

**Perancangan *Visual Display Terminal* untuk Meningkatkan  
Kenyamanan dan Kinerja Operator Komputer**

(Studi Kasus di Laboratorium Analisis Perancangan Kerja dan Ergonomi,  
Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia,  
Yogyakarta)

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**



Oleh:

Nama : Kokoh Kurniawan

No. Mhs : 02 522 243

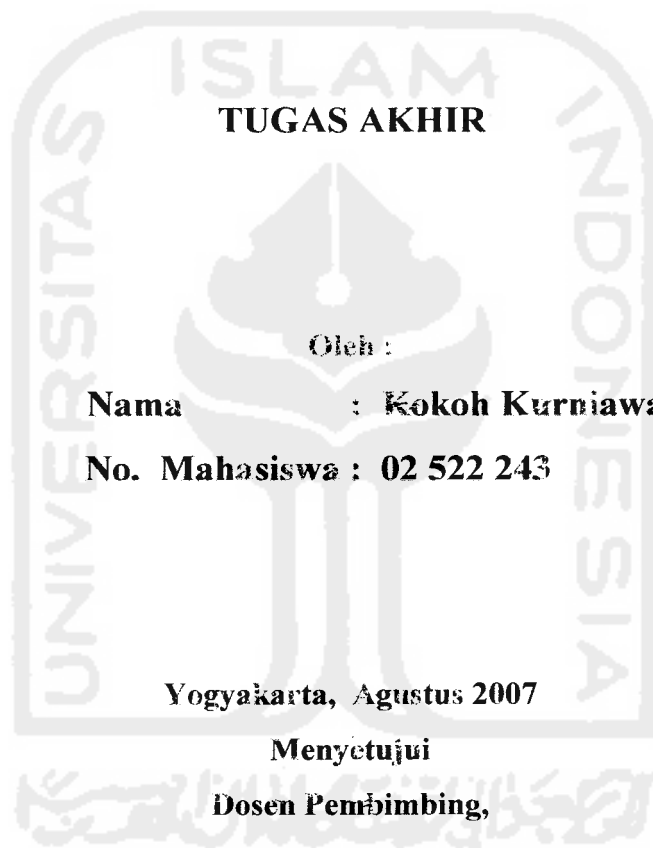
**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

2007

# LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

## Perancangan *Visual Display Terminal* untuk Meningkatkan Kenyamanan dan Kinerja Operator Komputer

(Studi Kasus di Laboratorium Analisis Perancangan Kerja dan Ergonomi, Teknik  
Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia)



Oleh :

Nama : **Kokoh Kurniawan**

No. Mahasiswa : **02 522 243**

Yogyakarta, Agustus 2007

Menyetujui

Dosen Pembimbing,

**Ir. Hartomo, M.Sc**

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**

**Perancangan *Visual Display Terminal* untuk Meningkatkan  
Kenyamanan dan Kinerja Operator Komputer**

**(Studi Kasus di Laboratorium Analisis Perancangan Kerja dan Ergonomi,  
Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia,  
Yogyakarta)**

**TUGAS AKHIR**

Oleh :

Nama : Kokoh Kurniawan

No. Mahasiswa : 02522243

Telah dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Industri, Fakultas Teknologi  
Industri, Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta, Agustus 2007

Tim Penguji:

Tanda Tangan

Ir. Hartomo, M.Sc

Ketua

Ir. R. Chairul Saleh, M.Sc, Ph.D

Anggota I

Drs. Imam Djati W, M.Eng.Sc

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



(Ir. R. Chairul Saleh, M.Sc, Ph.D)

## HALAMAN PERSEMBAHAN



Karya ini aku persembahkan untuk.....

*Ayahanda H. Nurasman, ibunda Hj. Suprapti, kakakku Sri Dewi Susanti dan adikku Dedi Suhaeri tercinta atas nasehat, kasih sayang, dorongan semangat, dan pengorbanan mereka yang tak akan pernah terbalaskan. Juga kepada guru, sahabat, dan semua orang yang memberiku inspirasi yang telah banyak memberikan nasehat dan dorongan semangat.*



## HALAMAN MOTTO

*Katakanlah: "Dia-lah Allah, yang Maha Esa. Allah adalah Tuhan yang bergantung kepada-Nya segala sesuatu. Dia tiada beranak dan tidak pula diperanakkan. Dan tidak ada seorangpun yang setara dengan Dia."*

*(Q.S. Al - Ikhlas: 1 - 4)*

*"Sungguh bersama kesukaran pasti ada kemudahan.  
Dan bersama kesukaran pasti ada kemudahan.  
Karena itu, bila selesai suatu urusan, mulailah urusan lain  
dengan sungguh-sungguh.  
Hanya kepada Tuhanmu hendaknya kau berharap"*

*(Q.S. Al-Insyirah : 5-8)*

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, dan syukur Alhamdulillah atas segala rahmat dan anugerah-Nya yang telah memberi ilmu, kekuatan dan kesempatan sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Perancangan *Visual Display Terminal* untuk Meningkatkan Kenyamanan dan dan Kinerja Operator Komputer", dan tak lupa shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW dan para pengikutnya hingga akhir hayat. Amin.

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana Strata-1 program studi Teknik Industri pada Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia .

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan dukungan dan semangat dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang setulusnya kepada :

1. Bapak Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ketua Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Hartomo, M.Sc., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang telah banyak memberikan arahan serta bimbingan kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

4. Ibu Eka Suswaini, ST., selaku Kepala Laboratorium Analisis Perancangan Kerja dan Ergonomi.
5. Bapak Arif Bintoro Johan, S.Pd.T., selaku Laboran Laboratorium Analisis Perancangan Kerja dan Ergonomi.
6. Ayah dan Ibu, yang selama ini senantiasa do'a dan kasih sayang yang tulus serta tiada hentinya.
7. Semua pihak yang telah mendukung dalam penyusunan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat khususnya di dunia ilmu pengetahuan bagi semua pihak. Dan semoga Allah SWT memberikan ridha dan membalas segala budi baik yang telah diberikan kepada penulis.

*Wassalamu 'alaikum Wr. Wb*

Yogyakarta, Agustus 2007

Penulis

## Abstraksi

*Penggunaan komputer dewasa ini telah demikian luas disegala bidang, baik di perkantoran maupun bagian dari kehidupan pribadi seseorang. Hampir semua petugas administrasi menggunakan komputer dalam pekerjaan sehari-hari. Satu hal yang sering tidak diperhatikan dengan baik adalah aspek manusia yang berada dalam sistem kerjanya, yang mempunyai karakteristik yang berbeda di setiap tempat, misalnya dalam hal ukuran dimensionalnya. Operator komputer biasanya dituntut untuk dapat menyelesaikan pekerjaan naskah yang banyak dan dalam waktu yang cepat serta hasil yang baik, sehingga dalam hal ini dituntut suatu kinerja yang baik.*

*Beberapa keluhan yang biasanya berkaitan dengan penggunaan komputer adalah kelelahan mata yang termasuk si dalam computer vision syndrome (CVS). Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Analisis Perancangan Kerja dan Ergonomi, Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, UII, Yogyakarta. Tujuan dilakukannya ini adalah untuk menentukan perancangam Visual Display Terminal (VDT) yang lebih baik yang meliputi pencahayaan eksternal, pencahayaan internal, posisi sudut kemiringan monitor, dan jarak pandang mata ke monitor dengan menggunakan metode Design of Eksperimen (DOE) Taguchi. Pengamatan dilakukan di satu stasiun kerja dimana operator komputer melakukan aktivitas tugas pengetikan naskah di depan komputer. Output dari metode ini akan diolah dalam DOE Taguchi dimana untuk menentukan kombinasi level faktor berupa analisis apakah dapat meningkatkan kenyamanan dan kinerja operator komputer.*

*Hasil perhitungan DOE taguchi didapatkan bahwa nilai faktor level yang optimum pada Pencahayaan eksternal (A1) = 1 325 Lux, Posisi sudut monitor – mata (B2) = 15°, Jarak pandang mata – monitor (C1) = 20 inci, Pencahayaan internal (D1) = 60 Lux. Sehingga dapat mengurangi kelelahan mata dan kinerja yang meningkat sebesar 89,76%.*

*Kata kunci: visual display terminal (VDT), taguchi, pencahayaan, posisi sudut monitor, jarak pandang monitor*

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan Pembimbing .....	ii
Lembar Pengesahan Penguji .....	iii
Halaman Persembahan .....	iv
Halaman Motto .....	v
Kata Pengantar .....	vi
Abstraksi .....	vii
Daftar Isi .....	viii
Daftar Tabel .....	ix
Daftar Gambar .....	x

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah .....	5
1.4 Tujuan Penelitian .....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
1.6 Sistematika Penulisan .....	7

2.5 <i>Design of Eksperimen (DOE) Taguchi</i> .....	34
2.5.1 <i>The Loss Function</i> .....	34
2.5.2 <i>Orthogonal Array dan Linear Graph</i> .....	36
2.5.3 <i>Robustness</i> .....	38

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Obyek Penelitian .....	42
3.2 Sumber dan Jenis Data .....	42
3.3 Metode Pengumpulan Data .....	43
3.4 Metode Pengolahan Data .....	50
3.5 Metode Analisis .....	52
3.6 Langkah–Langkah Penelitian .....	53
3.3.1 Data Primer .....	45
3.3.2 Data Sekunder .....	46
3.4 Alat-Alat yang Digunakan .....	46
3.5 Metode Pengumpulan Data .....	46
3.6 Metode Pengolahan Data .....	47
3.7 Metode Analisis .....	49
3.8 Langkah-Langkah Penelitian .....	49

### **BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

4.1 Pengumpulan Data .....	55
4.2 Pengolahan Data .....	61
4.2.1 Uji <i>Organoleptik</i> .....	61

4.2.2 Fase Analisis Hasil Eksperimen.....	62
4.2.2.1 Analisis Hasil Eksperimen Pengetikan di Komputer.....	62
4.2.2.2 Perhitungan ANOVA untuk SNR.....	65
4.2.2.3 Perhitungan ANOVA untuk Rata-rata.....	69
4.2.2.4 Perhitungan Efek Tiap Faktor.....	73
4.2.2.5 Menentukan Kombinasi Faktor Level-Optimum.....	76
4.2.2.6 Memprediksi Nilai Pengetikan Optimum.....	77
4.2.2.7 Konfirm Eksperimen.....	77
4.2.2.8 Menghitung Persen Peningkatan Kinerja Operator Komputer.....	79

## **BAB V PEMBAHASAN**

5.1 Analisis <i>Orthogonal Array</i> .....	80
5.2 Analisis Hasil Eksperimen.....	80
5.3 Analisis dari ANOVA.....	81
5.3.1 Analisis Nilai F Ratio SNR dari Setiap Faktor.....	81
5.3.2 Analisis Nilai F Ratio Rata-rata dari Setiap Faktor.....	82
5.4 Analisis <i>Average Effect Respon Mean</i> dan S/N Ratio.....	82
5.5 Analisis Kombinasi Faktor.....	84
5.6 Analisis Konfirm Eksperimen.....	86
5.7 Analisis Peningkatan Kinerja Operator Komputer.....	88
5.8 Analisis Kenyamanan Operator Komputer.....	88

## **BAB VI PENUTUP**

6.1 Kesimpulan .....	91
6.2 Saran .....	92

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN-LAMPIRAN**





## DAFTAR TABEL

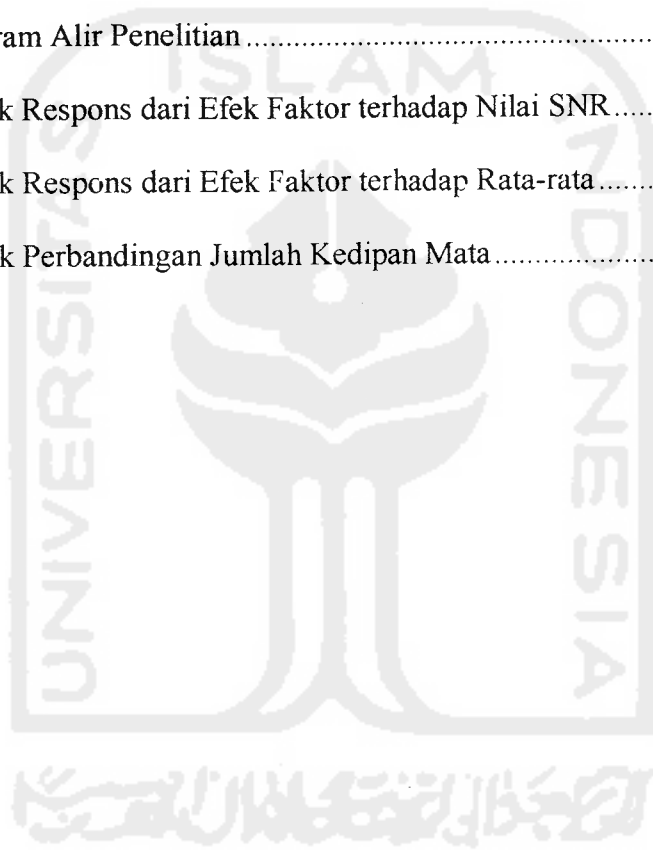
Tabel 2.1 Pembagian Bidang Visual.....	12
Tabel 2.2 Pedoman Intensitas Penerangan.....	22
Tabel 2.3 Pembagian Bidang Visual.....	28
Tabel 2.4 18 array Orthogonal Standar.....	37
Tabel 3.1 Karakteristik dari Subjek.....	44
Tabel 4.1 Data Keluhan Operator Komputer.....	55
Tabel 4.2 Variabel Faktor-Level.....	56
Tabel 4.3 Level / Tarif Faktor Derau.....	56
Tabel 4.4 Matrik Orthogonal L8 ( <i>Inner Array</i> ).....	57
Tabel 4.5 Matrik Orthogonal L4 standar ( <i>Outer Array</i> ).....	57
Tabel 4.6 Matrik Kombinasi Faktor Kendali dan Faktor <i>Derau</i> .....	58
Tabel 4.7 Hasil Skor Pengetikan Replikasi 1.....	59
Tabel 4.8 Hasil Skor Pengetikan Replikasi 2.....	60
Tabel 4.9 Data Hasil Eksperimen Pengetikan.....	61
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan <i>Signal Noise to Ratio</i> Hasil Skor Pengetikan.....	63
Tabel 4.11 ANOVA untuk SNR.....	68
Tabel 4.12 ANOVA untuk Rata-rata.....	72
Tabel 4.13 Efek Nilai tiap Faktor.....	74
Tabel 4.14 Efek Dari Rata-rata Tiap Faktor.....	75
Tabel 4.15 Faktor, Level, and Effects.....	76
Tabel 5.1 Level Faktor pada Kondisi Setelah dilakukan Eksperimen.....	85

Tabel 5.2 Data perbandingan jumlah kedipan mata operator komputer ..... 90



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Efek sumber cahaya silau ( <i>glare</i> ) .....	19
Gambar 2.2 Fungsi <i>Quadratic Loss Nominal the better</i> .....	35
Gambar 2.3 Fungsi <i>Quadratic Loss Smaller the better</i> .....	35
Gambar 2.4 Fungsi <i>Quadratic Loss Larger the better</i> .....	36
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	54
Gambar 4.1 Grafik Respons dari Efek Faktor terhadap Nilai SNR.....	74
Gambar 4.2 Grafik Respons dari Efek Faktor terhadap Rata-rata.....	76
Gambar 5.1 Grafik Perbandingan Jumlah Kedipan Mata.....	89



## BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Ergonomi .....	9
2.2 Bidang Visual.....	12
2.2.1 Penginderaan .....	13
2.2.2 Jarak pandang mata.....	15
2.3 Pencahayaan.....	16
2.4 Visual Display Terminal .....	23
2.4.1 Gejala-gejala Computer Vision Syndrom .....	26
2.4.1.1 Kelelahan Mata .....	26
2.4.1.2 Sakit Kepala .....	27
2.4.1.3 Penglihatan Kabur.....	27
2.4.1.4 Mata Kering dan Iritasi .....	28
2.4.1.5 Nyeri pada Leher dan Punggung.....	28
2.4.1.6 Sensitif Terhadap Cahaya .....	29
2.4.1.7 Penglihatan Ganda .....	30
2.4.2 Tata Cara untuk Mengatasi <i>Computer Vision Syndrom</i> .....	30
2.4.2.1 Stasiun Kerja yang Ergonomi .....	30
2.4.2.2 Stress di Tempat Kerja.....	32
2.4.2.3 Pemakaian Lensa Progresif.....	32
2.4.2.4 Kacamata Khusus untuk Bekerja di Depan Komputer .....	32
2.4.2.5 Konsultasi Rutin Masalah Kesehatan Mata .....	33
2.4.2.6 Merawat Mata Sendiri.....	33
2.4.2.7 Olahraga .....	34

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Penggunaan komputer dewasa ini telah demikian luas disegala bidang, baik di perkantoran maupun bagian dari kehidupan pribadi seseorang. Hampir semua petugas administrasi menggunakan komputer dalam pekerjaan sehari-hari.

