



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS PENGARUH SUHU RUANGAN DAN INTENSITAS
PENCAHAYAAN TERHADAP KECEPATAN RESPON,
KONSENTRASI DAN TINGKAT STRESS PADA SISWA
SEKOLAH DASAR**

SKRIPSI

**FELITA ERSALINA SAMARA PANE
0806319513**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS PENGARUH SUHU RUANGAN DAN INTENSITAS
PENCAHAYAAN TERHADAP KECEPATAN RESPON,
KONSENTRASI DAN TINGKAT STRESS PADA SISWA
SEKOLAH DASAR**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**FELITA ERSALINA SAMARA PANE
0806319513**

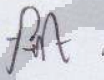
**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Felita Ersalina Samara Pane

NPM : 0806319513

Tanda tangan : 

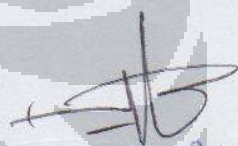
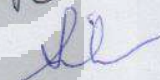

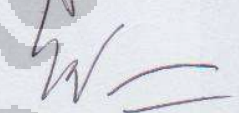
Tanggal : Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Felita Ersalina Samara Pane
NPM : 0806319513
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Suhu Ruangan dan Intensitas
Pencahayaannya terhadap Kecepatan Respon,
Konsentrasi, dan Tingkat Stress pada Siswa
Sekolah Dasar

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Erlinda Muslim. MEE., ()
Penguji : Ir. Djoko Sihono Gabriel M.T ()
Penguji : Prof. Dr. Ir. Teuku Yuri M. Zagloel ()
M.Eng.Sc.
Penguji : Ir. Yadrifil, M.Sc ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur marilah kita panjatkan kehadirat Allah swt. Atas segala limpahan rezeki, nikmat dan naungan kasih sayang-Nya kepada kita semua yang tidak pernah terputus sampai akhir zaman. Salah satu rezeki yang diberikan-Nya adalah kemudahan dan kekuatan yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik hingga selesai. Penelitian ini disusun dalam rangka memenuhi syarat dalam menyelesaikan Progam Pendidikan Sarjana di Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia. Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menyadari betapa banyaknya bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

- Ir. Erlinda Muslim, MEE., selaku dosen pembimbing atas segala kesabarannya dalam membimbing saya selama mengerjakan tugas akhir ini.
- Ir. Boy Nurtjahyo, MSIE., selaku dosen pembimbing ergonomi atas pengarahan yang diberikan dalam penelitian ini.
- Arian Dhini, ST, MT, selaku dosen statistik atas bimbingannya selama penulis mengalami kesulitan dalam mengerjakan tugas akhir ini
- Orang tua dan segenap anggota keluarga penulis: Ayahanda Ir. Sjamsul Rizal Nur Pane, Ibunda Ii Siti Fatimah, serta Adik-adik saya, Dian Lupita Pane dan Nadia Shahnaz Pane yang telah memotivasi, menghibur, dan mendukung saya selama ini.
- Alm. Bapak Sugito, selaku Kepala Sekolah SDN Pondok Cina 1 atas izin dan saran yang diberikan kepada penulis dalam penelitian ini.
- Ibu Maimunah, selaku Wali Kelas 4 SD Pondok Cina 1 atas bantuan yang diberikan selama penulis melakukan pengambilan data dalam penelitian ini.
- Rekan bimbingan skripsi saya, yaitu Asseta Kadar, Nurintan Nauli, Meilinda, Ivan, Adissa, dan Steffi Link atas kerja samanya selama penelitian ini.
- Teman-teman kuliah saya, terutama Asseta Kadar, Laisha Tatia, Sonya Clarissa, Vanessa Janette, Nurintan Nauli serta Florence Dhalia yang memberikan dukungan dan bantuan selama penulis mengalami kesulitan

- Raden Yoga Prawiranegara yang telah memberikan dukungan, semangat, dan bantuan selama penulis mengerjakan skripsi ini. Terima kasih untuk senyum, dukungan, dan perhatiannya.
- Teman-teman Teknik Industri Universitas Indonesia angkatan 2008, atas kebersamaan dan bantuannya selama penulis menjalani masa kuliah
- Prof. Dr. Ir. T. Yuri M. Zagloel, MEng.Sc., selaku Ketua Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia.
- Dr. Akhmad Hidayatno ST,MBT., selaku dosen pembimbing akademis atas perhatiannya selama masa perkuliahan di Teknik Industri Universitas Indonesia
- Seluruh dosen Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia atas bantuannya selama masa perkuliahan yang telah dijalani di Teknik Industri.
- Seluruh karyawan Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia atas bantuan dalam pengurusan dokumen dan penggunaan *software*.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karenanya, penulis sangat terbuka atas kritik maupun saran yang sangat diperlukan untuk menyempurnakan laporan akhir ini. Melalui laporan akhir ini, penulis sangat berharap bahwa laporan akhir ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya. Terima Kasih.

Depok, Juni 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Felita Ersalina Samara Pane

NPM : 0806319513

Program Studi : Teknik Industri

Departemen : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Analisis Pengaruh Suhu Ruangan dan Intensitas Pencahayaan terhadap
Kecepatan Respon, Konsentrasi dan Tingkat Stress pada Siswa Sekolah
Dasar**

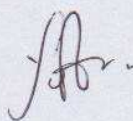
berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : Juni 2012

Yang Menyatakan



(Felita Ersalina Samara Pane)

ABSTRAK

Nama : Felita Ersalina Samara Pane
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Analisis Pengaruh Suhu Ruangan dan Intensitas Pencahayaan terhadap Kecepatan Respon, Konsentrasi dan Tingkat Stress pada Siswa Sekolah Dasar

Suhu ruangan dan intensitas pencahayaan merupakan beberapa faktor lingkungan kerja fisik yang berpengaruh terhadap performa kerja dan beban mental manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu ruangan dan intensitas pencahayaan terhadap performa kognitif, (kecepatan respon dan konsentrasi), serta beban mental (tingkat stress) siswa sekolah dasar. Metode desain eksperimen faktorial digunakan dalam penelitian ini, dimana setiap faktor memiliki tiga level yang diujikan yaitu 21°C, 25°C, dan 29°C untuk suhu ruangan dan 50 lux, 150 lux, dan 300 lux untuk intensitas pencahayaan. Penelitian ini menghasilkan bahwa suhu ruangan dan intensitas pencahayaan berpengaruh signifikan terhadap performa kognitif dan tingkat stress pada siswa sekolah dasar.

Kata Kunci:

Ergonomi, Performa Kognitif, Desain Eksperimen, Suhu Ruangan, Intensitas Pencahayaan, Siswa Sekolah Dasar

ABSTRACT

Name : Felita Ersalina Samara Pane
Study Program : Industrial Engineering
Title : An Analysis of The Effect of Room Temperature and Light Intensity on Speed of Response, Concentration and Stress Levels in Elementary School Students

Room temperature and light intensity are some of the physical work environment factors that affect work performance and human work load. This study aims to determine the effect of room temperature and light intensity on cognitive performance, (speed of response and concentration), and mental load, (the stress levels) of elementary school students. Factorial experimental design method used in this study, in which each factor has three levels to be tested, specifically 21°C, 25°C, and 29°C to room temperature and 50 lux, 150 lux and 300 lux for the light intensity. This study resulted that room temperature and light intensity are significantly affect on cognitive performance and stress levels in elementary school students.

Keywords:

Ergonomic, Cognitive Performance, Design of Experiments, Room Temperature, Light Intensity, Elementary School Students.

DAFTAR ISI

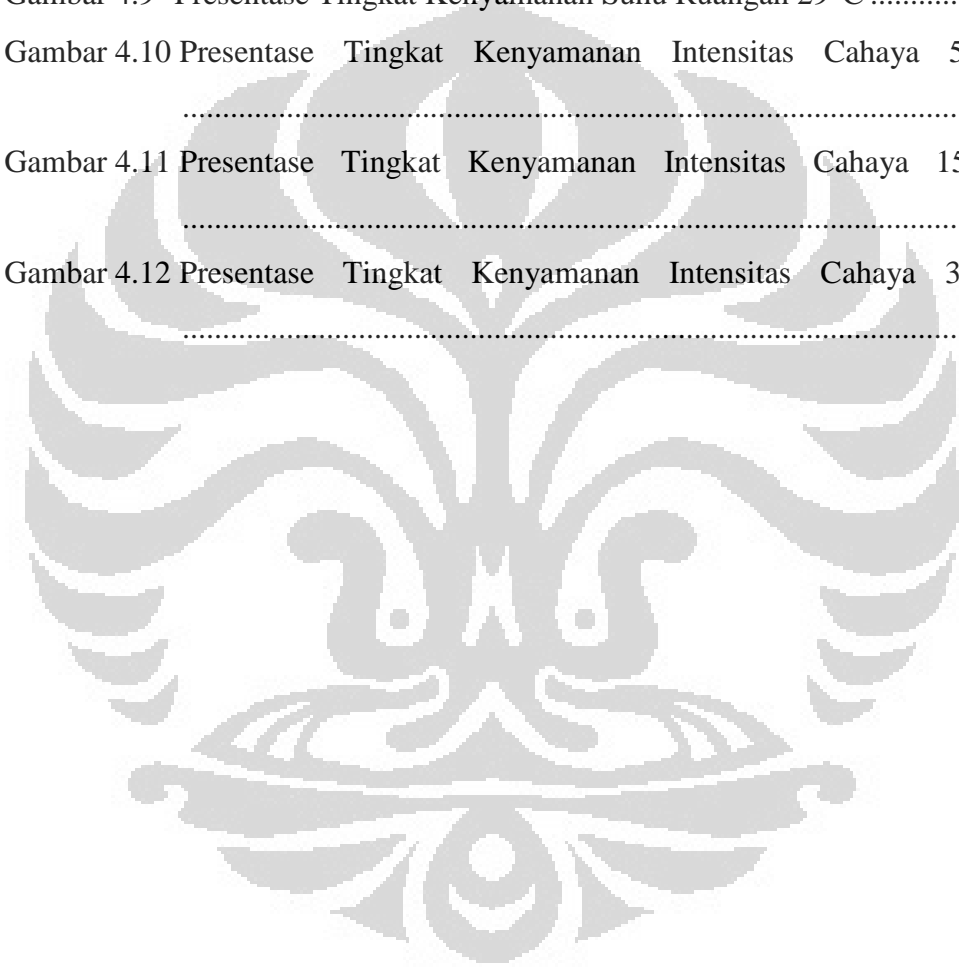
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS... Error! Bookmark not defined.	
HALAMAN PENGESAHAN..... Error! Bookmark not defined.	
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah.....	4
1.3 Rumusan Permasalahan.....	6
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Batasan Penelitian	6
1.6 Metodologi Penelitian	7
1.7 Sistematika Penulisan.....	10
BAB 2 DASAR TEORI.....	12
2.1 Ergonomi	12
2.2 Ergonomi dan Lingkungan Fisik.....	13
2.3 Pencahayaan atau Penerangan.....	14
2.3.1 Pencahayaan Alami	14
2.3.2 Pencahayaan Buatan.....	16
2.3.3 Pencahayaan Bidang Kerja.....	18
2.4 Suhu Ruangan	19
2.5 Temperatur Badan	19
2.6 Pertukaran Kalor Dengan Lingkungan.....	19
2.7 Kenyamanan Suhu (<i>Thermal Comfort</i>).....	21
2.7.1 Dasar fisiologi suatu kenyamanan.....	21
2.7.2 Efek samping dari ketidaknyamanan	22
2.7.3 Daerah temperatur secara fisiologi.....	22
2.7.4 Rentang temperatur yang nyaman.....	22
2.8 Beban Kerja Mental	23
2.8.1 Mengukur Beban Kerja	23
2.8.2 Pengukuran Beban Kerja.....	24
2.9 Pengertian stress.....	25
2.9.1 Stress dan Pengukuran denyut jantung.....	26
2.10 Performa Kognitif	27
2.10.1 Proses Kognitif.....	28
2.11 Design and Analysis of Experiments (DOE)	29
2.11.1 Tujuan Design and Analysis of Experiments.....	29
2.11.2 Prinsip Dasar Dalam Design of Experiments.....	29
2.11.3 Langkah-langkah Percobaan	31
2.12 Hipotesis Penelitian.....	32

2.12.1 Uji Normal Data	33
2.12.2 Uji Homogenitas Varians	33
2.12.3 Post Hoc	34
BAB 3 METODOLOGI.....	36
3.1 Pengumpulan Data	36
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	36
3.3 Populasi Penelitian	37
3.4 Perancangan Penelitian	37
3.5 Sampel	37
3.6 Pengambilan Data	38
3.6.1 Tahap I.....	38
3.6.2 Tahap 2.....	38
3.7 Sumber Data	43
3.8 Jenis Variabel	43
3.8.1 Variabel Bebas	43
3.8.2 Variabel Terikat.....	44
3.9 Instrumen dan Alat-Alat penelitian	44
3.10 Pengolahan Data.....	44
BAB 4 PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS.....	53
4.1 Karakteristik Responden	53
4.2 Pengolahan Data untuk Kecepatan Respon.....	55
4.2.1 Data Awal untuk Kecepatan Respon.....	55
4.2.2 Uji Normalitas	57
4.2.3 Data Transformasi Logaritma	58
4.2.4 Uji Homogenitas Varians	60
4.2.5 Analisis Pengaruh Suhu Ruang dan Intensitas Pencahayaan terhadap Kecepatan Respon	60
4.2.6 Analisis uji <i>Post-Hoc</i> (Uji Lanjutan)	62
4.3 Pengolahan Data Untuk Konsentrasi.....	63
4.3.1 Uji Normalitas	65
4.3.2 Uji hipotesis.....	67
4.4 Pengolahan Data Untuk Tingkat Stress.....	68
4.4.1 Uji Normalitas	70
4.4.2 Uji Homogenitas Varians	72
4.4.3 Analisis Pengaruh Suhu Ruang dan Intensitas Pencahayaan terhadap Tingkat Stress	73
4.4.4 Analisis uji <i>Post-Hoc</i> (Uji Lanjutan).....	74
4.5 Pengolahan Data Kuesioner	77
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	81
5.1 Kesimpulan.....	81
5.2 Saran.....	82
DAFTAR REFERENSI	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram Keterkaitan Masalah	5
Gambar 1.2	Diagram Alir Metodologi Penelitian	10
Gambar 2.1	Lampu pijar dan Diagram Alir Energi Lampu Pijar	17
Gambar 2.2	Lampu halogen tungsten	18
Gambar 2.3	Lampu Neon	18
Gambar 2.4	Grafik Meningkatnya Denyut Jantung yang Berhubungan dengan Berbagai Macam Kondisi Kerja	26
Gambar 2.5	Denyut Jantung dari dua kondisi kerja yang berbeda	27
Gambar 3.1	Diagram Alir Pengambilan Data	40
Gambar 3.2	Tampilan Awal Percobaan Tes <i>Psychophysics</i> di Software Design Tools Versi 4.0	41
Gambar 3.3	Tampilan Tes <i>Psychophysics</i> setelah di <i>print</i>	42
Gambar 3.4	Tampilan cara menjawab Tes <i>Psychophysics</i>	43
Gambar 3.5	Membuat <i>Template</i> Desain Faktorial	45
Gambar 3.6	Mendefinisikan Nama Faktor dan Jumlah Level	46
Gambar 3.7	Mendefinisikan Tipe dan Nama Level	46
Gambar 3.8	<i>Univariate General Linear Model</i>	48
Gambar 3.9	<i>Post-hoc Test Multiple Comparisons</i>	49
Gambar 3.10	<i>Template</i> Awal Uji Kruskal-Wallis	50
Gambar 3.11	Mendefinisikan <i>Range</i> Sampel Independen untuk Suhu Ruangan	51
Gambar 3.12	Mendefinisikan <i>Range</i> Sampel Independen untuk Intensitas Pencahayaan	52
Gambar 4.1	Histogram Persebaran Frekuensi Uji Kognitif pada Kecepatan Respon	58
Gambar 4.2	Histogram Persebaran Frekuensi Uji Kognitif Transformasi Logaritma pada Kecepatan Respon	59
Gambar 4.3	Test Homogenitas Varians Data Transformasi Logaritma untuk Kecepatan Respon	60

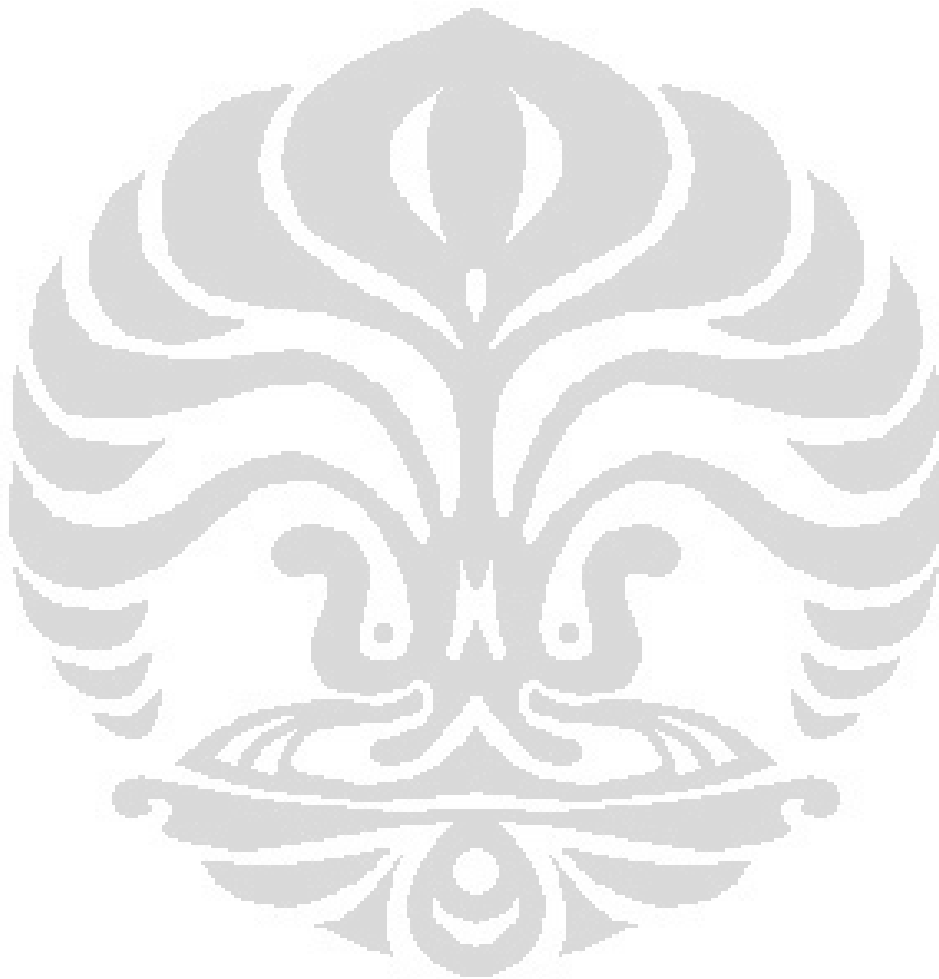
Gambar 4.4	Scatter Plot Regresi Residual untuk Konsentrasi	66
Gambar 4.5	Histogram Persebaran Frekuensi Uji Kognitif Transformasi Logaritma untuk Tingkat Stress.....	71
Gambar 4.6	Test Homogenitas Varians Data Transformasi Logaritma untuk Tingkat Stress	72
Gambar 4.7	Presentase Tingkat Kenyamanan Suhu Ruangan 21°C	77
Gambar 4.8	Presentase Tingkat Kenyamanan Suhu Ruangan 25°C	78
Gambar 4.9	Presentase Tingkat Kenyamanan Suhu Ruangan 29°C	78
Gambar 4.10	Presentase Tingkat Kenyamanan Intensitas Cahaya 50 Lux	79
Gambar 4.11	Presentase Tingkat Kenyamanan Intensitas Cahaya 150 Lux	79
Gambar 4.12	Presentase Tingkat Kenyamanan Intensitas Cahaya 300 lux	80



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Contoh Hasil Uji Normal dengan <i>Descriptive Statistics</i>	33
Tabel 3.1	Kombinasi Faktor Suhu Ruangan dan Intensitas Pencahayaan	39
Tabel 3.2	Input Data Kecepatan Respon pada <i>Worksheet Minitab 16</i>	47
Tabel 4.1	Data Karakteristik Responden	54
Tabel 4.2	Deskripsi Statistik Karakteristik Responden	55
Tabel 4.3	Total Rekapitulasi Data Kecepatan Respon.....	55
Tabel 4.4	Total Rekapitulasi Data Kecepatan Respon (sambungan).....	56
Tabel 4.5	Uji Normalitas Data Total untuk Kecepatan Respon.....	57
Tabel 4.6	Uji Normalitas Data Total Transformasi Logaritma untuk Kecepatan Respon	58
Tabel 4.7	Uji Normalitas Data tiap Kombinasi Transformasi Logaritma pada Kecepatan Respon.....	59
Tabel 4.8	ANOVA Desain Faktorial Faktor Suhu Ruangan dan Intensitas Pencahayaan terhadap Kecepatan Respon	61
Tabel 4.9	<i>Post-Hoc test</i> Faktor Suhu Ruangan terhadap Kecepatan Respon ..	62
Tabel 4.10	<i>Post-Hoc test</i> Faktor Intensitas Pencahayaan terhadap Kecepatan Respon	63
Tabel 4.11	Total Rekapitulasi Data Hasil Uji Konsentrasi.....	64
Tabel 4.12	Total Rekapitulasi Data Hasil Uji Konsentrasi (sambungan).....	65
Tabel 4.13	Uji Normalitas Data Total untuk Konsentrasi	66
Tabel 4.14	Pengujian Kruskal-Wallis Faktor Suhu Ruangan terhadap Konsentrasi	67
Tabel 4.15	Pengujian Kruskal-Wallis Faktor Intensitas Pencahayaan terhadap Konsentrasi	68
Tabel 4.16	Total Rekapitulasi Data Tingkat Stress	69
Tabel 4.17	Total Rekapitulasi Data Tingkat Stress (sambungan).....	70
Tabel 4.18	Uji Normalitas Data Total untuk Tingkat Stress	71
Tabel 4.19	Uji Normalitas Data Total untuk Tingkat Stress	72
Tabel 4.20	ANOVA Desain Faktorial Faktor Suhu Ruangan dan Intensitas Pencahayaan terhadap Tingkat Stress.....	73

Tabel 4.21	<i>Post-Hoc test</i> Faktor Suhu Ruangan terhadap Tingkat Stress	75
Tabel 4.22	<i>Post-Hoc test</i> Faktor Intensitas Pencahayaan terhadap Tingkat Stress	76



BAB 1

PENDAHULUAN

Penyusunan BAB 1 ini memberikan penjelasan tentang latar belakang mengapa penelitian ini dilakukan, tujuan-tujuan yang ingin dicapai dari beberapa permasalahan yang ada, dan tidak menutup kemungkinan ada faktor-faktor yang membatasi penelitian ini. Selain itu juga, dijelaskan mengenai metode penelitian untuk menggambarkan langkah-langkah dalam proses melakukan penelitian, dan sistematika penulisan untuk memudahkan penelitian.

1.1 Latar Belakang

Berkaitan dengan ilmu ergonomi, di dalam lingkungan kerja, manusia mempunyai peranan sentral dimana manusia sebagai perencana dan perancang suatu sistem kerja dan harus berinteraksi dengan sistem untuk dapat mengendalikan proses yang sedang berlangsung pada sistem kerja secara keseluruhan. Namun, tingkah laku kerja manusia tidak dapat dilakukan hanya dengan memahami kondisi fisik manusia saja, namun keadaan lingkungan fisik juga perlu diperhitungkan untuk mengetahui produktivitas dari performa manusia (Nurmianto E., 2008).

Lingkungan fisik di suatu ruangan yang dimaksud bisa berupa temperatur, pencahayaan, dan kebisingan. Lingkungan fisik yang tidak sesuai dengan kenyamanan manusia tentunya akan mengganggu aktivitas yang mereka lakukan. Suhu ruangan yang terlalu dingin bisa membuat mengantuk, dan suhu ruangan yang panas dapat menurunkan tingkat konsentrasi. Pencahayaan yang kurang memadai tentunya menjadi hambatan meningkatkan waktu pemrosesan pembuatan keputusan dalam mengerjakan sesuatu yang berhubungan dengan kegiatan visual (Nurmianto E., 2008).

Suhu tubuh manusia cenderung berfluktuasi setiap saat. Untuk mempertahankan suhu tubuh manusia dalam keadaan konstan, diperlukan regulasi suhu tubuh. Suhu tubuh manusia diatur dengan mekanisme umpan balik yang diperankan oleh pusat pengaturan suhu di hipotalamus. Apabila pusat temperatur

hipotalamus mendeteksi suhu tubuh yang terlalu panas, tubuh akan melakukan mekanisme umpan balik. Mekanisme umpan balik ini terjadi bila suhu inti tubuh telah melewati batas toleransi tubuh untuk mempertahankan suhu, yang disebut titik tetap (*set point*). Titik tetap tubuh dipertahankan agar suhu tubuh inti konstan pada 37°C. Apabila suhu tubuh meningkat lebih dari titik tetap, hipotalamus akan merangsang untuk melakukan serangkaian mekanisme untuk mempertahankan suhu dengan cara menurunkan produksi panas dan meningkatkan pengeluaran panas sehingga suhu kembali pada titik tetap (*Human Thermal Environment, 2002*).

