Berikut ini adalah *coding* terkait penentuan parameter dan variabel keputusan yang diawali dengan *command data* dan diakhiri oleh *command enddata* dapat dilihat pada Gambar 14.

```
DATA:
Md1 = 4;
Md2 = 6;
Md3 = 8;
Md4 = 9;
Md5 = 11;
Md6 = 13;
Md7 = 14;
Md8 = 15;
Md9 = 19;
Md10= 20;
Md11= 21;
Md12= 25;
Md13= 27;
Md14= 29;
Md15= 31;
Md16= 32;
Md17= 33;
Md18= 34;
Md19= 36;
Md20= 38;
Md21= 41;
Md22= 45;
Md23= 47;
Md24= 50;
Md25= 52;
Md26= 55;
Md27= 57;
Md28= 59;
Md29= 62;
Md30= 64;
Sm = @ole('C:\Users\hp\Downloads\Tugas Akhir Alfiani\Data\Dataset Final.xlsx','Sm');
Qklm = @ole('C:\Users\hp\Downloads\Tugas Akhir Alfiani\Data\Dataset Final.xlsx','Qklm');
Ymn = @ole('C:\Users\hp\Downloads\Tugas Akhir Alfiani\Data\Dataset Final.xlsx','Ymn');
@ole('C:\Users\hp\Downloads\Tugas Akhir Alfiani\Data\Dataset Final.xlsx','Xjklmn') = Xjklmn;
ENDDATA
```

Gambar 14. Input Parameter dan Variabel Keputusan pada *Lingo*

Pada *coding Lingo* di atas dapat diketahui bahwa terdapat beberapa data input seperti data mata kuliah yang dikelompokkan dengan dosen pengampu (M_{d1}) hingga (M_{d30}). Sementara itu terdapat data lain yang diimpor dari *Microsoft excel* dengan menggunakan fungsi @ole. Data *output* dari *software Lingo* diekspor ke *Microsoft excel* bertujuan untuk mempermudah analisa terkait penjadwalan mata kuliah (m) yang diambil oleh kelompok mahasiswa (n) yang dijadwalkan pada ruang (j), hari (k), dan sesi (l).

4.2.4.3 Penentuan Fungsi Tujuan

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa untuk fungsi tujuan dalam model matematika ini adalah untuk memaksimalkan penggunaan ruangan tersedia yang digunakan selama satu minggu kegiatan perkuliahan (X_{klmn}) dengan memperhatikan waktu preferensi mengajar dosen (Q_{klm}). Berikut ini adalah *coding Lingo* untuk fungsi tujuan pada model ini dapat dilihat pada Gambar 15.

```
!Fungsi tujuan;  
max = @sum (JKLMN(j,k,l,m,n): Xjklmn(j,k,l,m,n) * Ymn(m,n) * Qklm(k,l,m));
```

Gambar 15. Input Fungsi Tujuan pada Lingo

4.2.4.4 Penentuan Fungsi Pembatas

Fungsi pembatas yang merupakan kendala yang dihadapi dalam menyelesaikan solusi model yang sudah dijelaskan pada subbab pengembangan model. Berikut ini adalah *coding Lingo* untuk setiap pembatas pada model ini dapat dilihat pada Gambar 16 – Gambar 21.

```
!Pembatas 1: Untuk setiap ruang, hari, sesi, dan mahasiswa hanya dapat dijadwalkan 1 mata kuliah;  
@for (JKLN(j,k,l,n):  
    @sum(matakuliah(m): Xjklmn(j,k,l,m,n)) <= 1 );  
  
!@for (MN(m,n):  
    @sum(JKL(j,k,l): Xjklmn(j,k,l,m,n)*Ymn(m,n)) = Sm(m));  
  
!Pembatas 2: untuk setiap mata kuliah dan grup mahasiswa jumlah jadwal mk tersebut di seluruh hari, sesi,  
dan ruang harus berjumlah sesuai dengan SKS (sm) mk tersebut;  
@for (matakuliah(m):  
@for (mahasiswa(n):  
    @sum(JKL(j,k,l): Xjklmn(j,k,l,m,n)*Ymn(m,n)) = Sm(m)*Ymn(m,n) ));
```

