



TESIS - TI 185401

**MODEL PENJADWALAN CALON TENAGA DOKTER
(DOKTER MUDA/KOAS) MEMPERTIMBANGKAN FAKTOR
ERGONOMI DI RUMAH SAKIT PENDIDIKAN**

Tri Novita Sari
02411650042001

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Sri Gunani Partiw, M.T.
Prof. Ir. Budi Santosa, M.S., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN ERGONOMI DAN KESELAMATAN INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019



TESIS - TI 185401

**MEDICAL TRAINEE SCHEDULING MODEL CONSIDERING
ERGONOMIC FACTORS IN EDUCATIONAL HOSPITALS**

Tri Novita Sari
02411650042001

SUPERVISOR

Dr. Ir. Sri Gunani Partiwij, M.T.
Prof. Ir. Budi Santosa, M.S., Ph.D.

MAGISTER PROGRAM
ERGONOMIC AND INDUSTRIAL SAFETY
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF TECHNOLOGY INDUSTRY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

**MODEL PENJADWALAN CALON TENAGA DOKTER
(DOKTER MUDA/KOAS) MEMPERTIMBANGKAN
FAKTOR ERGONOMI DI RUMAH SAKIT
PENDIDIKAN**

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

oleh:

TRI NOVITA SARI
NRP. 02411650042001

Tanggal Ujian : 14 Januari 2018
Periode Wisuda : Maret 2019

Disetujui oleh:

1. **Dr. Ir. Sri Gunani Partiw, M.T.**
NIP: 196605311990022001

(Pembimbing 1)

2. **Prof. Ir. Budi Santosa, M.S., Ph.D.**
NIP: 196905121994021001

(Pembimbing 2)

3. **Ratna Sari Dewi, S.T., M.T., Ph.D.**
NIP: 198001132008122002

(Penguji 1)

4. **Dyah Santhi Dewi, S.T., M.Eng.Sc, Ph.D.**
NIP: 197208251998022000

(Penguji 2)



Dekan Fakultas Teknologi Industri,


Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, S.T., M.T.
NIP: 196905071995121001

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN THESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tri Novita Sari

NRP : 02411650042001

Program Studi : Magister Teknik Industri – ITS

Menyatakan bahwa tesis dengan judul:

“MODEL PENJADWALAN CALON TENAGA DOKTER (DOKTER MUDA/KOAS)
MEMPERTIMBANGKAN FAKTOR ERGONOMI DI RUMAH SAKIT PENDIDIKAN”

adalah benar- benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Seluruh referensi yang dikutip dan dirujuk telah saya tulis secara lengkap di daftar pustaka. Apabila dikemudian hari ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surabaya, Januari 2019

Yang membuat pernyataan,

Tri Novita Sari

02411650042001

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sholawat serta salam selalu tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dan penulisan thesis dengan judul “Model Penjadwalan Calon Tenaga Dokter (Dokter Muda/KOAS) Mempertimbangkan Faktor Ergonomi di Rumah Sakit Pendidikan” ini sesuai dengan rencana yang diharapkan. Dalam penulisan thesis ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Sri Gunani Partiw, M.T dan Prof. Ir. Budi Santosa, M.S., Ph.D selaku dosen pembimbing akademik dan ko-pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama penelitian serta penyusunan thesis ini
2. Ratna Sari Dewi, S.T., M.T., Ph.D dan Dyah Santhi Dewi, S.T., M.Eng.Sc, Ph.D selaku dosen penguji thesis yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis
3. Dr. Widyati, Apt, M.Clin.Pharm selaku Kadep Bangdiklat RSAL Dr. Ramelan Surabaya yang telah memberikan ijin kepada penulis untuk melakukan penelitian dan pengambilan data di RSAL Dr. Ramelan Surabaya
4. Ir. Anita Nugraheni, M.Kes selaku pembimbing lapang di RSAL Dr. Ramelan Surabaya yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama penelitian dan pengambilan data di RSAL Dr. Ramelan Surabaya
5. Orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan moril maupun materiil dan doa kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan studi dan penulisan thesis ini
6. Staf pengajar Departemen Teknik Industri ITS yang selalu memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis
7. Teman teman Dokter Muda Universitas Hang Tuah Surabaya angkatan 42 atas ketersediaan sebagai responden penelitian
8. Teman teman Pascasarjana Teknik Industri ITS angkatan 2016 Genap khususnya konsentrasi Ergonomi dan Keselamatan Industri (Icha, Raditya, David) atas kebersamaan, *sharing* saran saran, pembelajaran dan doa hingga selesainya laporan thesis ini
9. Teman teman Laboratorium Permodelan Quantitatif dan Analisa Kebijakan Industri (Fuad, Lorent, Januardi) atas saran saran, pembelajaran Operation Research dan Bahasa pemrograman LINGO
10. Semua pihak yang telah membantu kelancaran penelitian ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Jika dalam penulisan thesis ini penulis menyadari masih terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca sangat membantu dalam penyempurnaan penulisan. Penulis berharap semoga laporan thesis ini dapat mendatangkan manfaat bagi pihak yang membutuhkan.

Surabaya, Januari 2019

Tri Novita Sari

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

MODEL PENJADWALAN CALON TENAGA DOKTER (DOKTER MUDA/KOAS) MEMPERTIMBANGKAN FAKTOR ERGONOMI DI RUMAH SAKIT PENDIDIKAN

Nama : Tri Novita Sari
NRP : 02411650042001
Jurusan : Teknik Industri, FTI, ITS Surabaya
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Sri Gunani Partiw, MT.
Prof. Ir. Budi Santosa, M.S, Ph.D.

ABSTRAK

Industri jasa pelayanan kesehatan dituntut untuk terus memperbaiki performa dan pelayanan kepada masyarakat. Perbaikan tersebut bisa dilakukan dengan perbaikan kinerja calon dokter. Calon dokter harus melayani seluruh pasien dengan baik, tepat waktu dan tepat sasaran selama 24 jam. Agar pelayanan tersebut terlaksana selama 24 jam, butuh penjadwalan calon dokter. Penjadwalan calon dokter merupakan pengalokasian calon dokter ke stase/bagian klinik tertentu selama periode tertentu sehingga dapat memenuhi batasan yang diberikan.

Penelitian ini bertujuan membuat model penjadwalan calon dokter mempertimbangkan faktor ergonomi. Ergonomi berkontribusi dalam pembuatan penjadwalan, rotasi kerja, serta penentuan jam istirahat pada sebuah organisasi atau industri agar tercipta kesesuaian antara manusia, lingkungan fisik dan karakteristik pekerjaan.

Objek yang diteliti yaitu calon dokter dari Universitas Hang Tuah sejumlah 179 orang (26 kelompok), selama dua tahun yang akan dijadwalkan di 16 stase. Penelitian dilakukan dengan membuat permodelan matematika (*Integer Nonlinear Programming*) untuk merumuskan persoalan penjadwalan dengan mempertimbangkan faktor ergonomi, kemudian permodelan matematika tersebut diselesaikan dengan metode *Branch and Bound* menggunakan software LINGO, dan pada tahap terakhir yaitu percobaan numerik dan Analisa hasil.

Kata kunci: Penjadwalan, Koas, Dokter Muda, Ergonomi, Integer Nonlinear Programming

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

MEDICAL TRAINEE SCHEDULING MODEL CONSIDERING ERGONOMIC FACTORS IN EDUCATIONAL HOSPITALS

Name : Tri Novita Sari
NRP : 02411650042001
Majors : Industrial Engineering, FTI, ITS Surabaya
Supervisor : Dr. Ir. Sri Gunani Partiw, MT.
Prof. Ir. Budi Santosa, M.S, Ph.D.

ABSTRACT

The health care industry is required to improve its performance and services continuously. One improvement alternative that can be carried out is by improving the performance of medical trainees. The medical trainees must serve every patient well, timely, and on target for 24 hours. In order for services to be well carried out for 24 hours, it requires medical trainees scheduling. Medical trainees scheduling is an act of allocation medical trainees to specific clinic for a specific period of time in order to satisfy the limit given.

This study aims to create a medical trainees scheduling model considering ergonomic factors. Ergonomics contributes in developing of a schedule, job rotation and determining rest hours in an organization or industry to create conformity and harmony among human, physical environments and job characteristics.

The object of this study is Medical Trainees of Hang Tuah University (179 persons in 26 groups), for two years and will be scheduled at 16 clinics. The study was preceded by making mathematical modelling (Integer Nonlinear Programming) to formulate scheduling problems by considering ergonomic factors, then mathematical modelling is solved by branch and bound method using LINGO software, and at the last stage is numerical experiments and results analysis

Keywords: Medical Trainee Scheduling, Ergonomics, Integer Nonlinear Programming

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN THESIS	v
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	5
1.5.1 Batasan.....	5
1.5.2 Asumsi.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Kepaniteraan Klinik	7
2.2 Penjadwalan	9
2.3 Ergonomi.....	10
2.4 Faktor Ergonomi pada Manusia	11
2.4.1 Variabilitas <i>Skill</i>	12
2.4.2 Kelelahan	13
2.4.3 Beban Kerja	17
2.4.4 Kebosanan.....	28
2.4.5 Learning and Forgetting	28
2.5 Faktor Ergonomi Pada Aspek Pekerjaan.....	29
2.6 Faktor Ergonomi pada Lingkungan Fisik.....	29
2.6.1 Mikroklimat	29
2.6.2 Kebisingan	31
2.6.3 Pencahayaan.....	33
2.7 Masalah dan Teknik Optimasi.....	35
2.7.1 Integer Linear Programming (ILP).....	36
2.7.2 Linear Programming (LP)	37
2.7.3 Nonlinear Programming (NLP)	38
2.8 Teknik <i>Sampling</i> dan <i>Scaling</i>	40

2.9	Penelitian Terdahulu dan Posisi Penelitian	42
2.9.1	Penelitian Terdahulu	42
2.9.2	Posisi Penelitian	44
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN	49
3.1	Studi lapangan	50
3.2	Model Penjadwalan secara Konseptual dan Desain Kuesioner	51
3.3	<i>Informed Consent</i> dan Uji Kode Etik	53
3.4	Pengumpulan Data	53
3.5	Formulasi Model Matematis	55
3.6	Analisa dan implementasi model	56
3.7	Kesimpulan dan Saran	56
BAB 4.	PENGEMBANGAN MODEL	57
4.1	Deskripsi Pengembangan dan Formulasi Model	57
4.1.1	Identifikasi Faktor Manusia dalam Penjadwalan DM	57
4.1.2	Identifikasi Faktor Karakteristik Pekerjaan dalam Penjadwalan DM	59
4.1.3	Identifikasi Faktor Lingkungan Fisik dalam Penjadwalan DM	60
4.2	Formulasi Model	61
4.2.1	Penurunan Nilai Parameter	62
4.2.2	Notasi Model	65
4.2.3	Fungsi Tujuan	65
4.2.4	Fungsi kendala	66
4.3	Deskripsi Studi Kasus	67
4.4	Formulasi Dalam Bahasa LINGO	69
4.5	Verifikasi dan Validasi Model	69
BAB 5.	PERCOBAAN NUMERIK DAN ANALISIS	75
5.1	Parameter Percobaan Numerik	75
5.2	Hasil Percobaan Numerik	75
5.2.1	Model Penjadwalan	75
BAB 6.	KESIMPULAN DAN ANALISIS	111
6.1	Kesimpulan	111
6.2	Saran	111
	DAFTAR PUSTAKA	113
	LAMPIRAN	117

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Daftar Mata Kuliah Program Studi Profesi Kepaniteraan Klinik.....	7
Tabel 2.2. Pertanyaan Kuesioner Subjective Self Rating Test (SSRT)	16
Tabel 2.3. Kategori Beban kerja	19
Tabel 2.4. Kebutuhan Kalori Per Jam Menurut Jenis Aktivitas	20
Tabel 2.5. Klasifikasi Beban Kerja Fisik	23
Tabel 2.6. Indikator NASA-TLX.....	25
Tabel 2.7. Skor NASA-TLX.....	28
Tabel 2.8. Standar Suhu, Kelembaban dan Tekanan Udara di Rumah Sakit.....	30
Tabel 2.9. Batas Waktu Pemaparan Kebisingan Per Hari Kerja Berdasarkan Intensitas Kebisingan.....	31
Tabel 2.10. Indeks Kebisingan Menurut Ruangan atau Unit pada Rumah Sakit	32
Tabel 2.11. Indeks Pencahayaan Menurut Ruangan atau Unit pada Rumah Sakit.....	35
Tabel 2.12. Tabel Isaac dan Michael	41
Tabel 2.13. Gap Penelitian Terdahulu	46
Tabel 2.14. Posisi Penelitian.....	48
Tabel 3.1. Jumlah DM Universitas Hang Tuah.....	54
Tabel 3.2. Kuota dan durasi Kepaniteraan Klinik pada tiap stase	55
Tabel 4.1. Referensi faktor manusia.....	58
Tabel 4.2. Kategori beban kerja berdasarkan konversi oksigen	63
Tabel 4.3. Rangkuman kategori beban kerja berdasarkan nilai batas konsumsi energi, nilai kelelahan kerja dan nilai beban kerja mental	64
Tabel 4.4. Review fungsi tujuan penelitian terdahulu	65
Tabel 4.5. Data nilai kelelahan kerja, beban kerja mental dan konsumsi energi.....	68
Tabel 4.6. Data nilai kelelahan kerja, beban kerja mental dan konsumsi energi hasil scaling	68
Tabel 4.7. Hasil Running LINGO.....	72
Tabel 4.8. Perhitungan Fungsi Tujuan.....	74
Tabel 5.1 Pembagian Stase Tiap Semester.....	75
Tabel 5.2 Pembagian Stase Tiap Semester (Lanjutan).....	76
Tabel 5.3. Kombinasi Penjadwalan.....	76
Tabel 5.4. Output LINGO Model 7.1.....	77
Tabel 5.5. Komparasi hasil dengan penjadwalan sebelumnya.....	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Reaction Timer.....	15
Gambar 2.2. Flicker-fusion test	15
Gambar 2.3. Perbandingan Indikator NASA TLX	26
Gambar 2.4. Rating NASA TLX	27
Gambar 2.5. Model Optimasi Klasik	36
Gambar 2.6. Metode Optimasi.....	39
Gambar 3.1. Alur Penelitian.....	49
Gambar 3.2. Model konseptual faktor ergonomi pada manusia	51
Gambar 3.3. Model konseptual faktor ergonomi pada lingkungan fisik	52
Gambar 3.4. Model konseptual faktor ergonomi pada karakteristik pekerjaan.....	52
Gambar 4.1. Hubungan faktor manusia.....	58
Gambar 4.2. Formulasi Penurunan Nilai Parameter	64
Gambar 4.3. Solver Running LINGO	71

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada Bab ini dijelaskan mengenai latar belakang masalah yang menjadi dasar penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta ruang lingkup yang berisi batasan dan asumsi yang digunakan dalam penelitian.

1.1 Latar Belakang

Industri jasa pelayanan kesehatan dituntut untuk terus memperbaiki performa dan pelayanan kepada masyarakat. Perbaikan performa dan pelayanan bisa dilakukan melalui perbaikan sarana pelayanan kesehatan maupun perbaikan kinerja tenaga kesehatan. Rumah Sakit sebagai salah satu sarana pelayanan kesehatan seperti yang disebutkan dalam Undang– Undang Nomor 23 tahun 1992 tentang Kesehatan merupakan tempat bekerjanya para tenaga profesional yang melaksanakan kegiatannya berdasarkan pada sumpah dan kode etik profesi. Salah satu tenaga profesional yang sangat menentukan kualitas pelayanan kesehatan di Rumah Sakit adalah Dokter.

Tahapan untuk menghasilkan seorang dokter yang profesional, terdiri dari empat tahap. Tahap pertama adalah tahapan akademik yang bisa didapatkan melalui pendidikan di Fakultas Kedokteran yang lulusannya disebut Sarjana Kedokteran. Tahap ini disebut tahap “Pre-klinik”. Tahap Pre-klinik memiliki lama waktu 3.5 - 4 tahun (7 - 8 semester). Tahap kedua adalah tahap Pendidikan Profesi Dokter yang dilaksanakan di institusi pelayanan kesehatan baik di Rumah Sakit maupun di Puskesmas. Tahap Pendidikan Profesi Dokter disebut “Kepaniteraan Klinik atau Klinik”. Tahap Kepaniteraan Klinik memiliki lama waktu 1.5 - 2 tahun dengan melewati praktek di 14 - 15 stase/bagian Klinik. Setelah selesai tahap Kepaniteraan Klinik, para calon dokter mengikuti Uji Kompetensi Mahasiswa Program Profesi Kedokteran (UKMPPD) dan Sumpah Dokter. Tahap ketiga merupakan tahap Internship dimana para dokter menjadi dokter magang di Rumah Sakit atau di Puskesmas. Tahap Internship memiliki lama waktu satu tahun. Setelah selesai tahap Internship para dokter bisa bekerja di Rumah Sakit, buka praktek pribadi atau melanjutkan Sekolah Spesialis. Tahap keempat merupakan Sekolah Spesialis dimana para dokter melanjutkan Pendidikan untuk menjadi dokter spesialis sesuai bidang yang dipilih. Lama waktunya yaitu 4-6 tahun, ketika selesai akan mendapat gelar Sp. (Bidang Spesialis).

Program Kepaniteraan Klinik merupakan suatu bagian penting dalam Sistem Pendidikan Kedokteran Indonesia. Program Kepaniteraan Klinik yaitu suatu periode pendidikan kedokteran

yang ditekankan pada penerapan (aplikasi) teori-teori yang sebelumnya sudah di dapat dari periode Pre-klinik. Para calon tenaga dokter yang sedang melaksanakan program ini sering disebut dengan istilah Koas/Dokter Muda atau disingkat DM (*trainee/clerkship/physicians*) (Koas dari kata Ko-asisten, artinya sebagai asisten dokter). Program Kepaniteraan Klinik dilakukan di Rumah Sakit Pendidikan Utama, Rumah Sakit Jejaring serta Puskesmas.

Dengan program Kepaniteraan Klinik diharapkan para Dokter Muda (DM) dapat mempunyai pengalaman menangani pasien yang sebenarnya di bawah pengawasan dokter (Suryati, 2014). Pelayanan yang diberikan DM memberikan pengaruh kinerja pelayanan Rumah Sakit dimata pengguna jasa Rumah Sakit. Menurut dr. Made Ratna Saraswati, Sp.PD (Ketua Kordik Pendidikan Dokter Muda FK Unud, 2013) pelayanan DM dilakukan selama 1.5 - 2 tahun dan dengan adanya shift kerja. Mengingat pelayanan DM yang terus menerus dan berulang serta adanya shift maka perlu adanya penjadwalan untuk DM.

Pelayanan DM yang berhubungan dengan pasien, dituntut untuk selalu bisa melayani dengan baik, tepat sasaran, dan tepat waktu. Pelayanan DM seperti pada bagian rawat inap, rawat jalan, instalasi gawat darurat yang membutuhkan siaga waktu 24 jam per hari membutuhkan persiapan dan kesiapan dari DM sehingga saat memberikan pelayanan kepada pasien tidak melakukan kesalahan yang dapat menyebabkan kinerja yang buruk. Butuh kesesuaian antara karakteristik pekerjaan dengan pelaku kerja dalam hal ini yaitu DM. Ilmu yang mempelajari tentang analisis kesesuaian antara karakteristik pekerjaan dan pelaku kerja disebut Ergonomi (Syuaib, 2003).

Ergonomi (*human factor*) memiliki potensi besar untuk dapat berkontribusi pada perancangan sistem yang melibatkan manusia, baik dalam sistem kerja, produk, maupun sistem interaksi lainnya. Menurut Dul et al. (2004) dalam Setiawan (2014) tingginya potensi ergonomi dalam sistem kerja belum dieksploitasi secara maksimal. Standar ergonomi yang ditujukan untuk perbaikan sistem kerja belum diimplementasikan secara maksimal dan dipertimbangkan sebagai hal yang menguntungkan. Upaya seperti sosialisasi dan implementasi secara optimal perlu dilakukan untuk mendapatkan keuntungan dari segi sosial dan ekonomis. Penjadwalan tenaga kerja merupakan salah satu cara implementasi ergonomi dalam sistem organisasi. Menurut Michalos et al. (2010) dalam Rahayu (2015) bahwa faktor ergonomi seperti aspek manusia, aspek tempat kerja dan aspek pekerjaan memungkinkan karyawan akan multi terampil, menciptakan keadilan beban kerja dari pekerjaan yang berulang dan monoton dan meningkatkan kinerja tenaga kerja.

Penjadwalan DM merupakan proses menempatkan DM pada stase tertentu, di periode waktu tertentu dan dengan shift kerja tertentu. Staf pembuat jadwal, membuat penjadwalan dengan pengumpulan informasi yang diperlukan seperti: jumlah DM, jumlah stase dan rentang waktu yang akan dijadwalkan. Penjadwalan DM merupakan rancangan aktivitas DM pada semua stase yang ada di Rumah Sakit Pendidikan Utama, Rumah Sakit Jejaring, maupun di Puskesmas selama satu periode tertentu. Permasalahan yang dihadapi dalam penjadwalan DM terletak pada lebih banyaknya jumlah DM yang harus dijadwalkan daripada stase yang tersedia, kapasitas stase yang terbatas, beban kerja DM yang tidak boleh sangat tinggi saat menangani pasien pada tiap stase, serta faktor lingkungan fisik seperti temperatur dan cahaya yang harus sesuai dengan kebutuhan tiap stase.

Penjadwalan DM di Rumah Sakit Pendidikan Utama (Rumah Sakit Angkatan Laut /RSAL Dr. Ramelan Surabaya) dilakukan oleh staf Bidang Pengembangan Pendidikan dan Pelatihan (BANGDIKLAT). Sebagian staf membuat penjadwalan DM secara manual dan sebagian lain secara otomatis. Penjadwalan yang dilakukan secara manual dimulai dari pengelompokkan DM, menggunakan lembar penjadwalan untuk diisi dengan alat tulis. Sedangkan penjadwalan DM secara otomatis dilakukan dengan menggunakan komputer untuk kerapihan hasil (menggunakan Microsoft excel). Penjadwalan DM secara manual sesuai dengan keinginan pihak pihak seperti Dokter Pendidik Klinik, Kepala Departemen pada tiap Departemen di RSAL Dr Ramelan Surabaya, Rumah Sakit Jejaring, Puskesmas, Instansi Daerah seperti LABKESDA dan pihak Universitas terkait. Namun penjadwalan secara manual ini juga bisa mengalami perubahan. Penjadwalan DM yang dibuat belum mempertimbangkan faktor ergonomi berupa beban kerja (mental maupun fisik) yang dialami oleh DM pada tiap stase, faktor kelelahan DM pada tiap stase serta faktor lingkungan fisik (temperatur, pencahayaan, kebisingan) pada tiap stase, hal ini dapat diketahui dari observasi dan wawancara bahwa beberapa DM yang merasa kelelahan yang berlebih setelah melakukan Kepaniteraan Klinik dari satu stase ke stase berikutnya terutama ketika dari dan ke stase yang memiliki jumlah beban SKS besar seperti Ilmu Penyakit Dalam (Interna), Ilmu Kesehatan Anak (IKA), Ilmu Kesehatan Masyarakat (IKM) serta Ilmu Bedah.

Suryati (2014) telah melakukan penelitian terkait penjadwalan DM pada Rumah Sakit Pendidikan di RS Dr. Sardjito, Yogyakarta dengan menggunakan metode *Branch and Price*, dimana tujuannya yaitu untuk meminimumkan *constraint* (kendala) yang dapat dilanggar oleh DM. Rumah Sakit merupakan salah satu contoh industri jasa, namun penelitian tersebut masih belum mempertimbangkan faktor ergonomi DM. Sedangkan Setiawan (2014) melakukan penelitian terkait penjadwalan karyawan yang memperhatikan faktor ergonomi pada industri

manufaktur menggunakan metode eksak, model diformulasikan dengan pendekatan *Mix Integer Programming*, dimana tujuannya yaitu untuk memaksimalkan produktivitas. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai penjadwalan tenaga kerja di industri jasa, dalam penelitian ini yaitu penjadwalan DM di Rumah Sakit Pendidikan Utama yang mempertimbangkan faktor ergonomi.

Masalah penjadwalan DM mempertimbangkan faktor ergonomi menjadi topik yang dibahas dalam penelitian ini. Pemecahan yang dicari berupa suatu model matematika yang merepresentasikan masalah penjadwalan DM sesuai dengan keadaan yang dijadwalkan dan ketentuan dari Rumah Sakit. Melalui model matematika tersebut, masalah penjadwalan dapat diselesaikan secara matematis dengan bantuan perhitungan komputer.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana mengembangkan model penjadwalan DM di Rumah Sakit Pendidikan Utama dengan mempertimbangkan faktor ergonomi seperti faktor ergonomi pada aspek manusia, faktor ergonomi pada aspek pekerjaan dan faktor ergonomi pada aspek lingkungan fisik, dimana model tersebut diformulasikan dengan pendekatan *Integer Nonlinear Programming*.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari latar belakang diatas, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini diantaranya:

1. Mengidentifikasi faktor ergonomi yang berkaitan terhadap penjadwalan DM, meliputi faktor ergonomi pada aspek manusia, faktor ergonomi pada aspek pekerjaan dan faktor ergonomi pada aspek lingkungan fisik.
2. Mengembangkan model penjadwalan DM pada Rumah Sakit Pendidikan Utama dengan mempertimbangkan faktor ergonomi yang berkaitan secara riil terhadap penjadwalan DM
3. Menetapkan penjadwalan DM yang baru berdasarkan hasil simulasi model.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi dan manfaat berupa:

1. Model penjadwalan DM dengan mempertimbangkan faktor ergonomi dapat menjadi masukan dan solusi yang baik kepada perusahaan (Rumah Sakit Pendidikan Utama).

2. Penerapan model matematika dalam masalah penjadwalan DM yang penyelesaiannya didapat dari perhitungan komputer dapat menghemat waktu, dan tenaga yang dikeluarkan dibanding secara manual.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian menjelaskan hal-hal yang menjadi batasan dan asumsi yang digunakan dalam penelitian.

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan pada penelitian ini adalah

1. Objek yang diamati merupakan DM angkatan 42 yang berasal dari Fakultas Kedokteran Universitas Hang Tuah (FK UHT) sejumlah 179 orang (26 kelompok)
2. Penjadwalkan yang buat yaitu selama dua tahun
3. Penjadwalan dilakukan di 16 stase
4. Tidak mempertimbangkan shift kerja DM.
5. Tidak semua dinamika riil seperti perubahan nilai beban kerja dan nilai kelelahan dapat di *capture* dalam model

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah

1. Semua *skill* DM pada satu kelompok dalam tingkat yang sama
2. Kemampuan penerimaan faktor lingkungan fisik (temperatur, pencahayaan, kebisingan) untuk setiap DM diasumsikan sama
3. Jumlah anggota kelompok tiap DM diasumsikan sama untuk semua kelompok, yaitu tujuh orang
4. Penjadwalan diasumsikan untuk di RS Pendidikan Utama saja, sehingga setelah model penjadwalan selesai, pihak BANGDIKLAT yang akan mengalokasikan jadwal di RS Jejaring, Puskesmas, LABKESDA dengan jadwal yang sudah dibuat oleh RS Pendidikan Utama
5. Penjadwalan DM berdasarkan peraturan dari FK UHT dan RSAL Dr. Ramelan Surabaya

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Thesis berikut tersusun dalam beberapa Bab sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Pada Bab ini dijelaskan mengenai hal-hal yang menjadi dasar dari penelitian ini, meliputi latar belakang penelitian, permasalahan, tujuan, manfaat dan ruang lingkup penelitian yang akan dilakukan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab ini dijelaskan mengenai beberapa teori dan literatur yang mendukung penelitian ini. Teori teori yang digunakan dapat diambil dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, penelitian sebelumnya, artikel dan lainnya.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab ini dijelaskan mengenai metode beserta langkah –langkah yang akan digunakan pada penelitian sebagai acuan agar proses penelitian dapat berjalan secara sistematis, terstruktur dan terarah.

BAB IV. PENGEMBANGAN MODEL

Pada Bab ini dijelaskan mengenai pengembangan model penjadwalan DM dengan mempertimbangkan faktor ergonomi.

BAB V. PERCOBAAN NUMERIK DAN ANALISIS

Pada Bab ini akan dilakukan pengujian numerik terhadap model yang telah dikembangkan. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap model dengan mempertimbangkan faktor ergonomi dari segi manusia, lingkungan fisik dan karakteristik pekerjaan.

BAB VI. SIMPULAN DAN SARAN

Pada Bab ini berisi penarikan kesimpulan dari penulisan Thesis serta pemberian saran yang berguna untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab ini dijelaskan mengenai literatur yang digunakan dalam penelitian, meliputi tinjauan tentang Kepaniteraan Klinik, penjadwalan, ergonomi, faktor ergonomi pada manusia, faktor ergonomi pada karakteristik pekerjaan, faktor ergonomi pada lingkungan fisik, masalah dan teknik optimasi serta penelitian terdahulu dan posisi penelitian.

2.1 Kepaniteraan Klinik

Berdasarkan Peraturan Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Andalas Nomor: 10685.a./UN.16.2/TU/2015 tentang Pendidikan Profesi Dokter bahwa Pendidikan Profesi Dokter atau Kepaniteraan Klinik merupakan jenjang pendidikan dokter pada tahap Klinik yang dilaksanakan di Rumah Sakit Pendidikan Utama, Rumah Sakit Jejaring dan Puskesmas. Rumah Sakit Pendidikan Utama merupakan Rumah Sakit umum yang digunakan Fakultas Kedokteran untuk memenuhi seluruh atau sebagian besar Kurikulum dalam rangka mencapai kompetensi di bidang kedokteran. Rumah Sakit Jejaring merupakan Rumah Sakit tambahan yang dipakai untuk kegiatan pendidikan di Klinik sedangkan Puskesmas merupakan pusat pelayanan primer yang dipakai untuk kegiatan pendidikan di Klinik.

Kegiatan belajar mengajar dalam Pendidikan Profesi Dokter berupa kegiatan praktek dibidang kesehatan meliputi *promotif, preventif, kuratif* dan *rehabilitatif* dibawah bimbingan staf pengajar. Tujuan dari program ini yaitu untuk melatih keterampilan Klinik dan kemampuan pemecahan masalah kesehatan di Rumah Sakit dan sarana pelayanan kesehatan primer sebagai aplikasi dari ilmu dasar yang sudah diperoleh pada tahap akademik.

Berdasarkan Buku Panduan Program Studi Profesi Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Hang Tuah Tahun 2017, Program Studi Profesi Dokter memiliki 16 mata kuliah dengan besar beban studi (SKS) yang berbeda dan waktu pelaksanaan yang berbeda. Berikut merupakan Tabel Daftar Mata Kuliah Program Studi Profesi Kepaniteraan Klinik yang harus dijalani oleh DM.

Tabel 2.1. Daftar Mata Kuliah Program Studi Profesi Kepaniteraan Klinik

MK (Mata Kuliah)	SKS	Pelaksanaan
Ilmu Penyakit Dalam	6	12 minggu termasuk ujian
Ilmu Bedah	6	12 minggu termasuk ujian
Ilmu Kesehatan Anak	5	10 minggu termasuk ujian

Tabel 2.2. Daftar Mata Kuliah Program Studi Profesi Keperawatan Klinik (Lanjutan)

MK (Mata Kuliah)	SKS	Pelaksanaan
Ilmu Kebidanan dan Kandungan	5	10 minggu termasuk ujian
Ilmu Kesehatan Masyarakat	4	8 minggu termasuk ujian
Ilmu Penyakit Syaraf	3	5 minggu termasuk ujian
Ilmu Kedokteran Jiwa	3	5 minggu termasuk ujian
Ilmu Penyakit Kulit dan Kelamin	3	5 minggu termasuk ujian
Ilmu Penyakit THT	3	5 minggu termasuk ujian
Ilmu Kesehatan Mata	3	5 minggu termasuk ujian
Ilmu Kedokteran Forensik dan Medikolegal	3	5 minggu termasuk ujian
Farmasi Kedokteran	1	2 minggu termasuk ujian
Radiologi	1	2 minggu termasuk ujian
Rehabilitasi Medik	1	2 minggu termasuk ujian
Lakesla*	1	2 minggu termasuk ujian
Anestesi	1	2 minggu termasuk ujian

Sumber: Buku Panduan Program Studi Profesi Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Hang Tuah Tahun 2017

*mata kuliah muatan lokal yang hanya diberikan untuk DM di RSAL Surabaya

Berdasarkan Buku Panduan Pendidikan Profesi Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Andalas 2015, mahasiswa yang sudah mendapat gelar Sarjana Kedokteran dan sudah lulus ujian komprehensif selanjutnya mengikuti sistem Pendidikan Profesi Dokter yang terdiri dari: Layanan Orientasi dan Penanggulangan Penderita Gawat Darurat (PPGD) - Rotasi klinik – FOME 3 + UKMPPD (Ujian Kompetensi Mahasiswa Program Profesi Dokter) dan yudisium dokter. Selama mengikuti Pendidikan Profesi Dokter, mahasiswa disebut dengan panggilan Dokter Muda (DM) atau Koas. Para DM didampingi oleh dokter spesialis/S2 yang sudah mendapat pelatihan preceptor. Dokter yang mendampingi para DM disebut dengan Preceptor.

Pendidikan Profesi Dokter atau Keperawatan Klinik didahului dengan pengayaan yang disebut dengan Layanan Orientasi dan PPGD yang dilaksanakan selama satu minggu dan merupakan syarat mutlak untuk boleh ke siklus Keperawatan Klinik. Layanan Orientasi dan PPGD ini merupakan tahap penting untuk mengetahui sejauh mana kesiapan para calon DM untuk melakukan Keperawatan Klinik. Setelah pengayaan, mahasiswa akan mengikuti Keperawatan Klinik pada ± 15 bagian Klinik (Stase) dan mahasiswa mengikuti FOME 3 selama 5 minggu.

Berdasarkan Buku Panduan Program Studi Profesi Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Hang Tuah Tahun 2017, DM dalam melakukan Kepaniteraan Klinik di Rumah Sakit Pendidikan Utama (RSAL Dr. Ramelan Surabaya) dibagi dalam kelompok yang terdiri dari rata-rata tujuh orang DM dalam setiap kelompok dengan ketentuan jam kerja Kepaniteraan Klinik yaitu sebagai berikut:

- Pada hari biasa (Senin s/d Sabtu):

Jam 07.00 – 15.00 : Tugas harian untuk hari Senin – Jumat

Jam 07.00 – 13.00 : Tugas harian untuk hari Sabtu (khusus IKM)

Jam 15.00 – 07.00 : Tugas Jaga untuk hari Senin-Jumat

- Pada hari libur (Sabtu, Minggu dan tanggal merah):

Jam 07.00 – 14.00 : Tugas Jaga (shift) 1

Jam 14.00 – 07.00 : Tugas Jaga (shift) 2

Atau

Jam 07.00 – 15.00 : Tugas Jaga (shift) 1

Jam 15.00 – 23.00 : Tugas Jaga (shift) 2

Jam 23.00 – 07.00 : Tugas Jaga (shift) 3

FOME (Family Oriented Medical Education) 3 adalah kegiatan Kepaniteraan Klinik di Puskesmas yang meliputi kegiatan *preventif*, *promotif*, *kuratif* dan *rehabilitatif* dengan menerapkan prinsip komunikasi efektif dan berimplementasi pada *Evidence Based Medicine* (EBM) dan pasien *safety*, yang dilaksanakan setelah DM menyelesaikan siklus Kepaniteraan Klinik di Rumah Sakit Pendidikan Utama, selanjutnya mengikuti UKMPPD dan jika telah lulus maka akan mengikuti Yudisium Dokter.

2.2 Penjadwalan

Berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia, jadwal merupakan pembagian waktu berdasarkan rencana pengaturan urutan kerja. Sedangkan penjadwalan merupakan proses, cara, perbuatan menjadwalkan atau memasukkan dalam jadwal. Penjadwalan juga bisa berarti menyusun suatu urutan proses yang diperlukan dalam sebuah persoalan. Persoalan penjadwalan biasanya berhubungan dengan penjadwalan kelas dalam sekolah atau perkuliahan, penjadwalan karyawan, ataupun penjadwalan *job shop*. Dalam penjadwalan karyawan dilakukan pengaturan karyawan yang akan bekerja pada waktu tertentu di bagian tertentu (Kusmarna, 2013).

Penjadwalan merupakan pengalokasian subjek ke dalam periode tertentu, sedemikian sehingga dapat memenuhi batasan batasan yang diberikan dengan memenuhi sebanyak mungkin batasan tersebut. Penjadwalan merupakan proses pengambilan keputusan dengan tujuan satu atau

lebih pengoptimasian. Permasalahan alokasi sumber daya seringkali dihadapkan pada sumber daya terbatas dan pemenuhan satu atau lebih tujuan. Penjadwalan memainkan peran penting dalam sebagian besar sistem manufaktur dan produksi. Penjadwalan penting dalam pengaturan transportasi dan distribusi, serta dalam jenis industri jasa. Fungsi penjadwalan dalam sistem produksi atau organisasi harus berinteraksi dengan banyak fungsi lainnya. Penjadwalan terkait dengan masalah optimasi (Pinedo, 2002).

Penjadwalan tenaga kerja berkaitan dengan penentuan jumlah tenaga kerja yang tepat (*right number*) dengan spesifikasi yang tepat (*right people*) pada lokasi yang tepat (*right place*) pada waktu yang tepat (*right time*). Penjadwalan DM yang dilakukan Suryati (2014) dengan menggunakan metode *Branch and Price*. Penjadwalan DM merupakan masalah yang rumit dibanding penjadwalan perawat karena masalah penjadwalan DM biasanya berlaku untuk periode yang lebih lama dibanding perawat sehingga jumlah variabelnya akan bertambah, DM masih harus menyelesaikan pendidikannya, sehingga mereka harus menyelesaikan beberapa aktifitas dimana aktifitas tersebut biasanya terbatas sehingga menambah jumlah variable dan konstrain, aktifitas tersebut tidak dapat dibagi dengan aktivitas lain atau hari libur, jadwal DM tidak dapat diganti dengan DM lain jika ia tidak dapat melaksanakan aktifitas. Ada 2 kendala yang mempengaruhi penjadwalan DM pada rumah sakit pendidikan, yaitu *hard constrain* dan *soft constrain*. *Hard constrain* merupakan batasan yang tidak bisa dilanggar seperti jumlah libur, kendala aktivitas lain. Sedangkan *soft constrain* merupakan batasan yang bisa diganti jika ada pilihan lain seperti jumlah maksimum aktivitas berturut turut DM pada rumah sakit.

2.3 Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa Yunani yaitu kata “*ergon*” yang berarti kerja dan “*nomos*” yang berarti ilmu. Ergonomi berarti ilmu yang mempelajari interaksi antara manusia dengan alat, metode dan lingkungan dimana mereka melakukan aktivitas agar tercapai kesesuaian yang optimal.

Menurut International Ergonomic Association (IEA), ergonomi merupakan suatu disiplin ilmu yang mempelajari interaksi antara manusia dalam elemen lain dari suatu sistem dan kontribusinya terhadap desain kegiatan, kerja, produk dan lingkungan untuk membuat selaras dengan kebutuhan, kemampuan, dan keterbatasan manusia.

Menurut Openshaw (2006), ergonomi berasal dari bahasa Yunani, yaitu “*ergo*” yang berarti kerja dan “*nomos*” yang berarti hukum. Ergonomi adalah salah satu ilmu pengetahuan yang difokuskan untuk mempelajari kesesuaian dengan manusia dan mengurangi kelelahan dan ketidaknyamanan melalui desain produk.

Secara umum tujuan dari implementasi/penerapan ergonomi adalah:

1. Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja fisik dan mental, mengupayakan promosi dan kepuasan kerja.
2. Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui peningkatan kualitas kontak sosial, mengelola dan mengkoordinir kerja secara tepat guna dan meningkatkan jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif.
3. Menciptakan keseimbangan rasional antara berbagai aspek yaitu aspek teknis, ekonomis, antropologis dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi

Ergonomi berperan dalam perancangan produk serta inovasi produk baik pengembangan produk ataupun penciptaan produk baru. Berperan dalam proses operasi, proses inovasi, pemasaran dan manajemen sumber daya manusia (Dul dan Neumann, 2009). Menurut Boenzi et al. (2013), ergonomi juga berkontribusi pada organisasi atau perusahaan, misalnya penjadwalan, rotasi pekerjaan, penentuan jam istirahat, untuk meningkatkan kepuasan. Berperan juga meningkatkan kinerja karyawan, produktivitas dan mengurangi kebosanan akibat pekerjaan yang monoton dan berulang (Azizi, 2010), meminimasi potensi injury tulang belakang dan kebisingan (Aryanezhad et al., 2008).

Menurut Bridger (2003) ergonomi merupakan ilmu yang mempelajari interaksi antara manusia dan mesin dan faktor faktor yang mempengaruhi interaksinya. Tujuannya untuk memperbaiki kinerja dari sistem dengan cara memperbaiki interaksi manusia-mesin. Fokus ergonomi melibatkan tiga komponen utama yaitu manusia, mesin dan lingkungan yang saling berinteraksi satu dengan yang lainnya menghasilkan suatu sistem kerja yang terkenal dengan istilah *worksistem*.

2.4 Faktor Ergonomi pada Manusia

Menurut Baines et al. (2005) fokus ergonomi pada manusia (*key human centered factors*) berhubungan pada kinerja manusia ketika beraktivitas dalam sistem. Ada tiga kategori dari faktor ergonomi pada manusia, yaitu faktor personal, faktor lingkungan fisik dan faktor organisasi. Faktor personal mencakup enam kategori utama, yaitu kepribadian, demografi, fisiologi, kognisi, motivasi dan keterampilan. Faktor lingkungan fisik terdiri dari kebisingan, getaran, suhu dan kelembaban, pencahayaan dan kualitas udara. Faktor lingkungan organisasi terdiri dari pola shift kerja, *work team*, rotasi kerja, budaya kerja, training, struktur organisasi, dan komunikasi.