Rentang kenyamanan suhu udara untuk orang Indonesia adalah 24.9 hingga 28.0. Standar kenyamanan termis di Indonesia yang berpedoman pada standar Amerika [ANSI/ASHRAE 55-1992]. Akan tetapi standar kenyamanan termis dari *ASHRAE* memperlihatkan angka yang lebih rendah dari hasil penelitian di Jakarta, hal ini disebabkan karena standar *ASHRAE* dirumuskan dari hasil penelitian di Negara beriklim sedang dengan *sample* sebagian besar orang Eropa dan Amerika Utara (Karyono, 2001).

Menurut Standar Nasional Indonesia SNI 03-6575-2001 mengenai Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung. Pencahayaan merupakan salah satu faktor untuk mendapatkan keadaan lingkungan yang aman dan nyaman dan berkaitan erat dengan produktivitas manusia. Pencahayaan yang baik memungkinkan orang dapat melihat objek-objek yang dikerjakannya secara jelas dan cepat. Satuannya adalah lux (1 lm/m^2), dimana lm adalah lumens atau lux cahaya.

Intensitas penerangan yang dibutuhkan, ditentukan berdasarkan jenis dan sifat pekerjaan yang dilakukan. Semakin tinggi tingkat ketelitian suatu pekerjaan maka akan semakin besar kebutuhan intensitas penerangannya. 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. Faktor yang berpengaruh pada kualitas pengelihatannya adalah sifat cahaya dan sifat lingkungan kerja.

Upaya mata yang melelahkan menjadi penyebab kelelahan mental. Gejala meliputi sakit kepala, penurunan kemampuan intelektual, daya konsentrasi dan kecepatan berpikir. Namun, kenyataannya tidak semua bangunan memenuhi standar yang sudah ditetapkan, salah satunya pada kasus ruang kelas siswa Sekolah Dasar (Corwin, 2001).

Studi berupa penelitian untuk mengetahui pengaruh suhu ruangan dan intensitas pencahayaan terhadap performa manusia sudah banyak diteliti, terutama di lingkungan kantor dan pabrik, dimana faktor lingkungan fisik seperti temperatur, kebisingan, dan pencahayaan menjadi faktor utama yang mempengaruhi performa para pekerja. Pada lingkungan kerja khususnya ruangan kantor, peningkatan temperatur menurunkan performa kerja manusia (Olli Seppanen, 2006). Selain itu, anak – anak lebih rentan terhadap kondisi lingkungan dibandingkan dengan orang dewasa (Wyon dan Wargocki, 2007)

Performa dari suatu sistem seringkali dibatasi oleh karakteristik manusia, diantaranya adalah waktu pemrosesan suatu informasi, daya ingat jangka pendek, dan kewaspadaan. Oleh karena itu, selain sebuah *display* atau alat peraga, ataupun berbagai macam fasilitas kerja lainnya, terdapat waktu (periode) yang dibutuhkan untuk mengambil suatu keputusan dimana seringkali disebut oleh kecepatan respon manusia. (Nurmianto E., 2008).

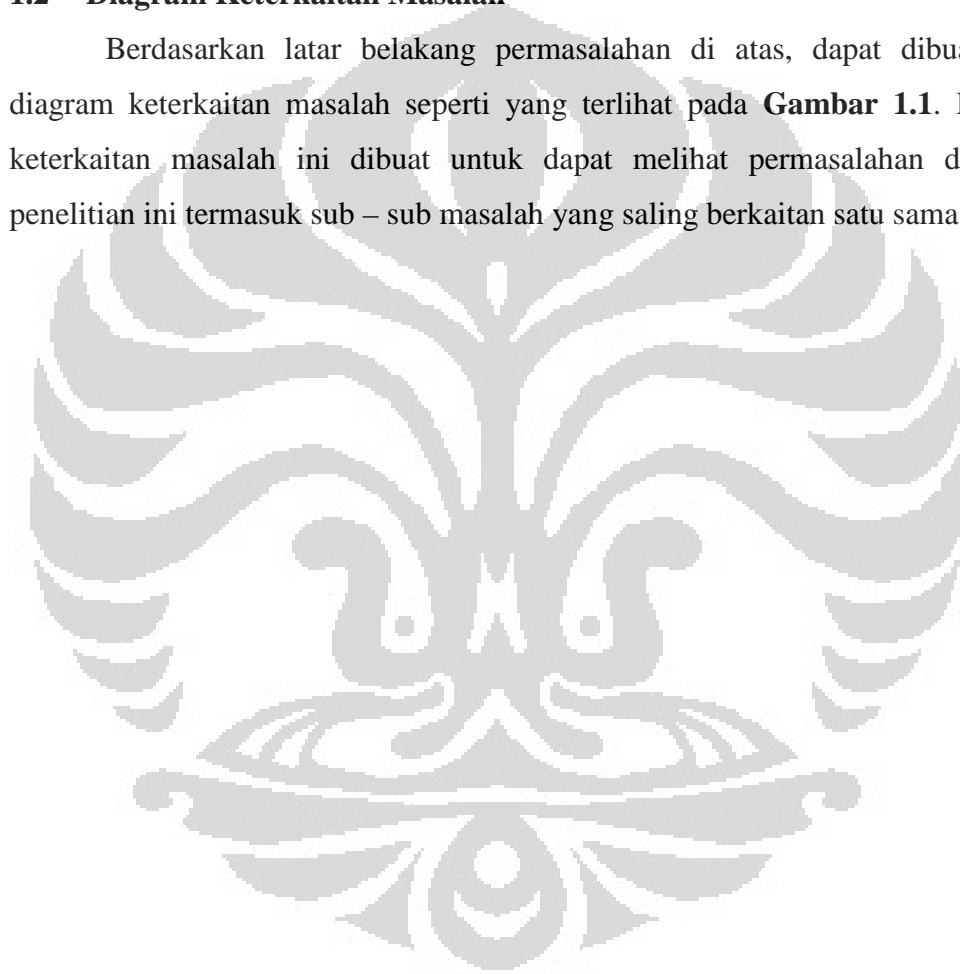
Selain dari performa kognitif manusia, beban kerja yang diberikan juga menjadi salah satu hal yang harus diperhatikan untuk mendesain suatu lingkungan kerja yang ergonomi. Ketika manusia dihadapkan pada suatu pekerjaan, maka kemampuan kognitif lah yang bekerja untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. Kemampuan kognitif ini sangat berhubungan dengan beban kerja mental, dimana otak lah yang menjadi pusat dari segalanya. Jika aktivitas kerja mental tidak didukung dengan lingkungan fisik yang memadai, maka akan terjadi tekanan pada manusia yang bisa diukur melalui detak jantung. Banyak cara yang dapat digunakan untuk mengukur beban kerja mental dan kemampuan kognitif diantaranya adalah mengukur kecepatan respon, konsentrasi, dan kemampuan

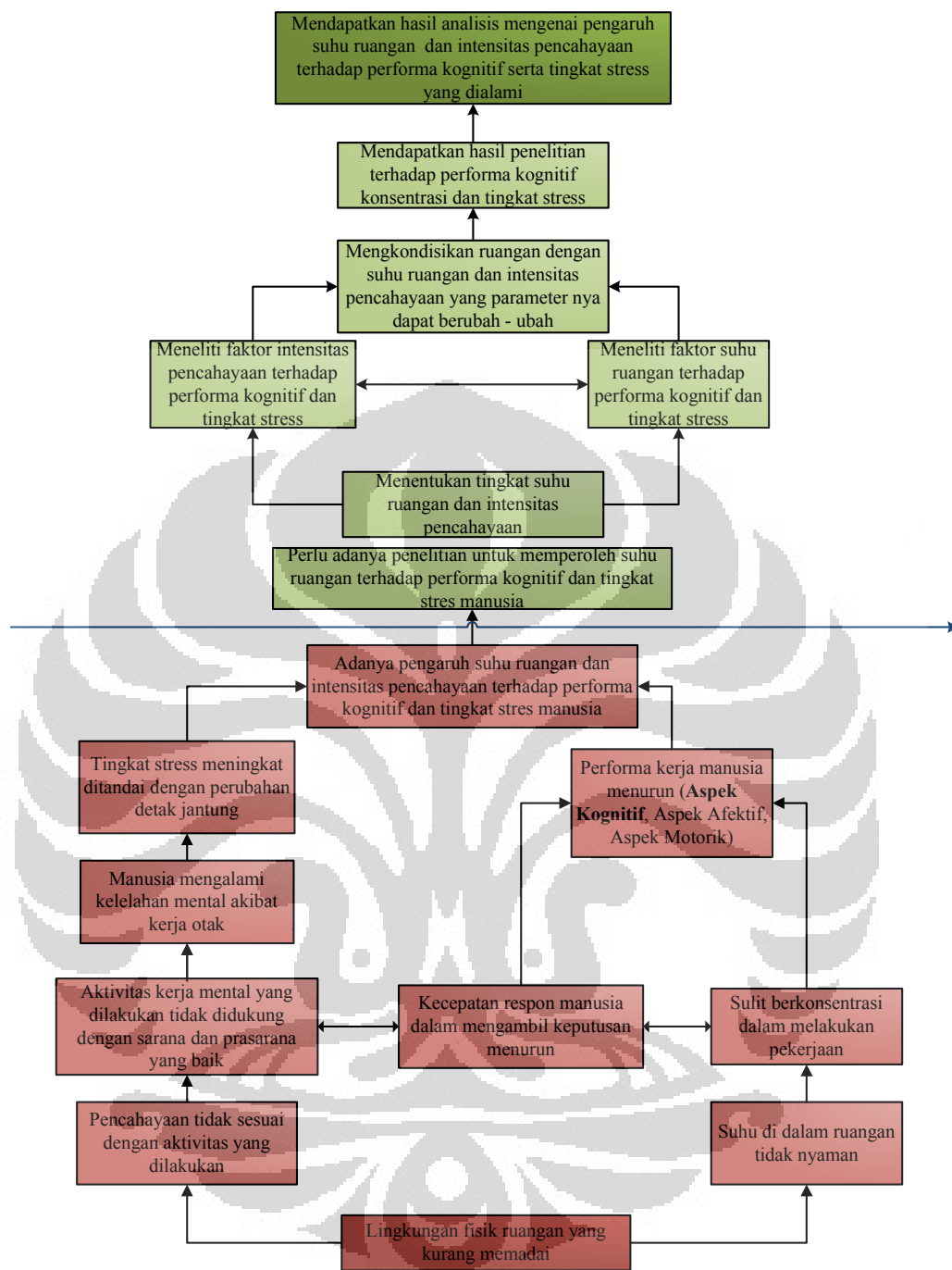
mengingat jangka panjang dan jangka pendek (Joe C. Canas, *Human Factor and Ergonomics*)

Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh suhu ruangan dan intensitas pencahayaan pada ruangan yang telah dikondisikan terhadap performa kognitif yaitu kecepatan respons dan konsentrasi dan tingkat stress yang diukur dengan indicator detak jantung para siswa Sekolah Dasar berumur 9-10 tahun.

1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, dapat dibuat suatu diagram keterkaitan masalah seperti yang terlihat pada **Gambar 1.1**. Diagram keterkaitan masalah ini dibuat untuk dapat melihat permasalahan di dalam penelitian ini termasuk sub – sub masalah yang saling berkaitan satu sama lain.





Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah

1.3 Rumusan Permasalahan

Terdapat beberapa faktor lingkungan fisik yang berinteraksi terhadap kenyamanan kerja. Namun, penelitian yang akan dilakukan ini hanya menguji dua dari beberapa faktor tersebut yakni suhu ruangan dan intensitas pencahayaan. Untuk mengetahui apakah benar bahwa lingkungan fisik mempengaruhi kenyamanan kerja, maka akan dilakukan penelitian dengan mengukur kedua faktor tersebut terhadap variabel dependen, dimana variabel dependennya adalah kecepatan respon, konsentrasi, dan tingkat stress.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian adalah untuk memperoleh suhu ruangan dan intensitas pencahayaan yang sesuai terhadap aktivitas yang dilakukan oleh siswa dengan mengukur performa kognitif (kecepatan respon dan konsentrasi) siswa sekolah Dasar dan seberapa besar tingkat stress yang dialami dengan mencobakan level tingkat temperatur dan pencahayaan yang sudah ditentukan sebelumnya.

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini hanya meneliti kemampuan kognitif para siswa di Sekolah Dasar di sekitar Depok saja. Hal ini dikarenakan ada keterbatasan dari segi materi dan perizinan.

1. Penelitian lebih berfokus kepada performa kognitif yakni kecepatan respon dan konsentrasi serta tingkat stress siswa Sekolah Dasar dalam yang berkaitan dengan lingkungan fisik berupa suhu ruangan dan intensitas pencahayaan
2. Hanya pencahayaan buatan yaitu lampu pijar yang diteliti
3. Penelitian untuk mengetahui pengaruh suhu ruangan dan intensitas pencahayaan hanya dilakukan pada laboratorium di Teknik Industri UI
4. Penelitian hanya menggunakan tiga level pada masing-masing faktornya
5. Warna dinding tidak dimasukkan ke dalam variabel yang mempengaruhi pencahayaan buatan
6. Penelitian dilakukan hanya terhadap siswa Sekolah Dasar yang berumur 9 – 10 tahun dengan jenis kelamin yang diacak setiap kombinasinya.

7. Pengolahan data hanya menggunakan *software* Minitab 16 dan SPSS 17

1.6 Metodologi Penelitian

Secara umum, tahapan – tahapan metodologi penelitian adalah sebagai berikut :

1. Tahap Persiapan Penelitian

Secara umum, persiapan awal penelitian dilakukan dengan mengidentifikasi masalah terlebih dahulu, lalu menentukan perumusan masalah yang akan diteliti lebih dalam. Setelah itu, untuk menguatkan penelitian ini, maka dicarilah landasan teori yang sudah ada sebelumnya. Dengan adanya rumusan permasalahan dan landasan teori, maka bisa menentukan tujuan yang ingin dicapai pada akhir penelitian ini.

2. Tahap Penelitian Awal

Metode pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan mengajukan perizinan ke Sekolah Dasar yang akan diteliti, setelah mendapatkan perizinan maka dapat melakukan observasi langsung ke Sekolah Dasar tersebut. Setelah melakukan observasi, maka ditentukan parameter apakah yang paling berpengaruh terhadap performa kognitif siswa yakni kecepatan respond an konsentrasi dan tingkat stress. Setiap parameter nya ditentukan kembali level-levelnya setelah itu dirancang sebuah eksperimen yang sudah ditentukan sebelumnya.

3. Tahap Metodologi Penelitian

Pada tahap ini yang dilakukan adalah melakukan pengumpulan data perancangan eksperimen. Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan siswa Sekolah Dasar yang akan melakukan percobaan di ruangan *sound room* dengan level suhu ruangan dan intensitas pencahayaan yang diubah – ubah. Di dalam ruangan tersebut, para siswa diukur performa dengan suatu *software design tools* untuk menguji kemampuan kognitif siswa, selain itu pengukuran tekanan darah dan detak jantung juga diambil pada saat ini untuk mengetahui tingkat stress responden. Setelah didapatkan data yang cukup maka data tersebut diinput

dengan bantuan *software* statistik yaitu Minitab 16 dan SPSS 17. Tahapan input data dan pengolahan data akan dijelaskan pada bab ini.

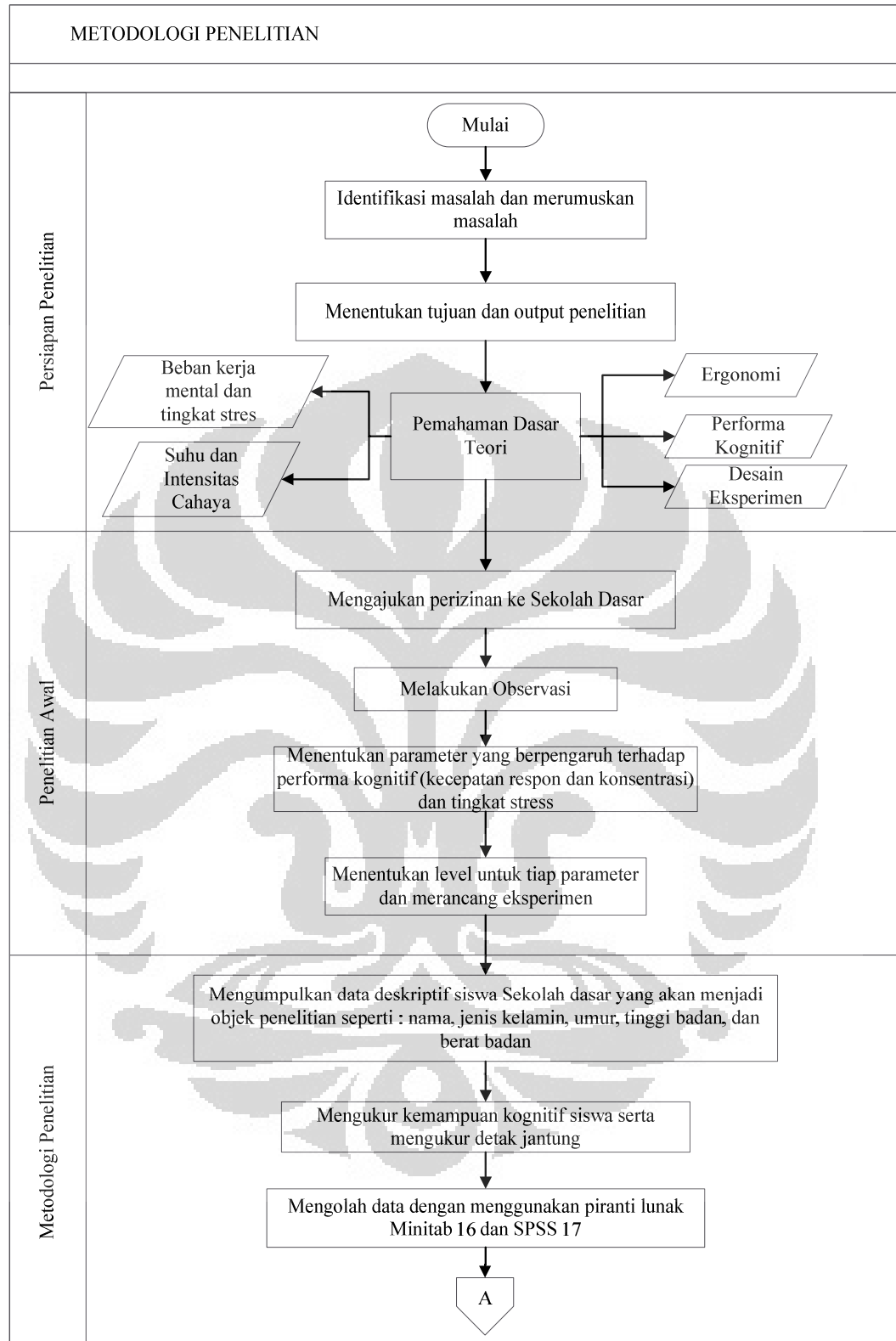
4. Tahap Pengolahan data dan Analisis

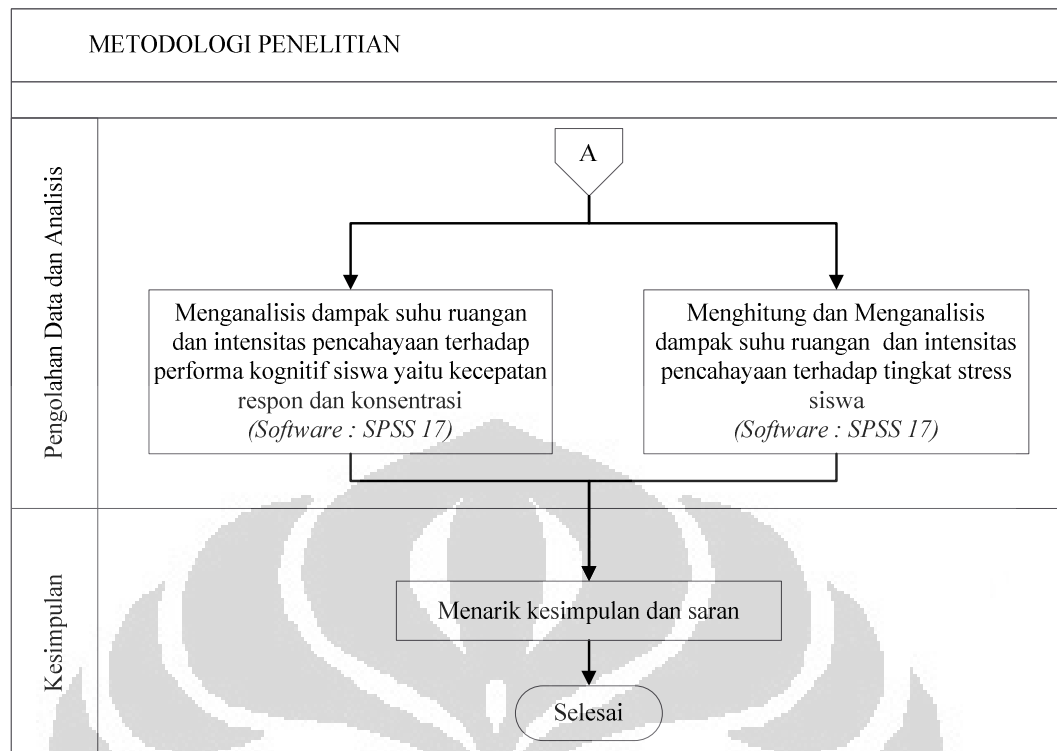
Tahap pengolahan data dan analisis dilakukan setelah pengumpulan data selesai dilakukan. Hasil ini nantinya akan menjadi usulan untuk perancangan ruang kelas yang lebih ergonomis dilihat dari faktor lingkungan fisik yaitu suhu ruangan dan intensitas pencahayaan.

5. Tahap Kesimpulan

Pada tahap ini akan dijelaskan tentang keseluruhan hasil penelitian yang dapat digunakan untuk pihak yang terkait.







Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

Secara garis besar penulisan penelitian ini terbagi ke dalam lima bab, yaitu: pendahuluan, landasan teori, pengumpulan data dan perancangan eksperimen, pengolahan data dan analisis, dan kesimpulan.

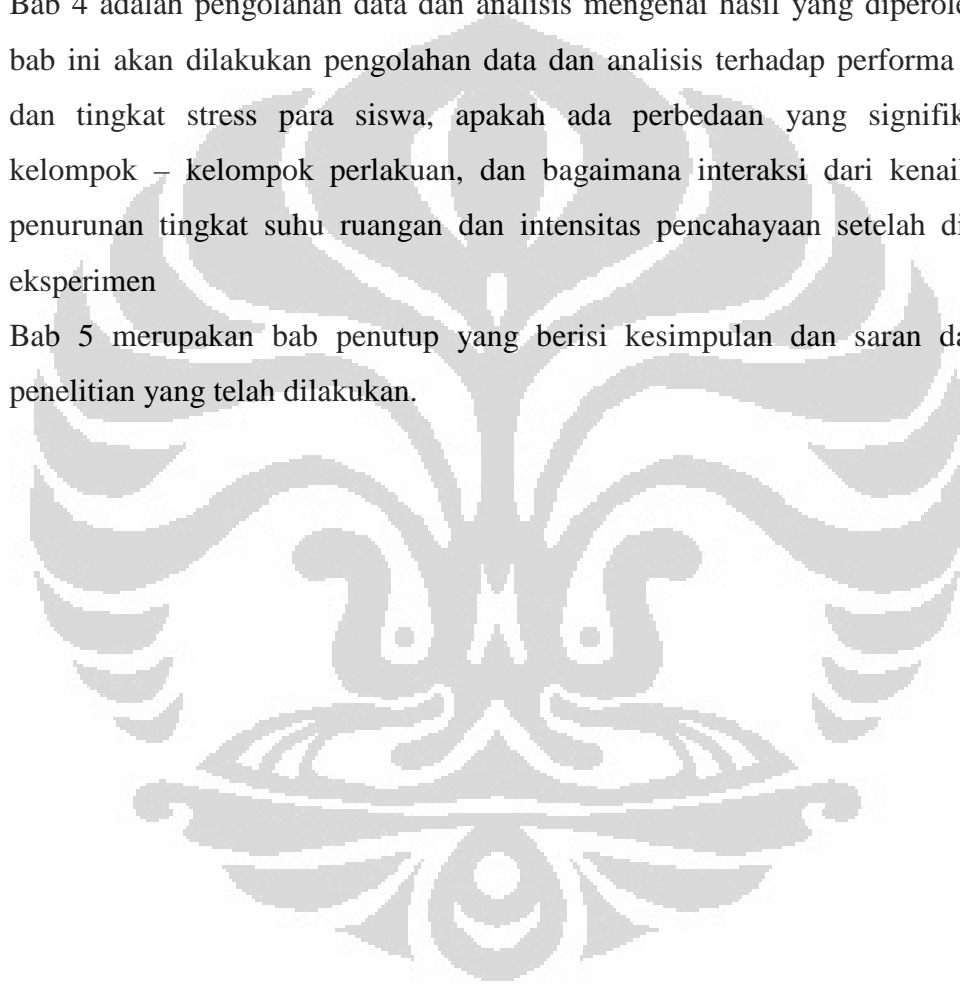
Bab 1 merupakan bab pendahuluan yang menjelaskan tentang latar belakang mengapa penelitian ini dilakukan dan perumusan masalah yang akan diteliti lebih dalam yang dituangkan dalam diagram keterkaitan masalah untuk mengetahui tujuan yang ingin dicapai di akhir penelitian ini. Setelah itu penjelasan tentang metodologi penelitian dan sistematika penulisan yang menjadi gambaran awal proses penelitian ini dimulai.

