



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS PENGARUH SUHU TINGGI LINGKUNGAN DAN
BEBAN KERJA TERHADAP KONSENTRASI PEKERJA**

SKRIPSI

**IFTITAH PUTRI HADITIA
0806337655**

**PROGRAM SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS PENGARUH SUHU TINGGI LINGKUNGAN DAN
BEBAN KERJA TERHADAP KONSENTRASI PEKERJA**

SKRIPSI

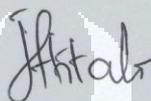
**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**

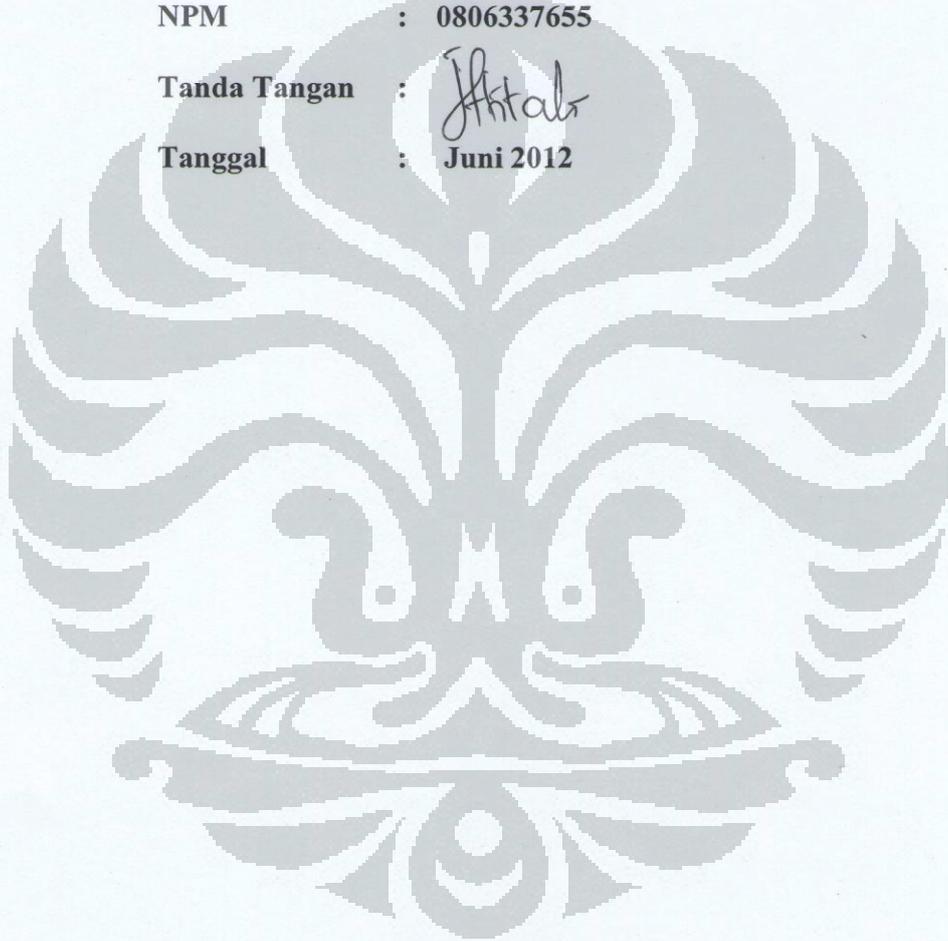
**IFTITAH PUTRI HADITIA
0806337655**

**PROGRAM SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Iftitah Putri Haditia
NPM : 0806337655
Tanda Tangan : 
Tanggal : Juni 2012



LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh,

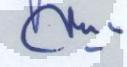
Nama : Iftitah Putri Haditia
NPM : 0806337655
Program Studi : Teknik Industri

Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Suhu Tinggi Lingkungan
dan Beban Kerja terhadap Konsentrasi
Pekerja

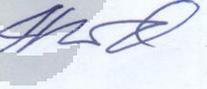
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dendi Prajadiana Ishak, MSIE ()

Penguji : Akhmad Hidayatno, Dr., ST., MBT. ()

Penguji : Farizal, PhD ()

Penguji : Romadhani Ardi, S.T., M.T ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas lindungannya, saya dapat melancarkan penyelesaian skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak selama masa perkuliahan hingga tahap akhir penulisan skripsi, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

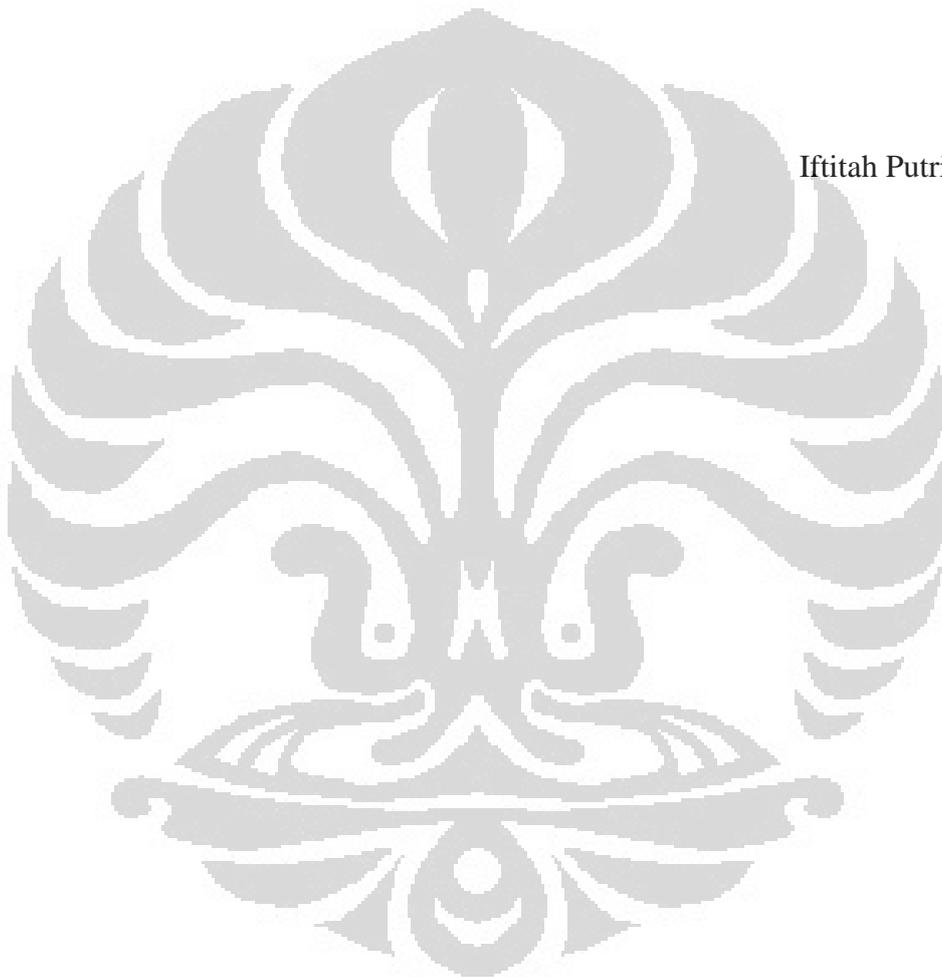
1. Dendi P. Ishak selaku dosen pembimbing atas arahan, kesabaran dan semangat yang diberikan dalam membimbing penyelesaian skripsi ini.
2. Akhmad Hidayatno selaku pembimbing akademik.
3. Dosen – dosen lainnya yang tetap memberikan semangat dan masukan di kala penulis kebingungan, Ibu Erlinda Muslim, Fauzia Dianawati, Dwinta Utari, Arian Dhini dan Maya.
4. Ibu saya, adik saya, dan keluarga besar saya serta Lazuardi Zulfikar Wicaksana yang selalu menyemangati dan raut muka bangga mereka selalu menjadi pemicu saya untuk tetap bersemangat.
5. Ibu Ana dari Wijaya Karya yang memberi bantuan kepada saya untuk pengambilan responden pekerja konstruksi.
6. Asisten Laboratorium Ergonomic Center yang sangat ceria dan akrab, terutama Citra Prana, Meilinda Doris, Ivan Angga Kusuma, Dwiki Drajat, Neni. Dukungan mereka menjadikan Laboratorium Ergonomic Center menjadi tempat yang nyaman untuk belajar, berkonsentrasi dan melepas kejenuhan.
7. Teman-teman Teknik Industri 2008 yang selama ini bersama penulis menghabiskan waktu perkuliahan yang sangat menyenangkan di Universitas Indonesia. Dukungan dan tepukan di pundak dari teman-teman semua sangat berarti.
8. Teman-teman sesama pejuang skripsi ergonomi, terima kasih untuk selalu berbagi ilmu terutama pencerahan-pencerahan mengenai metode-metode.

9. Tidak lupa karyawan Departemen Teknik Industri terutama Mas Taufan, Babe, Mas Iwan, dan Mas Fajar yang banyak direpotkan penulis yang sering pulang larut dari laboratorium dan membukakan pintu di pagi hari.

Akhir kata, saya sebagai penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan menjadi sumber pengetahuan yang baru bagi pembaca.

Jakarta , Juni 2012

Iftitah Putri Haditia



LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Ifitah Putri Haditia
NPM : 0806337655
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 Tinggi Lingkungan dan Beban Kerja terhadap
Konsentrasi Pekerja**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan 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 : 13 Juni 2012

Yang menyatakan



(Ifitah Putri Haditia)

ABSTRAK

Nama : Iftitah Putri Haditia
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Analisis Pengaruh Suhu Tinggi Lingkungan dan Beban Kerja terhadap Konsentrasi Pekerja

Lingkungan kerja dengan suhu tinggi merupakan salah satu faktor terpenting yang berdampak pada keselamatan kerja. Terdapat beberapa lingkungan kerja yang bersuhu tinggi dalam aktivitas industri maupun konstruksi di Indonesia. Bekerja di lingkungan yang panas dengan beban kerja yang berat tidak hanya sangat berbahaya bagi kesehatan pekerja, tetapi juga akan berakibat pada menurunnya tingkat konsentrasi dalam pelaksanaan kerja yang menyebabkan kecelakaan. Dalam penelitian ini, faktor suhu lingkungan dan beban kerja akan dianalisis untuk mengetahui pengaruh kedua faktor tersebut dan interaksinya terhadap konsentrasi pekerja. Pengkondisian suhu tinggi lingkungan kerja dilakukan di *Heat and Cold Room Ergonomics Centre* Universitas Indonesia. Sedangkan pembentukan beban kerja sesuai kategori yang diinginkan diidentifikasi melalui Fitmate Med. Uji inspeksi visual untuk mengetahui tingkat konsentrasi dilakukan pada setiap kombinasi perlakuan tekanan panas dan beban kerja yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan kemampuan inspeksi visual menurun dimulai pada pemberian suhu 29,4 °C dan beban kerja kategori berat.

Kata Kunci:

Ergonomi, Panas, Beban Kerja, *Choice Reaction Time*, *Visual Inspection*

ABSTRACT

Name : Iftitah Putri Haditia
Study Program : Industrial Engineering
Title : Study of Heat Stress and Workload Factors Effect to Worker Concentration

Thermal environment and workload factor are most important factors that have impact on worker's safety. There are many hot environment in the field of manufacture and construction activities in Indonesia. Working in hot environment with heavy workload not only can extremely do harm to human body health, but also probably decrease level of concentration in the execution of the work that caused accident. In this study, heat stress and workload factors will be analyzed to determine the effect of both factors and their interactions to the concentration of workers. High temperature of environment conditioning conducted in Heat and Cold Room Ergonomics Centre, University of Indonesia. While establishment of the workload category identified through Fitmate Med. Visual inspection test to determine the level of concentration made on any combination of heat stress and workload. The results showed that the decrease in ability of visual inspection begins at 29,4 °C temperature and heavy workload category.

Keywords:

Ergonomics, Heat Stress, Workload, Choice Reaction Time, Visual Inspection

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Diagram Keterkaitan Masalah	4
1.3. Perumusan Masalah	6
1.4. Tujuan dan Hipotesis Penelitian	6
1.5. Batasan Penelitian	6
1.6. Metodologi Penelitian	8
1.7. Sistematika Penulisan	11
2. STUDI PUSTAKA.....	13
2.1. Ergonomi.....	13
2.2. Kenyamanan Termal	15
2.3. Pengukuran Suhu Lingkungan Kerja	17
2.4. <i>Choice Reaction Time</i>	26
2.4.1. Komponen <i>Reaction Time</i>	27
2.5. Hipotesis Penelitian	29
2.6. Statistik untuk ANOVA	29
2.6.1. Hipotesis ANOVA	29
2.6.2. Uji Normal Data.....	30
2.6.3. Uji Homogenitas Varians	31
2.6.4. Post Hoc	32
3. PENGUMPULAN DATA	34
3.1. Desain Penelitian	34
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	34
3.3. Populasi Penelitian.....	34
3.4. Sampel.....	34
3.4.1. Besar Sampel.....	34
3.4.2. Kriteria Sampel	35
3.5. Pengambilan Data	35
3.5.1. Protokol mendapatkan sampel (Tahap I)	35
3.5.2. Proses Pengambilan Data (Tahap II).....	36
3.6. Sumber Data.....	43
3.6.1. Semua data berasal dari data primer, yaitu :	43
3.6.2. Data Kesehatan.....	43

3.6.3. Cara pengambilan data hasil <i>visual inspection</i> menggunakan software	43
3.7. Jenis Variabel.....	43
3.7.1. Variabel Bebas	43
3.7.2. Variabel Terikat	43
3.8. Instrumen dan Alat-Alat penelitian.....	43
3.8.1. Instrumen penelitian yang digunakan adalah :.....	43
3.8.2. Alat-alat yang digunakan selama penelitian	44
3.9. Pengolahan Data	44
3.10. Analisis Data Statistik	44
3.11. Penyajian Data.....	44
3.12. Etika Penelitian	45
3.13. Definisi operasional.....	45
4. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS	48
4.4. Pengujian Data	53
4.4.1. Data Awal.....	53
4.5. Pengolahan Data	56
4.5.1. Analisis Desain Faktorial	56
5. KESIMPULAN.....	64
5.1. Kesimpulan	64
5.2. Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	66

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Angka Kecelakaan Kerja di Indonesia	1
Tabel 1.2 Nilai Ambang Batas Iklim Kerja Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB) yang Diperkenankan	3
Tabel 2.1 Kep-51.Men/1999 tentang NAB Iklim Kerja ISBB yang diperkenankan.....	20
Tabel 2.2 Paparan panas yang diperkenankan sebagai NAB (dalam °C WBGT*)	21
Tabel 2.3 Koreksi faktor pakaian terhadap WBGT (°C).....	22
Tabel 2.4 Penambahan nilai WBGT terhadap setelan pakaian kerja.....	23
Tabel 2.5 Kriteria penyaringan untuk paparan terhadap tekanan panas (WBT °C).....	24
Tabel 2.6 Beberapa contoh aktivitas dalam kategori kecepatan metabolisme.....	24
Tabel 2.7 Pedoman batasan heat strain	25
Tabel 2.8 Contoh Hasil Uji Normal dengan <i>Descriptive Statistics</i>	31
Tabel 3.1 Kombinasi Faktor Perlakuan Suhu dan Beban Kerja	36
Tabel 3.2 Klasifikasi Beban Kerja untuk Pekerja Industri Pria	37
Tabel 4.1 Klasifikasi Beban Kerja untuk Pekerja Industri Pria	48
Tabel 4.2 Rekapitulasi Data Responden	49
Tabel 4.3 Deskripsi Statistik Karakteristik Responden	50
Tabel 4.4 Rekapitulasi Data Respon Eksperimen Kombinasi Perlakuan Panas dan Beban Kerja	51
Tabel 4.5 Rekapitulasi Data Respon Eksperimen Kombinasi Perlakuan Panas dan Beban Kerja (lanjutan)	52
Tabel 4.6 <i>Analysis of Variance for Visual Inspection Time</i>	60
Tabel 4.7 <i>Analysis of Variance for Visual Inspection Time</i>	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah.....	5
Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	10
Gambar 1.3 Diagram Alir Metodologi Penelitian (sambungan).....	11
Gambar 3.1 Kondisi di dalam <i>Heat and Cold Room</i>	37
Gambar 3.2 <i>Fitmate Med</i> dan penggunaannya	38
Gambar 3.3 Tampilan pembuka Software Design Tools Versi 4.0	38
Gambar 3.4 Tampilan Awal Percobaan Visual Inspection di Software Design Tools Versi 4.0	39
Gambar 3.5 Tampilan Stimuli Visual di Software Design Tools Versi 4.0	39
Gambar 3.6 Tampilan Keyboard dan Tombol Respons.....	40
Gambar 3.7 Tampilan Selesai Eksperimen di Software Design Tools Versi 4.0	41
Gambar 3.8 Hasil Uji Visual Inspection	42
Gambar 3.9 Kuisisioner Kenyamanan Termal	42
Gambar 3.10 Alur Penelitian	46
Gambar 3.11 Denah – Alur Penelitian	47
Gambar 4.1 Residual Plots Visual Inspection Time	53
Gambar 4.2 Scatter Plot Residual vs Fits Visual Inspection Time	54
Gambar 4.3 Scatter Plot Residual vs Fits Error Percentage.....	54
Gambar 4.4 Normal Probability Plots Visual Inspection Time	55
Gambar 4.5 Normal Probability Plots Error Percentage.....	56
Gambar 4.6 Main Effects Plot untuk Visual Inspection Time	58
Gambar 4.7 Hasil Kuisisioner Kenyamanan Termal pada Suhu 32,2 °C	59
Gambar 4.8 <i>Interaction Plot</i> untuk <i>Visual Inspection Time</i>	60
Gambar 4.9 Main Effects Plot untuk Error Percentage	62

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Angka kecelakaan kerja yang terjadi di Indonesia meningkat setiap tahun. Menurut data yang didapat dari Jamsostek, angka kecelakaan kerja tahun 2011 mencapai 99.491 kasus. Jumlah peningkatan kecelakaan kerja dari tahun 2007 hingga tahun 2011 disajikan dalam tabel 1.1 dibawah ini

Tabel 1.1 Data Angka Kecelakaan Kerja di Indonesia

Tahun	Angka Kecelakaan Kerja
2007	83.714
2008	94.736
2009	96.314
2010	98.711
2011	99.491

Sumber: Jamsostek

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa tahun 2011 memiliki jumlah angka kecelakaan kerja yang paling banyak selama lima tahun terakhir. Sebagian besar dari angka kecelakaan kerja tersebut tergolong kasus pelanggaran K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja).

Sesuai dengan *Domino's Theory* yang dikemukakan Heinrich, bahwa kecelakaan kerja terdiri atas lima faktor yang saling berhubungan, yaitu kondisi kerja, kelalaian manusia, tindakan tidak aman, kecelakaan, dan cedera. Kelima faktor tersebut tersusun layaknya kartu domino yang diberdirikan. Jika satu kartu jatuh, maka kartu ini akan menimpa kartu lain hingga kelimanya akan roboh secara bersama. Faktor penyebab kecelakaan kerja disebabkan 73 persen oleh faktor tindakan-tindakan tidak aman (*unsafe acts*). Oleh karena itu, faktor manusia menjadi hal utama yang harus diperhatikan. Tindakan-tindakan tidak aman yang dilakukan pekerja salah satunya disebabkan oleh kemampuan konsentrasi yang menurun selama melakukan pekerjaan. Dalam melakukan pekerjaan di bidang industri, terutama bagi operator yang mengendalikan mesin, faktor konsentrasi

harus selalu terjaga untuk menjaga keselamatan kerja. Konsentrasi optimal dapat tercapai apabila lingkungan kerja sesuai dengan kondisi fisik pekerja. Kondisi kerja dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain beban kerja, suhu lingkungan kerja, dan lama pekerjaan tersebut dilakukan.