Gambar 16. Input Fungsi Pembatas 1 dan Pembatas 2 pada Lingo

```
!Pembatas 3: untuk setiap ruang, hari, matakuliah, mahasiswa dan untuk sesi l= 2 sd 10 - Sm  
maka sesi berikutnya sampai dengan jumlah sks harus bernilai 1(satu) juga;  
@for (JKMN(j,k,m,n):  
@for (sesi(l)| l #GE# 1 #AND# l #LE# Sm(m) - 1:  
@for (sks(t)| t #GE# 1 #AND# t #LE# Sm(m)-1:  
    Xjklmn(j,k,l,m,n) - Xjklmn(j,k,l+t,m,n)*Ymn(m,n) <= 0 ));  
  
@for (JKMN(j,k,m,n):  
@for (sesi(l)| l #GE# Sm(m) #AND# l #LE# 10 - Sm(m):  
@for (sks(t)| t #GE# 1 #AND# t #LE# Sm(m)-1:  
    Xjklmn(j,k,l,m,n)*Ymn(m,n) - Xjklmn(j,k,l-t,m,n)*Ymn(m,n) - Xjklmn(j,k,l+1,m,n)*Ymn(m,n) <= 0 ));  
  
@for (JKMN(j,k,m,n):  
@for (sesi(l)| l#GE# 10 - Sm(m) + 1 #AND# l#LE# 10:  
@for (sks(t)| t #GE# 1 #AND# t #LE# Sm(m) - 1:  
    Xjklmn(j,k,l-t,m,n)*Ymn(m,n) - Xjklmn(j,k,l,m,n)*Ymn(m,n) <= 0 ));
```

Gambar 17. Input Fungsi Pembatas 3 pada Lingo

```

!Pembatas 4: untuk setiap hari, dan sesi, jumlah mata kuliah yang diampu dosen yang sama
hanya bisa dijadwalkan maksimal 1 mk;
@for (KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# 1 #AND# m #LE# Md1: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for (KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md1+1 #AND# m #LE# Md2: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for (KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md2+1 #AND# m #LE# Md3: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for (KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md3+1 #AND# m #LE# Md4: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for (KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md4+1 #AND# m #LE# Md5: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for (KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md5+1 #AND# m #LE# Md6: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for (KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md6+1 #AND# m #LE# Md7: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for (KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md7+1 #AND# m #LE# Md8: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for (KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md8+1 #AND# m #LE# Md9: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for (KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md9+1 #AND# m #LE# Md10: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);

```

Gambar 18. Input Fungsi Pembatas 4 pada *Lingo*

```

@for (KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md10+1 #AND# m #LE# Md11: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for (KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md11+1 #AND# m #LE# Md12: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for (KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md12+1 #AND# m #LE# Md13: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for (KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md13+1 #AND# m #LE# Md14: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for (KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md14+1 #AND# m #LE# Md15: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for (KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md15+1 #AND# m #LE# Md16: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for (KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md16+1 #AND# m #LE# Md17: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for (KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md17+1 #AND# m #LE# Md18: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for (KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md18+1 #AND# m #LE# Md19: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for (KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md19+1 #AND# m #LE# Md20: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);

```

Gambar 19. Input Fungsi Pembatas 4 pada *Lingo* (Lanjutan)

```

@for(KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md20+1 #AND# m #LE# Md21: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for(KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md21+1 #AND# m #LE# Md22: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for(KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md22+1 #AND# m #LE# Md23: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for(KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md23+1 #AND# m #LE# Md24: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for(KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md24+1 #AND# m #LE# Md25: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for(KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md25+1 #AND# m #LE# Md26: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for(KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md26+1 #AND# m #LE# Md27: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for(KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md27+1 #AND# m #LE# Md28: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for(KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md28+1 #AND# m #LE# Md29: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);
@for(KL(k,l):
    @sum(JN(j,n): @sum(matakuliah(m) | m #GE# Md29+1 #AND# m #LE# Md30: Xjklmn(j,k,l,m,n))) <= 1);