Produktivitas yang tinggi dapat tercapai jika operator komputer merasa nyaman dalam bekerja. Salah satu aspek kenyamanan yang dimaksud adalah kenyamanan visual. Aspek ini merupakan bagian dari pencahayaan yang memadai atau merupakan tugas visual yang akan terlihat dengan jelas tanpa mata harus bekerja keras. Sehingga tenaga kerja dapat melaksanakan tugas visualnya dengan baik selama bekerja. Kenyamanan visual ditentukan oleh kinerja sistem pencahayaan antara lain tidak menyilaukan dan dapat menampilkan warna aslinya (Hendrawan, 2003).

Operator komputer biasanya dituntut untuk dapat menyelesaikan pekerjaan naskah yang banyak dan dalam waktu yang cepat serta hasil yang baik. Pada kenyataannya bekerja terlalu lama didepan komputer dapat mempengaruhi kenyamanan kerja yang pada akhirnya akan mengakibatkan kesehatan terganggu.

Gangguan kesehatan pada pengguna komputer antara lain kelelahan pada mata dan sistem muskuloskeletal khususnya *muscle* dan *joint*. Gangguan-gangguan yang dapat ditimbulkan karena pemakaian komputer adalah 75% - 90% pekerja mengeluh adanya gangguan visual yang disebabkan oleh radiasi cahaya pada layar komputer serta efek gelombang elektromagnetik yang dikeluarkan oleh sistem kelistrikan dari komputer (NIOSH dalam Swamardika, 2001).

Kumpulan gejala kelelahan pada mata ini disebut *Computer Vision Syndrome* (CVS). Gejala-gejala yang termasuk dalam CVS ini antara lain penglihatan kabur, *dry eye*, nyeri kepala, sakit pada leher, bahu dan punggung. Sedangkan sindrom *dry eye* adalah gangguan defisiensi air mata baik kuantitas maupun kualitas. Selain penggunaan *Visual Display Terminal* (VDT), faktor risiko sindrom *dry eye* pada pekerja adalah faktor pekerja dan lingkungan kerja. Faktor pekerja meliputi usia, jenis kelamin, kebiasaan membaca dan kelainan refraksi, sedangkan faktor lingkungan kerja meliputi suhu, kelembaban, penerangan, tinggi meja, tinggi kursi dan jarak mata ke *monitor* (Roestijiwati, 2007). Dalam Harwita (1993) juga dijelaskan bahwa bekerja di depan layar monitor komputer berlangsung secara terus menerus dan dalam kurun waktu yang cukup lama beresiko timbulnya suatu gangguan penglihatan. Gangguan penglihatan yang ditimbulkan dapat berupa kejenuhan, kelelahan dan ketegangan pada mata yang berakibat pusing- pusing, dan penglihatan menjadi kabur.

Sementara gangguan muskuloskeletal seperti ketegangan pada otot leher juga mempengaruhi kenyamanan dan kinerja operator komputer, persinya hanya 22% (NIOSH dalam Swamardika, 2001). Gangguan Glare (silau) pada mata operator juga sangat mengganggu pekerja apalagi operator komputer yang bekerja dalam waktu yang lama.

Hal tersebut mempunyai pengaruh cukup signifikan terhadap tingkat ketelitian hasil kerja, peningkatan beban kerja dan akhirnya menurunkan produktivitas kerja para operator komputer. Oleh karena itu penelitian tentang optimasi rancangan pada operator komputer dalam aktifitas mengetik perlu dilakukan.

Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya adalah Penilaian Performansi Operator Komputer yang meneliti seberapa besar perbedaan warna *background* dan besar intensitas cahaya mempunyai pengaruh terhadap waktu penyelesaian tugas (Purnomo, *et al.*, 2006), pengaruh cahaya terhadap waktu kerja operator yang fokus pada pengaruh cahaya terhadap waktu kerja operator dalam melakukan pekerjaan perakitan (Purbawati, 2003). Penelitian yang pernah dilakukan juga yaitu “Pengaruh Intensitas Cahaya, Warna Display, dan Jenis Huruf Terhadap Performansi Kerja Operator Komputer” untuk mengetahui beban kerja mental seperti seberapa besar intensitas cahaya, warna *background*, dan jarak pandang operator komputer berpengaruh terhadap *performance* kerjanya maka digunakan penilaian terhadap tingkat kesalahan dan waktu penyelesaian kerja dalam melakukan pemindahan folder (Suci, 2007). Dan “Analisis Pengaruh

Postur Kerja dan Stasiun Kerja Terhadap Kenyamanan Operator Komputer dengan Metode *Visual Display Terminal (VDT) Workstation* pada Software ErgoEASER". Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh postur kerja dan desain stasiun kerja terhadap kenyamanan operator komputer (Nuswantoro, 2006).

Berdasarkan Penelitian terdahulu yang dilakukan didapatkan bahwa ada beberapa variabel yang belum diteliti dimana sangat berpengaruh terhadap kinerja dan kenyamanan operator komputer yaitu tingkat pencahayaan eksternal, posisi sudut kemiringan monitor terhadap mata, jarak pandang mata ke monitor yang optimal, dan pencahayaan internal. Metode yang digunakan untuk mengolah adalah menggunakan *Design of Eksperimen Taguchi* untuk menentukan kombinasi variabel yang lebih baik dari sebelumnya sehingga membuat operator komputer lebih nyaman dan kinerja yang lebih produktif.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian latar belakang masalah diatas maka dapat dirumuskan pokok permasalahan dari penelitian yang akan dilakukan, yakni :

1. Berapa intensitas cahaya eksternal dan internal yang lebih baik digunakan operator komputer saat bekerja?
2. Berapa jarak pandang mata ke monitor dan sudut kemiringan posisi monitor yang lebih baik bagi operator komputer?



### 1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat lebih terarah, mudah dipahami serta topik yang dibahas tidak meluas, maka perlu dilakukan pembatasan lingkup penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian bersifat laboratoris, artinya penelitian dilakukan di laboratorium. Yaitu laboratorium Analisis Perancangan Kerja dan Ergonomi, Teknik Industri, FTI, UII.
2. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang dianggap mempengaruhi kinerja operator komputer dengan gejala-gejala *Computer Vision Syndrome* (CVS) seperti : Kelelahan mata.
3. Kenyamanan dalam penelitian ini berupa tingkat kelelahan mata operator komputer dilihat dari jumlah kedipan mata.
4. Penilaian kinerja operator komputer dalam penelitian ini dilihat dari nilai hasil skor pengetikan.
5. Variabel pengamatan penelitian yang diamati meliputi 4 (empat) faktor variabel sebagai acuan, yaitu : pencahayaan eksternal, pencahayaan internal, jarak pandang mata ke monitor, dan posisi sudut kemiringan komputer.
6. Kondisi lingkungan kerja lainnya seperti kebisingan, getaran, Kelembaban, sirkulasi udara, dan temperatur diasumsikan normal, dalam arti terbatasnya fasilitas yang digunakan dalam penelitian.
7. Penelitian terhadap warna display dan jenis huruf tidak dilakukan karena sudah dilakukan penelitian untuk hal tersebut.

8. Pengolahan data dan analisis data dilakukan dengan menggunakan metode *Design of Eksperimen (DOE) Taguchi*.
9. Penelitian dilakukan ada'ah pada mahasiswa dalam kondisi sehat yang telah dilatih untuk dijadikan panelis komputer.
10. Penelitian terfokus pada visual monitor komputer.
11. Analisis postur kerja tidak dilakukan.
12. Meja kerja dan kursi yang digunakan untuk mengetik diasumsikan normal.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Menentukan intensitas pencahayaan eksternal dan internal yang lebih nyaman sehingga meningkatkan kinerja operator komputer.
2. Menentukan jarak pandang mata ke monitor dan sudut kemiringan posisi monitor yang lebih nyaman sehingga meningkatkan kinerja operator komputer.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil penelitian yang dilakukan dapat dijadikan sebagai input atau masukan bagi operator komputer untuk lebih memperhatikan posisi kerja yang ergonomis pada saat pengoperasian komputer.

2. Hasil penelitian diharapkan dapat meminimalkan kecenderungan operator komputer merasa tidak nyaman ketika bekerja, khususnya dengan durasi yang cukup lama.
3. Pengembangan Khasanah ilmu pengetahuan khususnya pada ruang lingkup Ergonomi.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk memberikan gambaran yang menyeluruh dalam penelitian ini, maka Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika penulisan dibagi kedalam enam bab. Bab I pendahuluan, menjelaskan mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

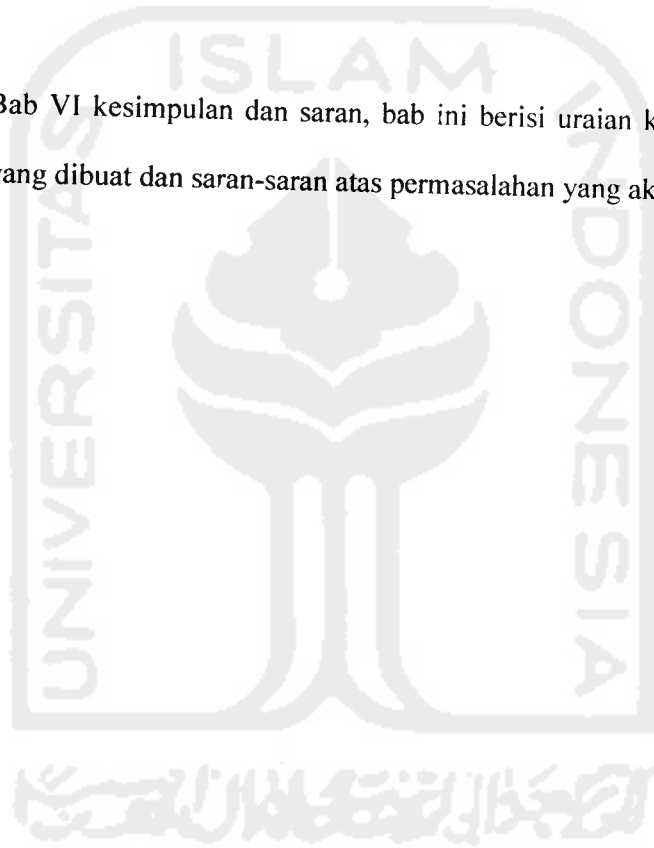
Bab II landasan teori, memuat penjelasan mengenai konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan masalah penelitian. Bab ini juga memuat uraian tentang hasil penelitian yang pernah dilakukan penelitian terdahulu atau sebelumnya, yang ada hubungannya dengan penelitian yang akan dilakukan.

Bab III metode penelitian, berisi uraian mengenai bahan atau materi penelitian, alat, tata cara penelitian, dan data yang akan dikaji serta cara analisis yang dipakai dan bagan alir penelitian.

Bab IV hasil penelitian dan pengolahan data, memuat hasil penelitian dan pengolahan data dengan metode yang diusulkan.

Bab V adalah pembahasan yang terdiri dari analisis faktor yang digunakan dalam metode *Design of Eksperimen (DOE) Taguchi* untuk rancangan *Visual Display Terminal* monitor komputer serta rekomendasi tempat kerja berdasarkan prinsip-prinsip ergonomi.

Bab VI kesimpulan dan saran, bab ini berisi uraian kesimpulan terhadap analisa yang dibuat dan saran-saran atas permasalahan yang akan dibahas.



## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Ergonomi

Istilah ergonomi berasal dari bahasa latin yaitu *Ergon* (kerja) dan *Nomos* (hukum alam) dan dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek – aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan desain / perancangan. Ergonomi berkenaan pula dengan optimasi, efisiensi, kesehatan, keselamatan, dan kenyamanan manusia di tempat kerja, di rumah dan di tempat rekreasi (Nurmianto, 1996). Didalam ergonomi dibutuhkan studi tentang sistem dimana manusia, fasilitas kerja dan lingkungannya saling berinteraksi dengan tujuan utama untuk menyesuaikan suasana kerja dengan lingkungannya. Disiplin ergonomi secara khusus akan mempelajari kemampuan manusia dalam berinteraksi dengan teknologi dan produk – produk buaatannya. Dengan kata lain disiplin ergonomi adalah suatu cabang keilmuan yang sistematis untuk memanfaatkan informasi – informasi mengenai sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu system kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada system tersebut dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu dengan efektif, efisien, aman, dan nyaman (Wignjosoebroto, 1995).

Maksud dan tujuan dari disiplin ilmu ergonomi adalah mendapatkan suatu pengetahuan yang utuh tentang permasalahan-permasalahan interaksi manusia

dengan teknologi dan produk-produknya, sehingga dimungkinkan adanya suatu rancangan sistem manusia-mesin (teknologi) yang optimal. Dengan demikian disiplin ergonomi melihat permasalahan interaksi tersebut sebagai suatu sistem dengan pemecahan-pemecahan masalahnya melalui proses pendekatan sistem pula (Wignjosoebroto, 1995).

Banyak hal yang dikaji dalam mencari keserasian antara manusia dan pekerjaannya. Ergonomi sendiri memperhitungkan semua aspek fisik dan aspek psikologis manusia, seperti ukuran dan bentuk tubuh, postur, kebugaran dan kekuatan, kemampuan dan kebolehan mental, personalitas, pengetahuan dan lain-lain (Manuaba, 2000).

Aplikasi ergonomi dalam desain sistem kerja memberikan peranan penting dalam meningkatkan faktor keselamatan dan kesehatan kerja, misalnya: desain sistem kerja untuk mengurangi rasa nyeri dan ngilu pada sistem kerangka dan otot manusia. Desain stasiun kerja untuk alat peraga visual (*visual display unit station*), untuk mengurangi ketidaknyamanan visual dan postur kerja. Desain perkakas kerja (*handtools*) untuk mengurangi kelelahan kerja. Desain peletakan instrument dan sistem pengendali agar didapat optimasi dalam proses transfer informasi sehingga dihasilkan suatu respon yang cepat dengan meminumkan resiko kesalahan, dan meningkatkan efisiensi kerja dan hilangnya resiko kesehatan akibat metoda kerja yang kurang tepat (Nurmianto, 1996).

Penerapan ergonomi pada umumnya merupakan aktivitas rancang bangun (desain) ataupun rancang ulang (redesain). Ergonomi dapat berperan pula dalam

desain pekerjaan pada suatu organisasi, misalnya: penentuan jumlah jam istirahat, pemilihan jadwal pergantian waktu kerja (shift kerja) dan meningkatkan variasi pekerjaan. Agar dapat menghasilkan rancangan sistem kerja yang baik perlu dikenal sifat-sifat, keterbatasan serta kemampuan yang dimiliki manusia. Dalam sistem kerja manusia berperan sentral yaitu sebagai perencana, perancang, pelaksana dan pengevaluasi sistem kerja yang bekerja secara keseluruhan agar diperoleh hasil kerja yang baik atau memuaskan. Dilihat dari sisi rekayasa, informasi hasil penelitian Ergonomi dapat dikelompokkan dalam 4 bidang penelitian, yaitu (Sutalaksana, 1979):

1. Penelitian tentang display.

Display adalah alat yang menyajikan informasi tentang lingkungan yang dikomunikasikan dalam bentuk tanda-tanda atau lambang-lambang. Display terbagi menjadi 2 bagian, yaitu display statis dan display dinamis. Display statis adalah display yang memberikan informasi tanpa dipengaruhi oleh variabel waktu, misalnya peta. Sedangkan display dinamis adalah display yang dipengaruhi oleh variabel waktu, misalnya speedometer yang memberikan informasi kecepatan kendaraan bermotor dalam setiap kondisi.