Konsentrasi optimal memerlukan suplai oksigen yang cukup dalam peredaran darah pada tubuh manusia. Kelelahan saat melakukan pekerjaan merupakan salah satu indikator tubuh kekurangan suplai oksigen. Apabila suplai oksigen dalam tubuh berkurang, secara linier akan mempengaruhi fungsi konsentrasi pekerja. Beban kerja berlebihan yang diberikan kepada pekerja merupakan salah satu faktor penyebab kelelahan tersebut terjadi.

Manusia memiliki keterbatasan kemampuan yang berasal dari dalam dirinya berupa struktur tulang, otot-otot, rangka, sistem syaraf, dan proses metabolisme (Farid, 2012) (Sutalaksana *et al.*, 1979). Bila beban kerja yang diberikan berlebihan, maka manusia akan mengeluarkan energi di luar batas dan hal ini justru akan membuatnya cepat lelah. Kriteria yang dapat digunakan dalam pengukuran aktivitas kerja manusia sebagai beban kerja fisik, yaitu kriteria fisiologi dan kriteria operasional. Selanjutnya Tarwaka *et al.* (2004) menambahkan bahwa kriteria fisiologis adalah suatu cara yang objektif untuk memastikan bahwa beban kerja fisik pekerja sesuai dengan kapasitasnya.

Penilaian beban kerja fisiologis manusia atas pekerjaan yang dilakukannya dapat digambarkan dari tingkat pengeluaran energi. Konsumsi oksigen dan pengeluaran energi memiliki hubungan yang linier (Wickens *et al.*, 2004). Selanjutnya Astrand *et al.* (2003) menyebutkan bahwa terdapat hubungan yang linier antara denyut nadi dan konsumsi oksigen. Oleh karena itu penelitian ini akan menggunakan data denyut nadi untuk menghitung nilai konsumsi oksigen.

Kondisi lingkungan kerja yang tidak nyaman juga dapat disebabkan antara lain oleh adanya paparan panas di lingkungan kerja. Kegiatan operasional industri di Indonesia sebagian besar pasti menggunakan dan mengeluarkan panas. Paparan panas terjadi ketika tubuh menyerap atau memproduksi panas lebih besar daripada yang diterima melalui proses regulasi termal. Peningkatan pada suhu dalam tubuh yang berlebih dapat mengakibatkan penyakit dan kematian (Parsons, 1993). Panas yang berlebihan di tubuh baik akibat proses metabolisme tubuh maupun paparan

panas dari lingkungan kerja dapat menimbulkan masalah kesehatan. Paparan panas juga mempengaruhi fungsi kognitif pekerja (Bhisop, 2009) yang apabila tidak dilakukan perbaikan lingkungan kerja akan berakibat pada keselamatan kerja.

Berdasarkan penelitian sebelumnya terhadap pekerja pabrik industri manufaktur, tindakan berisiko yang dilakukan pekerja meningkat bersamaan dengan peningkatan temperatur pada lingkungan kerja di atas standar 24° C WBGT (Ramsey *et al.*, 1983). Oleh karena itu, pemerintah mengeluarkan suatu regulasi mengenai nilai ambang batas iklim kerja indeks suhu basah dan bola (ISBB) yang diperkenankan melalui keputusan menteri tenaga kerja Nomor: KEP.51/MEN/1999.

Tabel 1.2 Nilai Ambang Batas Iklim Kerja Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB) yang Diperkenankan

Pengaturan waktu kerja setiap jam		ISBB (°C)		
		Beban Kerja		
Waktu Kerja	Waktu Istirahat	Ringan	Sedang	Berat
Bekerja terus menerus (8 jam/hari)	-	30,0	26,7	25,0
75% kerja	25% istirahat	30,6	28,0	25,9
50% kerja	50% istirahat	31,4	29,4	27,9
25% kerja	75% istirahat	32,2	31,1	30,0

Indeks Suhu Basah dan Bola untuk di luar ruangan dengan panas radiasi :
ISBB : 0,7 Suhu basah alami + 0,2 Suhu bola + 0,1 Suhu kering.

Sumber: Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor: KEP.51/MEN/1999

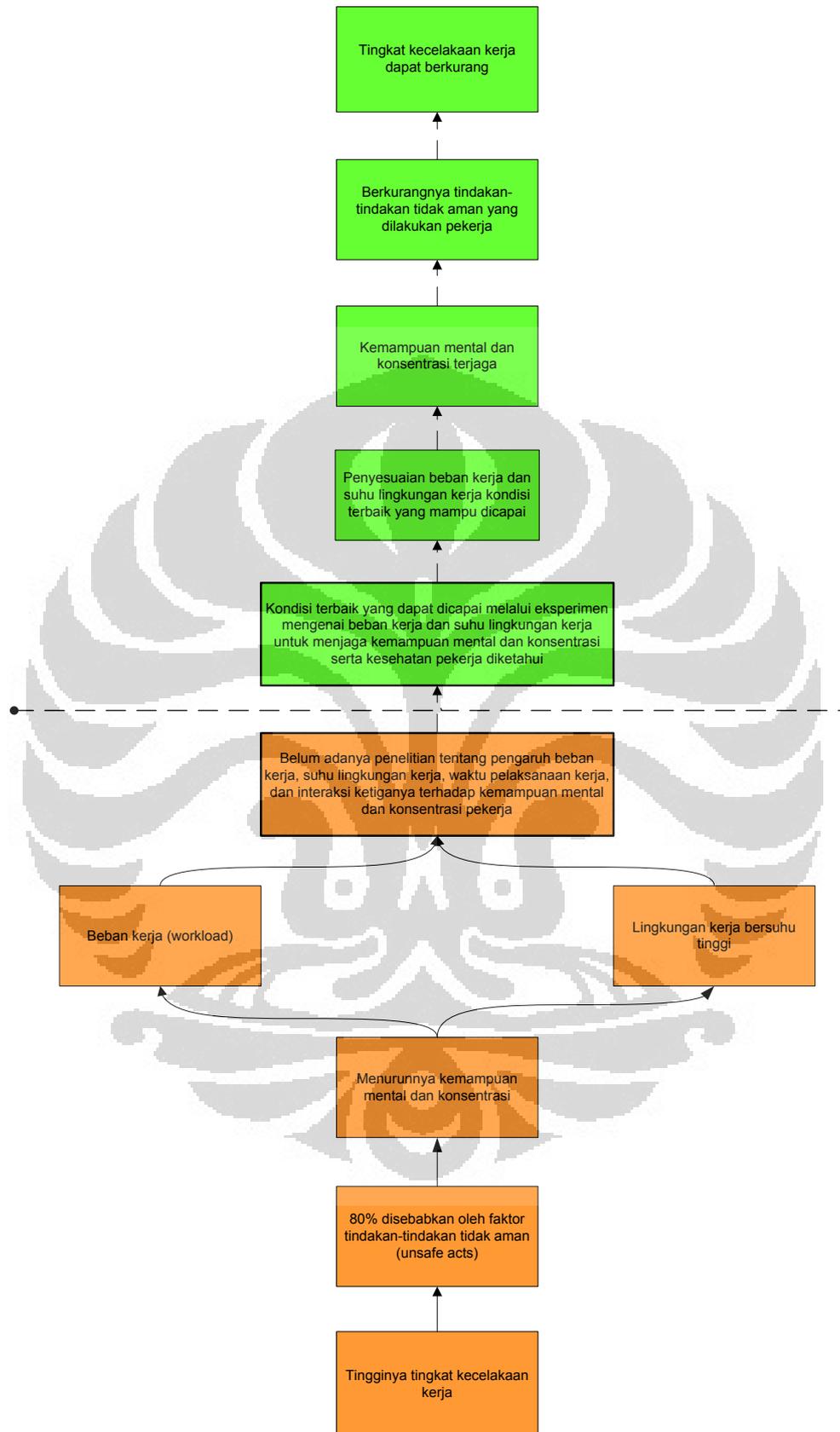
Durasi atau lama suatu pekerjaan dilakukan juga merupakan faktor yang mempengaruhi kenyamanan dan berelasi dengan konsentrasi dalam bekerja. Pekerja dengan beban kerja yang sangat rendah secara mental dan fisiologis dapat terjangkau rasa bosan. Kejenuhan pekerja ini mempengaruhi *alertness* yang merupakan hal penting dalam operasional industri. Sebaliknya, pekerja dengan beban kerja yang sangat tinggi juga akan merasa cepat lelah yang apabila beban kerja tersebut tetap dibebankan terhadap pekerja dapat mempengaruhi mental dan

kognitif dalam jangka pendek dan kesehatan dalam jangka panjang (Macdonald, 2000).

Peninjauan terhadap pengaruh beban kerja dan suhu lingkungan menjadi faktor utama yang mempengaruhi konsentrasi dapat menghasilkan data lokal nyata untuk perencanaan implementasi kondisi lingkungan kerja yang optimal. Dampak pengaruh beban kerja dan suhu lingkungan terhadap konsentrasi perlu diteliti lebih lanjut mengingat angka kecelakaan kerja yang terus meningkat dari tahun ke 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 akan memberikan gambaran secara keseluruhan mengenai hubungan dan interaksi antara sub-sub masalah yang melandasi penelitian ini secara utuh dan detail mulai dari penyebab masalah hingga tujuan yang ingin dicapai.



Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah

1.3. Perumusan Masalah

Dari diagram keterkaitan masalah, diketahui bahwa rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah diperlukan pembuktian mengenai pengaruh beban kerja, suhu lingkungan tinggi, dan interaksi keduanya terhadap konsentrasi pekerja. Hal ini perlu dilakukan terkait menurunnya konsentrasi yang direpresentasikan melalui fungsi kognitif yang menjadi penyebab utama kecelakaan kerja dipengaruhi oleh karakter-karakter pekerjaan, beberapa diantaranya adalah beban kerja dan suhu lingkungan kerja tinggi.

1.4. Tujuan dan Hipotesis Penelitian

Adapun tujuan berupa output yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk memperoleh pembuktian secara ilmiah bahwa karakteristik kerja yang dalam penelitian ini difokuskan pada beban kerja, suhu lingkungan tinggi, dan lama pelaksanaan kerja memiliki pengaruh terhadap konsentrasi yang direpresentasikan melalui fungsi kognitif pekerja. Diharapkan hasilnya dapat memberikan kontribusi dalam pengaturan kondisi kerja yang terbaik yang mampu dicapai sehingga konsentrasi pekerja tetap terjaga dan tingkat kecelakaan kerja dalam proses dan operasional industri berkurang.

Tujuan ini dicapai dengan membuktikan hipotesis :

1. Terdapat perbedaan signifikan nilai rata-rata *cognitive test* yang merepresentasikan konsentrasi pekerja pada berbagai kelompok perlakuan (beban kerja dan suhu lingkungan).
2. Terdapat interaksi kedua faktor, yaitu beban kerja dan suhu lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi pekerja.

Dengan melihat tren dari hasil tes kognitif pada variasi kondisi kerja yang telah dijelaskan di atas, diharapkan didapatkan gambaran pengaruh penerapan kondisi kerja yang kurang baik terhadap keselamatan kerja apabila tidak diperbaiki.

1.5. Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini diperlukan adanya ruang lingkup atau batasan masalah agar pelaksanaan serta hasil yang akan diperoleh sesuai dengan tujuan penelitian diatas. Adapun ruang lingkup pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan pada *Heat and Cold Room* Laboratorium Ergonomi Center, Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia dengan pengkondisian faktor kerja meliputi beban kerja dan suhu lingkungan yang akan mempengaruhi kemampuan kognitif dikontrol pada variasi level sesuai dengan studi literatur.
2. Faktor lain seperti kesehatan fisik, indeks masa tubuh, lama kerja dan pendidikan juga dirandomisasi sehingga tidak ada perbedaan signifikan antar kelompok eksperimen. Penelitian pada subjek dengan jenis kelamin laki-laki dan golongan umur 19-38 tahun.
3. Kondisi kerja yang meliputi beban kerja dan suhu lingkungan diperoleh melalui studi literatur rata-rata penerapan ketiga faktor tersebut dalam proses dan operasional industri.
4. Performa konsentrasi pekerja dapat diukur melalui tes kognitif yang terdiri dari *timevisual inspection* dengan output reaction/respon time dan tingkat kesalahan yang dilakukan saat melakukan uji visual inspection.
5. Standar tes kognitif menggunakan nilai optimal yang didapatkan dari penelitian sejenis sebelumnya.
6. Workload yang diterapkan pada responden menggunakan range klasifikasi beban kerja ringan dan ekstrim berat yang diadopsi dari penelitian sebelumnya, yaitu (Boy, M. N. 2011). *Pengembangan Model Prediksi Konsumsi Oksigen pada Pekerja Industri*. Proceeding 11th National Conference of Indonesia Ergonomics Society 2011, Universitas Indonesia, Depok.)
7. Suhu panas yang diterapkan pada responden menggunakan nilai Ambang Batas Iklim Kerja Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB) yang Diperkenankan sesuai Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor: KEP.51/MEN/1999
8. Pemecahan masalah dibatasi hanya sampai memberikan pembuktian bahwa faktor-faktor beban kerja, suhu lingkungan, dan waktu pelaksanaan kerja serta kombinasi ketiganya dalam proses dan operasional industri di Indonesia dapat mempengaruhi konsentrasi yang direpresentasikan melalui fungsi kognitif, dan kesehatan pekerja.

1.6. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam skripsi ini secara sistematis adalah sebagai berikut:

1. Pendahuluan

Adapun topik dalam penelitian ini adalah Studi Laboratorium : Pengaruh beban kerja, suhu lingkungan, lama pelaksanaan kerja, dan interaksi ketiganya terhadap konsentrasi pekerja.

2. Penentuan landasan teori

Tahap selanjutnya adalah menentukan landasan teori yang berhubungan dengan topik sebagai dasar dalam pelaksanaan penelitian. Landasan teori ini kemudian akan dijadikan acuan dalam pelaksanaan penelitian ini. Adapun landasan teori yang terkait antara lain adalah:

- a. Ergonomi
- b. Kesehatan, keselamatan kerja, dan lindung lingkungan
- c. Proses kognitif
- d. Statistik Eksperimental

3. Penelitian pendahuluan

Sebelum melakukan pengumpulan data, terlebih dahulu dilakukan penelitian literatur pendahuluan diantaranya mengenai:

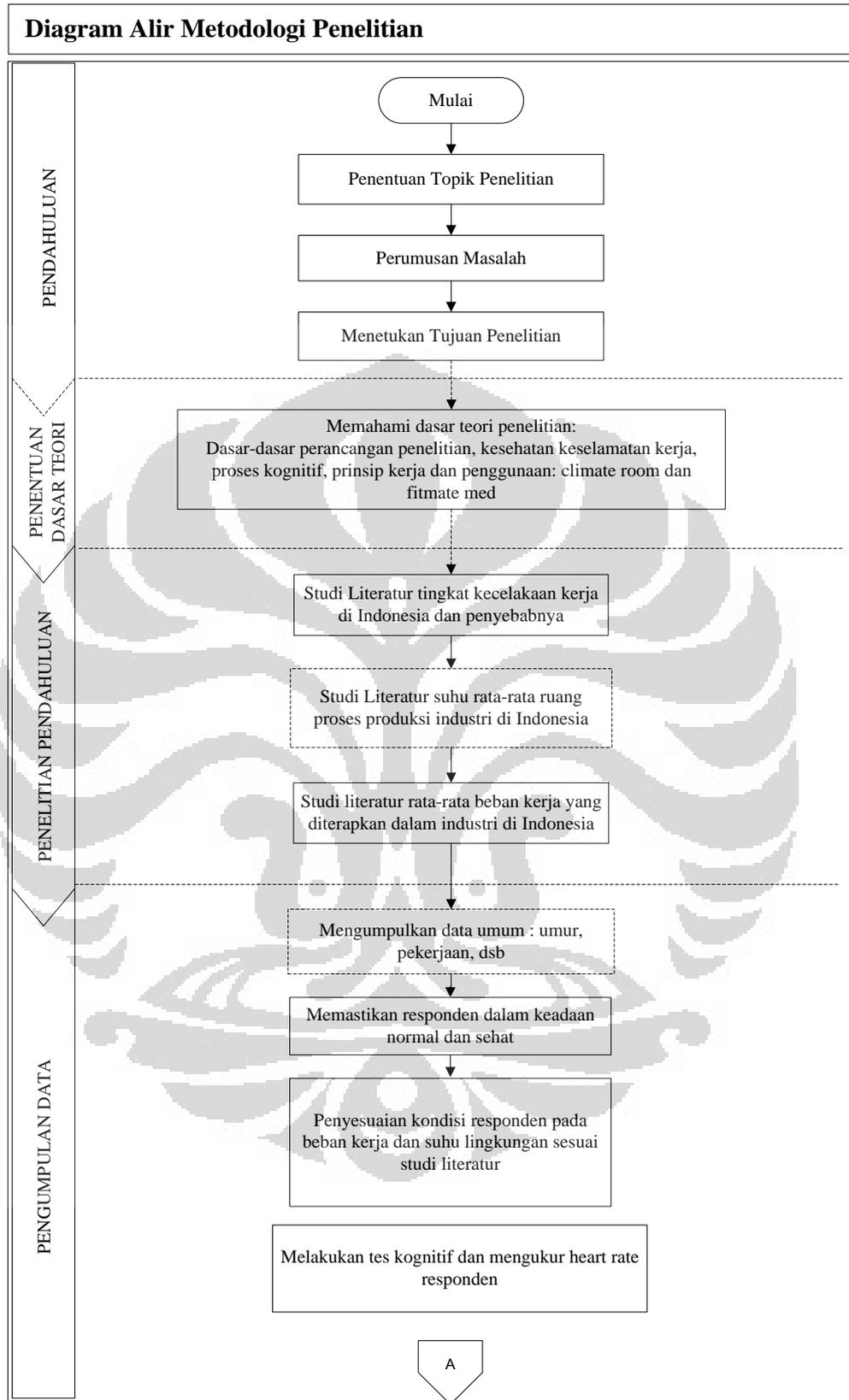
- a. Tingkat kecelakaan kerja pada proses operasional industri dan penyebabnya di Indonesia.
- b. Rata-rata suhu lingkungan proses dan operasional industri di Indonesia.
- c. Rata-rata beban kerja yang diterapkan pada pekerja proses dan operasional industri di Indonesia.