Faktor ergonomi pada manusia timbul dari batasan manusia baik secara fisik, fisiologi dan psikologi/kognitif. Batasan tersebut berpengaruh terhadap fungsi sebuah sistem termasuk sistem kerja dimana manusia itu terlibat. Keterbatasan manusia haruslah menjadi patokan dalam penataan produk yang ergonomis. Keterbatasan itu dapat berasal dari dalam maupun dari luar manusia. Faktor yang berasal dari dalam misalnya kekuatan otot, bentuk dan ukuran tubuh. Sedangkan faktor dari luar yaitu lingkungan kerja, penyakit, gizi dan sosial ekonomi. (Munir, 2008)

Faktor ergonomi pada manusia berhubungan dengan kemampuan kerja. Kemampuan kerja seseorang sangat ditentukan oleh: *Personal Capacity* (Karakteristik Pribadi); meliputi faktor usia, jenis kelamin, antropometri, pendidikan, pengalaman, status sosial, agama dan kepercayaan, status kesehatan, kebugaran tubuh, dsb. *Physiological capacity* (Kemampuan fisiologis); meliputi kemampuan dan daya tahan cardio-vaskuler, syaraf otot, panca indera, dsb. *Psychological Capacity* (Kemampuan psikologis); berhubungan dengan kemampuan mental, waktu reaksi, kemampuan adaptasi, stabilitas emosi, dsb. *Biomechanical Capacity* (kemampuan Bio-mekanik) berkaitan dengan kemampuan dan daya tahan sendi dan persendian, tendon dan jalinan tulang (Tarwaka, 2004).

Seiring dengan perkembangan keilmuan ergonomi, faktor manusia mulai dipertimbangan dalam penjadwalan tenaga kerja, khususnya berkaitan dengan penjadwalan berbasis rotasi kerja, waktu istirahat dan shift kerja. Meski demikian faktor manusia belum diintegrasikan secara komprehensif dalam permasalahan penjadwalan tenaga kerja (Othman et al., 2012).

2.4.1 Variabilitas Skill

Menurut Othman (2012) bahwa sebagian besar peningkatan perusahaan terjadi ketika pekerja yang tepat memiliki keterampilan yang tepat, perilaku dan kapasitas yang tepat dikerahkan secara tepat diseluruh perusahaan. Penting untuk menjadwalkan pekerjaan yang tepat pada orang yang tepat di waktu yang tepat. Selain itu penting untuk memiliki kecocokan yang erat antara keterampilan, sikap dan kinerja.

Masalah utama penjadwalan tenaga kerja adalah tidak adanya faktor manusia yang dilibatkan dalam sistem produksi. Mempertimbangkan faktor manusia dalam perencanaan produksi memiliki potensi untuk memperbaiki resiko cedera dan memperbaiki kinerja produksi (Dul dan Neumann, 2009).

Penelitian Othman (2012) yaitu membuat model penjadwalan *job shop* yang terdiri dari penggunaan tiga jenis mesin yang berbeda tingkat kesulitannya. Penjadwalan tersebut mempertimbangkan keterampilan pekerja, pelatihan, ketersediaan/*availability*,

kelelahan dan kepribadian dalam penggunaan, dimana tujuan dari penjadwalan tersebut adalah untuk mencapai minimum biaya. Penelitian tersebut menghasilkan kesimpulan bahwa biaya memiliki efek yang signifikan pada pemilihan pekerja dengan kemampuan *skill* yang berbeda. Sehingga *skill* atau keterampilan menjadi konstrain atau batasan dalam penjadwalan ini. Tidak hanya itu, Aryanezhad et al. (2009) juga melakukan penelitian tentang *job rotation scheduling* pada industri manufaktur dengan mempertimbangkan keterampilan pekerja dengan tujuan untuk mengurangi cedera tulang belakang dan cedera karena kebisingan. Keterampilan pekerja menjadi konstrain atau batasan dalam penelitian ini, yaitu pekerja yang ditugaskan pada pekerjaan tertentu merupakan pekerja yang memiliki keterampilan pada pekerjaan tersebut.

2.4.2 Kelelahan

Kelelahan merupakan suatu kondisi menurunnya efisiensi, performa kerja, dan berkurangnya kekuatan atau ketahanan fisik tubuh untuk terus melanjutkan kegiatan yang harus dilakukan (Wignjosoebroto, 2003). Kelelahan menurut Bridger (2003) dibagi menjadi tiga definisi umum, yaitu:

- a. Kelelahan “kantuk” yaitu kelelahan yang disebabkan karena kurangnya waktu tidur dan adanya gangguan irama sirkadian.
- b. Kelelahan “capek” yaitu kelelahan yang disebabkan karena melakukan aktivitas fisik yang berat atau berlebih.
- c. Kelelahan “mental” yaitu kelelahan yang mengacu pada mental akibat melakukan pekerjaan yang sama berulang-ulang.

Kelelahan kerja merupakan proses menurunnya efisiensi, *performance* kerja dan berkurangnya kekuatan/ketahanan fisik tubuh untuk terus melanjutkan kegiatan yang harus dilakukan Suma'mur (1996) dalam Tarwaka (2004). Kelelahan kerja akan menambah tingkat kesalahan kerja dan menurunkan kinerja atau produktivitas. Jika kesalahan kerja meningkat, akan memberikan peluang terjadinya kecelakaan kerja dalam industri (Nurmianto, 2003).

Kelelahan menurut Grandjean (1988) dalam Tarwaka (2004) diklasifikasikan menjadi 6 bagian, yaitu:

- a. Kelelahan mata, yaitu kelelahan yang timbul akibat terlalu tegangnya sistem penglihatan.
- b. Kelelahan tubuh secara umum, yaitu kelelahan akibat beban fisik yang berlebihan
- c. Kelelahan mental, yaitu kelelahan yang disebabkan oleh pekerjaan mental atau intelektual.

- d. Kelelahan syaraf, yaitu kelelahan yang disebabkan oleh tekanan berlebih pada salah satu bagian system psikomotor seperti pada pekerjaan yang membutuhkan keterampilan, melakukan pekerjaan yang berulang-ulang.
- e. Kelelahan kronis, yaitu kelelahan akibat akumulasi efek jangka panjang.
- f. Kelelahan sirkadian, yaitu bagian dari ritme siang-malam dan memulai periode tidur yang baru

Gambaran mengenai gejala kelelahan secara subjektif dan objektif menurut Grandjean (1998) dalam Tarwaka (2004) antara lain:

- a. Perasaan lesu, mengantuk dan pusing
- b. Tidak atau berkurangnya konsentrasi
- c. Berkurangnya tingkat kewaspadaan
- d. Persepsi yang buruk dan lambat
- e. Tidak ada atau berkurangnya gairah untuk bekerja
- f. Menurunnya kinerja jasmani dan rohani

Kelelahan dapat diatasi dengan beristirahat untuk menyegarkan tubuh.

Sampai saat ini belum ada acara untuk mengukur tingkat kelelahan secara langsung. Pengukuran-pengukuran yang dilakukan oleh para peneliti sebelumnya hanya berupa indikator yang menunjukkan terjadinya kelelahan akibat kerja. Grandjean (1993) dalam Tarwaka (2004) mengelompokkan metode pengukuran kelelahan yaitu sebagai berikut:

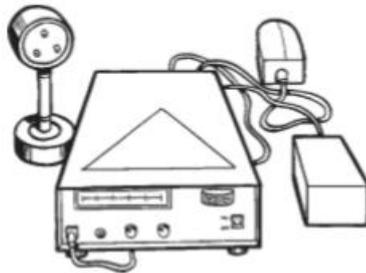
1. Kualitas dan Kuantitas Hasil Karya

Merupakan metode pengukuran secara tidak langsung karena banyak faktor yang dipertimbangkan seperti target produksi, faktor sosial, dan perilaku psikologis dalam kerja. Kualitas kerja seperti kerusakan produk, penolakan produk atau frekuensi kecelakaan dapat menggambarkan terjadinya kelelahan, tetapi faktor tersebut bukan merupakan faktor penyebab.

2. Uji Psiko-motor (*Psychomotor test*)

- Pada metode ini melibatkan fungsi persepsi, interpretasi dan reaksi motor. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah dengan pengukuran waktu reaksi. Waktu reaksi adalah jangka waktu dari pemberian suatu rangsang sampai kepada suatu saat kesadaran atau dilaksanakan kegiatan. Dalam uji waktu reaksi dapat digunakan nyala lampu, denting suara, sentuhan kulit atau goyangan badan. Terjadinya pemanjangan waktu reaksi merupakan petunjuk adanya pelambatan pada proses faal syaraf dan otot.

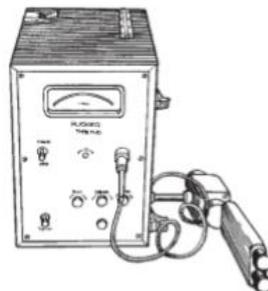
- Sanders & McCormick (1987) dalam Tarwaka (2013) mengatakan bahwa waktu reaksi adalah waktu untuk membuat suatu respon yang spesifik saat satu stimuli terjadi. Waktu reaksi terpendek biasanya berkisar antara 150 s/d 200 millidetik. Waktu reaksi tergantung dari stimuli yang dibuat; intensitas dan lamanya perangsangan; umur subjek; dan perbedaan-perbedaan individu lainnya
- Setyawati (1996) dalam Tarwaka (2013) melaporkan bahwa dalam uji waktu reaksi, ternyata stimuli terhadap cahaya lebih signifikan daripada stimuli suara. Hal tersebut disebabkan karena stimuli suara lebih cepat diterima oleh reseptor daripada stimuli cahaya
- Alat ukur waktu reaksi yang telah dikembangkan di Indonesia biasanya menggunakan nyala lampu dan denting suara sebagai stimuli. Alat ukur waktu reaksi salah satunya dapat dilihat seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Reaction Timer
Sumber: Tarwaka (2004)

3. Uji Hilangnya Kelipan (*Flicker-fusion test*)

- Dalam kondisi yang lelah, kemampuan tenaga kerja untuk melihat kelipan akan berkurang. Semakin lelah akan semakin panjang waktu yang diperlukan untuk jarak antara dua kelipan. Uji kelipan, di samping untuk mengukur kelelahan juga menunjukkan keadaan kewaspadaan tenaga kerja. Alat uji hilang kelipan atau *flicker-fusion test* dapat dilihat seperti Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Flicker-fusion test
Sumber: Tarwaka (2004)

4. *The Electroencephalograph*

Merupakan alat ukur kelelahan dimana berupa penempelan elektroda pada permukaan kulit kepala untuk menangkap aktivitas listrik di otak. Setelah itu ditafsirkan sebagai sinyal yang menunjukkan keadaan kelelahan dan mengantuk (Bridger, 2003).

5. Pengujian Mental

Pada metode ini konsentrasi merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk menguji ketelitian dan kecepatan menyelesaikan pekerjaan. *Bourdon Wiersman Test* merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk menguji kecepatan, ketelitian dan konsentrasi. Hasil test akan menunjukkan bahwa semakin lelah seseorang, maka tingkat kecepatan, ketelitian dan konsentrasi akan semakin rendah. *Bourdon Wiersman Test* lebih tepat untuk mengukur kelelahan akibat aktivitas atau pekerjaan yang lebih bersifat mental (Tarwaka, 2004).

6. Perasaan Kelelahan Secara Subjektif

Mengutamakan perasaan subjektif terhadap kelelahan perlu diperhatikan. Terdapat kuesioner yang digunakan untuk menilai perasaan kelelahan secara subjektif, yaitu *Subjective Self Rating Test (SSRT)* dari *Industrial Fatigue Research Committee (IFRC)* Jepang, merupakan salah satu kuesioner yang dibuat pada tahun 1967, berisi gejala umum yang dapat untuk mengukur kelelahan subjektif (Tarwaka, 2004). Kuesioner ini berisi 30 pertanyaan sebagai indikator yang terdiri dari 10 pertanyaan sebagai indikator pelemahan kegiatan, 10 pertanyaan sebagai indikator tentang pelemahan motivasi, dan 10 pertanyaan sebagai indikator tentang gambaran kelelahan fisik. Berikut merupakan daftar pertanyaan kuisisioner *Subjective Self Rating Test (SSRT)*.

Tabel 2.3. Pertanyaan Kuesioner *Subjective Self Rating Test (SSRT)*

10 Pertanyaan Tentang Pelemahan Kegiatan	10 Pertanyaan Tentang Pelemahan Motivasi	10 Pertanyaan Tentang Gambaran Kelelahan Fisik
a. Perasaan berat dikepala	a. Merasa susah berpikir	a. Sakit dibagian kepala
b. Merasa lelah seluruh badan	b. Malas untuk bicara	b. Sakit dibagian bahu
c. Merasa berat dikaki	c. Merasa gugup	c. Sakit dibagian punggung
d. Sering menguap saat bekerja	d. Tidak dapat berkonsentrasi	d. Merasa nafas tertekan
e. Merasa kacau pikiran saat bekerja	e. Tidak dapat memusatkan pikiran	e. Haus
f. Menjadi mengantuk	f. Cenderung mudah untuk melupakan sesuatu	f. Suara serak
g. Merasakan beban pada mata	g. Kurang kepercayaan diri	g. Merasa pening

Tabel 2.4. Pertanyaan Kuesioner *Subjective Self Rating Test* (SSRT) (Lanjutan)

10 Pertanyaan Tentang Pelemahan Kegiatan	10 Pertanyaan Tentang Pelemahan Motivasi	10 Pertanyaan Tentang Gambaran Kelelahan Fisik
h. Kaku dan canggung dalam gerakan	h. Cemas terhadap sesuatu	h. Merasa ada yang mengganjal dikelopak mata
i. Tidak seimbang saat berdiri	i. Tidak dapat mengontrol sikap	i. Anggota badan terasa gemetar
j. Ingin berbaring	j. Tidak tekun dalam pekerjaan	j. Merasa kurang sehat

Sumber: Tarwaka, dkk (2004)

Penilaian kuesioner dengan menggunakan skala *Likert*. Jawaban untuk kuisisioner tersebut terbagi menjadi 4 kategori jawaban dimana masing-masing jawaban tersebut diberi skor atau nilai sebagai berikut (Tarwaka, 2004):

- a. Skor 4 = Sangat Sering (SS) merasakan kelelahan
- b. Skor 3 = Sering (S) merasakan kelelahan
- c. Skor 2 = Kadang-kadang (K) merasakan kelelahan
- d. Skor 1 = Tidak Pernah (TP) merasakan kelelahan

Setelah selesai melakukan wawancara dan pengisian kuesioner, maka langkah berikutnya adalah menghitung jumlah skor pada masing-masing kolom (1, 2, 3 dan 4) dari 30 pertanyaan tersebut dan akan dijumlahkan, total nilai yang didapat akan menggambarkan kategori kelelahan dari tiap responden. Kategori tersebut antara lain (Tarwaka, 2004):

- a. Nilai 30-52 = Kelelahan rendah
- b. Nilai 53-74 = Kelelahan sedang
- c. Nilai 76-98 = Kelelahan tinggi
- d. Nilai 99-120 = Kelelahan sangat tinggi

2.4.3 Beban Kerja

Beban kerja atau *workload* merupakan beban yang ditanggung tenaga kerja yang sesuai dengan jenis pekerjaannya. Beban kerja dapat berupa beban fisik maupun mental. Beban kerja dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Menurut Tarwaka (2004), faktor-faktor yang mempengaruhi beban kerja antara lain:

- a. Faktor eksternal

Yaitu beban yang berasal dari luar tubuh pekerja, seperti:

1. Tugas-tugas yang bersifat fisik, seperti stasiun kerja, tata ruang, tempat kerja, alat dan sarana kerja, kondisi kerja, sikap kerja, dan tugas-tugas yang bersifat psikologis, seperti kompleksitas pekerjaan, tingkat kesulitan, tanggung jawab pekerjaan.
 2. Organisasi kerja, seperti lamanya waktu bekerja, waktu istirahat, shift kerja, kerja malam, sistem pengupahan, model struktur organisasi, pelimpahan tugas dan wewenang.
 3. Lingkungan kerja adalah lingkungan kerja fisik, lingkungan kimiawi, lingkungan kerja biologis dan lingkungan kerja psikologis
- b. Faktor Internal

Yaitu faktor yang berasal dari dalam tubuh itu sendiri akibat dari reaksi beban kerja eksternal. Faktor internal meliputi faktor somatis (jenis kelamin, umur, ukuran tubuh, status gizi, dan kondisi kesehatan) dan faktor psikis (motivasi, persepsi, kepercayaan, keinginan dan kepuasan).

2.4.3.1 Beban Kerja Fisik

Beban kerja fisik cenderung mengarah pada beban yang diterima seorang karyawan dalam suatu pekerjaan yang berkaitan dengan kondisi fisiologisnya, seperti kebisingan, getaran, dan *hygiene*. Beban kerja akan diketahui pada saat operator menanggapi kerja dengan memberi respon seperti denyut jantung atau keluar keringat (Rasyani, 2001). Semakin berat beban suatu kerja maka semakin tinggi energi yang diperlukan, akan mengakibatkan pernafasan semakin cepat dalam rangka memenuhi kebutuhan oksigen yang semakin meningkat. Hal ini akan berakibat semakin cepatnya laju denyut jantung sehingga terjadi peningkatan suhu tubuh (Hermana, 1999).

Menurut Rodahl (1989) dalam Tarwaka (2004) bahwa berat ringannya beban kerja yang diterima oleh seorang tenaga kerja dapat digunakan untuk menentukan berapa lama seseorang tenaga kerja dapat melakukan aktivitas kerjanya sesuai dengan kemampuan dan kapasitas kerja yang bersangkutan. Dimana semakin berat beban kerja, maka semakin pendek waktu seseorang untuk bekerja tanpa kelelahan dan gangguan fisiologis yang berarti atau sebaliknya.

Menurut Astrand & Rodahl (1977) dalam Tarwaka (2004) bahwa penilaian beban kerja fisik dapat dilakukan dengan dua metode secara objektif, yaitu secara langsung dan tidak langsung. Metode penilaian langsung yaitu dengan mengukur energi yang dikeluarkan (*energy expenditure*) melalui asupan oksigen selama bekerja. Semakin berat beban kerja akan semakin banyak energi yang diperlukan untuk dikonsumsi. Meskipun metode pengukuran asupan oksigen lebih akurat, namun hanya dapat mengukur untuk waktu kerja yang singkat dan diperlukan peralatan yang mahal. Metode penilaian secara tidak langsung adalah dengan menghitung denyut nadi kerja.

Lebih lanjut Christensen (1991) dalam Tarwaka (2004) menjelaskan bahwa salah satu pendekatan untuk mengetahui berat ringannya beban kerja adalah dengan menghitung nadi kerja, konsumsi oksigen, kapasitas ventilasi paru dan suhu inti tubuh. Pada batas tertentu ventilasi paru, denyut jantung dan suhu tubuh mempunyai hubungan yang linier dengan konsumsi oksigen atau pekerjaan yang dilakukan. Katagori berat ringannya beban kerja didasarkan pada metabolisme, respirasi, suhu tubuh dan denyut jantung menurut Christensen (1991) dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.5. Kategori Beban kerja

Kategori beban kerja	Konsumsi oksigen (l/min)	Ventilasi paru (l/min)	Suhu rektal ($^{\circ}$ C)	Denyut jantung (denyut/min)
Ringan	0.5 – 1.0	11 – 20	37.5	75 – 100
Sedang	1.0 – 1.5	20 – 31	37.5 – 38.0	100 – 125
Berat	1.5 – 2.0	31 – 43	38.0 – 38.5	125 – 150
Sangat berat	2.0 – 2.5	43 – 56	38.5 – 39.0	150 – 175
Sangat berat sekali	2.5 – 4.0	60 – 100	>39.0	>175

Sumber: Christensen (1991). *Encyclopedia of Occupational Health and Safety*. ILO. Geneva

Metode penilaian beban fisik secara tidak langsung adalah dengan menghitung denyut nadi selama bekerja. Konz (1996) dalam Tarwaka (2004) mengemukakan bahwa denyut jantung adalah suatu alat estimasi laju metabolisme yang baik, kecuali dalam keadaan emosi dan *vasodilatasi*. Pengukuran denyut jantung dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain dengan merasakan denyut jantung yang ada pada arteri radial pada pergelangan tangan (denyut nadi), mendengarkan denyut jantung pada stetoskop, dan menggunakan *electrocardiograph* (ECG).

a. Penilaian Beban Kerja Berdasarkan Jumlah Kebutuhan Kalori

Salah satu kebutuhan utama dalam pergerakan otot adalah kebutuhan akan oksigen yang dibawa oleh darah ke otot untuk pembakaran zat dalam menghasilkan energi. Sehingga jumlah oksigen yang dipergunakan oleh tubuh untuk bekerja merupakan salah satu indikator pembebanan selama bekerja. Dengan demikian setiap aktivitas pekerjaan memerlukan energi yang dihasilkan dari proses pembakaran. Semakin berat pekerjaan yang dilakukan maka akan semakin besar pula energi yang dikeluarkan. Berdasarkan hal tersebut maka besarnya jumlah kebutuhan kalori dapat digunakan sebagai petunjuk untuk menentukan berat ringannya beban kerja.

Berkaitan dengan hal tersebut, Menteri Tenaga Kerja melalui Keputusan Nomor 13 (2011) tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja menetapkan kategori beban kerja menurut kebutuhan kalori sebagai berikut:

- Beban kerja ringan: ≤ 200 Kilo kalori/jam
- Beban kerja sedang: $>200-350$ Kilo kalori/jam
- Beban kerja berat: $> 350-500$ Kilo kalori/jam

Kebutuhan kalori dapat dinyatakan dalam Kalori yang dapat diukur secara tidak langsung dengan menentukan kebutuhan oksigen. Setiap kebutuhan 1 liter oksigen akan memberikan 4,8 Kilo kalori Suma'mur (1982) dalam Tarwaka (2004). Sebagai dasar perhitungan dalam menentukan jumlah kalori yang dibutuhkan oleh seseorang dalam melakukan aktivitas pekerjaannya, dapat dilakukan melalui pendekatan atau taksiran kebutuhan kalori menurut jenis aktivitasnya. Taksiran kebutuhan kalori per jam untuk setiap berat badan dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.6. Kebutuhan Kalori Per Jam Menurut Jenis Aktivitas

No	Jenis Aktivitas	Kilo kalori/jam/kg BB
1.	Tidur	0.98
2.	Duduk dalam keadaan istirahat	1.43
3.	Membaca dengan intonasi keras	1.50
4.	Berdiri dalam keadaan tenang	1.50
5.	Menjahit dengan tangan	1.59
6.	Berdiri dengan konsentrasi terhadap suatu objek	1.63
7.	Berpakaian	1.69
8.	Menyanyi	1.74
9.	Menjahit dengan mesin	1.93
10.	Mengetik	2.00
11.	Menyetrika (berat setrika ± 2.5 kg)	2.06
12.	Mencuci peralatan dapur	2.06
13.	Menyapu lantai dengan kecepatan ± 38 kali per menit	2.41
14.	Menjilid buku	2.43
15.	Pelatihan ringan (<i>light exercise</i>)	2.43
16.	Jalan ringan dengan kecepatan ± 3.9 km/jam	2.86
17.	Pekerjaan kayu, logam dan pengecatan dalam industry	3.43

Tabel 2.7. Kebutuhan Kalori Per Jam Menurut Jenis Aktivitas (Lanjutan)

No	Jenis Aktivitas	Kilo kalori/jam/kg BB
18.	Pelatihan sedang (<i>heavy exercise</i>)	4.14
19.	Jalan agak cepat dengan kecepatan ± 5.6 km/jam	4.28
20.	Jalan turun tangga	5.20
21.	Pekerjaan tukang batu	5.71
22.	Pelatihan berat (<i>heavy exercise</i>)	6.43
23.	Penggergajian kayu secara manual	6.86
24.	Berenang	7.14
25.	Lari dengan kecepatan ± 8 km/jam	8.14
26.	Pelatihan sangat berat (<i>very heavy exercise</i>)	8.57
27.	Berjalan sangat cepat dengan kecepatan ± 8 km/jam	9.28
28.	Jalan naik tangga	15.80

Sumber: Suma'mur (1982) dikutip dari Sherman, H.C. Chemistry of Food and Nutrition

Kebutuhan kalori per jam tersebut merupakan pemenuhan kebutuhan kalori terhadap energi yang dikeluarkan akibat beban kerja utama. Sehingga masih diperlukan tambahan kalori apabila terdapat beban kerja tambahan seperti, stasiun kerja tidak ergonomis, sikap paksa waktu kerja, suhu lingkungan yang panas, dll. Selanjutnya penentuan kategori beban kerja berdasarkan taksiran jumlah kebutuhan kalori dapat diberikan contoh sebagai berikut:

Seorang pekerja laki-laki dengan berat badan 65 kg, bekerja sebagai tukang batu d bawah terik matahari. Berdasarkan data tersebut maka dapat dilakukan penaksiran terhadap beban kerja fisik yang diterima pekerja yang bersangkutan. Kebutuhan kalori per jam tukang batu tersebut adalah $5,71 \text{ Kilo kalori/ kg-BB} \times 65 \text{ kg-BB} = 371 \text{ Kilo kalori/jam}$, termasuk kategori beban kerja berat ($> 350\text{-}500 \text{ Kilo kalori/jam}$). Namun demikian perhitungan tersebut belum memperhitungkan faktor tekanan panas yang dapat memberikan beban kerja tambahan.

Contoh tersebut baru menggambarkan kebutuhan kalori seorang pekerja selama waktu kerja. Menurut Grandjean (1993) dalam Tarwaka (2004) bahwa kebutuhan kalori seorang pekerja selama 24 jam sehari ditentukan oleh tiga hal:

1) **Kebutuhan kalori untuk metabolisme basal.** Di mana seorang laki-laki dewasa memerlukan kalori untuk metabolisme basal ± 100 Kilo Joule (23,87 Kilo kalori) per 24 jam per kg-BB. Sedangkan wanita dewasa memerlukan kalori untuk metabolisme basal ± 98 Kilo Joule (23,39 Kilo kalori) per 24 jam per kg-BB. Sebagai contoh; seorang laki-laki dewasa dengan

berat badan 60 kg akan memerlukan kalori untuk metabolisme basal sebesar ± 6000 Kilo Joule (1432 Kilo kalori) per 24 jam.

2) **Kebutuhan kalori untuk kerja.** Kebutuhan kalori kerja sangat ditentukan dengan jenis aktivitas kerja yang dilakukan atau berat ringannya pekerjaan, seperti yang telah diuraikan sebelumnya.

3) **Kebutuhan kalori untuk aktivitas-aktivitas lain di luar jam kerja.** Rerata kebutuhan kalori untuk aktivitas di luar jam kerja adalah ± 2400 Kilo Joule (573 Kilo kalori) untuk laki-laki dewasa dan sebesar 2000-2400 Kilo Joule (477-425 Kilo kalori) per hari untuk wanita dewasa.

Berdasarkan uraian tersebut dapat digaris bawahi bahwa, penentuan kategori beban kerja fisik berdasarkan kebutuhan oksigen melalui penaksiran kebutuhan kalori belum dapat menggambarkan beban sebenarnya yang diterima oleh seorang pekerja. Hal tersebut disebabkan karena masih banyak faktor yang mempengaruhi kebutuhan kalori. Selain berat ringannya pekerjaan itu sendiri, juga dipengaruhi oleh lingkungan tempat bekerja, cara dan sikap kerja serta stasiun kerja yang digunakan selama kerja. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penilaian beban kerja yang dapat menggambarkan secara keseluruhan beban yang diterima seorang pekerja.

b. Penilaian Beban Kerja Berdasarkan Denyut Nadi Kerja

Pengukuran denyut nadi merupakan suatu metode untuk menilai *cardiovascular strain*. Salah satu peralatan yang dapat digunakan untuk menghitung denyut nadi adalah telemetri dengan menggunakan rangsangan *ElectroCardio Graph* (ECG). Apabila peralatan tersebut tidak tersedia, maka dapat dicatat secara manual memakai *stopwatch* dengan metode 10 denyut (Kilbon, 1992 dalam Tarwaka, 2004). Dengan metode tersebut dapat dihitung denyut nadi kerja sebagai berikut.

$$\text{Denyut Nadi (denyut/menit)} = \frac{10 \text{ Denyut}}{\text{waktu perhitungan}} \times 60 \quad (2.1)$$

Selain metode 10 denyut tersebut, dapat juga dilakukan penghitungan denyut nadi dengan metode 15 detik atau 30 detik. Penggunaan nadi kerja untuk menilai berat ringannya beban kerja mempunyai beberapa keuntungan. Selain mudah; cepat; sangkil dan murah juga tidak diperlukan peralatan yang mahal serta hasilnya cukup reliabel. Di samping itu tidak terlalu mengganggu proses kerja dan tidak menyakiti orang yang diperiksa. Kepekaan denyut nadi terhadap perubahan pembebanan yang diterima tubuh cukup tinggi. Denyut nadi akan segera berubah

seirama dengan perubahan pembebanan, baik yang berasal dari pembebanan mekanik, fisika maupun kimiawi (Kurniawan, 1995 dalam Tarwaka, 2004).

Grandjean (1993) dalam Tarwaka (2004) juga menjelaskan bahwa konsumsi energi sendiri tidak cukup untuk mengestimasi beban kerja fisik. Beban kerja fisik tidak hanya ditentukan oleh jumlah kJ yang dikonsumsi, tetapi juga ditentukan oleh jumlah otot yang terlibat dan beban statis yang diterima serta tekanan panas dari lingkungan kerjanya yang dapat meningkatkan denyut nadi.

Berdasarkan hal tersebut maka denyut nadi lebih mudah dan dapat digunakan untuk menghitung indeks beban kerja. Astrand & Rodahl (1977); Rodahl (1989) dalam Tarwaka (2004) menyatakan bahwa denyut nadi mempunyai hubungan linier yang tinggi dengan asupan oksigen pada waktu kerja. Dan salah satu cara yang sederhana untuk menghitung denyut nadi adalah dengan merasakan denyutan pada arteri radialis di pergelangan tangan.

Pengukuran 10 denyut dilakukan dua kali untuk mendapatkan nilai DNI (Denyut Nadi Istirahat) dan DNK (Denyut Nadi Kerja). Pengambilan DNI dilakukan saat sebelum karyawan memulai pekerjaannya. Sedangkan pengambilan DNK dilakukan pada saat karyawan mulai bekerja. Setelah mendapatkan nilai DNI dan DNK, maka selanjutnya dilakukan perhitungan *Cardiovascular Strain* (%CVL). Rumus perhitungan %CVL adalah sebagai berikut.

$$\%CVL = \frac{100 \times (DNK - DNI)}{DN_{max} - DNI} \quad (2.2)$$

DNmax ditentukan dengan cara sebagai berikut: (1) Pria = 220-usia; (2) Wanita = 200-usia. Dari hasil perhitungan %CVL, maka akan didapatkan nilai atau indeks beban kerja fisik seseorang. Klasifikasi beban kerja fisik berdasarkan %CVL adalah sebagai berikut.

Tabel 2.8. Klasifikasi Beban Kerja Fisik	
Range (%)	Klasifikasi
< 30	Tidak terjadi kelelahan
30 s.d < 60	Diperlukan perbaikan
60 s.d < 80	Kerja dalam waktu singkat
80 s.d < 100	Diperlukan tindakan segera
>100	Tidak diperbolehkan beraktivitas

Sumber: Simanjuntak (2011)

2.4.3.2 Beban Kerja Mental

Menurut Ahmadi et al. (2010) dalam Azimi et al. (2017) bahwa beban mental didefinisikan sebagai tingkat kognitif atau pemikiran atau upaya analitis yang dibutuhkan oleh pekerja atau karyawan untuk memenuhi tuntutan fisik dan waktu dari tugas yang diberikan. Beban mental memiliki struktur yang kompleks yang dipengaruhi oleh lingkungan, faktor organisasi dan psikologis serta kemampuan kognitif seseorang. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa dalam pekerjaan dengan banyak beban mental, karena kelelahan dan penjadwalan yang tidak tepat, efisiensi berkurang dan menyebabkan berkurangnya ingatan, kerusakan pada proses berpikir, itu dapat mengurangi pembelajaran seseorang. Selain itu orang yang Lelah lebih cenderung memilih perilaku beresiko, seperti melakukan tugas pintas untuk tugas-tugas mereka. Berdasarkan fakta bahwa beban kerja mental memiliki hubungan pada kesehatan, keselamatan dan kenyamanan individu. Dalam penelitian beberapa dekade terakhir ini, efek beban kerja mental dalam organisasi telah menjadi satu dari masalah utama perilaku organisasi.

Menurut Sauter (1990) dalam Prihatini (2007) cara mencegah dan mengendalikan beban kerja mental yang berlebihan yaitu beban kerja mental harus disesuaikan dengan kemampuan dan kapasitas kerja pekerja yang bersangkutan dengan menghindarkan adanya beban berlebih maupun beban kerja yang terlalu ringan., jam kerja harus disesuaikan baik terhadap tuntutan tugas maupun tanggung jawab di luar pekerjaan, setiap pekerja harus diberikan kesempatan untuk mengembangkan karier, mendapatkan promosi dan pengembangan keahlian, membentuk lingkungan sosial yang sehat yaitu antara pekerja yang satu dengan yang lain, tugas-tugas harus harus didesain untuk dapat menyediakan stimulasi dan kesempatan agar pekerja dapat menggunakan keterampilannya.

Pengukuran beban kerja meliputi pengukuran secara teoritis dan teknik. Pengukuran secara teoritis yaitu pengukuran ergonomi-biomekanik serta pengukuran psikologis. Pengukuran secara ergonomi-biomekanik mencakup pengukuran proses persepsi, biomekanik serta level kejenuhan kerja. Pengukuran psikologis menggunakan atribut seperti motivasi,antisipasi, keterampilan, dan batas kelelahan. Pengukuran secara teknis meliputi pengukuran secara objektif dan secara subjektif.

Pengukuran beban kerja secara objektif yaitu pengukuran beban kerja dimana sumber data yang diolah adalah data data kuantitatif. Contohnya pengukuran denyut jantung, pengukuran waktu kedipan mata, pola gerakan bola mata. Pengukuran beban kerja secara subjektif yaitu dengan menggunakan *National Aeronautics and Space Administration Task Load Index (NASA-TLX)*, *Subjective Workload Assessment Technique (SWAT)*, *Modified Cooper Harper Scaling*,

Multidescrptor Scale, Rating Scale Mental Effort (RSME). Berikut merupakan contoh pengukuran beban kerja mental menggunakan metode NASA TLX.

2.4.3.3 Metode NASA-TLX

Berdasarkan buku *Fisiologi dan Pengukuran Kerja Beban Kerja Mental* (2016), Metode NASA-TLX merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis beban kerja mental yang dihadapi oleh pekerja yang harus melakukan berbagai aktivitas dalam pekerjaannya. Metode ini di kembangkan oleh Sandra G. Hart dari NASA-Ames *Research Center* dan Lowell E. Staveland dari *San Jose State University* pada tahun 1981 berdasarkan munculnya kebutuhan pengukuran subjektif yang terdiri dari skala sembilan faktor (kesulitan tugas, tekanan waktu, jenis aktivitas, usaha fisik, usaha mental, performansi, frustrasi, stress dan kelelahan). Dari sembilan faktor ini disederhanakan lagi menjadi 6 yaitu *Mental demand (MD)*, *Physical demand (PD)*, *Temporal demand (TD)*, *Performance (P)*, *Effort (E)*, *Frustration level (FR)*. Langkah Pengukuran dengan metode NASA-TLX menurut Hancock dan Meshkati (1988) dalam buku *Fisiologi dan Pengukuran Kerja Beban Kerja Mental* (2016) adalah sebagai berikut:

1. Pembobotan

Pada bagian ini responden diminta untuk memilih salah satu dari dua indikator yang dirasakan lebih dominan menimbulkan beban kerja mental terhadap pekerjaan tersebut. Kuesioner NASA-TLX yang diberikan berupa perbandingan berpasangan. Dari kuesioner ini dihitung jumlah *tally* dari setiap indikator yang dirasakan paling berpengaruh. Jumlah *tally* menjadi bobot untuk tiap indikator beban mental. Berikut tabel perbandingan indikator NASA TLX:

Tabel 2.9. Indikator NASA-TLX

Skala	Rating	Keterangan
Mental Demand (MD)	Rendah, Tinggi	Seberapa besar aktivitas mental & perseptual yang dibutuhkan untuk melihat, mengingat dan mencari. Apakah pekerjaan tersebut sulit, sederhana atau kompleks. Longgar atau ketat
Physical Demand (PD)	Rendah, Tinggi	Jumlah aktivitas fisik yang dibutuhkan (misalnya mendorong, menarik dan mengontrol putaran).
Temporal Demand (TD)	Rendah, Tinggi	Jumlah tekanan yang berkaitan dengan waktu yang dirasakan selama elemen pekerjaan berlangsung. Apakah pekerjaan perlahan atau santai atau cepat dan melelahkan

Tabel 2.10. Indikator NASA-TLX (Lanjutan)

Skala	Rating	Keterangan
Performance (OP)	Tidak tepat, sempurna	Seberapa besar keberhasilan seseorang di dalam pekerjaannya dan seberapa puas dengan hasil kerjanya
Frustration Level (FR)	Rendah, Tinggi	Seberapa tidak aman, putus asa, tersinggung, terganggu yang dirasakan
Effort (EF)	Rendah, Tinggi	Seberapa keras kerja yang dibutuhkan untuk mencapai tingkat performansi.

Sumber: NASA Task Load Index

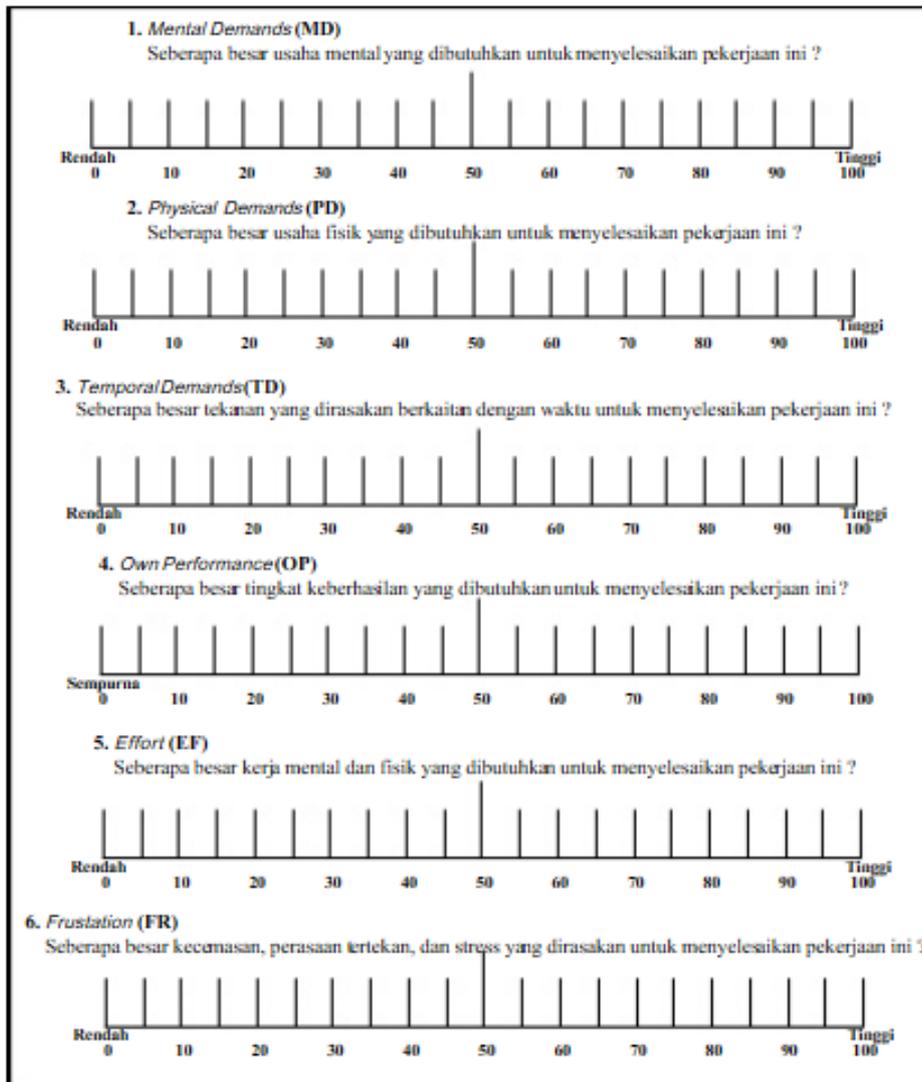
	MD	PD	TD	OP	EF	FR
MD						
PD						
TD						
OP						
EF						
FR						

Gambar 2.3. Perbandingan Indikator NASA TLX

Sumber: NASA Task Load Index

2. Pemberian *Rating*

Pada bagian ini responden diminta memberi *rating* terhadap keenam indikator beban mental. *Rating* yang diberikan adalah subjektif tergantung pada beban mental yang dirasakan oleh responden tersebut. Untuk mendapatkan skor beban mental NASA-TLX, bobot dan *rating* untuk setiap indikator dikalikan kemudian dijumlahkan dan dibagi dengan 15 (jumlah perbandingan berpasangan). Berikut skala *rating* dari NASA TLX:



Gambar 2.4. Rating NASA TLX
Sumber: NASA Task Load Index

3. Menghitung nilai produk

Diperoleh dengan mengalikan *rating* dengan bobot faktor untuk masing-masing deskriptor. Dengan demikian dihasilkan 6 nilai produk untuk 6 indikator (MD, PD, TD, CE, FR, EF):

$$\text{Produk} = \text{rating} \times \text{bobot faktor} \quad (2.3)$$

4. Menghitung *Weighted Workload* (WWL)

Diperoleh dengan menjumlahkan keenam nilai produk

$$\text{WWL} = \sum \text{produk} \quad (2.4)$$

5. Menghitung rata-rata WWL

Diperoleh dengan membagi WWL dengan jumlah bobot total

$$\text{Skor} = \frac{\sum \text{produk}}{15} \quad (2.5)$$

6. Interpretasi Skor

Berdasarkan penjelasan Hart dan Staveland (1981) dalam teori NASA-TLX, skor beban kerja yang diperoleh terbagi dalam tiga bagian yaitu:

Tabel 2.11. Skor NASA-TLX

Golongan Beban Kerja	Nilai
Rendah	0 – 9
Sedang	10 – 29
Agak Tinggi	30 – 49
Tinggi	50 – 79
Sangat Tinggi	80 – 100

Sumber: NASA Task Load Index

2.4.4 Kebosanan

Secara umum kebosanan atau *boredom* adalah keadaan dimana seorang pekerja merasa kurang berminat terhadap kegiatan yang dia kerjakan (Rahayu, 2015). Sejumlah survey telah ditemukan bahwa ada korelasi yang signifikan dan positif antara pekerjaan yang berulang dengan kebosanan. Tidak seperti masalah penugasan atau *assignment*, faktor kebosanan belum secara eksplisit dibahas dalam literatur. Kebosanan adalah masalah umum dan menjadi masalah sangat serius dalam situasi kehidupan nyata. Kebosanan dapat dikaitkan dengan pengurangan kinerja, ketidakpuasan dan kecelakaan. Faktor yang menyebabkan kebosanan sangatlah kompleks namun hamper selalu mencakup pekerjaan yang berulang. Oleh karena itu *job rotation* dalam penjadwalan bisa menjadi alternatif solusi untuk mengatasi kebosanan atau kurangnya motivasi pekerja (Bhadury and Radovsilky, 2006).