2. Penelitian tentang kekuatan fisik manusia.

Penelitian ini mencakup mengukur kekuatan/daya fisik manusia ketika bekerja dan mempelajari bagaimana cara kerja serta peralatan harus dirancang agar sesuai dengan kemampuan fisik manusia ketika melakukan aktifitas tersebut.

Penelitian ini merupakan bagian dari biomekanika.

### 3. Penelitian tentang ukuran/dimensi dari tempat kerja.

Penelitian ini diarahkan untuk mendapatkan ukuran tempat kerja yang sesuai dengan ukuran tubuh manusia, dipelajari dalam antropometri.

### 4. Penelitian tentang lingkungan fisik

Penelitian ini berkenaan dengan perancangan kondisi lingkungan fisik dari ruangan dan fasilitas-fasilitas dimana manusia bekerja. Hal ini meliputi perancangan cahaya, suara, warna, temperatur, kelembaban, bau-bauan dan getaran pada suatu fasilitas kerja.

## 2.2 Bidang visual

Bidang visual ialah wilayah yang tampak pada saat kepala dan mata tidak bergerak. Dalam hal ini kita hanya akan mampu memfokuskan dengan tajam pada obyek yang berada di dalam kerucut kecil dengan sudut visual  $1^{\circ}$ . Walaupun andai kata jarak diperbesar dan obyek menjadi tak terperinci dan semakin kabur, namun akan menerima cahaya dari area yang luas. Bidang visual dapat dibagi menjadi:

**Tabel 2.1** Pembagian bidang visual (Sastrowinoto, 1985)

Bidang	Sudut Vertikal
Bidang dengan fokus maksimum	Sudut vertikal $1^{\circ}$
Bidang dengan fokus tengah	Sudut vertikal $40^{\circ}$
Bidang dengan fokus luar	Sudut vertikal $40^{\circ} - 70^{\circ}$



Didalam bidang tengah, gambaran tidak mungkin tajam, tetapi kita masih dapat mengetahui adanya gerakan dan kontras yang kuat : kilasan itu berpindah cepat sekali dari obyek yang satu kepada obyek yang lain di dalam wilayah ini sehingga persepsi visual tetap tidak terganggu. Bidang luar adalah ujung – ujung terjauh dari wilayah visual yang dibatasi oleh alis, hidung dan dagu (Sastrowinoto, 1985).

### 2.2.1 Penginderaan

Proses penginderaan adalah proses mendeteksi adanya stimulus, fenomena, maupun informasi di sekeliling kita. Mata manusia pada dasarnya merupakan salah satu alat indera yang sangat penting. Dengan menggunakan mata sebagai alat indera, banyak gambar, kejadian, informasi dan sebagainya yang dapat diperoleh. Namun demikian kemampuan mata untuk melihat pada dasarnya dibatasi oleh sejumlah faktor, baik yang bersifat internal maupun eksternal (Badrie dan Hermanto, 2004).

Mata merupakan alat indera yang sangat vital. Apalagi dalam kerja peranan mata sangat penting untuk dapat menyelesaikan pekerjaan yang baik. Bagian mata yang menerima rangsangan dari luar adalah retina. Retina mempunyai dua jenis penerima yaitu *the cones* yang masing- masing memiliki urat saraf yang berhubungan langsung ke otak dan efektif dalam hal penerimaan dan warna cahaya yang terang, dan *the rod* yang menghubungkan secara berkelompok ke urat saraf. Urat saraf akan mencapai efektifitas yang paling baik dalam lampuyang terang dan melindungi bagian- bagian penglihatan pada bagian

ujung atau tepi (Nurmianto, 1996).

Karena peranannya yang besar dalam pekerjaan, khususnya bagi industri dan komunikasi, diperlukan kemampuan alat penglihatan yang semaksimal mungkin dalam hal fungsi mata. Fungsi- fungsi yang terpenting ini meliputi :

1. Ketajaman visual

Kemampuan untuk membedakan objek dan perantaranya secara cermat yang terdiri dari perbedaan titik- titik yang sangat berdekatan serta persepsi atas jarak. Pada umumnya tajam visual bertepatan dengan kekuatan memecahkan permasalahan yang dihadapi optik.

2. Kepekaan terhadap persepsi

Kemampuan untuk mengenali perbedaan walaupun minimal dalam kecerahan.

3. Kecepatan persepsi

Waktu yang dipakai antara melihat sebuah objek dengan persepsi visualnya. Kecepatan persepsi meningkat bersamaan dengan meningkatnya rerata derajat cerahnya serta kontras antara objek dan perantaranya.

Untuk memenuhi ketiga fungsi tersebut maka kemampuan penyesuaian mata terhadap fungsinya perlu berada dalam keadaan yang tepat sesuai keperluan.

Kemampuan penyesuaian ini adalah :

1. Akomodasi, yaitu kemampuan mata untuk fokus pada objek- objek pada jarak dari titik terdekat sampai ke titik terjauh. Usia tertentu juga berpengaruh terhadap kemampuan ini. Demikian pula dengan tingkat iluminansi.

2. Lebar kecilnya mata, yang tergantung pada intensitas dan sifat penyinaran, jarak objek, keadaan emosi dan tingkat kesehatan serta pengaruh bahan kimia.
3. Adaptasi retina, yaitu perubahan kepekaan retina atas dasar penerangan atau perubahan penerangan. Dikenal dengan adaptasi gelap, adaptasi terang dan adaptasi parsial (sebagian).

### **2.2.2 Jarak Pandang Mata**

Jarak monitor dengan mata umumnya antara 20-26 inchi (Nuswantoro, 2006). Monitor lebih rendah 10-20 derajat dari pandangan horizontal mata (Nuswantoro, 2006). Bahkan Springer menyebutkan antara 15-30 derajat untuk mengurangi beban pada otot-otot leher. Penelitian yang pernah dilakukan menunjukkan bahwa dengan melihat ke bawah akan lebih banyak dihasilkan air mata dibandingkan dengan melihat horizontal atau ke atas (Info and Eye Disorders, tt). Materi yang akan diketik letaknya harus sedekat mungkin dengan monitor. Lighting di depan komputer cukup sebesar 200 Lux, bila disertai dengan membaca teks maka diperlukan minimal 300 Lux (Grandjean, 1993). Rancangan stasiun kerja yang tidak ergonomis akan menyebabkan kelelahan cepat muncul serta frekuensi kesalahan akan meningkat dalam melaksanakan pekerjaan (Woodson, *et.al.*, 1991).

Dengan menerapkan ergonomi ini maka akan diperoleh keuntungan sebagai berikut (Manuaba, 2006) :

- a. Pekerjaan bisa lebih cepat diselesaikan
- b. Resiko kecelakaan lebih sedikit
- c. Man-hours/man days tidak banyak hilang
- d. Resiko penyakit akibat kerja berkurang
- e. Gairah kerja lebih tinggi
- f. Biaya tambahan bisa ditekan
- g. Absenteisme turun
- h. Kelelahan ditekan secara alamiah

### **2.3 Pencahayaan**

Pencahayaan adalah faktor yang penting untuk menciptakan lingkungan kerja yang baik. Lingkungan kerja yang baik akan dapat memberikan kenyamanan dan meningkatkan produktivitas pekerja (Grandjean, 1993). Efisiensi kerja seorang operator ditentukan oleh ketepatan dan kecermatan saat melihat dalam bekerja sehingga dapat meningkatkan efektifitas kerja, serta keamanan kerja yang lebih besar.

Tingkat penerangan yang baik merupakan salah satu faktor untuk memberikan kondisi penglihatan yang baik. Dengan tingkat penerangan yang baik akan memberikan kemudahan bagi seorang operator dalam melihat dan memahami *display*, simbol-simbol dan daerah kerja secara baik pula. Indra yang berhubungan dengan pencahayaan adalah mata. Karakteristik dan batasan

daya lihat manusia penting untuk dipahami oleh seorang perancang display. Salah satu faktor yang mungkin berpengaruh dari lingkungan kerja yang dapat memberikan produktivitas adalah adanya penerangan yang baik.

Penerangan yang baik akan memberikan suasana lingkungan kerja yang aman, nyaman, dan sehat dimana manusia mampu melihat objek- objek dengan jelas. Kenyamanan visual merupakan kenyamanan dimana mata dalam melihat objek tampak jelas tanpa harus bekerja keras Fungsi sistem pencahayaan pada suatu lingkungan kerja adalah menyediakan lingkungan visual yang aman, resiko kecelakaan kecil dan mencegah munculnya penyakit akibat kerja (Hendrawan, 2003).

Adapun ciri- ciri penerangan yang baik menurut (Nurmianto, 1996):

1. Sinar/Cahaya yang cukup

Sinar cahaya yang cukup akan mempengaruhi dan menentukan kemampuan melihat secara tepat. Selain cahaya yang cukup variabel untuk dapat melihat secara tepat adalah ukuran objek yang dilihat, jarak mata ke objek, kecepatan objek dan waktu lamanya penerangan. Untuk dapat melihat objek yang kecil diperlukan tambahan penerangan yang cukup dan waktu yang agak lama. Peranan waktu yang dibutuhkan dalam melihat ini akan bertambah penting bila objek yang dilihat dalam keadaan bergerak.

2. Sinar/Cahaya yang tidak berkilau/menyilaukan

Objek yang harus dilihat harus terbebas dari cahaya yang menyilaukan. Cahaya yang menyilaukan dapat langsung dari sumber cahaya atau dari

pemantulan/ pengembalian cahaya. Cahaya yang menyilaukan ini terjadi jika cahaya yang berlebihan mencapai mata.

Cahaya yang menyilaukan tersebut dibagi menjadi 2 kategori, yaitu :

a. *Discomfort glare* (cahaya menyilaukan yang tidak menyenangkan)

Cahaya ini tidak seberapa mengganggu kegiatan visual. Akan tetapi, cahaya ini dapat meningkatkan kelelahan dan menyebabkan sakit kepala dan dapat meningkatkan kelelahan.

b. *Disability glare* (cahaya yang mengganggu)

Cahaya ini secara berkala mengganggu penglihatan dengan adanya penghamburan cahaya dalam lensa mata. Contohnya: menatap matahari. Efeknya: merusak mata dan mungkin dapat menyebabkan kebutaan.

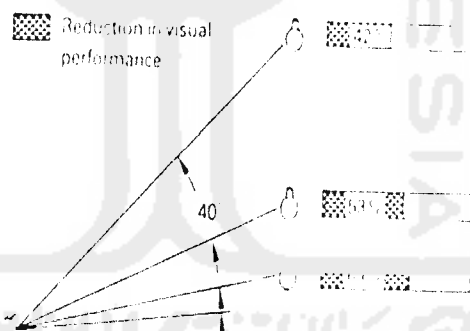
Dilihat dari objeknya *glare* dapat digolongkan kedalam dua jenis yaitu *Direct* dan *Indirect glare zone*.

Sumber-sumber *glare*:

- a. Lampu yang dipasang terlalu rendah tanpa pelindung.
- b. Jendela atau ventilasi cahaya yang langsung berhadapan dengan mata.
- c. Cahaya dengan terang yang berlebihan.
- d. Pantulan dari permukaan terang.

Untuk menghindari *glare* dapat dipasang penyerap cahaya atau warna yang dapat menyerap cahaya, memasang pelindung pada sumber cahaya untuk menghindari atau menjauhkan sumber cahaya yang berlebihan.

Objek yang dilihat harus terbebas dari cahaya yang menyilaukan. Cahaya yang menyilaukan dapat langsung datang dari sumber cahaya. (*direct-glare zone*) ataupun dari pemantulan / pengembalian cahaya (*indirect-glare zone*). Benda yang mengkilap, licin, halus, dan berkilau akan mengganggu pekerja saat melihat objek yang dilihat. Keadaan ini dapat ditanggulangi dengan menempatkan kembali suatu pekerjaan dan sumber penerangan untuk mengurangi cahaya pantulan yang menuju pada objek yang sedang dikerjakan. Standart Australia AS 1680 memberikan tingkatan maximum luminansi untuk berbagai sudut yang berbeda dari garis vertikal yang rapat dibawah *the luminare*. Biasanya tingkat *luminance* dibatasi dalam daerah  $45^{\circ}$  -  $90^{\circ}$ . Permukaan kerja yang mengkilap dan lantai yang mengkilap juga perlu menghindari adanya *glare* (silau).



**Gambar 2.1** Efek sumber cahaya silau (*glare*)

(Sumber : Lum-i-neering Associates, 1979)

Dari sudut psikologis, selalu merupakan gangguan utama bagi tahap adaptasi dari retina. Ada tiga jenis kesilauan yaitu (Sastrowinoto, 1985):

1. Silau relatif

Kontras terlalu kuat di dalam bidang visual.

2. Silau mutlak

Penerangan yang begitu tingginya sehingga adaptasi tidak dimungkinkan.

3. Silau adaptif

Adaptasi pada tingkat terang tertentu tapi yang belum tercapai.

3. Kontras yang tepat

Untuk dapat melihat objek dengan jelas maka perlu kekontrasan. Kontras yang kurang berakibat kesulitan untuk melihat benda tersebut. Kontras yang berlebihan pun akan mengakibatkan kesalahan dan kesulitan untuk melihat objek. *Background* yang kacau sebaiknya dihindari. Untuk meningkatkan kekontrasan dapat dilakukan dengan menambah tingkat terangnya cahaya yang dibutuhkan dan juga pemilihan warna yang tepat.

Peningkatan kontras mungkin salah satu cara yang lebih efektif dalam upaya meningkatkan kemampuan daya lihat. Latar belakang daerah kerja dibuat sesederhana mungkin. *Background* yang kacau dengan banyak perpindahan seharusnya dihindari dengan menggunakan sekat-sekat.

4. Kualitas pencahayaan (*Brightness*) yang tepat

Menunjukkan jangkauan dari luminansi dalam daerah penglihatan. Perbandingan terang cahaya pada daerah kerja utama sebaiknya tidak lebih



dari 3 banding 1. *Brightness* yang tepat akan memberikan efek produktivitas yang tinggi pada pekerja. Terangnya cahaya yang diperlukan oleh suatu objek tergantung pada banyaknya cahaya yang dipantulkan dari objek tersebut kemata. Tingkat penglihatan dari suatu objek sering tergantung dari perbedaan cahaya diantara bagian tersebut dengan latar belakangnya. Perbedaan terangnya cahaya dapat dinyatakan sebagai rasio atau perbandingan terangnya cahaya, makin besar perbedaan rasio makin cepat tugas dilaksanakan. Untuk lebih mudah dan efisien maka penerangan hendaknya mempunyai cahaya terang yang relatif *uniform*.

5. Bayangan (*shadow*) dan distribusi cahaya yang baik

Bayang- bayang yang tajam adalah akibat dari sumber cahaya buatan yang kecil atau dari cahaya langsung matahari. Secara umum *shadow* digunakan untuk inspeksi menunjukkan cacat pada permukaan suatu barang. Dengan distribusi cahaya yang baik maka akan dapat mengurangi kelelahan pada mata kita karena harus selalu fokus kepada objek yang dilihat. Banyaknya cahaya yang dipancarkan dan diperlukan tergantung dengan jenis pekerjaan yang dilakukan. Pada umumnya distribusi penerangan yang merata akan dibutuhkan didalam industri, karena ini akan memungkinkan fleksibilitas dalam *lay-out* dan akan membantu adanya perataan dari terangnya cahaya. Penerangan yang buruk dengan bagian yang gelap dan bagian yang terang kurang baik jika digunakan pada ruang kerja.