4. Pengumpulan data

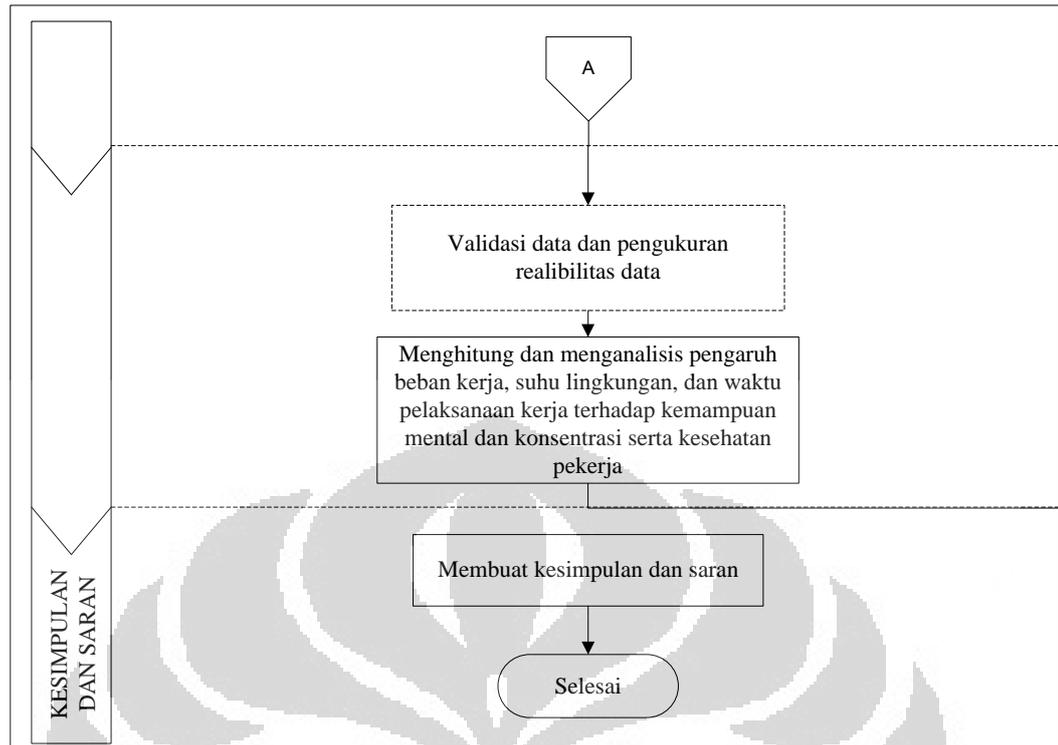
Tahap-tahap pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Mengumpulkan data umum sebelum pengukuran (pekerjaan, umur, status pernikahan, pendidikan, dsb).
- b. Memastikan responden dalam keadaan normal dan sehat.
- c. Menyesuaikan kondisi responden dan lingkungan sesuai dengan studi literatur:

- Mengondisikan beban kerja dengan memberikan kegiatan kerja yang setara dengan rata-rata energi yang dikeluarkan untuk melakukan beban kerja tertentu. Energi yang dikeluarkan dihitung berdasarkan konsumsi oksigen yang dimonitor melalui alat *Fitmate Med*.
 - Mengatur variasi suhu ruangan *Heat and Cold Room*.
 - Mengatur variasi lama pelaksanaan eksperimen.
- d. Melakukan tes kognitif dan mengukur hasilnya yang terdiri dari *short-term memory*, *arithmetic problem solving*, dan *choice reaction time*.
5. Pengolahan data dan Analisis
- Tahap-tahap pengolahan data dan analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut:
- a. Menghitung nilai rata-rata pada karakteristik deskriptif responden antar kelompok pajanan.
 - b. Menghitung konversi nilai pajanan beban kerja menjadi energi yang dikeluarkan berdasarkan konsumsi oksigen yang dimonitor melalui alat *Fitmate Med*.
 - c. Menghitung dan menganalisis perbedaan rata-rata yang signifikan antar kelompok perlakuan (beban kerja, suhu lingkungan, lama pelaksanaan eksperimen) dan bagaimana tren dari interaksi ketiga faktor tersebut terhadap hasil tes kognitif.



Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian



Gambar 1.3 Diagram Alir Metodologi Penelitian (sambungan)

6. Kesimpulan dan saran

Pada tahapan terakhir ini akan dihasilkan kesimpulan mengenai pengaruh beban kerja, suhu lingkungan dan interaksi keduanya terhadap fungsi kognitif dan kesehatan pekerja.

1.7. Sistematika Penulisan

Penelitian ini dituangkan dalam penulisan sistematis dengan sistematika penulisan yang terbagi ke dalam lima bab, yaitu: Bab 1 Pendahuluan, Bab 2 Landasan Teori, Bab 3 Pengumpulan Data, Bab 4 Pengolahan Data dan Analisis, dan Bab 5 Kesimpulan dan Saran.

Bab 1 merupakan bab pendahuluan yang menjelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, diagram keterkaitan masalah, rumusan permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab 2 merupakan landasan teori yang berhubungan dengan penelitian ini. Bagian ini berisi landasan teori yang membahas dasar-dasar ergonomi, kesehatan

keselamatan kerja lindung lingkungan (K3LL), proses kognitif, dan desain eksperimental.

Bab 3 mengenai pengumpulan data. Pada bab ini akan disajikan kumpulan data yang menunjang penelitian, diantaranya adalah data deskripsi responden berupa umur, pekerjaan, berat badan, tinggi badan, tekanan darah, status pernikahan dan sebagainya. Kemudian dilanjutkan dengan tahapan pengambilan data *cognitive test* pada berbagai variasi kondisi beban kerja, suhu lingkungan, dan lama pelaksanaan eksperimen.

Bab 4 adalah pengolahan data dan analisis mengenai hasil yang diperoleh. Pada bab ini akan dilakukan pengolahan data dan analisis terhadap hasil tes kognitif dan *heart rate* pada pajanan variasi beban kerja, suhu lingkungan, dan lama pelaksanaan eksperimen serta interaksi ketiga faktor tersebut yang diterima responden untuk mengetahui apakah ada perbedaan rata-rata yang signifikan antar kelompok perlakuan dan bagaimana tren dari interaksi ketiga faktor tersebut terhadap hasil tes kognitif.

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

BAB 2 **STUDI PUSTAKA**

2.1. Ergonomi

Kata “ergonomi” dibentuk dari dua kata dalam bahasa Yunani, yaitu *ergon* yang berarti kerja dan *nomos* yang berarti hukum. Pada beberapa negara istilah ergonomi seringkali digantikan atau disandingkan dengan terminologi *human factors*. Ergonomi adalah suatu kajian terhadap interaksi antara manusia dengan mesin yang digunakannya, beserta faktor-faktor yang mempengaruhi interaksi tersebut (Bridger, 2003).

Menurut definisi formal yang dikeluarkan oleh International Ergonomic Assosiation (2002), ergonomi adalah suatu disiplin ilmu yang memiliki fokus pada pemahaman interaksi antara manusia dan elemen-elemen lain dalam sistem, dan profesi yang menerapkan teori, prinsip-prinsip, data dan metode perancangan, dengan tujuan untuk mengoptimalisasikan kehidupan manusia dan keseluruhan performa sistem.

Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari hubungan antara manusia dengan elemen-elemen lain dalam suatu sistem dan pekerjaan yang mengaplikasikan teori, prinsip, data dan metode untuk merancang suatu sistem yang optimal, dilihat dari sisi manusia dan kinerjanya. Ergonomi memberikan sumbangan untuk rancangan dan evaluasi tugas, pekerjaan, produk, lingkungan dan sistem kerja, agar dapat digunakan secara harmonis sesuai dengan kebutuhan, kemampuan dan keterbatasan manusia (International Ergonomic Assosiation, 2002). Salah satu dari ruang lingkup ergonomi adalah ergonomi kognitif. Hal ini berkaitan dengan proses mental manusia, termasuk di dalamnya; persepsi, ingatan, dan reaksi, sebagai akibat dari interaksi manusia terhadap pemakaian elemen sistem. Topik-topik yang relevan dalam ergonomi kognitif antara lain; beban kerja, pengambilan keputusan, *performance*, *human-computer interaction*, kehandalan manusia, dan stress kerja (Shneiderman & Plaisant, 2005).

Secara singkat ergonomi bertujuan untuk merancang berbagai peralatan, sistem teknis, dan pekerjaan untuk meningkatkan keselamatan, kesehatan,

kenyamanan, dan performa manusia. Implementasi ilmu ergonomi dalam perancangan sistem seharusnya membuat suatu sistem bekerja lebih baik dengan mengeliminasi aspek-aspek yang tidak diinginkan, tidak terkontrol, dan tidak terukur, seperti:

- a. Ketidakefisienan,
- b. Kelelahan
- c. Insiden, cedera, dan kesalahan,
- d. Kesulitan dalam penggunaan, dan
- e. Moral yang rendah dan apatisme.

Dalam mendisain pekerjaan dan kondisi pada kehidupan sehari-hari ergonomi berfokus pada manusia. Kondisi kerja pada kehidupan sehari-hari yang tidak aman, tidak sehat, tidak nyaman, atau tidak efisien dihindari dengan memperhatikan kemampuan dan keterbatasan manusia baik secara fisik maupun psikologi. Faktor-faktor yang memegang peran dalam ergonomi yaitu,

- a. Postur tubuh & pergerakan: duduk, berdiri, mengangkat, mendorong, menarik
- b. Faktor lingkungan : kebisingan, getaran, iluminasi, iklim, zat kimia
- c. Organisasi kerja : tugas yang tepat, pekerjaan yang menyenangkan
- d. Informasi & operasi : informasi yang diperoleh secara visual atau melalui indra lainnya, kontrol, kaitan antara tampilan dan control

Faktor-faktor tersebut menentukan tingkatan yang besar dari keamanan, kesehatan, kenyamanan, dan performa yang efisien pada saat bekerja dan dalam kehidupan sehari-hari. Ergonomi menyatukan pengetahuan dari berbagai bidang ilmu pengetahuan dan teknologi, termasuk antropometri, biomekanika, psikologi, toksikologi, teknik mesin, perancangan industri, teknologi informasi, dan manajemen. Hal tersebut kemudian dipilah dan diintegrasikan kedalam suatu pengetahuan yang relevan (International Ergonomic Assosiation, 2002).

2.2. Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal menurut definisi British Standard BS EN ISO 7730 sebagai kondisi pikiran yang mengekspresikan kepuasan terhadap kondisi termal lingkungan. Jadi istilah kenyamanan termal menggambarkan kondisi psikologis seseorang yang biasanya digunakan untuk mengetahui apakah pekerja merasa terlalu panas atau terlalu dingin berada dalam suatu kondisi lingkungan tertentu.

Kenyamanan termal sangat sulit didefinisikan karena diperlukan pertimbangan berbagai faktor lingkungan dan kondisi pribadi pekerja ketika memutuskan apa yang bisa membuat pekerja merasa nyaman. Faktor-faktor inilah yang membentuk *Human Thermal Environment*. Kenyamanan tidak diukur berdasarkan suhu, melainkan berdasarkan jumlah pekerja yang mengeluhkan mengenai ketidaknyamanan termal.

Indikator yang paling umum digunakan dalam melakukan uji kenyamanan termal adalah suhu udara. Meskipun merupakan indikator penting yang harus diperhitungkan, suhu bukan satu-satunya indikator. Suhu dan hubungannya terhadap lingkungan dan faktor personal juga harus dipertimbangkan. Terdapat enam faktor yang dapat mempengaruhi kenyamanan termal, baik faktor lingkungan maupun faktor personal pekerja. Fakto-faktor tersebut dapat mempengaruhi secara independen maupun saling berinteraksi terhadap kenyamanan termal pekerja.

1. Faktor Lingkungan

a. Suhu Udara

Suhu Udara di sekitar tubuh. Hal ini biasanya ditunjukkan dalam derajat Celcius ($^{\circ}$ C) atau Fahrenheit ($^{\circ}$ F).

b. Suhu Radiasi

Radiasi termal adalah panas yang terpancar dari benda yang menghasilkan panas. Panas radiasi muncul ketika terdapat sumber panas dalam suatu lingkungan.

Suhu radiasi memiliki pengaruh lebih besar dari suhu udara karena suhu radiasi menentukan seberapa besar suatu lingkungan mendapatkan panas dari sebuah sumber panas. Kulit manusia menyerap energi radiasi hampir sama seperti

benda hitam, meskipun hal ini dapat dikurangi dengan memakai pakaian yang dapat memantulkan sebagian panas.

Contoh sumber radiasi termal adalah matahari, api, kebakaran listrik, tungku, mesin uap, oven, kompor, pengering, mesin pelebur logam.

c. Kecepatan Udara

Menunjukkan kecepatan pergerakan udara yang melalui pekerja, udara ini dapat saja membantu menyejukkan udara di sekitar pekerja jika udara yang bertiup saat itu lebih dingin daripada udara di lingkungan kerja.

Kecepatan udara merupakan faktor penting dalam kenyamanan termal karena tubuh manusia sensitif terhadap hal tersebut. Udara yang tidak bergerak dalam ruang tertutup yang sengaja dipanaskan akan membuat pekerja merasakan pengap dan dapat menimbulkan bau. Pergerakan udara dalam suatu lingkungan yang bersuhu tinggi dapat mengurangi panas karena pergerakan panas melalui konveksi tanpa ada perubahan suhu. Aktivitas fisik yang dilakukan pekerja juga meningkatkan pergerakan udara, sehingga kecepatan udara dapat dihitung untuk mengetahui tingkat aktivitas fisik pekerja.

d. Kelembaban Udara

Jika air dipanaskan dan menguap ke lingkungan sekitarnya, maka akan meningkatkan jumlah air di udara dan menyebabkan kelembaban. Kelembaban relatif adalah rasio antara jumlah aktual uap air di udara dan jumlah maksimal uap air yang dapat disimpan udara pada suatu keadaan suhu tertentu.

Kelembaban relatif antara 40% dan 70% tidak berdampak besar terhadap kenyamanan. Di beberapa ruangan kantor, kelembaban biasanya dijaga dalam kisaran 40% - 70% karena terdapat alat-alat elektronik seperti komputer. Namun, di lingkungan kerja yang tidak menggunakan AC atau dimana kondisi iklim di luar ruangan dapat mempengaruhi lingkungan termal di dalam ruangan, kelembaban relatif lebih tinggi dari 70% pada siang hari atau suhu panas. Kelembaban di lingkungan kerja sangat bervariasi, dan tergantung pada proses yang dilakukan dalam ruangan tersebut, misalkan proses pengeringan pada pabrik kertas yang mengeluarkan uap, sehingga kelembaban ruangan meningkat.

Lingkungan dengan kelembaban tinggi memiliki banyak uap air pada udara di sekitarnya. Pada lingkungan bersuhu panas dengan kelembaban relatif di

atas 80% dapat mengurangi pengeluaran keringat oleh tubuh manusia. Pengeluaran keringat adalah cara utama untuk mengurangi panas dalam tubuh.

2. Faktor Personal

a. Pakaian

Pakaian, pada hakikatnya, mengganggu kemampuan manusia untuk mengeluarkan panas ke lingkungan. Kenyamanan termal sangat tergantung pada efek isolasi yang diberikan pakaian terhadap tubuh pekerja. Menggunakan pakaian yang berlapis-lapis atau *personal protective equipment* (PPE) dapat menjadi penyebab utama tekanan panas bahkan saat lingkungan tidak dianggap panas sekalipun. Jika pakaian tidak memberikan isolasi yang cukup, pekerja mungkin menghadapi risiko terluka.

b. *Work Rate / Metabolic Heat*

Tingkat pekerjaan atau tingkat metabolisme, sangat penting untuk penilaian risiko termal. Ini menggambarkan panas yang dihasilkan dalam tubuh saat manusia melakukan aktivitas fisik. Semakin berat aktivitas fisik yang dilakukan, semakin banyak panas yang dihasilkan. Semakin banyak panas yang dihasilkan, semakin banyak pula panas yang harus dikerluarkan tubuh agar tidak terjadi *overheat*. Tingkat metabolisme seseorang sangat berdampak terhadap kenyamanan termal.

Dalam melakukan pertimbangan kenyamanan termal, karakteristik personal pekerja harus selalu disertakan, seperti usia, berat badan, tingkat kebugaran dan gender, disamping faktor-faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban dan kecepatan udara.

2.3. Pengukuran Suhu Lingkungan Kerja

Tempat kerja adalah tiap ruangan atau lapangan, tertutup, terbuka, bergerak ataupun tetap dimana tenaga kerja bekerja, atau yang sering dimasuki tenaga kerja untuk keperluan suatu usaha dimana terdapat sumber-sumber bahaya (UU 1/1970 tentang Keselamatan Kerja). Sumber bahaya yang ditemukan di tempat kerja sangat beragam, salah satunya adalah bahaya kondisi fisik berupa iklim kerja panas. Kondisi ini hampir pasti ditemui di industri di Indonesia seperti industri besi dan pengecoran logam baja, batu bata dan keramik, konstruksi, pertambangan, kaca dan gelas, tekstil, dll. Namun sangat disayangkan hingga saat

ini masih belum terlihat upaya maksimal untuk mengatasi hal tersebut. Padahal Indonesia telah memperhatikan permasalahan keselamatan kerja sejak tahun 1969, yaitu awal dari REPELITA pertama. Namun sampai saat ini program ini terlihat belum populer dalam komunitas bisnis, tenaga kerja maupun masyarakat secara umum (Erwin D,2004)

Negara Indonesia merupakan negara tropis dengan ciri utamanya adalah suhu dan kelembaban yang tinggi, kondisi awal seperti ini seharusnya sudah menjadi perhatian karena iklim kerja yang panas dapat mempengaruhi kondisi pekerja. Karena Iklim kerja panas merupakan beban bagi tubuh ditambah lagi apabila pekerja harus mengerjakan pekerjaan-pekerjaan fisik yang berat, dapat memperburuk kondisi kesehatan dan stamina pekerja.

Respon-respon fisiologis akan nampak jelas terhadap pekerja dengan iklim kerja panas tersebut, seperti peningkatan tekanan darah dan denyut nadi seperti hasil penelitian Saridewi (2002) yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan peningkatan tekanan darah yang signifikan pada tenaga kerja sebelum dan sesudah terpapar panas, yang jelas sekali akan memperburuk kondisi pekerja. Selain respon tekanan darah dan denyut nadi, sistem termoregulator di otak (hypothalamus) akan merespon dengan beberapa mekanisme kontrol seperti konduksi, konveksi, radiasi, dan evaporasi dengan tujuan untuk mempertahankan suhu tubuh sekitar 36°C -37°C. Namun apabila paparan dibiarkan terus menerus akan menyebabkan kelelahan (*fatigue*) dan akan menyebabkan mekanisme kontrol ini tidak lagi bekerja yang pada akhirnya akan menyebabkan timbulnya efek “*heat stress*” (Erwin D,2004).

Untuk mengatasi permasalahan dengan kondisi ini, Menteri Tenaga Kerja RI mengeluarkan standar NAB (Nilai Ambang Batas) untuk lingkungan fisik di tempat kerja, yang salah satunya adalah NAB untuk iklim kerja dengan menggunakan ISBB (Indeks Suhu Bola Basah) adopsi dari ACGIH (American Governmental of Industrial Hygienists). ACGIH merupakan sebuah organisasi sosial profesional non pemerintah dari Amerika Serikat yang bergerak dalam bidang kesehatan kerja dan lingkungan kerja. Namun sayangnya adopsi ini tidak didahului dengan penelitian yang memadai, sehingga tidak ada pembuktian secara

ilmiah bahwa penerapan NAB ini sesuai dengan kondisi pekerja dan lingkungan di Indonesia. Selain itu adopsi yang dilakukan tersebut juga tidak lengkap sehingga ada beberapa keterangan maupun panduan penting yang tertinggal padahal hal itu merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan.

Permasalahan tidak berhenti sampai disitu, hal penting yang sampai saat ini belum terlihat dilakukan oleh pemerintah Indonesia khususnya Depnaker adalah melakukan upaya untuk memperbaiki standar tersebut agar lebih sesuai untuk diaplikasikan di Indonesia. Padahal perumus standar ini yaitu ACGIH selalu melakukan perbaikan terus menerus terhadap standar yang dikeluarkan, bahkan untuk tahun 2005 ini sudah diterbitkan perubahan yang sangat mendasar terhadap penerapan NAB tersebut. Sehingga ISBB yang kita pakai saat ini semakin dipertanyakan kehandalannya dalam mengatasi permasalahan iklim kerja panas.