Kebosanan menyebabkan ketidakhadiran karyawan, kecelakaan, variasi kinerja, dan kurangnya kepuasan kerja. Secara tradisional, faktor yang menyebabkan kebosanan diasumsikan bersifat eksternal seperti pekerjaan yang berulang. Namun menurut penelitian terbaru, ada kemungkinan kebosanan disebabkan oleh faktor internal yaitu kepribadian individu (Farmer and Sundberg, 1986 dalam Azizi et al., 2010).

2.4.5 Learning and Forgetting

Merupakan fenomena dimana seorang karyawan ditransfer atau dirotasi ke pekerjaan lainnya maka akan mulai belajar set pekerjaan tersebut sementara keterampilan mengerjakan pekerjaan sebelumnya mulai berkurang (Azizi et al., 2010)

2.5 Faktor Ergonomi Pada Aspek Pekerjaan

Menurut Rahayu (2015) faktor ergonomi pada aspek pekerjaan atau karakteristik pekerjaan adalah meliputi karakteristik tugas kerja yang diberikan kepada karyawan. Ada empat kriteria pada aspek pekerjaan untuk menemukan kecocokan antara pekerja dan tugas kerjanya, yaitu Task's mentality difficulty, task's physicality difficulty, cost required for training dan safety risk. Task's mentality difficulty merupakan kriteria yang menggambarkan betapa sulitnya tugas itu secara mental. Task physicality difficult merupakan kriteria yang menggambarkan betapa sulitnya tugas fisik. cost required for training merupakan kriteria untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan untuk pelatihan. Safety risk merupakan kriteria untuk mengetahui riwayat kecelakaan yang terjadi pada tugas itu dan tindakan pencegahan kecelakaan (Jahandideh, 2012).

2.6 Faktor Ergonomi pada Lingkungan Fisik

Menurut Tarwaka (2004) bahwa lingkungan kerja yang nyaman sangat dibutuhkan oleh pekerja untuk dapat bekerja secara optimal dan produktif. Oleh karena itu lingkungan kerja harus ditangani atau didesain sedemikian rupa sehingga menjadi kondusif terhadap pekerja untuk melaksanakan kegiatan dalam suasana yang aman dan nyaman.

Faktor lingkungan kerja yang mempengaruhi pekerjaan seperti iklim mikro, kebisingan dan penerangan. Evaluasi lingkungan dilakukan dengan cara pengukuran kondisi tempat kerja dan mengetahui respon pekerja terhadap paparan lingkungan kerja. Iklim mikro dalam lingkungan kerja terdiri dari unsur suhu udara (kering dan basah), kelembaban nisbi, panas radiasi dan kecepatan gerakan udara.

Faktor lingkungan kerja juga memiliki kontribusi terhadap performansi pekerja ketika beraktivitas dalam sistem produksi. Tarwaka (2004) menyatakan bahwa pengendalian bahaya lingkungan kerja, dapat dilakukan dengan empat cara, yaitu: (1) eliminasi sumber bahaya, (2) pengendalian bahaya secara teknik, (3) pengendalian bahaya secara administratif, dan (4) pengendalian bahaya pada penerima atau pekerja.

2.6.1 Mikroklimat

Secara fundamental, ergonomi merupakan studi tentang penyesuaian antara pekerja dan pekerjaannya untuk meningkatkan performansi dan melindungi kehidupan. Untuk dapat melakukan penyesuaian tersebut kita harus dapat memprediksi adanya stressor yang menyebabkan terjadinya strain dan mengevaluasinya. Iklim mikro dalam lingkungan kerja menjadi sangat penting karena dapat bertindak sebagai stressor yang menyebabkan strain kepada pekerja apabila tidak dikendalikan dengan baik. Iklim mikro dalam lingkungan kerja terdiri dari

unsur suhu udara (kering dan basah), kelembaban nisbi, panas radiasi dan kecepatan gerakan udara (Suma'mur, 1984 dalam Tarwaka, 2004)

Untuk negara dengan empat musim, rekomendasi untuk comfort zone pada musim dingin adalah suhu ideal berkisar antara 19-23 °C dengan kecepatan udara antara 0,1-0,2 m/det dan pada musim panas suhu ideal antara 22-24 °C dengan kecepatan udara antara 0,15-0,4 m/det serta kelembaban antara 40-60% sepanjang tahun (WHS, 1992; Grantham, 1992 dan Grandjean, 1993 dalam Tarwaka, 2004). Sedangkan untuk negara dengan dua musim seperti Indonesia, rekomendasi tersebut perlu mendapat koreksi. Sedangkan kaitannya dengan suhu panas lingkungan kerja, batas toleransi suhu tinggi sebesar 35-40°C; kecepatan udara 0,2 m/det; kelembaban antara 40-50%; perbedaan suhu permukaan <4 °C.

Mikroklimat berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No: 1204/MENKES/SK/X/2004 tentang Persyaratan Kesehatan Rumah Sakit bahwa ruang atau unit di Rumah Sakit memiliki standar suhu, kelembaban dan tekanan udara menurut fungsi ruang atau unit, berikut dapat dilihat pada Tabel 2.8

Tabel 2.12. Standar Suhu, Kelembaban dan Tekanan Udara di Rumah Sakit

No	Ruang atau Unit	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Tekanan
1.	Operasi	19-24	45-60	Positif
2.	Bersalin	24-16	45-60	Positif
3.	Pemulihan/perawatan	22-24	45-60	Seimbang
4.	Observasi bayi	21-24	45-60	Seimbang
5.	Perawatan bayi	22-26	35-60	Seimbang
6.	Perawatan premature	24-26	35-60	Positif
7.	ICU	22-23	35-60	Positif
8.	Jenazah/Autopsi	21-24	-	Negatif
9.	Penginderaan media	19-24	45-60	Seimbang
10.	Laboratorium	22-26	35-60	Negatif
11.	Radiologi	22-26	45-60	Seimbang
12.	Sterilisasi	22-30	35-60	Negatif
13.	Dapur	22-30	35-60	Seimbang
14.	Gawat Darurat	19-24	45-60	Positif
15.	Administrasi, pertemuan	21-26	-	Seimbang
16.	Ruang luka bakar	24-26	35-60	Positif

Sumber: Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No: 1204/MENKES/SK/X/2004

Dengan demikian jelas bahwa mikroklimat yang tidak dikendalikan dengan baik akan berpengaruh terhadap tingkat kenyamanan pekerja dan gangguan kesehatan, sehingga dapat meningkatkan beban kerja, mempercepat munculnya kelelahan dan keluhan subjektif serta menurunkan produktivitas kerja.

2.6.2 Kebisingan

Pengertian kebisingan adalah bunyi atau suara yang tidak dikehendaki yang bersifat mengganggu pendengaran dan bahkan dapat menurunkan daya dengar seseorang yang terpapar. Sedangkan definisi kebisingan menurut Kepmennaker (1999) adalah semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan atau alat-alat kerja yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran. Suara atau bunyi dapat dirasakan oleh indra pendengaran akibat adanya rangsangan getaran yang datang melalui media yang berasal dari benda yang bergetar. Dari segi kualitas bunyi, terdapat dua hal yang menentukan yaitu frekuensi suara dan intensitas suara.

Frekuensi dinyatakan dalam jumlah getaran per detik atau Hertz (Hz) yaitu jumlah getaran yang sampai ke telinga setiap detiknya. Sedangkan intensitas atau arus energi lazimnya dinyatakan dalam desibel (dB) yaitu perbandingan antara kekuatan dasar bunyi (0,0002 dyne/cm²) dengan frekuensi (1.000 Hz) yang tepat dapat didengar oleh telinga normal. Mengingat desibel yang diterima oleh telinga merupakan skala logaritmis, maka tingkat kebisingan 3 dB di atas 60 dB pengaruhnya akan berbeda dengan 3 dB di atas 90 dB.

Nilai Ambang Batas (NAB) Kebisingan di tempat kerja berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. Kep.51/MEN/1999 yang merupakan pembaharuan dari Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja No. 01/MEN/ 1978, besarnya rata-rata adalah 85 dB(A) untuk waktu kerja terus menerus tidak lebih dari 8 jam/ hari atau 40 jam seminggu. Selanjutnya apabila tenaga kerja menerima pemaparan kebisingan lebih dari ketentuan tersebut, maka harus dilakukan pengurangan waktu pemaparan seperti pada tabel 2.9 di bawah.

Tabel 2.13. Batas Waktu Pemaparan Kebisingan Per Hari Kerja Berdasarkan Intensitas Kebisingan

Batas Waktu Pemaparan (Per Hari Kerja)	Intensitas Kebisingan Dalam dB (A)
8 Jam	85
4	88
2	91
1	94

**Tabel 2.14. Batas Waktu Pemaparan Kebisingan Per Hari Kerja
Berdasarkan Intensitas Kebisingan (Lanjutan)**

Batas Waktu Pemaparan (Per Hari Kerja)		Intensitas Kebisingan Dalam dB (A)
30	Menit	97
15		100
7.5		103
3.75		106
1.88		109
0.94		112
28.12	Detik	115
14.06		118
7.03		121
3.52		124
1.76		127
0.88		130
0.44		133
0.22		135
0.11	139	

**Catatan: Tidak boleh terpapar lebih dari 140 Db (A) walaupun sesaat
Sumber: Kepmennaker No. 51. Tahun 1999**

Kebisingan berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No: 1204/MENKES/SK/X/2004 tentang Persyaratan Kesehatan Rumah Sakit bahwa ruang atau unit di Rumah Sakit memiliki indeks kebisingan yaitu sesuai dengan Tabel 2.10

Tabel 2.15. Indeks Kebisingan Menurut Ruangan atau Unit pada Rumah Sakit

No	Ruangan atau Unit	Kebisingan Max (waktu pemaparan 8 jam dalam satuan dBA)
1.	Ruang pasien : Saat tidak tidur	45
	Saat tidur	40
2.	Ruang operasi, umum	45
3.	Anestesi, pemulihan	45
4.	Endoskopi, laboratorium	65
5.	Sinar X	40

**Tabel 2.16. Indeks Kebisingan Menurut Ruangan atau Unit pada Rumah Sakit
(Lanjutan)**

No	Ruangan atau Unit	Kebisingan Max (waktu pemaparan 8 jam dalam satuan dBA)
6.	Koridor	40
7.	Tangga	45
8.	Kantor/lobby	45
9.	Ruang alat/Gudang	45
10.	Farmasi	45
11.	Dapur	78
12.	Ruang Cuci	78
13.	Ruang isolasi	40
14.	Ruang poli gigi	80

**Sumber: Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No:
1204/MENKES/SK/X/2004**

2.6.3 Pencahayaan

Pencahayaan atau penerangan yang baik adalah yang memungkinkan tenaga kerja dapat melihat objek yang dikerjakan secara jelas, cepat dan tanpa upaya yang tidak perlu (Suma'mur, 1984 dalam Tarwaka 2004). Penerangan yang cukup dan diatur secara baik juga akan membantu menciptakan lingkungan kerja yang nyaman dan menyenangkan sehingga dapat memelihara kegairahan kerja. Telah kita ketahui hampir semua pelaksanaan pekerjaan melibatkan fungsi mata, di mana sering kita temui jenis pekerjaan yang memerlukan tingkat penerangan tertentu agar tenaga kerja dapat dengan jelas mengamati objek yang sedang dikerjakan. Intensitas penerangan yang sesuai dengan jenis pekerjaannya jelas akan dapat meningkatkan produktivitas kerja. Sanders & McCormick (1987) dalam Tarwaka (2004) menyimpulkan dari hasil penelitian pada 15 perusahaan, di mana seluruh perusahaan yang diteliti menunjukkan kenaikan hasil kerja antara 4-35%. Selanjutnya Armstrong (1992) dalam Tarwaka (2004) menyatakan bahwa intensitas penerangan yang kurang dapat menyebabkan gangguan *visibilitas* dan *eyestrain*. Sebaliknya intensitas penerangan yang berlebihan juga dapat menyebabkan *glare; reflections; excessive shadows; visibility & eyestrain*. Tenaga kerja di samping harus dengan jelas dapat melihat objek-objek yang sedang dikerjakan juga harus dapat melihat dengan jelas pula benda/alat dan tempat di sekitarnya yang mungkin mengakibatkan kecelakaan. Maka penerangan umum harus memadai. Dalam suatu pabrik di mana banyak terdapat mesin–mesin dan proses

pekerjaan yang berbahaya maka penerangan harus didesain sedemikian rupa sehingga dapat mengurangi kecelakaan kerja. Pekerjaan yang berbahaya harus dapat diamati dengan jelas dan cepat, karena banyak kecelakaan terjadi akibat penerangan yang kurang memadai. Intensitas penerangan yang dibutuhkan pada masing-masing tempat kerja ditentukan dari jenis dan sifat pekerjaan yang dilakukan. Semakin tinggi tingkat ketelitian suatu pekerjaan, maka akan semakin besar kebutuhan intensitas penerangan yang diperlukan, demikian pula sebaliknya.

Standar penerangan di Indonesia telah ditetapkan seperti tersebut dalam Peraturan Menteri Perburuhan (PMP) No. 7 Tahun 1964, Tentang syarat-syarat kesehatan, kebersihan dan penerangan di tempat kerja. Standar penerangan yang ditetapkan untuk di Indonesia tersebut secara garis besar hampir sama dengan Standar Internasional. Sebagai contoh di Australia menggunakan standar AS 1680 untuk 'Interior Lighting' yang mengatur intensitas penerangan sesuai dengan jenis dan sifat pekerjaannya. Secara ringkas intensitas penerangan yang dimaksud dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a) Penerangan untuk halaman dan jalan-jalan di lingkungan perusahaan harus mempunyai intensitas penerangan paling sedikit 20 luks.
- b) Penerangan untuk pekerjaan-pekerjaan yang hanya membedakan barang kasar dan besar paling sedikit mempunyai intensitas penerangan 50 luks.
- c) Penerangan yang cukup untuk pekerjaan yang membedakan barang-barang kecil secara sepintas lalu paling sedikit mempunyai intensitas penerangan 100 luks.
- d) Penerangan untuk pekerjaan yang membeda-bedakan barang kecil agak teliti paling sedikit mempunyai intensitas penerangan 200 luks.
- e) Penerangan untuk pekerjaan yang membedakan dengan teliti dari barang-barang yang kecil dan halus, paling sedikit mempunyai intensitas penerangan 300 luks.
- f) Penerangan yang cukup untuk pekerjaan membeda-bedakan barang halus dengan kontras yang sedang dalam waktu yang lama, harus mempunyai intensitas penerangan paling sedikit 500 - 1.000 luks.
- g) Penerangan yang cukup untuk pekerjaan membeda-bedakan barang yang sangat halus dengan kontras yang kurang dan dalam waktu yang lama, harus mempunyai intensitas penerangan paling sedikit 2.000 luks.

Penerangan berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No: 1204/MENKES/SK/X/2004 tentang Persyaratan Kesehatan Rumah Sakit bahwa ruang atau unit di Rumah Sakit memiliki Indeks Pencahayaan Menurut Jenis Ruangan atau Unit adalah sesuai dengan Tabel 2.11.

Tabel 2.17. Indeks Pencahayaan Menurut Ruangan atau Unit pada Rumah Sakit

No	Ruangan atau Unit	Intensitas Cahaya (Lux)	Keterangan
1.	Ruang Pasien : Saat tidak tidur Saat tidur	100-200 Maks 50	Warna cahaya sedang
2.	Ruang operasi umum	300-500	
3.	Meja operasi	10.000 – 20.000	Warna cahaya sejuk atau sedang tanpa bayangan
4.	Anestesi, pemulihan	300-500	
5.	Endoscopy, lab	75-100	
6.	Sinar X	Min 60	
7.	Koridor	Min 100	
8.	Tangga	Min 100	Malam hari
9.	Administrasi/kantor	Min 100	
10.	Ruang alat/Gudang	Min 200	
11.	Farmasi	Min 200	
12.	Dapur	Min 200	
13.	Ruang cuci	Min 100	
14.	Toilet	Min 100	
15.	Ruang isolasi khusus penyakit tetanus	0.1-0.5	Warna cahaya biru
16.	Ruang luka bakar	100-200	

Sumber: Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No: 1204/MENKES/SK/X/2004

2.7 Masalah dan Teknik Optimasi

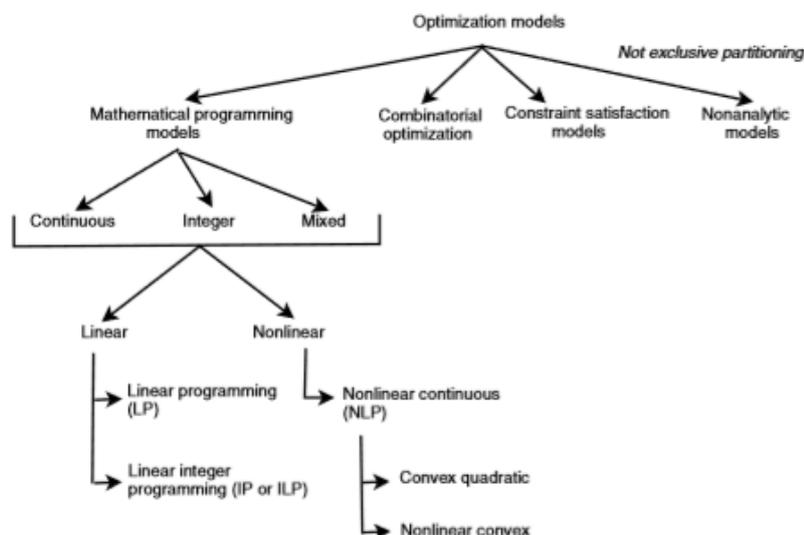
Menurut Pinedo (2002) penjadwalan merupakan proses pengambilan keputusan dengan tujuan satu atau lebih pengoptimasian. Penjadwalan merupakan masalah terkait optimasi. Optimasi dipandang sebagai suatu proses untuk mencari solusi terbaik menggunakan prosedur yang tersistematis. Optimasi sangat penting karena sering berhubungan dengan pengambilan keputusan. Menurut Talbi (2009), pengambilan keputusan memiliki 4 tahap, yaitu:

1. Merumuskan: tahap ini berfungsi untuk merumuskan masalah. Faktor-faktor internal dan eksternal dari permasalahan yang akan diselesaikan perlu diidentifikasi.
2. Memodelkan: setelah permasalahannya dirumuskan, maka permasalahan tersebut perlu dimodelkan. Dalam bidang optimasi, tahap ini berupa pembuatan model matematis.

Untuk mencari model yang sesuai, bisa diawali dengan studi literatur, maupun mencari model yang mirip dengan permasalahan yang akan diselesaikan.

3. Mengoptimalkan: setelah mendapatkan model tahap selanjutnya adalah menyelesaikan permasalahan tersebut menggunakan metode optimasi. Penyelesaian yang diperoleh bisa merupakan penyelesaian optimal maupun sub-optimal (penyelesaian yang didapat merupakan penyelesaian tahap model matematis yang dilakukan)
4. Mengimplementasikan: tahap terakhir adalah menguji solusi yang diperoleh kedalam dunia praktis (menerapkan ke permasalahan yang sesungguhnya)

Menurut Talbi (2009) bahwa model optimasi yang paling sukses adalah berdasarkan *mathematical programming model* dan *constraint programming*. Model yang biasa digunakan pada *mathematical programming* adalah *integer*, *mixed* dan *continuous*. Integer terdiri atas *linear* dan *nonlinear programming*. Berikut merupakan jenis model optimasi.



Gambar 2.5. Model Optimasi Klasik
Sumber: Talbi (2009)

2.7.1 Integer Linear Programming (ILP)

Integer Linear Programming (ILP) pada dasarnya merupakan pemrograman linier dimana nilai variable keputusan x_1, \dots, x_n harus berupa integer atau bilangan bulat. Bentuk umum *Integer Linear Programming* tidak jauh berbeda dengan *Linear Programming* (Pinedo, 2002). Permasalahan yang mengharuskan variabel keputusan bernilai integer diantaranya pemilihan investasi, ruting, scheduling, vehicle loading, distribution, assignment dan lain sebagainya.

Integer Linear Programming dapat diklasifikasikan menjadi tiga berdasarkan banyaknya variable keputusan yang bernilai bulat, yaitu *pure integer programming*, *mixed integer programming* (MIP) dan *binary integer programming*. *Pure integer programming* merupakan

program linear yang semua variable keputusan harus bernilai bilangan bulat. *Mixed binary integer programming* merupakan program linear dimana tidak semua variable keputusan berupa bilangan bulat. *Binary integer programming* merupakan program linear yang menghendaki semua variable keputusan harus bernilai 0 dan 1. Berbeda dengan LP, sebuah algoritma yang efisien untuk menyelesaikan ILP dan MIP tidak ada. Banyak masalah penjadwalan menggunakan ILP. Contoh permasalahan yang menggunakan ILP adalah “time-indexed variables” dan “sequencing variables” (Pinedo, 2002).

2.7.2 Linear Programming (LP)

Pemrograman linear atau *Linear Programming* (LP) adalah sebuah metode matematis untuk menemukan suatu penyelesaian optimal dengan cara memaksimalkan atau meminimumkan fungsi tujuan yang berbentuk linear terhadap satu susunan kendala yang juga berbentuk linear. Contohnya adalah *transportation problem* dimana membutuhkan solusi optimum untuk penyelesaiannya. LP merupakan salah satu kerangka kerja model kuantitatif di dunia yang memiliki kemampuan untuk menangani ratusan hingga ribuan variable keputusan dan konstrain (Suryati, 2014). Model *linier programming* mempunyai tiga unsur utama, yaitu:

1. Variabel keputusan
2. Fungsi tujuan
3. Fungsi kendala

Variabel keputusan adalah variabel persoalan yang akan mempengaruhi nilai tujuan yang hendak dicapai. Di dalam proses pemodelan, penemuan variabel keputusan tersebut harus dilakukan terlebih dahulu sebelum merumuskan fungsi tujuan dan kendala-kendalanya. Fungsi tujuan dalam pemrograman linear ini merupakan fungsi matematika linear yang menggambarkan tujuan yang hendak dicapai. Selanjutnya fungsi tersebut dimaksimalkan atau diminimumkan terhadap kendala-kendala yang ada. Kendala merupakan suatu pembatas terhadap kumpulan keputusan yang mungkin dibuat dan harus dituangkan ke dalam fungsi matematika linear.

Model umum pemrograman linear adalah sebagai berikut (Pinedo, 2002) :

Fungsi Tujuan :

$$\text{Minimum } c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \tag{2.6}$$

Fungsi Kendala :

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

$$x_j \geq 0$$

For $j = 1, \dots, n$.

Nilai untuk variable keputusan $x_1 \dots x_n$ disebut solusi. Tipe solusi antara lain solusi layak (*feasible solution*), solusi tak layak (*infeasible solution*) dan solusi optimal. Solusi layak adalah solusi dimana semua kendala yang ada terpenuhi. Solusi tak layak adalah solusi dimana sedikitnya satu kendala tidak terpenuhi atau dengan kata lain dilanggar. Solusi optimal adalah solusi layak yang memiliki nilai fungsi tujuan terbaik (Hiller dan Lieberman, 2005). Nilai terbaik adalah nilai terbesar jika fungsi tujuannya adalah memaksimumkan, begitu juga sebaliknya nilai terbaik adalah nilai terkecil jika fungsi tujuannya meminimumkan.

a : matriks koefisien

c_i : koefisien variabel keputusan ke- i

x_i : variabel keputusan ke- i

b : vektor kapasitas kendala

n : banyak variabel keputusan

2.7.3 Nonlinear Programming (NLP)

Menurut Lieberman (2001) program nonlinear merupakan pemrograman dengan fungsi tujuan saja atau Bersama dengan fungsi kendala berbentuk nonlinear. Salah satu bentuk umum permasalahan pemrograman nonlinear adalah untuk menentukan $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ sehingga mencapai tujuan untuk:

Memaksimumkan/meminimumkan : $f(x)$ (2.7)

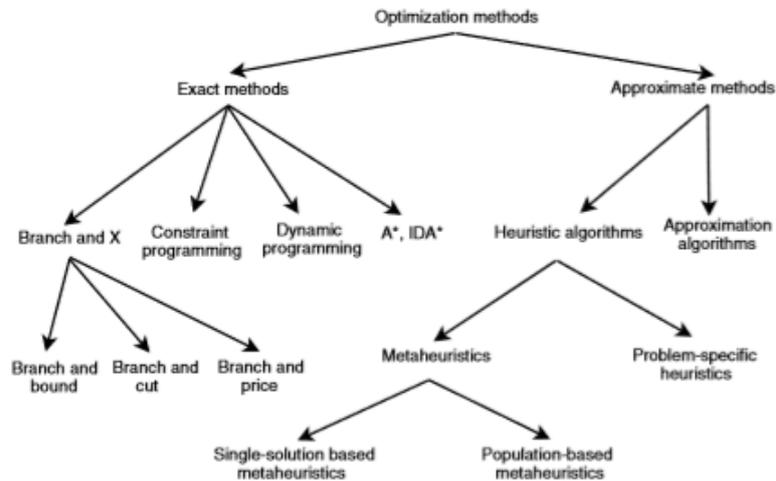
Dengan kendala : $g_i(x) \leq b_i$ for $i = 1, 2, \dots, m$, dan

: $x \geq 0$

Dengan $f(x)$ dan $g_i(x)$ merupakan fungsi yang diketahui dengan n variable keputusan.

Terdapat banyak jenis makalah pemrograman nonlinear dalam berbagai bentuk. Hal ini tergantung pada karakteristik dan fungsi kendalanya. Program nonlinear memiliki penyelesaian kompleks berdasarkan kendala kendala untuk pemrograman persamaan kuadratis atau cembung. Sejumlah algoritma khusus yang didasari atas perluasan metode simpleks telah dikembangkan untuk memperhitungkan fungsi tujuan yang nonlinier.

Menurut Talbi (2009) Permasalahan optimasi bisa diselesaikan dengan menggunakan metode eksak (*exact method*) dan metode pendekatan (*approximate method*). Metode eksak merupakan metode penyelesaian optimasi yang menjamin didapatnya solusi optimal. Metode pendekatan merupakan metode penyelesaian yang didasarkan pada konsep "*try and error*". Oleh karena itu metode ini tidak menjamin didapatkan hasil yang optimal akan tetapi metode ini menggunakan prosedur yang sistematis untuk menghasilkan solusi yang mendekati optimal.



Gambar 2.6. Metode Optimasi

Sumber: Talbi (2009)

Metode eksak dapat diselesaikan dengan beberapa cara, yaitu *Branch and X*, *constraint programming*, *dynamic programming* dan *A*,IDA**. Sedangkan *Branch and X* dapat diselesaikan dengan metode *branch and bound*, *branch and cut*, dan *branch and price*. Algoritma *branch and bound* dan *A** didasarkan pada enumerasi implisit dari semua solusi masalah optimasi yang diselesaikan. Ruang pencarian (the search space) di eksplorasi secara dinamis dengan membangun sebuah “pohon” yang simpul “akarnya” (roof node) merepresentasikan masalah yang sedang dipecahkan dan seluruh ruang pencarian terkait. Simpul “daunnya” (leaf node) adalah solusi potensial, internal node merupakan subproblem dari total ruang solusi. Ukuran sub problem semakin berkurang ketika mendekati leaf node.

Metode *dynamic programming* didasarkan pada pembagian rekursif (recursive division) dari masalah menjadi masalah sederhana. Prosedur ini didasarkan pada prinsip Bellman yang mengatakan bahwa “subpolicy dari sebuah optimal policy adalah dirinya sendiri yang optimal”. Prosedur ini menghindari enumerasi pada search space dengan cara memangkas urutan keputusan parsial yang tidak bisa mengarah ke solusi optimal. Metode *constraint programming* yaitu pendekatan untuk menyelesaikan masalah dengan cara mendeskripsikan permasalahan menjadi himpunan Batasan-batasan (konstrain). Pendekatan ini digunakan dalam artificial intelligent, aero space, bioinformatics, dan sebagainya.

Prosedur penyelesaian *Integer Linear Programming* dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu *cutting plane* dan *branch and bound*. Teknik *cutting plane* yaitu dilakukan dengan membuat pembatas tambahan yang memotong ruang layak dari program linier sehingga dapat mengeliminasi solusi yang tidak integer. Proses pemotongan akan terus berlangsung sehingga diperoleh jawaban dengan seluruh variabel (yang dikehendaki) berharga bilangan bulat (*integer*).

Keberhasilan teknik ini sangat terbatas, bergantung pada struktur persoalan yang dihadapi. Artinya hanya persoalan tertentu yang dapat diselesaikan dengan teknik ini. (Pinedo, 2002). Langkah metode *cutting plane* yaitu menemukan solusi optimal untuk *linier problem*, menambahkan fungsi pembatas khusus (disebut *cuts*) untuk menghasilkan titik ekstrim optimal *integer*, *cuts* tidak menghilangkan *feasible integer* asal, *cuts* harus melewati paling sedikit satu *feasible* atau *infeasible integer point*, jumlah *cuts* adalah tidak ditentukan/bebas.

Branch and bound pada dasarnya merupakan cara yang lebih canggih untuk melakukan perhitungan lengkap yang dapat diterapkan ke banyak masalah kombinatorial. Konsep dasar *branch and bound* berupa teknik untuk membagi daerah *feasible* menjadi cabang cabang sub problem dan mengukurnya (Lilham, 2009). Menurut Taha, langkah utama dalam metode *branch and bound* adalah pembatasan (*bound*), pecabangan cabang (*branching*), dan penghentian cabang (*fathoming*). Pembatasan merupakan pemberian batas atas dan batas bawah. Percabangan dilakukan jika masih terdapat variable keputusan yang harus bernilai *integer* namun memiliki solusi tidak *integer*. Percabangan dilakukan dengan menambahkan pembatas pada masalah asli, ini ditujukan untuk membuat variable keputusan yang belum bernilai integer supaya bernilai *integer*. Penghentian cabang terjadi jika *infeasible* atau tidak mempunyai daerah layak, semua variable keputusan sudah bernilai *integer*, pada masalah maksimalisasi penghentian cabang dilakukan jika batas atas dari sub masalah tersebut tidak lebih besar atau sama dengan batas bawah. Untuk masalah minimalisasi, penghentian cabang dilakukan jika batas bawah tidak lebih kecil atau sama dengan batas atas. Kondisi optimal diperoleh jika tidak ada lagi masalah yang perlu dicabangkan, pada masalah maksimisasi solusi optimal merupakan solusi sub masalah yang saat ini menjadi batas bawah, sedangkan masalah minimalisasi merupakan solusi submasalah yang saat ini menjadi batas atas.

2.8 Teknik Sampling dan Scaling

Teknik sampling merupakan teknik yang digunakan untuk menentukan banyaknya sample yang akan diambil atau dijadikan sumber data penelitian yang berasal dari suatu populasi tertentu. Penentuan banyaknya sample yang akan diambil bisa dengan menggunakan Tabel Isaac & Michael (Sugiyono, 2010). Tabel 2.12 merupakan Tabel sampling Isaac dan Michael dengan taraf kesalahan 1%, 5% dan 10%. Berdasarkan Tabel 2.12, penentuan jumlah sample untuk kuesioner jika jumlah populasi tidak ada di tabel, maka dapat mencari dengan cara interpolasi linear.

Tabel 2.18. Tabel Isaac dan Michael

N	Siginifikasi			N	Siginifikasi		
	1%	5%	10%		1%	5%	10%
10	10	10	10	280	197	155	138
15	15	14	14	290	202	158	140
20	19	19	19	300	207	161	143
25	24	23	23	320	216	167	147
30	29	28	28	340	225	172	151
35	33	32	32	360	234	177	155
40	38	36	36	380	242	182	158
45	42	40	39	400	250	186	162
50	47	44	42	420	257	191	165
55	51	48	46	440	265	195	168
60	55	51	49	460	272	198	171
65	59	55	53	480	279	202	173
70	63	58	56	500	285	205	176
75	67	62	59	550	301	213	182
80	71	65	62	600	315	221	187
85	75	68	65	650	329	227	191
90	79	72	68	700	341	233	195
95	83	75	71	750	352	238	199
100	87	78	73	800	363	243	202
110	94	84	78	850	373	247	205
120	102	89	83	900	382	251	208
130	109	95	88	950	391	255	211
140	116	100	92	1000	399	258	213
150	122	105	97	1100	414	265	217
160	129	110	101	1200	427	270	221
170	135	114	105	1300	440	275	224
180	142	119	108	1400	450	279	227
190	148	123	112	1500	460	283	229
200	154	127	115	1600	469	286	232
210	160	131	118	1700	477	289	234
220	165	135	122	1800	485	292	235
230	171	139	125	1900	492	294	237
240	176	142	127	2000	498	297	238
250	182	146	130	2200	510	301	241
260	187	149	133	2400	520	304	243
270	192	152	135	2600	529	307	245

Sumber: Sugiyono, Metodologi Penelitian Pendidikan (Pendidikan Kualitatif, Kuantitatif, dan R&D

Menurut Santosa (2007) *scaling* adalah prosedur merubah data sehingga berada dalam skala tertentu. Skala ini bisa antara (0,1); (-1,1) atau skala lain yang dikehendaki.

Dalam *scaling* terdapat nilai Batas Atas (BA) dan Batas Bawah (BB). Misal jika menggunakan skala (0,1) maka nilai BB adalah 0 dan nilai BA adalah 1. Selain itu juga memiliki nilai maksimum tiap kolom (X_{max}) dan nilai minimum (X_{min}). Untuk mengubah data ke skala baru, untuk setiap data dalam kolom bisa dilakukan operasi

$$\hat{X} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} (BA - BB) + BB \quad (2.8)$$

2.9 Penelitian Terdahulu dan Posisi Penelitian

Pada sub Bab berikut dilakukan peninjauan penelitian terdahulu mengenai penelitian penjadwalan tenaga kerja yang mempertimbangkan faktor ergonomi. Pencarian penelitian relevan didasarkan pada kata kunci penelitian, yaitu penjadwalan tenaga kerja (*workforce scheduling*), ergonomi (*human factor*), penjadwalan DM (*trainee scheduling*).

2.9.1 Penelitian Terdahulu

Terdapat delapan penelitian yang ditinjau dan dijadikan dasar dalam pengembangan model penelitian ini, yaitu Setiawan (2014), Suryati (2014), Aryanezhad et al. (2013), Wongwien & Nathavanij (2012), Azizi et al. (2010), Topaloglu (2006), Belien & Demeulemeester (2005), Yaoyuenyong & Nathavanij (2005).

Penelitian Yaoyuenyong & Nathavanij (2005) berjudul “*Energy Based Workforce Scheduling Problem Mathematical Model and Solution Algorithm*”. Tujuan penelitian ini yaitu menjadwalkan jumlah minimum pekerja untuk melakukan serangkaian tugas fisik sehingga kapasitas energi harian mereka tidak melampaui batasan, sehingga bisa menghasilkan produktivitas yang maksimum. Objek pada penelitian ini yaitu pada *bin packing*. Penelitian ini menggunakan metode Heuristik, Algoritma eksak dan *hybrid procedure* (gabungan 3 algoritma) untuk penyelesaiannya. Faktor ergonomi pada manusia yang dibahas pada penelitian ini yaitu kelelahan dan beban kerja. Faktor ergonomi pada karakteristik pekerjaan yang dibahas pada penelitian ini yaitu pekerjaan yang membuat pekerja harus mengeluarkan banyak energi, tetapi berdasarkan “*ergonomic recommendation*” energi yang dikeluarkan pekerja tidak boleh melebihi 33% dari kapasitas energi yang dimiliki pekerja agar tidak menyebabkan kelelahan fisik, kelelahan mental dan resiko kecelakaan. Faktor ergonomi pada lingkungan fisik tidak dibahas pada penelitian ini.

Penelitian Belien & Demeulemeester (2005) berjudul “*Scheduling Trainees at a Hospital Department Using a Branch and Price Approach*”. Tujuan penelitian ini yaitu untuk

minimalisasi total biaya yang dikeluarkan untuk penjadwalan. Objek penelitian ini yaitu para Dokter Muda (*Trainee*) yang membantu dokter spesialis (konsultasi, operasi, dll) di Rumah Sakit. Penelitian ini menggunakan metode *Integer Linear Programming* (metode *Branch and Price*). Faktor ergonomi pada manusia dan faktor ergonomi pada lingkungan, tidak dibahas dalam penelitian ini. Faktor ergonomi pada karakteristik pekerjaan yaitu penjadwalan yang dilakukan yaitu selama 52 minggu sehingga pekerjaan merupakan pekerjaan yang berulang dan harus memperhatikan safety risk nya.

Penelitian Topaloglu (2006) berjudul “*A Multi-Objective Programming Model for Scheduling Emergency Medicine Resident*”. Penelitian ini yaitu membuat jadwal Dokter Muda (Resident) pada ruang *emergency* yang memiliki dua shift yaitu shift pagi (jam 08.00 – 18.00) dan shift malam (18.00 – 08.00) dalam jangka waktu satu bulan. Tujuan penelitian ini yaitu meminimumkan pelanggaran fungsi kendala (*soft constraint*) dengan mengurangi deviasi *soft constraint*, dimana urutan kepentingan *softconstraint* ditentukan berdasarkan Analitical Hierarchy Process (AHP). Penelitian ini menggunakan metode AHP dan *Goal Programming*. Tidak ada faktor ergonomi pada lingkungan yang dibahas pada penelitian ini. Faktor ergonomi pada karakteristik pekerjaan yaitu bahwa penjadwalan ini memiliki batasan atau kendala yang dapat dilanggar namun sifatnya sesuai dengan tingkat prioritasnya. Faktor ergonomi pada manusia tidak ada yang dibahas pada penelitian ini.

Penelitian Azizi et al. (2010) berjudul “*Modeling job rotation in manufacturing systems: The study of employee’s boredom and skill variations*”. Tujuan penelitian ini yaitu merumuskan metodologi rotasi kerja untuk mengurangi kejenuhan kerja (*boredom*) dan kemampuan *learning and forgetting* pekerja. Objek penelitian ini yaitu pada industri manufaktur. Penelitian ini menggunakan metode metaheuristic (SAMED-JR Algorithm yang terdiri dari Simulated Annealing dan Genetic Algorithm). Faktor ergonomi pada manusia yang dibahas adalah variabilitas skill, kebosanan, learning and forgetting. Faktor ergonomi pada karakteristik pekerjaan yang dibahas pada penelitian ini yaitu karakteristik pekerjaan yang dilakukan berulang ulang sehingga menimbulkan kebosanan yang akan berpengaruh ke beban kerja mental. Faktor ergonomi pada lingkungan fisik yang dibahas pada penelitian ini adalah temperatur.

Penelitian Wongwien & Nathhavanij (2012) berjudul “*Ergonomic workforce scheduling under complex worker limitation and task requirements: Mathematical model and approximation procedure*”. Tujuan penelitian ini yaitu meminimumkan jumlah pekerja dengan membuat penjadwalan berupa rotasi kerja untuk meningkatkan faktor ergonomi, keterbatasan pekerja dan kendala (konstrain) dari tugas yang diberikan. Rotasi kerja yang dimaksudkan untuk

mendapatkan alokasi optimal dari tenaga kerja tanpa melanggar batasan batasan yang berkaitan dengan paparan berbahaya. Penelitian ini menggunakan metode Integer Linear Programming. Faktor ergonomi pada manusia yang dibahas yaitu beban kerja dan kelelahan. Karakteristik pekerjaan yang dibahas merupakan pekerjaan yang mengandung bahaya. Faktor ergonomi pada lingkungan yang di bahas meliputi kebisingan dan temperatur.

Penelitian Aryanezhad et al. (2013) berjudul “*Designing safe job rotation schedules based upon workers’ skills*”. Tujuan penelitian ini yaitu membuat model matematis untuk merumuskan rotasi kerja yang memperhatikan keselamatan pekerjaan. Tujuan utama yaitu untuk meminimumkan paparan kebisingan dan meminimumkan *injury* tulang belakang. Objek pada penelitian ini yaitu di industri manufaktur. Penelitian ini menggunakan *multi objective Integer Programming*. Faktor ergonomi pada manusia yang dibahas yaitu meliputi beban kerja, kebosanan, kelelahan dan variabilitas skill. Faktor ergonomi pada karakteristik pekerjaan yang dibahas yaitu pekerjaan yang berulang dan memiliki resiko kecelakaan yang tinggi dari segi fisik. Faktor ergonomi pada lingkungan yang dibahas yaitu kebisingan.