6. Pemilihan warna yang tepat.

Warna mempunyai pengaruh terhadap kemudahan dalam melihat. Warna

dapat meminimalisir kelelahan pada mata. Warna juga membawa efek psikologis suatu ruangan. Contoh ruangan dengan warna cerah akan menimbulkan kesan yang lebih luas dibandingkan dengan warna-warna gelap. Pengaruh adanya warna akan jelas dalam keselamatan dan kemudahan dalam melihat. Jika diadakan pengkoordinasian penerangan dengan baik dan pemilihan warna yang baik maka akan menimbulkan keadaan penglihatan yang cukup baik. Sehingga akan mengurangi sinar silau, mengawasi kontras yang tajam, dan meminimalisir kelelahan mata.

Akibat yang ditimbulkan oleh penerangan yang kurang baik (Suma'mur,1986) :

- a. Kelelahan mata
- b. Kelelahan mental
- c. Keluhan- keluhan didaerah mata dan sakit kepala
- d. Kerusakan alat penglihatan
- e. Meningkatnya angka kecelakaan kerja

**Tabel 2.2** Pedoman intensitas penerangan (Sastrowinoto, 1985) :

<b>Jenis Pekerjaan</b>	<b>Kebutuhan kadar cahaya (Lux)</b>
Tidak cermat	80- 170
Agak cermat	170- 350
Cermat/ persis	350- 700
Amat persis	700- 10000

Karena itu penerangan yang tepat baik intensitas maupun jenis serta penempatannya, sesuai dengan jenis pekerjaan yang dilakukan perlu dirancang dengan matang. Tingkat pencahayaan biasanya diukur dalam istilah *illuminance* atau penerangan, yaitu fluks- fluks yang berpendar dari suatu sumber cahaya yang dipancarkan pada suatu permukaan per luas permukaan.

Tujuan dari aplikasi pencahayaan yang tepat adalah untuk mengatur intensitas cahaya yang tepat dan mengetahui hubungan pengaruh intensitas cahaya dan output yang dihasilkan. Illuminansi untuk melihat dengan baik mengikuti reflektivitas yang dapat dihitung. Reflektivitas yang tinggi dari permukaan dalam area kerja dapat mengakibatkan cahaya menyilaukan yang mengganggu.

#### **2.4 Visual Display Terminal**

Ergonomi memberikan peranan penting dalam meningkatkan faktor keselamatan dan kesehatan kerja, misalnya desain suatu sistem kerja untuk mengurangi rasa nyeri dan ngilu pada sistem kerangka dan otot manusia. Desain stasiun kerja untuk alat peraga visual (*visual display unit station*), hal itu adalah untuk mengurangi ketidaknyamanan visual dan postur kerja. Desain suatu perkakas kerja (*handtools*) untuk mengurangi kelelahan kerja. Desain suatu peletakan instrumen dan sistem pengendali agar didapat optimasi dalam proses transfer informasi dengan dihasilkannya suatu respon yang cepat dengan meminimumkan resiko kesalahan serta supaya didapatkan optimasi, efisiensi kerja dan hilangnya resiko kesehatan akibat metode kerja yang kurang tepat (Nurmianto, 1996).

Perancangan areal kerja untuk operator visual display terminal (VDT) telah mendapat banyak perhatian dalam beberapa tahun ini. Postur tetap dan cumulative trauma disorders (CTDs) adalah masalah utama musculoskeletal yang berhubungan dengan kerja VDT. Tipe-tipe tertentu dari kerja VDT (seperti pemasukan data) merupakan kebutuhan baik itu dalam kerja kantoran maupun di perusahaan (Bridger, 1994). Bridger menggunakan istilah "*postural fixity*" untuk mendeskripsikan postur statis dari kepala, leher dan kaki yang terjadi dalam kerja VDT. VDT dapat meningkatkan produktivitas, tetapi dapat pula menimbulkan banyak masalah. Masalah yang dapat muncul antara lain sakit pada pergelangan tangan, leher dan kekakuan pada punggung, ketegangan pada mata, sakit kepala, ketidaknyamanan, kelelahan dan stress. Masalah-masalah ini muncul bisa disebabkan karena postur yang salah dikarenakan buruknya desain stasiun kerja (Tayyari dan Smith, 1997). Aplikasi dari prinsip-prinsip ergonomi secara signifikan telah mengurangi resiko masalah-masalah tersebut.

Pemakaian komputer di kantor-kantor atau pun rumah tangga pada saat ini berkembang dengan sangat pesatnya. Jutaan manusia setiap harinya bekerja di depan komputer selama lebih dari 2-3 jam. Dari satu sisi dengan adanya komputer pekerjaan dapat ditangani dengan cepat, efisien dan sangat efektif, akan tetapi pada sisi lainnya terdapat dampak tersembunyi yang memberikan pengaruh tidak baik. Selama hampir 40.000 tahun mata manusia tidak mengalami evolusi. Akan tetapi mulai 100 tahun yang lalu terjadi perubahan yang sangat mencolok yaitu dari fungsi mata untuk melihat jauh, sekarang menjadi lebih dominan untuk

melihat dekat. Hal ini umumnya terjadi pada orang-orang yang duduk bekerja dengan memakai komputer atau video display terminal (VDT).

Penglihatan merupakan indera yang paling penting dibandingkan dengan indera yang lainnya. Lebih dari 80% proses belajar di mediasi oleh indera penglihatan. Hal ini menunjukkan bahwa penglihatan memegang peranan yang penting di dalam kehidupan sehari-hari (Nuswantoro, 2006). Dari banyak studi yang dilakukan diperoleh hasil bahwa pekerja di depan komputer atau video display terminal lebih banyak mengeluh adanya gangguan penglihatan dibandingkan dengan pekerjaan yang tidak memakai komputer. Ditemukan antara 75-90% pekerja mengeluh adanya gangguan visual, sementara gangguan muskuloskeletal porsinya hanya 22 % (NIOSH dalam Anshel, 1997).

Suatu survei yang dilakukan oleh perkumpulan optometris di Amerika menemukan bahwa sebanyak 10.000.000 pemeriksaan mata dilakukan setiap tahunnya oleh karena pemakaian VDT. Gejala-gejala ataupun keluhan yang berkaitan dengan gangguan penglihatan dikenal dengan computer vision syndrome (CVS). Organisasi ini memberikan definisi *computer vision syndrome* adalah kumpulan gejala-gejala gangguan mata dan penglihatan sebagai akibat melihat dekat di depan komputer atau VDT. Gejala-gejala ini bervariasi mulai dari kelelahan pada mata (*asthenopia*), sakit kepala, penglihatan kabur (melihat jauh, dekat atau kedua-duanya), mata kering dan iritatif, proses memfokus obyek lambat, nyeri pada leher, bahu, sensitif terhadap cahaya dan penglihatan kembar. Penyebab dari munculnya gejala-gejala gangguan visual ini adalah: problema

penglihatan pada pekerja yang bersangkutan, stasiun kerja yang kurang baik dan kebiasaan kerja yang tidak benar. *Computer vision syndrome* mempengaruhi kesehatan fisik dan mental pekerja, sehingga dapat menurunkan produktivitas. Pemerintah Amerika Serikat mengeluarkan biaya hampir dua milyar dolar setahun untuk perawatan mata sebagai akibat *computer vision syndrome* termasuk biaya pembelian kaca mata.

## **2.4.1 Gejala-Gejala Computer Vision Syndrome**

### **2.4.1.1 Kelelahan Mata**

Gejala kelelahan pada mata ini merupakan kumpulan gejala-gejala yang meliputi rasa tidak nyaman, rasa nek, sakit pada bola mata, penglihatan kabur, mata merah, berair dsb. Gejala ini dapat muncul oleh karena spasme otot untuk memfokuskan obyek, kemampuan penglihatan yang berbeda diantara kedua bola mata, hypermetropia, astigmatisme, karena adanya pengaruh lingkungan misalnya cahaya terlalu terang, silau dan sebagainya. Pada layar komputer bayangan yang nampak merupakan kumpulan bintik-bintik cahaya dimana pada bagian sentralnya merupakan bagian yang paling terang, sedangkan makin menepi makin kabur. Mata tidak menerima informasi dengan baik dari bagian tepi yang tidak jelas ini. Mata akan berusaha memfokus agar dapat melihat dengan jelas. Fokus jatuh di bagian belakang bola mata. Usaha mata untuk memfokus berulang-ulang ini menyebabkan timbulnya kelelahan mata yang juga disebut dengan eyestrain atau asthenopia.

#### 2.4.1.2 Sakit Kepala

Sakit kepala adalah gejala tidak nyaman lainnya yang merupakan salah satu alasan seseorang untuk memeriksakan matanya. Gejala ini kadang-kadang cukup sulit untuk diatasi. Sakit kepala ini umumnya muncul tengah hari atau sore hari. Jarang muncul pada waktu bangun pagi. Gambarannya berbeda-beda pada awal minggu dibandingkan dengan akhir minggu. Lebih sering muncul pada satu sisi kepala. Pekerja VDT umumnya banyak menderita tension headache yang disebabkan oleh berbagai hal yaitu: perasaan takut dan depresi oleh karena pekerjaan, berbagai gangguan refraksi, kondisi stasiun kerja yang tidak benar (silau, pencahayaan kurang, tidak ergonomis). Pada kondisi seperti ini penanganan medis sangat perlu dilakukan.

#### 2.4.1.3 Penglihatan Kabur

Kemampuan penglihatan ditandai dengan kemampuan melihat dua obyek dengan jelas pada jarak tertentu. Apabila jarak pandang kurang dari 6 meter maka akan berusaha memfokuskan bayangan agar jatuh di retina dengan cara berakomodasi. Perbedaan umur menyebabkan kemampuan akomodasi juga berbeda. Bayangan yang tidak di fokuskan dengan tepat akan nampak kabur. Di samping gangguan refraksi maka pada VDT, penglihatan kabur dapat terjadi oleh karena monitor kotor, silau, sudut pandang tidak tepat, kualitas monitor kurang baik. Apabila selama bekerja muncul gangguan ini maka hal-hal tersebut di atas perlu mendapatkan perhatian.

#### 2.4.1.4 Mata Kering dan Iritasi

Bagian depan bola mata ditutup oleh jaringan dimana terdapat kelenjar yang mengeluarkan air mata. Air mata ini melapisi mata untuk mempertahankan fungsi agar tetap normal. Air mata ini juga membantu keseimbangan oksigen dari struktur mata bagian luar sehingga sistem optik dapat berjalan baik. Lapisan air ini akan dibersihkan dan disegarkan dengan jalan mengedipkan kelopak mata. Reflek mengedip sudah ada semenjak lahir. Frekuensi mengedip berbeda-beda sesuai dengan jenis aktifitas, cepat bila aktif, lambat bila berkonsentrasi dan bekerja biasa. Mata normal akan mengedip 12-15 kali dalam semenit. Penelitian menunjukkan bahwa para pekerja VDT frekuensi mengedipnya menurun secara signifikan dibandingkan dengan pekerjaan lainnya. Penurunan frekuensi ini dapat terjadi oleh karena konsentrasi dan lapangan pandang yang sempit. Penguapan air mata tergantung dari luas terbukanya mata. Sudut pandang yang lebar menyebabkan mata terbuka lebih lebar, sehingga penguapan terjadi lebih banyak. Kombinasi antara penguapan yang meningkat dan frekuensi mengedip yang menurun menyebabkan mata menjadi kering. Akibatnya akan muncul rasa ngeres pada mata.

#### 2.4.1.5 Nyeri pada Leher dan Punggung

Jarak monitor dengan mata dan jarak baca sangat berpengaruh terhadap sikap kerja. Pekerja dengan kacamata baca singel fokus dan pekerja dengan kaca mata double fokus akan menunjukkan sikap kerja yang berbeda. Dapat terjadi sikap kerja yang condong ke depan atau ke belakang, kepala mendorong untuk



memfokuskan bayangan pada retina. Hal ini sudah tentu akan memunculkan problema fisik, ketegangan pada otot-otot leher dan bahu, timbul rasa kaku dan akhirnya rasa sakit. Dalam keadaan ini kaca mata baca harus sesuai dengan jarak baca sehingga dengan akomodasi bayangan jatuh di retina.

#### 2.4.1.6 Sensitif Terhadap Cahaya

Keadaan yang terjadi sekarang adalah banyaknya pencahayaan yang berasal dari sumber cahaya buatan. Dalam keadaan alami mata memiliki kemampuan untuk membatasi cahaya yang masuk ke dalam bola mata. Masalah utama yang muncul dalam pencahayaan adalah adanya glare yang disebabkan oleh perbedaan *brightness* pada lapangan pemandangan. Rasa tidak nyaman akan cepat muncul lebih-lebih munculnya glare berdekatan dengan pusat perhatian yang dituju. Posisi lampu di atas kepala ataupun sinar yang berasal dari jendela dapat menimbulkan glare. Latar belakang monitor yang terlalu gelap bila dibandingkan dengan keadaan di sekitar tempat kerja dapat juga menimbulkan glare. Hal-hal lain yang dapat menimbulkan glare adalah kertas yang berwarna putih di atas meja, permukaan meja berwarna, lampu di atas meja, permukaan meja berwarna, lampu duduk mengarah ke mata dan lampu meja dengan iluminasi tinggi. Hal-hal yang perlu juga diperhatikan adalah : letak komputer jangan menghadap atau membelakangi jendela. Pakai kaca anti glare yang banyak beredar sekarang. Monitor yang flat lebih baik dibandingkan dengan yang konvek. Latar belakang monitor harus sesuai dengan karakter yang dipakai. Bersihkan monitor dan anti glare screen secara reguler dengan anti static cleaner. Kaca mata juga harus tetap

bersih. Lakukan pemeriksaan mata secara berkala pada akhlinya. Bila memakai kaca mata bifocal maka posisi monitor harus lebih rendah sehingga leher tidak mendongak. Posisikan lampu baca pada tempat yang sesuai. Berkediplah lebih sering. Istirahat pendek lebih sering dengan memandang kearah jauh.

#### **2.4.1.7 Penglihatan Ganda**

Apabila melihat obyek pada jarak dekat maka mata akan mengalami konvergensi. Dengan konvergensi ini mata berusaha menepatkan bayangan pada daerah retina yang sama di kedua bola mata. Bila usaha untuk mempertahankan konvergensi ini gagal maka bayangan akan jatuh pada dua tempat berbeda pada kedua mata. Bila impuls ini diteruskan ke otak maka orang akan melihat dua obyek. Penglihatan ganda ini akan menimbulkan rasa yang sangat tidak nyaman. Gejala ini merupakan masalah yang cukup serius untuk ditangani secara medis untuk mengetahui penyebab yang sesungguhnya.

### **2.4.2 Tata Cara Untuk Mengatasi *Computer Vision Syndrome***

#### **2.4.2.1 Stasiun Kerja yang Ergonomis**

Pada penelitian yang dilakukan oleh NIOSH (dalam Nuswantoro) hampir 40% dari gangguan yang muncul pada pekerja VDT disebabkan oleh stasiun kerja yang tidak ergonomis. Oleh karena itu yang menjadi focus pertama adalah stasiun kerja harus ergonomis sesuai dengan dimensi pemakaian (Pheasant, 1991). Meja dan kursi harus memenuhi ketentuan agar sesuai. Terdapat 16 poin yang harus diperhatikan yang berkaitan dengan stasiun kerja, yaitu:

Terdapat 16 poin yang harus diperhatikan yang berkaitan dengan stasiun kerja, yaitu:

- a. Leher sedikit membungkuk
- b. Tepi bagian atas layar di bawah garis horizontal mata
- c. Jarak baca yang dapat diatur
- d. Sumber cahaya yang tidak menimbulkan glare
- e. Lengan atas tidak mengalami extensi dari tubuh
- f. Lengan bawah pada posisi horizontal dengan lantai.
- g. Penyangga siku yang dapat diatur
- h. Pergelangan tangan tidak menekuk
- i. Adanya penyangga kaki dan ruang kaki yang cukup
- j. Sudut antara paha dengan tubuh  $> 90^{\circ}$
- k. Adanya back support
- l. Back support yang mudah diatur
- m. Tepi depan bantalan kursi melengkung (water fall edge)
- n. Adanya lumbar support
- o. Bantalan kursi dapat dinaik-turunkan
- p. Kursi dengan 5 buah kaki (roda) pendukung

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal maka pekerja harus diberikan penjelasan-penjelasan yang berkaitan dengan stasiun kerja ini, bila perlu dilakukan training.