```

Gambar 20. Input Fungsi Pembatas 4 pada Lingo (Lanjutan)

```

!Pembatas 5: untuk setiap ruang, hari dan sesi hanya dapat dijadwalkan untuk 1 mata kuliah;
@for (JKL(j,k,l):
    @sum(MN(m,n): Xjklmn(j,k,l,m,n)) <= 1);

!Pembatas 6: untuk setiap hari jumat (k=5) dan sesi sholat jumat (l=6) tidak boleh ada mk yang dijadwalkan;
@for(hari(k) | k #EQ# 5 :
@for(sesi(l) | l #EQ# 6 :
@for(JMN(j,m,n):
    Xjklmn(j,k,l,m,n) = 0 ))) ;

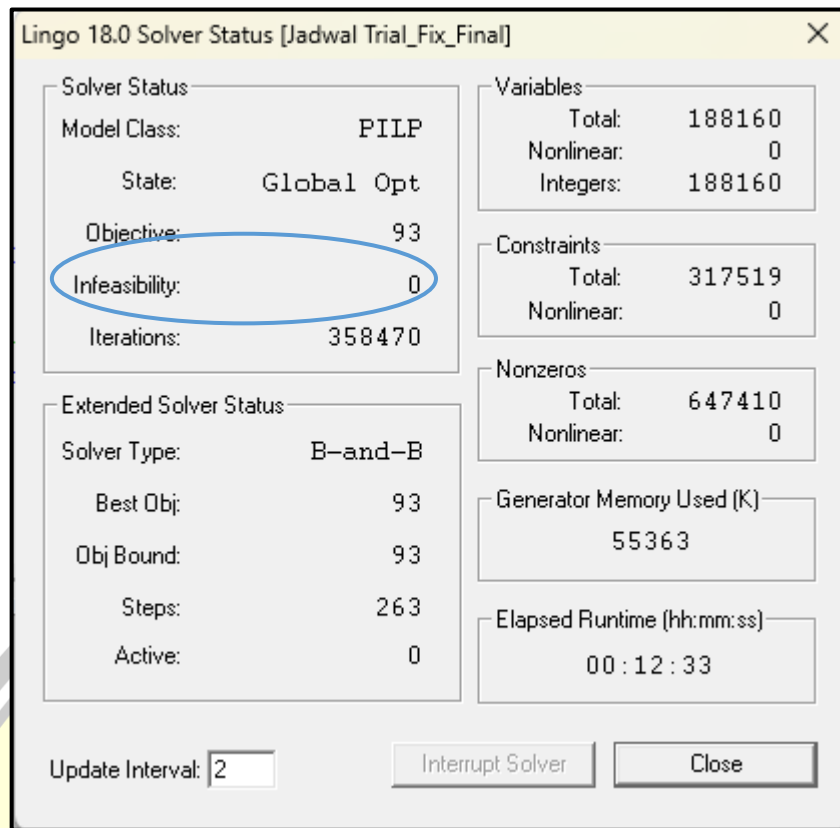
!Pembatas 7: memastikan Xjklmn adalah biner;
@for(JKLMN(j,k,l,m,n): @bin(Xjklmn(j,k,l,m,n)));

```

Gambar 21. Input Fungsi Pembatas 5, Pembatas 6 dan Pembatas 7 pada Lingo

4.2.5 Uji Verifikasi Model

Pengujian verifikasi model dilakukan untuk memastikan bahwa model yang sudah dibuat dapat berjalan pada program dan tidak terdapat *error*. Pada tahap verifikasi model ini dapat dilihat dari *solver status software Lingo*. Berikut ini adalah hasil uji verifikasi model:



Gambar 22. Hasil Uji Verifikasi Model pada Software Lingo

Pada Gambar 22 dapat diketahui bahwa nilai *infeasibility* dari model adalah 0 yang menunjukkan bahwa model tersebut sudah *feasible* (layak) digunakan.