Pemerintah Indonesia dalam hal ini Departemen Tenaga Kerja mengeluarkan KepMen/Kep-51.Men/1999 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika di Tempat Kerja yang didalamnya mengatur tentang Nilai Ambang Batas untuk iklim kerja panas. Beberapa definisi yang terdapat dalam Keputusan Menteri Tenaga Kerja KepMen/Kep-51.Men/1999 (Pasal 1) adalah sebagai berikut :

1. Iklim kerja : hasil perpaduan antara suhu, kelembaban, kecepatan gerakan udara, dan panas radiasi dengan tingkat pengeluaran panas dari tubuh tenaga kerja sebagai akibat pekerjaannya
2. Nilai Ambang Batas (NAB) : standar faktor tempat kerja yang dapat diterima tenaga kerja tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan, dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam sehari atau 40 jam seminggu
3. Indeks Suhu Bola Basah (ISBB) : parameter untuk menilai tingkat iklim kerja yang merupakan hasil perhitungan antara suhu udara kering, suhu basah alami, dan suhu bola
4. Suhu udara kering : suhu yang ditunjukkan oleh termometer suhu kering
5. Suhu Basah Alami : suhu yang ditunjukkan oleh termometer bola basah alami

6. Suhu Bola : suhu yang ditunjukkan oleh termometer bola

Apabila kondisi iklim kerja mengakibatkan gangguan terhadap tingkat pengeluaran panas dari tubuh tenaga kerja, maka akan terjadi *heat strain* yang merupakan efek dari *heat stress* atau tekanan panas.

Pada pasal 2 di Kep-51.Men/1999 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika di Tempat Kerja, tertulis bahwa NAB iklim kerja menggunakan parameter ISBB seperti tercantum pada lampiran KepMen dibawah ini :

Tabel 2.1 Kep-51.Men/1999 tentang NAB Iklim Kerja ISBB yang diperkenankan

Pengaturan waktu kerja setiap jam		ISBB (°C)		
Waktu kerja	Waktu istirahat	Beban kerja		
		Ringan	sedang	berat
Kerja terus menerus (8 jam sehari)	-	30.0	26.7	25.0
75%	25%	30.6	28.0	25.9
50%	50%	31.4	29.4	27.9
25%	30%	32.2	31.1	30.0

ISBB untuk pekerjaan diluar ruangan dengan panas radiasi :

$$\text{ISBB} = 0.7 \text{ suhu basah alami} + 0.2 \text{ suhu bola} + 0.1 \text{ suhu kering}$$

ISBB untuk pekerjaan didalam ruangan tanpa panas radiasi :

$$\text{ISBB} = 0.7 \text{ suhu basah alami} + 0.3 \text{ suhu bola}$$

Catatan :

- Beban kerja ringan membutuhkan kalori 100-200 Kkal/jam
- Beban kerja sedang membutuhkan kalori > 200-350 Kkal/jam
- Beban kerja berat membutuhkan kalori > 350-500 Kkal/jam

2.3.1 ISBB Sebagai Adopsi Standar ACGIH

Keputusan Menteri seperti yang dijelaskan diatas, dikeluarkan berdasarkan adopsi dari rekomendasi ACGIH mengenai WBGT sebagai NAB untuk iklim kerja di Amerika Serikat. Pemerintah mengadopsi ketentuan tersebut, tanpa didahului dengan studi mendalam untuk melihat kesesuaian dengan kondisi di Indonesia. Padahal ACGIH telah jelas menyebutkan bahwa standar WBGT ini tidak dapat diadopsi oleh negara dengan perbedaan kondisi pekerjaan, ukuran tubuh, dan kebiasaan konsumsi makanan dengan Amerika Serikat.

ISBB pada Kep-51.Men/1999 tersebut berlaku pada semua pekerja dan tempat kerja tanpa terkecuali. Ada beberapa ketidakjelasan dalam penentuan NAB tersebut diantaranya adalah sebagai berikut :

- Tidak diperhitungkan mengenai tenaga kerja yang belum beraklimatisasi terhadap lingkungan kerjanya
- Tidak diperhitungkan jenis pakaian yang dipakai oleh pekerja selama bekerja, padahal pakaian berpengaruh terhadap proses pengeluaran panas oleh tubuh
- Tidak dijelaskan tentang pengaturan keselamatan apabila kondisi ISBB lingkungan kerja lebih tinggi dari ketentuan tersebut
- Tidak ada penjelasan tentang petunjuk pelaksanaan yang benar dari ketentuan tersebut

Ketimpangan terjadi disebabkan karena penentuan NAB berdasar adopsi langsung dari standar ACGIH tersebut tidak dilakukan secara sempurna, beberapa informasi dan panduan penting dari standar tersebut tidak disertakan dalam penetapan NAB ISBB dalam KepMen tersebut. Tabel 2 dibawah ini akan menerangkan standar WBGT sebagai NAB asli yang dikeluarkan oleh ACGIH (1992) seperti yang dikutip Erwin D (2004).

Tabel 2.2 Paparan panas yang diperkenankan sebagai NAB (dalam °C WBGT*)

Pengaturan waktu kerja setiap jam		WBGT (°C)		
		Beban kerja		
Waktu kerja	Waktu istirahat	Ringan	sedang	berat
Kerja terus menerus (8 jam sehari)	-	30.0	26.7	25.0
75%	25%	30.6	28.0	25.9
50%	50%	31.4	29.4	27.9
25%	30%	32.2	31.1	30.0

* Untuk pekerja yang belum beraklimatisasi, NAB tersebut harus dikurangkan 2.5 °C

Beberapa panduan lain yang harus diperhatikan, selain yang disebutkan diatas (ACGIH,1992) :

1. Suplemen berupa air dan garam

Penyediaan air putih dan garam harus dilakukan agar pekerja dapat memperoleh masukan cairan sebagai pengganti cairan yang hilang, dengan ketentuan minum air putih setiap 15-20 menit sekali (@ 150 ml). Temperatur air

minum harus dijaga pada 10-15°C, dan ditempatkan ditempat yang mudah dijangkau oleh pekerja tanpa meninggalkan pekerjaannya.

Pekerja disarankan untuk lebih banyak mengonsumsi garam pada makanan mereka (untuk pekerja dengan diet rendah garam, harus berkonsultasi dengan ahlinya), dan ditempat kerja disediakan air minum bergaram dengan konsentrasi 0.1% (1 gram NaCl dalam 1 L air, atau 1 sendok makan garam setiap 15 quarts air minum).

2. Pakaian kerja

Beberapa koreksi untuk jenis pakaian yang digunakan oleh pekerja, untuk penentuan WBGT-nya, dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini:

Tabel 2.3 Koreksi faktor pakaian terhadap WBGT (°C)

Tipe pakaian	Koreksi WBGT
<i>Summer work uniform</i>	0
<i>Cotton coveralls</i>	-2
<i>Winter work uniform</i>	-4
<i>Water barrier, permeable</i>	-6

3. Aklimatisasi dan kebugaran

Aklimatisasi adalah serangkaian pengaturan fisiologis dan psikologis yang dilakukan seorang individu pada minggu pertama dirinya terpapar lingkungan yang panas, untuk beradaptasi terhadap tekanan panas. NAB ini berlaku terhadap pekerja yang sehat secara fisik. Perhatian ekstra harus diperhatikan apabila tenaga kerja yang terpapar panas belum beraklimatisasi dan tidak dalam kondisi fisik yang sehat.

4. Efek terhadap kesehatan

Efek kesehatan paling buruk yang dapat terjadi akibat tekanan panas adalah heat stroke, karena dapat menimbulkan kematian. Heat exhaustion, heat cramps, heat disorders adalah efek-efek lain yang dapat terjadi.

Pekerja yang sedang hamil dan terpapar panas, apabila suhu inti tubuhnya mencapai lebih dari 39°C, dapat menyebabkan kecacatan pada bayi. Sebagai tambahan, suhu inti tubuh lebih dari 38°C dapat mengakibatkan kemandulan baik bagi pria maupun wanita.

5. Pemakaian Alat Pelindung Diri (APD)

Apabila diperlukan dalam pekerjaannya pemakaian APD, dan peralatan atau perlengkapan lain yang ditujukan untuk melindungi pekerja dari bahaya lain, maka nilai WBGT tersebut harus dikoreksi. Nilai WBGT pada tabel 2 tersebut merupakan penaksiran dan tidak dimaksudkan untuk peniadaan monitoring fisiologis.

Paparan dengan temperatur lebih tinggi dari tabel 2 diatas, masih dipekenankan dengan pengawasan dan surveilens medis yang ketat, dan ada rekomendasi bahwa pekerja yang bersangkutan memiliki toleransi yang lebih tinggi terhadap panas. Pekerjaan harus dihentikan bila suhu tubuh inti pekerja sampai pada 38°C.

Penjelasan penting berupa pedoman diatas, tidak terdapat dalam Kep-51.Men/1999 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika di Tempat Kerja yang dikeluarkan pemerintah, sehingga pelaksanaannya pun tidak akan sesuai dengan yang diharapkan, karena akan terjadi perbedaan pemahaman terhadap peraturan tersebut.

Tahun 2005, ACGIH telah mengeluarkan tambahan dan pembaruan standar WBGT. Pembaruan ini didasarkan dari riset berkelanjutan yang dilakukan ACGIH untuk mendapatkan kesempurnaan standar yang mereka keluarkan.

Beberapa pembaruan yang dibahas dalam makalah ini antara lain seperti yang tercantum pada tabel-tabel berikut ini :

Tabel 2.4 Penambahan nilai WBGT terhadap setelan pakaian kerja

Tipe pakaian	Penambahan WBGT (°C)*
<i>Summer work uniform</i>	0
<i>Cloth (woven material) overalls</i>	+3.5
<i>Double-cloth overalls</i>	+5

* these values must not be used for encapsulating suits or garments that are impermeable or highly resistant to water vapor or air movement through fabrics

Tabel 2.5 Kriteria penyaringan untuk paparan terhadap tekanan panas (WBT °C)

Work demands	Acclimatized				Unacclimatized			
	Light	Moderate	Heavy	Very heavy	Light	Moderate	Heavy	Very heavy
100% work	29.5	27.5	26	-	27.5	25	22.5	-
75% work, 25% rest	30.5	28.5	27.5	-	29	26.5	24.5	-
50% work, 50% rest	31.5	29.5	28.5	27.5	30	28	26.5	25
25% rest, 75% work	32.5	31	30	29.5	31	29	28	26.5

Catatan:

1. Untuk demand category lihat tabel 2.5.
2. Bila lingkungan kerja dan istirahat berbeda, perhitungan rata-rata waktu perjam (hourly time-weighted average/TWA) harus dilakukan. Apabila pekerjaan bervariasi dalam setiap jamnya, perhitungan TWA juga harus dilakukan.
3. Nilai pada tabel diatas berlaku untuk waktu kerja 8 jam sehari, 5 hari seminggu dengan waktu istirahat pada umumnya. Bila waktu kerja bertambah, konsultasikan dengan ahli hygiene industri.
4. Nilai kriteria untuk pekerjaan terus menerus dan 25% istirahat untuk kerja sangat berat tidak diberikan, mengingat efek fisiologis (tanpa melihat WBGT) pekerjaan tersebut pada tenaga kerja yang memiliki kondisi kesehatan kurang baik.

Tabel 2.6 Beberapa contoh aktivitas dalam kategori kecepatan metabolisme

Categories	Example activities
Resting	Sitting quietly Sitting with moderate arm movements
Light	Sitting with moderate arm and leg movements Standing with light work at machine or bench while using mostly arms Using a table saw Standing with light or moderate work at machine or bench and some walking about
Moderate	Scrubbing in a standing position Walking about with moderate lifting or pushing Walking on level at 6 km/hr while carrying 3 kg weight load
Heavy	Carpenter sawing by hand Shoveling dry sand Heavy assembly work on a noncontinuous basis Intermittent heavy lifting with pushing or pulling (e.g., pick-and-shovel work)
Very heavy	Shovelling wet sand

Tabel 2.7 Pedoman batasan heat strain

Parameter	pengukuran
Denyut nadi	Selama beberapa menit, denyut nadi melebihi 180 detak permenit (DPM) setelah dikurangkan umur pekerja dalam tahun (180-umur)
Suhu tubuh inti	Suhu tubuh inti lebih dari 38.5°C untuk pekerja terseleksi dan teraklimatisasi, dan suhu tubuh inti lebih dari 38°C untuk pekerja tidak terseleksi dan tidak aklimatisasi
Denyut nadi	Proses normalnya kembali denyut nadi setelah pekerjaan puncak lebih dari 110 DPM
Gejala sakit	Kelelahan, pusing, mual, kemerahan pada wajah

Pekerja berada pada resiko tinggi apabila:

1. Berkeringat dalam jumlah besar selama berjam-jam
2. Kehilangan berat badan setelah satu shift lebih besar dari 1.5% dari berat badan total
3. Ekskresi sodium dalam urin selama 24 jam kurang dari 50 mmoles

Pedoman pada tabel 2.7 diatas dipakai sebagai monitoring gejala dan tanda pekerja terkena heat stress berlebih. Untuk tujuan surveilens, indikasi-indikasi tersebut perlu diberikan sebagai kontrol terhadap paparan panas.

Upaya manajemen heat stress juga diberikan dalam standar baru ACGIH, yang dibagi menjadi general controls dan job specific controls, seperti contoh dibawah ini:

- General Controls
 - Menyediakan instruksi yang jelas secara verbal dan tertulis, program pelatihan rutin, serta informasi lain tentang heat stress
 - Menyarankan minum air putih dingin walaupun sedikit (sekitar 150 ml) setiap 20 menit
 - Pemberian ijin pada pekerja untuk membatasi paparan panas terhadap dirinya, dan menganjurkan teman sekerja mendeteksi tanda dan gejala heat strain
- Job-Specific Controls
 - Mempertimbangkan kontrol teknik untuk mengurangi kecepatan metabolisme, menyediakan pergerakan udara general, mengurangi proses panas dan pelepasan uap air, serta perlindungan/penyekatan sumber panas
 - Mempertimbangkan kontrol administratif
 - Mempertimbangkan penggunaan Alat Pelindung Diri

3. Indeks Suhu Bola Basah

Indeks Suhu Bola Basah digunakan untuk mencegah kerumitan prosedur dalam menentukan Indeks Suhu Efektif atau *Effective Temperature Index* (ET) yang merupakan indeks empiris yang berasal dari serangkaian penelitian laboratorium sejak tahun 1920 yang menjadi metode yang digunakan untuk mengevaluasi *heat stress*. Indeks tersebut mengkombinasikan faktor suhu, kelembaban, radiasi, dan angin menjadi nilai tunggal yang dapat merepresentasikan suhu yang diinginkan. Yaglou dan Minard memodifikasi indeks tersebut dengan memperbaikinya pada indeks suhu dari 150 mm diameter termometer black globe untuk penyerapan panas matahari pada pakaian militer. Menggunakan nilai yang telah dikoreksi tersebut

2.4. Choice Reaction Time

Reaction Time (RT) atau disebut juga waktu response adalah sebuah metode paling sederhana dan kemungkinan besar paling luas digunakan untuk mengukur respons behavioral dalam satuan waktu dari tampilan tugas yang diberikan sampai penyelesaiannya. Metode kronometrik yang menggunakan hasil RT memainkan peranan penting dalam menyediakan data dengan model terkonstrains kemampuan kognitif manusia bagi peneliti di bidang psikologi dan bidang lain yang terkait dengan manusia (Baayen, R.H., Milin, P., 2010).

Pada tahun 1868, F.C Donders melakukan eksperimen perintis menggunakan RT sebagai pengukuran pada respons behavioral dan membuktikan keberadaan dari tiga jenis RT yang dibedakan berdasarkan panjang respons (Donders, 1868). Sejak saat ini para ilmuwan menyetujui bahwa ada tiga jenis RT (Luce, 1968) :

a. Simple Reaction Time

Diperoleh dari tugas eksperimental di mana subjek merespons kepada stimulus berupa cahaya, suara dan sebagainya.

b. Choice Reaction Time

Ketika subjek harus memilih respons dari satu paket respons yang mungkin, misalnya dengan memilih sebuah angka sesuai perintah yang muncul di layar.

c. Recognition

Didapatkan dari pemberian dua jenis stimuli di mana salah satu adalah stimulus yang harus direspons subyek dan yang lainnya harus diabaikan

Sebagai tambahan banyak RT lainnya dengan mengkombinasikan tiga dasar tugas eksperimental. Misalnya, *discrimination-RT* didapatkan ketika subjek harus membandingkan antara pasangan yang ditampilkan secara simultan dan diminta untuk menekan salah satu dari tombol respons. RT jenis ini adalah kombinasi dari *choice* dan *recognition*. Sama halnya juga dengan *decision-RT* adalah perpaduan dari simple dan choice di mana mempunyai satu stimulus pada satu waktu tetapi mempunyai kemungkinan respons yang mungkin sebanyak jenis stimulus.

2.4.1. Komponen *Reaction Time*

Saat seseorang merespons kepada sesuatu yang dia dengar, lihat atau rasa, total *reaction time* dapat dibagi menjadi komponen yang berurutan (Green, M. 2009).

2.4.1.1 Mental Processing Time

Merupakan waktu yang diperlukan responden untuk menyadari bahwa ada sinyal dan memutuskan untuk memberikan respons. Misalnya, waktu yang diperlukan bagi pengemudi untuk mendeteksi bahwa ada pejalan kaki yang menyeberang jalan di depannya dan memutuskan bahwa harus menginjak rem. Tahapan *mental processing time* sendiri dibagi menjadi empat sub tahap :

- a. Sensasi : waktu yang diperlukan untuk mendeteksi input sensori dari sebuah objek. Di saat semua benda terlihat sama, *reaction time* menurun seiring dengan intensitas sinyal yang lebih tinggi (kontras, terang, ukuran, kerasnya suara, dan sebagainya), sudut pandang 'foveal' dan kondisi jarak penglihatan yang lebih baik. *Reaction time* terbaik juga lebih cepat pada sinyal auditori daripada sinyal visual.
- b. Persepsi : waktu yang diperlukan untuk menyadari makna dari sensasi. Hal ini memerlukan aplikasi informasi dari memori untuk menginterpretasikan input sensori. Dalam beberapa kasus misalnya '*automatic response*', tahapan ini sangat cepat. Contoh lainnya yaitu '*controlled response*'

memerlukan waktu. Secara umum, inout baru memperlambat respons, seperti juga rendahnya probabilitas sinyal, ketidakpastian (lokasi sinyal, waktu, atau bentuk) dan kejutan.

- c. *Situational Awareness* : waktu yang dibutuhkan untuk menyadari dan menginterpretasikan penglihatan, menyaring maksudnya dan kemungkinan ekstrapolasi di masa depan.
- d. Pemilihan respons : waktu yang dibutuhkan untuk memutuskan respons mana yang akan dipilih dan memprogram gerakannya secara mental. Pemilihan respons akan melambat pada *choice reaction time* di saat terdapat banyak pilihan sinyal. Sebaliknya, latihan akan mengurangi waktu yang diperlukan. Akhirnya, studio elektrofisiologikal menunjukkan bahwa kebanyakan orang menunjukkan potensi persiapan gerakan otot sebelum gerakan yang sebenarnya. Dengan kata lain, keputusan untuk merespons sebenarnya terjadi lebih cepat daripada respons terekam yang bisa diobservasi dan diukur.