Penelitian Suryati (2014) yang berjudul “Optimasi Penjadwalan Koas dengan Metode Branch and Price”. Tujuan penelitian ini yaitu membuat penjadwalan yang meminimumkan pelanggaran kendala yang terjadi pada praktik koas/Dokter Muda (DM). Objek penelitian ini yaitu DM industri jasa (Rumah Sakit pendidikan yaitu RE. Dr. Sardjito). Faktor ergonomi pada manusia, dan lingkungan fisik tidak dibahas pada penelitian ini. Penelitian membutuhkan waktu yaitu 85 minggu. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Integer Programming* dengan metode *Branch and Price*.

Penelitian Setiawan (2014) yang berjudul “Pertimbangan Faktor Ergonomi dalam Penjadwalan Tenaga Kerja”. Tujuan penelitian ini yaitu membuat penjadwalan tenaga kerja yang mempertimbangkan faktor ergonomi dengan tujuan untuk mendapatkan produktivitas yang maksimum. Penelitian ini dilakukan di industri manufaktur. Penelitian ini menggunakan metode integer programming Faktor ergonomi pada aspek manusia yang dibahas meliputi variabilitas skill, kelelahan dan beban kerja. Faktor ergonomi pada karakteristik pekerjaan yaitu pekerjaan ini memiliki resiko ergonomi pada sisi fisik (kebisingan dan temperatur). Faktor ergonomi pada lingkungan yang dibahas meliputi kebisingan dan temperatur. Untuk lebih jelas mengenai GAP penelitian terdahulu akan di jelaskan pada Tabel 2.13.

2.9.2 Posisi Penelitian

Berdasarkan Tabel 2.13 dan Tabel 2.14 telah dijelaskan GAP penelitian sebelumnya. Penelitian ini bermaksud untuk menintegrasikan faktor ergonomi pada manusia, pekerjaan dan

lingkungan fisik yang sebelumnya telah dibahas pada penelitian terdahulu yang kebanyakan dilakukan di industri manufaktur. Hal ini dikarenakan pada penelitian terdahulu, penelitian di industri jasa yaitu rumah sakit belum sepenuhnya mempertimbangkan faktor ergonomi baik sisi manusia, pekerjaan maupun lingkungan fisik. Dari GAP penelitian yang dibahas, penelitian ini mengacu pada Setiawan (2014), Suryati (2014), Topaloglu (2006), Belien & Demeulemeester (2005), tersebut belum mempertimbangkan beban kerja secara mental, oleh karena itu pada penelitian ini menggunakan variable beban kerja mental. Penelitian Setiawan (2014) dilakukan di industri manufaktur, sedangkan penelitian ini dilakukan di industri jasa. Penelitian Topaloglu (2006), Belien & Demeulemeester (2005), Suryati (2014) sudah dilakukan di industri jasa, namun masih belum mempertimbangkan faktor ergonomi dalam penjadwalan tenaga kerja.

Tabel 2.19. Gap Penelitian Terdahulu

No	Nama	Tahun	Judul Penelitian	Objek	Metode		
					Heuristik	Metaheuristik	Integer Programming
1.	Yaoyuenyong & Nathavanij	2005	<i>Energy Based Workforce Scheduling Problem Mathematical Model and Solution Algorithm</i>	Manufaktur	√		√
2.	Belien & Demeulemeester	2005	<i>Scheduling Trainees at a Hospital Department Using a Branch and Price Approach</i>	Rumah Sakit			√
3.	Topaloglu, S	2006	<i>A Multi-Objective Programming Model for Scheduling Emergency Medicine Resident</i>	Rumah Sakit			√
4.	Azizi et al	2010	<i>Modeling job rotation in manufacturing systems: The study of employee's boredom and skill variations</i>	Manufaktur		√	
5.	Wongwien & Nathavanij	2012a	<i>Ergonomic workforce scheduling under complex worker limitation and task requirements: Mathematical model and approximation procedure</i>	Manufaktur			√

Tabel 2.20. Gap Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Nama	Tahun	Judul Penelitian	Objek	Metode		
					Heuristik	Metaheuristik	Integer Programming
6.	Aryanezhad et al	2013	<i>Designing safe job rotation schedules based upon workers' skills</i>	Manufaktur			√
7.	Setiawan	2014	Model Penjadwalan Tenaga Kerja Mempertimbangkan Faktor Ergonomi	Manufaktur			√
8.	Suryati	2014	Optimasi Penjadwalan Koas dengan Metode Branch and Price	Rumah sakit			√
9.	Tri Novita Sari	-	Model Penjadwalan Calon Tenaga Dokter (DM) Mempertimbangkan Faktor Ergonomi di Rumah Sakit Pendidikan	Rumah Sakit			√

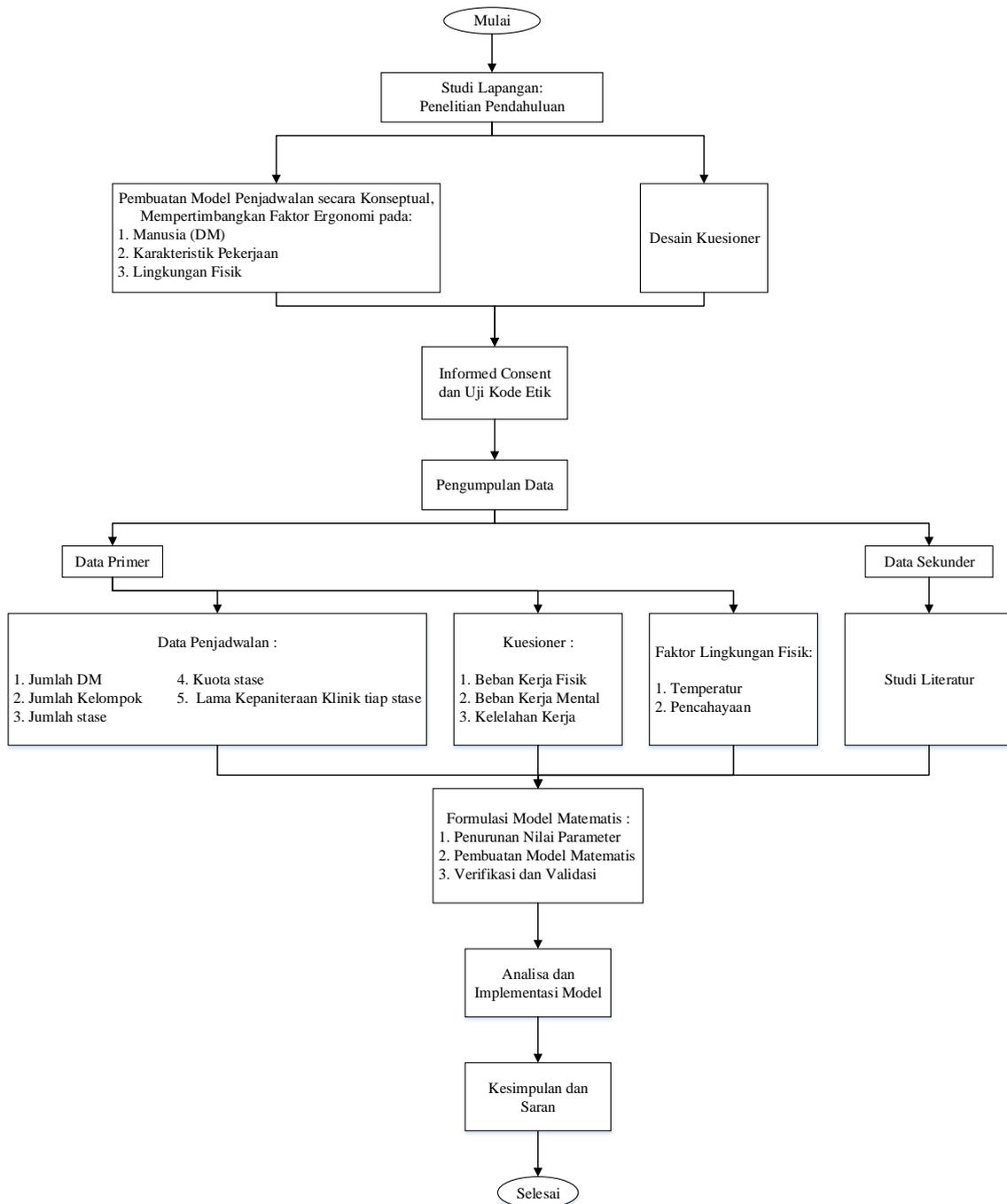
Tabel 2.21. Posisi Penelitian

Faktor Pertimbangan dan Fungsi Tujuan	Yaoyuenyong & Nathavanij (2005)	Belien & Demeulemees ter (2005)	Topaloglu (2006)	Azizi et al (2010)	Wongwien & Nathhavanij (2012)	Aryanezhad et al. (2013)	Suryati (2014)	Setiawan (2014)	Penelitian Saat Ini
Aspek Manusia									
1. Variabilitas <i>skill</i>				√		√		√	
2. Kelelahan	√				√			√	√
3. Beban kerja	√				√	√		√	√
4. Kebosanan				√					
5. <i>Learning dan forgetting</i>				√					
Aspek Pekerjaan									
1. Karakteristik tugas kerja	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Aspek Tempat Kerja									
1. Kebisingan					√	√		√	√
2. Temperatur				√	√			√	√
3. Cahaya									√
Fungsi Tujuan									
1. Maksimasi produktivitas	√			√				√	
2. Maksimasi skill				√					
3. Optimasi alokasi karyawan					√				
4. Minimasi kebosanan				√					
5. Minimasi biaya		√							
6. Minimasi kebisingan						√			
7. Minimasi kecelakaan					√				
8. Minimasi injury tulang belakang						√			
9. Minimasi beban kerja	√				√				
10. Minimasi kendala			√				√		
11. Minimum deviasi beban kerja dan kelelahan kerja									√

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab ini dijelaskan mengenai tahapan dalam pelaksanaan penelitian. Metodologi penelitian ini digunakan sebagai acuan agar penelitian yang dilakukan dapat berjalan secara sistematis sesuai dengan *framework* penelitian. Tahapan penelitian secara ringkas ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Alur Penelitian

3.1 Studi lapangan

Merupakan tahap untuk mendapatkan data secara langsung. Tahap ini digunakan untuk mendapatkan gambaran yang spesifik mengenai berbagai macam informasi yang ada pada penjadwalan DM terkait dengan permasalahan utama yang akan diselesaikan dalam penelitian.

Studi lapangan terdiri dari penelitian pendahuluan yang dilakukan dengan cara observasi atau pengamatan langsung ke lokasi penelitian dan wawancara yang dilakukan dengan DM atau staff terkait. Wawancara yang dilakukan mengenai sistem penjadwalan DM.

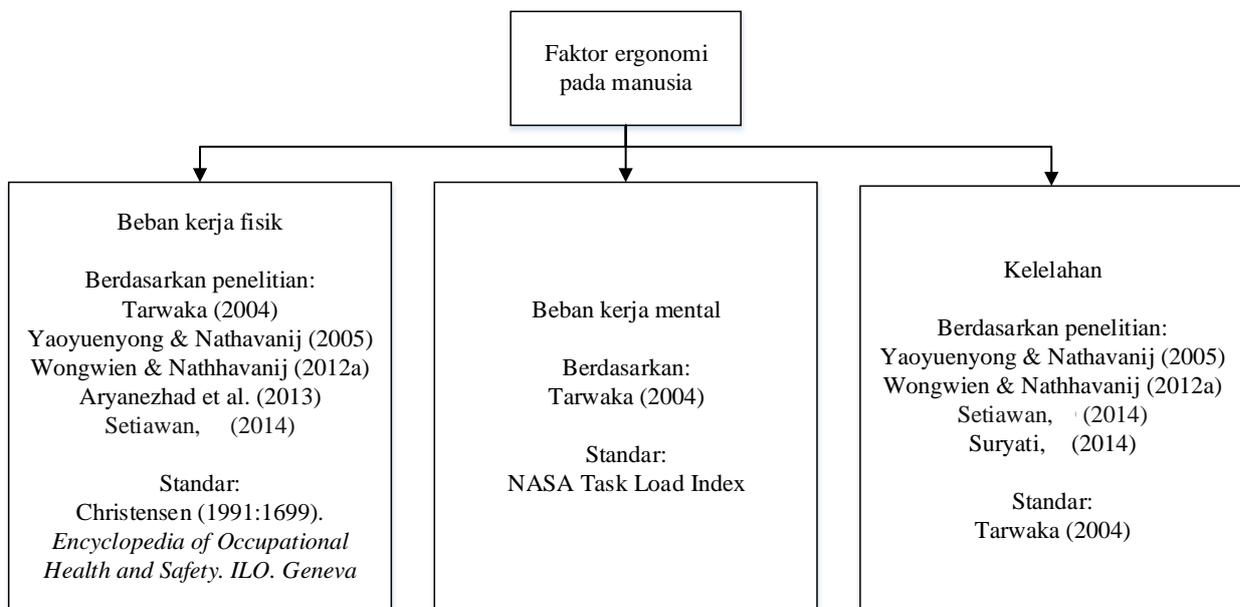
Sistem penjadwalan DM di Rumah Sakit Pendidikan Utama RSAL Dr. Ramelan Surabaya yaitu menempatkan sejumlah DM pada stase tertentu di waktu tertentu. Sebelum menjadwalkan DM, diadakan pengenalan stase dan pengayaan dengan tujuan untuk mengetahui sejauh mana kesiapan para calon DM untuk melakukan Kepaniteraan Klinik. Kemudian dibuat kelompok DM. Satu kelompok terdiri dari maksimum tujuh orang DM. Kelompok DM dibuat sesuai dengan kesamaan Universitas. Total DM dari FK UHT angkatan 42 yaitu sebanyak 179 orang dibuat kelompok yaitu menjadi 26 kelompok.

Setelah dibuat pengelompokkan DM, kemudian menempatkan DM tersebut pada stase dan waktu tertentu untuk melakukan Kepaniteraan Klinik selama waktu yang di tentukan. Stase yang dijadwalkan terdiri dari 16 stase dengan ketentuan satu stase harus dijadwalkan di RS Jejaring, satu stase harus dijadwalkan di Puskesmas sedangkan stase lain merupakan kombinasi penjadwalan di RSAL Dr. Ramelan Surabaya dan RS Jejaring. Selama ini penjadwalan DM tidak memperhatikan prioritas antar stase, namun memperhatikan kuota stase. Penjadwalan DM dilakukan sesuai jangka waktu yang telah ditentukan oleh pihak Universitas, yaitu selama dua tahun. Dalam kurun waktu dua tahun tersebut, tiap angkatan DM memiliki jumlah minggu kerja aktual yang berbeda (sesuai dengan jumlah minggu pada tahun tersebut). Untuk DM angkatan 41 memiliki 101 minggu (93 minggu Kepaniteraan Klinik dan 8 minggu libur), untuk DM angkatan 42 memiliki 99 minggu (92 minggu Kepaniteraan Klinik dan 7 minggu libur). Libur pada penjadwalan DM maksimal 3 minggu berurutan dan peletakan hari libur adalah bebas pada periode kapanpun. DM melakukan Kepaniteraan Klinik dimulai pada hari Senin-Jumat jam 07.00-15.00, pada hari Sabtu dan Minggu DM hanya visit ke ruang pasien dan atau melakukan Kepaniteraan Klinik sesuai dengan peraturan yang ada pada stase tersebut. Shift Kepaniteraan Klinik (shift pagi dan malam) hanya berlaku pada Instalasi Gawat Darurat yang termasuk kedalam stase bedah, sedangkan pada stase lain tidak memiliki shift.

3.2 Model Penjadwalan secara Konseptual dan Desain Kuesioner

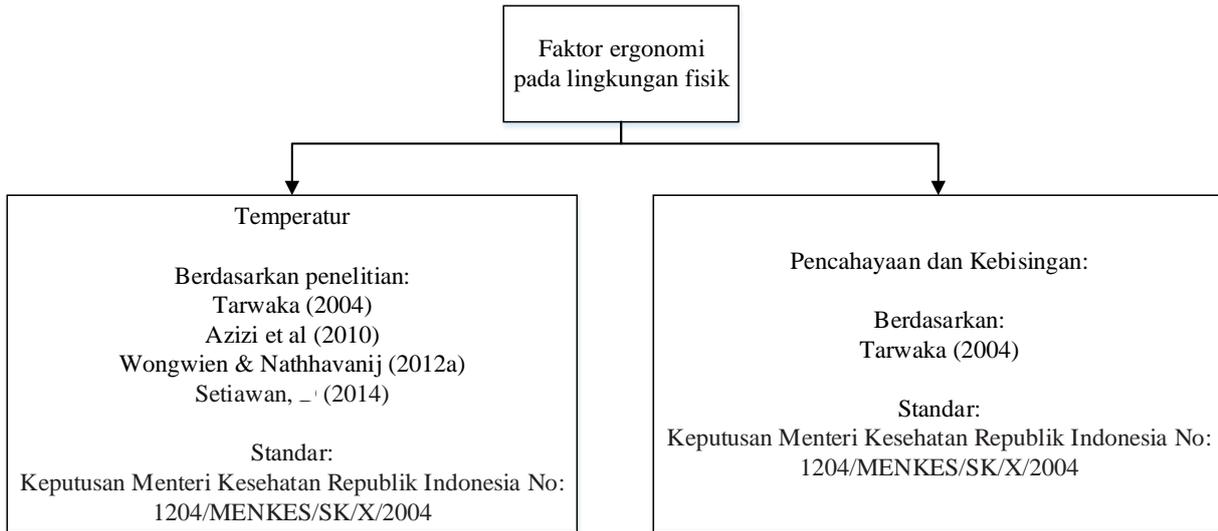
Setelah mengetahui sistem penjadwalan DM di RSAL Dr. Ramelan Surabaya, kemudian mengidentifikasi faktor ergonomi yang berpengaruh pada penjadwalan DM berdasarkan studi pustaka atau studi literatur. Faktor ergonomi yang dianalisis meliputi faktor manusia, faktor karakteristik pekerjaan dan faktor lingkungan fisik.

Faktor ergonomi pada manusia menurut Tarwaka (2004) berhubungan dengan kemampuan kerja meliputi *Personal Capacity*, *Physiological capacity*, *Psycological Capacity* serta *biomedical capacity*. Faktor ergonomi pada DM yang menjadi pertimbangan pada kegiatan Kepaniteraan Klinik yaitu meliputi beban kerja fisik dan kelelahan yang terkait dengan *Personal Capacity*, *Physiological capacity* serta beban kerja mental yang terkait dengan *Psycological Capacity*. Faktor ergonomi pada manusia dapat dilihat pada Gambar 3.2.



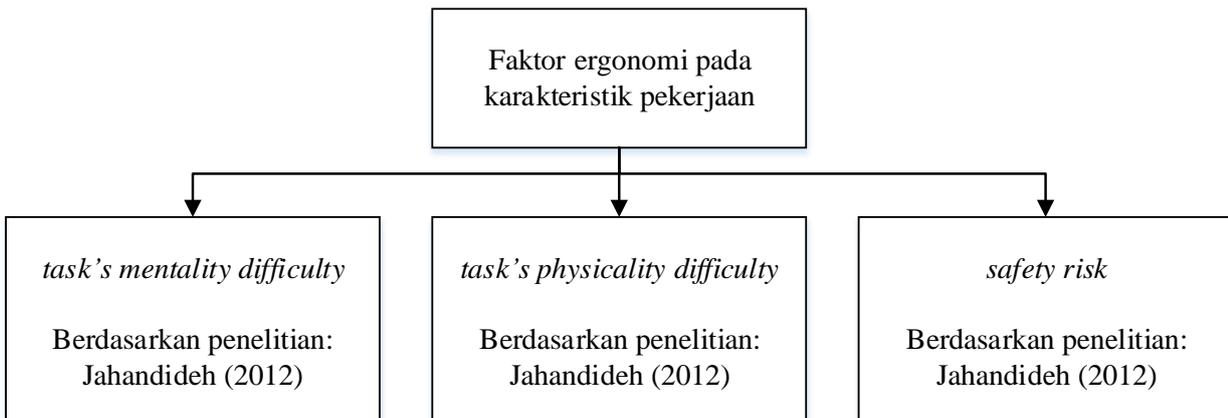
Gambar 3.2. Model konseptual faktor ergonomi pada manusia

Faktor ergonomi pada lingkungan fisik menurut Tarwaka (2004) yaitu meliputi mikroklimat, kebisingan dan penerangan. Faktor tersebut telah memiliki batas maksimum yang ditetapkan oleh pemerintah berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No: 1204/MENKES/SK/X/2004 tentang persyaratan Rumah Sakit bahwa tiap ruang atau unit di Rumah Sakit memiliki suhu, kelembaban, kebisingan dan penerangan yang berbeda. Faktor ergonomi pada lingkungan fisik yang menjadi pertimbangan pada kegiatan Kepaniteraan Klinik yaitu meliputi temperature, pencahayaan dan kebisingan. Faktor ergonomi pada lingkungan fisik dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Model konseptual faktor ergonomi pada lingkungan fisik

Faktor ergonomi pada karakteristik pekerjaan menurut Jahandideh (2012) ada empat kriteria pada aspek pekerjaan untuk menemukan kecocokan antara pekerja dan tugas kerjanya, yaitu *task's mentality difficulty*, *task's physicality difficulty*, *cost required for training* dan *safety risk*. Faktor karakteristik pekerjaan yang berpengaruh pada penjadwalan DM pada kegiatan Kepaniteraan Klinik yaitu *task's mentality difficulty* artinya kegiatan Kepaniteraan Klinik yang dilakukan oleh DM merupakan kegiatan yang memiliki kesulitan dari sisi mental atau psikologis. Para DM dituntut untuk bisa menangani pasien dengan teori yang sudah mereka dapat saat Pre-Klinik dengan tepat. Kriteria *task's physicality difficulty* artinya kegiatan Kepaniteraan Klinik yang dilakukan oleh DM merupakan kegiatan yang memiliki kesulitan dari sisi fisik, namun kriteria ini tidak signifikan mempengaruhi karena biasanya dibantu oleh suster atau pihak Rumah Sakit lain. Dari sisi *safety risk* artinya para DM dituntut untuk bisa menangani pasien secara *safety* atau membuat pasien *zero accident*.



Gambar 3.4. Model konseptual faktor ergonomi pada karakteristik pekerjaan

Setelah mengidentifikasi faktor ergonomi pada penjadwalan DM, tahap berikutnya yaitu dilakukan perancangan kuesioner berupa daftar pertanyaan yang sudah disiapkan oleh peneliti. Kuesioner merupakan hasil kajian dari studi literatur. Responden (DM) mengisi lembar kuesioner, disertai arahan pengisian dari peneliti. Kuesioner yang dirancang memfokuskan pada faktor ergonomi. Kuesioner yang dirancang meliputi kuesioner beban kerja mental, beban kerja fisik serta kelelahan. Selain kuesioner, juga ada wawancara DM. Penilaian kuesioner yaitu dengan menggunakan skala. Untuk lebih jelasnya, kuesioner dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.3 *Informed Consent* dan Uji Kode Etik

Informed consent dapat didefinisikan sebagai pernyataan penelitian yang isinya berupa persetujuan yang diberikan setelah mendapatkan informasi. *Informed consent* terlampir dalam kuesioner yang akan diberikan kepada responden (DM) dan tim penguji kode etik. Sebelum melakukan penelitian berupa pengambilan data, terlebih dahulu dilakukan penjelasan *informed consent* mengenai penelitian yang akan dilakukan kemudian melakukan uji kode etik ke pihak Rumah Sakit yaitu Bidang Pengembangan dan Pelatihan. *Informed Consent* terdapat dalam Lampiran 1.

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yaitu terdiri dari data primer dan data sekunder. Penjelasan mengenai data tersebut yaitu sebagai berikut:

1. Data primer

Merupakan data yang mengacu pada informasi yang diperoleh langsung oleh peneliti yang berkaitan dengan variable untuk tujuan spesifik. Sumber data primer pada penelitian ini adalah DM serta staff yang berkaitan dengan penjadwalan DM. Data primer pada penelitian ini meliputi data jumlah DM, data jumlah kelompok DM, data jumlah stase, data kuota stase, data durasi Kepaniteraan Klinik tiap stase, data kuesioner beban kerja fisik, data kuesioner beban kerja mental, data kelelahan kerja serta data lingkungan fisik meliputi (temperature, pencahayaan). Tabel 3.1 merupakan data jumlah DM, data jumlah kelompok DM dan Tabel 3.2 merupakan data jumlah stase, data kuota stase, data durasi Kepaniteraan Klinik tiap stase yang diperoleh dari hasil wawancara.

Tabel 3.1. Jumlah DM Universitas Hang Tuah

Angkatan 41	Angkatan 42
Waktu Klinik : 5 Juni 2017 – 6 Mei 2019	Waktu Klinik : 21 Mei 2018 – 6 April 2020
Total lama Klinik : 101 minggu	Total lama Klinik : 99 minggu
Lama Klinik : 93 minggu	Lama Klinik : 92 minggu
Jumlah DM : 184 orang (27 kelompok)	Jumlah DM : 179 orang (26 kelompok)
Kelompok DM dan Jumlah Anggota	Kelompok DM dan Jumlah Anggota
41- A : 7 orang	42- A : 7 orang
41- B : 7 orang	42- B : 7 orang
41- C : 7 orang	42- C : 7 orang
41- D : 7 orang	42- D : 7 orang
41- E : 7 orang	42- E : 7 orang
41- F : 7 orang	42- F : 7 orang
41- G : 7 orang	42- G : 7 orang
41- H : 7 orang	42- H : 7 orang
41- I : 7 orang	42- I : 7 orang
41- J : 7 orang	42- J : 7 orang
41- K : 7 orang	42- K : 7 orang
41- L : 7 orang	42- L : 7 orang
41- M : 7 orang	42- M : 7 orang
41- N : 7 orang	42- N : 7 orang
41- O : 7 orang	42- O : 7 orang
41- P : 7 orang	42- P : 7 orang
41- Q : 7 orang	42- Q : 7 orang
41- R : 7 orang	42- R : 7 orang
41- S : 7 orang	42- S : 7 orang
41- T : 7 orang	42- T : 7 orang
41- U : 7 orang	42- U : 7 orang
41- V : 7 orang	42- V : 7 orang
41- W : 6 orang	42- W : 7 orang
41- X : 6 orang	42- X : 6 orang
41- Y : 6 orang	42- Y : 6 orang
41- Z : 6 orang	42- Z : 6 orang
41- A1 : 6 orang	

Tabel 3.2. Kuota dan durasi Kepaniteraan Klinik pada tiap stase

No	Nama stase	Daya tampung	Durasi praktek
1.	Kulit	3 kelompok	5 minggu (RSAL atau RS Jejaring)
2.	Interna	5 kelompok	12 minggu (7 minggu RSAL, 5 minggu RS Jejaring)
3.	Radiologi	4 kelompok	2 minggu (RSAL)
4.	Anestesi	2 kelompok	2 minggu (RSAL)
5.	Syaraf	3 kelompok	5 minggu (3 minggu RSAL, 2 minggu RS Jejaring)
6.	Jiwa	3 kelompok	5 minggu (3 minggu RSAL, 2 minggu RS Jejaring)
7.	Lakesla	2 kelompok	2 minggu (RSAL)
8.	Obgyn	4 kelompok	10 minggu (6 minggu RSAL, 2 minggu RS Jejaring, 2 minggu puskesmas)
9.	Farmasi	4 kelompok	2 minggu (FK UHT)
10.	IKA	4 kelompok	10 minggu (RSAL atau RS Jejaring)
11.	IKM	4 kelompok	8 minggu (LABKESDA)
12.	Bedah	5 kelompok	12 minggu (7 minggu RSAL, 5 minggu RS lain)
13.	Rehab Medic	2 kelompok	2 minggu (RSAL)
14.	THT	3 kelompok	5 minggu (RSAL)
15.	Mata	3 kelompok	5 minggu (3 minggu RSAL, 2 minggu RS Jejaring)
16.	Forensik	3 kelompok	5 minggu (5 minggu di RS Jejaring)

2. Data sekunder

Merupakan suatu data yang mengacu pada informasi yang dikumpulkan dari sumber yang telah ada. Data ini meliputi data pustaka. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini meliputi parameter beban kerja fisik (berupa konsumsi energi), parameter beban kerja mental, parameter kelelahan parameter penyinaran atau pencahayaan, temperatur, cara penentuan sample (teknik sampling), teknik *scaling* dan formulasi fungsi tujuan dan kendala permodelan.

3.5 Formulasi Model Matematis

Pada tahap ini dilakukan formulasi model matematis dengan tiga tahapan yaitu penurunan nilai parameter, perumusan model matematis mempertimbangkan faktor ergonomi (dalam fungsi tujuan dan fungsi kendala matematika) serta uji verifikasi dan validasi model matematis menggunakan LINGO.

3.6 Analisa dan implementasi model

Pada tahap ini dilakukan percobaan numerik dan analisis hasil percobaan, analisis implementasi model penjadwalan dengan menggunakan data penjadwalan DM di RSAL Dr. Ramelan, Surabaya, Jawa Timur.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan untuk menjawab seluruh tujuan pada penelitian ini serta dilakukan saran untuk pengembangan penelitian ini.

BAB 4

PENGEMBANGAN MODEL

Pada Bab ini dijelaskan mengenai tahap pengembangan model penjadwalan DM dengan mempertimbangkan faktor ergonomi pada manusia, faktor ergonomi pada karakteristik pekerjaan dan faktor ergonomi pada lingkungan fisik.

4.1 Deskripsi Pengembangan dan Formulasi Model

Pada penelitian terdahulu berdasarkan Table 2.4 bahwa penjadwalan tenaga kerja pada industri manufaktur mempertimbangkan faktor manusia berupa beban kerja, kelelahan, kebosanan, *learning and forgetting* dan variabilitas skill. Tidak hanya itu, juga memperhatikan faktor lingkungan fisik. Seperti pada penelitian Setiawan (2014), membuat model penjadwalan tenaga kerja pada industri manufaktur dengan fungsi kendala atau batasan yang memperhatikan faktor ergonomi. Batasan yang dipertimbangkan dalam penjadwalan ini yaitu meliputi *skill* pekerja, paparan kebisingan, paparan temperatur serta konsumsi energi.

Penjadwalan tenaga kerja pada industri jasa (Rumah Sakit) seperti yang dilakukan oleh Belien & Demeulemeester (2005), Topaloglu (2006) dan Suryati (2014) masih belum mempertimbangkan faktor ergonomi pada manusia secara keseluruhan maupun pada lingkungan fisik. Penjadwalan DM pada industri jasa (Rumah Sakit), dimana fungsi kendala atau batasan hanya memperhatikan hari libur sebagai faktor ergonomi.

Sedangkan pada industri jasa (Rumah Sakit), para DM dituntut untuk bisa melayani pasien dengan baik, tepat sasaran dan tepat waktu, sehingga mempengaruhi kognitif dan fisik dari DM tersebut. Oleh karena itu, dalam pembuatan penjadwalan DM perlu diawali dengan identifikasi faktor ergonomi yang relevan, yaitu meliputi faktor manusia, aspek atau karakteristik pekerjaan dan faktor lingkungan fisik. Pemilihan faktor tersebut berdasarkan Michalos et al. (2010) dalam Rahayu (2015) bahwa faktor ergonomi seperti aspek manusia, aspek tempat kerja dan aspek pekerjaan memungkinkan karyawan akan multi terampil, menciptakan keadilan beban kerja dari pekerjaan yang berulang dan monoton dan meningkatkan kinerja tenaga kerja.

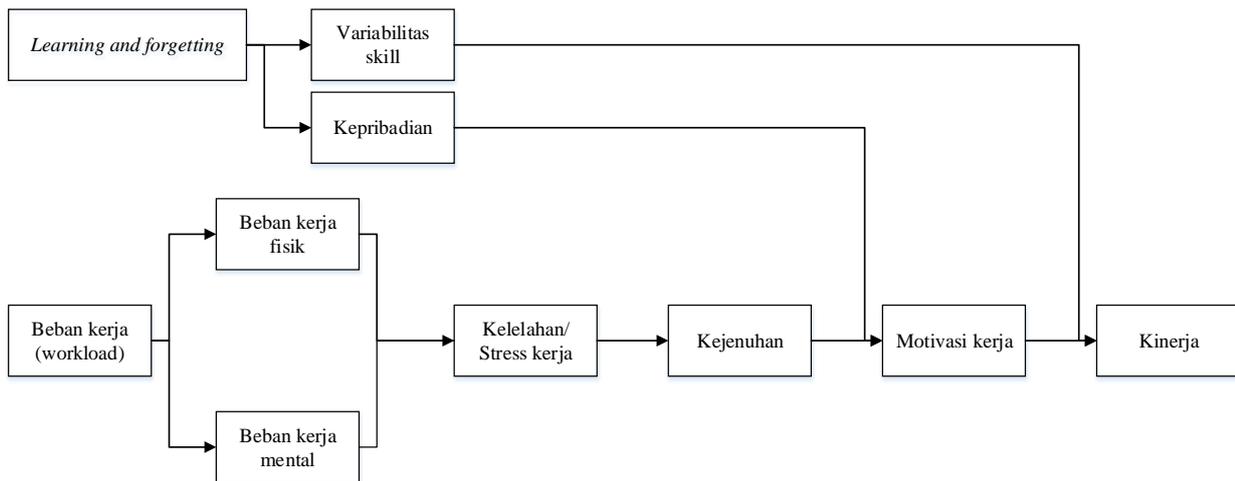
4.1.1 Identifikasi Faktor Manusia dalam Penjadwalan DM

Identifikasi faktor manusia dilakukan dengan peninjauan penelitian terdahulu, yaitu penelitian yang berhubungan dengan penjadwalan tenaga kerja dan ergonomi. Ringkasan faktor manusia yang dipertimbangkan dalam penjadwalan tenaga kerja ditunjukkan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1. Referensi faktor manusia

Faktor manusia	Referensi
Variabilitas skill	Azizi et al. (2010), Aryanezhad et al. (2013), Setiawan (2014)
Kelelahan	Yaoyuenyong & Nathavanij (2005), Wongwien & Nathhavanij (2012), Suryati (2014), Setiawan (2014)
Beban kerja	Yaoyuenyong & Nathavanij (2005), Wongwien & Nathhavanij (2012), Aryanezhad et al. (2013), Setiawan (2014)
Kebosanan	Azizi et al. (2010)
Learning and forgetting	Azizi et al. (2010)

Berdasarkan Tabel 4.1 terdapat hubungan antar faktor manusia, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.1. Hubungan faktor manusia

Berdasarkan Gambar 4.1 bahwa beban kerja serta *learning and forgetting* merupakan faktor dasar yang mempengaruhi kinerja. Beban kerja terdiri dari beban kerja fisik dan beban kerja mental. Beban kerja fisik yang berlebih menimbulkan kelelahan kerja yang mengakibatkan terjadinya kejenuhan dalam jangka waktu yang lama dan menurunkan motivasi kerja dan berakibat pada menurunnya kinerja. Sedangkan beban kerja mental yang berlebih menimbulkan stress kerja yang juga berakibat pada timbulnya kejenuhan dalam waktu yang lama, sehingga menurunkan motivasi kerja dan berakibat pada menurunnya kinerja. Sedangkan faktor *learning and forgetting* terjadi karena setiap orang memiliki variabilitas skill yang berbeda sehingga menyebabkan kinerja yang berbeda. *Learning and forgetting* juga terjadi karena kepribadian setiap orang yang berbeda, dimana kepribadian ini mempengaruhi motivasi kerja dan kinerja yang dihasilkan orang tersebut. Faktor ergonomi pada manusia menurut Tarwaka (2004) berhubungan dengan kemampuan kerja meliputi *Personal Capacity* (umur, jenis kelamin,

antropometri, dll), *Physiological capacity* (kemampuan cardio vascular, syaraf otot, dll) *Psychological Capacity* (kemampuan mental, stabilitas emosi, dll) serta *biomedical capacity* (kemampuan daya tahan sendi, tendon, dll).

Faktor ergonomi pada manusia, dalam hal ini adalah DM yang berkaitan pada kegiatan Kepaniteraan Klinik berdasarkan kecocokan antara studi literatur dengan observasi dan wawancara DM yaitu meliputi beban kerja fisik, beban kerja mental dan kelelahan. Beban kerja fisik dan kelelahan yang terkait dengan *Personal Capacity* dan *Physiological capacity* serta beban kerja mental yang terkait dengan *Psychological Capacity*. Beban kerja mental merupakan parameter yang ditambahkan pada penelitian ini yang sebelumnya belum dibahas pada penelitian pendahuluan berdasarkan Tabel 2.14 baik pada industri manufaktur maupun industri jasa.

4.1.2 Identifikasi Faktor Karakteristik Pekerjaan dalam Penjadwalan DM

Menurut Jahandideh (2012) penjadwalan atau scheduling terdiri atas *job rotation* dan *job assignment*. *Job assignment* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu *workers, task, environmental components*. Task merupakan faktor pekerjaan atau tugas yang mempengaruhi penjadwalan. Faktor ergonomi pada karakteristik pekerjaan menurut Jahandideh (2012) ada empat kriteria pada aspek pekerjaan untuk menemukan kecocokan antara pekerja dan tugas kerjanya, yaitu *task's mentality difficulty, task's physicality difficulty, cost required for training* dan *safety risk*.

Faktor ergonomi pada karakteristik pekerjaan yang berkaitan pada kegiatan Kepaniteraan Klinik berdasarkan kecocokan antara studi literatur dengan observasi dan wawancara DM yaitu meliputi *task's mentality difficulty* artinya kegiatan Kepaniteraan Klinik yang dilakukan oleh DM merupakan kegiatan yang memiliki kesulitan dari sisi mental atau psikologis. Para DM dituntut untuk bisa menangani pasien dengan teori yang sudah mereka dapat saat Pre-Klinik dengan tepat. *Task's mentality difficulty* erat kaitannya dengan beban kerja mental pada faktor manusia. *Task's physicality difficulty* artinya kegiatan Kepaniteraan Klinik yang dilakukan oleh DM merupakan kegiatan yang memiliki kesulitan dari sisi fisik. *Task's physicality difficulty* erat kaitannya dengan beban kerja fisik pada faktor manusia. Dari sisi *safety risk* artinya para DM dituntut untuk bisa menangani pasien secara *safety* atau membuat pasien *zero accident*. Faktor ergonomi pada karakteristik pekerjaan dalam penjadwalan DM yang dipertimbangkan adalah *task's mentality difficulty, task's physicality difficulty, dan safety risk*, dimana ketiga faktor tersebut erat kaitannya dengan faktor ergonomi pada manusia.

4.1.3 Identifikasi Faktor Lingkungan Fisik dalam Penjadwalan DM

Faktor lingkungan merupakan faktor penting yang mempengaruhi performansi pekerjaan (Baines et al, 2005). Faktor lingkungan kerja yang mempengaruhi pekerjaan seperti iklim mikro, kebisingan dan penerangan. Evaluasi lingkungan dilakukan dengan cara pengukuran kondisi tempat kerja dan mengetahui respon pekerja terhadap paparan lingkungan kerja. Iklim mikro dalam lingkungan kerja terdiri dari unsur suhu udara (kering dan basah), kelembaban nisbi, panas radiasi dan kecepatan gerakan udara (Tarwaka, 2004).

Berdasarkan telaah peraturan berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No: 1204/MENKES/SK/X/2004 tentang Persyaratan Kesehatan Rumah Sakit bahwa ruang atau unit di Rumah Sakit memiliki standar suhu, kelembaban dan tekanan udara, tingkat kebisingan dan tingkat pencahayaan menurut fungsi ruang atau unit tertentu. Aktivitas DM yang berkaitan dengan fisik maupun mental di Rumah Sakit memberikan konsekuensi pada pertimbangan suhu tingkat pencahayaan dan tingkat kebisingan. Namun sejauh ini faktor suhu, tingkat pencahayaan dan tingkat kebisingan di RSAL Dr. Ramelan Surabaya sudah memenuhi standar peraturan lingkungan fisik sesuai peraturan Menteri kesehatan Republik Indonesia No: 1204/MENKES/SK/X/2004 tentang Persyaratan Kesehatan Rumah Sakit. Pada penelitian ini seluruh stase yang ada di RSAL Dr. Ramelan Surabaya sudah memenuhi batasan baik itu batasan suhu, pencahayaan maupun kebisingan sedemikian sehingga sesuai dengan peraturan Menteri kesehatan Republik Indonesia No: 1204/MENKES/SK/X/2004 tentang Persyaratan Kesehatan Rumah Sakit. Hal ini sesuai dengan penjelasan staff RSAL Dr. Ramelan Surabaya, dan observasi peneliti. Karena faktor lingkungan fisik yang telah sesuai dengan telaah Peraturan Menteri Kesehatan, maka faktor ergonomi pada lingkungan fisik merupakan faktor yang berkaitan dengan dengan penjadwalan DM namun tidak dijadikan sebagai parameter penjadwalan DM atau tidak dijadikan sebagai batasan.

Penelitian ini mempertimbangkan faktor ergonomi yaitu faktor manusia (DM), faktor karakteristik pekerjaan dan faktor lingkungan fisik. Berdasarkan proses identifikasi yang telah dipaparkan diatas, sesuai dengan kecocokan studi literatur dan observasi serta wawancara DM dapat ditarik kesimpulan bahwa faktor ergonomi yang akan digunakan sebagai parameter untuk penjadwalan DM adalah beban kerja mental, beban kerja fisik dan kelelahan, dimana faktor-faktor tersebut merupakan bagian dari faktor ergonomi pada aspek manusia dan faktor ergonomi pada aspek pekerjaan yang berkaitan dengan penjadwalan DM. Sedangkan faktor ergonomi pada aspek lingkungan fisik, seperti pencahayaan, temperatur serta kebisingan merupakan faktor ergonomi yang berkaitan dengan penjadwalan DM namun faktor tersebut bukan merupakan

parameter penelitian ataupun kendala (*constraint*) penelitian karena nilai temperatur, kebisingan dan pencahayaan sudah sesuai dengan peraturan Menteri Kesehatan RI sehingga tidak signifikan mempengaruhi penjadwalan DM.