Bab 2 merupakan dasar teori yang menjelaskan teori-teori yang berhubungan dengan penelitian dalam skripsi ini, yaitu mengenai teori ergonomi, suhu, pencahayaan, performa kognitif, beban kerja mental serta alat – alat yang akan digunakan dalam penelitian ini.

Bab 3 menjelaskan tentang proses pengumpulan data dan perancangan eksperimen yaitu metodologi penelitian. Pada bab ini akan dijelaskan pengumpulan data berupa data deskripsi dari responden yakni biodata responden. Setelah itu dilanjutkan dengan tahapan penjelasan pengambilan data dengan tes kognitif dan pengukuran detak jantung sebelum dan sesudah melakukan aktivitas para siswa pada tingkat suhu ruangan dan intensitas pencahayaan yang dilakukan di *sound room*.

Bab 4 adalah pengolahan data dan analisis mengenai hasil yang diperoleh. Pada bab ini akan dilakukan pengolahan data dan analisis terhadap performa kognitif dan tingkat stress para siswa, apakah ada perbedaan yang signifikan dari kelompok – kelompok perlakuan, dan bagaimana interaksi dari kenaikan dan penurunan tingkat suhu ruangan dan intensitas pencahayaan setelah dilakukan eksperimen

Bab 5 merupakan bab penutup yang berisi kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.



BAB 2

DASAR TEORI

Pada Bab 2 ini akan dijelaskan mengenai landasan teori yang menjelaskan teori-teori yang berhubungan dengan penelitian dalam skripsi ini, yaitu mengenai teori ergonomi, pencahayaan, suhu, performa kognitif, beban mental, tingkat stress, serta teori mengenai *design of experiments* yang digunakan dalam penelitian ini.

2.1 Ergonomi

Ergonomi merupakan kata yang berasal dari bahasa Yunani. *Ergo* (kerja) dan *nomos* (hukum) merupakan definisi ergonomi yang pertama kali digunakan Wojciech Jastrzebowski dalam sebuah koran Polandia pada tahun 1987 (Karwowski, 1991). Ergonomi sering disangkut pautkan dengan human factors, namun beberapa literatur menyebutkan faktor manusia dan ergonomi sebagai sebuah satu kesatuan yang disebut human factors and ergonomics (HFE). Menurut Helander (1997), pengertian HFE terdiri dari beberapa poin, yang didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang menggunakan informasi tentang kemampuan manusia dan keterbatasannya, serta memerhatikan lingkungan dan hambatan organisasi untuk mendesain sebuah sistem organisasi, pekerjaan, mesin peralatan atau produk yang aman, efisien dan nyaman untuk digunakan.

Menurut International Ergonomics Association (2000), ergonomi dapat didefinisikan sebagai disiplin ilmu yang menaruh perhatian kepada interaksi antara manusia dengan elemen – elemen lainnya dalam suatu sistem dan profesi yang menggunakan teori, prinsip – prinsip, data dan metode untuk mendesain sebuah perancangan yang bertujuan untuk mengoptimasikan kesejahteraan manusia dan kinerja sistem secara keseluruhan. Lebih lanjut lagi, IEA menjelaskan ergonomic sebagai ilmu yang berkontribusi pada desain dan evaluasi sebuah pekerjaan, tugas, produk, lingkungan dan sistem dalam rangka membuat hal – hal tersebut sepadan dengan kebutuhan, kemampuan dan keterbatasan manusia. Sedangkan McCormick (1993) dalam bukunya menggunakan istilah human factors untuk mengistilahkan ergonomi, dan mengatakan ergonomi dapat didefinisikan berdasarkan hal-hal dibawah ini :

1. Fokus dari human factors adalah pada interaksi manusia dengan produk, perlengkapan, fasilitas, prosedur, dan lingkungan yang digunakannya dalam bekerja dan dalam kehidupan sehari-hari.
2. Tujuan dari human factors ada dua yaitu meningkatkan keefektifan dan keefisienan ditempat bekerja dan aktivitas lain yang dilakukan, sedangkan tujuan yang lain adalah untuk meningkatkan keselamatan kerja, kepuasan kerja, serta kualitas hidup manusia.
3. Pendekatan dari human factors adalah pendekatan aplikasi sistematis dari informasi yang berhubungan dengan kapasitas manusia, batasan, karakteristik, perilaku, motivasi untuk mendesain benda dan lingkungan yang digunakan oleh mereka (manusia). Hal ini termasuk penelitian investigasi untuk melihat informasi antara manusia dengan lingkungan, dan benda-benda disekitarnya.

2.2 Ergonomi dan Lingkungan Fisik

Pada dasarnya ergonomi merupakan suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat bekerja pada sistem itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu dengan efektif, aman dan nyaman.

Sedangkan yang dimaksud dengan lingkungan fisik adalah semua keadaan yang terdapat disekitar tempat kerja, yang akan mempengaruhi pada pekerja tersebut baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara umum lingkungan fisik dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu:

1. Lingkungan yang langsung berhubungan dengan pekerja itu sendiri seperti stasiun kerja dan lain-lain.
2. Lingkungan perantara atau lingkungan umum seperti rumah, kantor pabrik dan lain-lain.

Lingkungan perantara ini dapat juga disebut lingkungan kerja yang mempengaruhi kondisi manusia seperti: temperatur, kelembaban, sirkulasi udara, pencahayaan, kebisingan, getaran mekanis, bau-bauan, warna dan lain-lain. Hal

yang tidak bisa dilepaskan dari lingkungan perantara ini adalah mengenai tata letak fasilitas.

Setelah kita mengetahui prinsip-prinsip yang diperlukan dalam perancangan tata letak fasilitas kita juga harus mengetahui faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh dalam perancangan tata letak fasilitas yang dalam hal ini adalah lingkungan fisiknya.

2.3 Pencahayaan atau Penerangan

Penerangan ini meliputi kemampuan manusia untuk melihat sesuatu, sifat-sifat dari indera penglihatan, usaha-usaha yang dilakukan untuk melihat objek yang lebih baik dan pengaruh penerangan terhadap lingkungan. Kriteria pokok penerangan adalah:

- ◆ Harus dapat membantu tugas-tugas visual dengan cara cepat dan tepat.
- ◆ Agar tercapainya kenyamanan, keamanan, dan keselamatan dan suasana santai bagi mata.
- ◆ Penyebaran cahaya merata keseluruhan bidang kerja didalam ruangan.
- ◆ Dengan memperhatikan faktor ekonomi.

2.3.1 Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami adalah sistem pencahayaan yang menggunakan sumber cahaya dari matahari pada siang hari. Manfaat pencahayaan alami dapat memberikan lingkungan visual yang menyenangkan dan nyaman dengan kualitas cahaya yang mirip dengan kondisi alami di luar bangunan. Selain itu, pemanfaatan pencahayaan alami digunakan untuk mengurangi penggunaan listrik.

Pencahayaan alami siang hari dapat dikatakan baik apabila pada siang hari antara jam 08.00 sampai dengan jam 16.00 waktu setempat terdapat cukup banyak cahaya yang masuk ke dalam ruangan. Selain itu, distribusi cahaya di dalam ruangan sebaiknya cukup merata dan atau tidak menimbulkan kontras yang mengganggu.

Tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan ditentukan oleh tingkat pencahayaan langit pada bidang datar di lapangan terbuka pada waktu yang sama. Perbandingan tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan dan pencahayaan alami pada bidang datar di lapangan terbuka ditentukan oleh :

- Hubungan geometris antara titik ukur dan lubang cahaya
- Ukuran dan posisi lubang cahaya
- distribusi terang langit
- bagian langit yang dapat dilihat dari titik ukur

Kualitas pencahayaan yang harus dan layak disediakan ditentukan oleh :

- Penggunaan ruangan, khususnya ditinjau dari segi beratnya penglihatan oleh mata
- Lamanya waktu aktivitas yang memerlukan daya penglihatan yang tinggi dan sifat aktivitasnya, sifat aktivitas dapat secara terus menerus memedukan perhatian dan penglihatan yang tepat, atau dapat pula secara periodik dimana mata dapat beristirahat.

Kualitas distribusi sistem pencahayaan alami siang hari dalam suatu ruangan dapat dikatakan baik apabila:

- Tingkat pencahayaan yang minimal dibutuhkan selalu dapat dicapai atau dilampaui tidak hanya pada daerah-daerah di dekat jendela atau lubang cahaya tetapi untuk ruangan secara keseluruhan.
- Tidak terjadi kontras antara bagian yang terang dan gelap yang terlalu tinggi (40:1) sehingga dapat mengganggu penglihatan

Untuk meningkatkan kualitas pencahayaan alami siang hari di dalam ruangan perlu diperhatikan petunjuk-petunjuk di bawah ini :

- Apabila kondisi bangunan memungkinkan, hendaknya ruangan dapat menerima cahaya lebih dari satu arah. Hal ini akan membantu meratakan distribusi cahaya dan mengurangi kontras yang mungkin terjadi.
- Permukaan ruangan bagian dalam menggunakan warna yang cerah.
- Vitrase atau gordena transparan dapat membantu membaurkan cahaya, namun juga mengurangi cahaya yang masuk. Pengurangan cahaya dapat mencapai 50% atau lebih tergantung pada bahan yang digunakan.
- Kasa nyamuk clapat mengurangi banyaknya arus cahaya yang masuk sekurang-kurangnya 15%.
- Penggunaan kaca khusus untuk mengurangi radiasi termal sebaiknya tidak mengurangi cahaya yang masuk.

2.3.2 Pencahayaan Buatan

Pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang berasal dari sumber cahaya buatan manusia yang dikenal dengan lampu atau lumener. Pada cuaca yang kurang baik dan malam hari, pencahayaan buatan sangat dibutuhkan. Perkembangan teknologi sumber cahaya buatan memberikan kualitas pencahayaan buatan yang memenuhi kebutuhan manusia (Lechner, 2001, p.472). Pencahayaan buatan membutuhkan energi untuk diubah menjadi terang cahaya. Segi efisiensi menjadi pertimbangan yang sangat penting selain menjadikan pencahayaan buatan sesuai dengan kebutuhan manusia. Pencahayaan buatan yang efisien mempunyai fokus kepada pemenuhan pencahayaan pada bidang kerja. Satwiko (2004, p.78) menyatakan pentingnya mengarahkan cahaya ke titik yang membutuhkan pencahayaan sebagai prioritas.

2.3.2.1 Jenis – jenis Pencahayaan Buatan

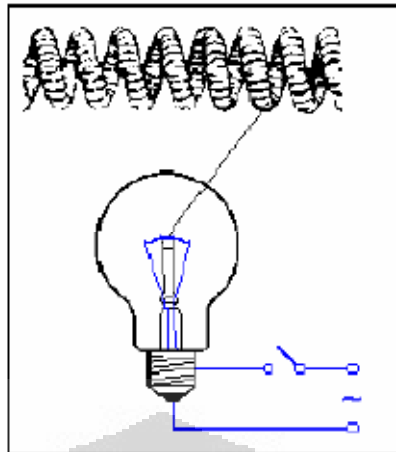
Bagian ini menjelaskan berbagai jenis dan komponen sistem pencahayaan.

1. Lampu Pijar (GLS)

Lampu pijar bertindak sebagai ‘badan abu-abu’ yang secara selektif memancarkan radiasi, dan hampir seluruhnya terjadi pada daerah nampak. Bola lampu terdiri dari hampa udara atau berisi gas, yang dapat menghentikan oksidasi dari kawat pijar tungsten, namun tidak akan menghentikan penguapan. Warna gelap bola lampu dikarenakan tungsten yang teruapkan mengembun pada permukaan lampu yang relatif dingin. Gangguan kecil dapat menyebabkan pemutusan arus listrik, yang dapat menarik arus yang sangat tinggi. Ciri-ciri dari lampu pijar :

- *Efficacy* – 12 lumens/Watt
- Indeks Perubahan Warna – 1A
- Suhu Warna - Hangat (2.500K – 2.700K)
- Umur Lampu – 1-2.000 jam

Berikut ditampilkan gambar lampu pijar dan diagram alir energi lampu pijar pada gambar 2.1 di bawah ini.



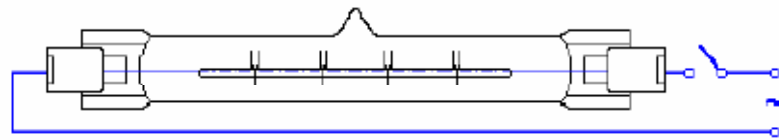
Gambar 2.1 Lampu pijar dan Diagram Alir Energi Lampu Pijar

(Sumber : Biro Efisiensi Energi, 2005)

2. Lampu Tungsten—Halogen

Lampu halogen adalah sejenis lampu pijar. Lampu ini memiliki kawat pijar tungsten seperti lampu pijar biasa yang digunakan di rumah, tetapi bola lampunya diisi dengan gas halogen. Atom tungsten menguap dari kawat pijar panas dan bergerak naik ke dinding pendingin bola lampu. Atom tungsten, oksigen dan halogen bergabung pada dinding bola lampu membentuk molekul oksihalida tungsten. Suhu dinding bola lampu menjaga molekul oksihalida tungsten dalam keadaan uap. Molekul bergerak ke arah kawat pijar panas dimana suhu tinggi memecahnya menjadi terpisah-pisah. Atom tungsten disimpan kembali pada daerah pendinginan dari kawat pijar – bukan ditempat yang sama dimana atom diuapkan. Pemecahan biasanya terjadi dekat sambungan antara kawat pijar tungsten dan kawat timah molibdenum dimana suhu turun secara tajam. Ciri-cirinya adalah :

- *Efficacy* – 18 lumens/Watt
- Indeks Perubahan Warna – 1A
- Suhu Warna – Hangat (3.000K-3.200K)
- Umur Lampu – 2-4.000 jam



Gambar 2.2 Lampu halogen tungsten

(Sumber : *Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia*)

3. Lampu Neon

Lampu neon, 3 hingga 5 kali lebih efisien daripada lampu pijar standar dan dapat bertahan 10 hingga 20 kali lebih awet. Dengan melewatkan listrik melalui uap gas atau logam akan menyebabkan radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan komposisi kimia dan tekanan gasnya. Tabung neon memiliki uap merkuri bertekanan rendah, dan akan memancarkan sejumlah kecil radiasi biru/ hijau, namun kebanyakan akan berupa UV pada 253,7nm dan 185nm. Lampu ini sangat berguna bagi pencahayaan luar ruangan karena memiliki *fitting* yang kompak.

Berikut tampilan gambar lampu neon pada gambar 2.3 dibawah ini



Gambar 2.3 Lampu Neon

(Sumber : *Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia*)

2.3.3 Pencahayaan Bidang Kerja

Dalam performansi visual, dipemerlukan identifikasi bidang kerja yang diharapkan untuk menentukan karakteristik pencahayaan buatan (IESNA, 2000, bab 3). Permukaan yang berkaitan dengan bidang kerja adalah permukaan yang menjadi area penglihatan selama bekerja. Dalam teori iluminasi pada bidang kerja, desainer perlu mengetahui berapa tinggi bidang kerja yang akan mendapatkan pencahayaan optimum kemudian mengukur berapa besar area

bidang kerja yang perlu diberi pencahayaan optimum dan area yang hanya perlu pencahayaan umum.

2.4 Suhu Ruangan

“*Indoor Climate*” menurut Grandjean (1986) adalah suatu kondisi fisik sekeliling dimana kita melakukan suatu aktivitas tertentu yang meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. Temperatur Udara
2. Temperatur Permukaan Sekeliling
3. Kelembaban udara
4. Aliran perpindahan udara

2.5 Temperatur Badan

Tubuh manusia akan selalu berusaha mempertahankan keadaan normal dengan suatu sistem tubuh yang sempurna sehingga dapat menyesuaikan diri dengan perubahan-perubahan yang terjadi di luar tubuh tersebut. Tetapi kemampuan untuk menyesuaikan dirinya dengan temperatur luar adalah jika perubahan temperatur luar tubuh tersebut tidak melebihi 20% untuk kondisi panas dan 35% untuk kondisi dingin. Semuanya ini dari keadaan normal tubuh. Suhu pada tubuh manusia selalu tetap. Suhu konstan dengan sedikit berfluktuasi di sekitar 37⁰C yang terdapat pada otak, jantung dan bagian dalam perut yang disebut dengan suhu tubuh (core temperature). Suatu core temperature yang konstan adalah merupakan prasyarat untuk fungsi normal dari fungsi vital yang paling penting. Lawan dari core temperature adalah shell temperature, yaitu yang terdapat pada otot, tangan, kaki dan seluruh bagian kulit yang menunjukkan variasi tertentu

2.6 Pertukaran Kalor Dengan Lingkungan

Tubuh manusia merubah energi kimia menjadi energi mekanis dan panas. Tubuh tersebut menggunakan panas ini untuk menjaga temperatur inti atau utama tubuh agar tetap konstan dan mengurangi keluarnya panas yang berlebihan pada sekeliling di luar tubuh. Oleh karenanya ada suatu pertukaran yang tetap dari

panas antara tubuh dan sekelilingnya. Hal itu adalah dimaksudkan untuk mengatur pengendalian panas secara fisiologi dan fisika. Grandjean(1986) membagi proses fisika tersebut menjadi empat bagian:

1. Konduksi

Pertukaran panas oleh konduksi tergantung pada konduktifitas objek dan material yang bersentuhan dengan kulit. Konduktifitas sangat penting di dalam pemilihan material untuk kepentingan suatu perancangan, misalnya lantai, mebel, dan bagian-bagian yang akan dipegang yang berada dalam stasiun kerja.

Sebagai contoh, misal orang yang duduk di musim dingin (daerah subtropis). Yang pertama duduk di atas batu dan yang kedua duduk di atas batang pohon. Tentu akan dirasakan perbedaannya. Pertama, batu akan terasa sangat dingin karena mengkonduksi panas ke arah luar tubuh, sedangkan yang kedua, batang pohon akan terasa tidak begitu dingin karena mengkonduksi panas lebih sedikit.

2. Konveksi

Pertukaran panas melalui konveksi tergantung sepenuhnya pada perbedaan temperatur antara kulit dan udara sekeliling, dan juga pada aliran gerakan udara. Pada kondisi yang normal, 18 proses ini terhitung sampai 25-30% dari total proses perpindahan panas dalam tubuh manusia. Misal kita merasa tubuh kita kedinginan, telah dipanaskan dengan kemudian kita akan masuk ke ruangan yang sebelumnya heater. Pada saat kita masuk ruangan maka akan terjadi pertukaran panas dari udara di dalam ruangan ke tubuh kita sehingga kita merasa hangat. Di sinin terjadi pertukaran panas akibat adanya perbedaan antara temperatur pada kulit kita dengan udara di dalam ruang.

3. Evaporasi

Evaporasi yaitu hilangnya panas dengan proses keluarnya keringat di bagian kulit menguap. Menguapnya keringat akan mengkonsumsi energi panas laten. Jumlah panas laten untuk proses evaporasi tersebut menurut Grandjean (1986) adalah sebanyak 0,58 kcals per gram air yang menguap. Seberapa banyak panas yang hilang melalui penguapan akan tergantung pada luasnya kulit yang akan dilalui keringat yang berada antara udara dan kulit. Faktor lain yang juga penting adalah aliran udara sekeliling, satu pihak akan meningkatkan gradient tekanan uap, tetapi dilain pihak akan mendinginkan kulit dengan proses konveksi,

yang nantinya menurunkan jumlah penguapan keringat. Misal pada musim panas kulit kita cenderung lebih banyak mengeluarkan keringat daripada pada saat kondisi musim dingin.

4. Radiasi

Proses pertukaran panas melalui radiasi terjadi antara tubuh manusia sekelilingnya dalam dua arah sepanjang waktu. Radiasi panas banyak dipengaruhi oleh temperatur, kelembaban dan aliran udara. Hal ini tergantung sekali perbedaan temperatur di antara kulit dan medium yang berdekatan dengan kulit. Contoh radiasi manusia dengan sekelilingnya (dinding, benda mati atau manusia) dalam dua arah sepanjang waktu.

2.7 Kenyamanan Suhu (*Thermal Comfort*)

Mengenai *thermal comfort*, ada beberapa hal yang dapat dibahas meliputi dasar fisiologi suatu kenyamanan, efek sampingan dari suatu ketidaknyamanan, daerah temperatur secara fisiologi, dan rentang temperatur yang nyaman.

2.7.1 Dasar fisiologi suatu kenyamanan

Jika diperhatikan "*internal climate*" suatu ruangan, selama masih dalam batas kenyamanan maka akan tidak ada masalah, namun jika sudah berada di luar batas kenyamanan maka akan menjadi bahasan yang menarik. Ketidaknyamanan dapat menjadi sebuah gangguan atau bahkan akan menimbulkan efek psikologis ataupun salah satu nyeri fisiologis tergantung pada level dari proses pertukaran panasnya. Ketidaknyamanan tersebut merupakan proses biologi yang sederhana untuk semua jenis makhluk yang berdarah panas. Hal itu adalah untuk menstimulasi agar melakukan suatu langkah utama untuk merestorasi/membangun kembali suatu proses pertukaran panas yang benar. Manusia akan menggunakan pakaiannya sebagaimana dia dapat memodifikasi lingkungannya dengan menggunakan bantuan teknologi untuk mendapatkan kenyamanan tersebut.

Secara teori yang ada pada standar *ISO 7730:1994* [1] dinyatakan bahwa nyaman tidak dipengaruhi secara nyata oleh hal-hal lain, misalnya oleh perbedaan jenis kelamin, tingkat kegemukan, faktor usia, suku bangsa, tempat tinggal geografis, adaptasi, faktor kepadatan, faktor warna dan sebagainya.

Sehingga teori tersebut dapat disimpulkan bahwa sekelompok manusia Indonesia dan sekelompok manusia Eropa akan memperoleh tingkat kenyamanan yang sama apabila mereka ditempatkan pada ruang yang sama, melakukan kegiatan yang sama, dan mengenakan pakaian yang sama.

2.7.2 Efek samping dari ketidaknyamanan

Ketidaknyamanan akan mengakibatkan perubahan fungsional pada organ yang bersesuaian pada tubuh manusia. Menurut Grandjean (1986) kondisi panas sekeliling yang berlebih-lebihan akan mengakibatkan rasa letih dan kantuk, mengurangi kestabilan dan meningkatkan jumlah angka kesalahan kerja. Hal ini akan menurunkan daya kreasi tubuh manusia untuk menghasilkan panas dengan jumlah yang lebih sedikit.

Sebaliknya, kondisi dingin yang berlebih-lebihan akan mengakibatkan rasa malas untuk beristirahat, yang mana akan mengurangi kewaspadaan dan konsentrasi, terutama berhubungan dengan pekerjaan yang menuntut kesiapan mental. Dalam hal ini stimulasi tubuh manusia untuk melakukan aktivitas yang akan menghasilkan “*internal heat*” yang lebih tinggi.

2.7.3 Daerah temperatur secara fisiologi

Jika seseorang ditempatkan pada suatu ruangan (*climatic chamber*) dan diberikan temperatur yang berbeda maka akan terjadi rentang pertukaran panas yang menyatakan kondisi tubuh dalam keadaan setimbang. Keadaan ini menurut Grandjean (1986) disebut sebagai daerah (*vasomotor zone*) karena dalam rentang ini pertukaran panas akan dapat dijaga dengan mengalirnya darah keseluruh organ tubuh.

2.7.4 Rentang temperatur yang nyaman

Rentang temperatur dimana manusia merasakan kenyamanan adalah sangat bervariasi bergantung pada, pertama dari jenis pakaian yang dipakai, kedua dari aktivitas fisik yang telah dilakukan.