4.2.6 Analisis Sensitivitas Model

Analisis sensitivitas perlu dilakukan untuk mengetahui kepekaan (sensitivitas) dari solusi optimal yang diperoleh dari suatu permasalahan program *linear* terhadap perubahan parameter terhadap fungsi tujuan. Analisis sensitivitas ini berfungsi menganalisis dampak dari perubahan nilai variabel dan pembatas terhadap fungsi tujuan.

Tabel 14. Analisis Sensitivitas Model

No.	Jumlah Ruangan	Fungsi Tujuan	Jumlah Sesi Kosong
1	3	INF	-
2	4	INF	-
3	5	0	82
4	6	0	143

Dari Tabel 14 merupakan hasil analisis sensitivitas yang dilakukan berdasarkan perubahan parameter terkait jumlah Ruangan yang tersedia. Pada

analisis tersebut membuat logika bahwa apabila jumlah ruangan ditambah maka jumlah sesi kosong akan bertambah pula. Sehingga dapat dibuktikan bahwa analisis sensitivitas dari model matematika untuk penjadwalan perkuliahan ini sensitif (peka) terhadap jumlah ruangan yang tersedia. Apabila ruangan tersedia sebanyak 3 ruangan dan 4 ruangan fungsi tujuan tidak terpenuhi dan terdapat *error* sehingga tidak ada solusi yang dihasilkan. Sementara itu apabila ruangan tersedia sebanyak 5 ruangan maka fungsi tujuan terpenuhi dan tidak ada *error* sehingga terdapat solusi yang dihasilkan dengan jumlah sesi kosong sebanyak 86 sesi. Sedangkan apabila ruangan yang tersedia sebanyak 6 ruangan didapatkan hasil fungsi tujuan terpenuhi dan tidak terdapat *error* pula tetapi jumlah sesi yang kosong cukup banyak yaitu terdapat 143 sesi. Hal tersebut membuktikan bahwa semakin banyak ruang yang tersedia maka semakin banyak pula jumlah sesi kosong sehingga penggunaan ruangan tidak maksimal.

4.2.7 Interpretasi Hasil dari *Software Lingo*

Interpretasi *output* model *Lingo* menghasilkan nilai berupa bilangan *biner*, untuk mempermudah membaca hasil *software Lingo* maka dibuat penerapan penjadwalan sesuai dengan nilai *biner* yang ditunjukkan agar lebih mudah dipahami.

Tabel 15. Interpretasi Hasil Penjadwalan Perkuliahan Hari Senin

Ruang	Senin									
	7.30-8.20	8.20-9.10	9.10-10.00	10.00-10.50	10.50-11.40	13.10-14.00	14.00-14.50	14.50-15.40	15.40-16.30	16.30-17.20
Ruang 1	Proses Manufaktur (1)	Proses Manufaktur (1)	Pengendalian dan Penjaminan Mutu (8)	Pengendalian dan Penjaminan Mutu (8)	Pengendalian dan Penjaminan Mutu (8)	Ekologi Industri (2)	Ekologi Industri (2)			
Ruang 2		Penelitian Operasional 2 (7)	Penelitian Operasional 2 (7)	Penelitian Operasional 2 (7)		Analisis dan Perancangan Sistem Informasi (8)	Analisis dan Perancangan Sistem Informasi (8)			
Ruang 3		Analisis dan Perancangan Sistem Informasi (5)	Analisis dan Perancangan Sistem Informasi (5)	Pemodelan Sistem (6)	Pemodelan Sistem (6)	Mekanika Teknik (!)	Mekanika Teknik (!)			
Ruang 4			Aljabar Linear (1)	Aljabar Linear (1)	Aljabar Linear (1)	Proses Manufaktur (3)	Proses Manufaktur (3)	Fisika Dasar 2 (2)	Fisika Dasar 2 (2)	Fisika Dasar 2 (2)
Ruang 5		Pengendalian dan Penjaminan Mutu (6)	Pengendalian dan Penjaminan Mutu (6)	Pengendalian dan Penjaminan Mutu (6)				Perancangan dan Manajemen Organisasi Industri (12)	Perancangan dan Manajemen Organisasi Industri (12)	Perancangan dan Manajemen Organisasi Industri (12)