Beban kerja fisik pada penelitian ini diukur berdasarkan denyut jantung dan dikonversi menjadi konsumsi energi (*energy expenditure*) selama melaksanakan tugas kerja. Beban kerja mental diukur berdasarkan kuesioner NASA TLX, begitu pula dengan kelelahan yang diukur dengan kuesioner *Subjective Self Rating Test* (SSRT).

Walaupun menggunakan faktor ergonomi pada aspek manusia, karakteristik pekerjaan dan lingkungan fisik, namun penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya yaitu Setiawan (2014) yang belum mempertimbangkan beban kerja mental tenaga kerja karena penelitian tersebut di industri manufaktur. Penelitian tersebut mempertimbangkan faktor lingkungan fisik sebagai batasan (*constraint*) karena di industri manufaktur memang faktor kebisingan dan temperatur sangat mempengaruhi pekerja. Penelitian Topaloglu (2006), Suryati (2014) juga belum mempertimbangkan beban kerja mental tenaga kerja di industri jasa (Rumah Sakit).

4.2 Formulasi Model

Model diformulasikan dalam bentuk *Integer Nonlinear Programming*, dimana variabel keputusan bernilai 0 atau 1. Fungsi tujuan yang ingin dicapai yaitu meminimumkan deviasi atau selisih beban kerja dan kelelahan yang dialami DM setiap bulan, baik beban kerja fisik maupun beban kerja mental. Sehingga diharapkan setiap bulan DM melakukan Kepaniteraan Klinik memiliki beban kerja yang relatif tidak jauh berbeda. Jika beban kerja DM tidak jauh berbeda setiap periodenya maka DM diindikasikan memiliki kinerja yang stabil.

Sebelum model diformulasikan, terlebih dahulu ditentukan Batasan dan asumsi yang digunakan untuk merumuskan model. Batasan yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Setiap kelompok DM wajib mengikuti Kepaniteraan Klinik di seluruh stase yang dijadwalkan selama periode yang ditentukan yaitu dua tahun
2. Setiap stase memiliki kuota maksimum jumlah kelompok yang bisa digunakan untuk Kepaniteraan Klinik
3. Setiap kelompok hanya bisa dijadwalkan untuk melakukan Kepaniteraan Klinik pada satu stase di satu periode tertentu
4. Tidak mempertimbangkan shift karena keadaan riil bahwa shift hanya ada di satu stase dan tidak mempertimbangkan penjadwalan hari libur karena bersifat fleksible

Adapun asumsi yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Jumlah anggota kelompok tiap DM diasumsikan sama untuk semua kelompok, yaitu 7 orang
2. Penjadwalan diasumsikan untuk di RS Pendidikan Utama saja, sehingga setelah model penjadwalan selesai, pihak BANGDIKLAT yang akan menyesuaikan jadwal di RS Jejaring, Puskesmas, LABKESDA dengan jadwal yang sudah dibuat oleh RS Pendidikan Utama
3. Skill anggota tiap kelompok diasumsikan sama
4. DM diwajibkan dalam waktu dua tahun, asumsi tiap bulan adalah 4 minggu sehingga total penjadwalan adalah 96 minggu
5. Penjadwalan dilakukan per semester
6. Nilai beban kerja mental, beban kerja fisik dan kelelahan memiliki persentase yang sama pada diri DM dan diasumsikan tidak ada dinamika riil seperti perubahan nilai beban kerja dan nilai kelelahan kerja

4.2.1 Penurunan Nilai Parameter

Uth et al dalam Setiawan (2014), merumuskan penurunan nilai parameter untuk batas kelelahan dan beban kerja diperoleh dari batas maksimal konsumsi energi yang dihitung berdasarkan nilai VO_2max ketika melaksanakan kerja.

$$VO_2max = 15 \text{ ml/min} \times BM \times \left(\frac{HRmax}{HRrest} \right) \quad (4.1)$$

Dimana:

- BM = berat tubuh manusia (kg)
 HRmax = denyut jantung maksimum ketika bekerja (bpm)
 HRmin = denyut jantung ketika istirahat (bpm)

Misalkan seorang DM melakukan Kepaniteraan Klinik pada stase Ilmu Kesehatan Anak (IKA), dengan denyut jantung max saat kerja yaitu 100 bpm dan denyut jantung saat istirahat yaitu 72 bpm. DM memiliki massa tubuh yaitu 56 kg. berikut merupakan contoh perhitungan VO_2max nya

$$VO_2max = 15 \frac{\text{ml}}{\text{min}} \times BM \times \left(\frac{HRmax}{HRrest} \right)$$

$$VO_2max = 15 \frac{\text{ml}}{\text{min}} \times 56 \text{ kg} \times \left(\frac{100 \cancel{\text{ bpm}}}{72 \cancel{\text{ bpm}}} \right)$$

$$VO_2max = 1166.67 \text{ kg} \frac{\text{ml}}{\text{min}}$$

Kemudian nilai VO₂max dikonversikan ke (liter/menit)

$$VO_2\max = 1166.67 \text{ kg} \frac{\cancel{\text{ml}}}{\cancel{\text{min}}} \times \frac{1 \text{ l}}{1000 \cancel{\text{ml}}}$$

$$VO_2\max = 1.16 \text{ kg} \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

Jika asumsi DM bekerja selama 8 jam/hari dan konversi 1 liter adalah 5 kilo kalori berdasarkan NIOSH, maka nilai VO₂max menjadi

$$VO_2\max = 1.16 \text{ kg} \frac{\cancel{1}}{\cancel{\text{min}}} \times \frac{60 \cancel{\text{ min}}}{1 \cancel{\text{ jam}}} \times \frac{8 \cancel{\text{ jam}}}{\text{hari}} \times \frac{5 \text{ Kcal}}{1 \cancel{\text{ l}}} = 2784 \text{ kg} \frac{\text{Kcal}}{\text{hari}}$$

Artinya DM tersebut perlu mengkonsumsi energi sebanyak 2784 Kcal perhari berdasarkan massa tubuhnya (56 kg) selama kegiatan Kepaniteraan Klinik di stase IKA. Namun batas konsumsi energi yang diijinkan oleh NIOSH adalah 33% dari nilai konsumsi energi, sehingga DM tersebut bisa melakukan kegiatan Kepaniteraan Klinik di IKA dengan mengkonsumsi energi sebesar 918.72 Kcal perhari berdasarkan massa tubuhnya (56 kg).

$$VO_2\max = 0,33 \times 2784 \text{ kg} \frac{\text{Kcal}}{\text{hari}} = 918.72 \text{ kg} \frac{\text{Kcal}}{\text{hari}}$$

Berdasarkan literatur Christensen, 1991 hanya terdapat konsumsi oksigen (l/min) sebagai acuan untuk menentukan kategori berat atau ringannya suatu pekerjaan, oleh karena itu perlu mengkonversi konsumsi oksigen (l/min) menjadi batas konsumsi energi (Kcal/hari) untuk mengetahui kategori berat atau ringannya suatu pekerjaan. Contoh perhitungan konversi

$$\text{Konsumsi oksigen} = 0.5 \frac{\cancel{1}}{\cancel{\text{min}}} \times \frac{60 \cancel{\text{ min}}}{1 \cancel{\text{ jam}}} \times \frac{8 \cancel{\text{ jam}}}{\text{hari}} \times \frac{5 \text{ Kcal}}{1 \cancel{\text{ l}}} \times 33\% = 396 \frac{\text{Kcal}}{\text{hari}}$$

Tabel 4.2. Kategori beban kerja berdasarkan konversi oksigen

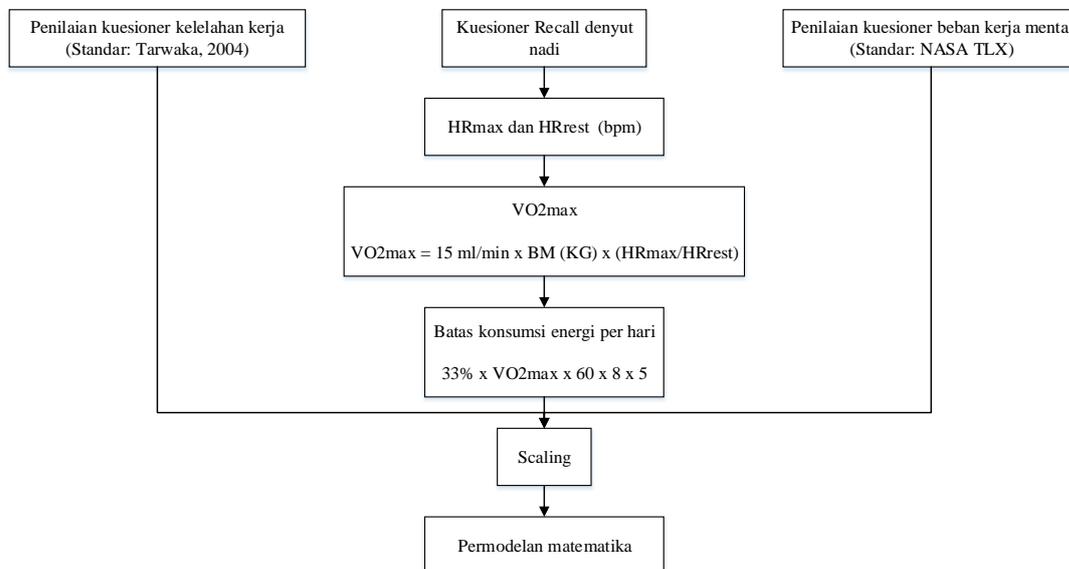
Kategori beban kerja	Konsumsi oksigen (l/min)	Batas konsumsi energi (33% konsumsi energi) (Kcal/hari)
Ringan	0.5 – 1.0	396 – 792
Sedang	1.0 – 1.5	792 – 1188
Berat	1.5 – 2.0	1188 – 1584
Sangat berat	2.0 – 2.5	1584 – 1980
Sangat berat sekali	2.5 – 4.0	1980 – 3168

Parameter kelelahan kerja diperoleh berdasarkan literatur Tarwaka (2004) sedangkan parameter beban kerja mental diperoleh berdasarkan NASA Task Load Index (NASA TLX). Berikut merupakan rangkuman kategori beban kerja berdasarkan nilai batas konsumsi energi, nilai kelelahan kerja dan nilai beban kerja mental.

Tabel 4.3. Rangkuman kategori beban kerja berdasarkan nilai batas konsumsi energi, nilai kelelahan kerja dan nilai beban kerja mental

Nilai batas konsumsi energi		Nilai kelelahan kerja		Nilai beban kerja mental	
Kategori beban kerja	Nilai batas konsumsi energi (Kcal/hari)	Kategori beban kerja	Nilai kelelahan kerja	Kategori beban kerja	Nilai beban kerja mental
Ringan	396 – 792	Rendah	30 – 52	Rendah	0 – 9
Sedang	792 – 1188	Sedang	53 – 74	Sedang	10 – 29
Berat	1188 – 1584	Tinggi	76 – 98	Agak tinggi	30 – 49
Sangat berat	1584 – 1980	Sangat tinggi	99 – 120	Tinggi	50 – 79
Sangat berat sekali	1980 – 3168			Sangat tinggi	80 – 100
Standar: Christensen (1991) dan NIOSH (1996)		Standar: Tarwaka (2004)		Standar: NASA TLX	

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan jenis nilai batas konsumsi energi, nilai kelelahan dan nilai beban kerja mental oleh karena itu perlu prosedur untuk merubah data sehingga berada dalam skala tertentu atau yang biasa disebut dengan *scaling*. Penurunan persamaan berdasarkan pemaparan diatas, secara ringkas ditunjukkan pada Gambar 4.2



Gambar 4.2. Formulasi Penurunan Nilai Parameter

4.2.2 Notasi Model

Berikut merupakan notasi model yang akan digunakan dalam model penjadwalan DM. Notasi model yang digunakan pada penjadwalan ini merupakan hasil *review* dari beberapa penelitian terdahulu dan disesuaikan dengan permasalahan serta peraturan Rumah Sakit dalam penjadwalan DM. Notasi model penjadwalan DM terdiri dari parameter serta variable keputusan. Berikut merupakan penjelasan dari parameter dan variable keputusan.

Parameter

- I = jumlah kelompok DM yang tersedia untuk dijadwalkan, $i \in \{1, \dots, I\}$
- J = jumlah stase yang dijadwalkan, $j \in \{1, \dots, J\}$
- T = jumlah periode penjadwalan, $t \in \{1, \dots, T\}$
- C_j = kapasitas stase
- $S1_j$ = jumlah konsumsi energi saat di stase j (Kcal/hari)
- $S2_j$ = nilai beban kerja mental saat di stase j
- $S3_j$ = nilai kekelahan saat di stase j
- M_j = minggu stase (durasi praktek pada tiap stase)
- n = minggu pertama tiap bulan (1, 5, 9, 12, ..., 92)

Variabel Keputusan

$$X_{ijt} = \begin{cases} 1, & \text{jika koas } i \text{ dijadwalkan pada stase } j \text{ di periode } t \\ 0, & \text{sebaliknya} \end{cases}$$

$$A_{ijt} = \begin{cases} 1, & \text{jika koas } i \text{ dijadwalkan pada stase } j \text{ di periode } t \text{ sebagai awal penjadwalan} \\ 0, & \text{sebaliknya} \end{cases}$$

4.2.3 Fungsi Tujuan

Berdasarkan penelitian pendahuluan, penjadwalan yang dilakukan secara umum memiliki fungsi tujuan yaitu memaksimalkan kinerja atau meminimumkan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan. Memaksimalkan kinerja dapat dilihat dari maksimum produktivitas, optimasi alokasi karyawan, minimum *injury*, kebisingan, beban kerja, kendala kerja dll. Berikut merupakan *review* penelitian pendahuluan.

Tabel 4.4. Review fungsi tujuan penelitian terdahulu

Fungsi Tujuan	Referensi
Maksimasi produktivitas	Yaoyuenyong & Nathavanij (2005), Azizi et al. (2010), Setiawan (2014)

Tabel 4.5. Review fungsi tujuan penelitian terdahulu (Lanjutan)

Fungsi Tujuan	Referensi
Maksimasi skill	Azizi et al. (2010)
Optimasi alokasi karyawan	Wongwien & Nathhavanij (2012)
Minimasi kebosanan	Azizi et al. (2010)
Minimasi biaya	Belien & Demeulemeester (2005)
Minimasi kebisingan	Aryanezhad et al. (2013)
Minimasi kecelakaan	Wongwien & Nathhavanij (2012)
Minimasi injury tulang belakang	Aryanezhad et al. (2013)
Minimasi beban kerja	Yaoyuenyong & Nathhavanij (2005), Wongwien & Nathhavanij (2012)
Minimasi kendala	Topaloglu (2006), Suryati (2014)

Dari hasil *review* pada Tabel 4.4, fungsi tujuan yang akan diterapkan pada penelitian ini mengarahkan ke faktor ergonomi, dikarenakan pentingnya faktor ergonomi dalam dunia kesehatan. Fungsi tujuan yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu meminimumkan deviasi atau selisih atau perbedaan beban kerja dan kelelahan kerja yang dialami oleh DM tiap bulan selama kegiatan Kepaniteraan Klinik pada semua stase, dengan harapan semakin optimum beban kerja dan kelelahan kerja maka semakin optimum pula kinerja pada DM dalam kegiatan Kepaniteraan Klinik. Berikut merupakan fungsi tujuan penelitian ini yang diformulasikan dalam pendekatan matematika

Fungsi tujuan

$$\begin{aligned} & \text{Min } \sum_{i=1}^I (\text{Max}_{(t, n \leq t \leq n+4)} (\sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T Xijt (S1_{(j)} + S2_{(j)} + S3_{(j)}))) - \\ & (\text{Min}_{(t, n \leq t \leq n+4)} (\sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T Xijt (S1_{(j)} + S2_{(j)} + S3_{(j)}))) \end{aligned} \quad (4.2)$$

4.2.4 Fungsi kendala

Fungsi kendala terkait dengan penjadwalan DM adalah sebagai berikut:

1. Setiap kelompok DM wajib mengikuti Kepaniteraan Klinik sesuai dengan periode yang ditetapkan

$$\sum_{t=1}^T Xijt = Mj \quad \forall_{i,j} \quad (4.3)$$

2. Jumlah kelompok DM yang dijadwalkan pada stase tertentu di periode tertentu jumlahnya tidak melebihi kapasitas stase

$$\sum_{i=1}^I X_{ijt} \leq C_j \quad \forall_{j,t} \quad (4.4)$$

3. Setiap kelompok DM hanya bisa dijadwalkan untuk melakukan Kepeniteraan Klinik pada satu stase di satu periode tertentu

$$\sum_{j=1}^J X_{ijt} \leq 1 \quad \forall_{i,j} \quad (4.5)$$

4. Setiap kelompok DM memiliki awal penjadwalan yang berbeda

$$A_{ijt} \leq \sum_{\tau=1}^T (A_{t \leq \tau \leq M_j}) X_{ij\tau} - (M_j - 1) A_{ijt} \quad \forall_{i,j,t} \quad (4.6)$$

4.3 Deskripsi Studi Kasus

Pada penelitian pendahuluan Yaoyuenyong & Nathavanij (2005), Azizi et al. (2010), Wongwien & Nathhavanij (2012), Aryanezhad et al. (2013), Setiawan (2014) melakukan penjadwalan tenaga kerja pada industri manufaktur dengan memperhatikan faktor manusia berupa beban kerja, kebosanan, kelelahan dan variabilitas skill, faktor lingkungan fisik berupa kebisingan, temperatur dan pencahayaan serta faktor karakteristik pekerjaan. Sedangkan penelitian pendahuluan yang dilakukan pada industri jasa yaitu Belien & Demeulemeester (2005), Topaloglu (2006) dan Suryati (2014) melakukan penjadwalan tenaga kerja memperhatikan faktor ergonomi hanya berupa pemberian hari libur. Baik pada penjadwalan di industry manufaktur maupun industri jasa pada penelitian terdahulu masih belum mempertimbangkan beban kerja secara mental.

Pada penelitian ini difokuskan pada jenis pekerjaan yang bersifat mempengaruhi beban fisik maupun beban mental dan kelelahan sebagai akibatnya. sebagaimana telah disebutkan pada Gambar 4.1 bahwa beban kerja merupakan salah satu faktor dasar yang mempengaruhi kinerja. Studi kasus yang digunakan mengacu pada aktivitas Kepeniteraan Klinik yang dilakukan oleh DM pada semua stase di Rumah Sakit Pendidikan Utama (RSAL Dr. Ramelan Surabaya). Data yang diambil yaitu berupa data beban kerja mental, beban kerja fisik dan kelelahan kerja yang akan digunakan sebagai parameter fungsi tujuan. Dimana fungsi tujuannya yaitu untuk meminimumkan deviasi (selisih) beban kerja DM setiap bulannya. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh data yaitu sebagai berikut.

1. Data nilai kelelahan kerja, beban kerja mental dan konsumsi energi

Data ini diperoleh berdasarkan hasil kuesioner kelelahan, beban kerja fisik dan beban kerja mental. Hasil kuesioner kelelahan kerja dihitung berdasarkan standar Tarwaka (2004). Hasil kuesioner beban kerja mental dihitung berdasarkan standar NASA TLX. Hasil kuesioner beban

kerja fisik dihitung berdasarkan penurunan persamaan NIOSH, 1996. Berikut merupakan hasil perhitungan nilai kelelahan kerja, beban kerja fisik dan beban kerja mental.

Tabel 4.6. Data nilai kelelahan kerja, beban kerja mental dan konsumsi energi

No	Stase	Nilai kelelahan kerja	Nilai beban kerja mental	Nilai konsumsi energi (Kcal/hari)	batas konsumsi energi (33% x nilai konsumsi energi)
1	Kulit	67,65	82,40	2448,00	807,84
2	Interna	86,53	71,13	3648,00	1203,84
3	Radiologi	82,12	78,44	3648,00	1203,84
4	Anestesi	94,28	79,40	3840,00	1267,20
5	Syaraf	67,41	66,87	2976,00	982,08
6	Jiwa	49,21	75,73	2568,00	847,44
7	Lakesla	63,90	71,90	2880,00	950,40
8	Obsgyn	85,27	77,20	3288,00	1085,04
9	Farmasi	63,91	71,92	2880,00	950,40
10	IKA	73,94	76,20	3288,00	1085,04
11	IKM	74,16	73,92	3216,00	1061,28
12	Bedah	94,32	77,47	3840,00	1267,20
13	Rehab medic	51,15	72,67	2400,00	792,00
14	THT	76,25	60,07	3144,00	1037,52
15	Mata	61,82	69,53	3480,00	1148,40
16	Forensik	63,92	71,93	2904,00	958,32

Berdasarkan Table 4.5 terdapat perbedaan satuan nilai kelelahan kerja, nilai beban kerja mental dan nilai batas konsumsi energi sehingga perlu dilakukan *scaling* atau merubah data sehingga berada dalam skala tertentu.

2. Data nilai kelelahan kerja, beban kerja mental dan konsumsi energi hasil *scaling*

Teknik *scaling* yang digunakan berdasarkan standar Santoso (2007) menggunakan persamaan 2.8. berikut merupakan Data nilai kelelahan kerja, beban kerja mental dan konsumsi energi hasil *scaling*.

Tabel 4.7. Data nilai kelelahan kerja, beban kerja mental dan konsumsi energi hasil *scaling*

No	Stase	Nilai <i>scaling</i> kelelahan kerja	Nilai <i>scaling</i> beban kerja mental	Nilai <i>scaling</i> beban kerja fisik
1	Kulit	47,65	84,16	23,37
2	Interna	66,53	74,02	36,23

Tabel 4.8. Data nilai kelelahan kerja, beban kerja mental dan konsumsi energi hasil *scaling* (Lanjutan)

No	Stase	Nilai <i>scaling</i> kelelahan kerja	Nilai <i>scaling</i> beban kerja mental	Nilai <i>scaling</i> beban kerja fisik
3	Radiologi	62,12	80,60	36,23
4	Anestesi	74,28	81,46	38,29
5	Syaraf	47,41	70,18	29,03
6	Jiwa	29,21	78,16	24,66
7	Lakesla	43,90	74,71	28,00
8	Obsgyn	65,27	79,48	32,37
9	Farmasi	43,91	74,73	28,00
10	IKA	53,94	78,58	32,37
11	IKM	54,16	76,53	31,60
12	Bedah	74,32	79,72	38,29
13	Rehab medic	31,15	75,40	22,86
14	THT	56,25	64,06	30,83
15	Mata	41,82	72,58	34,43
16	Forensik	43,92	74,74	28,26

Data nilai kelelahan kerja, beban kerja mental dan konsumsi energi hasil *scaling* merupakan data yang digunakan untuk formulasi dalam Bahasa LINGO.

4.4 Formulasi Dalam Bahasa LINGO

Penelitian ini menggunakan metode *branch and bound* untuk menyelesaikan permasalahan optimasi penjadwalan dengan bantuan *software* LINGO. Formulasi dalam Bahasa LINGO dapat dilihat pada Lampiran 2, sedangkan hasil *running* LINGO dapat dilihat pada lampiran 3.

4.5 Verifikasi dan Validasi Model

Pada tahap ini dilakukan uji verifikasi untuk mengetahui apakah model yang telah diformulasikan kedalam bahasa LINGO sesuai dengan model matematis yang dikembangkan. Dari hasil *running* LINGO diketahui bahwa model matematis yang dikembangkan sesuai dengan formulasi Bahasa LINGO dengan nilai fungsi tujuan (miminasi deviasi beban kerja DM setiap bulan) adalah 90. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.3, sehingga dapat dikatakan bahwa model telah terverifikasi.

Selanjutnya dilakukan uji validasi dengan membandingkan nilai fungsi tujuan yang dihasilkan oleh LINGO dan perhitungan. Apabila tidak ada perbedaan secara signifikan, maka dikatakan bahwa model telah tervalidasi. Parameter yang digunakan dalam uji validasi merupakan data dummy yaitu sebagai berikut

1. Kelompok DM yang dijadwalkan terdiri dari 5 kelompok (1,2,3,4,5)
2. Stase yang dijadwalkan terdiri dari 6 stase (stase 1, stase 2, stase 3, stase 4, stase 5, stase 6)
3. Periode penjadwalan atau lamanya penjadwalan yaitu 16 minggu (1, 2, 3, ..., 16)
4. Kapasitas tiap stase, yaitu
 - Stase 1 kapasitas 3 kelompok
 - Stase 2 kapasitas 4 kelompok
 - Stase 3 kapasitas 3 kelompok
 - Stase 4 kapasitas 2 kelompok
 - Stase 5 kapasitas 4 kelompok
 - Stase 6 kapasitas 3 kelompok
5. Durasi setiap stase memiliki minggu kerja yang berbeda, yaitu
 - Stase 1 durasi 4 minggu
 - Stase 2 durasi 2 minggu
 - Stase 3 durasi 1 minggu
 - Stase 4 durasi 1 minggu
 - Stase 5 durasi 3 minggu
 - Stase 6 durasi 1 minggu
6. Beban kerja (fisik, mental dan kelelahan) atau *stress* tiap stase juga berbeda, yaitu
 - Stase 1 memiliki nilai *stress* 8
 - Stase 2 memiliki nilai *stress* 11
 - Stase 3 memiliki nilai *stress* 4
 - Stase 4 memiliki nilai *stress* 3
 - Stase 5 memiliki nilai *stress* 4
 - Stase 6 memiliki nilai *stress* 6

```

Feasible solution found.
Objective value:          90.00000
Objective bound:         0.1595608E-04
Infeasibilities:         0.000000
Extended solver steps:   223
Total solver iterations: 373687

```

Variable	Value	Reduced Cost
CAPS(1)	3.000000	0.000000
CAPS(2)	4.000000	0.000000
CAPS(3)	3.000000	0.000000
CAPS(4)	2.000000	0.000000
CAPS(5)	4.000000	0.000000
CAPS(6)	3.000000	0.000000
MINGKUL(1)	4.000000	0.000000
MINGKUL(2)	2.000000	0.000000
MINGKUL(3)	1.000000	0.000000
MINGKUL(4)	1.000000	0.000000
MINGKUL(5)	3.000000	0.000000
MINGKUL(6)	1.000000	0.000000
STRESS(1)	8.000000	0.000000
STRESS(2)	11.00000	0.000000
STRESS(3)	4.000000	0.000000
STRESS(4)	3.000000	0.000000
STRESS(5)	4.000000	0.000000
STRESS(6)	6.000000	0.000000
X(1, 1, 1)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 2)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 3)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 4)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 5)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 6)	0.000000	-8.000000
X(1, 1, 7)	0.000000	-8.000000
X(1, 1, 8)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 9)	1.000000	8.000000
X(1, 1, 10)	1.000000	8.000000

Gambar 4 3. Solver *Running* LINGO

Tabel 4.9. Hasil *Running* LINGO

minggu ke-		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Mj
1	stase 1									1	1	1	1					4
	stase 2															1	1	2
	stase 3					1												1
	stase 4								1									1
	stase 5	1	1	1														3
	stase 6				1													
2	stase 1					1	1	1	1									4
	stase 2									1	1							2
	stase 3				1													1
	stase 4	1																1
	stase 5													1	1	1		3
	stase 6		1															1
3	stase 1			1	1	1	1											4
	stase 2														1	1		2
	stase 3											1						1
	stase 4												1					1
	stase 5							1	1	1								3
	stase 6													1				1
4	stase 1	1	1	1	1													4
	stase 2													1	1			2
	stase 3												1					1
	stase 4								1									1
	stase 5					1	1	1										3
	stase 6										1							1
5	stase 1											1	1	1	1			4
	stase 2				1	1												2
	stase 3															1		1
	stase 4										1							1
	stase 5						1	1	1									3
	stase 6		1															1

Setelah model terverifikasi seperti pada Gambar 4.3, kemudian mem-plotkan hasil *running* LINGO pada MS Excel seperti pada Tabel 7.7 yang nantinya akan digunakan untuk menghitung nilai fungsi tujuan untuk validasi model. Perhitungan validasi model dengan cara mengalikan nilai *stress* tiap stase di setiap kelompok DM. kemudian mencari Total nilai *stress* tiap kelompok DM setiap 4 minggu (1 bulan) selama 16 minggu. Setelah didapatkan nilai *stress* tiap kelompok pada tiap bulan, kemudian mencari nilai maksimum dan minimum nilai *stress* setiap bulan dan kemudian mengurangi nilai *stress* max dengan nilai *stress* min. Hasilnya merupakan nilai fungsi tujuan. Pada kelompok DM pertama selama 16 minggu memiliki nilai maksimum 32 dan nilai minimum 7 sehingga kelompok tersebut memiliki nilai *stress* 25, begitupula dengan perhitungan pada kelompok DM ke-2 sampai ke-5. Nilai *stress* kelompok DM ke-2 sampai ke-5 secara berurutan yaitu 20, 17, 22 dan 6, sehingga didapat total minimum deviasi beban kerja (Fungsi Tujuan) yaitu 90, hal ini sesuai dengan *objective value* pada LINGO sehingga model dapat dikatakan tervalidasi. Berikut merupakan Tabel 4.8 tentang perhitungan nilai fungsi tujuan.

Tabel 4.10. Perhitungan Fungsi Tujuan

minggu ke-		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	stase 1									8	8	8	8				
	stase 2															11	11
	stase 3					4											
	stase 4								3								
	stase 5	4	4	4													
	stase 6				6												
	Total stress	18				7				32				22			
2	stase 1					8	8	8	8								
	stase 2									11	11						
	stase 3				4												
	stase 4	3															
	stase 5													4	4	4	
	stase 6		6														
	Total stress	13				32				22				12			
3	stase 1			8	8	8	8										
	stase 2														11	11	
	stase 3											4					
	stase 4												3				
	stase 5							4	4	4							
	stase 6													6			
	Total stress	16				24				11				28			
4	stase 1	8	8	8	8												
	stase 2													11	11		
	stase 3												4				
	stase 4								3								
	stase 5					4	4	4									
	stase 6										6						
	Total stress	32				15				10				22			
5	stase 1											8	8	8	8		
	stase 2				11	11											
	stase 3															4	
	stase 4										3						
	stase 5						4	4	4								
	stase 6		6														
	Total stress	17				23				19				20			

BAB 5

PERCOBAAN NUMERIK DAN ANALISIS

Pada bab ini dilakukan percobaan numerik dengan memasukkan nilai beban kerja dan kelelahan sebagai parameter fungsi tujuan pada solver LINGO kemudian dilakukan analisis hasil

5.1 Parameter Percobaan Numerik

Parameter yang digunakan pada percobaan numerik adalah data yang sudah ditunjukkan pada Sub Bab 4.3. Data tersebut berupa data beban kerja fisik, data beban kerja mental dan data kelelahan kerja yang telah dilakukan *scaling*. Tujuan dari *scaling* data agar data yang dimasukkan ke dalam *software* pemrograman LINGO memiliki satuan dan jenis data yang sama.

5.2 Hasil Percobaan Numerik

Percobaan numerik digunakan untuk mengetahui alokasi penjadwalan kelompok DM pada stase tertentu dan periode tertentu. Kelompok yang dijadwalkan yaitu sebanyak 26 kelompok dengan total stase yaitu 16 stase dalam kurun waktu penjadwalan yaitu dua tahun (96 minggu kerja). Karena Kepaniteraan Klinik merupakan suatu kegiatan belajar mengajar, oleh karena itu tujuan dari percobaan numerik yaitu meminimumkan deviasi beban kerja dan kelelahan DM tiap bulan selama dua tahun.

5.2.1 Model Penjadwalan

Model penjadwalan yang akan dibuat yaitu dibagi tiap semester, sehingga ada 4 semester yang akan dibuat penjadwalan DM. Tiap semester diwakili oleh satu model, sehingga ada 4 model. Tiap model memiliki pembagian stase yang berbeda. Pembagian stase ini berdasarkan keseimbangan minggu kerja, yaitu maksimum 24 minggu, karena tiap semester memiliki durasi waktu Kepaniteraan Klinik selama 24 minggu. Pembagian stase pada tiap model bisa dilakukan dengan sistem kombinasi sehingga menghasilkan maksimum total minggu yaitu kurang dari 24 minggu. Berikut merupakan pembagian stase dijelaskan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Pembagian Stase Tiap Semester

Model 1	Stase kulit	5 minggu	Total: 24 Minggu
	Stase Interna	12 minggu	
	Stase Radiologi	2 minggu	
	Stase Forensik	5 minggu	

Tabel 5.2 Pembagian Stase Tiap Semester (Lanjutan)

Model 2	Stase Syaraf	5 minggu	Total: 22 Minggu
	Stase Jiwa	5 minggu	
	Stase Lakesla	2 minggu	
	Stase Obsgyn	10 minggu	
Model 3	Stase Farmasi	2 minggu	Total: 22 Minggu
	Stase IKA	10 minggu	
	Stase IKM	8 minggu	
	Stase Anestesi	2 minggu	
Model 4	Stase Rehab medic	2 minggu	Total: 24 Minggu
	Stase THT	5 minggu	
	Stase Mata	5 minggu	
	Stase Bedah	12 minggu	

Berdasarkan Tabel 5.1, akan dibuat empat model penjadwalan untuk masing masing kelompok besar, yaitu kelompok yang beranggotakan 7 kelompok, dan kelompok yang beranggotakan 6 kelompok, sehingga total model penjadwalan yaitu 8 buah. Jumlah DM yang akan dijadwalkan adalah 26 kelompok sehingga kombinasi penjadwalannya yaitu sebagai berikut yang tertera pada Tabel 5.2.

Tabel 5.3. Kombinasi Penjadwalan

	Semester 1	Semester 2	Semester 3	Semester 4
7 kelompok	Model 7.1	Model 7.2	Model 7.3	Model 7.4
7 kelompok	Model 7.2	Model 7.3	Model 7.4	Model 7.1
6 kelompok	Model 6.3	Model 6.4	Model 6.1	Model 6.2
6 kelompok	Model 6.4	Model 6.1	Model 6.2	Model 6.3

Berdasarkan Tabel 5.2 dapat dilihat bahwa penjadwalan selama dua tahun dibuat dengan kombinasi empat penjadwalan, namun karena ada dua jumlah kelompok yang berbeda, yaitu 7 dan 6, sehingga pada penelitian ini dibuat 8 model penjadwalan. Model penjadwalan tersebut yaitu model 7.1, model 7.2, model 7.3, model 7.4, model 6.1, model 6.2, model 6.3 dan model 6.4 dimana model model tersebut memiliki stase yang telah ditentukan dan jumlah kelompok yang telah ditentukan. Berikut merupakan Tabel output LINGO model 7.1.

Tabel 5 4. Output LINGO Model 7.1

Kel	Stase	Periode																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	kulit	1	1	1	1	1																			
	interna																								
	radiologi											1	1												
	forensik						1	1	1	1	1														
2	kulit	1	1	1	1	1																			
	interna																								
	radiologi											1	1												
	forensik						1	1	1	1	1														
3	kulit	1	1	1	1	1								1	1	1	1	1							
	interna	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
	radiologi																							1	1
	forensik																			1	1	1	1	1	
4	kulit																								
	interna	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
	radiologi													1	1										
	forensik															1	1	1	1	1	1				
5	kulit	1	1	1	1	1																			
	interna																								
	radiologi												1	1											
	forensik						1	1	1	1	1														
6	kulit						1	1	1	1	1														
	interna																								
	radiologi												1	1											
	forensik	1	1	1	1	1																			
7	kulit																								
	interna																								
	radiologi																								
	forensik	1	1	1	1	1																			

Tabel 5.4 merupakan penjadwalan pada semester 1 menggunakan model 7.1 artinya jumlah DM yang dijadwalkan yaitu sebanyak 7 kelompok (kelompok 1 sampai kelompok 7). Berikut merupakan penjelasan dari model 7.1.

a. Model 7.1 pada Semester 1

Model 7.1 pada semester 1 artinya menjadwalkan 7 kelompok pertama yaitu kelompok ke-1 sampai kelompok ke-7 yang dijadwalkan di semester satu yaitu pada periode minggu ke-1 sampai minggu ke-24. Stase yang dijadwalkan yaitu Stase Kulit, Interna, Radiologi dan Forensik. Berikut merupakan hasil model 7.1 pada semester 1

1. Pada DM kelompok ke-1, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai minggu ke-5 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-13 sampai minggu ke-24 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-11 sampai ke-12 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-6 sampai minggu ke-10 (selama 5 minggu)
2. Pada Kelompok DM ke-2, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai minggu ke-5 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-13 sampai minggu ke-24 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-11 sampai ke-12 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-6 sampai minggu ke-10 (selama 5 minggu)
3. Pada Kelompok DM ke-3, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-13 sampai minggu ke-17 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai minggu ke-12 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-23 sampai ke-24 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-18 sampai minggu ke-22 (selama 5 minggu)
4. Pada Kelompok DM ke-4, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-20 sampai minggu ke-24 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai minggu ke-12 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-13 sampai ke-14 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-15 sampai minggu ke-19 (selama 5 minggu)
5. Pada Kelompok DM ke-5, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai minggu ke-5 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-13 sampai minggu ke-24 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-11 sampai ke-12 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-6 sampai minggu ke-10 (selama 5 minggu)

6. Pada Kelompok DM ke-1, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-6 sampai minggu ke-10 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-13 sampai minggu ke-24 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-11 sampai ke-12 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai minggu ke-5 (selama 5 minggu)
7. Pada Kelompok DM ke-7, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-8 sampai minggu ke-12 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-13 sampai minggu ke-24 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-6 sampai ke-7 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai minggu ke-5 (selama 5 minggu)
8. Dapat dilihat bahwa maksimum kelompok pada Stase Kulit pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu maksimum ada 3 kelompok, maksimum kelompok pada Stase Interna pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 5 kelompok, maksimum kelompok pada Stase Radiologi pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 4 kelompok dan maksimum kelompok pada Stase Forensik pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok.

b. Model 7.2 pada Semester 2

Pada semester 2 menggunakan model 7.2 artinya menjadwalkan kelompok yang sama dengan model 7.1 yaitu kelompok ke-1 sampai kelompok ke-7 namun untuk di semester dua. Stase yang dijadwalkan yaitu Stase Syaraf, Jiwa, Lakesla dan Obgyn dengan durasi waktu pada minggu ke-25 sampai minggu ke-48. Berikut merupakan hasil model 7.2 pada semester 2

1. Pada Kelompok DM ke-1, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-44 sampai minggu ke-48 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-38 sampai minggu ke-42 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai ke-26 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-28 sampai minggu ke-37 (selama 10 minggu)
2. Pada Kelompok DM ke-2, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai minggu ke-29 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-43 sampai minggu ke-47 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-40 sampai ke-41 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-30 sampai minggu ke-39 (selama 10 minggu)
3. Pada Kelompok DM ke-3, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai minggu ke-29 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-30 sampai minggu ke-34 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-35 sampai ke-36 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-38 sampai minggu ke-47 (selama 10 minggu)
4. Pada Kelompok DM ke-4, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-39 sampai minggu ke-43 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-44 sampai minggu ke-48 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-26 sampai ke-27 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-29 sampai minggu ke-38 (selama 10 minggu)
5. Pada Kelompok DM ke-5, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai minggu ke-29 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-30 sampai minggu ke-34 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-36 sampai ke-37 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-39 sampai minggu ke-48 (selama 10 minggu)
6. Pada Kelompok DM ke-6, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-35 sampai minggu ke-39 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-43 sampai minggu ke-47 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-41

- sampai ke-42 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai minggu ke-34 (selama 10 minggu)
7. Pada Kelompok DM ke-7, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-30 sampai minggu ke-34 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai minggu ke-29 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-47 sampai ke-48 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-35 sampai minggu ke-44 (selama 10 minggu)
 8. Dapat dilihat bahwa maksimum kelompok pada Stase Syaraf pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu maksimum ada 3 kelompok, maksimum kelompok pada Stase Jiwa pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 2 kelompok, maksimum kelompok pada Stase Lakesla pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 2 kelompok dan maksimum kelompok pada Stase Obgyn pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 4 kelompok

c. Model 7.3 pada Semester 3

Pada model ini sama seperti model sebelumnya yaitu menjadwalkan 7 kelompok pertama yaitu kelompok ke-1 sampai kelompok ke-7 untuk Semester 3. Stase yang dijadwalkan yaitu Stase Farmasi, IKA, IKM dan Anestesi dengan durasi waktu pada minggu ke-49 sampai minggu ke-72. Bilangan integer berupa nilai 1 berarti Kelompok DM dijadwalkan pada suatu stase di suatu periode tertentu. Berikut merupakan hasil model 7.3 pada semester 3

1. Pada Kelompok DM ke-1, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-51 sampai minggu ke-52 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-63 sampai minggu ke-72 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-53 sampai ke-60 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai minggu ke-50 (selama 2 minggu)
2. Pada Kelompok DM ke-2, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-71 sampai minggu ke-72 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-50 sampai minggu ke-59 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-63 sampai ke-70 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-60 sampai minggu ke-61 (selama 2 minggu)
3. Pada Kelompok DM ke-3, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai minggu ke-50 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-53 sampai minggu ke-62 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-65 sampai ke-72 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-51 sampai minggu ke-52 (selama 2 minggu)
4. Pada Kelompok DM ke-4, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai minggu ke-50 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-59 sampai minggu ke-68 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-51 sampai ke-58 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-69 sampai minggu ke-70 (selama 2 minggu)
5. Pada Kelompok DM ke-5, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-57 sampai minggu ke-58 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-63 sampai minggu ke-72 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai ke-56 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-60 sampai minggu ke-61 (selama 2 minggu)
6. Pada Kelompok DM ke-6, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-71 sampai minggu ke-72 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai

minggu ke-58 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-59 sampai ke-66 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-69 sampai minggu ke-70 (selama 2 minggu)