2.8 Beban Kerja Mental

Penilaian beban kerja, dari segi fisik maupun psikologi, umumnya tergantung dari sumber daya yang artinya terdapat kuantitas terukur dari kemampuan dan perilaku, dimana terdapat suatu presentase tertentu diminta atau dituntut oleh pekerjaan. Jika yang diminta kurang dari yang tersedia, maka akan ada cadangan. Oleh karena itu, beban kerja sering didefinisikan sebagai suatu bagian dari kapasitas sumber daya yang dikeluarkan untuk menjalankan tugas yang diberikan.

Dengan konsep ini, individu harus dengan jelas menghindari beberapa kondisi dimana permintaan yang diminta ternyata melebihi dari apa yang bisa diberikan, karena dengan hal itu, kinerja dari tugas itu sendiri tidak akan optimal, dan operator pun akan merasa menderita secara fisik maupun psikologis. Bagaimanapun, permintaan tugas yang memiliki kapasitas lebih rendah dari kapasitas operator akan meninggalkan sisa kapasitas. Pengukuran ini memberikan penilaian tentang beban kerja yang sebenarnya. *Refined models* telah diusulkan seperti tahap-tahap proses informasi (afere, pusat, dan eferen), kode pengolahan (verbal dan spasial), dan modalitas input/output (*visual, auditory/verbal, dan manual*).

2.8.1 Mengukur Beban Kerja

Secara empiris, beban kerja dapat dinilai dengan empat pendekatan yang berbeda. Tiga adalah sasaran pengukuran: kinerja tugas primer, kinerja tugas sekunder, dan keadaan psikologi. Pengukuran lainnya menggunakan penilaian subjektif. Pengukuran untuk performa kerja, seperti penilaian subjektif, anggaplah kedua kapasitas kosong dan kapasitas penuh diketahui, karena mereka mengukur bagian pembebanan kapasitas. Mengukur performa dari tugas sekunder secara bersamaan adalah dengan maksud untuk menilai sisa kapasitas setelah mengalokasikan sumber daya untuk tugas primer. Jika subjek mengalokasikan sebagian sumber daya yang memang benar-benar dibutuhkan oleh tugas primer kepada tugas sekunder, maka tugas sekunder akan mengganggu kinerja tugas pertama, seperti tugas sekunder sekunder akan memodifikasi beban kerja (Tattersall dan Foord 1996)

2.8.2 Pengukuran Beban Kerja

Pengukuran beban kerja bisa didasarkan pada hal-hal berikut di bawah ini :

1. Manusia yang berbeda

Jelas bahwa setiap individu memiliki kapasitas yang berbeda dalam menjalankan tugasnya. Oleh karena itu, beban kerja diberikan dengan perbedaan tugas antara satu individu dengan individu lainnya. Beban kerja juga bisa tergantung dari keadaan sementara dari seorang individu—dalam masa pelatihan, kelelahan, dan motivasi.

2. Menggunakan performa kerja itu sendiri

Seven (1989) dan Doherty (1991) menyarankan untuk focus kepada pengukuran dari kinerja tugas primer dengan cara mengobservasi bagaimana komponen non-kritikal dari performa kerja primer. Hipotesis mengatakan bahwa, ketika beban kerja meningkat, performa kerja akan berubah secara terukur.

3. Tugas sekunder

Berikut adalah contoh dari tugas sekunder yang digunakan untuk mengukur beban kerja:

- Waktu reaksi sederhana: mengacu pada persepsi dan sumber daya respon eksekusi
- Waktu reaksi pilihan: sama dengan waktu reaksi sederhana, namun dengan permintaan yang lebih besar
- *Tracking*: membutuhkan pusat pengolahan dan sumber daya mesin, tergantung pada urutan kontrol dinamika
- Memonitori terjadinya rangsangan: mengacu banyak pada sumber daya persepsi
- Tugas ingatan jangka pendek: permintaan yang menitik beratkan pada sumberdaya proses sentral
- Matematika: mengacu sangat banyak kepada sumberdaya proses sentral.
- *Shadowing*: Permintaan terberat pada sumberdaya persepsi
- Estimasi waktu:
 - a. Subjek mengestimasi waktu yang berlalu: mengacu pada persepsi dan sumberdaya proses sentral

b. subjek menunjukkan urutan interval waktu yang teratur dengan aktivitas motorik; membuat permintaan yang besar akan sumberdaya mesin.

4. Pengukuran Psikologikal

Detak jantung, pergerakan mata, diameter pupil, dan tekanan otot dapat sering diukur tanpa harus mengganggu tugas primer

5. Penilaian Subjektif

Pada penilaian ini, secara internal kita dapat mengintegrasikan permintaan tugas, namun penilaian subjektif pada beban kerja mungkin bisa diandalkan. Di satu sisi, ketika penilaian subjektif diambil setelah tugas telah selesai, hal tersebut bukanlah evaluasi di waktu yang sebenarnya, namun jika dilakukan penilaian saat sedang mengerjakan tugas, hal tersebut akan mengganggu jalannya tugas.

2.9 Pengertian stress

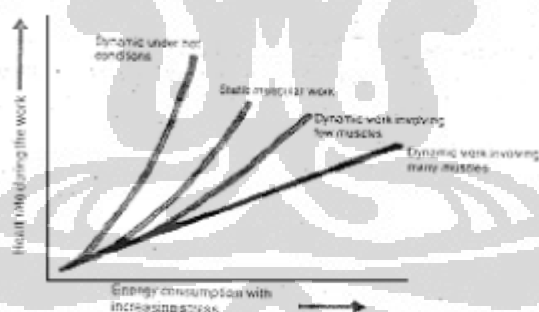
Semua pekerjaan membutuhkan usaha manusia. Setiap kali seseorang dihadapkan dengan sebuah pekerjaan, mereka harus menerapkan kemampuan kognitif yang mengarah ke beban mental, kelelahan, dan stress. Penelitian di bidang ergonomi selalu memiliki minat pada topik ini dikarenakan para peneliti mengakui bahwa setiap kali seseorang harus melakukan beberapa pekerjaan yang membutuhkan lebih dari sumber daya yang tersedia, maka manusia akan mengalami kelebihan beban yang dapat mempengaruhi kinerja, dan dalam jangka panjang kesehatan mental dan fisiknya terganggu.

Konsep beban kerja mental ditemukan pada tahun 1970 untuk menjelaskan bagaimana kemampuan kognitif telah dialokasikan dan dikoordinasikan untuk melakukan beberapa pekerjaan secara bersamaan. Menurut Yeh dan Wickens, 1998 (dikutip oleh :) konsep kemampuan kognitif menjadi penting untuk diukur tetapi pada saat itu masih sangat sedikit peneliti yang memahami efektivitas dari pengukuran kemampuan kognitif manusia. Setelah itu baru disadari bahwa beban kerja mental memang mempengaruhi kesehatan mental dan fisik sehingga hukum pada saat itu mengharuskan suatu organisasi untuk mengevaluasi beban kerja mental untuk para pekerja.

Beberapa peneliti menemukan referensi untuk mengukur beban mental yang diidentifikasi sebagai pengukuran tugas ganda, waktu untuk menyelesaikan pekerjaan, dan pengukuran memori manusia. Sebagai contoh, dalam penelitian yang dilakukan oleh Olson dan Gavins pada tahun 1990 disimpulkan bahwa banyak kesalahan yang dibuat oleh para pekerja saat berinteraksi dengan komputer yang disebabkan oleh beban memori kerja terlalu berlebihan.

2.9.1 Stress dan Pengukuran denyut jantung

Derajat beratnya beban kerja tidak hanya tergantung pada jumlah kalori yang dikonsumsi, akan tetapi juga bergantung pada jumlah otot yang terlibat pada pembebanan otot statis. Sejumlah konsumsi energi tertentu akan lebih berat jika hanya ditunjang oleh sejumlah kecil otot relatif terhadap sejumlah besar otot. Begitu juga untuk konsumsi energi dapat juga untuk menganalisa pembebanan otot statis dan dinamis. Berbagai macam kondisi kerja yang dapat menaikkan denyut jantung ditunjukkan pada gambar berikut



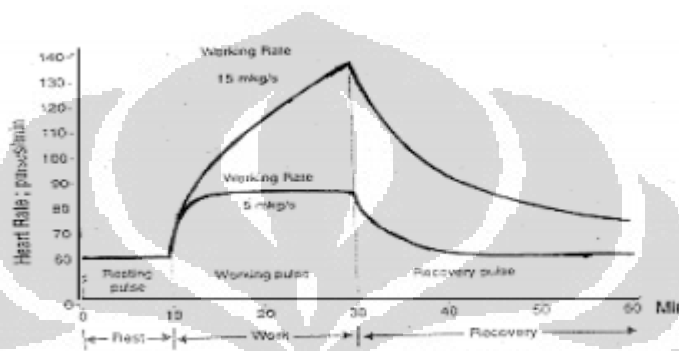
Gambar 2.4 Grafik Meningkatnya Denyut Jantung yang Berhubungan dengan Berbagai Macam Kondisi Kerja
(Sumber data : Grandjean,1986)

Pada diagram tersebut ditunjukkan bahwa konsumsi energi dapat menghasilkan denyut jantung yang berbeda-beda. Oleh karenanya dapat dikatakan bahwa meningkatnya denyut jantung adalah dikarenakan karena :

- a. Temperatur sekeliling yang tinggi
- b. Tingginya pembebanan otot statis, dan
- c. Semakin sedikit otot yang terlibat dalam suatu kondisi kerja

Pengukuran denyut jantung adalah merupakan salah satu alat untuk mengetahui beban kerja. Hal ini dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain:

1. Merasakan denyut yang ada pada arteri radial pada pergelangan tangan
2. Mendengarkan denyut dengan stethoscope
3. Menggunakan ECG (Electrocardiogram), yaitu mengukur signal elektrik yang diukur dari otot jantung pada permukaan kulit dada.



Gambar 2.5 Denyut Jantung dari dua kondisi kerja yang berbeda

(Sumber data : Grandjean, 1986)

2.10 Performa Kognitif

Dalam pemahaman tradisional, "kognisi" didefinisikan sebagai pemeliharaan dan penggunaan pengetahuan sebagai suatu operasi manusia dalam memproses suatu informasi. Namun, dalam konsepnya, kognitif dapat dipahami dengan arti yang luas, melebihi batas-batas otak individu. Sebagai contoh, dalam rekayasa faktor manusia sudah pernah ditekankan betapa pentingnya kemampuan kognitif di dalam individu manusia. Fokus daripada kemampuan kognitif ini adalah pada transfer pengolahan informasi di dalam suatu sistem secara menyeluruh.

Pengukuran performa kognitif dipilih untuk menguji beberapa bidang termasuk mengukur kemampuan mengingat, kecepatan respon, dan atensi/konsentrasi. Penelitian terhadap kemampuan mengingat sudah dimodifikasi menjadi *Verbal Learning Test* yang dilakukan oleh Benedict, Schretlen, Groninger, dan Brandt pada tahun 1991. Terdapat empat pengukuran untuk menguji daya ingat yang dilakukan pada tes ini yaitu pengujian memori secara

langsung, pengujian memori jangka pendek, memori jangka panjang dan penilaian bagi yang bisa menebak jawaban tersebut.

Pengukuran performa kognitif yang kedua adalah mengukur kecepatan respon. Penelitian ini sudah pernah dilakukan pada tahun 1985. Pengukuran kecepatan respon ini menghasilkan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu bagian atau suatu pekerjaan. Semakin tinggi waktu atau skor yang didapatkan maka performa semakin buruk.

Pengukuran performa kognitif yang ketiga biasanya dilakukan dengan *Stroop Test* yang dikembangkan pada tahun 1935. *Stroop Test* digunakan untuk mengukur konsentrasi seseorang dalam menjawab tes yang diberikan. Tes ini menggunakan perpaduan warna dan huruf yang harus dicocokkan satu sama lain. Hasil dari penelitian ini yakni berapa banyak soal yang bisa terjawab dari masing-masing bagian. Selain *stroop test*, masih ada beberapa tes lain yang dapat digunakan untuk mengukur performa kognitif.

2.10.1 Proses Kognitif

Proses kognitif didefinisikan sebagai proses memperoleh pengetahuan dan memanipulasi pengetahuan melalui aktivitas mengingat, menganalisis, memahami, menilai, menalar, membayangkan dan berbahasa. Fungsi-fungsi kognisi terdiri dari:

1. Atensi dan kesadaran

Atensi adalah pemrosesan secara sadar sejumlah kecil informasi dari sejumlah besar informasi yang tersedia. Informasi didapatkan dari penginderaan, ingatan dan proses kognitif lainnya.

2. Persepsi

Persepsi adalah rangkaian proses pada saat mengenali, mengatur dan memahami sensasi dari panca indra yang diterima dari rangsang lingkungan. Dalam kognisi, rangsangan visual memegang peranan penting dalam membentuk persepsi.

3. Ingatan

4. Bahasa

5. Pemecahan masalah dan kreativitas

2.11 Design and Analysis of Experiments (DOE)

Design and Analysis of Experiments biasanya disebut juga dengan desain eksperimen merupakan suatu metode yang banyak digunakan untuk mendesain dan merancang suatu percobaan untuk mengetahui respon dan karakteristik suatu faktor dan elemen terhadap suatu variabel pengujian. Ilmu ini banyak digunakan di seluruh dunia untuk diaplikasikan ke berbagai bidang seperti, manajemen, *engineering*, dan *science*.

2.11.1 Tujuan Design and Analysis of Experiments

Di dalam bidang teknik, perancangan percobaan memegang peranan penting dalam peluncuran produk baru, peningkatan proses manufaktur, dan peningkatan proses. Pada umumnya, percobaan dilakukan untuk mempelajari performa suatu proses dan sistem.

Kita dapat menggambarkan proses sebagai kombinasi dari mesin-mesin, metode-metode, orang dan sumber data lainnya yang akan mentransformasi input menjadi output. Beberapa dari variabel proses x_1, x_2, \dots, x_p , dapat dikendalikan, sedangkan variabel lain seperti z_1, z_2, \dots, z_q , tidak dapat dikendalikan.

Menurut Montgomery, tujuan dari dilakukannya perancangan percobaan adalah :

1. Menentukan variabel yang paling berpengaruh pada output
2. Menentukan nilai optimum variabel x agar dicapai nilai y yang ideal
3. Menentukan nilai optimum variabel x agar variansi nilai y yang minimum
4. Menentukan nilai optimum variabel x agar pengaruh dari faktor yang tidak dapat dikendalikan z_1, z_2, \dots, z_q , minimum

Selain keempat hal tersebut, alasan suatu percobaan dilakukan adalah untuk mendapatkan model matematis untuk memprediksi respon-respon di waktu mendatang. Model matematis yang biasanya digunakan adalah model linear dan metode *least squares*.

2.11.2 Prinsip Dasar Dalam Design of Experiments

Perancangan percobaan dengan menggunakan pendekatan statistik diperlukan apabila kita ingin menarik kesimpulan dari data percobaan tersebut. Pengolahan data dengan menggunakan statistik diperlukan untuk menganalisis

terjadinya kesalahan percobaan (*experimental errors*). Perancangan percobaan dan pengolahan data secara statistik merupakan dua hal yang berhubungan dan harus dipelajari bersama-sama.

Tiga prinsip dasar dalam melakukan perancangan percobaan adalah *replication*, *blocking*, dan *randomization*. Dua prinsip awal bertujuan untuk meningkatkan keakuratan percobaan, dan prinsip yang terakhir bertujuan untuk mengurangi terjadinya *bias*.

- *Replication* (Replikasi)

Dengan melakukan replikasi berarti kita mengulangi percobaan beberapa kali. Contohnya, apabila kita menguji 5 buah bahan percobaan pada suatu media tertentu, berarti kita memiliki 5 replikasi. Replikasi mempunyai dua peranan penting. Pertama, orang yang melakukan percobaan dapat memperoleh *error*. Kedua, replikasi juga berguna untuk mendapatkan perkiraan percobaan lebih akurat.

- *Blocking*

Blocking adalah cara untuk meningkatkan keakuratan dari sebuah percobaan. Dengan memblok, kita membagi percobaan ke dalam kelompok atau grup. Sistem blok diberlakukan karena ada kemungkinan terjadinya perbedaan nilai akhir yang cukup jauh apabila percobaan tersebut tidak dikelompokkan

- *Randomization* (Randomisasi)

Tujuan melakukan randomisasi adalah untuk menghindari terjadinya *bias*. Dengan randomisasi, percobaan dilakukan secara acak. Metode statistik harus dilakukan dengan melakukan percobaan yang terdistribusi secara acak. Dengan melakukan hal ini, kita bisa mencegah terjadinya efek luar yang dapat mempengaruhi hasil percobaan. Apabila kita tidak melakukan randomisasi, maka ada kemungkinan percobaan tersebut bisa dipengaruhi oleh faktor lingkungan, kelelahan operator, dan kelainan material yang digunakan, dll.

2.11.3 Langkah-langkah Percobaan

Dalam *Design of Experiments* terdapat beberapa langkah yang dilakukan untuk melakukan percobaan yakni sebagai berikut :

1. Mempersiapkan percobaan (*Plan the experiment*)

Proses persiapan merupakan langkah penting agar percobaan tersebut bisa sukses. Ini adalah proses di mana kerja sama dilakukan oleh orang yang ahli dalam DOE dan orang yang berpengalaman dalam masalah yang akan diamati. Tahap persiapan terdiri dari beberapa bagian :

- Mengidentifikasi variabel *input* dan *output*
- Menterjemahkan variabel *output* ke dalam suatu hal yang bisa diukur secara kuantitatif.
- Menentukan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap hasil akhir
- Menentukan jumlah level atau nilai untuk tiap faktor dan level apa saja yang harus dicobakan
- Mengidentifikasi kemungkinan terjadinya interaksi/hubungan antara faktor

2. Merancang percobaan (*Design the Experiment*)

Setelah selesai dengan tahap persiapan, maka tahap selanjutnya adalah merancang desain percobaan. Di sini kita memilih tipe rancangan apa yang akan dipakai, apakah *full factorial* atau *fractional factorial*. Selain itu hal lain yang perlu diketahui apakah diberlakukan sistem *blocking* atau tidak

3. Menjalankan percobaan (*Perform the experiment*)

Setelah membuat rancangan percobaan, langkah selanjutnya adalah menjalankan percobaan tersebut untuk mendapatkan data yang akan diolah nantinya. Yang perlu diperhatikan adalah bahwa percobaan tersebut harus dilakukan secara *random*/acak untuk mendapatkan hasil yang akurat dan menghindari terjadinya *bias*.

4. Analisis data dari hasil percobaan (*Analyze data from the experiment*)

Dalam menganalisis data, kita perlu melakukan analisis secara statistik, antara lain dengan melakukan pengujian hipotesis sehingga kesimpulan yang didapatkan lebih valid dan akurat. Melalui analisis secara statistik, kita bisa mengetahui faktor mana yang berpengaruh dalam suatu proses. Metode statistik yang biasa dipakao dalam DOE adalah *analysis of variance* (ANOVA), yang

dikembangkan oleh Sir Ronald Fisher. Terdapat banyak piranti lunak *software* yang baik untuk membantu dalam analisis secara statistik. Metode grafik juga bisa dipakai untuk mendapatkan interpretasi hasil yang lebih baik dan menarik.

5. Mengevaluasi kesimpulan percobaan (*Evaluate the conclusions of the experiments*)

Langkah terakhir adalah mengevaluasi keseluruhan percobaan yang kita lakukan. Evaluasi ini penting untuk dipertimbangkan apakah percobaan akan perlu terus dilakukan untuk masalah-masalah berikutnya atau untuk melihat apakah dari sisi ekonomi percobaan ini mungkin dilakukan kembali.

2.12 Hipotesis Penelitian

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, pengamatan yang kita lakukan dapat dirumuskan dalam bentuk model linear secara statistik. Untuk percobaan yang melibatkan 2 faktor, maka persamaan yang dipakai adalah :

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dimana μ menunjukkan rata-rata, τ_i adalah pengaruh faktor A pada level ke-i, β_j adalah pengaruh dari faktor B pada level ke-j, $(\tau\beta)_{ij}$ menunjukkan interaksi dari faktor A dan B, dan ε_{ijk} adalah kesalahan yang terdistribusi secara normal.

Dalam *factorial design* dengan 2 faktor yang diteliti, kita perlu memeriksa hipotesis mengenai apakah ada pengaruh dari faktor A :

1. $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_a = 0$ (tidak ada pengaruh yang signifikan dari faktor A)
 H_1 : ada pengaruh yang signifikan dari faktor A
2. $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0$ (tidak ada pengaruh yang signifikan dari faktor B)
 H_1 : ada pengaruh yang signifikan dari faktor B
3. $H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$ (tidak ada interaksi yang signifikan antara faktor A dan B)
 H_1 : ada interaksi yang signifikan dari faktor tersebut

2.12.1 Uji Normal Data

Pada penelitian kali ini analisis uji normal dilakukan melalui tes Kolmogorov-Smirnov (K-S) dan Shapiro-Wilk dengan menggunakan software SPSS 17.0. Kedua uji normal ini yaitu Kolmogorov-Smirnov (K-S) maupun Shapiro-Wilk yang digunakan yaitu melalui analisis *descriptive statistics*. Adapun uji Shapiro-Wilk dianggap lebih akurat ketika jumlah sample yang dimiliki kurang dari 50. Sebagai hasilnya SPSS memberikan dua tabel sekaligus seperti ditunjukkan oleh tabel 2.1.

Tabel 2.1 Contoh Hasil Uji Normal dengan *Descriptive Statistics*

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
Gerinda	.214	10	.200*	.865	10	.088

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Metode ini menyatakan bahwa data terdistribusi normal apabila nilai Signifikan Kolgomorov-Smirnov dan Shapiro-Wilk lebih besar atau sama dengan α yaitu 0.05. Uji normal dilakukan untuk mengetahui apakah data yang terkumpul dari sample yang terbatas terdistribusi normal sehingga dapat dilakukan tahap pengolahan data berikutnya menggunakan data tersebut (Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. , 1965).

2.12.2 Uji Homogenitas Varians

Homogenitas adalah untuk mengetahui apakah varians dari sebuah populasi sama atau tidak. Di saat melakukan ANOVA, salah satu pilihan yang harus dilakukan adalah dengan melakukan uji homogenitas dari output data, disebut juga dengan Levene's Test.

- a. Apabila Levene's Test signifikan ($p < 0,05$) maka kesamaan varians tidak dapat diasumsikan, disebut heterogenitas.

- b. Jika Levene's Test tidak signifikan ($p > 0,05$) maka kesamaan varians dapat diasumsikan, disebut homogenitas.

Sebenarnya tidak terlalu bermasalah apabila data kita homogen atau heterogen karena hasil SPSS memberikan semua informasi untuk kedua situasi, varians diasumsikan sama atau tidak sama. Levene's Test dihasilkan dari 'between' dan 'within'.

2.12.3 Post Hoc

Untuk faktor *between-subject*, SPSS menyediakan terlalu banyak pilihan untuk Post Hoc. Ada perbedaan metode Post Hoc yang dapat dipakai tergantung dengan asumsi kesamaan variansnya (Cardinal, 2004).

2.12.3.1 Varians Sama

- a. LSD (Least Significant Difference)

Paling kuat untuk membandingkan ketika level dari eksperimen sampai tiga, tetapi tidak baik digunakan ketika kondisi sebaliknya.

- b. Prosedur Bonferroni t

Biasanya disebut prosedur Dunn. Setiap kontras diuji dengan $\alpha = \alpha_{FW}/k$. Jadi, misalnya level percobaan kita ada empat dengan tingkat kepercayaan 0.05, maka akan diuji dengan tingkat kepercayaan 0,05/4 untuk setiap perbandingan.

- c. Sidak (or Dunn Sidak)

Karena $\alpha_{FW} = 1 - (1 - \alpha)^k$, prosedur ini memecahkan α [$\alpha = 1 - (1 - \alpha_{FW})^{1/k}$]. Jadi kita dapat menentukan α yang kita inginkan. Sama seperti koreksi Bonferroni tetapi lebih akurat.

- d. Scheffe

Mengontrol α_{FW} dan mengontrol semua kontras linear yang mungkin, tidak hanya pasangan. Sebagai konsekuensi, sangat konservatif.

- e. REGWF (Ryan–Einot–Gabriel–Welsch *F-test*)

- f. REGWQ (Ryan–Einot–Gabriel–Welsch)

- g. SNK (Student–Newman–Keuls)

Jarang digunakan karena mempunyai kontrol α_{FW} yang buruk kecuali levelnya tiga, dimana metode ini masih dapat digunakan.