Ke empat tahapan ini biasanya digabungkan bersama sebagai '*perception time*', istilah yang kurang tepat sebab pemilihan respons dan beberapa aspek *situational awareness* merupakan keputusan, bukan persepsi.

2.4.1.2 Waktu Pergerakan

Setiap respons dipilih, responden harus menampilkan gerakan otot yang dibutuhkan. Misalnya, waktu untuk mengangkat kaki dari pedal gas dan memindahkannya pada rem. Beberapa faktor mempengaruhi waktu pergerakan. Secara umum, gerakan yang semakin kompleks membutuhkan waktu pergerakan yang semakin lama dan latihan akan mempercepat waktu pergerakan. Hukum Yerkes-Dodson mengatakan bahwa kenaikan emosional tinggi yang mungkin diakibatkan keadaan darurat akan mempercepat gerakan motorik tetapi akan berakibat pada kegagalan beberapa detail gerakan.

2.4.1.3 Device Response Time

Peralatan mekanikal membutuhkan waktu untuk bekerja, meski setelah responden telah melakukannya. Misalnya ketika pengendara menginjak rem, tidak berarti mobil akan langsung berhenti. Melainkan, penghentian adalah fungsi dari

gaya fisika, gravitasi dan gesekan. Pada kasus ‘pengereman mobil’ hampir setengah dari jarak dihasilkan dari *reaction time* pengemudi. Ini adalah salah satu alasan bahwa merupakan hal yang vital untuk memiliki estimasi yang baik pada kecepatan respons manusia.

2.5. Hipotesis Penelitian

H_0 : Tidak ada perbedaan signifikan pada rata-rata respon time dan error percentage pada berbagai level faktor suhu dan beban kerja.

H_1 : Terdapat perbedaan signifikan antar rata-rata respon time dan error percentage pada berbagai level faktor suhu dan beban kerja.

2.6. Statistik untuk ANOVA

2.6.1. Hipotesis ANOVA

Data waktu respon dan error percentage uji inspeksi visual yang didapatkan juga diolah dengan metode statistik yaitu dengan metode analisis desain faktorial. Metode ini digunakan karena penelitian yang dilakukan melibatkan beberapa faktor antara lain yaitu: faktor suhu dan beban kerja.

Analisis yang digunakan adalah ANOVA Two Way namun dengan pertimbangan untuk kemudahan penginputan data, digunakan fitur *Factorial Design* pada software yang digunakan, yaitu Minitab 15. Prinsip keduanya sama karena jumlah faktor yang terlibat pada setiap analisisnya berjumlah dua buah.

Berikut ini merupakan persamaan yang menyatakan model statistik tersebut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk} \quad \left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \end{array} \right. \quad (2.1)$$

dengan : Y_{ij} = respon berupa respon time dan error percentage

τ_i = efek dari faktor suhu tinggi lingkungan

β_j = efek dari faktor beban kerja

$(\tau\beta)_{ij}$ = efek dari interaksi antara kedua faktor

k = jumlah replikasi (sama dengan jumlah responden)

Model ini dikatakan valid apabila beberapa asumsi telah terpenuhi, yaitu :

1. Error harus terdistribusi secara normal
2. Varians error harus sesuai dengan nilai respon yang diprediksi
3. Setiap error harus independen terhadap error lainnya

Ketiga asumsi ini dapat dicek menggunakan residual plot.

Hipotesis diperlukan dalam menginterpretasikan tabel ANOVA yang dihasilkan dari komputasi ANOVA Two-Factor Factorial Design tersebut. Berikut adalah hipotesis-hipotesis yang digunakan:

1. $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3$

H_1 : setidaknya terdapat satu nilai τ_i yang tidak sama

2. $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3$

H_1 : setidaknya terdapat satu nilai β_j yang tidak sama

3. $H_0 : (\tau\beta)_{ij}$ sama untuk semua nilai i dan j

H_1 : setidaknya terdapat satu nilai $(\tau\beta)_{ij}$ yang tidak sama

Jika p-value bernilai <0.05 , maka ada cukup bukti untuk menerima H_1 dimana faktor pertama dan/atau kedua dan/atau interaksi diantara keduanya mempengaruhi respon secara signifikan (Montgomery, 2009).

2.6.2. Uji Normal Data

Pada penelitian kali ini analisis uji normal dilakukan melalui tes Kolmogorov-Smirnov (K-S) dan Shapiro-Wilk dengan menggunakan software SPSS 13.0. 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 2.8

Tabel 2.8 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).

2.6.3. 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*'.

2.6.4. 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) :

2.6.4.1 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 Bonferoni 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. Waller-Duncan t test
Menggunakan pendekatan Bayesian. Menggunakan jumlah sampel harmonic ketika jumlah sampel tidak sama.
- m. 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).

2.6.4.2 Varians Tidak Sama

- n. Tamhane's T2
- o. Dunnett's T3
- p. Games-Howell
- q. 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

PENGUMPULAN DATA

3.1. Desain Penelitian

Penelitian akan menggunakan desain analitik eksperimental yang terdiri atas 9 kelompok kombinasi perlakuan yang didapat dari 3 level kategori beban kerja ringan, moderat, dan ekstrim berat, serta 3 level kategori suhu 28°C, 29,4°C, dan 32,2°C. Dengan penggunaan dua faktor yang dikonsiderasi yakni suhu dan beban kerja, serta tiga level faktor maka tipe dari penelitian ini adalah *two-factor factorial design*.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Di Laboratorium Ergonomi yaitu di dalam *Heat and Cold Room* pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok. Eksperimen dilakukan pada hari kerja tanggal 16 April 2012-2 Mei 2012.

3.3. Populasi Penelitian

Populasi penelitian adalah pekerja laki-laki yang ada di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok.

3.4. Sampel

3.4.1. Besar Sampel

Dikarenakan tidak ada ukuran universal untuk *cognitive test*, kita tidak dapat menggunakan rumus jumlah sampel yang biasanya karena tidak mendapatkan standar deviasi. Sebagai penggantinya, digunakan tabel pemilihan jumlah sampel dengan menentukan beberapa kriteria terlebih dahulu.

Kriteria pertama yang digunakan adalah berapa level faktor yang akan digunakan. Eksperimen ini menggunakan tiga level. Kemudian berapa *level of power* yang diinginkan dalam menghindari kesalahan type I dan II. *Level of power* yang diinginkan adalah 0,95 untuk $(1-\beta)$ dan 0,01 untuk α . Terakhir adalah berapa rentang standar deviasi yang akan dipakai (Δ/σ) , maka berdasarkan pilihan populer diambillah angka 1,75. Sehingga sampel size untuk kombinasi dua faktor

dan tiga level faktor adalah lebih dari sama dengan 4 replikasi atau sample. Dalam penelitian ini digunakan 12 orang sample pekerja.

3.4.2. Kriteria Sampel

3.4.2.1 Kriteria Inklusi

- Bersedia mengikuti tahapan penelitian dari awal hingga akhir dengan memberikan persetujuan secara lisan dan tertulis
- Berusia 19-33 tahun
- Berjenis kelamin

3.4.2.2 Kriteria Ekslusi

- Terdapat gangguan pernapasan dan kelainan fungsi jantung, dinyatakan dengan hasil pemeriksaan Heart Rate dan volume oksigen maksimal.
- Tidak sehat secara fisik di mana tekanan darah sistole dan diastole tidak normal.

3.4.2.3 Drop Out

- Tidak mengikuti seluruh tahapan penelitian
- Tidak mengikuti protokol penelitian

3.5. Pengambilan Data

3.5.1. Protokol mendapatkan sampel (Tahap I)

Prosedur mendapatkan sampel diawali dengan cara memberikan sosialisasi mengenai tujuan dan tahapan penelitian kepada karyawan melalui proses *close recruitment* untuk mempermudah kontrol sample.

Calon responden yang datang mendapatkan penjelasan penelitian dan skrining I, yaitu pengisian kuesioner dan pemeriksaan fisik. Responden yang telah memenuhi persyaratan penelitian (lolos skrining 1) diberikan informasi mengenai protokol penelitian dan dinyatakan ikut serta dalam eksperimen, dianggap telah melewati tahap I dan dilanjutkan dengan tahap II.

Kurang lebih dua minggu sebelum pertemuan kedua, para peneliti menghubungi responden untuk mengingatkan kembali akan kehadiran selanjutnya di tahap II.

3.5.2. Proses Pengambilan Data (Tahap II)

Kombinasi dua faktor lingkungan, yaitu suhu dan beban kerja dengan masing-masing faktor memiliki tiga level faktor, sehingga membentuk 9 kombinasi perlakuan. Untuk lebih jelas mengenai kombinasi perlakuan lihat tabel. Masing-masing responden yang berjumlah 12 orang pekerja akan diberikan 9 kombinasi perlakuan tersebut.

Tabel 3.1 Kombinasi Faktor Perlakuan Suhu dan Beban Kerja

Temperatur (° C)	Workload	Kode Kombinasi
29,4	Ringan	A1
28	Berat	A2
32,2	Ekstrim Berat	A3
32,2	Berat	B1
29,4	Ekstrim Berat	B2
28	Ringan	B3
28	Ekstrim Berat	C1
32,2	Ringan	C2
29,4	Berat	C3

3.5.2.1 Pra-Eksperimen

Kegiatan pada proses pengambilan data diawali dengan pendataan sample. Pendataan awal merupakan pengukuran kembali denyut jantung, tekanan darah, berat badan, tinggi badan, suhu tubuh, dan tingkat pendidikan terakhir peserta. Pendataan awal tersebut dilakukan pada suhu 23° C dengan keadaan normal istirahat tanpa beban kerja.

Setelah pengambilan data awal dilakukan, 12 orang sample diberi *pre test* untuk mengetahui kondisi kognitif pekerja dalam suhu normal dan keadaan tanpa beban kerja. Tes kognitif yang diberikan yaitu *visual inspection*.

3.5.2.2 Pemberian *Heat Stress* dan Beban Kerja

Responden masuk ke dalam *Heat and Cold Room* satu per satu. Responden dipersilahkan untuk duduk di dalam kondisi suhu yang sudah diatur selama satu menit, kemudian diberikan instruksi mengenai beban kerja yang akan dilakukan selama dua menit dan pemasangan alat Fitmate Med untuk mengukur denyut jantung, konsumsi oksigen, dan pengeluaran energi saat melakukan pekerjaan dengan beban kerja tertentu dan suhu tertentu. Total waktu persiapan lima menit, durasi ini sekaligus sebagai aklimatisasi pekerja terhadap suhu ruangan. Setelah persiapan selesai, responden diminta melakukan pekerjaan dengan beban kerja yang diberikan dalam suhu ruang yang telah diatur sebelumnya selama 15 menit atau hingga mencapai pengeluaran energi yang diperlukan untuk pembentukan beban kerja. Pembentukan beban kerja responden berdasarkan tabel dibawah ini

Tabel 3.2 Klasifikasi Beban Kerja untuk Pekerja Industri Pria

Beban Kerja	HR (bpm)	VO2 Prediksi (L/min)	Pengeluaran Energi (Kkal/min)
Ringan	90	0,556	2,782
Moderat	100	0,716	3,582
Berat	120	1,036	5,182
Sangat Berat	140	1,356	6,782
Ekstrim Berat	160	1,676	8,382

Sumber: Pengembangan model prediksi konsumsi oksigen pada pekerja industri. Boy M. Nurtjahyo

Setelah beban kerja yang diinginkan terbentuk, dinyatakan dalam perhitungan alat Fitmate Med mengenai denyut jantung, volume oksigen, dan pengeluaran energi, pekerja diberi tes mengenai *visual inspection* dan *short term memory* untuk mengukur tingkat konsentrasi.



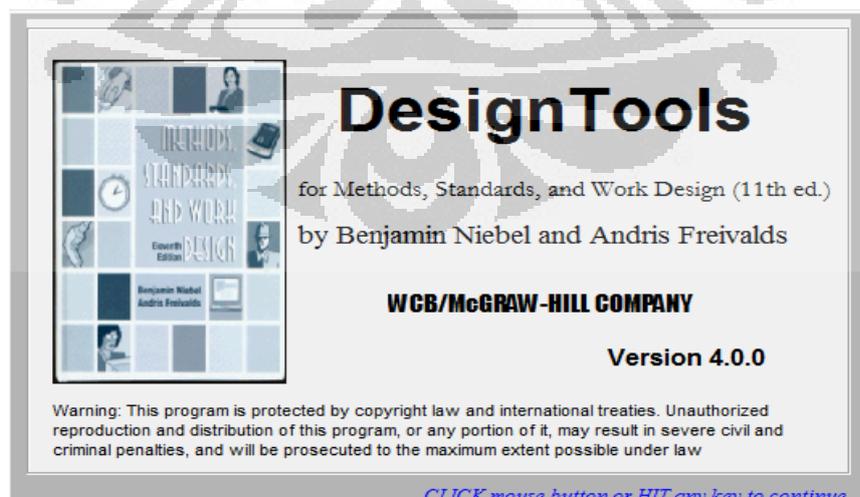
Gambar 3.1 Kondisi di dalam *Heat and Cold Room*



Gambar 3.2 *Fitmate Med* dan penggunaannya

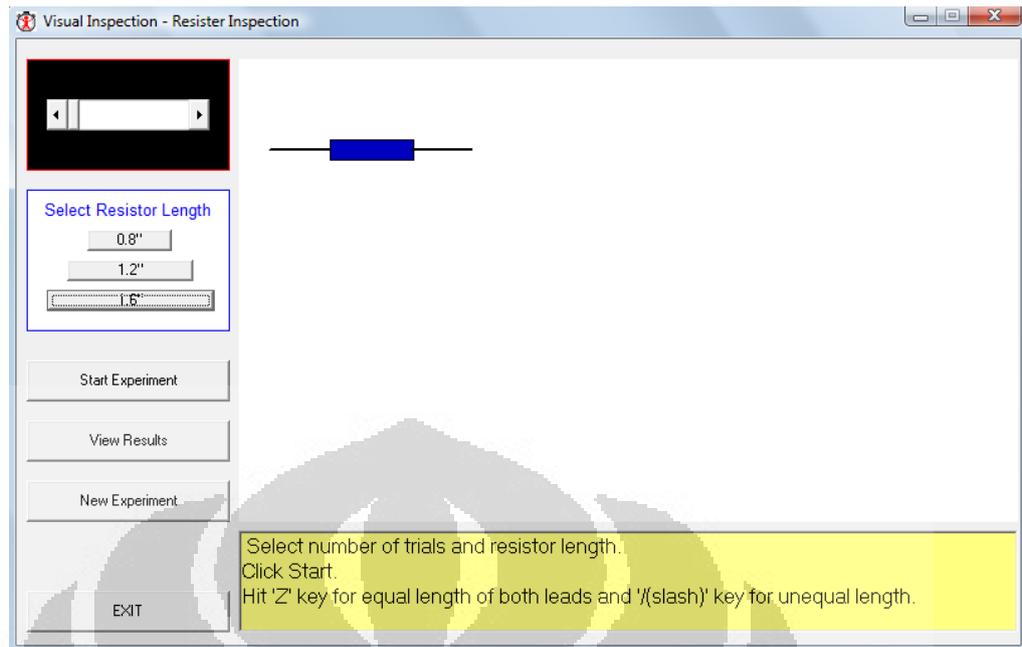
Berikut ini adalah tahapan-tahapan yang akan dilewati responden dalam pengukuran *Visual inspection*:

a. Mulai



Gambar 3.3 Tampilan pembuka Software Design Tools Versi 4.0

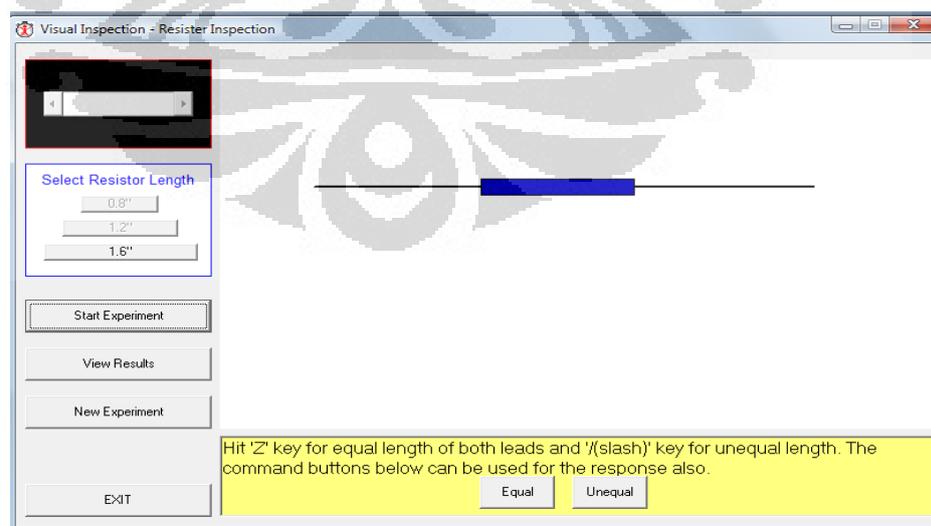
(Sumber : Penulis)



Gambar 3.4 Tampilan Awal Percobaan Visual Inspection di Software Design Tools Versi 4.0
(Sumber : Penulis)

Responden perlu mengaktifkan tombol start pada layar dengan menekan tombol mulai yang disediakan di keyboard. Sebelum mulai, sasaran tempat sinyal perintah muncul masih berupa resistor awal. Sebelum berubah menjadi resistor penguji, responden tidak boleh menekan apapun. Apabila terjadi kesalahan maka akan langsung *error* dan percobaan *visual inspection* dinyatakan gagal.

b. Tampilan Sinyal



Gambar 3.5 Tampilan Stimuli Visual di Software Design Tools Versi 4.0

Sinyal visual, berupa perintah nomor yang harus ditekan oleh responden akan muncul menggantikan resistor awal di mana responden harus menekan pilihan berdasarkan sinyal yang ada secepat mungkin. Setelah dilakukan maka akan berlanjut pada percobaan berikutnya sampai sepuluh percobaan berhasil dilakukan.

c. Respon Sinyal

Untuk memulai visual inspection test, asisten eksperimen mengklik icon start experiment. Responden hanya diminta untuk mengamati kawat resistor yang muncul di layar, resistor tersebut memiliki dua buah sisi kawat, yaitu sisi kiri dan kanan, responden diminta untuk melakukan pengamatan terhadap resistor tersebut apakah panjang kawat berwarna hitam sama panjang antara sisi kanan dan kirinya atau berbeda. Jika sama klik tombol 'B' pada keyboard, apabila berbeda klik 'S' pada keyboard. Trial visual inspection dilakukan 10 kali masing-masing responden.

Responden merespons sinyal yang diberikan dengan menekan *keyboard* laptop yang telah disediakan. Untuk mencegah deviasi percobaan karena masalah kemampuan dan kefasihan dengan laptop maka semua responden diwajibkan hanya menggunakan satu jari pada tombol yang telah dilabeli dengan stiker warna kuning dan bertulisan hitam yang mempunyai kontras baik bagi penglihatan.