7. Pada Kelompok DM ke-6, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-61 sampai minggu ke-62 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-51 sampai minggu ke-60 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-63 sampai ke-70 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-71 sampai minggu ke-72 (selama 2 minggu)
8. Dapat dilihat bahwa maksimum kelompok pada Stase Farmasi pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu maksimum ada 2 kelompok, maksimum kelompok pada Stase IKA pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok, maksimum kelompok pada Stase IKM pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok dan maksimum kelompok pada Stase Anestesi pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 2 kelompok

d. Model 7.4 pada Semester 4

Pada Semester 4 menggunakan model 7.4 dengan jumlah DM yang dijadwalkan yaitu sebanyak 7 kelompok pertama yaitu kelompok ke- 1 sampai kelompok ke- 7. Stase yang dijadwalkan yaitu Stase Rehab Medic, THT, Mata dan Bedah dengan durasi waktu pada minggu ke-73 sampai minggu ke-96. Hasil model 7.4 pada semester 4 yaitu sebagai berikut

1. Pada Kelompok DM ke-1, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-90 sampai minggu ke-91 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-85 sampai minggu ke-89 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-92 sampai ke-96 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai minggu ke-84 (selama 12 minggu)
2. Pada Kelompok DM ke-2, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-78 sampai minggu ke-79 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-80 sampai minggu ke-84 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai ke-77 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-85 sampai minggu ke-96 (selama 12 minggu)
3. Pada Kelompok DM ke-3, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-95 sampai minggu ke-96 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai minggu ke-77 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-90 sampai ke-94 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-78 sampai minggu ke-89 (selama 12 minggu)
4. Pada Kelompok DM ke-4, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-85 sampai minggu ke-86 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-92 sampai minggu ke-96 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-87 sampai ke-91 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai minggu ke-84 (selama 12 minggu)
5. Pada Kelompok DM ke-5, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-95 sampai minggu ke-96 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-90 sampai minggu ke-94 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-85 sampai ke-89 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai minggu ke-84 (selama 12 minggu)
6. Pada Kelompok DM ke-6, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai minggu ke-74 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-92 sampai minggu ke-96 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-87 sampai

- ke-91 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-75 sampai minggu ke-86 (selama 12 minggu)
7. Pada Kelompok DM ke-7, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-78 sampai minggu ke-79 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai minggu ke-77 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-80 sampai ke-84 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-85 sampai minggu ke-96 (selama 12 minggu)
 8. Dapat dilihat bahwa maksimum kelompok pada Stase Rehab Medic pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu maksimum ada 2 kelompok, maksimum kelompok pada Stase THT pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok, maksimum kelompok pada Stase Mata pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok dan maksimum kelompok pada Stase Bedah pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 5 kelompok

e. Model 7.2 pada Semester 1

Model ini menggunakan model yang telah dilakukan rotasi dari model 7 kelompok pertama. Model ini awalnya digunakan pada kelompok ke-1 sampai kelompok ke-7 di semester 2. Model 7.2 pada Semester 1 artinya menjadwalkan 7 kelompok DM kedua yaitu kelompok ke-8 sampai kelompok ke-14 di semester satu. Stase yang dijadwalkan yaitu Stase Syaraf, Jiwa, Lakesla dan Obgyn dengan durasi waktu pada minggu ke-1 sampai minggu ke-24. Berikut merupakan hasil model 7.2 pada semester 1

1. Pada Kelompok DM ke-8, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-20 sampai minggu ke-24 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-14 sampai minggu ke-18 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai ke-2 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-4 sampai minggu ke-13 (selama 10 minggu)
2. Pada Kelompok DM ke-9, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai minggu ke-5 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-19 sampai minggu ke-23 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-16 sampai ke-17 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-6 sampai minggu ke-15 (selama 10 minggu)
3. Pada Kelompok DM ke-10, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai minggu ke-5 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-6 sampai minggu ke-10 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-11 sampai ke-12 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-14 sampai minggu ke-23 (selama 10 minggu)
4. Pada Kelompok DM ke-11, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-15 sampai minggu ke-19 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-20 sampai minggu ke-24 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-2 sampai ke-3 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-5 sampai minggu ke-14 (selama 10 minggu)
5. Pada Kelompok DM ke-12, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai minggu ke-5 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-6 sampai minggu ke-10 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-12 sampai ke-13 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-15 sampai minggu ke-24 (selama 10 minggu)

6. Pada Kelompok DM ke-13, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-11 sampai minggu ke-15 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-19 sampai minggu ke-23 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-17 sampai ke-18 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai minggu ke-10 (selama 10 minggu)
7. Pada Kelompok DM ke-14, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-6 sampai minggu ke-10 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai minggu ke-5 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-23 sampai ke-24 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-11 sampai minggu ke-20 (selama 10 minggu)
8. Dapat dilihat bahwa maksimum kelompok pada Stase Syaraf pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu maksimum ada 3 kelompok, maksimum kelompok pada Stase Jiwa pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 2 kelompok, maksimum kelompok pada Stase Lakesla pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 2 kelompok dan maksimum kelompok pada Stase Obgyn pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 4 kelompok

f. Model 7.3 pada Semester 2

Sama seperti pada model 7.2 pada semester 1, model ini juga merupakan rotasi dari model 7 kelompok pertama yaitu kelompok ke-1 sampai ke-7 yang dijadwalkan di semester 3. Model 7.3 pada semester 2 ini yaitu menjadwalkan 7 kelompok kedua yaitu kelompok ke-8 sampai kelompok ke-14 pada semester 2 atau penjadwalan pada minggu ke-25 sampai minggu ke-48. Stase yang dijadwalkan yaitu Stase Farmasi, IKA, IKM dan Anestesi. Berikut ini merupakan hasil model 7.3 pada semester 2 dan penjelasannya

1. Pada Kelompok DM ke-8, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-27 sampai minggu ke-28 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-39 sampai minggu ke-48 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-29 sampai ke-36 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai minggu ke-26 (selama 2 minggu)
2. Pada Kelompok DM ke-9, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-47 sampai minggu ke-48 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-26 sampai minggu ke-35 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-39 sampai ke-46 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-36 sampai minggu ke-37 (selama 2 minggu)
3. Pada Kelompok DM ke-10, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai minggu ke-26 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-29 sampai minggu ke-38 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-41 sampai ke-48 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-27 sampai minggu ke-28 (selama 2 minggu)
4. Pada Kelompok DM ke-11, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai minggu ke-26 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-35 sampai minggu ke-44 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-27 sampai ke-34 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-45 sampai minggu ke-46 (selama 2 minggu)
5. Pada Kelompok DM ke-12, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-33 sampai minggu ke-34 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-39 sampai minggu ke-48 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai ke-32 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-36 sampai minggu ke-37 (selama 2 minggu)

6. Pada Kelompok DM ke-13, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-47 sampai minggu ke-48 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai minggu ke-34 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-35 sampai ke-42 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-45 sampai minggu ke-46 (selama 2 minggu)
7. Pada Kelompok DM ke-14, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-37 sampai minggu ke-38 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-27 sampai minggu ke-36 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-39 sampai ke-46 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-47 sampai minggu ke-48 (selama 2 minggu)
8. Dapat dilihat bahwa maksimum kelompok pada Stase Farmasi pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu maksimum ada 2 kelompok, maksimum kelompok pada Stase IKA pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 4 kelompok, maksimum kelompok pada Stase IKM pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok dan maksimum kelompok pada Stase Anestesi pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 2 kelompok

g. Model 7.4 pada Semester 3

Pada model ini juga merupakan rotasi dari model 7.4 pada semester 4 kemudian menjadi model 7.4 pada semester 3. Perbedaannya terletak pada kelompok yang dijadwalkan dan periode penjadwalannya. Pada model ini, menjadwalkan 7 kelompok kedua yaitu kelompok ke-8 sampai kelompok ke-14. Stase yang dijadwalkan yaitu Stase Rehab Medic, THT, Mata dan Bedah dengan durasi waktu pada minggu ke-49 sampai minggu ke-72. Berikut merupakan hasil model 7.4 pada semester 3

1. Pada Kelompok DM ke-8, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-66 sampai minggu ke-67 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-61 sampai minggu ke-65 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-68 sampai ke-72 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai minggu ke-60 (selama 12 minggu)
2. Pada Kelompok DM ke-9, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-54 sampai minggu ke-55 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-56 sampai minggu ke-60 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai ke-53 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-61 sampai minggu ke-72 (selama 12 minggu)
3. Pada Kelompok DM ke-10, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-71 sampai minggu ke-72 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai minggu ke-53 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-66 sampai ke-70 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-54 sampai minggu ke-65 (selama 12 minggu)
4. Pada Kelompok DM ke-11, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-61 sampai minggu ke-62 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-68 sampai minggu ke-72 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-63 sampai ke-67 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai minggu ke-60 (selama 12 minggu)
5. Pada Kelompok DM ke-12, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-71 sampai minggu ke-72 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-66 sampai minggu ke-70 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-61 sampai ke-65 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai minggu ke-60 (selama 12 minggu)

6. Pada Kelompok DM ke-13, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai minggu ke-50 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-68 sampai minggu ke-72 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-63 sampai ke-67 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-51 sampai minggu ke-62 (selama 12 minggu)
7. Pada Kelompok DM ke-14, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-54 sampai minggu ke-55 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai minggu ke-53 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-56 sampai ke-60 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-61 sampai minggu ke-72 (selama 12 minggu)
8. Dapat dilihat bahwa maksimum kelompok pada Stase Rehab Medic pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu maksimum ada 2 kelompok, maksimum kelompok pada Stase THT pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok, maksimum kelompok pada Stase Mata pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok dan maksimum kelompok pada Stase Bedah pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 5 kelompok

h. Model 7.1 pada Semester 4

Sama seperti pada ketiga model sebelumnya, model ini juga merupakan rotasi dari model 7.1 yang awalnya dilakukan untuk penjadwalan pada semester 1. Perbedaannya yaitu pada model 7.1 di semester 1 menjadwalkan 7 kelompok pertama, saat ini model 7.1 menjadwalkan 7 kelompok kedua yaitu kelompok ke-8 sampai kelompok ke-14. Stase yang dijadwalkan yaitu Stase Kulit, Interna, Radiologi dan Forensik dengan durasi waktu pada minggu ke-73 sampai minggu ke-96. Berikut merupakan hasil model 7.1 pada semester 4 dan penjelasannya

1. Pada Kelompok DM ke-8, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai minggu ke-77 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-85 sampai minggu ke-96 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-83 sampai ke-84 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-78 sampai minggu ke-82 (selama 5 minggu)
2. Pada Kelompok DM ke-9, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai minggu ke-77 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-85 sampai minggu ke-96 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-83 sampai ke-84 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-78 sampai minggu ke-84 (selama 5 minggu)
3. Pada Kelompok DM ke-10, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-85 sampai minggu ke-89 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai minggu ke-84 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-95 sampai ke-96 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-90 sampai minggu ke-94 (selama 5 minggu)
4. Pada Kelompok DM ke-11, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-92 sampai minggu ke-96 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai minggu ke-84 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-85 sampai ke-86 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-87 sampai minggu ke-91 (selama 5 minggu)
5. Pada Kelompok DM ke-12, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai minggu ke-77 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-85 sampai minggu ke-96 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-83 sampai ke-84 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-78 sampai minggu ke-82 (selama 5 minggu)

6. Pada Kelompok DM ke-13, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-78 sampai minggu ke-82 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-85 sampai minggu ke-96 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-83 sampai ke-84 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai minggu ke-77 (selama 5 minggu)
7. Pada Kelompok DM ke-14, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-80 sampai minggu ke-84 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-85 sampai minggu ke-96 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-78 sampai ke-79 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai minggu ke-77 (selama 5 minggu)
8. Dapat dilihat bahwa maksimum kelompok pada Stase Kulit pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu maksimum ada 3 kelompok, maksimum kelompok pada Stase Interna pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 5 kelompok, maksimum kelompok pada Stase Radiologi pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 4 kelompok dan maksimum kelompok pada Stase Forensik pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok.

i. Model 6.3 pada Semester 1

Setelah menjadwalkan 14 kelompok, sisa kelompok DM yang belum terjadwalkan yaitu 12 kelompok. Sejumlah 12 kelompok tersebut akan dibagi menjadi dua kelompok yang sama besar jumlah anggotanya. Sehingga penjadwalan berikutnya yaitu menjadwalkan 6 kelompok pertama (Kelompok ke-15 sampai kelompok ke-20) dan menjadwalkan 6 kelompok kedua (kelompok ke-21 sampai kelompok ke-26).

Pada model 6.3 pada semester 1, kelompok ke-15 sampai kelompok ke-20 akan dijadwalkan pada stase yang dijadwalkan yaitu Stase Farmasi, IKA, IKM dan Anestesi dengan durasi waktu pada minggu ke-1 sampai minggu ke-24. Berikut merupakan hasil model 6.3 pada semester 1 dan penjelasannya.

1. Pada Kelompok DM ke-15, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-23 sampai minggu ke-24 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-10 sampai minggu ke-19 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai ke-8 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-21 sampai minggu ke-22 (selama 2 minggu)
2. Pada Kelompok DM ke-16, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-19 sampai minggu ke-20 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai minggu ke-10 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-11 sampai ke-18 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-22 sampai minggu ke-23 (selama 2 minggu)
3. Pada Kelompok DM ke-17, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-12 sampai minggu ke-13 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-2 sampai minggu ke-11 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-17 sampai ke-24 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-14 sampai minggu ke-15 (selama 2 minggu)
4. Pada Kelompok DM ke-18, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai minggu ke-2 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-12 sampai minggu ke-21 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-4 sampai ke-11 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-23 sampai minggu ke-24 (selama 2 minggu)
5. Pada Kelompok DM ke-19, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai minggu ke-2 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-6 sampai minggu ke-15 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-17

- sampai ke-24 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-4 sampai minggu ke-5 (selama 2 minggu)
6. Pada Kelompok DM ke-20, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-3 sampai minggu ke-4 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-15 sampai minggu ke-24 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-7 sampai ke-14 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-5 sampai minggu ke-6 (selama 2 minggu)
 7. Dapat dilihat bahwa maksimum kelompok pada Stase Farmasi pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu maksimum ada 2 kelompok, maksimum kelompok pada Stase IKA pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 4 kelompok, maksimum kelompok pada Stase IKM pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok dan maksimum kelompok pada Stase Anestesi pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 2 kelompok

j. Model 6.4 pada Semester 2

Pada model ini kelompok yang akan dijadwalkan yaitu masih 6 kelompok pertama yaitu kelompok ke-15 sampai kelompok ke-20 dengan stase yang dijadwalkan yaitu Stase Rehab Medic, THT, Mata dan Bedah dan durasi waktu penjadwalan yaitu pada minggu ke-25 sampai minggu ke-48. Berikut merupakan hasil model 6.4 pada semester 2 dan penjelasannya

1. Pada Kelompok DM ke-15, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-47 sampai minggu ke-48 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-30 sampai minggu ke-34 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai ke-29 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-35 sampai minggu ke-46 (selama 12 minggu)
2. Pada Kelompok DM ke-16, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai minggu ke-26 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-44 sampai minggu ke-48 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-39 sampai ke-43 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-27 sampai minggu ke-38 (selama 12 minggu)
3. Pada Kelompok DM ke-17, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-35 sampai minggu ke-36 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-30 sampai minggu ke-34 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai ke-29 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-37 sampai minggu ke-48 (selama 12 minggu)
4. Pada Kelompok DM ke-18, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-37 sampai minggu ke-38 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-39 sampai minggu ke-43 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-44 sampai ke-48 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai minggu ke-36 (selama 12 minggu)
5. Pada Kelompok DM ke-19, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-35 sampai minggu ke-36 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-30 sampai minggu ke-34 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai ke-29 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-37 sampai minggu ke-48 (selama 12 minggu)
6. Pada Kelompok DM ke-20, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-47 sampai minggu ke-48 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai minggu ke-29 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-30

sampai ke-34 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-35 sampai minggu ke-46 (selama 12 minggu)

7. Dapat dilihat bahwa maksimum kelompok pada Stase Rehab Medic pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu maksimum ada 2 kelompok, maksimum kelompok pada Stase THT pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok, maksimum kelompok pada Stase Mata pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok dan maksimum kelompok pada Stase Bedah pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 5 kelompok

k. Model 6.1 pada Semester 3

Pada semester 3 menggunakan model 6.1 artinya jumlah DM yang dijadwalkan yaitu sebanyak 6 kelompok pertama yaitu kelompok ke-15 sampai kelompok ke-20. Stase yang dijadwalkan yaitu Stase Kulit, Interna, Radiologi dan Forensik dengan durasi waktu pada minggu ke-49 sampai minggu ke-72. Berikut merupakan hasil model 6.1 pada semester 3 dan penjelasannya

1. Pada Kelompok DM ke-15, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-61 sampai minggu ke-65 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai minggu ke-60 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-71 sampai ke-72 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-66 sampai minggu ke-70 (selama 5 minggu)
2. Pada Kelompok DM ke-16, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-54 sampai minggu ke-58 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-61 sampai minggu ke-72 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-59 sampai ke-60 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai minggu ke-53 (selama 5 minggu)
3. Pada Kelompok DM ke-17, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-61 sampai minggu ke-65 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai minggu ke-60 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-66 sampai ke-67 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-68 sampai minggu ke-72 (selama 5 minggu)
4. Pada Kelompok DM ke-18, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-66 sampai minggu ke-70 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai minggu ke-60 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-71 sampai ke-72 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-61 sampai minggu ke-65 (selama 5 minggu)
5. Pada Kelompok DM ke-19, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-54 sampai minggu ke-58 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-61 sampai minggu ke-72 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-59 sampai ke-60 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai minggu ke-53 (selama 5 minggu)
6. Pada Kelompok DM ke-20, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-54 sampai minggu ke-58 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-61

sampai minggu ke-72 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-59 sampai ke-60 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai minggu ke-53 (selama 5 minggu)

7. Dapat dilihat bahwa maksimum kelompok pada Stase Kulit pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu maksimum ada 3 kelompok, maksimum kelompok pada Stase Interna pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok, maksimum kelompok pada Stase Radiologi pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok dan maksimum kelompok pada Stase Forensik pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok

1. Model 6.1 pada Semester 4

Model 6.1 pada Semester 4 artinya kelompok DM yang dijadwalkan yaitu sebanyak 6 kelompok pertama yaitu kelompok ke-15 sampai kelompok ke-20. Stase yang dijadwalkan yaitu Stase Syaraf, Jiwa, Lakesla dan Obgyn dengan durasi waktu pada minggu ke-73 sampai minggu ke-96 atau pada semester 4. Berikut merupakan hasil model 6.2 pada semester 4 dan penjelasannya

1. Pada Kelompok DM ke-15, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-78 sampai minggu ke-82 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai minggu ke-77 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-83 sampai ke-84 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-86 sampai minggu ke-95 (selama 10 minggu)
2. Pada Kelompok DM ke-16, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-75 sampai minggu ke-79 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-92 sampai minggu ke-96 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai ke-74 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-80 sampai minggu ke-89 (selama 10 minggu)
3. Pada Kelompok DM ke-17, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-92 sampai minggu ke-96 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-84 sampai minggu ke-88 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-89 sampai ke-90 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai minggu ke-82 (selama 10 minggu)
4. Pada Kelompok DM ke-18, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai minggu ke-77 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-78 sampai minggu ke-82 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-83 sampai ke-84 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-87 sampai minggu ke-96 (selama 10 minggu)
5. Pada Kelompok DM ke-19, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-91 sampai minggu ke-95 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-85 sampai minggu ke-89 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai ke-74 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-75 sampai minggu ke-84 (selama 10 minggu)
6. Pada Kelompok DM ke-20, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-90 sampai minggu ke-94 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-84 sampai

minggu ke-88 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-95 sampai ke-96 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-74 sampai minggu ke-83 (selama 10 minggu)

7. Dapat dilihat bahwa maksimum kelompok pada Stase Syaraf pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu maksimum ada 3 kelompok, maksimum kelompok pada Stase Jiwa pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok, maksimum kelompok pada Stase Lakesla pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 2 kelompok dan maksimum kelompok pada Stase Obgyn pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 4 kelompok

m. Model 6.4 pada Semester 1

Model 6.4 pada semester 1 ini merupakan hasil rotasi dari 6 kelompok pertama di semester 2 menjadi model penjadwalan 6 kelompok kedua di semester 1. Sebelumnya model ini digunakan untuk menjadwalkan 6 kelompok pertama yaitu kelompok ke-15 sampai kelompok ke-20 pada semester 2, saat ini digunakan untuk menjadwalkan 6 kelompok kedua yaitu kelompok ke-21 sampai kelompok ke-26 pada semester 1. Stase yang dijadwalkan yaitu Stase Rehab Medic, THT, Mata dan Bedah dengan durasi waktu pada minggu ke-1 sampai minggu ke-24. Bilangan integer berupa nilai 1 berarti Kelompok DM dijadwalkan pada suatu stase di suatu periode tertentu. Berikut merupakan hasil model 6.4 pada semester 1 dan penjelasannya

1. Pada Kelompok DM ke-21, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-23 sampai minggu ke-24 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-6 sampai minggu ke-10 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai ke-5 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-11 sampai minggu ke-22 (selama 12 minggu)
2. Pada Kelompok DM ke-22, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai minggu ke-2 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-20 sampai minggu ke-24 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-15 sampai ke-19 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-3 sampai minggu ke-14 (selama 12 minggu)
3. Pada Kelompok DM ke-23, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-11 sampai minggu ke-12 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-6 sampai minggu ke-10 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai ke-5 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-13 sampai minggu ke-24 (selama 12 minggu)
4. Pada Kelompok DM ke-24, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-13 sampai minggu ke-14 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-15 sampai minggu ke-19 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-20 sampai ke-24 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai minggu ke-12 (selama 12 minggu)
5. Pada Kelompok DM ke-25, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-11 sampai minggu ke-12 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-6 sampai minggu ke-10 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-1

- sampai ke-5 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-13 sampai minggu ke-24 (selama 12 minggu)
6. Pada Kelompok DM ke-26, Stase Rehab Medic dijadwalkan pada minggu ke-23 sampai minggu ke-24 (selama 2 minggu), Stase THT dijadwalkan pada minggu ke-1 sampai minggu ke-5 (selama 5 minggu), Stase Mata dijadwalkan pada minggu ke-6 sampai ke-10 (selama 5 minggu) dan Stase Bedah dijadwalkan pada minggu ke-11 sampai minggu ke-22 (selama 12 minggu)
 7. Dapat dilihat bahwa maksimum kelompok pada Stase Rehab Medic pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu maksimum ada 2 kelompok, maksimum kelompok pada Stase THT pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok, maksimum kelompok pada Stase Mata pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok dan maksimum kelompok pada Stase Bedah pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 5 kelompok

n. Model 6.1 pada Semester 2

Model ini juga merupakan hasil rotasi dari 6 model pertama pada semester 3. Artinya model ini sebelumnya digunakan untuk menjadwalkan 6 kelompok model pertama yaitu kelompok ke-15 sampai kelompok ke-20 pada semester 3, saat ini digunakan untuk menjadwalkan DM kelompok ke-21 sampai kelompok ke-26 pada semester 2. Stase yang dijadwalkan yaitu Stase Kulit, Interna, Radiologi dan Forensik dengan durasi waktu pada minggu ke-25 sampai minggu ke-48. Bilangan integer berupa nilai 1 berarti Kelompok DM dijadwalkan pada suatu stase di suatu periode tertentu. Berikut merupakan hasil model 6.1 pada semester 2 dan penjelasannya

1. Pada Kelompok DM ke-21, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-37 sampai minggu ke-41 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai minggu ke-36 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-47 sampai ke-48 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-42 sampai minggu ke-46 (selama 5 minggu)
2. Pada Kelompok DM ke-22, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-30 sampai minggu ke-34 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-37 sampai minggu ke-48 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-35 sampai ke-36 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai minggu ke-29 (selama 5 minggu)
3. Pada Kelompok DM ke-23, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-37 sampai minggu ke-41 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai minggu ke-36 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-42 sampai ke-43 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-44 sampai minggu ke-48 (selama 5 minggu)
4. Pada Kelompok DM ke-24, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-42 sampai minggu ke-46 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai minggu ke-36 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-47 sampai ke-48 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-37 sampai minggu ke-41 (selama 5 minggu)
5. Pada Kelompok DM ke-25, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-30 sampai minggu ke-34 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-37 sampai minggu ke-48 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu

- ke-35 sampai ke-36 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai minggu ke-29 (selama 5 minggu)
6. Pada Kelompok DM ke-26, Stase Kulit dijadwalkan pada minggu ke-30 sampai minggu ke-34 (selama 5 minggu), Stase Interna dijadwalkan pada minggu ke-37 sampai minggu ke-48 (selama 12 minggu), Stase Radiologi dijadwalkan pada minggu ke-35 sampai ke-36 (selama 2 minggu) dan stase Forensik dijadwalkan pada minggu ke-25 sampai minggu ke-29 (selama 5 minggu)
 7. Dapat dilihat bahwa maksimum kelompok pada Stase Kulit pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu maksimum ada 3 kelompok, maksimum kelompok pada Stase Interna pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok, maksimum kelompok pada Stase Radiologi pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok dan maksimum kelompok pada Stase Forensik pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok

o. Model 6.2 pada Semester 3

Pada model 6.2 pada semester 3 ini juga merupakan hasil rotasi yang sebelumnya dibuat untuk menjadwalkan 6 kelompok DM pertama yaitu kelompok ke-15 sampai kelompok ke-20 pada semester 4, saat ini digunakan untuk menjadwalkan 6 kelompok DM kedua yaitu kelompok ke-21 sampai kelompok ke-26 pada semester 3. Stase yang dijadwalkan yaitu Stase Syaraf, Jiwa, Lakesla dan Obgyn dengan durasi waktu pada minggu ke-49 sampai minggu ke-72. Berikut merupakan hasil model 6.2 pada semester 3 dan penjelasannya

1. Pada Kelompok DM ke-21, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-54 sampai minggu ke-58 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai minggu ke-53 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-59 sampai ke-60 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-62 sampai minggu ke-71 (selama 10 minggu)
2. Pada Kelompok DM ke-22, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-51 sampai minggu ke-55 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-68 sampai minggu ke-72 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai ke-50 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-56 sampai minggu ke-65 (selama 10 minggu)
3. Pada Kelompok DM ke-23, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-68 sampai minggu ke-72 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-60 sampai minggu ke-64 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-65 sampai ke-66 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai minggu ke-58 (selama 10 minggu)
4. Pada Kelompok DM ke-24, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai minggu ke-53 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-54 sampai minggu ke-58 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-59 sampai ke-60 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-63 sampai minggu ke-72 (selama 10 minggu)
5. Pada Kelompok DM ke-25, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-67 sampai minggu ke-71 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-61 sampai minggu ke-65 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-49 sampai ke-50 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-51 sampai minggu ke-60 (selama 10 minggu)

6. Pada Kelompok DM ke-26, Stase Syaraf dijadwalkan pada minggu ke-66 sampai minggu ke-70 (selama 5 minggu), Stase Jiwa dijadwalkan pada minggu ke-60 sampai minggu ke-64 (selama 5 minggu), Stase Lakesla dijadwalkan pada minggu ke-71 sampai ke-72 (selama 2 minggu) dan Stase Obgyn dijadwalkan pada minggu ke-50 sampai minggu ke-59 (selama 10 minggu)
7. Dapat dilihat bahwa maksimum kelompok pada Stase Syaraf pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu maksimum ada 3 kelompok, maksimum kelompok pada Stase Jiwa pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok, maksimum kelompok pada Stase Lakesla pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 2 kelompok dan maksimum kelompok pada Stase Obgyn pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 4 kelompok

p. Model 6.3 pada Semester 4

Model ini juga sama dengan model lain yang merupakan hasil rotasi 6 kelompok DM. sebelumnya model ini digunakan untuk menjadwalkan 6 kelompok DM pertama yaitu kelompok ke-15 sampai ke-20 pada semester 1, saat ini digunakan untuk menjadwalkan 6 kelompok DM kedua yaitu kelompok ke-21 sampai kelompok ke-26 pada semester 4. Stase yang dijadwalkan yaitu Stase Farmasi, IKA, IKM dan Anestesi dengan durasi waktu pada minggu ke-73 sampai minggu ke-96. Berikut merupakan hasil model 6.3 pada semester 4 dan penjelasannya

1. Pada Kelompok DM ke-21, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-95 sampai minggu ke-96 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-82 sampai minggu ke-91 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai ke-80 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-93 sampai minggu ke-94 (selama 2 minggu)
2. Pada Kelompok DM ke-22, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-91 sampai minggu ke-92 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai minggu ke-82 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-83 sampai ke-90 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-94 sampai minggu ke-95 (selama 2 minggu)
3. Pada Kelompok DM ke-23, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-84 sampai minggu ke-85 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-74 sampai minggu ke-83 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-89 sampai ke-96 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-86 sampai minggu ke-87 (selama 2 minggu)
4. Pada Kelompok DM ke-24, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai minggu ke-74 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-84 sampai minggu ke-93 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-76 sampai ke-83 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-95 sampai minggu ke-96 (selama 2 minggu)
5. Pada Kelompok DM ke-25, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-73 sampai minggu ke-74 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-78 sampai minggu ke-87 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-89 sampai ke-96 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-76 sampai minggu ke-77 (selama 2 minggu)

6. Pada Kelompok DM ke-26, Stase Farmasi dijadwalkan pada minggu ke-75 sampai minggu ke-76 (selama 2 minggu), Stase IKA dijadwalkan pada minggu ke-87 sampai minggu ke-96 (selama 10 minggu), Stase IKM dijadwalkan pada minggu ke-79 sampai ke-86 (selama 8 minggu) dan Stase Anestesi dijadwalkan pada minggu ke-77 sampai minggu ke-78 (selama 2 minggu)

Dapat dilihat bahwa maksimum kelompok pada Stase Farmasi pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu maksimum ada 2 kelompok, maksimum kelompok pada Stase IKA pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 4 kelompok, maksimum kelompok pada Stase IKM pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 3 kelompok dan maksimum kelompok pada Stase Anestesi pada waktu Kepaniteraan Klinik yang sama yaitu ada 2 kelompok

Berdasarkan hasil penjadwalan yang telah didapat, ada perbedaan antara hasil yang didapat dengan penjadwalan sebeumnya. Komparasi hasil penjadwalan yang telah didapatkan dengan model penjadwalan dan dengan penjadwalan sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5 5. Komparasi hasil dengan penjadwalan sebelumnya

Penjadwalan sebelumnya	Hasil model penjadwalan
Tidak ada pola penjadwalan	Ada pola penjadwalan untuk tiap semesternya
Bersifat random (tidak ada ketentuan)	Ada ketentuan, yaitu: Keempat stase yang memiliki periode yang relatif panjang seperti Ilmu Penyakit dalam atau interna, Ilmu Bedah, Ilmu Kesehatan Anak atau IKA, serta Ilmu Kebidanan dan Kandungan tidak terjadwalkan kontinyu, dikarenakan memiliki beban kerja dan kelelahan yang relatif tinggi, oleh karena itu harus dipisah kedalam empat semester yang berbeda.
Sering terjadi kesalahan teknis pada penyusunan jadwal secara manual, seperti overlapping sehingga kendala kapasitas tidak terpenuhi, karena menggunakan Teknik random	Penjadwalan tidak terjadi overlapping, sehingga bisa memenuhi batasan yang diberikan oleh rumah sakit, karena menggunakan Teknik komputasi secara matematika

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada Bab ini dilakukan penarikan kesimpulan terhadap penelitian yang telah dilakukan dan pemberian saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengembangan model pada Bab 4 dan percobaan numerik serta analisis pada Bab 5 dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan proses identifikasi faktor ergonomi yang berkaitan dalam penjadwalan DM ada tiga faktor yaitu faktor ergonomi pada aspek manusia, faktor ergonomi pada aspek pekerjaan dan faktor ergonomi pada aspek lingkungan fisik. Faktor ergonomi pada aspek manusia meliputi beban kerja fisik, beban kerja mental dan kelelahan. Faktor ergonomi pada aspek pekerjaan meliputi *task's mentally difficulty*, *task's physicaly difficulty* dan *safety risk*. Sedangkan faktor ergonomi pada lingkungan fisik meliputi kebisingan, temperatur dan pencahayaan.
2. Penelitian ini mengembangkan delapan (8) buah model penjadwalan kerja dibuat dengan mempertimbangkan faktor beban kerja fisik, mental dan kelelahan. Delapan buah model tersebut terdiri dari empat jenis model untuk 7 kelompok (model 7.1, model 7.2, model 7.3, model 7.4) dan empat buah model untuk 6 kelompok (model 6.1, model 6.2, model 6.3, model 6.4)
3. Dari hasil percobaan numerik diketahui bahwa faktor ergonomi yang berpengaruh pada model penjadwalan yaitu aspek manusia yang terdiri dari kelelahan, beban kerja fisik dan beban kerja mental.

6.2 Saran

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut menggunakan metode lain seperti Algoritma Heuristic untuk mendapatkan solusi dengan waktu penyelesaian yang lebih cepat
2. Perlu dilakukan pembagian stase tiap semester atau pembagian stase pada tiap model berdasarkan keseimbangan periode dan beban kerja

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Aryanezhad et al. (2013), "Designing safe job rotation schedules based upon workers' skills". *Int. J. Adv Manuf Technol*, Vol. 41, pp. 193-199.
- Astuti, R. (2016), "Penerapan metode interpolasi linear dan metode super resolusi pada pembesaran citra". *Jurnal INFOTEK*, Vol. 1, pp 161-169.
- Azimi et al. (2017), "Relationship between mental workload index and work ability index in a food industry". *Archives of Occupational Health*, Vol. 2, pp. 75-79.
- Azizi, N., Zolfaghari, S. Dan Liang, M. (2010), "Modeling job rotation in manufacturing systems: the study of employee's boredom and skill variations". *Int. J. Production Economics*, Vol. 123, pp. 69-85.
- Baines et al. (2005), "Towards a theoretical framework for human performance modeling within manufacturing system design". *Simulation Modeling Practice and Theory*, Vol. 13, No.6, pp.486-504.
- Bard, J.F., Shu, Z., Leykum, L. (2014). A network based approach for monthly scheduling of residents in primary care clinics, Vol 3, pp. 200-214.
- Belien, J., Demeulemeester, E. (2006). Scheduling trainees at a hospital department using a branch and price approach, Vol 175, pp. 258-278.
- Bhadury, J. dan Radovitsky, Z. (2006), "Job rotation using the multy-period assignment problem". *International Journal of Production Research*, Vol 44, No.20, hal 4431-4444.
- Bridger, R.S. (2003). *Introduction to Ergonomics 2nd Edition*. London and New York: Taylor & Francis.
- Boenzi et al. (2013), "Optimal break and job rotation schedules of high repetitive – low load manual tasks in assembly lines: an OCRA- based approach". *7th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management, and Control*, (hal. 1895-1901). Russia.
- Dul, J. dan Neumann, W.P. (2009), "Ergonomics contributions to company strategies". *Applied Ergonomics*, Vol.40, hal. 745-752.
- Fisiologi dan Pengukuran Kerja Beban Kerja Mental (2016), *Laboratorium Desain Sistem Kerja dan Ergonomi, Prodi Teknik Industri*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Guler, M.G., Idin, K., Guler, E.Y. (2013). A goal programming model for scheduling residents in an anesthesia and reanimation department, Vol 40, pp. 2117-2126.
- Hakim, L. (2016). Model nonpreemptive goal programming dan pengoptimuman taklinear, Thesis., Institut Pertanian Bogor, Bogor.

- Hermana, F. (1999). Analisis tingkat beban kerja fisik berbagai aktivitas di lahan perkebunan karet PT Brahma Binabakti provinsi Jambi, Skripsi., Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Hilier, F. S., dan Lieberman, G. J. (2001). *Introduction to Operations Research Seventh Edition*. Newyork: McGraw-Hill.
- Hoetama et al. (2017). Buku Panduan Program Studi Profesi Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Hang Tuah Tahun 2017. Surabaya: Fakultas Kedokteran Universitas Hang Tuah.
- Hochdorffer, J., Hedler, M., Lanza, G. (2018). Staff scheduling in job rotation environments considering ergonomic aspects and preservation of qualifications, Vol 46, pp. 103-114.
- Jahandideh, S. (2012), "Job scheduling considering both mental fatigue and boredom". Thesis, University of Ottawa, Ottawa.
- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (2004), No. 1204/MENKES/SK/X/2004 tentang Persyaratan Kesehatan Rumah Sakit.
- Kroemer, K.H.E dan E.Grandjean. (1997). *Fitting the Task to The Human*, (5th ed). London: Taylor and Francis.
- Kusmarna, I. (2013). Rancang bangun aplikasi penjadwalan mata kuliah menggunakan particle swarm optimization (PSO), Skripsi., Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru.
- Laboratorium DSK & E (2016), *Tutorial 4 Beban Kerja Mental*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Lilham. (2009). Model Integer Programming pada Penjadwalan Perawat Rumah Sakit, Thesis., Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Manuaba, A. (1992). Pengaruh ergonomic terhadap produktivitas. Dalam: Seminar produktivitas tenaga kerja. Jakarta.
- Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia (2011), *Permen No. 13 Th 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja*.
- Munir, S. (2008). Tingkat pajanan ergonomi manual handling dan keluhan musculoskeletal pada departemen water pump PT. X tahun 2008, Skripsi., Universitas Indonesia, Jakarta.
- Nurmianto, E. (1992). Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya. Guna Widya, Jakarta.
- Othman, M., Gouw, G.J. dan Bhuiyan, N. (2012), "Workforce scheduling a new model incorporating human factors", *Journal of Industrial Engineering and Management*, Vol. 5(2), hal. 259-284.
- Openshaw, scott dan ErinTaylor. 2006. *Ergonomics and Design A Reference Guide*. [e-book] Allsteel inc. <http://www.allsteeloffice.com/ergo>. [20 Mei 2018].
- Pinedo, M I. (2002). *Scheduling, Theory, Algorithms, and Systems* 2nd Ed. Prentice-Hall, New Jersey.

- Peraturan Dekan Fakultas Kedokteran ANDALAS (2015), *Panduan Pendidikan Profesi Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Andalas*, Universitas Andalas, Padang.
- Presiden Republik Indonesia (1992), *UU No. 23 Tahun 1992 tentang kesehatan*.
- Prihatini, L.D. (2007). Analisis hubungan beban kerja dengan stress kerja perawat di tiap ruang rawat inap RSUD Sidikalang, Thesis., Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Putri, M.R. (2009), Analisis beban kerja mental pada operator cetak dengan metode SWAT (subjective workload assessment technique) (studi kasus pada Express print, Yogyakarta), Skripsi, Universitas Atmajaya, Yogyakarta.
- Rahayu, N.I. (2015), *Model rotasi kerja berdasarkan faktor ergonomi*, Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Rasyani, L. (2001). Pengukuran beban kerja local pada otot dengan menggunakan elektromiograf pada operator penggiling jagung semi-mekanis, Skripsi., Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Santosa, B. (2007). *Data Mining Terapan*. Graha Ilmu, Surabaya.
- Saraswati, M.R. (2013). Seputar DM di Lingkungan Fakultas Kedokteran Universitas Udayana. Tersedia online di: <http://hmku.fkunud.com/koas-2/>. [Di akses 17 Februari 2018]
- Setiawan, D. (2014). Pertimbangan faktor ergonomic dalam penjadwalan tenaga kerja, Thesis., Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Sugiyono., (2010). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta, New Jersey.
- Suryati, P. (2014). Optimasi Penjadwalan Koas dengan Metode Branch and Price, Thesis., Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sutalaksana, dkk. (2006), *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Edisi Kedua, Penerbit: ITB, Bandung.
- Syuaib, M.F., (2003). *Ergonomic study on the process of mastering tractor operation*, Disertasi., Tokyo University of Agricultural and Technology, Tokyo.
- Taha, HA., (2003). *Operation Research: An Introduction*. ED ke-7. New Jersey: Prentice Hall International.
- Talbi, E. G., (2009). *Metaheuristic: From Design to Implementation*, John Wiley & Son, Inc, Hoboken, New Jersey.
- Tarwaka., Solichul HA., dkk. (2004). *Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas* 1st Ed. Uniba Press, Surakarta.
- Topaloglu, S. (2006). A multi objective programming model for scheduling emergency medicine residents, Vol 51, pp. 375-388.

- Topaloglu, S., Ozkaharan, I. (2011). A constraint programming based solution approach for medical resident scheduling problems, Vol 38, pp. 246-255.
- Wignjosoebroto, S. (2003), *Ergonomi-Studi Gerak dan Waktu*. Edisi Ketiga, Penerbit: Guna Widya, Jakarta.
- Wongwien, T dan Nathavanij, S. (2012), "Ergonomic workforce scheduling under complex worker limitation and task requirements: Mathematical model and approximation procedure", *Songklanakarin J. Sci. Technol*, Vol. 34, hal 541-549.
- Yaoyeunyong, K dan Nanthavanij, S. (2005), "Energy based workforce scheduling problem: mathematical model and solution algorithms", Vol. 31, hal 383-393.

LAMPIRAN

Lampiran 1. *Informed Consent* dan Kuesioner

PENJELASAN INFORMED CONSENT

Kepada Yth
Dokter Muda (DM)
Di Tempat

Saya Tri Novita Sari mahasiswa Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember bermaksud melakukan penelitian tentang **“Model Penjadwalan Calon Tenaga Dokter (Dokter Muda/KOAS) Mempertimbangkan Faktor Ergonomi Di Rumah Sakit Pendidikan”**. Penelitian ini merupakan tugas akhir untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Magister Teknik di Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Pada penelitian ini peneliti akan bertanya mengenai karakteristik pekerja, kelelahan kerja dan beban kerja. Wawancara ini akan berlangsung selama 20 - 25 menit. Responden diharapkan menjawab setiap pertanyaan dengan sejujur-jujurnya. Setiap jawaban akan dijaga kerahasiaannya dari siapapun dan tidak akan mempengaruhi penilaian terhadap kinerja. Untuk itu dimohon kesediaan kepada para Koas (Dokter Muda/ DM) selaku responden untuk mengisi kuesioner ini.. Akhir kata, saya mengucapkan terima kasih untuk kesediaan pada DM menjadi responden pada penelitian ini.