- h. Tukey HSD
Sama dengan SNK, kecuali α_{FW} telah diperbaiki kekuatan kontrolnya.
- i. Tukey-b
- j. Duncan Multiple Range Test
- k. Hochberg's GT2
Varian Tukey yang kurang kuat.
- l. Gabriel's pairwise comparisons test
Versi yang lebih kuat dari Hochberg ketika jumlah sel tidak sama, bisa menjadi liberal ketika jumlah sel bervariasi.
- m. Waller-Duncan t test
Menggunakan pendekatan Bayesian. Menggunakan jumlah sampel harmonic ketika jumlah sampel tidak sama.
- n. Dunnett's test for comparing treatment groups with control group
Terkadang kita tertarik untuk membandingkan masing-masing kelompok perlakuan kepada kelompok kontrol dan kurang tertarik membandingkan mereka satu sama lain. Pada kasus ini, karena tidak ada dua set dari kontras yang orthogonal maka pendekatan Bonferoni akan konservatif. Uji ini tidak memerlukan keseluruhan F untuk kelompok dalam keadaan signifikan karena kontrol untuk tingkat error berdiri secara independen dan menguji hipotesis yang berbeda dari ANOVA, dengan tingkat kekuatan yang berbeda (Howell, 1997, p. 351).

2.12.3.2 Varians Tidak Sama

- a. Tamhane's T2
- b. Dunnett's T3
- c. Games-Howell
- d. Dunnett's C

Kebanyakan tes dapat dilakukan dengan koreksi Sidak untuk perbandingan pasangan ketika jumlah level lebih dari 3, Dunnet ketika membandingkan kelompok perlakuan kepada kelompok kontrol dan kemungkinan REGWQ sebagai subset ujian homogen.

BAB 3

METODOLOGI

Dalam Bab 3 ini, akan dijelaskan mengenai tahap-tahap pengumpulan data dan perancangan penelitian. Pengumpulan data meliputi biodata responden dan data-data hasil penelitian berupa tiga variabel dependen yaitu kecepatan respon, konsentrasi, dan tingkat stress. Pengumpulan data ini dibutuhkan untuk menjadi input untuk diolah menggunakan *software* SPSS 17 dan Minitab 16. Seluruh data dan tahapan penggunaan *software* untuk mengolah data akan ditampilkan pada bab ini.

3.1 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini dibutuhkan data-data masukan untuk bisa diolah dalam *software* SPSS 17. Data-data masukan awal berupa biodata responden yaitu pengukuran berat badan, tinggi badan, serta usia responden. Biodata responden ini dibutuhkan untuk memudahkan penelitian pada saat pengambilan data dan pengolahan data serta untuk memastikan bahwa responden yang digunakan dalam penelitian ini adalah homogen.

Data-data masukan yang kedua berupa tiga variabel dependen yang menjadi pengukuran utama di dalam penelitian ini. Untuk mengukur tiga variabel dependen ini dibutuhkan satu *tools* yakni berupa soal atau tes kognitif yang diberikan kepada para responden. Tes kognitif yang diberikan adalah tes *psychophysics* berupa tes perbedaan panjang garis. Hasil tes tersebut akan didapatkan tiga hasil variabel dependen atau hasil pengukuran yakni kecepatan respon yang diukur dalam satuan menit, konsentrasi yang diukur dari nilai tes kognitif responden, serta tingkat stress yang diukur dengan menggunakan alat pengukur detak jantung.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini bertempat di Laboratorium Ergonomi yaitu di dalam *noise room* pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok. Eksperimen dilakukan pada tanggal 5 April 2012-25 Juni 2012, namun karena terdapat kesalahan dalam

pengambilan data, maka waktu pengambilan data selesai pada tanggal 3 Mei 2012.

3.3 Populasi Penelitian

Responden penelitian adalah siswa kelas 4 SD Pondok Cina 1 yang berumur 9 dan 10 tahun serta memenuhi syarat untuk melakukan penelitian.

3.4 Perancangan Penelitian

Seperti yang telah dijelaskan pada bab pendahuluan, topik penelitian ini adalah untuk memperoleh suhu ruangan dan intensitas pencahayaan yang optimal berdasarkan level yang dicobakan di dalam penelitian. Oleh karena itu hal utama yang dilakukan sebelum melakukan penelitian adalah :

1. Menentukan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kecepatan respon, konsentrasi, dan tingkat stress
2. Memperoleh nilai yang optimum berdasarkan level yang dicobakan dalam penelitian ini
3. Mencari kombinasi parameter terbaik berdasarkan level yang dicobakan dalam penelitian guna memperoleh hasil kecepatan respon, konsentrasi, dan tingkat stress yang baik.

Penelitian akan menggunakan analisis desain eksperimen yang terdiri dari 2 variabel independen sebagai faktor, dan tiga variabel dependen sebagai variabel yang diukur. Variabel independen dalam penelitian ini adalah suhu ruangan dan intensitas cahaya dengan beberapa tingkat pengukuran. Tingkat suhu ruangan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu suhu 21°C, 25°C, dan 29°C derajat celsius, sedangkan tingkat intensitas cahaya yaitu 50 lux, 150 lux, dan 150 lux. Dengan menggunakan dua faktor dan beberapa *level* pengukuran terhadap beberapa variabel dependen maka tipe dari penelitian ini adalah *General Full Factorial Design*.

3.5 Sampel

Pada penelitian eksperimental, belum banyak rumus yang dikembangkan untuk menentukan besar sampel yang dibutuhkan. Eksperimen ini menggunakan

dua faktor dan 3 level masing-masing faktornya. *Sample size* per kombinasi adalah 5. Di dalam *General Full Factorial Design*, ukuran sampel sama dengan replikasi, sehingga replikasi yang dibutuhkan tiap kombinasi sebesar 5. Dikarenakan ada sembilan kombinasi di dalam penelitian ini, maka total keseluruhan penelitian berjumlah 45.

3.6 Pengambilan Data

3.6.1 Tahap I

Cara mendapatkan sampel mulanya dengan melakukan sosialisasi ke SDN Pondok Cina 1 di daerah Margonda. Setelah melakukan sosialisasi ke Kepala Sekolah, maka mengajukan surat permohonan izin kepada 45 Orang tua murid kelas 4 SDN Pondok Cina 1 yang terpilih secara acak untuk menjadi responden penelitian ini. Setelah itu calon responden mendapatkan penjelasan awal tentang apa yang akan mereka lakukan pada waktu penelitian berlangsung.

3.6.2 Tahap 2

Responden dibagi menjadi 9 kelompok berdasarkan 9 kombinasi dalam penelitian ini. Penentuan kelompok dan waktu penelitian dilakukan secara *random* (acak). Dalam satu hari, dilakukan eksperimen pada dua kelompok secara bergantian. Eksperimen dilakukan dalam dua cara yaitu pra-eksperimen dan *post-test*.

3.6.2.1 Pra-eksperimen

Pada tahap pra-eksperimen, responden dijelaskan bagaimana prosedur pengambilan data pada saat *post-test*. Dalam tahap pra-eksperimen responden dijelaskan untuk menjawab soal tes kognitif yang bernama *psychophysics*, dimana responden diberikan tiga puluh soal untuk membedakan panjang garis. Responden harus membedakan garis mana yang paling panjang dibandingkan dengan garis lainnya.

3.6.2.2 Pemberian kombinasi suhu ruangan dan intensitas pencahayaan

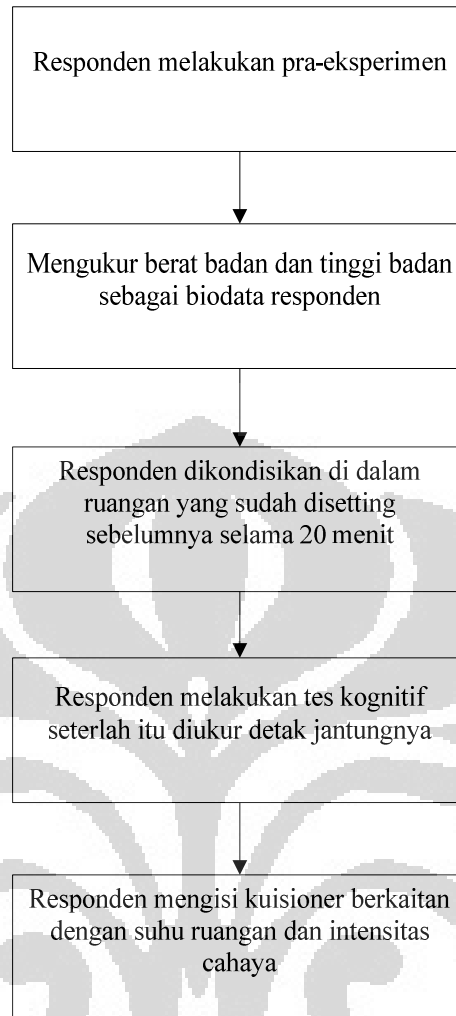
Setelah melewati tahap pra-eksperimen, responden kemudian masuk diukur berat badan dan tinggi badannya terlebih dahulu sebagai biodata responden. Setelah itu responden secara bergantian masuk ke dalam *sound room*, ruangan yang telah dikondisikan suhu ruangan dan intensitas pencahayaannya, dimana kebisingan selama melakukan penelitian dianggap konstan yaitu 0dB.

Dalam penelitian ini terdapat 9 kombinasi yang terdiri dari variabel independen yaitu suhu ruangan dan intensitas pencahayaan. Untuk memudahkan pengumpulan data, pengolahan data, serta analisis hasil penelitian, maka di bawah ini ditampilkan tabel 3.1 yaitu tabel mengenai kombinasi penelitian yang dilakukan.

Tabel 3.1 Kombinasi Faktor Suhu Ruangan dan Intensitas Pencahayaan

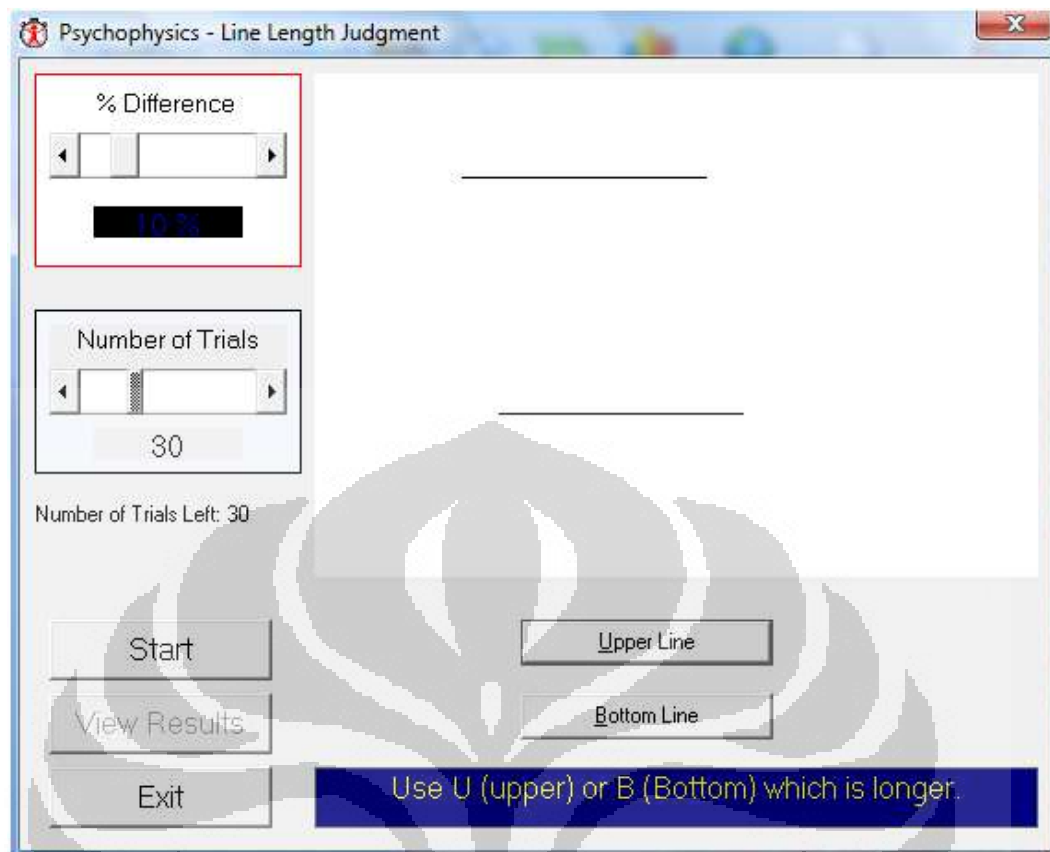
Kombinasi	Suhu ruangan	Intensitas Pencahayaan
1.	21	50
2.	21	150
3.	21	300
4.	25	50
5.	25	150
6.	25	300
7.	29	50
8.	29	150
9.	29	300

Setelah menetapkan kombinasi perlakuan, lalu pengambilan data sudah dapat dilakukan. Mula-mula responden diukur detak jantungnya pada saat mereka beristirahat terlebih dahulu, setelah itu responden dikondisikan selama 20 menit di dalam *sound room* lalu responden melakukan tes kognitif yaitu tes *psychophysics*. Responden mengerjakan total keseluruhan 30 soal, dan tiap soal yang dijawab dihitung waktunya. Setelah itu responden diukur kembali detak jantungnya. Lalu responden mengisi kuesioner. Berikut adalah tampilan diagram alir pengambilan data yang dijelaskan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengambilan Data

Berikut ini adalah tahapan-tahapan yang akan dilewati responden dalam mengerjakan tes *psychophysics* :

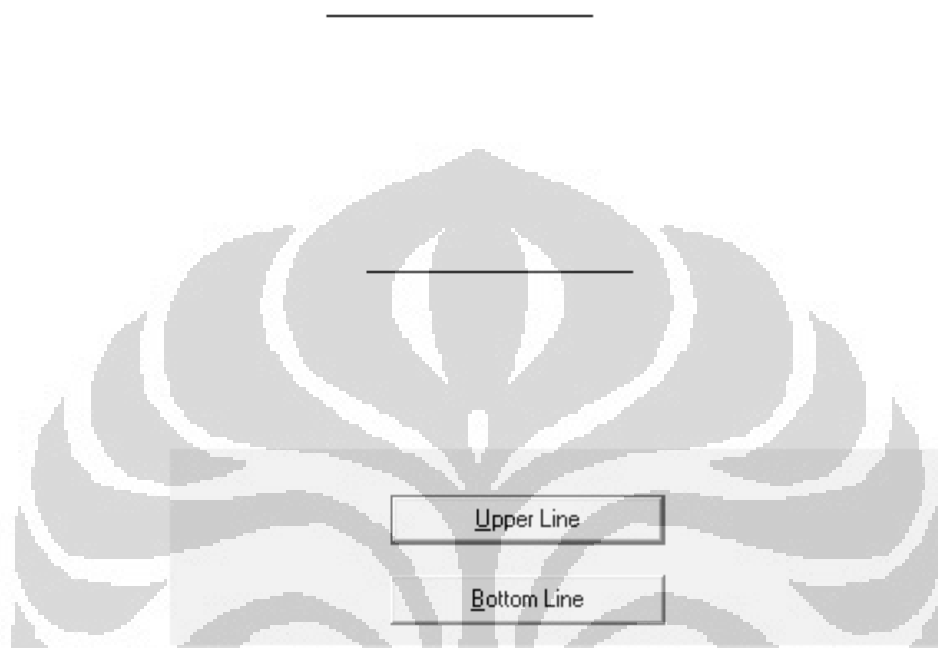


Gambar 3.2 Tampilan Awal Percobaan Tes *Psychophysics* di Software Design Tools Versi 4.0
(Sumber : *Design Tools* Versi 4.00)

Gambar di atas merupakan contoh tes kognitif yang digunakan dalam penelitian ini. Di bagian kiri atas terdapat kolom *% difference* yang menunjukkan persen perbedaan antara garis satu dengan garis yang lain. Kolom *trial* menunjukkan berapa banyak soal yang diberikan untuk para responden. Dalam tes kognitif ini, ada tiga pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui performa kognitif, yakni kecepatan respon, konsentrasi dan tingkat stress yang dialami oleh para responden.

Untuk pengambilan data dalam penelitian ini, responden tidak menggunakan *software* tersebut secara langsung untuk menjawab pertanyaan, tetapi soal-soal tersebut di *print* di sebuah kertas berdasarkan *% difference* yang telah diatur sebelumnya, sehingga responden tidak dapat melihat berapa besar perbedaan panjang garis yang diberikan pada tes tersebut dan seberapa banyak

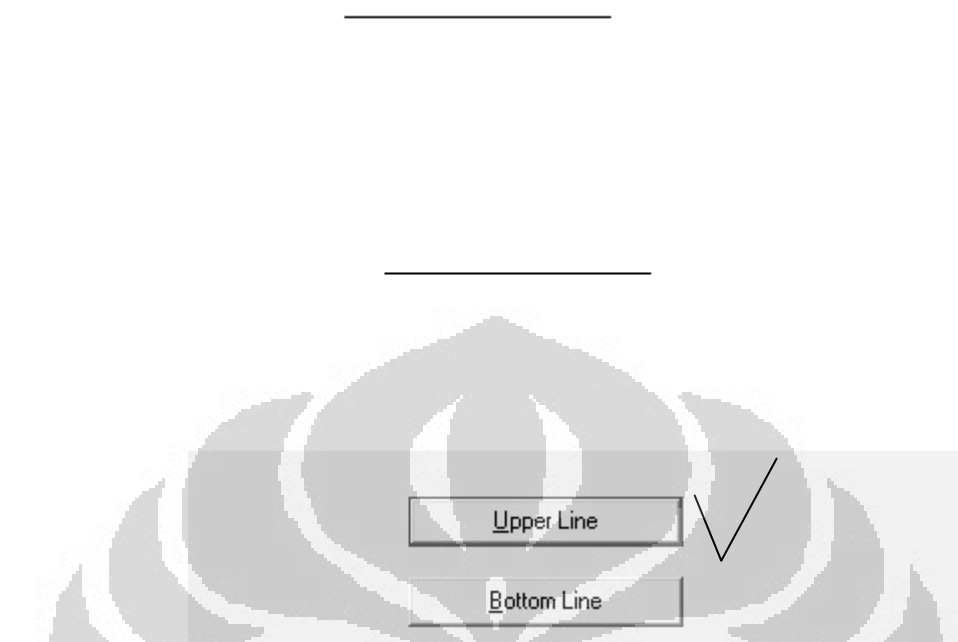
soal yang diberikan. Berikut adalah tampilan tes *psychophysics* setelah di print pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Tampilan Tes *Psychophysics* setelah di *print*

Responden akan menjawab tiga puluh soal yang diberikan dengan waktu yang tidak terbatas. Responden tidak diberitahukan sebelumnya bahwa mereka akan diukur kecepatan respon, konsentrasi, dan tingkat stress. Nilai dari tes kognitif ini akan digunakan untuk mengukur konsentrasi responden. Untuk pengukuran kecepatan respon, akan dihitung kecepatan nya menggunakan *stopwatch* untuk tiap-tiap soal.

Responden awalnya diminta untuk melingkari jawaban yang tepat menurut mereka, namun karena waktu yang dibutuhkan untuk melingkari jawaban lebih lama daripada kecepatan respon untuk menjawab soal tersebut, maka responden diminta untuk memberikan tanda ceklis (\checkmark) untuk menjawab pertanyaan dari tes kognitif tersebut.



Gambar 3.4 Tampilan cara menjawab Tes *Psychophysics*

3.7 Sumber Data

Semua data berasal dari data primer, yaitu data identitas yang meliputi usia, pendidikan dan berat badan diperoleh dari kuesioner. Cara pengambilan data hasil *test psychophysics* menggunakan software 'Design Tools' versi 4.00 dari Method, Standard and Work Design 11th Edition karangan Benjamin Niebel dan Andris Freivalds - Mc Graw Hill, namun tes tersebut dicetak di kertas untuk memudahkan menjawab.

3.8 Jenis Variabel

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ada dua, yakni variabel bebas dan variabel terikat.

3.8.1 Variabel Bebas

Adalah perlakuan yang diberikan yaitu suhu ruangan dan intensitas pencahayaan pada masing-masing kelompok. Suhu ruangan yang diteliti adalah 21°C, 25°C, dan 29°C serta intensitas pencahayaan yakni 50 lux, 150 lux, 300 lux.

3.8.2 Variabel Terikat

Variabel ini meliputi rata-rata hasil 30 kali pengambilan data tes *psychophysics* per responden dalam satuan detik, nilai hasil tes kognitif, serta pengukuran detak jantung responden pada saat istirahat dan setelah melakukan tes.

3.9 Instrumen dan Alat-Alat penelitian

Dalam melakukan penelitian, ada beberapa peralatan dan instrument yang digunakan untuk memudahkan dalam melaksanakan pengambilan data. Instrumen penelitian berupa soal dan form yang diisi oleh para responden, sedangkan peralatan merupakan alat-alat bantu yang digunakan selama menjalankan penelitian. Instrumen penelitian yang digunakan adalah :

- Formulir isian biodata dan pemeriksaan fisik
- Soal tes kognitif
 - Kuesioner berkaitan dengan suhu ruangan dan intensitas pencahayaan

Sedangkan alat- alat dalam penelitian yang digunakan adalah :

- Timbangan berat badan dan Pengukur tinggi badan
- Laboratorium *noise room*
- Meja kursi nyaman
- Luxmeter merk AR 823
- Alat ukur *heart rate* yaitu Omron
- Infrared Thermometer
- Soundlevel meter merk level meter Larson Davis soundtrack type LxT2

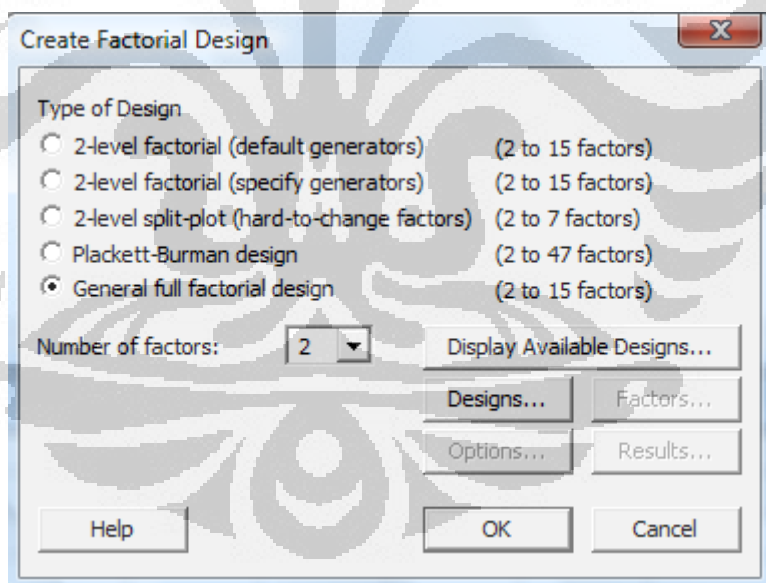
3.10 Pengolahan Data

Data yang terkumpul akan diolah menggunakan program *Statistical Package for Social Science* (SPSS) versi 17 dan Minitab 16. Penyajian data yang akan ditampilkan berupa tekstular, tabel dan grafik dan data yang akan disajikan adalah

- Data deskriptif responden
- Data analisis kecepatan respon dan konsentrasi sebagai pengukuran performa kognitif
- Data analisis tingkat stress sebagai pengukuran dari beban kerja mental yaitu soal tes kognitif

Metode statistik yang digunakan pada penelitian ini berguna untuk mengetahui signifikansi faktor dan juga interaksinya. Metode yang digunakan adalah *Design of Experiment*, lebih khususnya lagi adalah desain faktorial. Berikut ini merupakan langkah-langkah pembuatan *template* desain faktorial pada Minitab 16 :

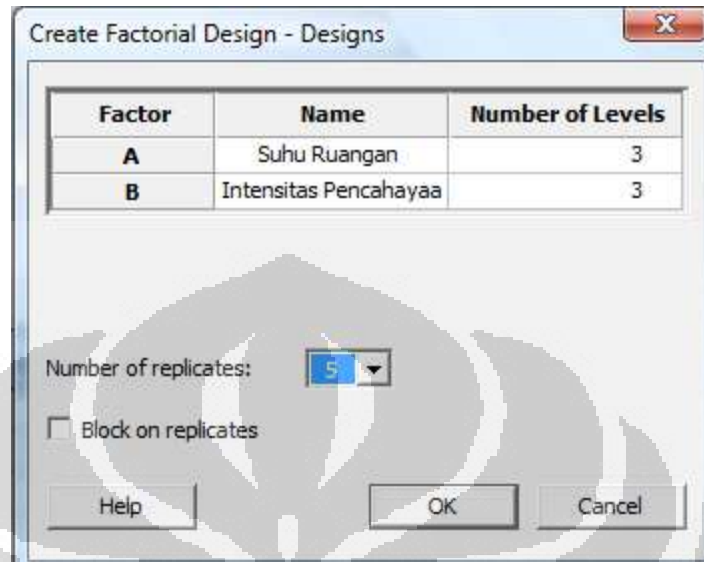
1. Pilih menu Stat → DOE → Factorial Design → Create Factorial Design.
2. Pilih “General Full Factorial Design” dengan “number of factors” = 2 yaitu faktor suhu ruangan dan intensitas pencahayaan. Berikut adalah tampilan awal *template* pengolahan data dalam Factorial Design Minitab 16



Gambar 3.5 Membuat *Template* Desain Faktorial

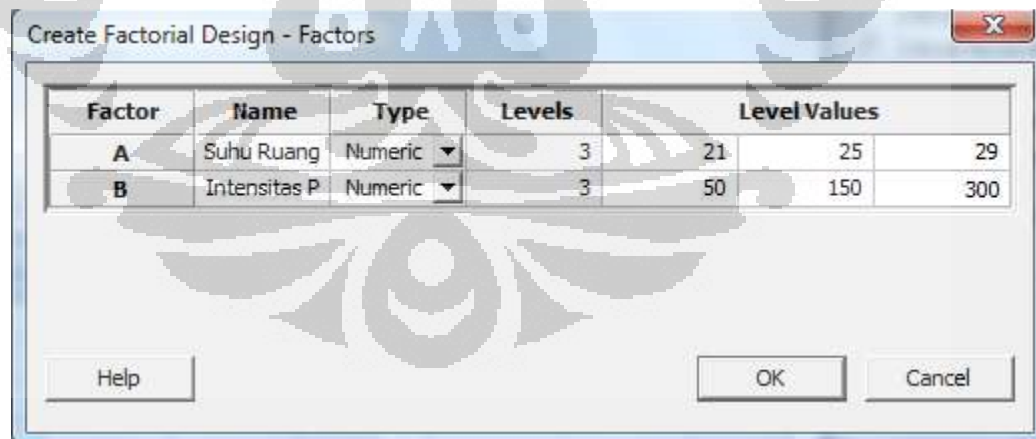
3. Setelah itu pilih “Design”, dalam menu ini diisi nama dari faktor-faktor yang akan diuji beserta *level* yang digunakan di dalam penelitian. Faktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah suhu ruangan dan intensitas pencahayaan

serta masing masing menggunakan 3 *level* dengan 5 replikasi pada tiap-tiap kombinasinya.