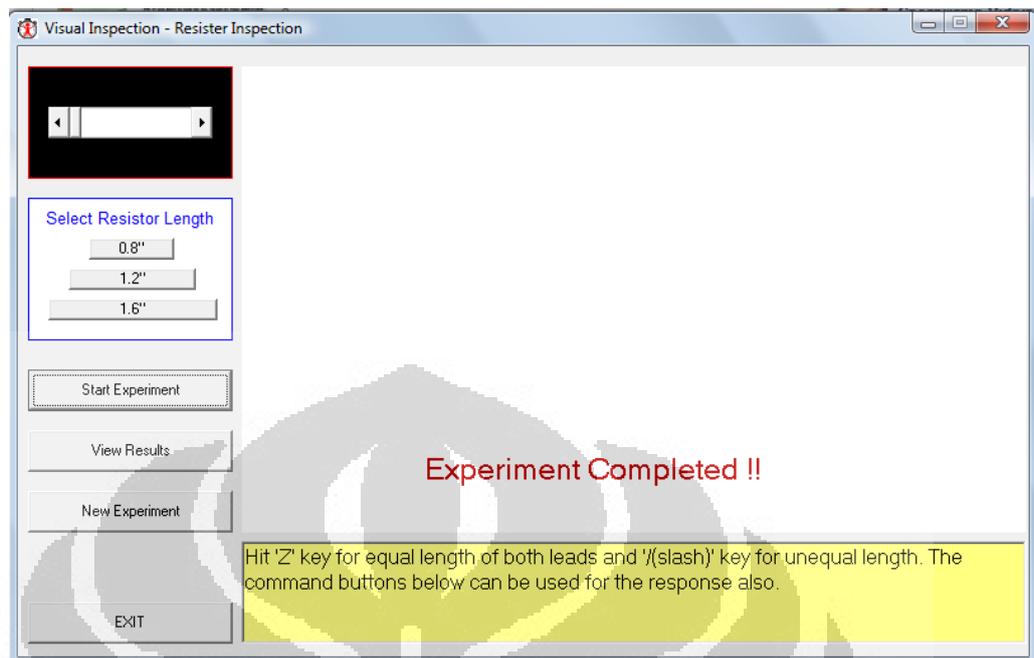


Gambar 3.6 Tampilan Keyboard dan Tombol Respons

(Sumber : Penulis)

d. Selesai

Setelah semua percobaan selesai dilakukan maka akan muncul tulisan 'Eksperimen Completed!!' yang menyatakan bahwa responden telah merespons sinyal yang diberikan dari sepuluh kali eksperimen visual inspection. Nilai rata-rata dari percobaan ini akan menjadi output dari eksperimen.



Gambar 3.7 Tampilan Selesai Eksperimen di Software Design Tools Versi 4.0

e. Hasil

Setelah eksperimen selesai dilakukan maka hasil yang muncul adalah seperti pada gambar 3.7. Ada dua hasil yang akan diambil untuk dianalisis lebih lanjut untuk mencapai kesimpulan dari penelitian ini, yaitu response time dan tingkat kesalahan yang dilakukan oleh responden saat melakukan uji visual inspection.

Sebagai contoh, responden yang hasilnya terlihat pada gambar 3.8 menganggap bahwa panjang kawat resistor sebelah kiri dan kanan adalah sama padahal terdapat perbedaan panjang sebesar 4%, sehingga hal tersebut terhitung sebagai kesalahan. Kesalahan yang dilakukan responden pada contoh adalah sebanyak dua kali selama sepuluh kali percobaan uji visual inspection, dengan kata lain tingkat kesalahan atau yang selanjutnya akan disebut sebagai error percentage adalah sebesar $2/10$ atau 0,2.

Waktu yang diperlukan untuk merespon dalam sepuluh uji visual inspection akan diproses dan menghasilkan rata-rata waktu respon uji visual inspection. Waktu rata-rata itulah yang akan diolah lebih lanjut dan dianalisis sebagai salah satu pertimbangan pengambilan kesimpulan penelitian.

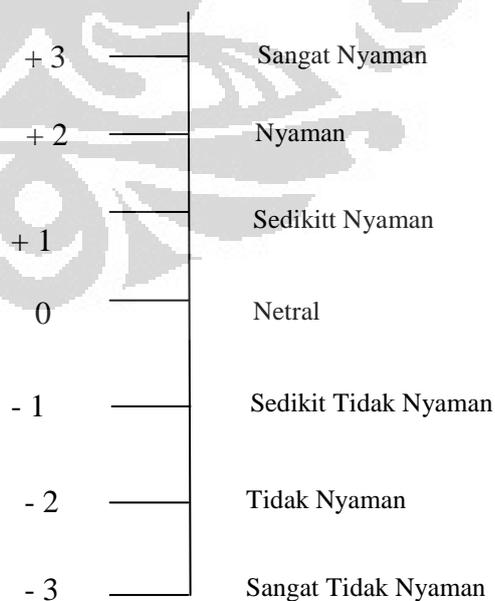
Trial	RT(sec)	Response	Lead Difference
1	3,9414	Same	4,0%
2	2,2266	Same	4,0%
3	1,4297	Different	8,0%
4	1,2461	Different	0,0%
5	1,6328	Different	4,0%
6	1,0664	Different	12,0%
7	1,5664	Different	12,0%
8	0,8867	Different	16,0%
9	1,5000	Different	8,0%
10	1,3320	Different	4,0%
Average Response Time:		1,6828	
Standard Deviation:		0,8710	

----- The End of File C:\Users\Dell\Documents\ANTON_A1.txt -----

Gambar 3.8 Hasil Uji Visual Inspection

3.5.2.3 Setelah Pemberian *Heat Stress* dan Beban Kerja

Setelah pemberian heat stress dan beban kerja, responden keluar dari Heat and Cold Room dan dipersilakan untuk duduk di Anteroom dengan suhu 23° C untuk istirahat minum dan penyesuaian kembali terhadap suhu lingkungan normal. Di saat itu pula, responden diberi kuisisioner untuk mengetahui tingkat kenyamanan pekerja dalam melakukan pekerjaan di suhu tinggi. Penyusunan skala kuisisioner didasarkan pada 7-scale Fanger (ANSI/ASHARE Standard 55-1992).



Gambar 3.9 Kuisisioner Kenyamanan Termal

3.6. Sumber Data

3.6.1. Semua data berasal dari data primer, yaitu :

Data identitas yang meliputi usia, pendidikan, status perkawinan, pekerjaan yang diperoleh dari kuesioner.

3.6.2. Data Kesehatan

Data kesehatan yang meliputi anamnesis dan pemeriksaan fisik. Untuk mendapatkan data berdasarkan pemeriksaan fisik dan riwayat kesehatan responden.

3.6.3. Cara pengambilan data hasil *visual inspection* menggunakan software 'Design Tools' versi 4.00 dari Method, Standard and Work Design 11th Editio karangan Benjamin Niebel dan Andris Freivalds - Mc Graw Hill

3.7. Jenis Variabel

3.7.1. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah perlakuan yang diberikan yaitu suhu dengan level 28° C, 29,4° C, 32,2° C, serta bebak kerja dengan kategori ringan, berat, dan ekstrim berat. Pengklasifikasian beban kerja menurut denyut jantung, volume oksigen, dan pengeluaran energi telah dijelaskan pada tabel sebelumnya.

3.7.2. Variabel Terikat

Variabel ini meliputi rata-rata hasil pengambilan data *ten-visual inspection* per responden.

3.8. Instrumen dan Alat-Alat penelitian

3.8.1. Instrumen penelitian yang digunakan adalah :

- Kuesioner mengenai data karakteristik individual responden
- Formulir isian biodata, informed consent dan pemeriksaan fisik
- Kuisisioner Kenyamanan Termal

3.8.2. Alat-alat yang digunakan selama penelitian

- Timbangan berat badan dan Pengukur tinggi badan
- Laboratorium *Heat and Cold Room*
- Tempat duduk kerja nyaman bagi dewasa
- Sphygmomanometer merk Riester, pada penelitian kedua menggunakan merk Omron
- Termometer bola basah, merk QUESTEMP 36
- 1 laptop dengan OS Windows XP dan software Design Tools versi 4.0
- Tumpukan beban untuk pembentukan beban kerja masing-masing sebesar 4 kg dan 12 kg
- Treadmill untuk pembentukan kategori beban ekstrim berat.

3.9. Pengolahan Data

Data yang terkumpul akan diolah menggunakan program Minitab versi 15

3.10. Analisis Data Statistik

a. Data deskriptif responden :

Data analitis perbandingan populasi menggunakan *two-factor factorial design* menggunakan F test karena menggunakan dua faktor apabila data diketahui terdistribusi normal (menggunakan residual plot), bila diketahui data merupakan data tidak terdistribusi normal, tidak homocedasciti atau ditemukan outlier maka akan ditransformasi. Apabila tetap tidak normal akan digunakan uji parametric mann whitney (Winer, B. J., Brown, D. R. & Michels, K. M. ,1991).

3.11. Penyajian Data

Penyajian data berupa tekstular, tabel dan grafik dan data yang akan disajikan adalah

- Data deskriptif responden
- Data analisis tingkat eror pada dua tes kognitif yang dilakukan sebagai hasil dari kombinasi 9 perlakuan yang diberikan pada 12 responden.

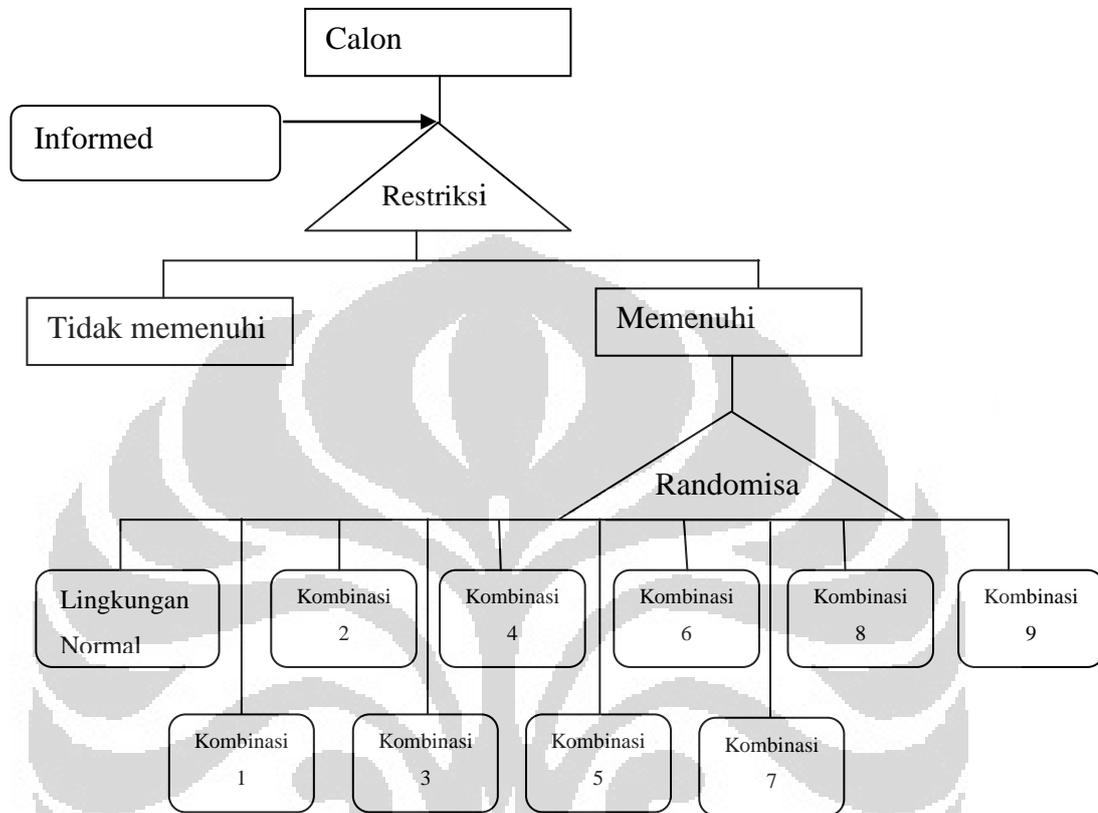
3.12. Etika Penelitian

Penelitian yang dilakukan menganut pada kaidah etika penelitian yang berlaku pada Universitas Indonesia, yaitu :

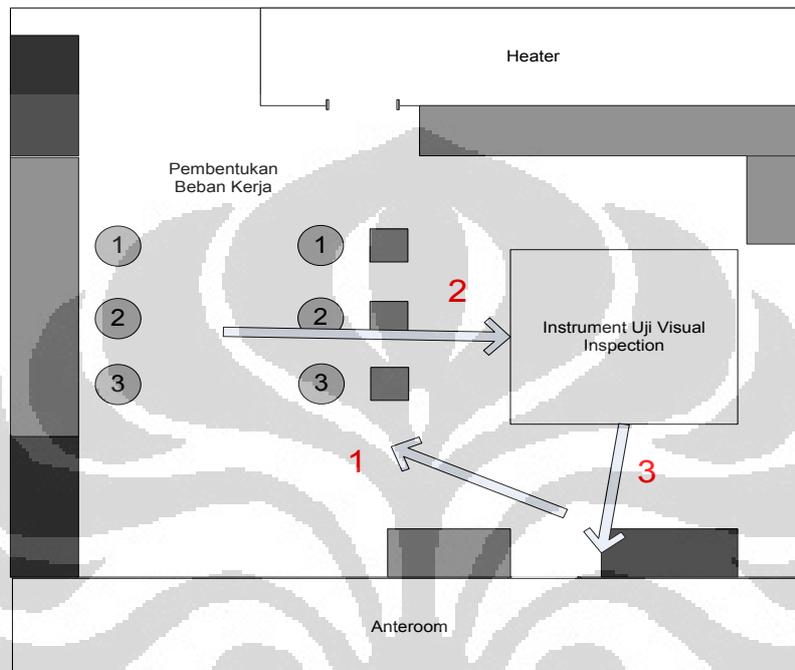
- Menghormati
Peneliti mengutamakan kesehatan dan keselamatan responden daripada kepentingan penelitian
- Bermanfaat
Penelitian mengacu pada norma yang mengharuskan agar resiko akibat suatu penelitian harus lebih kecil dari keuntungan yang diharapkan
- Tidak membahayakan subjek penelitian
Peneliti selalu waspada dan melindungi keselamatan responden dari kemungkinan bahaya yang bisa timbul selama penelitian
- Keadilan
Semua perlakuan terhadap responden dilakukan secara adil

3.13. Definisi operasional

- Usia adalah umur yang diperoleh dari anamnesis
- Pendidikan adalah jenjang pendidikan terakhir yang ditempuh
- Status perkawinan adalah status perkawinan resmi yang diperoleh anamnesis
- Tinggi badan adalah pengukuran dalam keadaan berdiri tanpa alas kaki. Hasil pengukuran kemudian diubah dalam meter sebagai komponen penghitungan indeks masa tubuh
- Berat badan adalah pengukuran berat badan menggunakan timbangan yang telah ditera sebagai komponen penghitungan indeks masa tubuh
- IMT adalah indeks masa tubuh yang diperoleh dari rumus pembagian berat badan dalam kilo dengan tinggi badan dalam meter. Kriteria berdasarkan kriteria WHO tentang indeks masa tubuh, yaitu berat badan kurang derajat ringan (17-18,49) hingga pra obesitas (25-29,99)
- Tekanan darah adalah pengukuran sistole dan diastole responden menggunakan sphygmomanometer merk Riester dan untuk penelitian kedua menggunakan merk Omron.



Gambar 3.10 Alur Penelitian



Gambar 3.11 Denah – Alur Penelitian

BAB 4 PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

4.1 Karakteristik Perlakuan Panas dan Beban Kerja

Perlakuan panas atau suhu tinggi lingkungan yang diterapkan dalam eksperimen di *heat and cold room* laboratorium Ergonomic Centre berdasar pada Keputusan Menteri Nomor: KEP.51/MEN/1999, kemudian diambil nilai tertinggi, tengah, dan terendah untuk diuji sebagai faktor suhu.

Sedangkan pengklasifikasian beban kerja, sesuai dengan penelitian pengembangan model prediksi konsumsi oksigen pada pekerja industri (Boy M. Nurtjahyo, 2011)

Tabel 4.1 Klasifikasi Beban Kerja untuk Pekerja Industri Pria

Beban Kerja	HR (bpm)	VO2 Prediksi (L/min)	Pengeluaran Energi (Kkal/min)
Ringan	90	0,556	2,782
Moderat	100	0,716	3,582
Berat	120	1,036	5,182
Sangat Berat	140	1,356	6,782
Ekstrim Berat	160	1,676	8,382

Tiga level beban kerja yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan kategori ringan, berat, dan ekstrim berat.

4.2 Karakteristik Responden

Subjek penelitian berasal dari populasi pekerja laki-laki di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Indonesia dengan usia kerja 19-33 tahun. Responden yang dipakai dalam penelitian ini merupakan pekerja konstruksi dari Wijaya Karya yang sedang mengerjakan proyek pembangunan Plaza Quantum Departemen Elektro FTUI dan sebagian merupakan karyawan TIUI. Responden yang menghadiri undangan mengikuti penelitian sebanyak 15 orang. Dari jumlah tersebut yang lolos seleksi berdasarkan kriteria inklusi sebanyak 12 orang. Calon subjek yang mengikuti penelitian hingga tahap akhir pengambilan data penelitian adalah 12 orang. Setelah melakukan eksperimen dan menguji kecukupan data, ternyata keseluruhan responden memenuhi uji kecukupan data, sehingga tidak

diperlukan lagi pengambilan data ulang. Berikut ini adalah rekapitulasi data awal responden berdasarkan usia, berat badan, tinggi badan, tekanan darah, *heart rate*, dan suhu tubuh. Keseluruhan data tersebut diambil sebelum responden melakukan eksperimen.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Data Responden

No.	Nama	Usia (tahun)	Berat Badan (kg)	Tinggi Badan (cm)	Tekanan Darah	HR istirahat (bpm)	Suhu Tubuh (C)
1	Anton Royanto Ahmad	22	65,4	173	122/71	68	32
2	Maulandi Arifin	21	58,8	161	128/80	76	32
3	Lapriyanto	31	54,8	167	118/80	103	32
4	Leng	19	54,4	172	113/70	72	33
5	Rahman	22	59,8	163,5	124/75	99	33
6	Sakri	26	64,4	179	154/94	102	33
7	Untung	25	62,2	160	134/87	71	32
8	Harno	33	55	168	128/82	73	34
9	Nasihi	25	56,4	164,5	120/80	69	34
10	Vico	22	52	170	105/72	92	30
11	Iwan	25	58,2	168,5	114/74	79	34
12	Fajar	26	61	169,5	134/86	78	34

(Sumber : Penulis)

Berikut ini adalah sebaran subjek penelitian menurut umur, status perkawinan, pendidikan, jenis pekerjaan, lama kerja dan *heart rate*. Dapat dilihat dari sini bahwa responden berada pada range umur yang dikehendaki yakni 19-33 tahun dengan rerata $26,25 \text{ tahun} \pm 6 \text{ tahun}$, serta memiliki indeks massa tubuh dan tekanan darah yang normal. Sebagian besar merupakan pekerja konstruksi yakni 66,67 %, hanya 16,67 % yang pekerja TIUI dan 16,67 % pekerja manufaktur.

Karakteristik fisik subjek penelitian berupa indeks heart rate memiliki rata-rata sebesar $81,83 \pm 9,87 \text{ bpm}$. Tekanan darah sistolik memiliki rerata sebesar $114,96 \pm 9,77 \text{ mmHg}$ dan tekanan darah diastolik sebesar $76,20 \pm 7,53 \text{ mmHg}$.