Surabaya, September 2018

Peneliti

Responden

()

()

Saksi

()

Surat persetujuan menjadi responden penelitian

(Informed Consent)

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama responden :

NIM :

Kelompok :

Dengan ini menyatakan bahwa saya telah diberikan penjelasan oleh peneliti tentang tujuan dan tindakan yang saya dapatkan dalam proses penelitian oleh karena itu saya bersedia dan setuju menjadi responden penelitian dan mengikuti proses penelitian selama waktu yang ditentukan oleh peneliti, dalam penelitian yang berjudul:

“Model Penjadwalan Calon Tenaga Dokter (Dokter Muda/Koas) Mempertimbangkan Faktor Ergonomi Di Rumah Sakit Pendidikan”

Demikian surat persetujuan ini saya setujui untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, September 2018

Responden

()

Kuesioner Karakteristik Pekerja (Karakteristik DM)

Stase Pengukuran:.....

Shift Pengukuran:.....

PETUNJUK PENGISIAN KUESIONER

- **Bacalah dengan baik dan seksama sebelum menjawab pertanyaan.**
- **Untuk pertanyaan pilihan, berilah tanda *checklist* (√) pada jawaban yang sesuai dengan pilihan Anda.**
- **Tidak ada jawaban yang benar atau salah. Semua Jawaban benar apabila itu benar-benar dialami.**

No Responden

Nama:

NIM:

Kelompok:

A. KARAKTERISTIK PEKERJA		KODE
1.	Jenis Kelamin:	A1
2.	Umur:	A2
3.	Indeks Massa Tubuh Berat Badan:..... kg Tinggi Badan:..... cm	A3
4.	a. Apakah Anda merokok? • Ya (jika Ya, lanjut ke pertanyaan 4b) • Tidak b. Berapa banyak rokok yang Anda habiskan dalam setiap hari (rata-rata)? Batang	A4
	Motivasi menjadi dokter:	

Kuesioner Beban Kerja Mental (NASA TLX)

PETUNJUK PENGISIAN KUESIONER

- Bacalah dengan baik dan seksama sebelum menjawab pertanyaan.
- Dalam setiap pertanyaan yang ada, responden dipersilahkan untuk memilih jawaban sesuai dengan apa yang terjadi pada responden.
- Tidak ada jawaban yang benar atau salah. Semua Jawaban benar apabila itu benar-benar dialami.

Berikan Tanda Lingkaran Pada Jawaban Sesuai Dengan Diri Anda

Deskriptor	Notasi	Keterangan
<i>Mental Demand</i> Atau Kebutuhan Mental	MD	Aktivitas yang dibutuhkan untuk berpikir, memutuskan, menghitung, melihat, mengingat dan mencari. Aktifitas kerja yang mudah atau menuntut, sederhana atau kompleks, menuntut atau toleransi.
<i>Physical Demand</i> atau Kebutuhan Fisik	PD	Aktivitas fisik yang dibutuhkan untuk: mendorong, menarik, mengubah, mengendalikan alat, mengaktifkan alat. Aktifitas kerja yang mudah atau menuntut, tenang atau melelahkan.
<i>Temporal Demand</i> atau Kebutuhan Waktu	TD	Jumlah tekanan yang berkaitan dengan waktu yang dirasakan selama pekerjaan berlangsung. Apakah pekerjaan banyak tuntutan atau tidak.
<i>Own Performance</i> atau Performansi	OP	Seberapa besar tingkat keberhasilan didalam pekerjaan dan seberapa puas dengan hasil pencapaian kerja yang dilakukan
<i>Frustration Level</i> atau Tingkat Frustrasi	FR	Seberapa rasa stress, tidak aman, putus asa, tersinggung, terganggu, dibandingkan dengan perasaan aman, puas, nyaman, dan kepuasan diri yang dirasakan
<i>Effort</i> atau Usaha	EF	Seberapa keras usaha yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan. Contoh; motivasi melakukan pekerjaan

PETUNJUK PENGISIAN KUISIONER

- Kuisisioner dibawah ini memuat 2 perbandingan berpasangan, berilah lingkaran pada jawaban yang anda pilih**
- Contoh: Jika dibandingkan antara kedua hal ini, apa yang lebih sering anda rasakan saat melakukan pekerjaan di UGD?**
P/EF → Jika anda memilih Performansi lebih dominan daripada usaha yang dibutuhkan

Nama:

Stase:

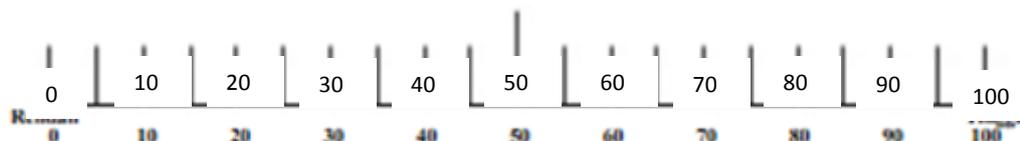
Kelompok:

MD/PD	MD/EF	PD/OP	TD/OP	OP/EF
MD/TD	MD/FR	PD/EF	TD/EF	OP/FR
MD/OP	PD/TD	PD/FR	TD/FR	EF/FR

Berilah tanda silang (X) pada skala dari pertanyaan-pertanyaan dibawah ini sesuai dengan deskripsi kerja yang anda rasakan

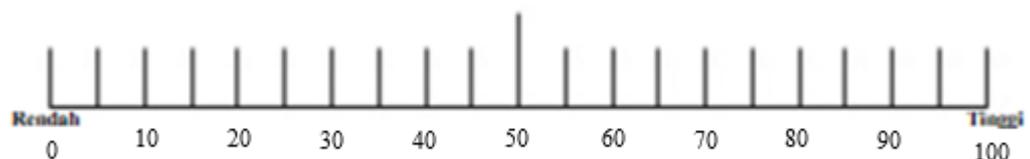
1. *Mental Demand (MD)*

Seberapa besar usaha mental yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan pada stase ini?



2. *Physical Demand (PD)*

Seberapa besar usaha fisik yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan pada stase ini?



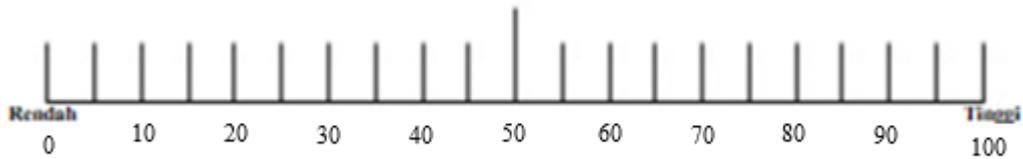
3. *Temporal Demand (PD)*

Seberapa besar tekanan yang dirasakan untuk menyelesaikan pekerjaan pada stase ini?



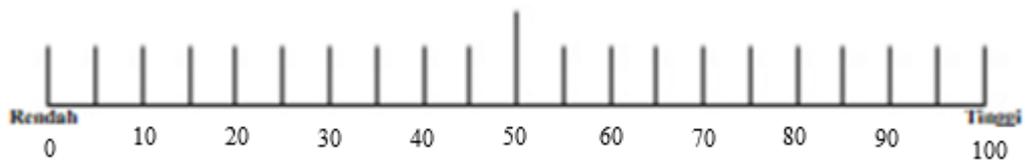
4. *Own Performance (OP)*

Seberapa besar tingkat keberhasilan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan pada stase ini?



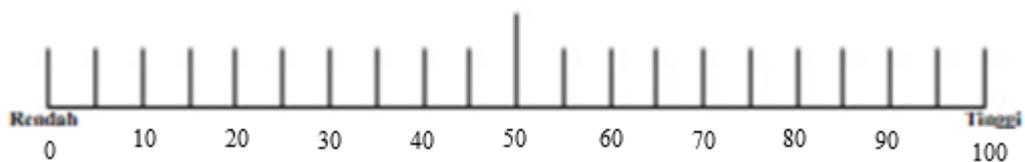
5. *Effort (EF)*

Seberapa besar kerja mental dan fisik yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan pada stase ini?



6. *Frustration (FR)*

Seberapa besar kecemasan, perasaan tertekan dan stress yang dirasakan untuk menyelesaikan pekerjaan pada stase ini?



Kuesioner Kelelahan Kerja

PETUNJUK PENGISIAN KUESIONER

- Bacalah dengan baik dan seksama sebelum menjawab pertanyaan.
- Dalam setiap pertanyaan yang ada, responden dipersilahkan untuk memilih jawaban sesuai dengan apa yang terjadi pada responden dengan cara memberi tanda *checklist* (√) pada jawaban yang sesuai dengan pilihan Anda.
- Tidak ada jawaban yang benar atau salah. Semua Jawaban benar apabila itu benar-benar dialami

Keterangan : Sangat Sering : jika hampir tiap hari terasa
 Sering : jika 3-4 hari terasa dalam 1 minggu
 Kadang-kadang : jika 1-2 hari terasa dalam 1 minggu
 Tidak pernah : tidak pernah terasa

Nama:

Stase:

Kelompok:

1. Gejala Yang Menunjukkan Melemahnya kegiatan	Tidak Pernah	Kadang-kadang	Sering	Sangat Sering
a). Apakah saudara mengalami berat di bagian kepala saat bekerja?				
b). Apakah saudara mengalami lelah pada seluruh badan saat bekerja?				
c). Apakah saudara mengalami berat di kaki saat bekerja?				
d). Apakah saudara sering menguap saat bekerja?				
e). Apakah saudara mengalami pikieran yang kacau saat bekerja?				
f). Apakah saudara mengantuk saat bekerja?				
g). Apakah saudara mengalami beban pada mata saat bekerja?				
h). Apakah saudara mengalami kaku/canggung dalam bergerak saat bekerja?				
i). Apakah saudara mengalami berdiri yang tidak stabil setelah bekerja?				
j). Apakah saudara ingin berbaring saat bekerja?				
2. Gejala Yang Menunjukkan Melemahnya Motivasi	Tidak Pernah	Kadang-kadang	Sering	Sangat Sering
a). Apakah saudara susah berfikir saat bekerja?				

b). Apakah saudara lelah untuk berbicara saat bekerja?				
c). Apakah saudara menjadi gugup saat bekerja?				
d). Apakah saudara tidak bisa berkonsentrasi saat bekerja?				
e). Apakah saudara tidak bisa memusatkan perhatian terhadap sesuatu saat bekerja?				
f). Apakah saudara punya kecenderungan untuk lupa saat bekerja?				
g). Apakah saudara merasa kurang percaya diri saat bekerja?				
h). Apakah saudara cemas terhadap sesuatu saat bekerja?				
i). Apakah saudara tidak bisa mengontrol sikap saat bekerja?				
j). Apakah saudara tidak dapat tekun dalam pekerjaan saat bekerja?				
3. Gejala Yang Menunjukkan Kelelahan Fisik	Tidak Pernah	Kadang-kadang	Sering	Sangat Sering
a). Apakah saudara mengalami sakit di kepala?				
b). Apakah saudara mengalami kaku di bagian bahu setelah bekerja?				
c). Apakah saudara mengalami nyeri di punggung setelah bekerja?				
d). Apakah nafas saudara tertekan saat bekerja?				
e). Apakah saudara sangat haus setelah bekerja?				
f). Apakah suara saudara menjadi serak setelah bekerja?				
g). Apakah saudara mengalami pusing setelah bekerja?				
h). Apakah kelopak mata saudara menjadi kejang saat bekerja?				
i). Apakah anggota badan saudara bergetar (tremor) saat bekerja?				
j). Apakah saudara kurang sehat saat bekerja?				

Kuesioner Beban Kerja Fisik

PETUNJUK PENGISIAN KUESIONER

- Responden mengisi lembar kuesioner denyut nadi selama 24 jam aktivitas (Recall 24 jam) dengan mencantumkan nama aktivitas, waktu pelaksanaan aktivitas serta mengukur banyaknya denyut nadi pada setiap aktivitas dalam satuan beat per minute (bpm)

Contoh : 07.00-14.00 jaga poli, denyut = 70 bpm

16.00-18.00 mengerjakan tugas, denyut = 80 bpm

20.00-05.00 tidur, denyut = 60 bpm

Lembar Kuesioner “Recall 24 jam”

Waktu (jam)	Aktivitas	Denyut nadi (bpm)

Lampiran 2. Input Model LINGO

Input LINGO untuk model 6.1

```
!MODEL6.1;
sets:
Kel/1..6/;;
Stase/1..4/:Kuota, Durasi, Stress;
Periode/1..24/;;
Jadwal(Kel, Stase, Periode):X,A;
endsets

data:
Kuota = @OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx', 'Kuota1');
Durasi = @OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx', 'Durasi1');
Stress = @OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx', 'Stress1');

@OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx', 'Output61') = X;
enddata

!objective function;
min =
@sum(Kel(i):
@smax(@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#le#4:X(i,j,t)*(Stress(j)))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#4 #and# t#le#8:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#8 #and# t#le#12:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#12 #and# t#le#16:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#16 #and# t#le#20:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#20 #and# t#le#24:X(i,j,t)*Stress(j))))
-
@smin(@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#le#4:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#4 #and# t#le#8:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#8 #and# t#le#12:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#12 #and# t#le#16:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#16 #and# t#le#20:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#20 #and# t#le#24:X(i,j,t)*Stress(j)))));

!constrain mahasiswa wajib mengambil kuliah;
@for(Kel(i): @for(Stase(j): @sum(Periode(t): X(i,j,t)) = Durasi(j)));

!constrain kapasitas kelas;
@for(Stase(j): @for(Periode(t): @sum(Kel(i): X(i,j,t)) <= Kuota(j)));

!constrain mahasiswa hanya dapat mengambil 1 kuliah dalam waktu yang sama;
@for(Kel(i): @for(Periode(t): @sum(Stase(j): X(i,j,t)) <= 1));

!logic urutan mingkul;
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#20:A(i,1,t) <=
X(i,1,t)+X(i,1,t+1)+X(i,1,t+2)+X(i,1,t+3)+X(i,1,t+4)-(Durasi(1)-
1)*A(i,1,t)));
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#13:A(i,2,t) <=
X(i,2,t)+X(i,2,t+1)+X(i,2,t+2)+X(i,2,t+3)+X(i,2,t+4)+X(i,2,t+5)+X(i,2,t+6)+X(
i,2,t+7)+X(i,2,t+8)+X(i,2,t+9)+X(i,2,t+10)+X(i,2,t+11)-(Durasi(2)-
1)*A(i,2,t)));
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#23:A(i,3,t) <= X(i,3,t)+X(i,3,t+1)-
(Durasi(3)-1)*A(i,3,t)));
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#20:A(i,4,t) <=
X(i,4,t)+X(i,4,t+1)+X(i,4,t+2)+X(i,4,t+3)+X(i,4,t+4)-(Durasi(4)-
1)*A(i,4,t)));
```

```

@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#20:A(i,1,t))=1);
@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#13:A(i,2,t))=1);
@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#23:A(i,3,t))=1);
@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#20:A(i,4,t))=1);

```

```

!binary constraint;
@for(Jadwal(i,j,t):@bin(X(i,j,t)));
@for(Jadwal(i,j,t):@bin(A(i,j,t)));

```

Input LINGO untuk model 6.2

```

!MODEL6.2;
sets:
Kel/1..6/;;
Stase/1..4/:Kuota, Durasi, Stress;
Periode/1..24/;;
Jadwal(Kel, Stase, Periode):X,A;
endsets

data:
Kuota = @OLE('C:\Users\ALLAN\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Kuota2');
Durasi = @OLE('C:\Users\ALLAN\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Durasi2');
Stress = @OLE('C:\Users\ALLAN\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Stress2');

@OLE('C:\Users\ALLAN\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Output62') = X;
enddata

!objective function;
min =
@sum(Kel(i):
@smax(@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#le#4:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#4 #and# t#le#8:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#8 #and# t#le#12:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#12 #and# t#le#16:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#16 #and# t#le#20:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#20 #and# t#le#24:X(i,j,t)*Stress(j))))
-
@sumin(@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#le#4:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#4 #and# t#le#8:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#8 #and# t#le#12:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#12 #and# t#le#16:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#16 #and# t#le#20:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#20 #and# t#le#24:X(i,j,t)*Stress(j)))));

!constrain mahasiswa wajib mengambil kuliah;
@for(Kel(i): @for(Stase(j): @sum(Periode(t): X(i,j,t)) = Durasi(j)));

!constrain kapasitas kelas;
@for(Stase(j): @for(Periode(t): @sum(Kel(i): X(i,j,t)) <= Kuota(j)));

!constrain mahasiswa hanya dapat mengambil 1 kuliah dalam waktu yang sama;
@for(Kel(i): @for(Periode(t): @sum(Stase(j): X(i,j,t)) <= 1));

!logic urutan mingkul;
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#20:A(i,1,t) <=
X(i,1,t)+X(i,1,t+1)+X(i,1,t+2)+X(i,1,t+3)+X(i,1,t+4) - (Durasi(1)-
1)*A(i,1,t)));

```

```

@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#20:A(i,2,t) <=
X(i,2,t)+X(i,2,t+1)+X(i,2,t+2)+X(i,2,t+3)+X(i,2,t+4)-(Durasi(2)-
1)*A(i,2,t));
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#23:A(i,3,t) <= X(i,3,t)+X(i,3,t+1)-
(Durasi(3)-1)*A(i,3,t));
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#15:A(i,4,t) <=
X(i,4,t)+X(i,4,t+1)+X(i,4,t+2)+X(i,4,t+3)+X(i,4,t+4)+X(i,4,t+5)+X(i,4,t+6)+X(
i,4,t+7)+X(i,4,t+8)+X(i,4,t+9)-(Durasi(4)-1)*A(i,4,t));

@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#20:A(i,1,t)=1);
@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#20:A(i,2,t)=1);
@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#23:A(i,3,t)=1);
@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#15:A(i,4,t)=1);

!binary constraint;
@for(Jadwal(i,j,t): @bin(X(i,j,t)));
@for(Jadwal(i,j,t): @bin(A(i,j,t)));

```

Input LINGO untuk model 6.3

```

!MODEL6.3;
sets:
Kel/1..6/;;
Stase/1..4/:Kuota, Durasi, Stress;
Periode/1..24/;;
Jadwal(Kel, Stase, Periode):X,A;
endsets

data:
Kuota = @OLE('C:\Users\ALLAN\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Kuota3');
Durasi = @OLE('C:\Users\ALLAN\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Durasi3');
Stress = @OLE('C:\Users\ALLAN\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Stress3');

@OLE('C:\Users\ALLAN\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Output63') = X;
enddata

!objective function;
min =
@sum(Kel(i):
@smax(@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#le#4:X(i,j,t)*(Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#4 #and# t#le#8:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#8 #and# t#le#12:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#12 #and# t#le#16:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#16 #and# t#le#20:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#20 #and# t#le#24:X(i,j,t)*Stress(j))))
-
@smin(@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#le#4:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#4 #and# t#le#8:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#8 #and# t#le#12:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#12 #and# t#le#16:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#16 #and# t#le#20:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#20 #and# t#le#24:X(i,j,t)*Stress(j)))));

!constrain mahasiswa wajib mengambil kuliah;
@for(Kel(i): @for(Stase(j): @sum(Periode(t): X(i,j,t)) = Durasi(j)));

!constrain kapasitas kelas;
@for(Stase(j): @for(Periode(t): @sum(Kel(i): X(i,j,t)) <= Kuota(j)));
!constrain mahasiswa hanya dapat mengambil 1 kuliah dalam waktu yang sama;

```

```

@for(Kel(i): @for(Periode(t): @sum(Stase(j): X(i,j,t)) <= 1));

!logic urutan mingkul;
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#23:A(i,1,t) <= X(i,1,t)+X(i,1,t+1)-
(Durasi(1)-1)*A(i,1,t)));
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#15:A(i,2,t) <=
X(i,2,t)+X(i,2,t+1)+X(i,2,t+2)+X(i,2,t+3)+X(i,2,t+4)+X(i,2,t+5)+X(i,2,t+6)+X(
i,2,t+7)+X(i,2,t+8)+X(i,2,t+9)-(Durasi(2)-1)*A(i,2,t)));
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#17:A(i,3,t) <=
X(i,3,t)+X(i,3,t+1)+X(i,3,t+2)+X(i,3,t+3)+X(i,3,t+4)+X(i,3,t+5)+X(i,3,t+6)+X(
i,3,t+7)-(Durasi(3)-1)*A(i,3,t)));
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#23:A(i,4,t) <= X(i,4,t)+X(i,4,t+1)-
(Durasi(4)-1)*A(i,4,t)))

@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#23:A(i,1,t))=1);
@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#15:A(i,2,t))=1);
@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#17:A(i,3,t))=1);
@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#23:A(i,4,t))=1);

!binnary constraint;
@for(Jadwal(i,j,t): @bin(X(i,j,t)));
@for(Jadwal(i,j,t): @bin(A(i,j,t)));

```

Input LINGO untuk model 6.4

```

!MODEL6.4;
sets:
Kel/1..6/;;
Stase/1..4/:Kuota, Durasi, Stress;
Periode/1..24/;;
Jadwal(Kel, Stase, Periode):X,A;
endsets

data:
Kuota = @OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Kuota4');
Durasi = @OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Durasi4');
Stress = @OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Stress4');

@OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Output64') = X;
enddata

!objective function;
min =
@sum(Kel(i):
@smax(@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#le#4:X(i,j,t)*(Stress(j)))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#4 #and# t#le#8:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#8 #and# t#le#12:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#12 #and# t#le#16:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#16 #and# t#le#20:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#20 #and# t#le#24:X(i,j,t)*Stress(j))))
-
@smin(@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#le#4:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#4 #and# t#le#8:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#8 #and# t#le#12:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#12 #and# t#le#16:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#16 #and# t#le#20:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#20 #and# t#le#24:X(i,j,t)*Stress(j)))));

!constrain mahasiswa wajib mengambil kuliah;

```

```

@for(Kel(i) : @for(Stase(j) : @sum(Periode(t) : X(i,j,t)) = Durasi(j)));

!constrain kapasitas kelas;
@for(Stase(j) : @for(Periode(t) : @sum(Kel(i) : X(i,j,t)) <= Kuota(j)));

!constrain mahasiswa hanya dapat mengambil 1 kuliah dalam waktu yang sama;
@for(Kel(i) : @for(Periode(t) : @sum(Stase(j) : X(i,j,t)) <= 1));

!logic urutan mingkul;
@for(Kel(i) : @for(Periode(t) | t#le#23 : A(i,1,t) <= X(i,1,t)+X(i,1,t+1)-
(Durasi(1)-1)*A(i,1,t)));
@for(Kel(i) : @for(Periode(t) | t#le#20 : A(i,2,t) <=
X(i,2,t)+X(i,2,t+1)+X(i,2,t+2)+X(i,2,t+3)+X(i,2,t+4)-(Durasi(2)-
1)*A(i,2,t)));
@for(Kel(i) : @for(Periode(t) | t#le#20 : A(i,3,t) <=
X(i,3,t)+X(i,3,t+1)+X(i,3,t+2)+X(i,3,t+3)+X(i,3,t+4)-(Durasi(3)-
1)*A(i,3,t)));
@for(Kel(i) : @for(Periode(t) | t#le#13 : A(i,4,t) <=
X(i,4,t)+X(i,4,t+1)+X(i,4,t+2)+X(i,4,t+3)+X(i,4,t+4)+X(i,4,t+5)+X(i,4,t+6)+X(
i,4,t+7)+X(i,4,t+8)+X(i,4,t+9)+X(i,4,t+10)+X(i,4,t+11)-(Durasi(4)-
1)*A(i,4,t)));

@for(Kel(i) : @sum(Periode(t) | t#le#23 : A(i,1,t))=1);
@for(Kel(i) : @sum(Periode(t) | t#le#20 : A(i,2,t))=1);
@for(Kel(i) : @sum(Periode(t) | t#le#20 : A(i,3,t))=1);
@for(Kel(i) : @sum(Periode(t) | t#le#13 : A(i,4,t))=1);

!binary constraint;
@for(Jadwal(i,j,t) : @bin(X(i,j,t)));
@for(Jadwal(i,j,t) : @bin(A(i,j,t)));

```

Input LINGO untuk model 7.1

```

!MODEL7.1;
sets:
Kel/1..7/;;
Stase/1..4/:Kuota, Durasi, Stress;
Periode/1..24/;;
Jadwal(Kel, Stase, Periode):X,A;
endsets

data:
Kuota = @OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Kuota1');
Durasi = @OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Durasi1');
Stress = @OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Stress1');

@OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Output71') = X;
enddata

!objective function;
min =
@sum(Kel(i) :
@smax(@sum(Stase(j) : @sum(Periode(t) | t#le#4 : X(i,j,t) * (Stress(j))),
@sum(Stase(j) : @sum(Periode(t) | t#gt#4 #and# t#le#8 : X(i,j,t) * Stress(j))),
@sum(Stase(j) : @sum(Periode(t) | t#gt#8 #and# t#le#12 : X(i,j,t) * Stress(j))),
@sum(Stase(j) : @sum(Periode(t) | t#gt#12 #and# t#le#16 : X(i,j,t) * Stress(j))),
@sum(Stase(j) : @sum(Periode(t) | t#gt#16 #and# t#le#20 : X(i,j,t) * Stress(j))),
@sum(Stase(j) : @sum(Periode(t) | t#gt#20 #and# t#le#24 : X(i,j,t) * Stress(j))))
-
@smin(@sum(Stase(j) : @sum(Periode(t) | t#le#4 : X(i,j,t) * Stress(j))),

```

```

@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#4 #and# t#le#8:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#8 #and# t#le#12:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#12 #and# t#le#16:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#16 #and# t#le#20:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#20 #and# t#le#24:X(i,j,t)*Stress(j))))
;

!constrain mahasiswa wajib mengambil kuliah;
@for(Kel(i): @for(Stase(j): @sum(Periode(t): X(i,j,t)) = Durasi(j)));

!constrain kapasitas kelas;
@for(Stase(j): @for(Periode(t): @sum(Kel(i): X(i,j,t)) <= Kuota(j)));

!constrain mahasiswa hanya dapat mengambil 1 kuliah dalam waktu yang sama;
@for(Kel(i): @for(Periode(t): @sum(Stase(j): X(i,j,t)) <= 1));

!logic urutan mingkul;
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#20:A(i,1,t) <=
X(i,1,t)+X(i,1,t+1)+X(i,1,t+2)+X(i,1,t+3)+X(i,1,t+4)-(Durasi(1)-
1)*A(i,1,t)));
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#13:A(i,2,t) <=
X(i,2,t)+X(i,2,t+1)+X(i,2,t+2)+X(i,2,t+3)+X(i,2,t+4)+X(i,2,t+5)+X(i,2,t+6)+X(
i,2,t+7)+X(i,2,t+8)+X(i,2,t+9)+X(i,2,t+10)+X(i,2,t+11)-(Durasi(2)-
1)*A(i,2,t)));
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#23:A(i,3,t) <= X(i,3,t)+X(i,3,t+1)-
(Durasi(3)-1)*A(i,3,t)));
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#20:A(i,4,t) <=
X(i,4,t)+X(i,4,t+1)+X(i,4,t+2)+X(i,4,t+3)+X(i,4,t+4)-(Durasi(1)-
1)*A(i,4,t)));

@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#20:A(i,1,t))=1);
@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#13:A(i,2,t))=1);
@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#23:A(i,3,t))=1);
@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#20:A(i,4,t))=1);

!binary constraint;
@for(Jadwal(i,j,t): @bin(X(i,j,t)));
@for(Jadwal(i,j,t): @bin(A(i,j,t)));

```

Input LINGO untuk model 7.2

```

!MODEL7.2;
sets:
Kel/1..7/;;
Stase/1..4/:Kuota, Durasi, Stress;
Periode/1..24/;;
Jadwal(Kel, Stase, Periode):X,A;
endsets

data:
Kuota = @OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Kuota2');
Durasi = @OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Durasi2');
Stress = @OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Stress2');

@OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Output72') = X;
enddata

!objective function;
min =
@sum(Kel(i):

```

```

@smax(@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#le#4:X(i,j,t)*(Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#4 #and# t#le#8:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#8 #and# t#le#12:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#12 #and# t#le#16:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#16 #and# t#le#20:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#20 #and# t#le#24:X(i,j,t)*Stress(j))))
-
@smmin(@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#le#4:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#4 #and# t#le#8:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#8 #and# t#le#12:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#12 #and# t#le#16:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#16 #and# t#le#20:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#20 #and# t#le#24:X(i,j,t)*Stress(j)))));

!constrain mahasiswa wajib mengambil kuliah;
@for(Kel(i): @for(Stase(j): @sum(Periode(t): X(i,j,t)) = Durasi(j)));

!constrain kapasitas kelas;
@for(Stase(j): @for(Periode(t): @sum(Kel(i): X(i,j,t)) <= Kuota(j)));

!constrain mahasiswa hanya dapat mengambil 1 kuliah dalam waktu yang sama;
@for(Kel(i): @for(Periode(t): @sum(Stase(j): X(i,j,t)) <= 1));

!logic urutan mingkul;
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#20:A(i,1,t) <=
X(i,1,t)+X(i,1,t+1)+X(i,1,t+2)+X(i,1,t+3)+X(i,1,t+4)-(Durasi(1)-
1)*A(i,1,t)));
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#20:A(i,2,t) <=
X(i,2,t)+X(i,2,t+1)+X(i,2,t+2)+X(i,2,t+3)+X(i,2,t+4)-(Durasi(2)-
1)*A(i,2,t)));
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#23:A(i,3,t) <= X(i,3,t)+X(i,3,t+1)-
(Durasi(3)-1)*A(i,3,t)));
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#15:A(i,4,t) <=
X(i,4,t)+X(i,4,t+1)+X(i,4,t+2)+X(i,4,t+3)+X(i,4,t+4)+X(i,4,t+5)+X(i,4,t+6)+X(
i,4,t+7)+X(i,4,t+8)+X(i,4,t+9)-(Durasi(4)-1)*A(i,4,t)));

@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#20:A(i,1,t))=1);
@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#20:A(i,2,t))=1);
@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#23:A(i,3,t))=1);
@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#15:A(i,4,t))=1);

!binary constraint;
@for(Jadwal(i,j,t): @bin(X(i,j,t)));
@for(Jadwal(i,j,t): @bin(A(i,j,t)));

```

Input LINGO untuk model 7.3

```

!MODEL7.3;
sets:
Kel/1..7/;;
Stase/1..4/:Kuota, Durasi, Stress;
Periode/1..24/;;
Jadwal(Kel, Stase, Periode):X,A;
endsets

data:
Kuota = @OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Kuota3');
Durasi = @OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Durasi3');
Stress = @OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Stress3');

```

```

@OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Output73') = X;
enddata

!objective function;
min =
@sum(Kel(i):
@smax(@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#le#4:X(i,j,t)*(Stress(j)))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#4 #and# t#le#8:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#8 #and# t#le#12:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#12 #and# t#le#16:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#16 #and# t#le#20:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#20 #and# t#le#24:X(i,j,t)*Stress(j))))
-
@smin(@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#le#4:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#4 #and# t#le#8:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#8 #and# t#le#12:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#12 #and# t#le#16:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#16 #and# t#le#20:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#20 #and# t#le#24:X(i,j,t)*Stress(j))))
;

!constrain mahasiswa wajib mengambil kuliah;
@for(Kel(i): @for(Stase(j): @sum(Periode(t): X(i,j,t)) = Durasi(j)));

!constrain kapasitas kelas;
@for(Stase(j): @for(Periode(t): @sum(Kel(i): X(i,j,t)) <= Kuota(j)));

!constrain mahasiswa hanya dapat mengambil 1 kuliah dalam waktu yang sama;
@for(Kel(i): @for(Periode(t): @sum(Stase(j): X(i,j,t)) <= 1));

!logic urutan mingkul;
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#23:A(i,1,t) <= X(i,1,t)+X(i,1,t+1)-
(Durasi(1)-1)*A(i,1,t)));
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#15:A(i,2,t) <=
X(i,2,t)+X(i,2,t+1)+X(i,2,t+2)+X(i,2,t+3)+X(i,2,t+4)+X(i,2,t+5)+X(i,2,t+6)+X(
i,2,t+7)+X(i,2,t+8)+X(i,2,t+9)-(Durasi(2)-1)*A(i,2,t)));
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#17:A(i,3,t) <=
X(i,3,t)+X(i,3,t+1)+X(i,3,t+2)+X(i,3,t+3)+X(i,3,t+4)+X(i,3,t+5)+X(i,3,t+6)+X(
i,3,t+7)-(Durasi(3)-1)*A(i,3,t)));
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#23:A(i,4,t) <= X(i,4,t)+X(i,4,t+1)-
(Durasi(4)-1)*A(i,4,t)));

@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#23:A(i,1,t))=1);
@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#15:A(i,2,t))=1);
@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#17:A(i,3,t))=1);
@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#23:A(i,4,t))=1);

!binary constraint;
@for(Jadwal(i,j,t): @bin(X(i,j,t)));
@for(Jadwal(i,j,t): @bin(A(i,j,t)));

```

Input LINGO untuk model 7.4

```

!MODEL7.4;
sets:
Kel/1..7/;;
Stase/1..4/:Kuota, Durasi, Stress;
Periode/1..24/;;
Jadwal(Kel, Stase, Periode):X,A;

```

```

endsets

data:
Kuota = @OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Kuota4');
Durasi = @OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Durasi4');
Stress = @OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Stress4');

@OLE('C:\Users\asus\Documents\lingo thesis\Data.xlsx','Output74') = X;
enddata

!objective function;
min =
@sum(Kel(i):
@smax(@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#le#4:X(i,j,t)*(Stress(j)))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#4 #and# t#le#8:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#8 #and# t#le#12:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#12 #and# t#le#16:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#16 #and# t#le#20:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#20 #and# t#le#24:X(i,j,t)*Stress(j))))
-
@smin(@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#le#4:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#4 #and# t#le#8:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#8 #and# t#le#12:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#12 #and# t#le#16:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#16 #and# t#le#20:X(i,j,t)*Stress(j))),
@sum(Stase(j):@sum(Periode(t)|t#gt#20 #and# t#le#24:X(i,j,t)*Stress(j)))));

!constrain mahasiswa wajib mengambil kuliah;
@for(Kel(i): @for(Stase(j): @sum(Periode(t): X(i,j,t)) = Durasi(j));

!constrain kapasitas kelas;
@for(Stase(j): @for(Periode(t): @sum(Kel(i): X(i,j,t)) <= Kuota(j));

!constrain mahasiswa hanya dapat mengambil 1 kuliah dalam waktu yang sama;
@for(Kel(i): @for(Periode(t): @sum(Stase(j): X(i,j,t)) <= 1));

!logic urutan mingkul;
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#23:A(i,1,t) <= X(i,1,t)+X(i,1,t+1)-
(Durasi(1)-1)*A(i,1,t)));
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#20:A(i,2,t) <=
X(i,2,t)+X(i,2,t+1)+X(i,2,t+2)+X(i,2,t+3)+X(i,2,t+4)-(Durasi(2)-
1)*A(i,2,t)));
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#20:A(i,3,t) <=
X(i,3,t)+X(i,3,t+1)+X(i,3,t+2)+X(i,3,t+3)+X(i,3,t+4)-(Durasi(3)-
1)*A(i,3,t)));
@for(Kel(i):@for(Periode(t)|t#le#13:A(i,4,t) <=
X(i,4,t)+X(i,4,t+1)+X(i,4,t+2)+X(i,4,t+3)+X(i,4,t+4)+X(i,4,t+5)+X(i,4,t+6)+X(
i,4,t+7)+X(i,4,t+8)+X(i,4,t+9)+X(i,4,t+10)+X(i,4,t+11)-(Durasi(4)-
1)*A(i,4,t)));

@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#23:A(i,1,t))=1);
@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#20:A(i,2,t))=1);
@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#20:A(i,3,t))=1);
@for(Kel(i):@sum(Periode(t)|t#le#13:A(i,4,t))=1);

!binary constraint;
@for(Jadwal(i,j,t): @bin(X(i,j,t)));
@for(Jadwal(i,j,t): @bin(A(i,j,t)));

```

Lampiran 3. Output Model LINGO

Output LINGO untuk model 6.1

Feasible solution found.