Gambar 3.6 Mendefinisikan Nama Faktor dan Jumlah Level

- Pilih “Factors” untuk mendefinisikan nama level dalam suhu ruangan dan intensitas pencahayaan



Gambar 3.7 Mendefinisikan Tipe dan Nama Level

- Setelah itu klik “OK” untuk mengeluarkan perintah yang sudah diinput sebelumnya. Tampilan di bawah ini menunjukkan hasil perancangan eksperimen berupa suhu ruangan dan intensitas pencahayaan yang sudah diisi dengan hasil

kecepatan respon berdasarkan pengambilan data yang dilakukan yaitu pada kolom C7.

Tabel 3.2 Input Data Kecepatan Respon pada *Worksheet Minitab 16*

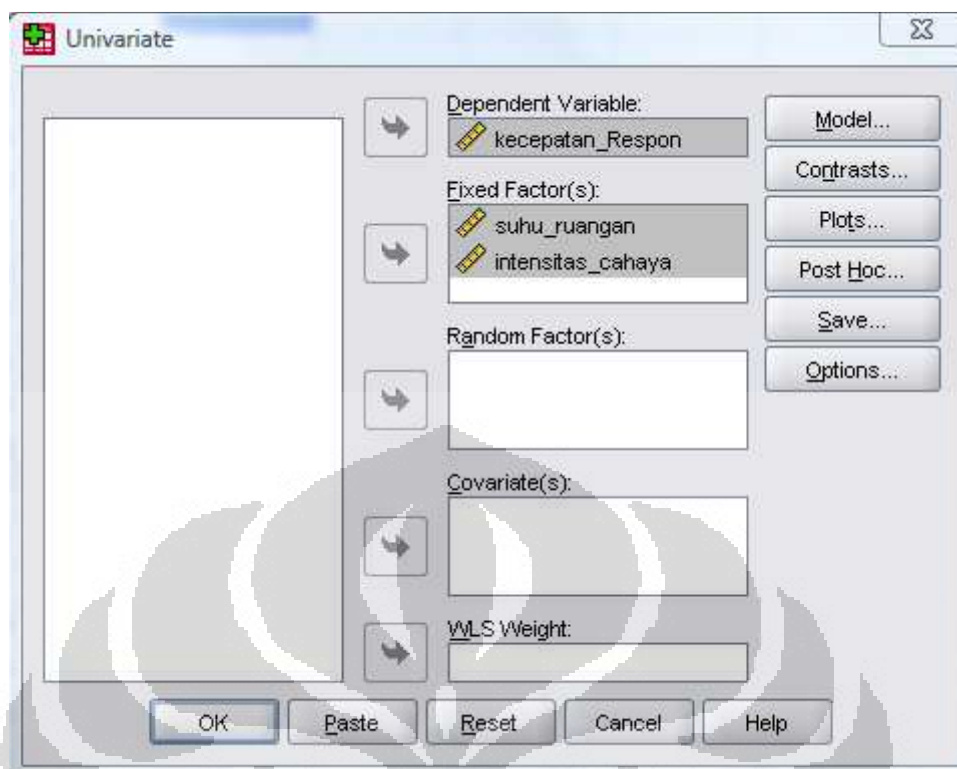
↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	SUHU	CAHAYA	KECEPATAN RESPON	
1	32	1	1	1	25	150	2.3790	0.38
2	1	2	1	1	21	50	2.6100	0.42
3	25	3	1	1	29	50	4.7040	0.67
4	29	4	1	1	21	150	2.4940	0.40
5	26	5	1	1	29	150	4.8240	0.68
6	14	6	1	1	25	150	2.1290	0.33
7	7	7	1	1	29	50	4.1750	0.62
8	35	8	1	1	29	150	2.7300	0.44
9	22	9	1	1	25	50	2.9030	0.46
10	33	10	1	1	25	300	4.0720	0.61
11	23	11	1	1	25	150	2.4380	0.39

(Sumber : Diolah dengan Minitab 16)

Setelah melakukan *input* data terhadap kecepatan respon, maka dapat dianalisis dengan menggunakan hasil tabel ANOVA dengan cara memilih Stat DOE Factorial Analyze factorial Design. Pada tabel ANOVA tersebut akan diketahui faktor manakah yang berpengaruh terhadap variabel dependennya. Jika *p-value* bernilai < 0.05 , maka terdapat bukti untuk menolak H_0 , yakni suhu ruangan atau intensitas pencahayaan dan mungkin kedua faktor tersebut berinteraksi mempengaruhi kecepatan respon.

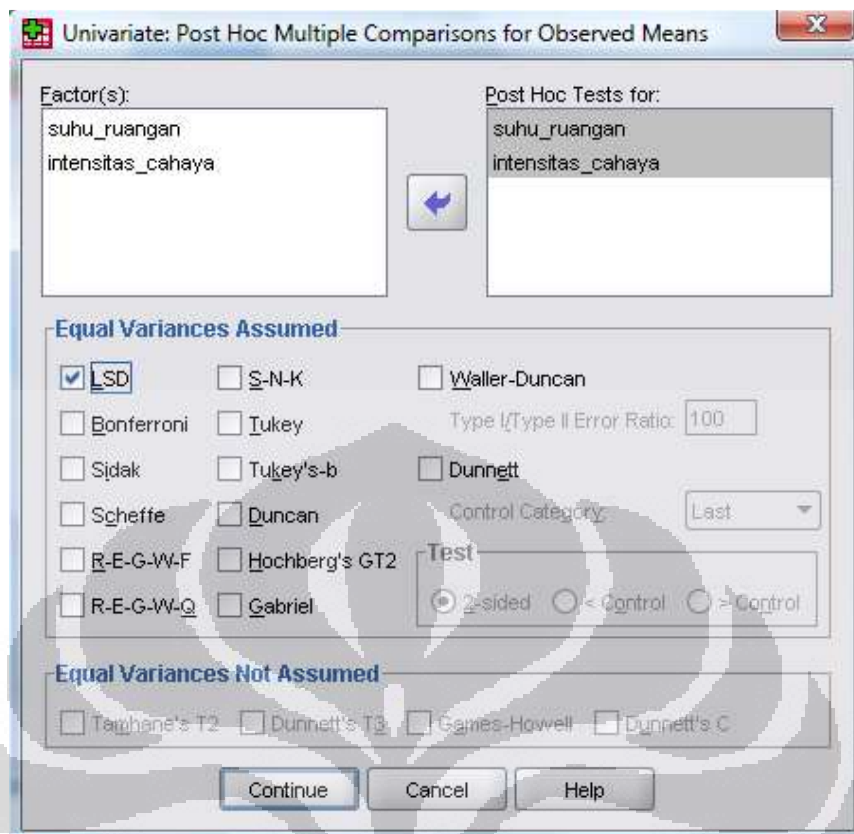
Pengujian lanjutan untuk mengetahui *level* manakah yang paling berpengaruh di dalam suatu faktor menggunakan *post hoc test multiple comparison*. Berikut langkah-langkah yang digunakan pada *post hoc test* :

1. Mengisi kolom variabel yang terdapat pada *variable view* di dalam SPSS
2. Memasukkan data dengan cara meng-*copy* ke data view
3. Pilih *Analyze* → General Linear Model → Univariate. Masukkan variabel dependen ke dalam *dependent variable* dan variabel independen ke dalam *fixed factor model*.



Gambar 3.8 *Univariate General Linear Model*

4. Setelah itu, klik *command button* "Post Hoc", masukkan faktor yang ingin diuji, LSD →Continue



Gambar 3.9 *Post-hoc Test Multiple Comparisons*

5. Klik OK.

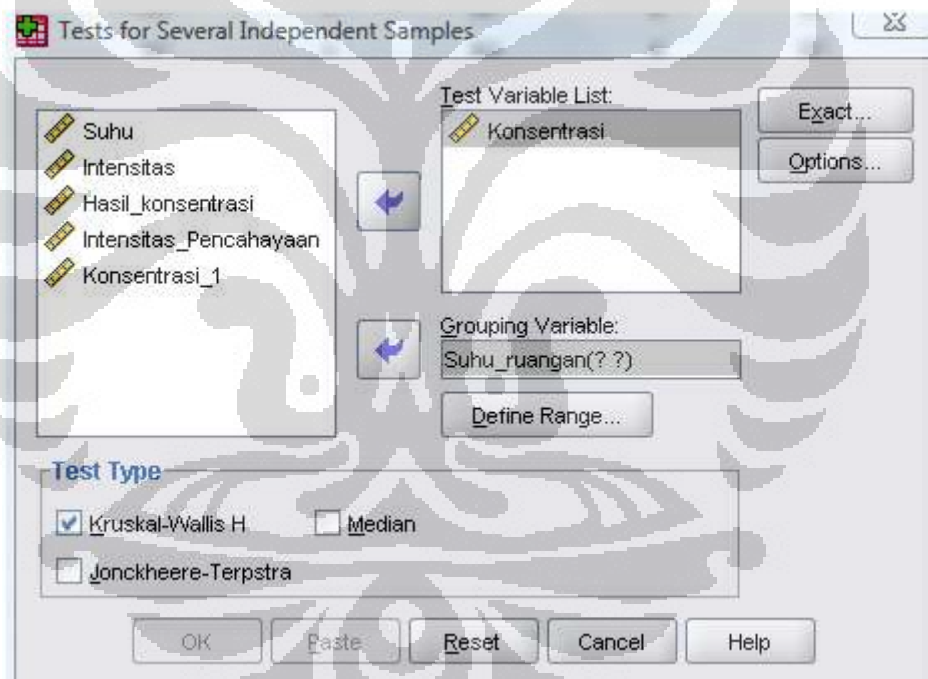
Pengujian kedua variabel dependen lain seperti konsentrasi dan tingkat stress sama seperti menguji data kecepatan respon, selengkapnya akan dijelaskan pada tahap analisis

Data analitis perbandingan populasi menggunakan statistic deskriptif untuk mengetahui rata-rata dan frekuensi dari *sample* penelitian. Sedangkan untuk menguji kenormalan data menggunakan *normality test*, apabila terdistribusi normal (menggunakan uji kolmogorov smirnov), bila diketahui data merupakan data tidak terdistribusi normal, tidak homogen atau ditemukan outlier maka akan ditransformasi. Apabila tetap tidak normal akan digunakan uji parametric Kruskal Wallis.

Tahapan untuk melakukan uji Kruskal – Wallis adalah sebagai berikut :

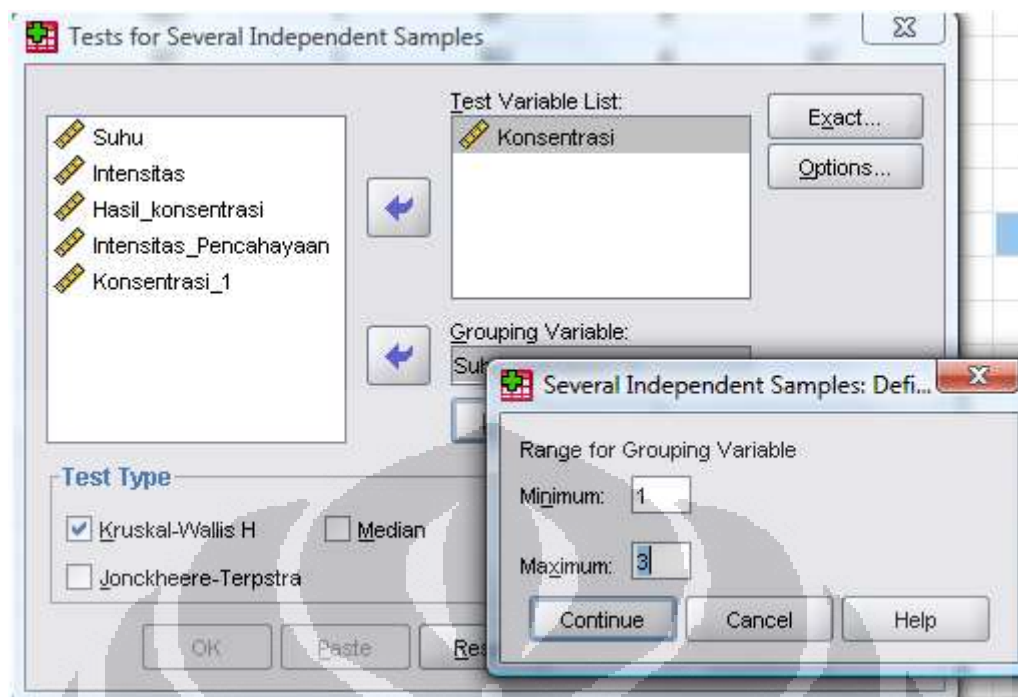
1. Mengisi kolom variabel yang terdapat pada *variable view* di dalam SPSS 17
2. Memasukkan data dengan cara meng-*copy* ke data view
3. Pilih *Analyze* → Non Parametric Test → K Independent Samples.
Masukkan variabel dependen ke dalam *test variable list* dan variabel independen ke dalam *grouping variable*.

Yang membedakan dalam uji non parametric, data level yang semula harus diubah ke dalam bentuk ranking, yaitu 1,2,3 dan seterusnya. Untuk kasus pengolahan data dalam penelitian ini, digunakan ranking 1,2,3 untuk level pada suhu ruangan.



Gambar 3.10 Template Awal Uji Kruskal-Wallis

4. Pilih *Define Range* , lalu masukan ranking minimum dan maksimum yang digunakan untuk pengolahan data. Minimum untuk suhu ruangan adalah 1 dan maksimum nya adalah 3. Hal ini dikarenakan penelitian ini menggunakan 3 level percobaan

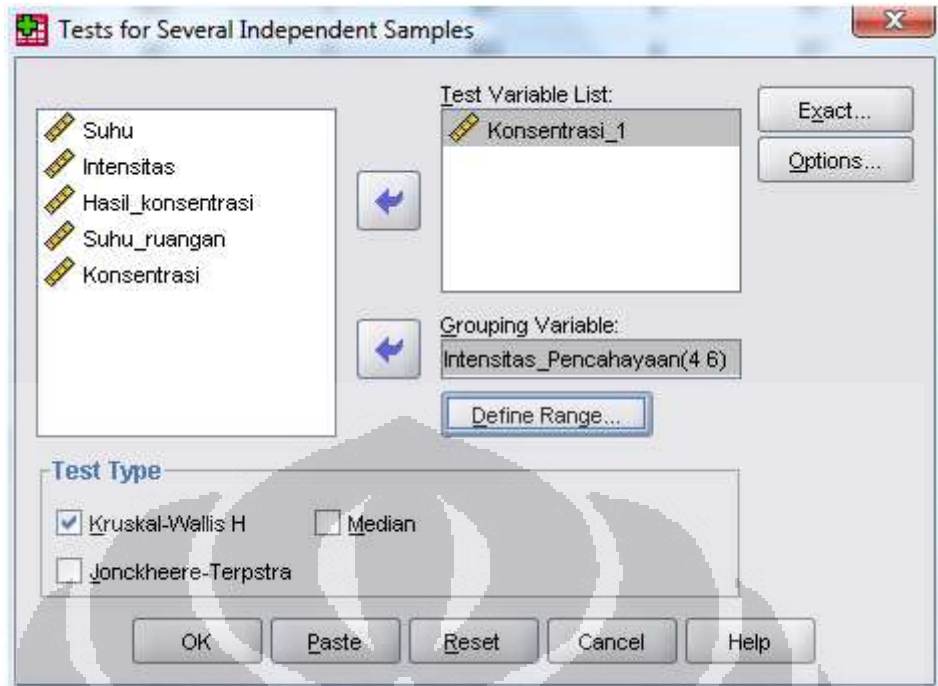


Gambar 3.11 Mendefinisikan *Range* Sampel Independen untuk Suhu Ruangan

Tahapan untuk melakukan uji Kruskal – Wallis untuk intensitas pencahayaan adalah sebagai berikut :

1. Mengisi kolom variabel yang terdapat pada *variable view* di dalam SPSS
2. Memasukkan data dengan cara meng-*copy* ke data view
3. Pilih *Analyze* → Non Parametric Test → K Independent Samples.
Masukkan variabel dependen ke dalam *tes variable list* dan variabel independen ke dalam *grouping variable*.

Untuk kasus pengolahan data dalam penelitian ini, digunakan ranking 4,5,6 untuk level pada intensitas cahaya. Tampilan lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 Mendefinisikan Range Sampel Independen untuk Intensitas
Pencahayaannya

BAB 4

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

Pada Bab ini akan dijelaskan mengenai pengolahan data dari hasil pengumpulan data pada penelitian. Mula-mula akan diolah data untuk mengetahui karakteristik responden, lalu akan dilanjutkan dengan menjelaskan pengolahan data dan analisis untuk mengetahui performa kognitif dimana yang akan dibahas yakni kecepatan respon dan konsentrasi, serta pengukuran beban mental yaitu tingkat stress.

4.1 Karakteristik Responden

Subjek penelitian merupakan para siswa Sekolah Dasar Negeri Pondok Cina 1 yang berjumlah empat puluh lima siswa yang terdiri dari 22 siswa laki-laki dan 23 siswa perempuan. Para siswa tersebut duduk di kelas 4 SD dan masih berusia sekitar 9-10 tahun. Pada saat periode penelitian berlangsung, terdapat 5 siswa yang tidak menghadiri sesi penelitian, dikarenakan sakit. Oleh karena itu, bagi para responden yang masih bisa menghadiri sesi penelitian di hari lain, maka responden tersebut akan digantikan di hari lain. Akan tetapi terdapat 2 responden yang tidak dapat mengikuti penelitian dikarenakan harus menjalani operasi, maka dua responden tersebut digantikan oleh siswa lain yang memenuhi syarat untuk melakukan penelitian.

Penelitian ini menggunakan 9 kombinasi, dimana tiap-tiap kombinasinya dilakukan replikasi sebanyak 5 kali. Oleh karena itu, setiap kombinasi membutuhkan sedikitnya lima responden yang mengikuti penelitian ini. Responden pada awalnya dipastikan bahwa mereka belum pernah melakukan soal tes kognitif yang akan diberikan pada saat penelitian. Oleh karena itu, para responden tersebut bisa dikatakan homogen secara umum.

Berikut adalah data berat badan dan umur para siswa sekolah dasar yang menjadi responden dalam penelitian ini :

Tabel 4.1 Data Karakteristik Responden

Nama	Berat Badan (Kg)	Umur (tahun)
Responden 1	27	10
Responden 2	27	10
Responden 3	34	10
Responden 4	34.8	10
Responden 5	29	9
Responden 6	38.2	10
Responden 7	23.4	9
Responden 8	25.8	10
Responden 9	25.4	10
Responden 10	28.2	10
Responden 11	30.4	10
Responden 12	40.2	10
Responden 13	35.2	10
Responden 14	28	9
Responden 15	25.2	10
Responden 16	33.4	9
Responden 17	31.2	10
Responden 18	33.6	10
Responden 19	30.8	10
Responden 20	28.3	10
Responden 21	34.1	9
Responden 22	31.9	10
Responden 23	34.3	9
Responden 24	31.4	10
Responden 25	28.9	10
Responden 26	32.7	10
Responden 27	34.9	10
Responden 28	31.6	9
Responden 29	29.7	10
Responden 30	35.9	9
Responden 31	27	10
Responden 32	27	10
Responden 33	34	10
Responden 34	34.8	10
Responden 35	29	9
Responden 36	38.2	10
Responden 37	23.4	9
Responden 38	25.8	10
Responden 39	25.4	10
Responden 40	28.2	10
Responden 41	29.7	10
Responden 42	35.9	9
Responden 43	27	10
Responden 44	27	10
Responden 45	34	10

Berikut merupakan deskripsi statistik para responden :

Tabel 4.2 Deskripsi Statistik Karakteristik Responden

Variabel	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Indeks massa tubuh	30.6867	4.17801	23.4	40.2
Umur	9.76	0.435	9	10

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa indeks massa tubuh responden memiliki rata-rata dan standar deviasi sebesar $30,7 \pm 4,17$ kg.

4.2 Pengolahan Data untuk Kecepatan Respon

Terdapat tiga variabel dependen yang diukur di dalam penelitian ini, yakni kecepatan respon, konsentrasi, dan tingkat stress, dimana satu persatu akan dibahas pada sub bab ini, berikut adalah rekapitulasi pengambilan data dari ketiga variabel dependen

4.2.1 Data Awal untuk Kecepatan Respon

Berikut adalah rekapitulasi data kecepatan respon berdasarkan kombinasi yang telah ditetapkan sebelumnya pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Total Rekapitulasi Data Kecepatan Respon

Kombinasi	Suhu ruangan (°C)	Intensitas cahaya (Lux)	Kecepatan respon (soal/menit)
5	25°C	150 Lux	2.38
1	21°C	50 Lux	2.61
7	29°C	50 Lux	4.7
2	21°C	150 Lux	2.49
8	29°C	150 Lux	4.82
5	25°C	150 Lux	2.13
7	29°C	50 Lux	4.18
8	29°C	150 Lux	2.73
4	25°C	50 Lux	2.9
6	25°C	300 Lux	4.07
5	25°C	150 Lux	2.44

Tabel 4.4 Total Rekapitulasi Data Kecepatan Respon (sambungan)

Kombinasi	Suhu ruangan (°C)	Intensitas cahaya (Lux)	Kecepatan respon (soal/menit)
9	29°C	300 Lux	4.03
6	25°C	300 Lux	3.49
2	21°C	150 Lux	2.47
6	25°C	300 Lux	5.21
9	29°C	300 Lux	2.97
7	29°C	50 Lux	5.3
9	29°C	300 Lux	3.16
2	21°C	150 Lux	2.36
1	21°C	50 Lux	3.16
3	21°C	300 Lux	3.63
6	25°C	300 Lux	1.99
8	29°C	150 Lux	3.07
7	29°C	50 Lux	5.98
5	25°C	150 Lux	3.57
3	21°C	300 Lux	3.22
4	25°C	50 Lux	2.36
2	21°C	150 Lux	4.1
8	29°C	150 Lux	3.17
3	21°C	300 Lux	2.78
3	21°C	300 Lux	2.38
1	21°C	50 Lux	2.49
9	29°C	300 Lux	3.3
1	21°C	50 Lux	2.61
1	21°C	50 Lux	3.16
5	25°C	150 Lux	3.57
9	29°C	300 Lux	3.3
2	21°C	150 Lux	2.36
6	25°C	300 Lux	1.99
7	29°C	50 Lux	5.98
3	21°C	300 Lux	3.63
4	25°C	50 Lux	2.36
8	29°C	150 Lux	3.07

4.2.2 Uji Normalitas

Tujuan ini adalah untuk mengetahui apakah data tersebut terdistribusi normal. Ada beberapa cara untuk menguji normalitas, yakni menguji dengan Kolmogorov-Smirnov dan Shapiro-Wilk yang ada pada SPSS 17.

Data kecepatan respon merupakan data yang diambil dari waktu yang dibutuhkan responden untuk menyelesaikan tes kognitif yang diberikan dalam satuan detik. Namun, karena terdapat 30 soal di dalam satu tes kognitif, maka data kecepatan respon yang menjadi input diubah dalam satuan menit.