Tabel 4.3 Deskripsi Statistik Karakteristik Responden

Variabel		Mean±SD	Median (Min-Max)	Frekuensi
Jenis Pekerjaan	Konstruksi			8 (66,67 %)
	Lapangan			2 (16,67 %)
	Manufaktur			2 (16,67 %)
Umur		26,25± 6		
Status Perkawinan	Lajang			7 (58,3 %)
	Menikah			5 (41,7 %)
Pendidikan	SD			0 (0 %)
	SMP			3 (25 %)
	SMA			4 (30 %)
	Diploma			3 (25 %)
	Sarjana			2 (20 %)
Lama Kerja Saat Ini (bulan)			3 (0-240)	
Lama Riwayat Kerja (bulan)			3(0-60)	
Heart Rate (bpm)		81,83±9,87		
Sistole		114,96±9,77		
Diastole		76,20±7,53		

(Sumber : Penulis)

4.3 Rekapitulasi Pengambilan Data

Berikut ini adalah rekapitulasi pengambilan data *respon time* dan *error percentage* di mana dibagi berdasarkan kelompok kombinasi perlakuan panas dan beban kerja.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Data Respon Eksperimen Kombinasi Perlakuan Panas dan Beban Kerja

Kombinasi Perlakuan Panas (C) dan Beban Kerja		Nama		1. Maulandi Arifin		2. Lapriyanto		3. Plan		4. Rahman		5. Sakri		6. Nasih	
		Kode Kombinasi	Visual Inspection (detik)	Error Percentage	Visual Inspection (detik)	Error Percentage	Visual Inspection (detik)	Error Percentage	Visual Inspection (detik)	Error Percentage	Visual Inspection (detik)	Error Percentage	Visual Inspection (detik)	Error Percentage	
29,4	Ringan	A1	3,0167	0,3	5,0543	0,4	3,1567	0,5	5,3987	0,3	7,8723	0,3	3,5876	0,4	
28	Ekstrim Berat	A2	3,3285	0,4	4,3234	0,2	2,7484	0,4	4,5082	0,4	5,3211	0,1	3,8605	0,3	
32,2	Berat	A3	4,2851	0,3	4,5767	0,3	2,9865	0,4	4,7134	0,4	5,5672	0,2	4,0126	0,4	
32,2	Ekstrim Berat	B1	4,575	0,1	4,8855	0,3	4,7654	0,4	5,0621	0,4	5,8431	0,4	5,4398	0,4	
29,4	Berat	B2	3,0257	0,3	5,5892	0,4	3,4765	0,5	5,7642	0,4	7,1234	0,4	3,9067	0,4	
28	Ringan	B3	2,7695	0,3	2,4402	0,3	3,5422	0,1	4,5145	0,2	5,0316	0,4	3,6816	0,4	
28	Berat	C1	4,207	0,2	5,1879	0,5	3,0902	0,5	5,2285	0,3	8,7234	0,3	3,6168	0,4	
32,2	Ringan	C2	3,1184	0,2	3,1184	0,2	2,5723	0,4	4,3367	0,3	5,6637	0,2	3,1242	0,4	
29,4	Ekstrim Berat	C3	4,2891	0,3	4,4876	0,3	2,8918	0,4	4,7265	0,4	5,6321	0,3	3,9876	0,3	
		PRE	5,1551	0,5	3,2172	0,5	3,5402	0,4	3,609	0,3	12,5563	0,3	2,8996	0,2	

(Sumber : Penulis)

Tabel 4.5 Rekapitulasi Data Respon Eksperimen Kombinasi Perlakuan Panas dan Beban Kerja (lanjutan)

Kombinasi Perlakuan Panas (C) dan Beban Kerja		Nama Responden	7. Untung		8. Harno		9. Iwan		10. Fajar		11. Anton		12. Vico	
			Kode Kombinasi	Visual Inspection (detik)	Error Percentage	Visual Inspection (detik)								
29,4	Ringan	A1	2,0987	0,2	2,8734	0,3	6,2987	0,5	3,6985	0,1	1,6881	0,2	1,6771	0,2
28	Ekstrim Berat	A2	1,9566	0,3	2,7082	0,4	3,6781	0,6	3,5123	0,3	2,7865	0,1	2,3234	0,1
32,2	Berat	A3	2,1098	0,4	2,9671	0,4	3,9012	0,5	3,9876	0,3	2,8976	0,2	2,1876	0,2
32,2	Ekstrim Berat	B1	1,3023	0,4	2,5698	0,4	3,0621	0,5	3,0853	0,3	1,7432	0,2	1,6881	0,2
29,4	Berat	B2	2,3218	0,3	3,2456	0,4	4,9876	0,5	3,7619	0,1	2,0017	0,1	2,1385	0,2
28	Ringan	B3	1,6262	0,3	3,0992	0,1	3,0746	0,4	3,0746	0,1	1,9824	0,1	1,8824	0,1
28	Berat	C1	2,1711	0,2	2,9441	0,3	6,3637	0,6	3,7324	0,1	2,5913	0,1	2,4956	0,2
32,2	Ringan	C2	1,6605	0,4	3,1723	0,4	3,625	0,7	3,4902	0,3	1,4723	0,1	1,5432	0,1
29,4	Ekstrim Berat	C3	2,3987	0,4	3,0167	0,3	3,7542	0,4	3,7945	0,3	2,5187	0,2	1,9876	0,2
		PRE	2,7266	0,4	3,5273	0,3	5,1625	0,5	2,9125	0,3	2,7291	0,2	2,519	0,2

(Sumber : Penulis)

4.4. Pengujian Data

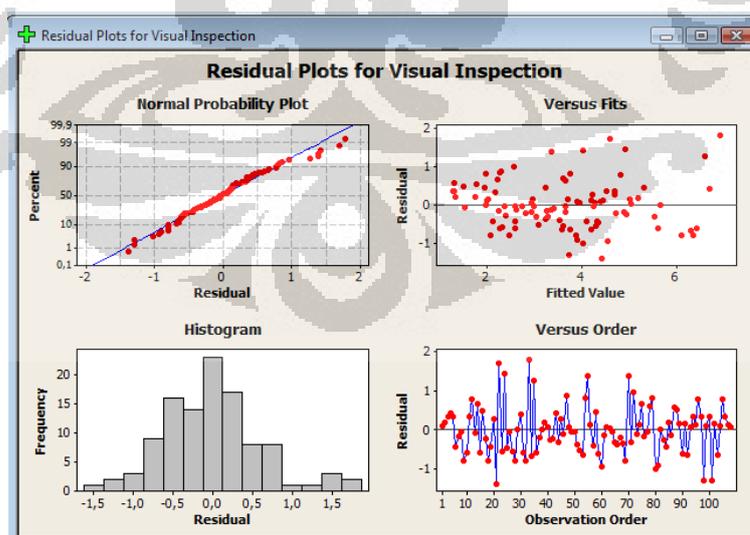
Setelah pengujian karakteristik subjek penelitian, maka hal terpenting adalah pengolahan data utama, yakni *means choice reaction time* dan *error percentage* pada berbagai level kombinasi faktor panas dan beban kerja. Sebelum mengolah data, ada beberapa tes yang harus dilakukan untuk memastikan bahwa metode *Factorial Design* dapat dipakai.

4.4.1. Data Awal

Ada uji yang harus dilakukan untuk menggunakan analisis ‘Two-Factor Factorial Design’, yakni tes kecukupan data menggunakan *residual analysis*. Analisis uji kecukupan data untuk ANOVA akan lebih efektif dengan menggunakan residualnya. Model matematika dari residual *two-factor factorial design* adalah

$$\epsilon_{ijk} = y_{ijk} - \bar{y}_{ijk} \quad (4.1)$$

Hasil uji kecukupan data menggunakan *residual analysis* dari *visual inspection choice reaction time* dan *error percentage* ditunjukkan melalui gambar residual plots di bawah ini

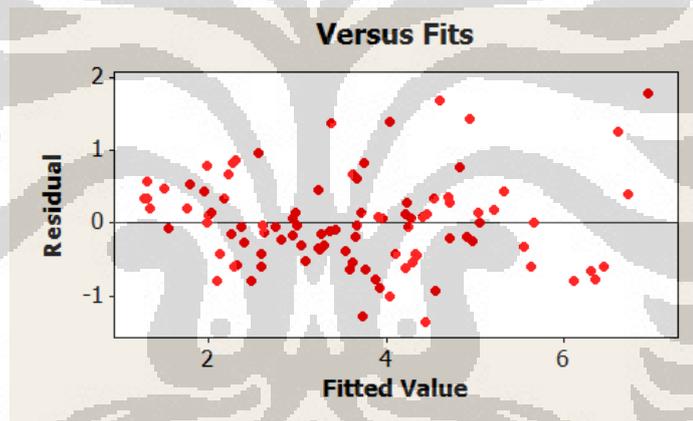


Gambar 4.1 Residual Plots Visual Inspection Time

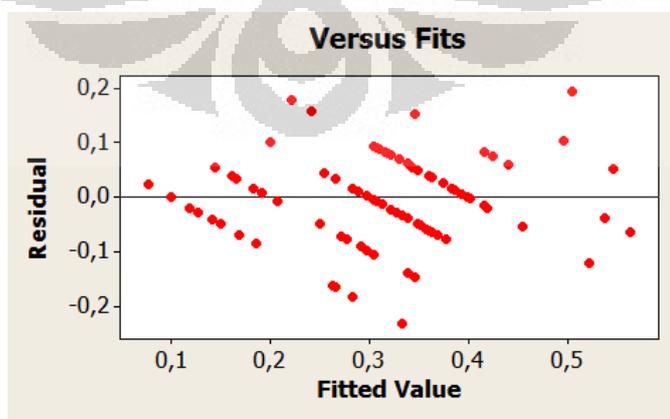
Analisis lebih lanjut mengenai residual plots di atas akan dijelaskan melalui analisis uji homogenitas data dan uji normalitas data.

4.4.1.1 Uji Homogenitas Data

Tujuan ini adalah untuk memastikan persebaran varians dan memastikannya tidak membentuk pola tertentu. Ada beberapa cara untuk menguji dalam paket pengolahan menggunakan Minitab 15 terdapat residual plots seperti pada gambar 4.2. dan 4.3. Pada kedua scatter plot residual versus fits respon time dan error percentage uji inspeksi visual terlihat tidak ada pola tertentu yang terbentuk, hal tersebut menandakan tidak ada hubungan antar variabel respon yang saling mempengaruhi, sehingga data *visual inspection time* dan *error percentage* dapat dikatakan homogen dan mencukupi.



Gambar 4.2 Scatter Plot Residual vs Fits Visual Inspection Time



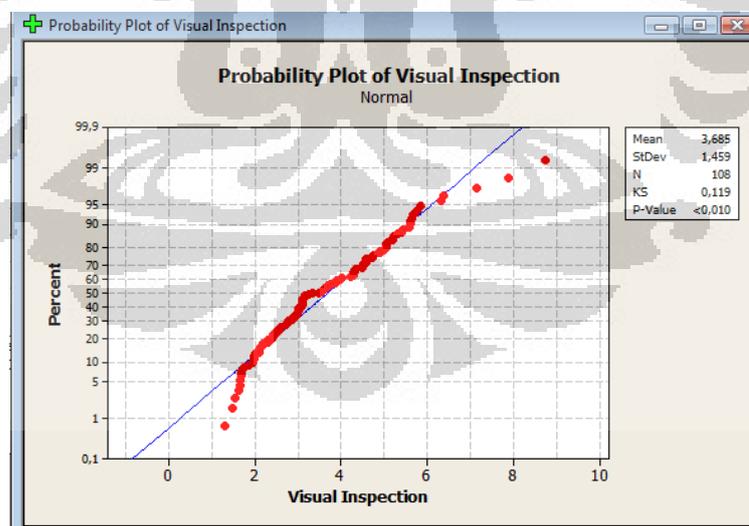
Gambar 4.3 Scatter Plot Residual vs Fits Error Percentage

4.4.1.2 Uji Normalitas Data

Persyaratan kedua adalah uji normalitas. Frekuensi data harus tersebar dalam distribusi normal di mana data paling banyak berada pada median dan jumlah data maksimal dan minimal dalam keadaan seimbang.

Histogram pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa bentuk histogram tersebut menyerupai *bell-shape*, yang artinya data paling banyak berada pada median dan jumlah data maksimal dan minimal dalam keadaan seimbang di sisi kiri dan kanan.

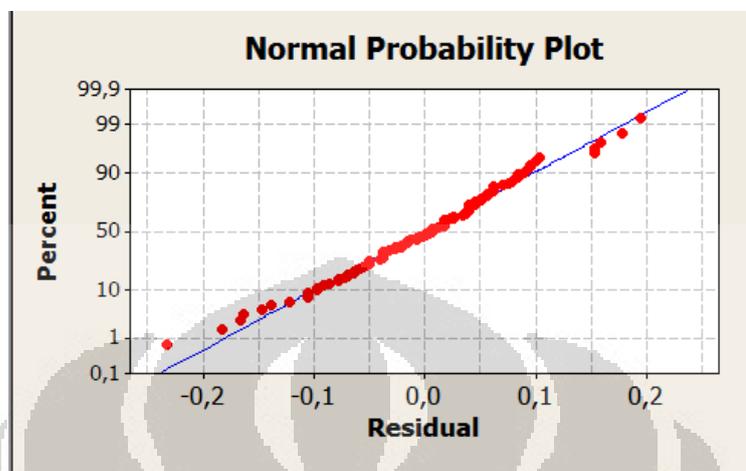
Normalitas data visual juga diverifikasi dengan melakukan analisis terhadap normal probability plot. Plot akan menyerupai sebuah garis lurus jika distribusi erornya normal. Gambar 4.4 menunjukkan bahwa distribusi error data *visual inspection time* hampir normal, namun apabila dianalisis lebih lanjut menggunakan *fat pencil test* terdapat beberapa data outliers yang menyebabkan hasil uji normalitas visual inspection time memiliki power lebih rendah dibandingkan dengan uji normalitas data error percentage. Oleh karena itu, hasil analisis yang menggunakan data visual inspection time memiliki power yang tergolong rendah.



Gambar 4.4 Normal Probability Plots Visual Inspection Time

Uji normalitas pada data error percentage dilakukan dengan menganalisis hasil normal probability plot yang juga menunjukkan bahwa sebagian besar data berada pada kisaran garis mean dan hanya terdapat sebagian

outliers yang tidak berpengaruh signifikan. Oleh karena itu, data error percentage merupakan data normal.



Gambar 4.5 Normal Probability Plots Error Percentage

4.5. Pengolahan Data

4.5.1. Analisis Desain Faktorial

Setelah semua persyaratan kecukupan data telah memenuhi, maka dapat dilakukan analisis factorial design dua faktor dengan masing-masing faktor memiliki tiga level. Faktor suhu memiliki tiga level yaitu 28 °C, 29,4 °C, 32,2 °C. Faktor beban kerja juga memiliki tiga level dengan kategori ringan, berat, dan ekstrim berat, sehingga terdapat sembilan kombinasi perlakuan panas dan beban kerja terhadap responden. Respon yang diambil dari sembilan perlakuan tersebut adalah visual inspection time dan error percentage. Kedua respon tersebut akan dianalisis dengan bantuan software statistik minitab 15.

Dari hasil pengolahan data menggunakan software statistik minitab 15, diperoleh tiga hasil yang dapat dianalisis, yaitu main effects plot, interaction plot, dan tabel ANOVA. Tabel ANOVA digunakan untuk verifikasi signifikansi pengaruh faktor terhadap respon.

Berikut ini merupakan persamaan yang menyatakan model statistiknya:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk} \quad \begin{cases} i = 1, 2, 3 \\ j = 1, 2, 3 \\ k = 1, 2, 3, \dots, 12 \end{cases} \quad (4.1)$$

dengan : Y_{ijk} = respon berupa respon time dan error percentage uji inspeksi visual

τ_i = efek dari faktor suhu tinggi lingkungan

β_j = efek dari faktor beban kerja

$(\tau\beta)_{ij}$ = efek dari interaksi antara kedua faktor

k = jumlah replikasi (sama dengan jumlah responden)

Model ini digunakan untuk menguji apakah faktor suhu tinggi lingkungan dan beban kerja mempengaruhi respon time dan error percentage uji inspeksi visual pada keseluruhan kombinasi faktor dengan masing-masing levelnya pada penelitian ini. Untuk itu, hipotesis-hipotesis berikut ini digunakan:

1. $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3$

H_1 : setidaknya terdapat satu nilai τ_i yang tidak sama

2. $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3$

H_1 : setidaknya terdapat satu nilai β_j yang tidak sama

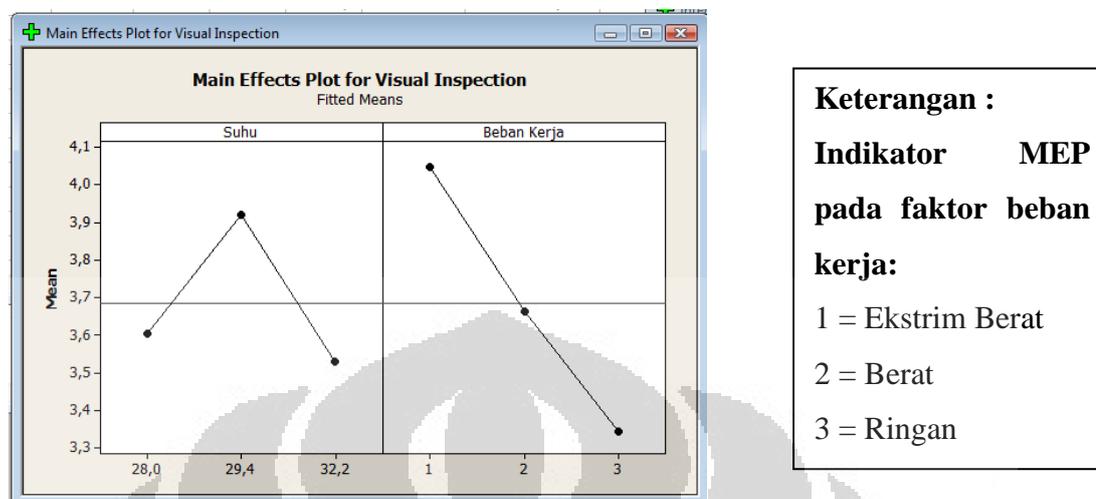
3. $H_0 : (\tau\beta)_{ij}$ sama untuk semua nilai i dan j

H_1 : setidaknya terdapat satu nilai $(\tau\beta)_{ij}$ yang tidak sama

Ketiga hipotesis di atas digunakan untuk kedua respon yang dianalisis, yaitu respon time dan error percentage uji inspeksi visual. Jika p-value bernilai <0.05 , maka ada cukup bukti untuk menerima H_1 dimana faktor pertama dan/atau kedua dan/atau interaksi diantara keduanya mempengaruhi respon secara signifikan (Montgomery, 2009).

Selain Tabel ANOVA yang digunakan untuk menganalisis hipotesis, grafik dan plot hasil desain faktorial juga dapat digunakan untuk memverifikasi pengaruh masing-masing faktor terhadap respon yang akan ditunjukkan melalui main effects plot, sedangkan pengaruh interaksi kedua faktor tersebut terhadap respon ditunjukkan melalui interaction plot.