#### 2.4.2.2 Stres di Tempat Kerja

Stres merupakan salah satu isu sebagai penyebab munculnya *Computer Vision Syndrome* (CVS). Untuk mengatasi hal ini maka organisasi kerja harus baik. Istirahat singkat lebih sering mengurangi stress. Kualitas udara lingkungan perlu diperhatikan. Udara yang kurang bersih akan menyebabkan debu akan menempel pada monitor oleh karena pengaruh elektromagnetik, sehingga akan mengaburkan monitor. Pada pemakaian lensa kontak agar berhati-hati dengan terjadinya kekeringan pada kornea dan konjungtiva.

#### 2.4.2.3 Pemakaian Lensa Progresif

Dengan adanya kemajuan dalam teknologi optometri maka saat ini dapat dibuat kaca mata progresif yang dapat di pakai untuk melihat dekat, sedang dan jauh. Lensa ini dapat membuat mata bekerja lebih efisien sehingga kelelahan tidak akan segera muncul, demikian pula halnya dengan sakit pada leher dan punggung. Kaca mata ini dapat dipakai baik di rumah maupun di tempat kerja. Dengan telah ditemukannya lapisan yang dapat melapisi lensa anti refleksi maka pekerja akan dapat merasa lebih nyaman (Roestijiwati, 2007).

#### 2.4.2.4 Kacamata Khusus untuk Bekerja di Depan Komputer

Telah ditemukan kaca mata yang khusus dipakai untuk bekerja di depan komputer oleh PRIO. Corp. di Oregon (Garloch, 1998). Kaca mata ini mampu menduakalikan pixels yang muncul di monitor. Menurut Sheffer, optometris di perusahaan tersebut, 75% pengguna komputer yang telah di tes dengan PRIO tes

menunjukkan kaca mata yang berbeda dengan kaca mata yang dipakai secara reguler dan 70% pengguna komputer lebih senang memakai kaca mata PRIO bila bekerja di depan komputer.

#### 2.4.2.5 Konsultasi Rutin Masalah Kesehatan Mata

Melakukan konsultasi rutin dengan bagian kesehatan mata atau dokter mata merupakan keharusan untuk menghindari syndroma makin memburuk dan membahayakan bagi kesehatan mata kita.

#### 2.4.2.6 Merawat Mata Sendiri

Untuk mengurangi munculnya gejala *computer-related eyestrain*, Roestijwati (2007) menganjurkan untuk melakukan langkah “3B” yaitu Blink, Breath dan Break. Blink adalah mengedipkan mata dalam keadaan normal dalam satu menit mata akan mengedip 12-15 kali. Frekuensi mengedip akan bertambah bila dalam keadaan gembira terangsang, berbicara, melakukan aktivitas fisik. Frekuensi berkurang bila sedang membaca, berfikir dan sedang konsentrasi dalam pekerjaan. Melihat tanpa berkedip akan melelahkan mata. Dengan berkedip mata akan beristirahat walaupun hanya sesaat dan akan terjadi proses pembersihan mata serta proses pembasahan ulang pada mata sehingga penglihatan akan tetap jelas. Oleh karena proses mengedip ini merupakan proses yang otomatis maka pada tahap awal harus tetap disadari bahwa mengedip adalah penting.

#### 2.4.2.7 Olahraga

Olahraga yang teratur (aerobik) untuk mempertahankan kebugaran jasmani atau dengan melakukan gerakan peregangan dalam keadaan duduk di depan komputer. Dengan pemakaian komputer maka produktivitas kerja jelas akan meningkat, akan tetapi tidak dengan mengorbankan kesehatan mata. Tujuan yang ingin dicapai sesuai dengan prinsip ergonomi adalah bekerja dengan sehat, aman, nyaman, selama, efektif dan efisien (Grandjean, 1993).

#### 2.5 *Design of Eksperiment (DOE) Taguchi*

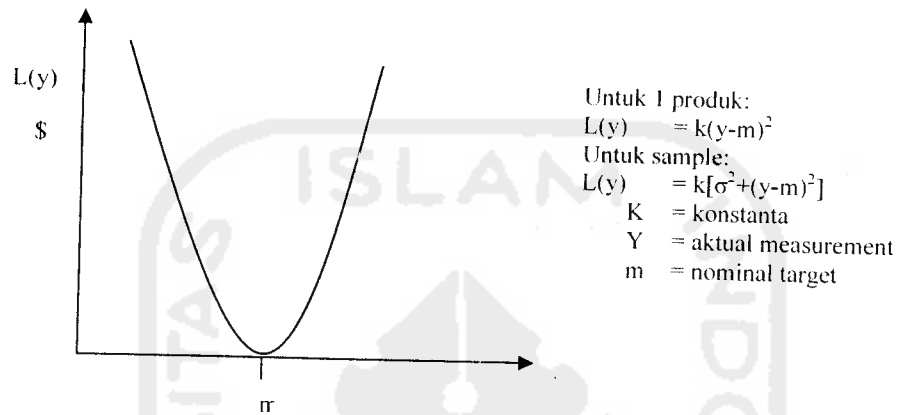
Tujuan eksperimen dalam penelitian adalah menentukan cara meminimalkan penyimpangan karakteristik kualitas dari nilai tergetnya. Metode Taguchi adalah metode yang menggabungkan metode statistikal dan keteknikan yang dikembangkan oleh Genichi Taguchi untuk meningkatkan kinerja operator komputer (Belavendram, 1995).

Tujuan dari eksperimen yang dilakukan dalam metode Taguchi adalah untuk mengidentifikasi faktor utama yang memberi kontribusi terbesar terhadap variasi dan untuk menentukan pengaturan atau nilai yang diperoleh dengan variasi terkecil. Dr. Taguchi memberi tiga kontribusi besar terhadap bidang kualitas:

##### 2.5.1 *The Loss Functions*

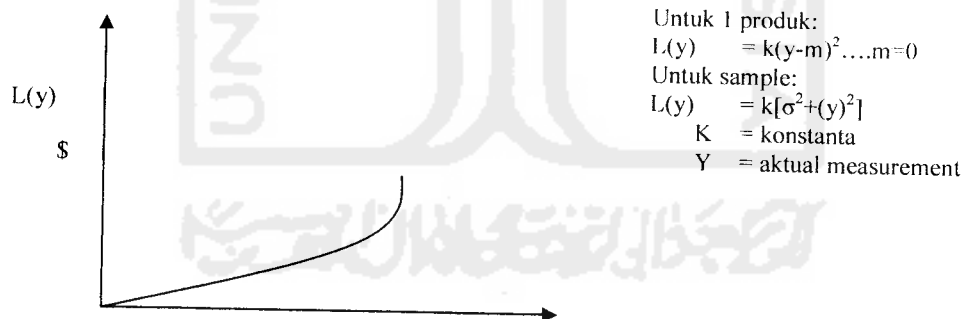
Konsep *Loss Function* didasarkan pada total simpangan dari karakteristik kualitas yang ditargetkan. Pada simpangan nol, maka produk tepat sekali seperti apa yang

ditargetkan, dan kerugian sama dengan nol. Tujuan dan fungsi kerugian *Taguchi* adalah untuk mengevaluasi kerugian kualitas secara kuantitatif yang disebabkan adanya variasi.



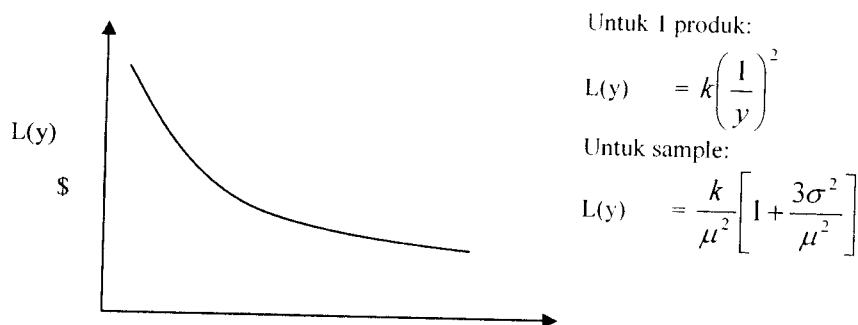
**Gambar 2.2** Fungsi *Quadratic Loss Nominal the better*

(Sumber : Belavendram, 1995)



**Gambar 2.3** Fungsi *Quadratic Loss Smaller the better*

(Sumber : Belavendram, 1995)



**Gambar 2.4** Fungsi *Quadratic Loss Larger the better*

(Sumber : Belavendram, 1995)

Dr. Taguchi mengembangkan model matematika ini menggunakan Taylor *Expansion Series*. Berdasarkan konsep ini, manajemen dapat membuat keputusan yang benar terhadap usaha peningkatan kualitas sehingga keputusan tidak dibuat berdasarkan retorika atau emosi, tetapi berdasarkan fakta yang didapat dari data yang valid.

### 2.5.2 *Orthogonal Array* dan *Linear Graph*

Kontribusi kedua adalah pengadaptasian *orthogonal array* untuk mendesain eksperimen dan penganalisaan data eksperimen secara efisien. *Orthogonal array* ini pertama kali dikenalkan oleh R.A Fisher untuk mengontrol eksperimental error. Sedangkan Dr. Taguchi menggunakan *orthogonal array* ini tidak hanya untuk mengukur efek dari faktor terhadap rata-rata hasil, tetapi juga dapat untuk menentukan variasi mean dengan baik. Manfaat utama dari *orthogonal array* adalah untuk menghubungkan faktor yang digunakan dalam investigasi. Untuk setiap level dalam satu faktor, semua level dari faktor lain terjadi dalam jumlah yang sama. Hal ini memberi keseimbangan eksperimen dan mengizinkan



pengaruh dari faktor satu yang dipelajari menjadi tersebar dari pengaruh yang satu ke lainnya. Tujuannya adalah untuk menemukan hasil dari percobaan yang dapat dilakukan

Manfaat lain dari *orthogonal array* adalah mengefisienkan biaya. Walaupun diseimbangkan, desain dari orthogonal array tidak membutuhkan semua kombinasi dari faktor yang dites. Sehingga matrix eksperimen dapat lebih kecil tanpa kehilangan informasi yang vital. Hasilnya eksperimen dapat dilakukan dengan biaya yang efektif.

**Tabel 2.3** 18 array orthogonal standar (Sumber : Belavendram, 1995)

2 level	3 level	4 level	5 level	Level gabungan
$L_4(2^3)$	$L_9(3^4)$	$L_{16}(4^5)$	$L_{25}(5^6)$	$L_{18}(2^1 X 3^7)$
$L_8(2^7)$	$L_{27}(3^{13})$	$L_{64}(4^{21})$		$L_{32}(2^1 X 4^9)$
$L_{12}(2^{11})$	$L_{81}(2^{40})$			$L_{36}(2^{11} X 3^{12})$
$L_{16}(2^{15})$				$L_{36}(2^3 X 3^{13})$
$L_{32}(2^{31})$				$L_{54}(2^1 X 3^{25})$
$L_{64}(2^{63})$				$L_{50}(2^1 X 5^{11})$

Linier graph adalah grafik yang merepresentasikan barisan lurus untuk menandai faktor dibawah investigasi dan menghubungkan interaksi diantara faktor. Dengan grafik yang didesain khusus ini, eksperimenter dapat secara lebih efektif mempelajari hubungan antara faktor sebaik seperti pengaruh dari individual factor itu sendiri. Hal ini memungkinkan karena linier graph

menyediakan skema yang logis untuk menandai interaksi dari barisan lurus tanpa mengacaukan pengaruh dari interaksi dengan pengaruh dari factor individual yang sedang dipelajari.

### 2.5.3 Robustness

Kontribusi ketiga adalah konsep robustness. Robustnes dapat didefinisikan dari produk dan proses :

- a. Produk : kemampuan produk untuk tetap bekerja sesuai desainnya secara konsisten dengan pengaruh minimal akibat perubahan dari operasi yang tidak terkontrol.
- b. Proses : kemampuan dari proses untuk memproduksi produk yang baik secara konsisten dengan pengaruh minimal akibat perubahan dari manufaktur yang tidak terkontrol.

*Robust* desain fokus dalam meminimalkan efek ketidakyakinan atau variasi dalam desain parameter tanpa mengeliminasi sumber-sumber dari ketidakyakinan dan variasi. Dengan kata lain, robust desain adalah lebih sensitive pada variasi di parameter desain yang tidak dapat dikontrol dibandingkan dengan poin desain rancangan tradisional.

*Signal to noise ratio* adalah alat yang digunakan untuk mengukur *robustness*, sehingga merupakan komponen penting dalam desain parameter. Relevansi dari persamaan *signal to noise ratio* adalah untuk menginterpretasikan *signal* atau *numerator ratio* agar proses mampu menghasilkan performa kerja yang

bagus dan benar. Dengan memasukan pengaruh dari noise faktor dalam proses atau penelitian sebagai denominator, maka signal to noise ratio dapat diadaptasi sebagai barometer dari kemampuan sistem untuk bekerja dengan baik dalam hubungannya dengan pengaruh dari noise. Dengan suksesnya penerapan konsep ini dalam eksperimen, maka dapat ditentukan setting kontrol faktor yang dapat menghasilkan performance terbaik dalam kinerja dengan meminimalkan pengaruh dari faktor yang tak terkontrol.

1. Klasifikasi karakteristik kualitas menurut nilai targetnya:

a. ***Larger the Better*** (QC=B)

Tujuan dari karakteristik *Larger the Better* adalah untuk mencapai nilai yang sebesar/setinggi mungkin.

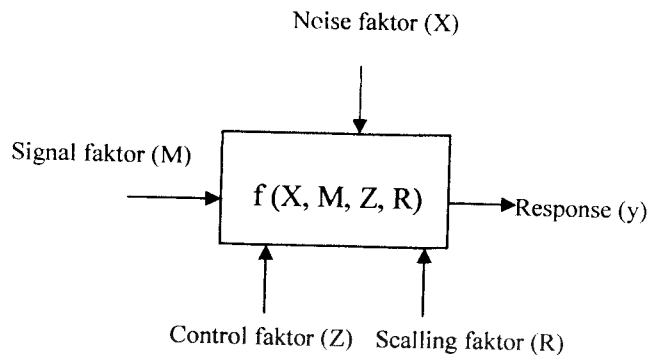
b. ***Smaller the Better*** (QC=S)

Tujuan dari karakteristik *Smaller the Better* adalah untuk mencapai nilai yang serendah/sekecil mungkin yaitu 0.

c. ***Nominal the Best*** (QC=N)

Tujuan dari karakteristik *Nominal the Better* adalah untuk mencapai nilai yang telah ditentukan atau dengan nilai yang spesifik.

## 2. Klasifikasi parameter



**Gambar 2.5** Faktor Yang Mempengaruhi Karakteristik Kualitas

(Sumber : Belavendram, 1995)

- a. *Noise factor*: faktor-faktor yang menyebabkan keragaman produk berfungsi baik. Terdapat 3 jenis noise:
  - Eksternal noise: berkaitan dengan lingkungan atau kondisi yang mempengaruhi fungsi ideal dari produk.
  - Internal noise: berkaitan dengan faktor yang menyebabkan produk menjadi aus sehingga tidak mencapai target.
  - Unit to unit: keragaman antar produk
- b. *Control factor*: Faktor terkontrol adalah factor desain yang dapat di set dalam level optimal dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas dan mengurangi noise factor.
- c. *Signal factor*: Faktor – faktor yang mengubah nilai karakteristik kualitas yang sebenarnya yang akan diukur.