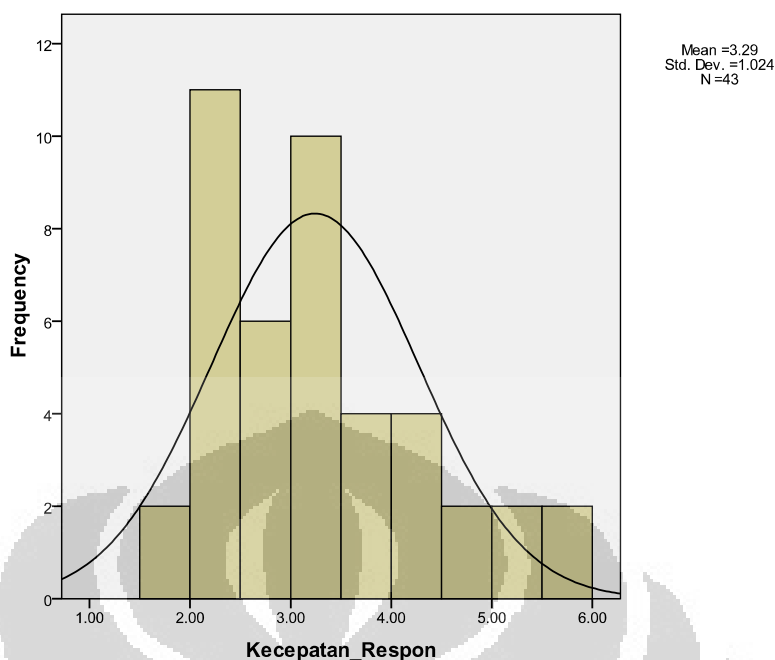
Berikut adalah hasil uji normalitas untuk kecepatan respon, dimana hasilnya tidak signifikan karena $p \text{ value} < 0.05$.

Tabel 4.5 Uji Normalitas Data Total untuk Kecepatan Respon

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Kecepatan_Respon	.150	43	.017	.892	43	.001

Asumsi bahwa data residual eksperimen terdistribusi secara normal juga bisa dilihat dari grafik histogram pada gambar berikut. Apabila data tersebut terdistribusi normal maka grafik histogram harus berbentuk *bell-shaped*. Berdasarkan grafik dibawah ini, maka terlihat bahwa data tidak terdistribusi secara normal, dan tidak berbentuk *bell-shaped*. Oleh karena ini diperlukan transformasi logaritma untuk menormalkan data yang tidak normal.

Berikut tampilan histogram persebaran frekuensi uji kognitif para responden pada gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Histogram Persebaran Frekuensi Uji Kognitif pada Kecepatan Respon

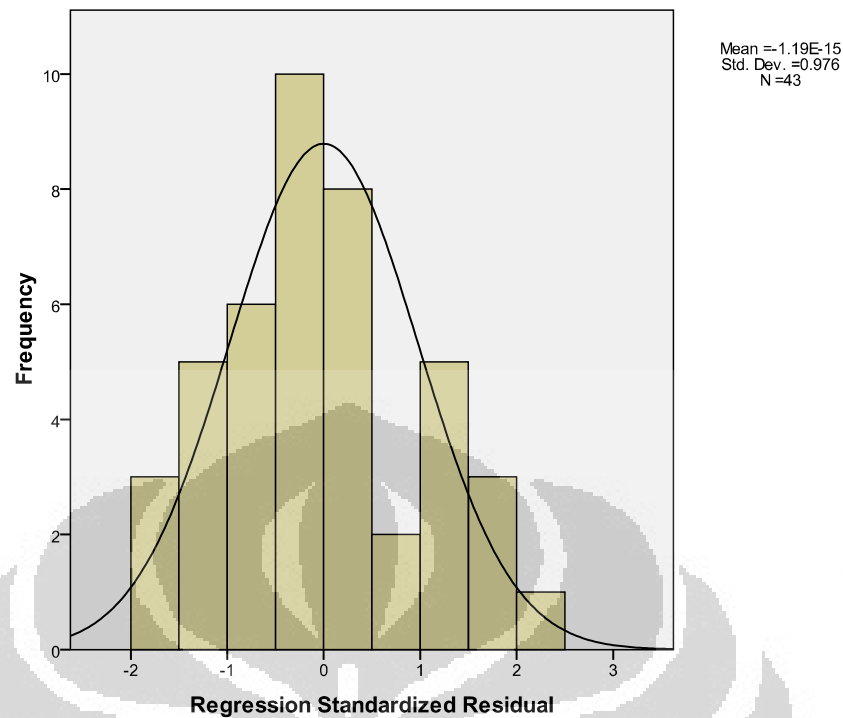
4.2.3 Data Transformasi Logaritma

Setelah dilakukan transformasi terhadap data kecepatan respon, maka pengujian ulang terhadap uji normalitas dan homogenitas harus dilakukan kembali. Berikut merupakan hasil data transformasi logaritma :

Tabel 4.6 Uji Normalitas Data Total Transformasi Logaritma untuk Kecepatan Respon

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
log_kecepatan_respon	.097	43	.200	.953	43	.078

Hasil transformasi logaritma menunjukkan bahwa data tersebut normal karena $p \text{ value} > 0.05$. Berikut adalah grafik histogram data kecepatan respon pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Histogram Persebaran Frekuensi Uji Kognitif Transformasi Logaritma pada Kecepatan Respon

Melalui *normal probability plot*, akan dapat lebih mudah dilihat apakah data tersebut terdistribusi normal. Berdasarkan gambar berikut, terbukti bahwa data tersebut sudah terdistribusi normal karena membentuk garis lurus.

Tabel 4.7 Uji Normalitas Data tiap Kombinasi Transformasi Logaritma pada Kecepatan Respon

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Kombinasi_1	.319	5	.105	.793	5	.071
Kombinasi_2	.218	5	.200*	.871	5	.269
Kombinasi_3	.216	5	.200*	.882	5	.320
Kombinasi_4	.224	5	.200*	.881	5	.314
Kombinasi_5	.286	5	.200*	.827	5	.132
Kombinasi_6	.248	5	.200*	.883	5	.322
Kombinasi_7	.219	5	.200*	.906	5	.441
Kombinasi_8	.322	5	.100	.881	5	.314
Kombinasi_9	.331	5	.078	.877	5	.297

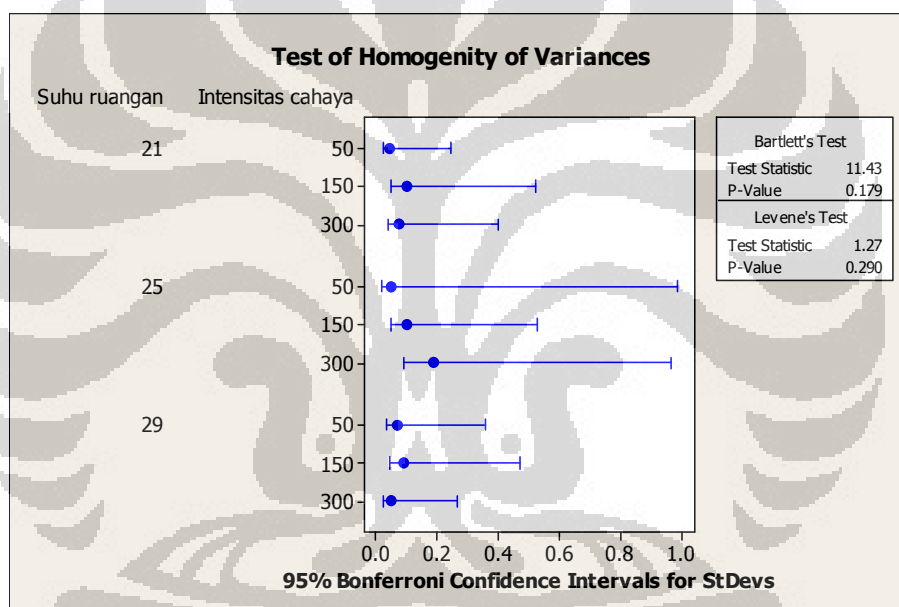
a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

4.2.4 Uji Homogenitas Varians

Tujuan ini adalah untuk memastikan persebaran dari varians dan memastikannya tidak membentuk pola tertentu. Ada beberapa cara untuk menguji, diantaranya levene test dan Barlett test. Varians dari data kecepatan respon untuk tes kognitif mempunyai p-value test levene lebih dari 0,05 artinya H_0 ditolak dan varians homogen.

Hasil Test Levene dikonfirmasi dengan scatterplot regresi residual yang terstandarisasi, tidak ada pola yang dihasilkan dari scatterplot, dan dapat diartikan homogen.



Gambar 4.3 Test Homogenitas Varians Data Transformasi Logaritma untuk Kecepatan Respon

4.2.5 Analisis Pengaruh Suhu Ruang dan Intensitas Pencahayaan terhadap Kecepatan Respon

Setelah melakukan uji normalitas dan uji homogenitas, maka uji selanjutnya adalah uji signifikansi yang ditunjukkan dengan tabel ANOVA. Dari tabel ANOVA, dapat diketahui faktor mana yang paling berpengaruh dari beberapa kombinasi yang dibuat melalui indikator p -value. Dengan menggunakan $\alpha = 5\%$, apabila $p\text{-value} \leq 0.05$, maka faktor-faktor tersebut signifikan atau

berpengaruh secara statistik dan menolak hipotesis nol. Sedangkan jika sebaliknya $p\text{-value} > 0.05$, maka faktor tersebut tidak berpengaruh signifikan dan oleh karena itu menerima hipotesis nol. Dimana :

1. $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = 0$
 H_1 : ada pengaruh yang signifikan dari faktor suhu ruangan
2. $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$
 H_1 : ada pengaruh yang signifikan dari faktor intensitas pencahayaan
3. $H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$ untuk semua nilai ij
 H_1 : ada interaksi yang signifikan dari faktor tersebut

Tabel 4.8 ANOVA Desain Faktorial Faktor Suhu Ruangan dan Intensitas Pencahayaan terhadap Kecepatan Respon

Dependent Variable: log_kecepatan_respon

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Suhu_ruangan	.177	2	.088	9.021	.001
Intensitas_pencahayaan	.025	2	.012	1.257	.297
Suhu_ruangan * Intensitas_pencahayaan	.117	4	.029	2.973	.033
Error	.333	34	.010		
Total	11.382	43			
Corrected Total	.654	42			

Jika $p\text{-value}$ di bawah 0.05, maka ada cukup bukti untuk menerima H_1 bahwa faktor tersebut berpengaruh signifikan terhadap kecepatan respon responden. Berdasarkan tabel 4.8, pada tingkat kepercayaan 95%, penulis menyimpulkan bahwa :

- Pada uji hipotesis (1), ada cukup bukti untuk menolak H_0 (dan menerima H_1), artinya faktor suhu ruangan berpengaruh secara signifikan terhadap kecepatan respon
- Pada uji hipotesis (2), ada cukup bukti untuk menerima H_0 (dan menolak H_1), artinya faktor intensitas pencahayaan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kecepatan respon

- Pada uji hipotesis (3), ada cukup bukti untuk menerima H_1 (dan menolak H_0), artinya interaksi antara faktor suhu ruangan dan intensitas pencahayaan berpengaruh secara signifikan terhadap kecepatan respon

4.2.6 Analisis uji *Post-Hoc* (Uji Lanjutan)

Berdasarkan uji signifikansi yang sudah dilakukan, diketahui bahwa memang terdapat perbedaan rata-rata yang signifikan dari kedua faktor terhadap kecepatan respon. Setelah mengetahui hasil tersebut, maka selanjutnya dilakukan uji lanjutan untuk mengetahui kelompok atau *level* manakah yang memberikan perbedaan tersebut.

Analisis untuk menguji *level* manakah yang paling berpengaruh terhadap interaksi dari kedua faktor menggunakan uji LSD (*Least Significant Differences*). Dengan $p\text{-value} < 0.05$ dapat dilihat bahwa suhu 29°C memberikan perbedaan yang signifikan terhadap suhu ruangan 21°C dan 25°C . Dari uji LSD pada tabel 4.1 di bawah ini ini dapat diketahui bahwa kecepatan respon yang dihasilkan terhadap suhu ruangan 21°C dan 25°C tidak memberikan perbedaan yang signifikan, akan tetapi pada saat suhu ruangan mencapai 29°C , maka kecepatan respon akan berubah secara signifikan.

Tabel 4.9 *Post-Hoc test* Faktor Suhu Ruangan terhadap Kecepatan Respon

log_kecepatan_respon

LSD

(I) Suhu Ruangan	(J) Suhu Ruangan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
21°C	25°C	0.003	0.03751	0.937	-0.0732	0.0792
	29° C	-.1306*	0.03614	0.001	-0.2041	-0.0572
25° C	21° C	-0.003	0.03751	0.937	-0.0792	0.0732
	29° C	-.1336*	0.03751	0.001	-0.2098	-0.0574
29°C	21° C	.1306*	0.03614	0.001	0.0572	0.2041
	25° C	.1336*	0.03751	0.001	0.0574	0.2098

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .010.

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Selain itu, analisis untuk menguji *level* intensitas pencahayaan manakah yang paling berpengaruh terhadap interaksi dari tiga *level* tersebut juga menggunakan uji LSD (*Least Significant Differences*). Dengan $p\text{-value} < 0.05$ dapat dilihat bahwa intensitas pencahayaan sebesar 300 lux memberikan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan dua *level* lainnya. Berdasarkan uji LSD pada tabel 4.10 di bawah ini dapat diketahui bahwa kecepatan respon pada intensitas pencahayaan sebesar 50 lux dan 150 lux tidak memberikan pengaruh yang berbeda.

Tabel 4.10 *Post-Hoc test* Faktor Intensitas Pencahayaan terhadap Kecepatan Respon

log_kecepatan_respon
LSD

(I) Intensitas Pencahayaan	(J) Intensitas Pencahayaan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
50 lux	150 lux	.0765*	0.03751	0.049	0.0003	0.1527
	300 lux	0.037	0.03751	0.331	-0.0392	0.1132
150 lux	50 lux	-.0765*	0.03751	0.049	-0.1527	-0.0003
	300 lux	-0.0395	0.03614	0.282	-0.1129	0.034
300 lux	50 lux	-0.037	0.03751	0.331	-0.1132	0.0392
	150 lux	0.0395	0.03614	0.282	-0.034	0.1129

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .010.

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

4.3 Pengolahan Data Untuk Konsentrasi

Konsentrasi yang dimaksud di dalam penelitian ini yakni pengukuran berapa banyak jumlah soal yang berhasil dijawab dengan benar dan dikonversikan dalam bentuk penilaian atau skor. Berikut hasil rekapitulasi data hasil uji konsentrasi

Tabel 4.11 Total Rekapitulasi Data Hasil Uji Konsentrasi

Suhu Ruangan (°C)	Intensitas Pencahayaan (Lux)	Hasil Uji Konsentrasi
25°C	150 Lux	100
29°C	150 Lux	93
25°C	50 Lux	100
21°C	50 Lux	100
25°C	150 Lux	97
29°C	150 Lux	83
21°C	50 Lux	100
21°C	300 Lux	100
21°C	50 Lux	97
29°C	300 Lux	100
21°C	150 Lux	93
25°C	50 Lux	97
25°C	50 Lux	100
21°C	50 Lux	90
21°C	50 Lux	100
25°C	50 Lux	97
29°C	50 Lux	100
29°C	50 Lux	100
21°C	300 Lux	100
25°C	50 Lux	100
21°C	150 Lux	100
21°C	300 Lux	100
21°C	150 Lux	100
25°C	150 Lux	100
25°C	300 Lux	97
25°C	150 Lux	77
29°C	300 Lux	100
25°C	300 Lux	100
29°C	50 Lux	100
21°C	150 Lux	100
29°C	300 Lux	100
21°C	150 Lux	100
25°C	300 Lux	93
29°C	300 Lux	97
29°C	50 Lux	100
21°C	300 Lux	100
29°C	300 Lux	97
29°C	150 Lux	100
29°C	50 Lux	97
21°C	300 Lux	100

Tabel 4.12 Total Rekapitulasi Data Hasil Uji Konsentrasi (sambungan)

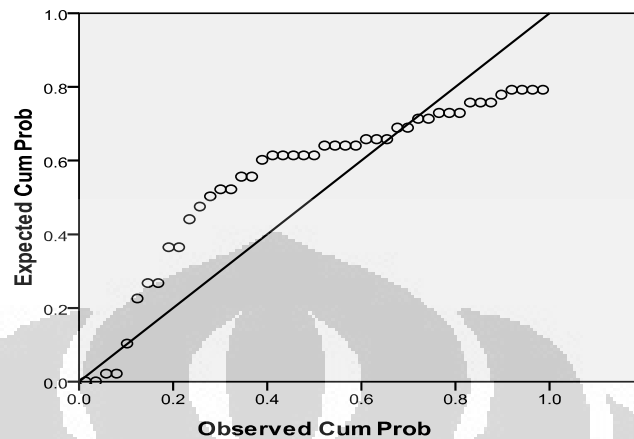
Suhu Ruangan (°C)	Intensitas Pencahayaan (Lux)	Hasil Uji Konsentrasi
29	150	93
25	300	93
25	300	100
29	150	83
25	150	77

Setelah mendapatkan data hasil uji konsentrasi, maka langkah selanjutnya adalah menguji normalitas data.

4.3.1 Uji Normalitas

Data untuk menguji konsentrasi diambil dari hasil tes kognitif responden yang diberikan. Berikut adalah hasil uji normalitas untuk tingkat stress berdasarkan histogram, plot residual, dan uji Kolmogorov smirnov. Dari ketiga pengujian tersebut, data pengukuran konsentrasi tidak normal, hal ini disebabkan karena banyak yang berada di luar kisaran data yang lain sehingga data tersebut tidak dapat diolah dengan uji parametrik. Berikut adalah gambar grafik 4.6 yang menunjukkan bahwa data pengukuran konsentrasi tidak terdistribusi secara normal.

Dependent Variable: Hasil_konsentrasi



Gambar 4.4 Scatter Plot Regresi Residual untuk Konsentrasi

Berikut adalah hasil uji normalitas data total keseluruhan untuk pengukuran konsentrasi yang dapat dilihat pada tabel 4.14

Tabel 4.13 Uji Normalitas Data Total untuk Konsentrasi

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Hasil_konsentrasi	.312	45	.000	.619	45	.000

a. Lilliefors Significance Correction

Setelah mengetahui data tidak normal, maka dilakukan transformasi logaritma dan transformasi matematika lain untuk menormalkan data, tetapi data terhadap pengukuran konsentrasi tetap tidak normal. Selain itu, penambahan data juga sudah pernah dilakukan tetapi data masih tetap normal. Oleh karena itu, dilakukan pengujian terhadap data yang tidak normal berdasarkan penjelasan pada dasar teori yaitu menggunakan uji non parametric Kruskal-Wallis.

Pengujian Kruskal-Wallis bertujuan untuk mengetahui apakah sampel-sampel tersebut berasal dari populasi yang memiliki mean yang sama. Pada uji parametric, yang dilakukan adalah dengan menggunakan uji ANOVA dimana

syarat nya adalah data tersebut harus terdistribusi normal dan varians yang sama, Uji Kruskal-Wallis mengasumsikan bahwa varians yang diteliti adalah sama. Dalam pengujian ini, tidak dapat dilihat interaksi antara kedua faktor, namun hanya dilakukan pengujian masing-masing faktor terhadap variabel dependen yang akan dianalisis yaitu konsentrasi

4.3.2 Uji hipotesis

Pada uji Kruskal-Wallis, karena dianggap data tidak harus normal dan memiliki varians yang sama, maka variabel dependen bisa dianalisis langsung menggunakan uji signifikansi, dimana :

1. $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = 0$
 H_1 : tidak seluruh mean populasi τ_i sama
2. $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$
 H_1 : tidak seluruh mean populasi β_j sama

Hasil pengolahan data terhadap konsentrasi menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara variabel independen yakni suhu ruangan terhadap konsentrasi, ditunjukkan dengan hasil signifikansi dimana p value < 0.05, oleh karena itu H_0 ditolak. Namun, hasil yang tidak signifikan ditunjukkan antara variabel independen yaitu intensitas cahaya terhadap konsentrasi, dimana p-value > 0.05 oleh karena itu H_0 diterima.

Tabel 4.14 Pengujian Kruskal-Wallis Faktor Suhu Ruangan terhadap Konsentrasi

	Konsentrasi
Chi-Square	6.691
Df	2
Asymp. Sig.	.035

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable:
Suhu_ruangan

Berdasarkan pengujian statistik yang dilakukan terhadap tingkat konsentrasi dapat dianalisis bahwa memang terdapat perbedaan yang signifikan antara masing-masing level suhu ruangan terhadap tingkat konsentrasi.

Tabel 4.15 Pengujian Kruskal-Wallis Faktor Intensitas Pencahayaan terhadap Konsentrasi

	Konsentrasi_1
Chi-Square	3.158
Df	2
Asymp. Sig.	.206

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable:
Intensitas_Pencahayaan

Berbeda dengan faktor suhu ruangan, tetapi level dari intensitas pencahayaan ternyata tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap tingkat konsentrasi. Kemungkinan hal ini dikarenakan intensitas pencahayaan yang diberikan tidak begitu ekstrem sehingga belum dapat dilihat perbedaannya secara signifikan.

4.4 Pengolahan Data Untuk Tingkat Stress

Tingkat stress merupakan salah satu pengukuran dari suatu beban kerja mental yang diukur dengan menghitung *heart rate* responden. Tahapan pengolahan data untuk mengukur tingkat stress sama seperti pengolahan data untuk data kecepatan respon. Berikut ditampilkan total rekapitulasi data untuk tingkat stress

Tabel 4.16 Total Rekapitulasi Data Tingkat Stress

Kombinasi	Suhu ruangan(°C)	Intensitas cahaya (Lux)	Tingkat Stress
1	21	50	90
9	29	300	101
8	29	150	90
9	29	300	95
5	25	150	87
6	25	300	107
8	29	150	103
9	29	300	111
6	25	300	88
1	21	50	104
4	25	50	97
3	21	300	98
7	29	50	113
3	21	300	87
2	21	150	89
5	25	150	104
4	25	50	101
1	21	50	82
8	29	150	91
7	29	50	104
2	21	150	90
7	29	50	104
7	29	50	106
4	25	50	95
2	21	150	85

Tabel 4.17 Total Rekapitulasi Data Tingkat Stress (sambungan)

Kombinasi	Suhu ruangan(°C)	Intensitas cahaya (Lux)	Tingkat Stress
7	29	50	104
7	29	50	106
4	25	50	95
2	21	150	85
9	29	300	103
8	29	150	98
1	21	50	85
5	25	150	80
8	29	150	101
6	25	300	88
6	25	300	97
6	25	300	87
1	21	50	85
5	25	150	80
9	29	300	103
2	21	150	85
6	25	300	87
7	29	50	104
3	21	300	87
4	25	50	95
8	29	150	91

4.4.1 Uji Normalitas

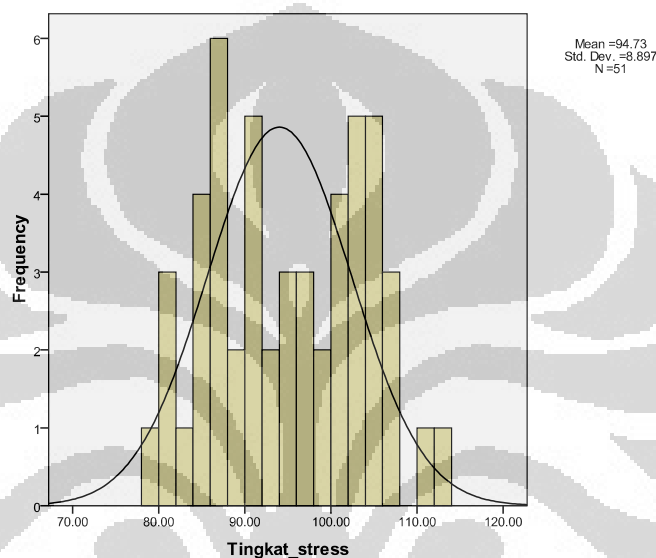
Data tingkat stress merupakan data yang diambil dari *heart rate* responden untuk pada waktu selesai menyelesaikan tes kognitif yang diberikan. Berikut adalah hasil uji normalitas untuk tingkat stress, dimana hasilnya signifikan karena $p \text{ value} > 0.05$.