Tabel 16. Interpretasi Hasil Penjadwalan Perkuliahan Hari Selasa

Ruang	Selasa									
	7.30-8.20	8.20-9.10	9.10-10.00	10.00-10.50	10.50-11.40	13.10-14.00	14.00-14.50	14.50-15.40	15.40-16.30	16.30-17.20
Ruang 1	Proses Manufaktur (2)	Proses Manufaktur (2)		Metodologi Penelitian (12)	Metodologi Penelitian (12)		Kalkulus 2 (2)	Kalkulus 2 (2)	Kalkulus 2 (2)	Kalkulus 2 (2)
Ruang 2			Aljabar Linear (2)	Aljabar Linear (2)	Aljabar Linear (2)	Analisis dan Perancangan Sistem Informasi (7)	Analisis dan Perancangan Sistem Informasi (7)	Ergonomi 2 (8)	Ergonomi 2 (8)	Ergonomi 2 (8)
Ruang 3			Penelitian Operasional 2 (8)	Penelitian Operasional 2 (8)	Penelitian Operasional 2 (8)	Analitika Data (8)	Analitika Data (8)			
Ruang 4		Perancangan dan Manajemen Organisasi Industri (10)	Perancangan dan Manajemen Organisasi Industri (10)	Perancangan dan Manajemen Organisasi Industri (10)		Mekanika Teknik (3)	Mekanika Teknik (3)	Aljabar Linear (4)	Aljabar Linear (4)	Aljabar Linear (4)
Ruang 5		Pengendalian dan Penjaminan Mutu (5)	Pengendalian dan Penjaminan Mutu (5)	Pengendalian dan Penjaminan Mutu (5)		Metodologi Penelitian (9)	Metodologi Penelitian (9)			

Tabel 17. Interpretasi Hasil Penjadwalan Perkuliahan Hari Rabu

Ruang	Rabu									
	7.30-8.20	8.20-9.10	9.10-10.00	10.00-10.50	10.50-11.40	13.10-14.00	14.00-14.50	14.50-15.40	15.40-16.30	16.30-17.20
Ruang 1		Ekologi Industri (3)	Ekologi Industri (3)	Analitika Data (6)	Analitika Data (6)		Kalkulus 2 (4)	Kalkulus 2 (4)	Kalkulus 2 (4)	Kalkulus 2 (4)
Ruang 2		Ekologi Industri (1)	Ekologi Industri (1)	Pemodelan Sistem (8)	Pemodelan Sistem (8)		Aljabar Linear (3)	Aljabar Linear (3)	Aljabar Linear (3)	Aljabar Linear (3)
Ruang 3		Ergonomi 2 (7)	Ergonomi 2 (7)	Ergonomi 2 (7)		Metodologi Penelitian (11)	Metodologi Penelitian (11)	Fisika Dasar 2 (1)	Fisika Dasar 2 (1)	Fisika Dasar 2 (1)
Ruang 4	Metodologi Penelitian (10)	Metodologi Penelitian (10)	Ekonomika dan Ekonomi Teknik (9)	Ekonomika dan Ekonomi Teknik (9)	Ekonomika dan Ekonomi Teknik (9)	Analitika Data (5)	Analitika Data (5)	Ergonomi 2 (6)	Ergonomi 2 (6)	Ergonomi 2 (6)
Ruang 5		Penelitian Operasional 2 (6)	Penelitian Operasional 2 (6)	Penelitian Operasional 2 (6)	Ekologi Industri (4)	Ekologi Industri (4)		Statistika 2 (5)	Statistika 2 (5)	Statistika 2 (5)