- d. *Scaling factor*: Faktor ini digunakan untuk mengubah mean level karakteristik kualitas untuk mencapai hubungan fungsional yang diperlukan antara signal faktor dengan karakteristik kualitas.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Obyek Penelitian

Penelitian dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Analisis Perancangan Kerja dan Ergonomi, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia yaitu menggunakan ruang iklim sebagai tempat penelitian. Objek Penelitian adalah aktifitas pengetikan naskah dengan menggunakan sarana komputer.

#### 3.2 Sumber dan Jenis Data

Sumber dan jenis data terbagi dua, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh melalui pengamatan dan pencatatan secara langsung terhadap operator komputer, meliputi :

1. Data keluhan para operator komputer melalui penyebaran kuesioner.
2. Data hasil pengetikan (skor) dengan kombinasi variabel yang berbeda-beda.

Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung dapat berupa riset ke perpustakaan dan telaah hasil penelitian sejenis. Dalam penelitian ini data keduanya meliputi :

1. Data untuk matrik orthogonal yaitu inner array L8 dan outer array L4.
2. Data variabel faktor terkontrol dan level atau taraf faktor derau.

### 3.3 Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk mengumpulkan data antara lain :

1. Wawancara dan observasi

Wawancara dilakukan untuk mengetahui keluhan-keluhan operator komputer.

Sedangkan Observasi dilakukan melalui pengamatan langsung di tempat kerja.

2. Kuesioner

Kuesioner yang diberikan untuk mengetahui letak ketidaknyamanan dan kelelahan pada tubuh operator komputer.

3. Studi Pustaka

Studi pustaka juga dilakukan dengan mempelajari buku-buku referensi yang berkaitan dengan pokok permasalahan yang akan dibahas, ataupun dengan *browsing* ke situs-situs internet yang memuat artikel-artikel atau jurnal-jurnal tentang VDT dan DOE *Taguchi*. Tujuannya adalah untuk memperoleh landasan-landasan teori yang kuat yang akan digunakan dalam hal analisis kasus sehingga penelitian yang dilakukan tidak keluar dari kaidah-kaidah yang telah ditetapkan dan agar penelitian lebih terarah dengan adanya referensi yang cukup.

#### 4. Metode eksperimen

Subjek penelitian adalah 15 orang mahasiswa yang telah dilatih sebelumnya dalam mengetik di komputer, dengan meliputi data antropometri usia, jenis kelamin, dan tinggi badan.

**Tabel 3.1** karakteristik dari subjek

Jenis kelamin	Statistik	Usia	Tinggi Badan (cm)
Pria N = 7	Mean	23	170
	SD	1,69	2,93
	Min	21	166
	Max	26	175
Wanita N = 8	Mean	21,5	160,375
	SD	1	3,31
	Min	21	155
	Max	24	165

Dalam eksperimen ini ada beberapa alat dan fasilitas yang mendukung seperti ruang iklim digunakan sebagai tempat dilakukan eksperimen yang didalamnya terdapat pencahayaan yang bisa diatur dan kedap suara untuk mengurangi gangguan suara dari luar ruangan, *Lux* meter yang digunakan untuk mengetahui berapa cahaya dipancarkan oleh lampu dan cahaya dari monitor, Jam henti (*Stop Watch*) untuk mengetahui lamanya pekerjaan, komputer tempat dilakukannya pengetikan, meteran gulung untuk mengetahui jarak antara mata dan monitor, busur sudut untuk mengetahui sudut pandang



mata terhadap monitor, dan lembar pengamatan hasil pengetikan digunakan untuk mencatat hasil pengetikan berupa skor.

Perancangan eksperimen yang dilakukan adalah operator komputer melakukan pengetikan dengan naskah yang tersedia selama 15 menit sesuai variabel kombinasi yang telah ditetapkan, hasilnya berupa dalam bentuk nilai antara 0 – 1000. Eksperimen dilakukan sebanyak 32 kali untuk satu operator komputer dengan dua kali replikasi. eksperimen dilakukan di laboratorium yang telah didesain sesuai data yang telah diperoleh, yaitu mengatur pencahayaan ruangan (eksternal) yang terdapat dua buah lampu neon tepat diatas operator melakukan pengetikan dan empat buah lampu TL yang terletak dikeempat sisi sudut ruangan, mengatur pencahayaan monitor (internal), mengatur jarak pandang monitor terhadap mata operator komputer, dan mengatur posisi sudut monitor terhadap mata operator komputer sesuai kombinasi yang ditentukan oleh DOE *Taguchi*.

Prosedur eksperimen dibagi dua fase yaitu fase perencanaan eksperimen dan fase pelaksanaan eksperimen. Fase perencanaan eksperimen merupakan fase penyediaan informasi yang dibutuhkan dalam eksperimen. Fase perencanaan eksperimen meliputi beberapa tahap sebagai berikut:

1. Identifikasi dan pemilihan faktor-faktor yang mungkin berpengaruh terhadap nilai benarnya pengetikan dengan komputer.

Faktor-faktor yang dilibatkan sebagai variabel bebas pada karakteristik mutu nilai benarnya pengetikan adalah pencahayaan eksternal

(pencahayaan ruangan), pencahayaan internal (pencahayaan dari monitor komputer), jarak pandang mata ke monitor, dan posisi sudut kemiringan monitor terhadap mata. Faktor-faktor tersebut diperoleh berdasarkan studi dilaboratorium.

2. Menentukan dan memisahkan faktor-faktor yang dapat dikendalikan (*controllable factors*) dan faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan (*uncontrollable* atau *noise factors*).

Pada tahap ini faktor-faktor yang mungkin dapat berpengaruh pada karakteristik mutu dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu faktor kendali dan faktor *derau*.

Faktor kendali yang dilibatkan dalam eksperimen ini dan alasan pemilihannya adalah:

- a. Pencahayaan eksternal (pencahayaan yang bersumber dari lampu ruangan), karena pencahayaan lampu ruangan ini sangat penting peranannya dalam pengetikan dan lampu di dalam ruangan iklim dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
- b. Posisi sudut kemiringan monitor terhadap mata, sama seperti halnya diatas manusia mempunyai kebiasaan yang berbeda dalam melihat suatu visual serta mempunyai tinggi tubuh yang berbeda sehingga dalam melihat visual monitor akan melihat dari sudut yang berbeda.
- c. Jarak pandang mata ke monitor, setiap manusia mempunyai kebiasaan yang berbeda dalam melihat suatu visual karena itu jarak pandang ini juga menentukan dalam hasil pengetikan.

- d. Pencahayaan internal (pencahayaan yang bersumber dari monitor komputer), pencahayaan internal ini mempunyai pengaruh terhadap mata bagi operator pengetikan.

Faktor *noise* yang dilibatkan dalam penelitian ini dan alasan pemilihannya adalah sebagai berikut:

- a. Waktu, karena waktu yang dilakukan panjang maka waktu ini dibagi dua periode yaitu pada waktu pagi (07.00-11.00) dan waktu siang (13.00-17.00).
  - b. Jenis kelamin, operator yang menjalankan meliputi seluruh mahasiswa pria maupun wanita.
3. Pemilihan level-level atau taraf-taraf bagi setiap faktor, baik faktor kendali maupun faktor *derau* yang dilibatkan dalam eksperimen.  
Pada tahap ini ditentukan nilai-nilai bagi semua level atau taraf dengan memperhatikan batasan-batasan spesifikasi (standarisasi yang berlaku) dan batasan-batasan operasional (pengalaman).
  4. Pemilihan matrik orthogonal (*orthogonal array*) dan penugasan faktor-faktor ke dalam matrik orthogonal tersebut.  
Pada tahap ini dilakukan pemilihan matrik orthogonal yang sesuai dengan jumlah faktor dan jumlah taraf faktor. Pemilihan matrik orthogonal meliputi *inner array* dan *outer array*. Kemudian faktor-faktor tersebut dimasukkan ke dalam matrik orthogonal. Pada penelitian ini digunakan 4 faktor kendali dengan masing-masing mempunyai 2 level / taraf, sehingga diperoleh suatu rancangan matrik orthogonal yang dituliskan sebagai L8, yang merupakan *inner array*.

Pada penelitian ini juga melibatkan 2 faktor *derau* dengan masing-masing terdiri dari 2 level / taraf, sehingga diperoleh suatu rancangan matrik orthogonal yang dituliskan sebagai L4 standar, yang merupakan *outer array*.

5. Pemilihan karakteristik yang akan diukur dengan uji *organoleptik*.

Pada tahap ini, ditentukan karakteristik yang akan diukur sebagai variable terikat (*dependent variable*) dari eksperimen.

Variabel terikat dalam eksperimen ini ada satu yaitu nilai benarnya pengetikan dengan komputer, dikarenakan pengujian dilakukan dengan *hedonic test* pada uji *organoleptik* dari urutan tingkat keberhasilan panelis maka fungsi objektif yang dituju (*target oriented quality*) adalah semakin besar nilainya semakin baik (*large the better*).

Pelaksanaan pengetikan komputer melalui tahap-tahap sebagai berikut :

- a. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *hedonic test* dimana peneliti akan memberikan nilai baik atau tidak baik terhadap panelis komputer berdasarkan skor hasil pengetikan dengan memberikan skor atau nilai berdasarkan tingkat kebaikannya dengan angka sebagai berikut:

5	= Sangat baik
4	= Baik
3	= Agak baik
2	= Cukup baik
1	= Tidak baik

- b. operator yang digunakan adalah operator yang telah dilatih dan diambil sebanyak 15 orang. Operator yang telah dilatih dimaksudkan adalah orang yang dipilih dari kalangan mahasiswa dengan menguji pengetikkannya terlebih dahulu.
- c. Media yang digunakan untuk memberikan baik atau tidak baik dari hasil skor pengetikkannya adalah hasil eksperimen yang didapatkan dari kombinasi matrik orthogonal L8 (*inner array*) dan L4 (*outer array*).

Fase pelaksanaan eksperimen merupakan fase pengumpulan data-data hasil eksperimen dari rancangan-rancangan parameter berdasarkan interaksi maupun kombinasi matrik orthogonal (*outer array* dan *inner array*) terpilih. Masing-masing percobaan / eksperimen dari *inner array* harus dikombinasikan lagi dengan *outer array*, sehingga eksperimen dilakukan sebanyak  $p \times q$ , dimana  $p$  menunjukkan jumlah kondisi percobaan dari faktor kendali (*inner array*) dan  $q$  menunjukkan kondisi percobaan dari faktor derau (*outer array*).

### 3.4 Metode Pengolahan Data

Pada fase ini dilakukan beberapa eksperimen (pengolahan data) untuk mendukung keputusan nantinya. Beberapa tahapan tersebut antara lain :

- a. Perhitungan *Signal Noise To Ratio* ( SNR ) hasil eksperimen berdasarkan karakteristik mutu tujuan *Larger the Better*

$$\text{SNR} = -10 \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{y_i^2} \right) \right] \dots\dots\dots(3.1)$$

- b. Perhitungan ANOVA (*Analysis of Variance*)

Langkah-langkah dalam analisis variansi multifaktor adalah :

1. Menghitung harga *Sum of Square* (SS) atau jumlah kuadrat (JK) yang meliputi :

- a. Total *Sum of Square* (SST) atau jumlah kuadrat total

$$\text{SST} = \left[ \sum_{i=1}^N y_i^2 \right] - \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\text{Dengan } T = \sum_{i=1}^N Y_i^2 \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana :

$y_i$  = nilai respon (data pengamatan) ke-i

T = total nilai respon

N = jumlah pengamatan

- b. *Sum of Square* atau jumlah kuadrat suatu faktor, misalnya faktor A.

$$\text{SSA} = \left[ \sum_{i=1}^{k_A} \left( \frac{A_i^2}{n_{Ai}} \right) - \frac{T^2}{N} \right] \dots\dots\dots(3.4)$$

- c. *Sum of Square error* atau jumlah kuadrat *error* (SSE)

$$\text{SSE} = \text{SST} - \text{SS}_{\text{faktor}} \dots\dots\dots(3.5)$$

2. Menghitung *degree of freedom* (df) atau derajat bebas

a. *Degree of Freedom* total ( $df_T$ ), dirumuskan dengan :

$$df_T = N - 1 \dots\dots\dots(3.6)$$

b. *Degree of Freedom* suatu faktor, dirumuskan dengan :

$$df_A = k_A - 1 \dots\dots\dots(3.7)$$

c. *Degree of Freedom error* (dfe), dirumuskan dengan :

$$dfe = df_T - df_{\text{faktor}} \dots\dots\dots(3.8)$$

3. Menghitung *mean of square* (Mq) suatu faktor

$$Mq_A = \frac{SSA}{df_A} \dots\dots\dots(3.9)$$

4. Menghitung F ratio suatu faktor

$$F_{\text{ratio}} = \frac{Mq}{Mqe} \dots\dots\dots(3.10)$$

5. Menghitung pure of square (SS') suatu faktor

$$SS' = SS - (df \times Mqe) \dots\dots\dots(3.11)$$

6. Menghitung persen kontribusi (P) suatu faktor

$$P = \left[ \frac{SS'}{SS_T} \right] \times 100\% \dots\dots\dots(3.12)$$

c. Uji F Pada ANOVA

Langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

a. Menyatakan Hipotesis:

$H_0$  : faktor tidak mempengaruhi proses

$H_1$  : faktor mempengaruhi proses

b. Menentukan level of signifikansi ( $\alpha$ )

c. Menetapkan kriteria pengujian:

$H_0$  diterima apabila  $F_{\text{hitung}} \leq F^2_{(1-\alpha)(k-1)}$

$H_0$  ditolak apabila  $F_{hitung} > F^2_{(1-\alpha)(k-1)}$

d. Membuat kesimpulan : apakah  $H_0$  diterima atau ditolak.

d. Perhitungan efek tiap faktor

$$\text{Efek faktor} = \frac{1}{a} \left( \sum \eta_0 \right) \dots \dots \dots (3.13)$$

Dimana :

$0$  = nomor eksperimen yang akan mempunyai level yang sama.

$a$  = jumlah munculnya tiap level faktor dalam suatu kolom matrik *orthogonal*.

$\eta$  = SNR yang digunakan.

e. Konfirmasi hasil ekperimen.

### 3.5 Metode Analisis

Analisis dilakukan untuk masing-masing operator komputer meliputi analisis variabel-variabel kerja riil yang terjadi. Setelah semua input data yang dibutuhkan sudah diolah dengan DOE *Taguchi*, maka didapatkan nilai persentase tiap faktor yang menunjukkan peningkatan kinerja operator komputer. Selanjutnya menampilkan hasil analisis mengenai evaluasi dari pekerjaan VDT (*VDT work*) tersebut. Dalam evaluasi ini dapat diketahui apakah pekerjaan tersebut berpotensi menimbulkan ketidaknyamanan dan mempengaruhi kinerja pada operator komputer. Dalam analisis ini akan ditampilkan pula rekomendasi untuk menentukan tingkat pencahayaan eksternal, tingkat pencahayaan internal, jarak pandang mata ke monitor, dan posisi sudut kemiringan monitor terhadap mata yang lebih baik bagi operator komputer.