Tabel 4.18 Uji Normalitas Data Total untuk Tingkat Stress

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Tingkat_stress	.118	51	.074	.958	51	.069

a. Lilliefors Significance Correction

Berikut adalah tampilan histogram untuk tingkat stress



Gambar 4.5 Histogram Persebaran Frekuensi Uji Kognitif Transformasi Logaritma untuk Tingkat Stress

Setelah menguji normalitas pada keseluruhan data untuk tingkat stress, maka berikut adalah pengujian normalitas untuk masing-masing kombinasi perlakuan. Berikut adalah hasil uji normalitas untuk tingkat stress yang ditampilkan pada tabel 4.15

Tabel 4.19 Uji Normalitas Data Total untuk Tingkat Stress

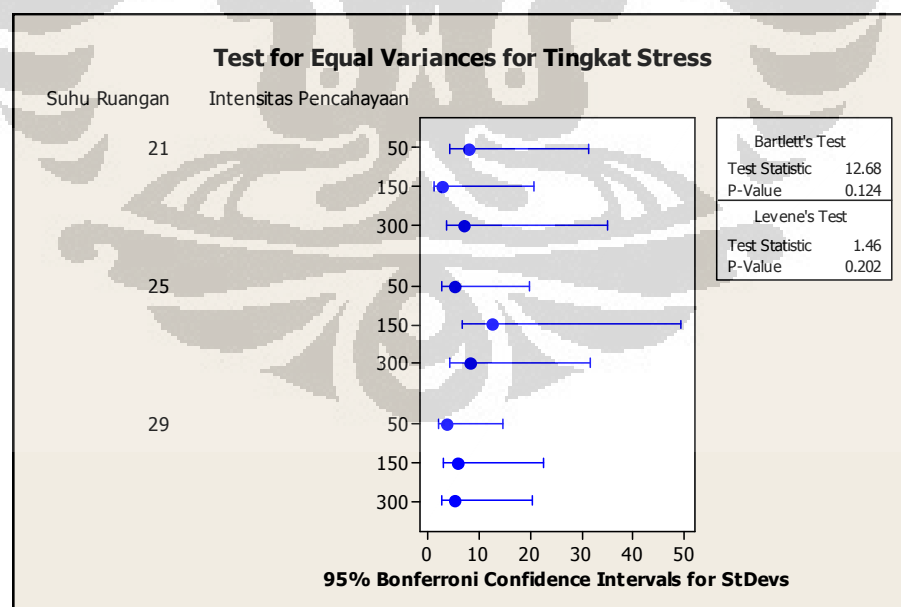
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
kombinasi_1	.222	6	.200*	.874	6	.244
kombinasi_2	.254	6	.200*	.907	6	.415
kombiansi_3	.195	6	.200*	.979	6	.945
kombinasi_4	.267	6	.200*	.897	6	.356
kombinasi_5	.273	6	.185	.784	6	.052
kombinasi_6	.318	6	.058	.804	6	.063
kombinasi_7	.315	6	.063	.750	6	.050
kombinasi_8	.293	6	.117	.850	6	.158
kombinasi_9	.307	6	.079	.896	6	.352

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

4.4.2 Uji Homogenitas Varians

Varians dari data tingkat stress yang diperoleh dari pengukuran *heart rate* responde untuk tes kognitif mempunyai p-value test levene lebih dari 0,05 artinya H_0 ditolak dan varians homogen.



Gambar 4.6 Test Homogenitas Varians Data Transformasi Logaritma untuk Tingkat Stress

4.4.3 Analisis Pengaruh Suhu Ruangan dan Intensitas Pencahayaan terhadap Tingkat Stress

Setelah melakukan uji normalitas dan uji homogenitas, seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, maka uji selanjutnya adalah uji signifikansi yang ditunjukkan dengan tabel ANOVA. Dari tabel ANOVA, diketahui bahwa faktor mana yang paling berpengaruh dari beberapa kombinasi dapat dilihat melalui indikator *p-value*. Dengan menggunakan $\alpha = 5\%$, apabila *p-value* < 0.05 , maka faktor-faktor tersebut signifikan atau berpengaruh secara statistik dan menolak hipotesis nol. Sedangkan jika sebaliknya *p-value* > 0.05 , maka faktor tersebut tidak berpengaruh signifikan dan oleh karena itu menerima hipotesis nol. Dimana:

1. $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = 0$
 H_1 : ada pengaruh yang signifikan dari faktor A
2. $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$
 H_1 : ada pengaruh yang signifikan dari faktor B
3. $H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$ untuk semua nilai ij
 H_1 : ada interaksi yang signifikan dari faktor tersebut

Berikut adalah hasil ANOVA faktor suhu ruangan dan intensitas pencahayaan terhadap tingkat stress yang ditunjukkan pada tabel 4.16.

Tabel 4.20 ANOVA Desain Faktorial Faktor Suhu Ruangan dan Intensitas Pencahayaan terhadap Tingkat Stress

Dependent Variable:Tingkat_stress

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1851.574	8	231.447	4.614	.000
Intercept	445943.819	1	445943.819	8891.004	.000
Suhu_Ruangan	1393.489	2	696.745	13.891	.000
Intensitas_Pencahayaan	347.183	2	173.592	3.461	.041
Suhu_Ruangan * Intensitas_Pencahayaan	81.967	4	20.492	.409	.801
Error	2106.583	42	50.157		
Total	461577.000	51			
Corrected Total	3958.157	50			

Jika *p-value* di bawah 0.05, maka ada cukup bukti untuk menerima H_1 bahwa faktor tersebut berpengaruh signifikan terhadap kecepatan respon responden. Berdasarkan tabel 4.11, pada tingkat kepercayaan 95%, penulis menyimpulkan bahwa :

- Pada uji hipotesis (1), ada cukup bukti untuk menolak H_0 (dan menerima H_1), artinya faktor suhu ruangan berpengaruh secara signifikan terhadap kecepatan respon
- Pada uji hipotesis (2), ada cukup bukti untuk menolak H_0 (dan menerima H_1), artinya faktor intensitas pencahayaan berpengaruh secara signifikan terhadap kecepatan respon
- Pada uji hipotesis (3), ada cukup bukti untuk menolak H_1 (dan menerima H_0), artinya interaksi antara faktor suhu ruangan dan intensitas pencahayaan berpengaruh secara signifikan terhadap kecepatan respon

Tidak adanya interaksi antara faktor suhu ruangan dan intensitas pencahayaan terhadap tingkat stress dapat dilihat pada grafik di bawah ini. Dimana garis yang berwarna biru mendefinisikan intensitas pencahayaan 50 lux, merah muda mendefinisikan intensitas pencahayaan 150 lux, dan warna hijau mendefinisikan intensitas pencahayaan sebesar 300 lux. Masing-masing titik pada tiap kombinasi tidak berpotongan satu sama lain, dimana keterangan pada grafik sebelah kiri adalah besar *heart rate* pada saat responden selesai melakukan tes kognitif.

4.4.4 Analisis uji Post-Hoc (Uji Lanjutan)

Berdasarkan uji signifikansi yang sudah dilakukan, tidak terlihat bahwa terdapat perbedaan rata-rata yang signifikan dari kedua faktor terhadap tingkat stress. Setelah mengetahui hasil tersebut, maka selanjutnya dilakukan uji lanjutan untuk mengetahui kelompok atau *level* manakah yang memberikan perbedaan tersebut.

Pengujian untuk menganalisis *level* manakah yang paling berpengaruh terhadap interaksi dari kedua faktor menggunakan uji LSD (*Least Significant*

Differences). Dengan $p\text{-value} < 0.05$ dapat dilihat bahwa suhu 29°C memang memberikan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan suhu ruangan 21°C dan 25°C . Dari tabel uji LSD ini dapat diketahui bahwa tingkat stress yang dihasilkan terhadap suhu ruangan 21°C dan 25°C tidak memberikan perbedaan yang signifikan, akan tetapi pada saat suhu ruangan mencapai 29°C , maka tingkat stress akan berubah secara signifikan.

Tabel 4.21 *Post-Hoc test* Faktor Suhu Ruangan terhadap Tingkat Stress

Tingkat_stress
LSD

(I) Suhu Ruangan	(J) Suhu Ruangan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
21°C	25° C	-4.2	2.47594	0.097	-9.1966	0.7966
	29°C	-12.5889*	2.47594	0	-17.5855	-7.5922
25°C	21° C	4.2	2.47594	0.097	-0.7966	9.1966
	29° C	-8.3889*	2.36071	0.001	-13.153	-3.6248
29°C	21°C	12.5889*	2.47594	0	7.5922	17.5855
	25° C	8.3889*	2.36071	0.001	3.6248	13.153

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 50.157.

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Tahap selanjutnya adalah menguji level dari intensitas pencahayaan.

Tabel 4.22 *Post-Hoc test* Faktor Intensitas Pencahayaan terhadap Tingkat Stress

Tingkat_stress

LSD

(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
50 lux	150 lux	5.9236*	2.43337	0.019	1.0129	10.8343
	300 lux	1.5817	2.39518	0.513	-3.252	6.4154
150 lux	50 lux	-5.9236*	2.43337	0.019	-	-1.0129
	300 lux	-4.3419	2.46682	0.086	10.8343	0.6363
300 lux	50 lux	-1.5817	2.39518	0.513	-6.4154	3.252
	150 lux	4.3419	2.46682	0.086	-9.3202	9.3202

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 50.157.

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Secara statistik ditunjukkan bahwa intensitas pencahayaan sebesar 50 lux dan 150 lux menghasilkan pengaruh yang berbeda terhadap tingkat stress dibandingkan dengan intensitas pencahayaan sebesar 300 lux.

Pengujian signifikansi untuk mengetahui interaksi antara suhu ruangan dan intensitas pencahayaan yang tidak signifikan bisa dilihat juga pada grafik di bawah ini, dimana hasil dari pengukuran tingkat stress disajikan dalam bentuk grafik untuk memudahkan menganalisis pengukuran ini. Grafik tersebut mendefinisikan pengaruh dari masing-masing faktor terhadap variabel dependennya yaitu tingkat stress.

Setiap faktor dalam penelitian ini memiliki tiga level baik suhu ruangan dan intensitas pencahayaan. Tabel di bawah ini menunjukkan bahwa tingkat stress pada suhu ruangan 21°C lebih baik dibandingkan dengan suhu 29°C berdasarkan tiga level yang diuji dalam penelitian ini. Sedangkan intensitas pencahayaan sebesar 150 lux menghasilkan tingkat stress yang lebih baik dibandingkan dengan dua level lainnya. Hal ini bisa disebabkan karena intensitas pencahayaan 300 lux

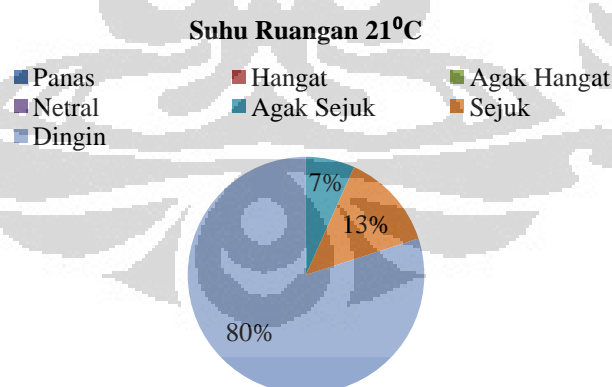
menghasilkan cahaya yang silau dibandingkan dengan intensitas pencahayaan 150 lux.

4.5 Pengolahan Data Kuesioner

Dalam menyatakan suatu kondisi termis tertentu, *ISO 7730-1994*, menggunakan indeks yang diperkenalkan oleh Fanger, seorang peneliti yang menganalisis kenyamanan thermal yaitu PMV (*Predicted Mean Vote*, prediksi sensasi termis) dan PPD (*Predicted Percentage Dissatisfied*, prediksi presentase ketidaknyamanan). Nilai atau besaran PMV dinyatakan dengan angka antara -3 (*cold*, dingin sekali), hingga +3 (*hot*, panas sekali).

Kuesioner yang diberikan kepada para responden mengacu kepada standar kenyamanan yang sudah sering digunakan. Namun, karena responden penelitian masih anak-anak, maka pengisian kuesioner dibantu dengan menjelaskan masing-masing pengertian kuesioner tersebut.

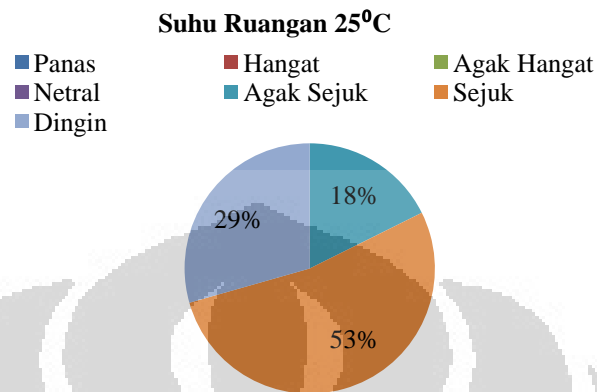
Dalam kuesioner ada dua hal yang ditanyakan kepada para responden berkaitan dengan suhu ruangan dan intensitas pencahayaan. Dimana responden harus memilih rentang kenyamanan ruangan yang mereka rasakan. Berikut adalah hasil kuesioner yang sudah diolah dengan statistik deskriptif :



Gambar 4.7 Presentase Tingkat Kenyamanan Suhu Ruangan 21°C

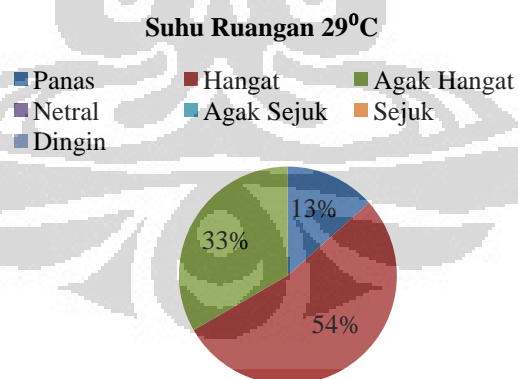
Pada suhu ruangan 21°C, hasil kuesioner menunjukkan bahwa 80% responden mengatakan bahwa suhu ruangan tersebut dingin, dan sekitar 13%

menyatakan bahwa suhu ruangan 21°C sejuk. Setelah itu, berikut ditampilkan hasil kuesioner pada suhu ruangan 25°C :



Gambar 4.8 Presentase Tingkat Kenyamanan Suhu Ruangan 25°C

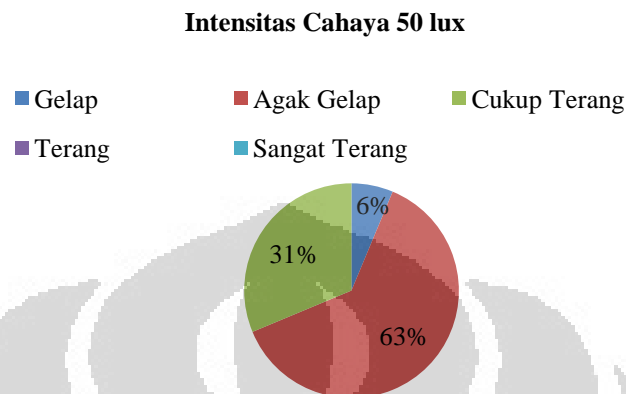
Pada suhu ruangan 25°C, hasil kuesioner menunjukkan bahwa 53% responden mengatakan bahwa suhu ruangan tersebut sejuk, dan sekitar 29% menyatakan bahwa suhu ruangan 25°C dingin. Lalu berikut ditampilkan hasil kuesioner pada suhu ruangan 29°C :



Gambar 4.9 Presentase Tingkat Kenyamanan Suhu Ruangan 29°C

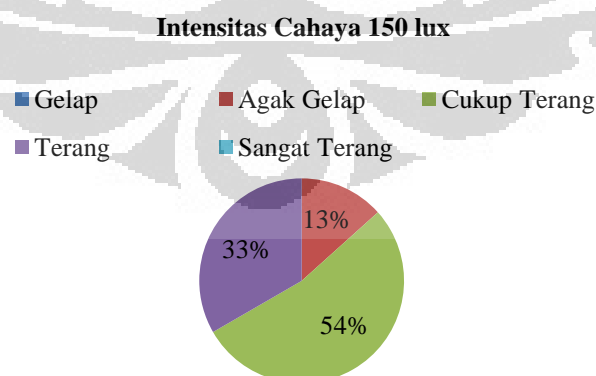
Pada suhu ruangan 29°C, hasil kuesioner menunjukkan bahwa 54% responden mengatakan bahwa suhu ruangan tersebut hangat, dan sekitar 33%

menyatakan bahwa suhu ruangan 29°C agak hangat. Setelah itu, berikut ditampilkan hasil kuesioner pada intensitas pencahayaan 50 lux pada gambar 4.14.



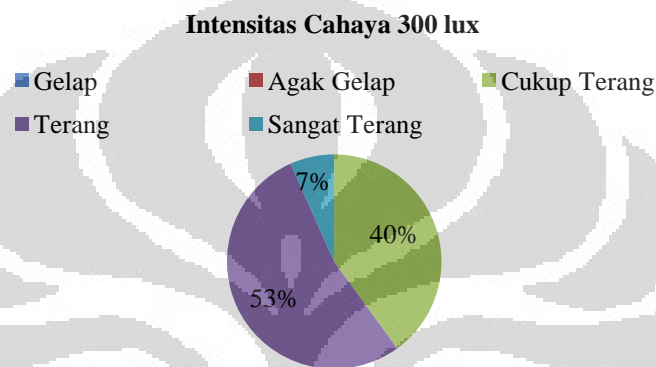
Gambar 4.10 Presentase Tingkat Kenyamanan Intensitas Cahaya 50 Lux

Pada intensitas pencahayaan 50 lux, hasil kuesioner menunjukkan bahwa 63% responden mengatakan bahwa intensitas pencahayaan tersebut agak gelap, dan sekitar 31% menyatakan bahwa intensitas pencahayaan 50 lux cukup terang, dan sisanya menyatakan intensitas pencahayaan 50 lux gelap. Setelah itu, berikut ditampilkan hasil kuesioner pada intensitas pencahayaan 150 lux pada gambar 4.15.



Gambar 4.11 Presentase Tingkat Kenyamanan Intensitas Cahaya 150 Lux

Pada intensitas pencahayaan 150 lux, hasil kuesioner menunjukkan bahwa 54% responden mengatakan bahwa intensitas pencahayaan tersebut cukup terang, dan sekitar 33% menyatakan bahwa intensitas pencahayaan 150 lux terang, dan sisanya menyatakan intensitas pencahayaan 150 lux agak gelap. Setelah itu, berikut ditampilkan hasil kuesioner pada intensitas pencahayaan 300 lux pada gambar 4.16.



Gambar 4.12 Presentase Tingkat Kenyamanan Intensitas Cahaya 300 lux

Pada intensitas pencahayaan 300 lux, hasil kuesioner menunjukkan bahwa 53% responden mengatakan bahwa intensitas pencahayaan tersebut terang, dan sekitar 40% menyatakan bahwa intensitas pencahayaan 300 lux cukup terang, dan sisanya menyatakan intensitas pencahayaan 300 lux sangat terang.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Ada dua tujuan utama penelitian ini, yaitu mengetahui pengaruh suhu ruangan dan intensitas pencahayaan terhadap performa kognitif, yakni kecepatan respon dan konsentrasi, serta mengetahui pengaruh kedua faktor tersebut terhadap tingkat stress. Penelitian ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Kedua faktor yakni suhu ruangan dan intensitas pencahayaan berpengaruh secara signifikan dengan tingkat kepercayaan 95% terhadap kecepatan respon siswa sekolah dasar.
2. Suhu ruangan yang paling buruk terhadap kecepatan respon siswa sekolah dasar adalah pada suhu 29°C, hal ini dikarenakan terlihat adanya perbedaan waktu yang dibutuhkan para siswa untuk menjawab pertanyaan berupa uji kognitif yang diberikan
3. Semakin tinggi suhu ruangan, maka kecepatan respon akan semakin lama, begitu juga sebaliknya.
4. Dari ketiga level yang diuji cobakan, didapatkan bahwa suhu 21°C, dan intensitas pencahayaan sebesar 150 lux, menghasilkan kecepatan respon yang lebih cepat dibandingkan dengan kombinasi lainnya.
5. Faktor suhu ruangan dan intensitas pencahayaan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap tingkat stress dengan tingkat kepercayaan sebesar 95%. Akan tetapi, jika faktor tersebut diuji secara terpisah, maka akan memperlihatkan perbedaan yang signifikan.
6. Suhu ruangan sebesar 29°C memberikan perbedaan yang cukup signifikan terhadap tingkat stress dibandingkan dengan suhu 21°C dan 25°C. Sedangkan intensitas pencahayaan sebesar 50 lux dan 150 lux memberikan pengaruh yang berbeda terhadap tingkat *stress* dibandingkan dengan intensitas pencahayaan sebesar 300 lux
7. Pengujian terhadap tingkat konsentrasi dalam penelitian ini hanya bisa dilihat dari masing-masing faktornya. Dari hasil pengujian untuk mengetahui

konsentrasi, disimpulkan bahwa hanya suhu ruangan yang berpengaruh terhadap konsentrasi para siswa sekolah dasar dengan tingkat kepercayaan sebesar 95%.

8. Secara keseluruhan, bisa disimpulkan bahwa suhu ruangan memberikan kontribusi besar terhadap kecepatan respon, konsentrasi, dan tingkat stress siswa sekolah dasar.

5.2 Saran

Setelah melakukan analisis terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan respon, konsentrasi, dan tingkat stress pada siswa sekolah dasar, penulis memberikan masukan:

1. Suhu ruangan yang sesuai untuk menghasilkan performa kognitif dan tingkat stress yang baik di antara kombinasi yang ada adalah suhu 21°C. Sedangkan tingkat pencahayaan yang baik untuk siswa Sekolah Dasar adalah sebesar 300 lux
2. Untuk perancangan penelitian lanjutan, dikarenakan adanya keterbatasan waktu dalam melaksanakan penelitian, diharapkan adanya penambahan tingkat percobaan pada masing-masing faktor yang akan diujikan, sehingga bisa didapatkan hasil penelitian yang lebih optimal.
3. Selain itu, intensitas pencahayaan bisa dicobakan dari berbagai jenis lampu dan temperaturnya, sehingga dapat diketahui variasi dari berbagai jenis pencahayaan buatan, warna, dan temperatur pencahayaan.

DAFTAR REFERENSI

- Badan Standarisasi Nasional. (2005). *Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung (SNI 03-6575-2001)*. Jakarta
- Berrutto, V., Fontoynt, M., Fourmigué, Jean. M. (1997). "Effect of Temperature and Light Source Type (natural/artificial) on Visual Comfort Appraisal: Experimental Design and Setting." *Journal of Right Light*. 1(4).
- Boray, P. F., Gifford, R., & Rosenbold, L. (1989). "Effects of Warm White, Cool White and Full-Spectrum Fluorescent Lighting on Simple Cognitive Performance, Mood and Ratings of Others." *Journal of Environmental Psychology*: 297-308.
- Bridger, R. S. (1995). *Introduction to Ergonomics*. Singapore: McGraw-Hill.
- Bridger, R. S. (2003). *Introduction to Ergonomics* (2nd ed.). New York: Taylor & Francis.
- Green, S. B., & Salkind, N. J. (2008). *Using SPSS for Window and Macintosh: Analyzing and understanding data* (5th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Harinaldi, M. Eng. (2005). *Prinsip-Prinsip Statistik Untuk Teknik Dan Sains*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Karyono, T. H. (2000). "Report on thermal comfort and building energy studies in Jakarta-Indonesia." *Building and Environment*: 77-90.
- Knez, S. H. a. I. (2001). "Effect of Noise, Heat, and Indoor Lighting on Cognitive Performance and Self-Reported Affect." *Journal of Environmental Psychology*: 291-299.

- Kroemer, K. H. E., Kroemer, H. B., and Kroemer-Elbert, K. E. (2003). *Ergonomics: How to Design for Ease and Efficiency*. (2nd. ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Manav, B. (2005). "An experimental study on the appraisal of the visual environment at offices in relation to colour temperature and illuminance." *Building and Environment*: 979-983.
- Montgomery, D.C. (2005). *Design and Analysis of Experiments*. 6th Edition. John Wiley & Sons, Inc.
- Nurmianto, E. (2008). *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya*, Guna Widya.
- Pilcher, J.J., Nadler, E., Busch, C., (2002). Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review. *Journal of Psychology*. *Ergonomics*. 45(10):682-98
- Rosnick, C. B. (2005). "Stress and Cognitive Performance in Older Adults."
- Seppänen, O., W.J. Fisk, and Q.H. Lei. (2005). "Effect of temperature on task performance in office environment", in *5th International Conference on Cold Climate Heating, Ventilating, and Air Conditioning*. Moscow.
- Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52: 591-611.
- Spence, I. (1990). "Visual psychophysics of simple graphical elements." *Journal of Experimental Psychology* . 16(4): 683-692.
- Staal, M. A. (2004). "Stress, cognition, and human performance : A literature review and conceptual framework."

Tran, Yvonne.Wijesuriya, Nirupama. Tarvainen, Mika.Karjalainen, Pasi.Craig, Ashley. (2009). "The relationship between spectral changes in heart rate variability and fatigue." *Journal of Pshychophysiology* 23(3): 143-151.

UNEP. (2005) Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia, (www.energyefficiencyasia.org).

Wargoeki ,P. and Wyon, D. P. (2007b) The effects of moderately raised classroom temperatures and classroom ventilation rate on the performance of schoolwork by children (RP-1257), *HVAC&R Research*, 13(2), 193-220