Tabel 18. Interpretasi Hasil Penjadwalan Perkuliahan Hari Kamis

Ruang	Kamis									
	7.30-8.20	8.20-9.10	9.10-10.00	10.00-10.50	10.50-11.40	13.10-14.00	14.00-14.50	14.50-15.40	15.40-16.30	16.30-17.20
Ruang 1	Ergonomi 2 (5)	Ergonomi 2 (5)	Ergonomi 2 (5)			Proses Manufaktur (4)	Proses Manufaktur (4)		Mekanika Teknik (2)	Mekanika Teknik (2)
Ruang 2		Statistika 2 (7)	Statistika 2 (7)	Statistika 2 (7)		Analitika Data (7)	Analitika Data (7)			
Ruang 3			Ekonomika dan Ekonomi Teknik (10)	Ekonomika dan Ekonomi Teknik (10)	Ekonomika dan Ekonomi Teknik (10)			Pengendalian dan Penjaminan Mutu (7)	Pengendalian dan Penjaminan Mutu (7)	Pengendalian dan Penjaminan Mutu (7)
Ruang 4		Analisis dan Perancangan Sistem Informasi (6)	Analisis dan Perancangan Sistem Informasi (6)	Pemodelan Sistem (5)	Pemodelan Sistem (5)		Kalkulus 2 (3)	Kalkulus 2 (3)	Kalkulus 2 (3)	Kalkulus 2 (3)
Ruang 5			Perancangan dan Manajemen Organisasi Industri (9)	Perancangan dan Manajemen Organisasi Industri (9)	Perancangan dan Manajemen Organisasi Industri (9)	Ekonomika dan Ekonomi Teknik (12)	Ekonomika dan Ekonomi Teknik (12)	Ekonomika dan Ekonomi Teknik (12)		

Tabel 19. Interpretasi Hasil Penjadwalan Perkuliahan Hari Jumat

Ruang	Jum'at									
	7.30-8.20	8.20-9.10	9.10-10.00	10.00-10.50	10.50-11.40	13.10-14.00	14.00-14.50	14.50-15.40	15.40-16.30	16.30-17.20
Ruang 1		Fisika Dasar 2 (4)	Fisika Dasar 2 (4)	Fisika Dasar 2 (4)				Perancangan dan Manajemen Organisasi Industri (11)	Perancangan dan Manajemen Organisasi Industri (11)	Perancangan dan Manajemen Organisasi Industri (11)
Ruang 2			Pemodelan Sistem (7)	Pemodelan Sistem (7)			Mekanika Teknik (4)	Mekanika Teknik (4)		
Ruang 3			Ekonomika dan Ekonomi Teknik (11)	Ekonomika dan Ekonomi Teknik (11)	Ekonomika dan Ekonomi Teknik (11)			Statistika 2 (6)	Statistika 2 (6)	Statistika 2 (6)
Ruang 4		Penelitian Operasional 2 (5)	Penelitian Operasional 2 (5)	Penelitian Operasional 2 (5)			Kalkulus 2 (1)	Kalkulus 2 (1)	Kalkulus 2 (1)	Kalkulus 2 (1)
Ruang 5		Statistika 2 (8)	Statistika 2 (8)	Statistika 2 (8)				Fisika Dasar 2 (3)	Fisika Dasar 2 (3)	Fisika Dasar 2 (3)

Berdasarkan Tabel 15 - Tabel 19 di atas dapat diketahui bahwa jadwal mata kuliah yang dihasilkan untuk setiap harinya telah terpenuhi sesuai dengan dosen pengampu dan kelompok mahasiswa yang mengontrak pada mata kuliah tersebut pada semester yang sesuai pula. Kemudian dari jadwal yang dihasilkan tidak terdapat bentrok antar mata kuliah satu dan mata kuliah lainnya.