Objective value: 0.000000
 Objective bound: 171.7789
 Infeasibilities: 0.000000
 Extended solver steps: 555
 Total solver iterations: 1638744

Export Summary Report

 Transfer Method: OLE BASED
 Workbook: C:\Users\asus\Documents\lingo
 thesis\Data.xlsx
 Ranges Specified: 1
 Output61
 Ranges Found: 1
 Range Size Mismatches: 0
 Values Transferred: 576

Variable	Value
KUOTA(1)	3.000000
KUOTA(2)	5.000000
KUOTA(3)	4.000000
KUOTA(4)	3.000000
DURASI(1)	5.000000
DURASI(2)	12.00000
DURASI(3)	2.000000
DURASI(4)	5.000000
STRESS(1)	155.1814
STRESS(2)	176.7756
STRESS(3)	178.9446
STRESS(4)	146.9141
X(1, 1, 1)	0.000000
X(1, 1, 2)	0.000000
X(1, 1, 3)	0.000000

X(1, 1, 4)	0.000000	X(1, 2, 20)	0.000000
X(1, 1, 5)	0.000000	X(1, 2, 21)	0.000000
X(1, 1, 6)	0.000000	X(1, 2, 22)	0.000000
X(1, 1, 7)	0.000000	X(1, 2, 23)	0.000000
X(1, 1, 8)	0.000000	X(1, 2, 24)	0.000000
X(1, 1, 9)	0.000000	X(1, 3, 1)	0.000000
X(1, 1, 10)	0.000000	X(1, 3, 2)	0.000000
X(1, 1, 11)	0.000000	X(1, 3, 3)	0.000000
X(1, 1, 12)	0.000000	X(1, 3, 4)	0.000000
X(1, 1, 13)	1.000000	X(1, 3, 5)	0.000000
X(1, 1, 14)	1.000000	X(1, 3, 6)	0.000000
X(1, 1, 15)	1.000000	X(1, 3, 7)	0.000000
X(1, 1, 16)	1.000000	X(1, 3, 8)	0.000000
X(1, 1, 17)	1.000000	X(1, 3, 9)	0.000000
X(1, 1, 18)	0.000000	X(1, 3, 10)	0.000000
X(1, 1, 19)	0.000000	X(1, 3, 11)	0.000000
X(1, 1, 20)	0.000000	X(1, 3, 12)	0.000000
X(1, 1, 21)	0.000000	X(1, 3, 13)	0.000000
X(1, 1, 22)	0.000000	X(1, 3, 14)	0.000000
X(1, 1, 23)	0.000000	X(1, 3, 15)	0.000000
X(1, 1, 24)	0.000000	X(1, 3, 16)	0.000000
X(1, 2, 1)	1.000000	X(1, 3, 17)	0.000000
X(1, 2, 2)	1.000000	X(1, 3, 18)	0.000000
X(1, 2, 3)	1.000000	X(1, 3, 19)	0.000000
X(1, 2, 4)	1.000000	X(1, 3, 20)	0.000000
X(1, 2, 5)	1.000000	X(1, 3, 21)	0.000000
X(1, 2, 6)	1.000000	X(1, 3, 22)	0.000000
X(1, 2, 7)	1.000000	X(1, 3, 23)	1.000000
X(1, 2, 8)	1.000000	X(1, 3, 24)	1.000000
X(1, 2, 9)	1.000000	X(1, 4, 1)	0.000000
X(1, 2, 10)	1.000000	X(1, 4, 2)	0.000000
X(1, 2, 11)	1.000000	X(1, 4, 3)	0.000000
X(1, 2, 12)	1.000000	X(1, 4, 4)	0.000000
X(1, 2, 13)	0.000000	X(1, 4, 5)	0.000000
X(1, 2, 14)	0.000000	X(1, 4, 6)	0.000000
X(1, 2, 15)	0.000000	X(1, 4, 7)	0.000000
X(1, 2, 16)	0.000000	X(1, 4, 8)	0.000000
X(1, 2, 17)	0.000000	X(1, 4, 9)	0.000000
X(1, 2, 18)	0.000000	X(1, 4, 10)	0.000000
X(1, 2, 19)	0.000000	X(1, 4, 11)	0.000000

X(1, 4, 12)	0.000000	X(2, 2, 4)	0.000000	X(2, 3, 20)	0.000000
X(1, 4, 13)	0.000000	X(2, 2, 5)	0.000000	X(2, 3, 21)	0.000000
X(1, 4, 14)	0.000000	X(2, 2, 6)	0.000000	X(2, 3, 22)	0.000000
X(1, 4, 15)	0.000000	X(2, 2, 7)	0.000000	X(2, 3, 23)	0.000000
X(1, 4, 16)	0.000000	X(2, 2, 8)	0.000000	X(2, 3, 24)	0.000000
X(1, 4, 17)	0.000000	X(2, 2, 9)	0.000000	X(2, 4, 1)	1.000000
X(1, 4, 18)	1.000000	X(2, 2, 10)	0.000000	X(2, 4, 2)	1.000000
X(1, 4, 19)	1.000000	X(2, 2, 11)	0.000000	X(2, 4, 3)	1.000000
X(1, 4, 20)	1.000000	X(2, 2, 12)	0.000000	X(2, 4, 4)	1.000000
X(1, 4, 21)	1.000000	X(2, 2, 13)	1.000000	X(2, 4, 5)	1.000000
X(1, 4, 22)	1.000000	X(2, 2, 14)	1.000000	X(2, 4, 6)	0.000000
X(1, 4, 23)	0.000000	X(2, 2, 15)	1.000000	X(2, 4, 7)	0.000000
X(1, 4, 24)	0.000000	X(2, 2, 16)	1.000000	X(2, 4, 8)	0.000000
X(2, 1, 1)	0.000000	X(2, 2, 17)	1.000000	X(2, 4, 9)	0.000000
X(2, 1, 2)	0.000000	X(2, 2, 18)	1.000000	X(2, 4, 10)	0.000000
X(2, 1, 3)	0.000000	X(2, 2, 19)	1.000000	X(2, 4, 11)	0.000000
X(2, 1, 4)	0.000000	X(2, 2, 20)	1.000000	X(2, 4, 12)	0.000000
X(2, 1, 5)	0.000000	X(2, 2, 21)	1.000000	X(2, 4, 13)	0.000000
X(2, 1, 6)	1.000000	X(2, 2, 22)	1.000000	X(2, 4, 14)	0.000000
X(2, 1, 7)	1.000000	X(2, 2, 23)	1.000000	X(2, 4, 15)	0.000000
X(2, 1, 8)	1.000000	X(2, 2, 24)	1.000000	X(2, 4, 16)	0.000000
X(2, 1, 9)	1.000000	X(2, 3, 1)	0.000000	X(2, 4, 17)	0.000000
X(2, 1, 10)	1.000000	X(2, 3, 2)	0.000000	X(2, 4, 18)	0.000000
X(2, 1, 11)	0.000000	X(2, 3, 3)	0.000000	X(2, 4, 19)	0.000000
X(2, 1, 12)	0.000000	X(2, 3, 4)	0.000000	X(2, 4, 20)	0.000000
X(2, 1, 13)	0.000000	X(2, 3, 5)	0.000000	X(2, 4, 21)	0.000000
X(2, 1, 14)	0.000000	X(2, 3, 6)	0.000000	X(2, 4, 22)	0.000000
X(2, 1, 15)	0.000000	X(2, 3, 7)	0.000000	X(2, 4, 23)	0.000000
X(2, 1, 16)	0.000000	X(2, 3, 8)	0.000000	X(2, 4, 24)	0.000000
X(2, 1, 17)	0.000000	X(2, 3, 9)	0.000000	X(3, 1, 1)	0.000000
X(2, 1, 18)	0.000000	X(2, 3, 10)	0.000000	X(3, 1, 2)	0.000000
X(2, 1, 19)	0.000000	X(2, 3, 11)	1.000000	X(3, 1, 3)	0.000000
X(2, 1, 20)	0.000000	X(2, 3, 12)	1.000000	X(3, 1, 4)	0.000000
X(2, 1, 21)	0.000000	X(2, 3, 13)	0.000000	X(3, 1, 5)	0.000000
X(2, 1, 22)	0.000000	X(2, 3, 14)	0.000000	X(3, 1, 6)	0.000000
X(2, 1, 23)	0.000000	X(2, 3, 15)	0.000000	X(3, 1, 7)	0.000000
X(2, 1, 24)	0.000000	X(2, 3, 16)	0.000000	X(3, 1, 8)	0.000000
X(2, 2, 1)	0.000000	X(2, 3, 17)	0.000000	X(3, 1, 9)	0.000000
X(2, 2, 2)	0.000000	X(2, 3, 18)	0.000000	X(3, 1, 10)	0.000000
X(2, 2, 3)	0.000000	X(2, 3, 19)	0.000000	X(3, 1, 11)	0.000000

X(3, 1, 12)	0.000000	X(3, 3, 4)	0.000000	X(3, 4, 20)	1.000000
X(3, 1, 13)	1.000000	X(3, 3, 5)	0.000000	X(3, 4, 21)	1.000000
X(3, 1, 14)	1.000000	X(3, 3, 6)	0.000000	X(3, 4, 22)	1.000000
X(3, 1, 15)	1.000000	X(3, 3, 7)	0.000000	X(3, 4, 23)	1.000000
X(3, 1, 16)	1.000000	X(3, 3, 8)	0.000000	X(3, 4, 24)	1.000000
X(3, 1, 17)	1.000000	X(3, 3, 9)	0.000000	X(4, 1, 1)	0.000000
X(3, 1, 18)	0.000000	X(3, 3, 10)	0.000000	X(4, 1, 2)	0.000000
X(3, 1, 19)	0.000000	X(3, 3, 11)	0.000000	X(4, 1, 3)	0.000000
X(3, 1, 20)	0.000000	X(3, 3, 12)	0.000000	X(4, 1, 4)	0.000000
X(3, 1, 21)	0.000000	X(3, 3, 13)	0.000000	X(4, 1, 5)	0.000000
X(3, 1, 22)	0.000000	X(3, 3, 14)	0.000000	X(4, 1, 6)	0.000000
X(3, 1, 23)	0.000000	X(3, 3, 15)	0.000000	X(4, 1, 7)	0.000000
X(3, 1, 24)	0.000000	X(3, 3, 16)	0.000000	X(4, 1, 8)	0.000000
X(3, 2, 1)	1.000000	X(3, 3, 17)	0.000000	X(4, 1, 9)	0.000000
X(3, 2, 2)	1.000000	X(3, 3, 18)	1.000000	X(4, 1, 10)	0.000000
X(3, 2, 3)	1.000000	X(3, 3, 19)	1.000000	X(4, 1, 11)	0.000000
X(3, 2, 4)	1.000000	X(3, 3, 20)	0.000000	X(4, 1, 12)	0.000000
X(3, 2, 5)	1.000000	X(3, 3, 21)	0.000000	X(4, 1, 13)	0.000000
X(3, 2, 6)	1.000000	X(3, 3, 22)	0.000000	X(4, 1, 14)	0.000000
X(3, 2, 7)	1.000000	X(3, 3, 23)	0.000000	X(4, 1, 15)	0.000000
X(3, 2, 8)	1.000000	X(3, 3, 24)	0.000000	X(4, 1, 16)	0.000000
X(3, 2, 9)	1.000000	X(3, 4, 1)	0.000000	X(4, 1, 17)	0.000000
X(3, 2, 10)	1.000000	X(3, 4, 2)	0.000000	X(4, 1, 18)	1.000000
X(3, 2, 11)	1.000000	X(3, 4, 3)	0.000000	X(4, 1, 19)	1.000000
X(3, 2, 12)	1.000000	X(3, 4, 4)	0.000000	X(4, 1, 20)	1.000000
X(3, 2, 13)	0.000000	X(3, 4, 5)	0.000000	X(4, 1, 21)	1.000000
X(3, 2, 14)	0.000000	X(3, 4, 6)	0.000000	X(4, 1, 22)	1.000000
X(3, 2, 15)	0.000000	X(3, 4, 7)	0.000000	X(4, 1, 23)	0.000000
X(3, 2, 16)	0.000000	X(3, 4, 8)	0.000000	X(4, 1, 24)	0.000000
X(3, 2, 17)	0.000000	X(3, 4, 9)	0.000000	X(4, 2, 1)	1.000000
X(3, 2, 18)	0.000000	X(3, 4, 10)	0.000000	X(4, 2, 2)	1.000000
X(3, 2, 19)	0.000000	X(3, 4, 11)	0.000000	X(4, 2, 3)	1.000000
X(3, 2, 20)	0.000000	X(3, 4, 12)	0.000000	X(4, 2, 4)	1.000000
X(3, 2, 21)	0.000000	X(3, 4, 13)	0.000000	X(4, 2, 5)	1.000000
X(3, 2, 22)	0.000000	X(3, 4, 14)	0.000000	X(4, 2, 6)	1.000000
X(3, 2, 23)	0.000000	X(3, 4, 15)	0.000000	X(4, 2, 7)	1.000000
X(3, 2, 24)	0.000000	X(3, 4, 16)	0.000000	X(4, 2, 8)	1.000000
X(3, 3, 1)	0.000000	X(3, 4, 17)	0.000000	X(4, 2, 9)	1.000000
X(3, 3, 2)	0.000000	X(3, 4, 18)	0.000000	X(4, 2, 10)	1.000000
X(3, 3, 3)	0.000000	X(3, 4, 19)	0.000000	X(4, 2, 11)	1.000000

X(4, 2, 12)	1.000000	X(4, 4, 4)	0.000000	X(5, 1, 20)	0.000000
X(4, 2, 13)	0.000000	X(4, 4, 5)	0.000000	X(5, 1, 21)	0.000000
X(4, 2, 14)	0.000000	X(4, 4, 6)	0.000000	X(5, 1, 22)	0.000000
X(4, 2, 15)	0.000000	X(4, 4, 7)	0.000000	X(5, 1, 23)	0.000000
X(4, 2, 16)	0.000000	X(4, 4, 8)	0.000000	X(5, 1, 24)	0.000000
X(4, 2, 17)	0.000000	X(4, 4, 9)	0.000000	X(5, 2, 1)	0.000000
X(4, 2, 18)	0.000000	X(4, 4, 10)	0.000000	X(5, 2, 2)	0.000000
X(4, 2, 19)	0.000000	X(4, 4, 11)	0.000000	X(5, 2, 3)	0.000000
X(4, 2, 20)	0.000000	X(4, 4, 12)	0.000000	X(5, 2, 4)	0.000000
X(4, 2, 21)	0.000000	X(4, 4, 13)	1.000000	X(5, 2, 5)	0.000000
X(4, 2, 22)	0.000000	X(4, 4, 14)	1.000000	X(5, 2, 6)	0.000000
X(4, 2, 23)	0.000000	X(4, 4, 15)	1.000000	X(5, 2, 7)	0.000000
X(4, 2, 24)	0.000000	X(4, 4, 16)	1.000000	X(5, 2, 8)	0.000000
X(4, 3, 1)	0.000000	X(4, 4, 17)	1.000000	X(5, 2, 9)	0.000000
X(4, 3, 2)	0.000000	X(4, 4, 18)	0.000000	X(5, 2, 10)	0.000000
X(4, 3, 3)	0.000000	X(4, 4, 19)	0.000000	X(5, 2, 11)	0.000000
X(4, 3, 4)	0.000000	X(4, 4, 20)	0.000000	X(5, 2, 12)	0.000000
X(4, 3, 5)	0.000000	X(4, 4, 21)	0.000000	X(5, 2, 13)	1.000000
X(4, 3, 6)	0.000000	X(4, 4, 22)	0.000000	X(5, 2, 14)	1.000000
X(4, 3, 7)	0.000000	X(4, 4, 23)	0.000000	X(5, 2, 15)	1.000000
X(4, 3, 8)	0.000000	X(4, 4, 24)	0.000000	X(5, 2, 16)	1.000000
X(4, 3, 9)	0.000000	X(5, 1, 1)	0.000000	X(5, 2, 17)	1.000000
X(4, 3, 10)	0.000000	X(5, 1, 2)	0.000000	X(5, 2, 18)	1.000000
X(4, 3, 11)	0.000000	X(5, 1, 3)	0.000000	X(5, 2, 19)	1.000000
X(4, 3, 12)	0.000000	X(5, 1, 4)	0.000000	X(5, 2, 20)	1.000000
X(4, 3, 13)	0.000000	X(5, 1, 5)	0.000000	X(5, 2, 21)	1.000000
X(4, 3, 14)	0.000000	X(5, 1, 6)	1.000000	X(5, 2, 22)	1.000000
X(4, 3, 15)	0.000000	X(5, 1, 7)	1.000000	X(5, 2, 23)	1.000000
X(4, 3, 16)	0.000000	X(5, 1, 8)	1.000000	X(5, 2, 24)	1.000000
X(4, 3, 17)	0.000000	X(5, 1, 9)	1.000000	X(5, 3, 1)	0.000000
X(4, 3, 18)	0.000000	X(5, 1, 10)	1.000000	X(5, 3, 2)	0.000000
X(4, 3, 19)	0.000000	X(5, 1, 11)	0.000000	X(5, 3, 3)	0.000000
X(4, 3, 20)	0.000000	X(5, 1, 12)	0.000000	X(5, 3, 4)	0.000000
X(4, 3, 21)	0.000000	X(5, 1, 13)	0.000000	X(5, 3, 5)	0.000000
X(4, 3, 22)	0.000000	X(5, 1, 14)	0.000000	X(5, 3, 6)	0.000000
X(4, 3, 23)	1.000000	X(5, 1, 15)	0.000000	X(5, 3, 7)	0.000000
X(4, 3, 24)	1.000000	X(5, 1, 16)	0.000000	X(5, 3, 8)	0.000000
X(4, 4, 1)	0.000000	X(5, 1, 17)	0.000000	X(5, 3, 9)	0.000000
X(4, 4, 2)	0.000000	X(5, 1, 18)	0.000000	X(5, 3, 10)	0.000000
X(4, 4, 3)	0.000000	X(5, 1, 19)	0.000000	X(5, 3, 11)	1.000000

X(5, 3, 12)	1.000000	X(6, 1, 4)	0.000000	X(6, 2, 20)	1.000000
X(5, 3, 13)	0.000000	X(6, 1, 5)	0.000000	X(6, 2, 21)	1.000000
X(5, 3, 14)	0.000000	X(6, 1, 6)	1.000000	X(6, 2, 22)	1.000000
X(5, 3, 15)	0.000000	X(6, 1, 7)	1.000000	X(6, 2, 23)	1.000000
X(5, 3, 16)	0.000000	X(6, 1, 8)	1.000000	X(6, 2, 24)	1.000000
X(5, 3, 17)	0.000000	X(6, 1, 9)	1.000000	X(6, 3, 1)	0.000000
X(5, 3, 18)	0.000000	X(6, 1, 10)	1.000000	X(6, 3, 2)	0.000000
X(5, 3, 19)	0.000000	X(6, 1, 11)	0.000000	X(6, 3, 3)	0.000000
X(5, 3, 20)	0.000000	X(6, 1, 12)	0.000000	X(6, 3, 4)	0.000000
X(5, 3, 21)	0.000000	X(6, 1, 13)	0.000000	X(6, 3, 5)	0.000000
X(5, 3, 22)	0.000000	X(6, 1, 14)	0.000000	X(6, 3, 6)	0.000000
X(5, 3, 23)	0.000000	X(6, 1, 15)	0.000000	X(6, 3, 7)	0.000000
X(5, 3, 24)	0.000000	X(6, 1, 16)	0.000000	X(6, 3, 8)	0.000000
X(5, 4, 1)	1.000000	X(6, 1, 17)	0.000000	X(6, 3, 9)	0.000000
X(5, 4, 2)	1.000000	X(6, 1, 18)	0.000000	X(6, 3, 10)	0.000000
X(5, 4, 3)	1.000000	X(6, 1, 19)	0.000000	X(6, 3, 11)	1.000000
X(5, 4, 4)	1.000000	X(6, 1, 20)	0.000000	X(6, 3, 12)	1.000000
X(5, 4, 5)	1.000000	X(6, 1, 21)	0.000000	X(6, 3, 13)	0.000000
X(5, 4, 6)	0.000000	X(6, 1, 22)	0.000000	X(6, 3, 14)	0.000000
X(5, 4, 7)	0.000000	X(6, 1, 23)	0.000000	X(6, 3, 15)	0.000000
X(5, 4, 8)	0.000000	X(6, 1, 24)	0.000000	X(6, 3, 16)	0.000000
X(5, 4, 9)	0.000000	X(6, 2, 1)	0.000000	X(6, 3, 17)	0.000000
X(5, 4, 10)	0.000000	X(6, 2, 2)	0.000000	X(6, 3, 18)	0.000000
X(5, 4, 11)	0.000000	X(6, 2, 3)	0.000000	X(6, 3, 19)	0.000000
X(5, 4, 12)	0.000000	X(6, 2, 4)	0.000000	X(6, 3, 20)	0.000000
X(5, 4, 13)	0.000000	X(6, 2, 5)	0.000000	X(6, 3, 21)	0.000000
X(5, 4, 14)	0.000000	X(6, 2, 6)	0.000000	X(6, 3, 22)	0.000000
X(5, 4, 15)	0.000000	X(6, 2, 7)	0.000000	X(6, 3, 23)	0.000000
X(5, 4, 16)	0.000000	X(6, 2, 8)	0.000000	X(6, 3, 24)	0.000000
X(5, 4, 17)	0.000000	X(6, 2, 9)	0.000000	X(6, 4, 1)	1.000000
X(5, 4, 18)	0.000000	X(6, 2, 10)	0.000000	X(6, 4, 2)	1.000000
X(5, 4, 19)	0.000000	X(6, 2, 11)	0.000000	X(6, 4, 3)	1.000000
X(5, 4, 20)	0.000000	X(6, 2, 12)	0.000000	X(6, 4, 4)	1.000000
X(5, 4, 21)	0.000000	X(6, 2, 13)	1.000000	X(6, 4, 5)	1.000000
X(5, 4, 22)	0.000000	X(6, 2, 14)	1.000000	X(6, 4, 6)	0.000000
X(5, 4, 23)	0.000000	X(6, 2, 15)	1.000000	X(6, 4, 7)	0.000000
X(5, 4, 24)	0.000000	X(6, 2, 16)	1.000000	X(6, 4, 8)	0.000000
X(6, 1, 1)	0.000000	X(6, 2, 17)	1.000000	X(6, 4, 9)	0.000000
X(6, 1, 2)	0.000000	X(6, 2, 18)	1.000000	X(6, 4, 10)	0.000000
X(6, 1, 3)	0.000000	X(6, 2, 19)	1.000000	X(6, 4, 11)	0.000000

X(6, 4, 12) 0.000000
 X(6, 4, 13) 0.000000
 X(6, 4, 14) 0.000000
 X(6, 4, 15) 0.000000
 X(6, 4, 16) 0.000000
 X(6, 4, 17) 0.000000
 X(6, 4, 18) 0.000000
 X(6, 4, 19) 0.000000
 X(6, 4, 20) 0.000000
 X(6, 4, 21) 0.000000
 X(6, 4, 22) 0.000000
 X(6, 4, 23) 0.000000
 X(6, 4, 24) 0.000000
 A(1, 1, 1) 0.000000
 A(1, 1, 2) 0.000000
 A(1, 1, 3) 0.000000
 A(1, 1, 4) 0.000000
 A(1, 1, 5) 0.000000
 A(1, 1, 6) 0.000000
 A(1, 1, 7) 0.000000
 A(1, 1, 8) 0.000000
 A(1, 1, 9) 0.000000
 A(1, 1, 10) 0.000000
 A(1, 1, 11) 0.000000
 A(1, 1, 12) 0.000000
 A(1, 1, 13) 1.000000
 A(1, 1, 14) 0.000000
 A(1, 1, 15) 0.000000
 A(1, 1, 16) 0.000000
 A(1, 1, 17) 0.000000
 A(1, 1, 18) 0.000000
 A(1, 1, 19) 0.000000
 A(1, 1, 20) 0.000000
 A(1, 1, 21) 0.000000
 A(1, 1, 22) 0.000000
 A(1, 1, 23) 0.000000
 A(1, 1, 24) 0.000000
 A(1, 2, 1) 1.000000
 A(1, 2, 2) 0.000000
 A(1, 2, 3) 0.000000

A(1, 2, 4) 0.000000
 A(1, 2, 5) 0.000000
 A(1, 2, 6) 0.000000
 A(1, 2, 7) 0.000000
 A(1, 2, 8) 0.000000
 A(1, 2, 9) 0.000000
 A(1, 2, 10) 0.000000
 A(1, 2, 11) 0.000000
 A(1, 2, 12) 0.000000
 A(1, 2, 13) 0.000000
 A(1, 2, 14) 0.000000
 A(1, 2, 15) 0.000000
 A(1, 2, 16) 0.000000
 A(1, 2, 17) 0.000000
 A(1, 2, 18) 0.000000
 A(1, 2, 19) 0.000000
 A(1, 2, 20) 0.000000
 A(1, 2, 21) 0.000000
 A(1, 2, 22) 0.000000
 A(1, 2, 23) 0.000000
 A(1, 2, 24) 0.000000
 A(1, 3, 1) 0.000000
 A(1, 3, 2) 0.000000
 A(1, 3, 3) 0.000000
 A(1, 3, 4) 0.000000
 A(1, 3, 5) 0.000000
 A(1, 3, 6) 0.000000
 A(1, 3, 7) 0.000000
 A(1, 3, 8) 0.000000
 A(1, 3, 9) 0.000000
 A(1, 3, 10) 0.000000
 A(1, 3, 11) 0.000000
 A(1, 3, 12) 0.000000
 A(1, 3, 13) 0.000000
 A(1, 3, 14) 0.000000
 A(1, 3, 15) 0.000000
 A(1, 3, 16) 0.000000
 A(1, 3, 17) 0.000000
 A(1, 3, 18) 0.000000
 A(1, 3, 19) 0.000000

A(1, 3, 20) 0.000000
 A(1, 3, 21) 0.000000
 A(1, 3, 22) 0.000000
 A(1, 3, 23) 1.000000
 A(1, 3, 24) 0.000000
 A(1, 4, 1) 0.000000
 A(1, 4, 2) 0.000000
 A(1, 4, 3) 0.000000
 A(1, 4, 4) 0.000000
 A(1, 4, 5) 0.000000
 A(1, 4, 6) 0.000000
 A(1, 4, 7) 0.000000
 A(1, 4, 8) 0.000000
 A(1, 4, 9) 0.000000
 A(1, 4, 10) 0.000000
 A(1, 4, 11) 0.000000
 A(1, 4, 12) 0.000000
 A(1, 4, 13) 0.000000
 A(1, 4, 14) 0.000000
 A(1, 4, 15) 0.000000
 A(1, 4, 16) 0.000000
 A(1, 4, 17) 0.000000
 A(1, 4, 18) 1.000000
 A(1, 4, 19) 0.000000
 A(1, 4, 20) 0.000000
 A(1, 4, 21) 0.000000
 A(1, 4, 22) 0.000000
 A(1, 4, 23) 0.000000
 A(1, 4, 24) 0.000000
 A(2, 1, 1) 0.000000
 A(2, 1, 2) 0.000000
 A(2, 1, 3) 0.000000
 A(2, 1, 4) 0.000000
 A(2, 1, 5) 0.000000
 A(2, 1, 6) 1.000000
 A(2, 1, 7) 0.000000
 A(2, 1, 8) 0.000000
 A(2, 1, 9) 0.000000
 A(2, 1, 10) 0.000000
 A(2, 1, 11) 0.000000

A(2, 1, 12)	0.000000	A(2, 3, 4)	0.000000	A(2, 4, 20)	0.000000
A(2, 1, 13)	0.000000	A(2, 3, 5)	0.000000	A(2, 4, 21)	0.000000
A(2, 1, 14)	0.000000	A(2, 3, 6)	0.000000	A(2, 4, 22)	0.000000
A(2, 1, 15)	0.000000	A(2, 3, 7)	0.000000	A(2, 4, 23)	0.000000
A(2, 1, 16)	0.000000	A(2, 3, 8)	0.000000	A(2, 4, 24)	0.000000
A(2, 1, 17)	0.000000	A(2, 3, 9)	0.000000	A(3, 1, 1)	0.000000
A(2, 1, 18)	0.000000	A(2, 3, 10)	0.000000	A(3, 1, 2)	0.000000
A(2, 1, 19)	0.000000	A(2, 3, 11)	1.000000	A(3, 1, 3)	0.000000
A(2, 1, 20)	0.000000	A(2, 3, 12)	0.000000	A(3, 1, 4)	0.000000
A(2, 1, 21)	0.000000	A(2, 3, 13)	0.000000	A(3, 1, 5)	0.000000
A(2, 1, 22)	0.000000	A(2, 3, 14)	0.000000	A(3, 1, 6)	0.000000
A(2, 1, 23)	0.000000	A(2, 3, 15)	0.000000	A(3, 1, 7)	0.000000
A(2, 1, 24)	0.000000	A(2, 3, 16)	0.000000	A(3, 1, 8)	0.000000
A(2, 2, 1)	0.000000	A(2, 3, 17)	0.000000	A(3, 1, 9)	0.000000
A(2, 2, 2)	0.000000	A(2, 3, 18)	0.000000	A(3, 1, 10)	0.000000
A(2, 2, 3)	0.000000	A(2, 3, 19)	0.000000	A(3, 1, 11)	0.000000
A(2, 2, 4)	0.000000	A(2, 3, 20)	0.000000	A(3, 1, 12)	0.000000
A(2, 2, 5)	0.000000	A(2, 3, 21)	0.000000	A(3, 1, 13)	1.000000
A(2, 2, 6)	0.000000	A(2, 3, 22)	0.000000	A(3, 1, 14)	0.000000
A(2, 2, 7)	0.000000	A(2, 3, 23)	0.000000	A(3, 1, 15)	0.000000
A(2, 2, 8)	0.000000	A(2, 3, 24)	0.000000	A(3, 1, 16)	0.000000
A(2, 2, 9)	0.000000	A(2, 4, 1)	1.000000	A(3, 1, 17)	0.000000
A(2, 2, 10)	0.000000	A(2, 4, 2)	0.000000	A(3, 1, 18)	0.000000
A(2, 2, 11)	0.000000	A(2, 4, 3)	0.000000	A(3, 1, 19)	0.000000
A(2, 2, 12)	0.000000	A(2, 4, 4)	0.000000	A(3, 1, 20)	0.000000
A(2, 2, 13)	1.000000	A(2, 4, 5)	0.000000	A(3, 1, 21)	0.000000
A(2, 2, 14)	0.000000	A(2, 4, 6)	0.000000	A(3, 1, 22)	0.000000
A(2, 2, 15)	0.000000	A(2, 4, 7)	0.000000	A(3, 1, 23)	0.000000
A(2, 2, 16)	0.000000	A(2, 4, 8)	0.000000	A(3, 1, 24)	0.000000
A(2, 2, 17)	0.000000	A(2, 4, 9)	0.000000	A(3, 2, 1)	1.000000
A(2, 2, 18)	0.000000	A(2, 4, 10)	0.000000	A(3, 2, 2)	0.000000
A(2, 2, 19)	0.000000	A(2, 4, 11)	0.000000	A(3, 2, 3)	0.000000
A(2, 2, 20)	0.000000	A(2, 4, 12)	0.000000	A(3, 2, 4)	0.000000
A(2, 2, 21)	0.000000	A(2, 4, 13)	0.000000	A(3, 2, 5)	0.000000
A(2, 2, 22)	0.000000	A(2, 4, 14)	0.000000	A(3, 2, 6)	0.000000
A(2, 2, 23)	0.000000	A(2, 4, 15)	0.000000	A(3, 2, 7)	0.000000
A(2, 2, 24)	0.000000	A(2, 4, 16)	0.000000	A(3, 2, 8)	0.000000
A(2, 3, 1)	0.000000	A(2, 4, 17)	0.000000	A(3, 2, 9)	0.000000
A(2, 3, 2)	0.000000	A(2, 4, 18)	0.000000	A(3, 2, 10)	0.000000
A(2, 3, 3)	0.000000	A(2, 4, 19)	0.000000	A(3, 2, 11)	0.000000

A(3, 2, 12) 0.000000
A(3, 2, 13) 0.000000
A(3, 2, 14) 0.000000
A(3, 2, 15) 0.000000
A(3, 2, 16) 0.000000
A(3, 2, 17) 0.000000
A(3, 2, 18) 0.000000
A(3, 2, 19) 0.000000
A(3, 2, 20) 0.000000
A(3, 2, 21) 0.000000
A(3, 2, 22) 0.000000
A(3, 2, 23) 0.000000
A(3, 2, 24) 0.000000
A(3, 3, 1) 0.000000
A(3, 3, 2) 0.000000
A(3, 3, 3) 0.000000
A(3, 3, 4) 0.000000
A(3, 3, 5) 0.000000
A(3, 3, 6) 0.000000
A(3, 3, 7) 0.000000
A(3, 3, 8) 0.000000
A(3, 3, 9) 0.000000
A(3, 3, 10) 0.000000
A(3, 3, 11) 0.000000
A(3, 3, 12) 0.000000
A(3, 3, 13) 0.000000
A(3, 3, 14) 0.000000
A(3, 3, 15) 0.000000
A(3, 3, 16) 0.000000
A(3, 3, 17) 0.000000
A(3, 3, 18) 1.000000
A(3, 3, 19) 0.000000
A(3, 3, 20) 0.000000
A(3, 3, 21) 0.000000
A(3, 3, 22) 0.000000
A(3, 3, 23) 0.000000
A(3, 3, 24) 0.000000
A(3, 4, 1) 0.000000
A(3, 4, 2) 0.000000
A(3, 4, 3) 0.000000

A(3, 4, 4) 0.000000
A(3, 4, 5) 0.000000
A(3, 4, 6) 0.000000
A(3, 4, 7) 0.000000
A(3, 4, 8) 0.000000
A(3, 4, 9) 0.000000
A(3, 4, 10) 0.000000
A(3, 4, 11) 0.000000
A(3, 4, 12) 0.000000
A(3, 4, 13) 0.000000
A(3, 4, 14) 0.000000
A(3, 4, 15) 0.000000
A(3, 4, 16) 0.000000
A(3, 4, 17) 0.000000
A(3, 4, 18) 0.000000
A(3, 4, 19) 0.000000
A(3, 4, 20) 1.000000
A(3, 4, 21) 0.000000
A(3, 4, 22) 0.000000
A(3, 4, 23) 0.000000
A(3, 4, 24) 0.000000
A(4, 1, 1) 0.000000
A(4, 1, 2) 0.000000
A(4, 1, 3) 0.000000
A(4, 1, 4) 0.000000
A(4, 1, 5) 0.000000
A(4, 1, 6) 0.000000
A(4, 1, 7) 0.000000
A(4, 1, 8) 0.000000
A(4, 1, 9) 0.000000
A(4, 1, 10) 0.000000
A(4, 1, 11) 0.000000
A(4, 1, 12) 0.000000
A(4, 1, 13) 0.000000
A(4, 1, 14) 0.000000
A(4, 1, 15) 0.000000
A(4, 1, 16) 0.000000
A(4, 1, 17) 0.000000
A(4, 1, 18) 1.000000
A(4, 1, 19) 0.000000

A(4, 1, 20) 0.000000
A(4, 1, 21) 0.000000
A(4, 1, 22) 0.000000
A(4, 1, 23) 0.000000
A(4, 1, 24) 0.000000
A(4, 2, 1) 1.000000
A(4, 2, 2) 0.000000
A(4, 2, 3) 0.000000
A(4, 2, 4) 0.000000
A(4, 2, 5) 0.000000
A(4, 2, 6) 0.000000
A(4, 2, 7) 0.000000
A(4, 2, 8) 0.000000
A(4, 2, 9) 0.000000
A(4, 2, 10) 0.000000
A(4, 2, 11) 0.000000
A(4, 2, 12) 0.000000
A(4, 2, 13) 0.000000
A(4, 2, 14) 0.000000
A(4, 2, 15) 0.000000
A(4, 2, 16) 0.000000
A(4, 2, 17) 0.000000
A(4, 2, 18) 0.000000
A(4, 2, 19) 0.000000
A(4, 2, 20) 0.000000
A(4, 2, 21) 0.000000
A(4, 2, 22) 0.000000
A(4, 2, 23) 0.000000
A(4, 2, 24) 0.000000
A(4, 3, 1) 0.000000
A(4, 3, 2) 0.000000
A(4, 3, 3) 0.000000
A(4, 3, 4) 0.000000
A(4, 3, 5) 0.000000
A(4, 3, 6) 0.000000
A(4, 3, 7) 0.000000
A(4, 3, 8) 0.000000
A(4, 3, 9) 0.000000
A(4, 3, 10) 0.000000
A(4, 3, 11) 0.000000

A(4, 3, 12)	0.000000	A(5, 1, 4)	0.000000	A(5, 2, 20)	0.000000
A(4, 3, 13)	0.000000	A(5, 1, 5)	0.000000	A(5, 2, 21)	0.000000
A(4, 3, 14)	0.000000	A(5, 1, 6)	1.000000	A(5, 2, 22)	0.000000
A(4, 3, 15)	0.000000	A(5, 1, 7)	0.000000	A(5, 2, 23)	0.000000
A(4, 3, 16)	0.000000	A(5, 1, 8)	0.000000	A(5, 2, 24)	0.000000
A(4, 3, 17)	0.000000	A(5, 1, 9)	0.000000	A(5, 3, 1)	0.000000
A(4, 3, 18)	0.000000	A(5, 1, 10)	0.000000	A(5, 3, 2)	0.000000
A(4, 3, 19)	0.000000	A(5, 1, 11)	0.000000	A(5, 3, 3)	0.000000
A(4, 3, 20)	0.000000	A(5, 1, 12)	0.000000	A(5, 3, 4)	0.000000
A(4, 3, 21)	0.000000	A(5, 1, 13)	0.000000	A(5, 3, 5)	0.000000
A(4, 3, 22)	0.000000	A(5, 1, 14)	0.000000	A(5, 3, 6)	0.000000
A(4, 3, 23)	1.000000	A(5, 1, 15)	0.000000	A(5, 3, 7)	0.000000
A(4, 3, 24)	0.000000	A(5, 1, 16)	0.000000	A(5, 3, 8)	0.000000
A(4, 4, 1)	0.000000	A(5, 1, 17)	0.000000	A(5, 3, 9)	0.000000
A(4, 4, 2)	0.000000	A(5, 1, 18)	0.000000	A(5, 3, 10)	0.000000
A(4, 4, 3)	0.000000	A(5, 1, 19)	0.000000	A(5, 3, 11)	1.000000
A(4, 4, 4)	0.000000	A(5, 1, 20)	0.000000	A(5, 3, 12)	0.000000
A(4, 4, 5)	0.000000	A(5, 1, 21)	0.000000	A(5, 3, 13)	0.000000
A(4, 4, 6)	0.000000	A(5, 1, 22)	0.000000	A(5, 3, 14)	0.000000
A(4, 4, 7)	0.000000	A(5, 1, 23)	0.000000	A(5, 3, 15)	0.000000
A(4, 4, 8)	0.000000	A(5, 1, 24)	0.000000	A(5, 3, 16)	0.000000
A(4, 4, 9)	0.000000	A(5, 2, 1)	0.000000	A(5, 3, 17)	0.000000
A(4, 4, 10)	0.000000	A(5, 2, 2)	0.000000	A(5, 3, 18)	0.000000
A(4, 4, 11)	0.000000	A(5, 2, 3)	0.000000	A(5, 3, 19)	0.000000
A(4, 4, 12)	0.000000	A(5, 2, 4)	0.000000	A(5, 3, 20)	0.000000
A(4, 4, 13)	1.000000	A(5, 2, 5)	0.000000	A(5, 3, 21)	0.000000
A(4, 4, 14)	0.000000	A(5, 2, 6)	0.000000	A(5, 3, 22)	0.000000
A(4, 4, 15)	0.000000	A(5, 2, 7)	0.000000	A(5, 3, 23)	0.000000
A(4, 4, 16)	0.000000	A(5, 2, 8)	0.000000	A(5, 3, 24)	0.000000
A(4, 4, 17)	0.000000	A(5, 2, 9)	0.000000	A(5, 4, 1)	1.000000
A(4, 4, 18)	0.000000	A(5, 2, 10)	0.000000	A(5, 4, 2)	0.000000
A(4, 4, 19)	0.000000	A(5, 2, 11)	0.000000	A(5, 4, 3)	0.000000
A(4, 4, 20)	0.000000	A(5, 2, 12)	0.000000	A(5, 4, 4)	0.000000
A(4, 4, 21)	0.000000	A(5, 2, 13)	1.000000	A(5, 4, 5)	0.000000
A(4, 4, 22)	0.000000	A(5, 2, 14)	0.000000	A(5, 4, 6)	0.000000
A(4, 4, 23)	0.000000	A(5, 2, 15)	0.000000	A(5, 4, 7)	0.000000
A(4, 4, 24)	0.000000	A(5, 2, 16)	0.000000	A(5, 4, 8)	0.000000
A(5, 1, 1)	0.000000	A(5, 2, 17)	0.000000	A(5, 4, 9)	0.000000
A(5, 1, 2)	0.000000	A(5, 2, 18)	0.000000	A(5, 4, 10)	0.000000
A(5, 1, 3)	0.000000	A(5, 2, 19)	0.000000	A(5, 4, 11)	0.000000

A(5, 4, 12) 0.000000
A(5, 4, 13) 0.000000
A(5, 4, 14) 0.000000
A(5, 4, 15) 0.000000
A(5, 4, 16) 0.000000
A(5, 4, 17) 0.000000
A(5, 4, 18) 0.000000
A(5, 4, 19) 0.000000
A(5, 4, 20) 0.000000
A(5, 4, 21) 0.000000
A(5, 4, 22) 0.000000
A(5, 4, 23) 0.000000
A(5, 4, 24) 0.000000
A(6, 1, 1) 0.000000
A(6, 1, 2) 0.000000
A(6, 1, 3) 0.000000
A(6, 1, 4) 0.000000
A(6, 1, 5) 0.000000
A(6, 1, 6) 1.000000
A(6, 1, 7) 0.000000
A(6, 1, 8) 0.000000
A(6, 1, 9) 0.000000
A(6, 1, 10) 0.000000
A(6, 1, 11) 0.000000
A(6, 1, 12) 0.000000
A(6, 1, 13) 0.000000
A(6, 1, 14) 0.000000
A(6, 1, 15) 0.000000
A(6, 1, 16) 0.000000
A(6, 1, 17) 0.000000
A(6, 1, 18) 0.000000
A(6, 1, 19) 0.000000
A(6, 1, 20) 0.000000
A(6, 1, 21) 0.000000
A(6, 1, 22) 0.000000
A(6, 1, 23) 0.000000
A(6, 1, 24) 0.000000
A(6, 2, 1) 0.000000
A(6, 2, 2) 0.000000
A(6, 2, 3) 0.000000

A(6, 2, 4) 0.000000
A(6, 2, 5) 0.000000
A(6, 2, 6) 0.000000
A(6, 2, 7) 0.000000
A(6, 2, 8) 0.000000
A(6, 2, 9) 0.000000
A(6, 2, 10) 0.000000
A(6, 2, 11) 0.000000
A(6, 2, 12) 0.000000
A(6, 2, 13) 1.000000
A(6, 2, 14) 0.000000
A(6, 2, 15) 0.000000
A(6, 2, 16) 0.000000
A(6, 2, 17) 0.000000
A(6, 2, 18) 0.000000
A(6, 2, 19) 0.000000
A(6, 2, 20) 0.000000
A(6, 2, 21) 0.000000
A(6, 2, 22) 0.000000
A(6, 2, 23) 0.000000
A(6, 2, 24) 0.000000
A(6, 3, 1) 0.000000
A(6, 3, 2) 0.000000
A(6, 3, 3) 0.000000
A(6, 3, 4) 0.000000
A(6, 3, 5) 0.000000
A(6, 3, 6) 0.000000
A(6, 3, 7) 0.000000
A(6, 3, 8) 0.000000
A(6, 3, 9) 0.000000
A(6, 3, 10) 0.000000
A(6, 3, 11) 1.000000
A(6, 3, 12) 0.000000
A(6, 3, 13) 0.000000
A(6, 3, 14) 0.000000
A(6, 3, 15) 0.000000
A(6, 3, 16) 0.000000
A(6, 3, 17) 0.000000
A(6, 3, 18) 0.000000
A(6, 3, 19) 0.000000

A(6, 3, 20) 0.000000
A(6, 3, 21) 0.000000
A(6, 3, 22) 0.000000
A(6, 3, 23) 0.000000
A(6, 3, 24) 0.000000
A(6, 4, 1) 1.000000
A(6, 4, 2) 0.000000
A(6, 4, 3) 0.000000
A(6, 4, 4) 0.000000
A(6, 4, 5) 0.000000
A(6, 4, 6) 0.000000
A(6, 4, 7) 0.000000
A(6, 4, 8) 0.000000
A(6, 4, 9) 0.000000
A(6, 4, 10) 0.000000
A(6, 4, 11) 0.000000
A(6, 4, 12) 0.000000
A(6, 4, 13) 0.000000
A(6, 4, 14) 0.000000
A(6, 4, 15) 0.000000
A(6, 4, 16) 0.000000
A(6, 4, 17) 0.000000
A(6, 4, 18) 0.000000
A(6, 4, 19) 0.000000
A(6, 4, 20) 0.000000
A(6, 4, 21) 0.000000
A(6, 4, 22) 0.000000
A(6, 4, 23) 0.000000
A(6, 4, 24) 0.000000

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Jakarta, 29 November 1990 anak dari pasangan ayahanda Alm. H. Sutiman dan Ibunda Hj. Sadikem. Penulis merupakan anak ketiga dari 3 (tiga) bersaudara. Penulis berasal dari Desa Pondok Karya, Kecamatan Pondok Aren, Kota Tangerang Selatan. Penulis menamatkan Sekolah Dasar di SDN Pondok Betung 02, Tangerang Selatan pada tahun 2002. Kemudian Penulis melanjutkan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 4 Ciputat, Tangerang Selatan pada tahun 2005. Selanjutnya Penulis menamatkan Sekolah Menengah Atas di SMAN 2 Ciputat, Tangerang Selatan pada tahun 2008 dan pada tahun yang sama di terima di Institut Pertanian Bogor (IPB) melalui jalur Undangan Seleksi Mauk IPB (USMI). Penulis memilih Bidang Konsentrasi Ergonomika dan Elektronika Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian. Pada Tahun 2011 penulis melaksanakan Praktik Lapang di PT. Perkebunan Nusantara (PTPN) IX, PG Tasikmadu, Karanganyar, Jawa Tengah dengan laporan Praktik Lapang yang berjudul **“Aspek Keteknikan dan K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) pada Proses Produksi Gula di PG Tasikmadu, Karanganyar, Jawa Tengah”**.

Pada tahun 2012 penulis menamatkan S1 dan memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian, dengan judul skripsi **“Analisis Desain Gagang Cangkul berdasarkan Antropometri Petani dan Beban Kerja Penggunaanya pada Lahan Sawah di Kecamatan Wedung, Demak, Jawa Tengah”**. Pada Tahun 2016 Penulis diterima di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Penulis memilih Program Magister Bidang Keahlian Ergonomika dan Keselamatan Industri, Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri. Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Magister Teknik, penulis menyelesaikan thesis dengan judul **“Model Penjadwalan Calon Tenaga Dokter (Dokter Muda/KOAS) Mempertimbangkan Faktor Ergonomi di Rumah Sakit Pendidikan”** dibawah bimbingan Dr. Ir. Sri Gunani Partiw, M.T dan Prof. Ir. Budi Santosa, M.S., Ph.D.