4.5.1.1 Analisis Factorial Design untuk Visual Inspection Time



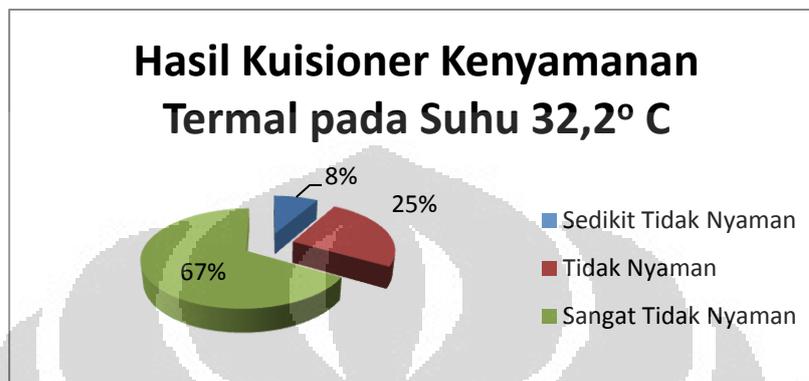
Gambar 4.6 Main Effects Plot untuk Visual Inspection Time

Berdasarkan main effects plot yang dihasilkan, dapat dilihat pengaruh masing-masing faktor secara independen terhadap respon visual inspection time. Respon time meningkat sebanding dengan kenaikan suhu pada 28 °C dan 29,4 °C. Sedangkan, terjadi anomali terhadap respon time pada keadaan suhu 32,2 °C, dalam keadaan ini rata-rata respon time justru menunjukkan angka yang paling rendah dari kedua suhu lainnya, dengan kata lain keadaan suhu 32,2 °C menghasilkan respon time paling cepat.

Analisis lebih lanjut mengenai anomali tersebut dapat dijelaskan dengan meninjau hasil kuisioner kenyamanan termal yang ditunjukkan oleh Gambar 4.7. Responden mengaku tidak nyaman beraktivitas pada suhu tersebut dengan kategori beban kerja ringan, berat, maupun ekstrim berat. Dengan presentase 8% mengaku sedikit tidak nyaman, 25% tidak nyaman, dan 67% sangat tidak nyaman, yang artinya 100% responden berada dalam kategori tidak nyaman. Berdasarkan hasil kuisioner kenyamanan termal, analisis mengenai anomali tersebut mengacu pada ketidaknyamanan responden melakukan aktivitas membuat respon time pada uji visual inspection menjadi cepat karena responden ingin segera keluar dari tekanan panas tersebut.

Hasil analisis mengenai pengaruh suhu terhadap respon time belum dapat menghasilkan kesimpulan yang valid mengenai pengaruh suhu terhadap

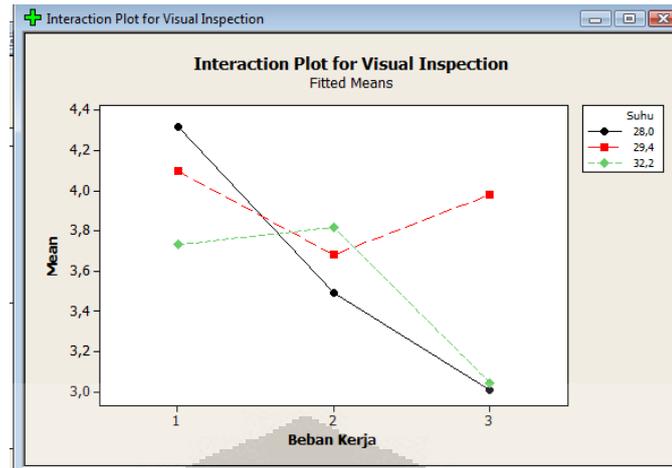
konsentrasi, analisis tersebut akan dilengkapi dengan analisis pengaruh suhu terhadap error percentage, apakah respon time yang semakin meningkat atau menurun akan sebanding dengan nilai kesalahan yang dilakukan responden saat melakukan uji visual inspection.



Gambar 4.7 Hasil Kuisisioner Kenyamanan Termal pada Suhu 32,2 °C

Berbeda dengan pengaruh faktor suhu yang memiliki anomali, faktor beban kerja berpengaruh secara linier terhadap respon time. Pemberian beban kerja yang terus meningkat memberikan pengaruh semakin lama juga respon untuk visual inspection time. Hasil ini sesuai dengan hipotesis awal bahwa pemberian beban kerja yang semakin meningkat akan sebanding dengan tingkat konsentrasi yang menurun, yang sementara ini ditunjukkan melalui respon time yang semakin lama.

Hasil analisis mengenai pengaruh beban kerja terhadap respon time belum dapat menghasilkan kesimpulan yang valid mengenai pengaruh beban kerja terhadap konsentrasi, kurang validnya data respon time uji inspeksi visual juga disebabkan oleh kurang normalnya distribusi data tersebut sehingga pownya pun juga tidak terlalu kuat. Analisis tersebut akan dilengkapi dengan analisis pengaruh beban kerja terhadap error percentage, apakah respon time yang semakin meningkat atau menurun akan sebanding dengan nilai kesalahan yang dilakukan responden saat melakukan uji visual inspection.



Gambar 4.8 Interaction Plot untuk Visual Inspection Time

Pengaruh interaksi dari kedua faktor suhu dan faktor beban kerja ditunjukkan melalui interaction plot. Signifikansi pengaruh suhu dan beban kerja terhadap respon time uji visual inspection dapat diidentifikasi melalui perpotongan yang terjadi pada ketiga garis paralel yang berwarna hitam, hijau, dan merah mewakili level suhu masing-masing. Sedangkan indikator beban kerja 1 adalah kategori ekstrim berat, 2 adalah berat, dan 3 adalah ringan.

Pada umumnya, waktu respon tercepat diperoleh dari kondisi beban kerja dengan kategori ringan, terlepas dari faktor suhu. Perubahan pemberian beban kerja dari kategori ringan menuju berat, respon time pada suhu 29,4 °C menurun, sedangkan untuk suhu 28,8 °C dan 32,2 °C meningkat. Penambahan beban kerja dari berat menjadi ekstrim berat membuat respon time uji visual inspection meningkat, dan menurun khusus untuk suhu 32,2 °C (analisis telah dijelaskan sebelumnya).

Tabel 4.6 Analysis of Variance for Visual Inspection Time

Analysis of Variance for Visual Inspection, using Adjusted SS for Tests						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Blocks	11	168,2438	168,2438	15,2949	33,32	0,000
Suhu	2	3,0741	3,0741	1,5371	3,35	0,040
Beban Kerja	2	8,9681	8,9681	4,4841	9,77	0,000
Suhu*Beban Kerja	4	7,0026	7,0026	1,7506	3,81	0,007
Error	88	40,3981	40,3981	0,4591		
Total	107	227,6867				

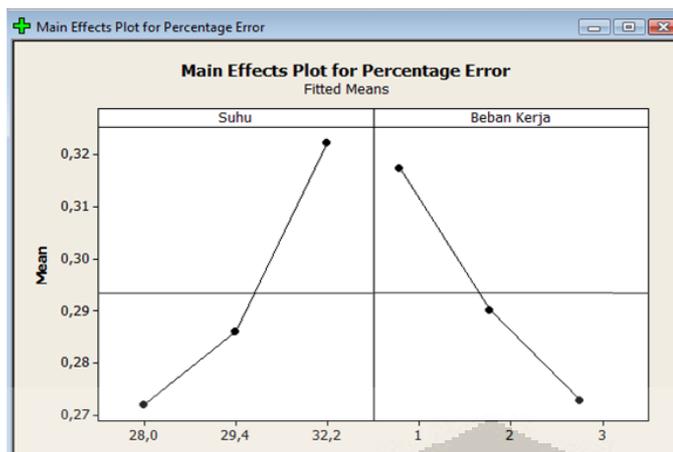
S = 0,677547 R-Sq = 82,26% R-Sq(adj) = 78,43%

Pengolahan data menggunakan minitab juga menghasilkan tabel *analysis of variance* yang digunakan untuk verifikasi signifikansi pengaruh masing-masing faktor dan interaksinya terhadap respon. Hasil ANOVA di atas menggunakan *level of significant* 0,05, apabila P-value dari suatu faktor kurang dari *level of significant* maka secara statistik keputusan hipotesis yang diambil adalah *do not reject* Ho atau faktor tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap respon atau.

Faktor suhu memiliki P-value 0,040 yang artinya kurang dari *level of significant*, sehingga dapat disimpulkan bahwa secara statistik keputusan hipotesis yang diambil adalah *reject* Ho atau faktor suhu berpengaruh terhadap respon time uji visual inspection. Demikian juga dengan faktor beban kerja yang memiliki P-value di bawah *level of significant*, yang dapat diartikan bahwa secara statistik keputusan hipotesis yang diambil adalah *reject* Ho atau faktor beban kerja juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon time. Untuk mendukung *interaction plot* yang menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara kedua faktor dan interaksi tersebut signifikan melalui perpotongan garis-garis paralel, P-value dari interaksi kedua faktor suhu dan beban kerja juga menunjukkan angka 0,007 yang artinya secara statistik keputusan hipotesis yang diambil adalah *reject* Ho atau interaksi faktor suhu dan beban kerja berpengaruh secara signifikan terhadap respon time uji visual inspection.

4.5.1.2 Analisis Desain Faktorial untuk *Error Percentage*

Dalam uji inspeksi visual, terdapat dua hasil, yaitu respon time dan jumlah error yang dilakukan responden. Setelah melakukan analisis pengaruh suhu dan beban kerja terhadap visual inspection time, analisis pengaruh suhu dan beban kerja terhadap eror juga perlu dilakukan sebagai verifikasi pengambilan kesimpulan pengaruh faktor suhu dan beban kerja terhadap konsentrasi pekerja.



Keterangan :

**Indikator MEP
pada faktor beban
kerja:**

1 = Ekstrim Berat

2 = Berat

3 = Ringan

Gambar 4.9 Main Effects Plot untuk Error Percentage

Berdasarkan main effects plot yang dihasilkan, dapat dilihat pengaruh masing-masing faktor secara independen terhadap error percentage saat melakukan uji visual inspection. Error percentage meningkat sebanding dengan kenaikan suhu, sehingga tingkat kesalahan tertinggi dilakukan pada kondisi suhu 32,2 °C. Hal ini dapat melengkapi analisis pengaruh suhu terhadap respon visual inspection time yang sebelumnya telah dilakukan. Pada analisis terhadap respon time, kondisi suhu 32,2 °C membuat anomali dengan respon time tercepat dibanding dengan kondisi kedua suhu lainnya. Dibalik respon time tercepat yang terjadi pada kondisi suhu 32,2 °C, terdapat jumlah eror terbesar yang dilakukan responden. Terbukti bahwa tingkat konsentrasi menurun seiring dengan meningkatnya tekanan panas yang diberikan pada pekerja.

Faktor beban kerja berpengaruh secara linier terhadap error percentage. Pemberian beban kerja yang terus meningkat memberikan pengaruh semakin banyak eror atau kesalahan yang dilakukan oleh responden saat melakukan uji visual inspection. Hasil ini memperkuat kesimpulan sementara yang diambil pada analisis sebelumnya pada respon visual inspection time, yaitu pemberian beban kerja yang terus meningkat akan menurunkan tingkat konsentrasi pekerja yang dalam penelitian ini direpresentasikan melalui respon visual inspection time dan error percentage.

Tabel 4.7 Analysis of Variance for Visual Inspection Time

Analysis of Variance for Percentage Error, using Adjusted SS for Tests						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Blocks	11	0,985463	0,985463	0,089588	12,54	0,000
Suhu	2	0,032407	0,032407	0,016204	2,27	0,010
Beban Kerja	2	0,045741	0,045741	0,022870	3,20	0,045
Suhu*Beban Kerja	4	0,024259	0,024259	0,006065	0,85	0,049
Error	88	0,628704	0,628704	0,007144		
Total	107	1,716574				

Tabel ANOVA di atas merupakan verifikasi signifikansi pengaruh faktor suhu, beban kerja, serta interaksi suhu dan beban kerja terhadap error percentage. Ketiga faktor tersebut menunjukkan P-value kurang dari level of significant 0,05. Faktor suhu memiliki P-value 0,01, beban kerja 0,045, dan interaksi suhu dan beban kerja 0,049. Dari hasil P-value masing-masing faktor tersebut, dapat disimpulkan bahwa secara statistik keputusan hipotesis yang diambil adalah *reject* Ho atau ketiga faktor tersebut memberikan pengaruh signifikan terhadap error percentage pada uji visual inspection.

4.5.1.3 Analisis Post Hoc

Setelah mendapatkan hasil bahwa terdapat perbedaan rata-rata yang signifikan dari respon time dan error percentage dari uji visual inspection, untuk mengetahui level mana yang paling memberikan pengaruh maka analisis selanjutnya dapat menggunakan Post Hoc dengan bantuan software statistik SPSS 16. Dengan p-value lebih dari 0,05 maka level suhu 29,4 °C terbukti secara statistik terdapat perbedaan hasil respon time pada uji visual inspection daripada kedua level lainnya pada faktor suhu. Hasilnya dapat dilihat pada lampiran 1.

Hasil analisis menunjukkan bahwa perbedaan rata-rata yang signifikan dimulai pada level suhu 29,4 °C. Sedangkan untuk faktor beban kerja, analisis Post Hoc menunjukkan bahwa perbedaan rata-rata yang signifikan dimulai pada level kategori beban kerja berat. Hal ini berarti penurunan kemampuan visual inspection responden telah terpengaruh secara signifikan pada level suhu di atas mulai dari 29,4°C dan level kategori beban kerja berat.

BAB 5 KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya kemudian dapat diperoleh beberapa kesimpulan diantaranya :

1. Hasil pengolahan data dan analisis menunjukkan bahwa konsentrasi pekerja yang direpresentasikan melalui uji inspeksi visual secara signifikan dipengaruhi oleh faktor suhu lingkungan, beban kerja, serta interaksi keduanya. Kemampuan inspeksi visual terbaik diperoleh dari kondisi beban kerja dengan kategori ringan, terlepas dari faktor suhu. Penambahan pemberian beban kerja dari kategori ringan menuju berat, membuat kemampuan inspeksi visual pada suhu 29,4 °C dan 32,2 °C menurun.
2. Faktor konsentrasi pekerja merupakan salah satu penyebab terjadinya kecelakaan kerja. Dengan terbuktinya bahwa faktor suhu tinggi lingkungan dan pemberian beban kerja mempengaruhi kemampuan uji inspeksi visual yang dalam penelitian ini merepresentasikan konsentrasi pekerja, maka dapat disimpulkan bahwa faktor suhu dan beban kerja berkontribusi sebagai penyebab kecelakaan kerja.
3. Diperoleh data lokal dari responden mengenai bukti ilmiah tren penurunan konsentrasi pekerja yang direpresentasikan melalui waktu respon dan tingkat kesalahan uji inspeksi visual berbanding lurus dengan kenaikan suhu tinggi lingkungan dan penambahan beban kerja.

5.2. Saran

Saran berikut ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi peneliti lainnya ke depannya, yaitu membuat percobaan dengan durasi yang sesuai dengan lama kerja aktual, yaitu 8 jam kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- ASHRAE Inc. *ASHRAE Standard 55 thermal environmental conditions for human occupancy*, Atlanta; 1992.
- Auliciems A, Szokolay SV. *Thermal comfort*. Australia: Department of Architecture, University of Queensland; 1997.
- Belding S, Hatch TF. *Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strain*. *Heat Pip Air Condition* 1955;27:129–35.
- General Administration of Quality Supervision. *Inspection and quarantine of the People's Republic of China. Standard of the grading of high-temperature work (GB/T4200-1997)*. Beijing: China Standard Press; 1997.
- Hancher DE, Abd-Elkhalek HA. *The effect of hot weather on construction labor productivity and costs*. *Cost Engineering* 1998;40(4):32–6.
- ISO 7243. *Hot environments-estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature)*. Geneva: ISO; 1989.
- ISO 8996. *Ergonomics of the thermal environment – determination of metabolic rate*. Geneva: ISO; 2004. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. *TLVs and BEIs*; 1999.
- Koehn E, Brown G. *Climatic effects on construction*. *Journal of Construction Engineering and Management* 1985;111(2):129–37.
- Korb S, Sherif M. *Thermal environment and construction workers' productivity: some evidence from Thailand*. *Building and Environment* 2003;38(2):339–45.
- Kosonen R, Tan F. *Assessment of productivity loss in air-conditioned buildings using PMV index*. *Energy and Buildings* 2004;36(10):987–93.
- Lind AR, Bass DE. *Optimal exposure time for development of WHO*. *Symposium on temperature acclimation on acclimatization to heat*. *Fed Proc* 1969;22:704–8.
- Lu SL, Zhu N, Sun LJ. *Heat stress index and evaluation for extreme heat environment*. *Journal of Refrigeration* 2006;27(4):45–9.
- Ministry of Health. *Hygienic standards for the design of industrial enterprises (GBZ 1-2002)*. Beijing: China Law Press; 2002.
- Olli S, William JF, David F. *Cost benefit analysis of the night-time ventilative cooling in office building*, <http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/813396-hZB8LT/native/813396.pdf>; 1 June 2003.
- Sherif M, Korb S. *Forecasting labor productivity changes in construction using the PMV index*. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2005;35(4):345–51.
- Thomas HR, Riley DR, Sanvido VE. *Loss of labor productivity due to delivery methods and weather*. *Journal of Construction Engineering and Management* 1999;125(1):39–46.
- Thomas HR, Yiakoumis I. *Factor model of construction productivity*. *Journal of Construction Engineering and Management* 1987;113(4):623–39.

Lampiran 1 : Uji Post Hoc

Multiple Comparisons

Dependent Variable: VAR00001
Tukey HSD

(I) Suhu	(J) Suhu	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
28,000	29,400	-,3215	,36292	,651	-1,1850	,5421
	32,200	,1037	,36292	,956	-,7598	,9673
29,400	28,000	,3215	,36292	,651	-,5421	1,1850
	32,200	,4252	,36292	,473	-,4384	1,2888
32,200	28,000	-,1037	,36292	,956	-,9673	,7598
	29,400	-,4252	,36292	,473	-1,2888	,4384

Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 2,371.

Multiple Comparisons

Dependent Variable: VAR00001
Tukey HSD

(I) Beban Kerja	(J) Beban Kerja	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
ekstrim berat	berat	-,4756	,36292	,393	-1,3391	,3880
	ringan	,1627	,36292	,895	-,7009	1,0263
berat	ekstrim berat	,4756	,36292	,393	-,3880	1,3391
	ringan	,6383	,36292	,189	-,2253	1,5018
ringan	ekstrim berat	-,1627	,36292	,895	-1,0263	,7009
	berat	-,6383	,36292	,189	-1,5018	,2253

Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 2,371.

Multiple Comparisons

Dependent Variable: VAR00001
Tukey HSD

(I) Suhu	(J) Suhu	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
28,000	29,400	-,0160	,36292	,651	-1,1850	,5421
	32,200	-,0530	,36292	,956	-,7598	,9673
29,400	28,000	,0160	,36292	,651	-,5421	1,1850
	32,200	-,0370	,36292	,473	-,4384	1,2888
32,200	28,000	,0530	,36292	,956	-,9673	,7598
	29,400	,0370	,36292	,473	-1,2888	,4384

Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 2,371.

Multiple Comparisons

Dependent Variable: VAR00001
Tukey HSD

(I) Beban Kerja	(J) Beban Kerja	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
ekstrim berat	berat	,0290	,36292	,393	-1,3391	,3880
	ringan	,0420	,36292	,895	-,7009	1,0263
berat	ekstrim berat	-,0290	,36292	,393	-,3880	1,3391
	ringan	,0120	,36292	,189	-,2253	1,5018
ringan	ekstrim berat	-,0420	,36292	,895	-1,0263	,7009
	berat	-,0120	,36292	,189	-1,5018	,2253

Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 2,371.