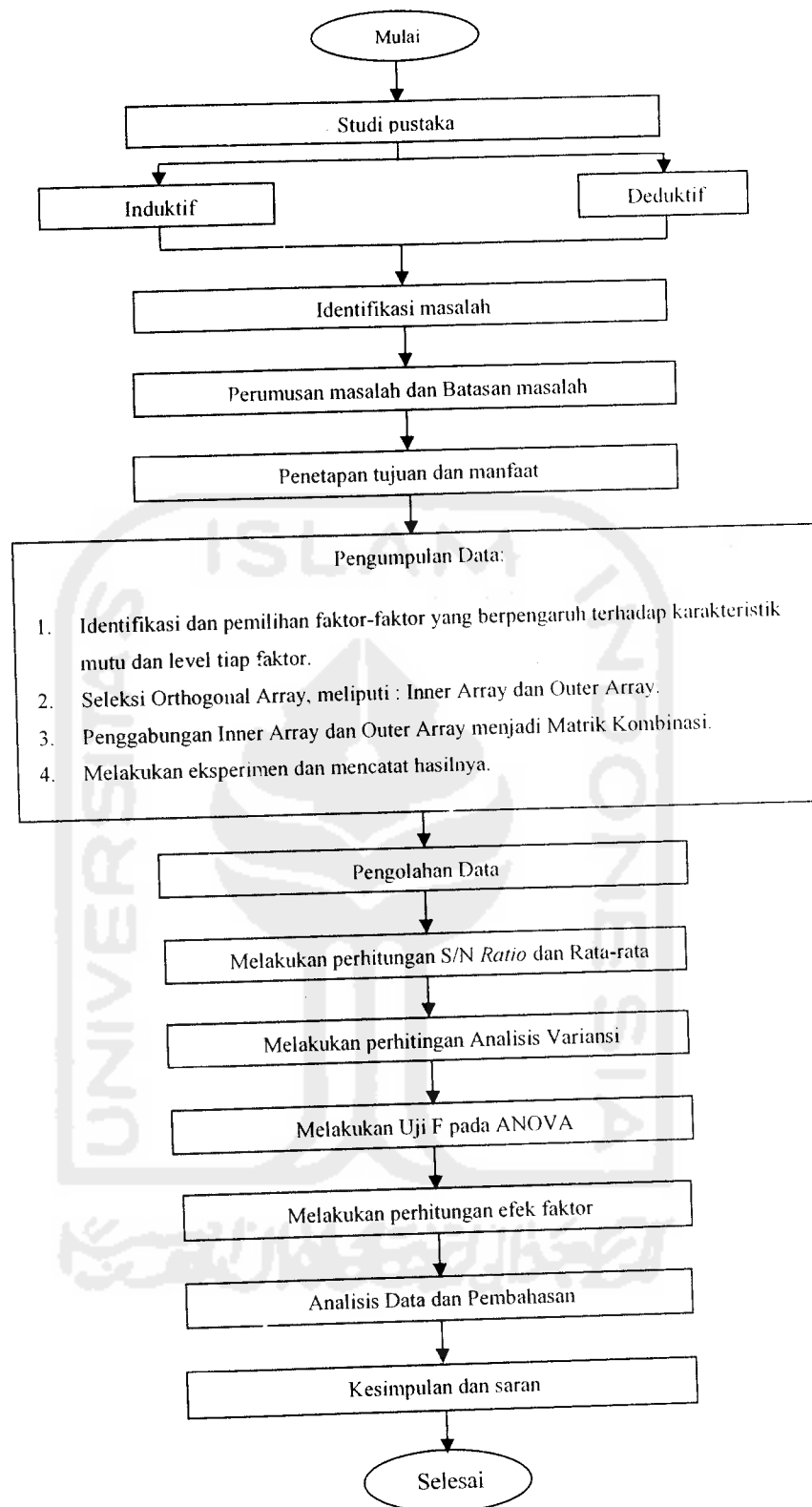


### 3.6 Langkah – Langkah Penelitian

Langkah–langkah penelitian dilakukan untuk mempermudah dalam memahami persoalan yang terjadi. Pertama dilakukan studi pustaka, yang mempelajari penelitian serupa yang pernah dilakukan sebelumnya. Setelah mengidentifikasi masalah dilanjutkan dengan merumuskan masalah untuk menentukan pokok permasalahan yang akan diteliti agar tujuan dari penelitian dapat menyelesaikan pokok permasalahan.

Langkah selanjutnya adalah pengumpulan data. Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah data yang telah diidentifikasi dan dipilih faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan dan kinerja operator komputer serta diberikan level tiap faktornya. Dari faktor yang ditentukan diseleksi lagi berdasarkan *orthogonal array* yang meliputi *inner array* dan *outer array*, hasil dari penggabungan *inner array* dan *outer array* akan menghasilkan matrik kombinasi. Langkah selanjutnya adalah melakukan eksperimen dimana operator komputer akan mengetik berdasarkan matrik kombinasi dan didapatkan hasilnya berupa nilai (skor).

Data hasil output tersebut akan diolah secara berurut dengan menggunakan perhitungan manual dan software minitab berdasarkan perhitungan DOE *Taguchi*. Hasil eksperimen akan dianalisa di bab pembahasan. Dari hasil analisa tersebut dapat ditarik kesimpulan dan memberikan saran–saran dari penelitian yang telah dilakukan. Langkah-langkah penelitian secara sistematis juga ditunjukkan dalam gambar 3.1



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

## BAB IV

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

#### 4.1 Pengumpulan Data

Table 4.1 dibawah merupakan tabel berupa data keluhan operator dalam pengetikan komputer berdasarkan hasil penelitaian terdahulu dan kuisioner.

**Tabel 4.1** Data keluhan operator komputer

Faktor - faktor	Persentase keluhan	Jumlah keluhan
1. Pencahayaan Eksternal (pencahayaan ruangan)	31,67 %	19 orang
2. Posisi Sudut kemiringan Monitor – Mata	23,33 %	14 orang
3. Jarak Pandang Mata – Monitor	20 %	12 orang
4. Pencahayaan Internal (pencahayaan dari monitor)	16,67 %	10 orang
5. Lain lain	8,33 %	5 orang

Tabel 4.2 dibawah merupakan faktor kendali yang dilibatkan dalam eksperimen yang terdapat empat faktor dan dua level yang dikelompokan dalam matrik orthogonal L8 (*inner array*).

**Tabel 4.2** Variabel Faktor-Level

Faktor terkontrol	Level 1	Level 2
A: Pencahayaan Eksternal (Lux)	325	500
B: Posisi Sudut kemiringan Monitor - Mata( °)	0	15
C: Jarak Pandang Mata – Monitor (inci)	20	26
D: Pencahayaan Internal (Lux)	60	70

Tabel 4.3 dibawah merupakan faktor *noise* yang dilibatkan dalam eksperimen yang terdapat dua faktor dan dua level yang dikelompokan dalam matrik orthogonal L4 (*outer array*).

**Tabel 4.3** Level / taraf faktor *derau*

Faktor Derau	Level	
	1	2
E. Waktu	Pagi	Siang
F. Jenis Kelamin	Pria	Wanita

Tabel 4.4 dibawah adalah matrik orthogonal *inner array* yang menggunakan 4 faktor kendali dengan masing-masing mempunyai 2 level / taraf, sehingga diperoleh suatu rancangan matrik orthogonal yang dituliskan sebagai L8.

**Tabel 4.4** Matrik orthogonal L8 (*inner array*)

Trial	Column Number						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Tabel 4.5 dibawah adalah matrik orthogonal *outer array* yang menggunakan 2 faktor *derau* dengan masing-masing mempunyai 2 level / taraf, sehingga diperoleh suatu rancangan matrik orthogonal yang dituliskan sebagai I.4.

**Tabel 4.5** Matrik orthogonal L4 standar (*outer array*)

Trial	Column Number	
	1	2
1	1	1
2	1	2
3	2	1
4	2	2



Tabel 4.7 Hasil Skor Pengetikan Replikasi 1

Penulis	Skor pengetikan																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
1	3	4	5	5	3	3	5	3	5	1	4	5	5	3	4	3	3	1	3	4	5	3	3	5	4	5	4	5	5	4	4		
2	4	5	1	4	4	4	5	3	4	4	3	3	5	4	4	5	4	4	4	4	4	5	3	4	3	4	3	4	5	1	5	4	5
3	3	4	3	5	3	3	4	5	5	3	5	4	3	3	3	3	3	4	3	5	1	3	4	3	5	4	3	5	3	4	4	1	
4	4	4	3	4	5	4	3	4	5	5	3	3	5	4	5	4	4	5	4	3	4	4	4	3	4	3	4	3	4	5	1	3	
5	5	3	5	4	1	5	5	4	1	4	5	1	3	4	4	5	1	3	5	5	4	4	5	1	3	1	3	1	5	5	2	4	4
6	4	4	4	3	4	4	3	2	4	5	4	4	3	5	3	5	4	4	4	3	1	2	2	3	5	4	4	3	5	5	5	5	
7	5	3	5	5	5	5	4	4	4	4	5	4	4	4	5	5	4	1	5	4	4	4	3	5	5	3	5	3	5	3	4	3	
8	5	5	5	4	4	5	1	5	3	5	1	3	3	3	5	2	4	3	5	3	5	3	5	3	3	5	5	5	3	5	4	4	
9	3	4	4	5	1	3	5	3	5	5	5	5	5	5	4	5	1	4	3	4	5	3	5	3	5	4	1	5	3	1	5	5	
10	2	2	5	4	4	2	4	4	5	4	3	4	5	4	5	4	4	5	2	2	4	4	4	4	2	1	4	3	3	5	3	3	
11	4	4	4	3	5	4	5	3	4	5	5	5	4	4	2	5	5	3	4	4	1	4	4	3	4	1	5	5	1	4	4		
12	4	4	5	3	1	4	3	4	5	3	3	4	1	2	3	3	1	4	4	4	5	3	3	5	3	5	3	1	5	3	5		
13	3	5	3	4	4	3	5	4	4	4	3	4	3	4	4	5	4	4	3	5	3	3	3	2	4	3	5	5	1	4	1		
14	3	3	4	4	5	3	3	5	1	1	5	3	4	5	4	5	4	5	3	3	4	4	4	2	5	5	5	5	3	1	4		
15	4	3	1	4	4	4	5	4	3	5	5	5	5	3	4	3	4	4	4	3	2	3	4	5	4	4	4	3	5	4	3		

Tabel 4.8 Hasil Skor Pengetikan Replikasi 2

Penulis	Skor pengetikan																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
16	4	3	4	5	4	3	5	3	4	4	5	5	3	5	3	4	3	1	3	3	3	4	5	3	4	4	3	4	4	3	4	
17	3	5	5	3	5	4	3	5	5	4	3	5	4	5	4	3	4	3	4	5	4	3	3	5	1	5	4	3	5	3	4	
18	5	4	5	4	1	4	4	5	3	4	4	3	5	3	1	4	3	5	4	3	3	4	3	4	5	4	3	1	5	4	5	
19	4	5	3	5	3	5	3	3	3	3	3	4	5	5	5	3	5	4	5	5	5	5	5	3	3	3	3	5	3	4	4	
20	3	5	5	5	4	1	4	5	5	3	4	4	3	2	4	5	1	4	4	5	4	3	5	1	5	4	1	4	3	5	3	
21	5	3	3	5	5	4	1	3	4	4	2	3	5	5	3	5	4	4	5	3	3	4	5	4	4	3	4	5	5	1	1	
22	5	4	1	4	3	3	4	5	5	4	3	4	5	3	5	3	5	3	5	4	5	5	3	3	3	5	5	5	5	5	5	
23	3	4	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5	1	5	4	5	4	5	4	5	5	5	5	4	4	5	4	5	1	4	4	
24	5	3	5	5	1	5	4	5	3	5	5	3	5	3	3	5	1	4	5	3	4	3	5	5	4	5	4	1	4	5	1	3
25	1	4	4	3	3	4	4	5	3	3	3	1	4	5	5	3	4	4	4	5	3	4	5	3	5	5	4	3	3	4	5	
26	4	5	5	4	4	1	5	3	5	4	4	5	3	1	4	1	5	1	3	5	2	3	3	4	4	1	5	5	4	5	4	
27	3	5	3	5	5	5	3	5	4	4	3	5	5	5	3	4	1	5	4	5	5	1	5	4	5	5	1	5	5	1	1	
28	4	1	3	5	1	3	5	3	5	5	4	4	5	1	1	5	4	3	3	5	4	4	3	5	4	4	4	5	5	5	5	
29	5	4	5	3	4	5	1	5	5	4	4	3	5	3	5	4	5	4	4	5	4	4	5	5	5	4	5	3	5	4	4	
30	4	3	4	3	3	4	4	5	4	5	4	5	3	5	4	4	4	5	4	3	4	5	4	4	4	3	4	3	3	4	3	



## 4.2 Pengolahan Data

### 4.2.1 Uji Organoleptik

Contoh perhitungan hasil *uji organoleptik* skor hasil pengetikan komputer adalah

$$\begin{aligned}
 \text{Rata - rata: } & \frac{\text{Panelis1} + \text{Panelis2} + \text{Panelis3} + \dots + \text{Panelis15}}{15} \\
 & : \frac{3 + 4 + 3 + \dots + 4}{15} \\
 & : \frac{56}{15} \\
 & : 3.73
 \end{aligned}$$

Perhitungan rata-rata *uji organoleptik* untuk replikasi 1 dan 2 dengan cara yang sama dari hasil skor pengetikan 2 sampai hasil skor pengetikan 32 dapat dilihat pada lampiran ke-1. Hasil selengkapnya untuk perhitungan rata-rata *uji organoleptik* skor hasil pengetikan di komputer disajikan dalam tabel 4.9 berikut:

**Tabel 4.9** Data hasil eksperimen pengetikan

No.Eksperimen	Y1		Y2		Y3		Y4	
1	3.73	3.87	3.80	3.87	3.80	4.00	4.07	4.00
2	3.53	3.60	3.73	3.67	4.07	3.67	3.80	4.27
3	3.87	4.20	3.80	4.00	4.00	3.73	3.80	3.93
4	3.87	4.07	3.80	3.73	3.93	3.60	4.13	3.87
5	3.33	3.53	3.60	3.67	3.73	4.07	3.80	4.27
6	3.53	3.93	3.47	3.87	3.73	4.33	3.27	3.80
7	3.87	4.07	3.67	3.93	4.00	3.53	3.87	4.00
8	3.73	4.07	3.33	3.53	3.60	3.67	3.80	4.20

#### 4.2.2 Fase Analisis Hasil Eksperimen

Pada fase ini untuk variabel respon yaitu nilai skor pengetikan di komputer dilakukan analisis.

##### 4.2.2.1 Analisis Hasil Eksperimen Pengetikan di Komputer

###### a. Perhitungan Signal To Noise Ratio (SNR)

Berdasarkan target mutu yang ingin dicapai yaitu semakin besar nilainya maka semakin baik mutunya (*Large is Better*) maka untuk perhitungan SNR digunakan rumus :

$$SNR_{(n)} = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

Contoh perhitungan untuk SNR dari percobaan 1 - 8 dari kombinasi A, B, C, D adalah :

$$\begin{aligned} SNR_{(n)1} &= -10 \log \left[ \frac{1}{8} \left( \frac{1}{3.73} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.87} \right)^2 + \dots + \left( \frac{1}{4.00} \right)^2 \right] \\ &= -10 \log \left( \frac{1}{8} \times 0.5295 \right) \\ &= 11.7922 \\ Rata-rata 1 &= \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4}{8} \\ &= \frac{3.73 + 3.87 + 3.80 + 3.87 + 3.80 + 4.00 + 4.07 + 4.00}{8} = 3.8925 \end{aligned}$$

Perhitungan *signal noise to ratio* dan rata-rata dengan cara yang sama dari no eksperimen 2 sampai 8 dapat dilihat pada lampiran ke-1. Hasil selengkapnya untuk perhitungan *signal noise to ratio* dan rata-rata skor pengetikan disajikan dalam tabel 4.10 berikut :

**Tabel 4.10** Hasil perhitungan *Signal Noise to Ratio* hasil skor pengetikan

No. Eksp	Faktor				Rata-rata	SNR
	A	B	C	D		
1	1	1	1	1	3.8925	11.7922
2	1	1	2	2	3.7925	11.5312
3	1	2	1	2	3.9163	11.8401
4	1	2	2	1	3.875	11.7417
5	2	1	1	2	3.75	11.4094
6	2	1	2	1	3.7413	11.375
7	2	2	1	1	3.8675	11.7215
8	2	2	2	2	3.7413	11.3951

b. Perhitungan ANOVA (*Analysis of Variance*)

Untuk mengetahui pengaruh faktor-faktor kendali berdasarkan fungsi kualitas larger is better, maka didapat persamaan:

$$Y_{\text{target}} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + e$$

$Y_{\text{target}}$  = nilai pengetikan

Faktor A = pencahayaan eksternal (Lux)

Faktor B = pencahayaan internal (Lux)

Faktor C = jarak pandang mata - monitor (inci)

Faktor D = posisi sudut kemiringan monitor - mata (°)

Hipotesis :

**Faktor A (pencahayaan eksternal)**

$H_0$  = Tidak ada pengaruh yang signifikan antara pencahayaan eksternal dengan hasil nilai pengetikan

$H_1$  = Ada pengaruh yang signifikan antara pencahayaan eksternal dengan hasil nilai pengetikan

**Faktor B (posisi sudut kemiringan monitor - mata)**

$H_0$  = Tidak ada pengaruh yang signifikan antara posisi sudut kemiringan monitor terhadap mata dengan hasil nilai pengetikan

$H_1$  = Ada pengaruh yang signifikan antara posisi sudut kemiringan monitor terhadap mata dengan hasil nilai pengetikan

**Faktor C (jarak pandang mata - monitor)**

$H_0$  = Tidak ada pengaruh yang signifikan antara jarak pandang mata - monitor dengan hasil nilai pengetikan

$H_1$  = Ada pengaruh yang signifikan antara jarak pandang mata - monitor dengan hasil nilai pengetikan

**Faktor D (pencahayaan internal)**

$H_0$  = Tidak ada pengaruh yang signifikan antara pencahayaan internal dengan hasil nilai pengetikan

$H_1$  = Ada pengaruh yang signifikan antara pencahayaan internal dengan hasil nilai pengetikan

Kriteria pengujian, yaitu:

Ho diterima apabila :  $F \text{ hitung} \leq F_{\text{tabel}}$

Ho ditolak apabila :  $F \text{ hitung} > F_{\text{tabel}}$

#### 4.2.2.2 Perhitungan ANOVA untuk SNR

1) Total Sum of Square ( SST ) atau jumlah kuadrat total

$$SST = \left[ \sum_{i=1}^N y_i^2 \right] - \frac{T^2}{N}$$

$$T = \sum_{i=1}^8 Y_i = 11.7922 + 11.5312 + \dots + 11.3951 = 92.8062$$

$$\frac{T^2}{N} = \frac{8612.990758}{8} = 1076.6238$$

$$\sum_{i=1}^n Y_i^2 = 11.7922^2 + 11.5312^2 + \dots + 11.3951^2 = 1076.8869$$

$$SST = 1076.8869 - 1076.6238 = 0.2631$$

2) Menghitung SS ( Sum of Square ) faktor

$$SSA = \left[ \sum_{i=1}^{k_A} \left( \frac{A^2}{n_{A_i}} \right) - \frac{T^2}{N} \right]$$

$$\sum_{i=1}^2 \left( \frac{A^2}{n_{A_i}} \right) = \left[ \frac{(11.7922 + 11.5312 + 11.8401 + 11.7417)^2}{4} \right] + \left[ \frac{(11.4094 + 11.3750 + 11.7215 + 11.3951)^2}{4} \right]$$

$$= 1076.7499$$

$$SSA = 1076.7499 - 1076.6238 = 0.1261$$

Perhitungan *Sum of Square* dengan cara yang sama SSB, SSC, SSD dapat dilihat pada lampiran ke-1. Hasil perhitungan untuk perhitungan *Sum of Square* disajikan dalam tabel 4.11.

- 3) Menghitung SSE (*Sum of Square*) atau jumlah kuadrat error

$$\begin{aligned} SSe &= SST - SS_{\text{faktor}} \\ &= 0.2633 - (0.1261 + 0.0436 + 0.0649 + 0.0259) \\ &= 0.2631 - 0.2605 \\ &= 0.0026 \end{aligned}$$

- 4) Menghitung degree of freedom (df) atau derajat bebas

Degree of Freedom Total ( $df_{\text{total}}$ )

$$\begin{aligned} df_{\text{total}} &= N - 1 = 8 - 1 = 7 \\ df_A &= K_A - 1 = 2 - 1 = 1 \\ df_B &= K_B - 1 = 2 - 1 = 1 \\ df_C &= K_C - 1 = 2 - 1 = 1 \\ df_D &= K_D - 1 = 2 - 1 = 1 \\ dfe &= df_{\text{total}} - (df_A + df_B + df_C + df_D) = 7 - (1 + 1 + 1 + 1) = 3 \end{aligned}$$

- 5) Menghitung mean of square (Mq) suatu faktor

$$\begin{aligned} Mq_A &= \frac{SSA}{df_A} = \frac{0.1261}{1} = 0.1261 \\ Mq_B &= \frac{SSB}{df_B} = \frac{0.0436}{1} = 0.0436 \\ Mq_C &= \frac{SSC}{df_C} = \frac{0.0649}{1} = 0.0649 \\ Mq_D &= \frac{SSD}{df_D} = \frac{0.0259}{1} = 0.0259 \\ Mq_e &= \frac{SSe}{dfe} = \frac{0.0026}{3} = 0.0009 \end{aligned}$$

- 6) Menghitung F ratio suatu faktor

$$\begin{aligned} F - \text{ratio}_A &= \frac{Mq_A}{Mq_e} = \frac{0.1261}{0.0009} = 140.1111 \\ F - \text{ratio}_B &= \frac{Mq_B}{Mq_e} = \frac{0.0436}{0.0009} = 48.4444 \\ F - \text{ratio}_C &= \frac{Mq_C}{Mq_e} = \frac{0.0649}{0.0009} = 72.1111 \end{aligned}$$

$$F\text{-ratio}_D = \frac{Mq_D}{Mq_e} = \frac{0.0259}{0.0009} = 28.7778$$

7) Menghitung  $SS'$  (*Pure of Sum Square*)

$$SSA' = SSA - (df_A \times Mq_e) = 0.1261 - (1 \times 0.0009) = 0.1252$$

$$SSB' = SSB - (df_B \times Mq_e) = 0.0436 - (1 \times 0.0009) = 0.0427$$

$$SSC' = SSC - (df_C \times Mq_e) = 0.0649 - (1 \times 0.0009) = 0.064$$

$$SSD' = SSD - (df_D \times Mq_e) = 0.0259 - (1 \times 0.0009) = 0.025$$

8) Menghitung persen kontribusi (P)

$$P_A = \left( \frac{SSA'}{SST} \right) \times 100\% = \left( \frac{0.1261}{0.2631} \right) \times 100\% = 47.9285\%$$

$$P_B = \left( \frac{SSB'}{SST} \right) \times 100\% = \left( \frac{0.0436}{0.2631} \right) \times 100\% = 16.5716\%$$

$$P_C = \left( \frac{SSC'}{SST} \right) \times 100\% = \left( \frac{0.0649}{0.2631} \right) \times 100\% = 24.6674\%$$

$$P_D = \left( \frac{SSD'}{SST} \right) \times 100\% = \left( \frac{0.0259}{0.2631} \right) \times 100\% = 9.8442\%$$

9) Menentukan tingkat signifikansi  $\alpha$ ,  $\alpha = 5\%$

10) Menentukan kriteria pengujian

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$  ; maka  $H_0$  diterima

$F_{hitung} > F_{tabel}$  ; maka  $H_0$  ditolak

11) Mencari nilai  $F_{tabel}$

Untuk mencari faktor kendali A, B, C, D dengan taraf signifikansi 5%  $df_A = 1$ ,  $df_B = 1$ ,  $df_C = 1$ ,  $df_D = 1$  dan  $dfe = 3$  diperoleh  $F_{tabel}$  untuk masing – masing faktor sebesar 10.13

Berikut ini ditampilkan tabel 4.11 ANOVA untuk SNR skor hasil pengetikan dan persen kontribusi.

**Tabel 4.11** ANOVA untuk SNR

Faktor	SS	df	Mq	SS'	P%	F hitung	F Tabel
A	0.1261	1	0.1261	0.1252	47.9285	140.1111	10.13
B	0.0436	1	0.0436	0.0427	16.5716	48.4444	10.13
C	0.0649	1	0.0649	0.0640	24.6674	72.1111	10.13
D	0.0259	1	0.0259	0.0250	9.8442	28.7778	10.13
Error	0.0026	3	0.0009				
SST	0.1496						

12) Membuat kesimpulan

a. Faktor A (Pencahayaian eksternal)

Ho ditolak, berarti ada pengaruh yang signifikan pencahayaian terhadap skor hasil pengetikan.

b. Faktor B (Posisi sudut kemiringan monitor terhadap mata)

Ho ditolak, berarti ada pengaruh yang signifikan antara Posisi sudut kemiringan monitor terhadap mata terhadap skor hasil pengetikan.

c. Faktor C (Jarak pandang mata - monitor)

Ho ditolak, berarti ada pengaruh yang signifikan antara jarak pandang mata – monitor terhadap skor hasil pengetikan.

d. Faktor D (Pencahayaian internal)

Ho ditolak, berarti ada pengaruh yang signifikan antara pencahayaian internal terhadap skor hasil pengetikan.



#### 4.2.2.3 Perhitungan ANOVA untuk Rata-rata

1) Total Sum of Square ( SST ) atau jumlah kuadrat total

$$SST = \left[ \sum_{i=1}^N y_i^2 \right] - \frac{T^2}{N}$$

$$T = \sum_{i=1}^8 Y_i = 3.8925 + 3.7925 + \dots + 3.7413 = 30.5764$$

$$\frac{T^2}{N} = \frac{934.916237}{8} = 116.8645$$

$$\sum_{i=1}^n Y_i^2 = 3.8925^2 + 3.7925^2 + \dots + 3.7413^2 = 116.9024$$

$$SST = 116.9024 - 116.8645 = 0.0379$$

2) Menghitung SS ( *Sum of Square* ) faktor

$$SSA = \left[ \sum_{i=1}^{k_A} \left( \frac{A^2}{n_{A_i}} \right) - \frac{T^2}{N} \right]$$

$$\sum_{i=1}^2 \left( \frac{A^2}{n_{A_i}} \right) = \left[ \frac{(3.8925 + 3.7925 + 3.9163 + 3.8750)^2}{4} \right] + \left[ \frac{(3.7500 + 3.7413 + 3.8675 + 3.7413)^2}{4} \right] = 116.8823$$

$$SSA = 116.8823 - 116.8645 = 0.0178$$

Perhitungan *Sum of Square* dengan cara yang sama SSB, SSC, SSD dapat dilihat pada lampiran ke-1. Hasil selengkapnya untuk perhitungan *Sum of Square* disajikan dalam tabel 4.12.

3) Menghitung SSE ( *Sum of Square* ) atau jumlah kuadrat error

$$SSE = SST - SS_{\text{faktor}}$$

$$= 0.0379 - (0.0178 + 0.0063 + 0.0093 + 0.0040)$$

$$= 0.0005$$

## 4) Menghitung degree of freedom (df) atau derajat bebas

Degree of Freedom Total (  $df_{total}$  )

$$df_{total} = N - 1 = 8 - 1 = 7$$

$$df_A = K_A - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$df_B = K_B - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$df_C = K_C - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$df_D = K_D - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$df_e = df_{total} - (df_A + df_B + df_C + df_D) = 7 - (1 + 1 + 1 + 1) = 3$$

## 5) Menghitung mean of square (Mq) suatu faktor

$$Mq_A = \frac{SSA}{df_A} = \frac{0.0178}{1} = 0.0178$$

$$Mq_B = \frac{SSB}{df_B} = \frac{0.0063}{1} = 0.0063$$

$$Mq_C = \frac{SSC}{df_C} = \frac{0.0093}{1} = 0.0093$$

$$Mq_D = \frac{SSD}{df_D} = \frac{0.0040}{1} = 0.0040$$

$$Mq_e = \frac{SSE}{df_E} = \frac{0.0005}{3} = 0.0002$$

## 6) Menghitung F ratio tiap faktor

$$F - ratio_A = \frac{Mq_A}{Mq_e} = \frac{0.0178}{0.0002} = 89$$

$$F - ratio_B = \frac{Mq_B}{Mq_e} = \frac{0.0063}{0.0002} = 31.5$$

$$F - ratio_C = \frac{Mq_C}{Mq_e} = \frac{0.0093}{0.0002} = 46.5$$

$$F - ratio_D = \frac{Mq_D}{Mq_e} = \frac{0.0040}{0.0002} = 20$$

7) Menghitung  $SS'$  (*Pure of Sam Square*)

$$SSA' = SSA - (df_A \times Mqe) = 0.0178 - (1 \times 0.0002) = 0.0176$$

$$SSB' = SSB - (df_B \times Mqe) = 0.0063 - (1 \times 0.0002) = 0.0061$$

$$SSC' = SSC - (df_C \times Mqe) = 0.0093 - (1 \times 0.0002) = 0.0091$$

$$SSD' = SSD - (df_D \times Mqe) = 0.0040 - (1 \times 0.0002) = 0.0038$$

## 8) Menghitung persen kontribusi ( P )

$$P_A = \left( \frac{SSA'}{SST} \right) \times 100\% = \left( \frac{0.0178}{0.0379} \right) \times 100\% = 46.9657\%$$

$$P_B = \left( \frac{SSB'}{SST} \right) \times 100\% = \left( \frac{0.0063}{0.0379} \right) \times 100\% = 16.6227\%$$

$$P_C = \left( \frac{SSC'}{SST} \right) \times 100\% = \left( \frac{0.0093}{0.0379} \right) \times 100\% = 24.5383\%$$

$$P_D = \left( \frac{SSD'}{SST} \right) \times 100\% = \left( \frac{0.0040}{0.0379} \right) \times 100\% = 10.5541\%$$

9) Menentukan tingkat signifikansi  $\alpha$ ,  $\alpha = 5\%$ 

## 10) Menentukan kriteria pengujian

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$  ; maka  $H_0$  diterima

$F_{hitung} > F_{tabel}$  ; maka  $H_0$  ditolak

11) Mencari nilai  $F_{tabel}$ 

Untuk mencari faktor kendali A, B, C, D dengan taraf signifikansi 5%  $df_A = 1$ ,  $df_B = 1$ ,  $df_C = 1$ ,  $df_D = 1$  dan  $df_e = 3$  diperoleh  $F_{tabel}$  untuk masing-masing faktor sebesar 10.13

Berikut ini ditampilkan tabel 4.12 ANOVA untuk rata-rata skor hasil pengetikan komputer dan persen kontribusi.

**Tabel 4.12** ANOVA untuk Rata-rata

Faktor	SS	Df	Mq	SS'	P%	F hitung	F Tabel
A	0.0178	1	0.0178	0.0176	46.9657	89	10.13
B	0.0063	1	0.0068	0.0061	16.6227	31.5	10.13
C	0.0093	1	0.0093	0.0091	24.5383	46.5	10.13
D	0.0040	1	0.0040	0.0038	10.5541	20	10.13
Error	0.0005	3	0.0002				
SST	0.0379						

## 12) Membuat kesimpulan

### a. Faktor A (Pencahayaian eksternal)

Ho ditolak, berarti ada pengaruh yang signifikan pencahayaian terhadap skor hasil pengetikan.

### b. Faktor B (Posisi sudut kemiringan monitor terhadap mata)

Ho ditolak, berarti ada pengaruh yang signifikan antara Posisi sudut kemiringan monitor terhadap mata terhadap skor hasil pengetikan.

### c. Faktor C (Jarak pandang mata - monitor)

Ho ditolak, berarti ada pengaruh yang signifikan antara jarak pandang mata – monitor terhadap skor hasil pengetikan.

d. Faktor D (Pencahaya internal)

$H_0$  ditolak, berarti ada pengaruh yang signifikan antara pencahaya internal terhadap skor hasil pengetikan.

#### 4.2.2.4 Perhitungan Efek Tiap Faktor

Perhitungan efek tiap faktor dapat dilakukan terhadap nilai SNR maupun terhadap Rata-rata, dengan menggunakan rumus :

1) Efek faktor terhadap nilai SNR

$$\text{Efek faktor} = \frac{1}{a} (\sum \eta_0)$$

dimana :

$0$  = nomor eksperimen yang mempunyai level yang sama

$a$  = jumlah munculnya tiap level faktor dalam suatu kolom matrik orthogonal

$\eta$  = nilai SNR yang digunakan

Berikut ini adalah contoh perhitungan efek faktor A yang memiliki 2 level yaitu  $A_1$  dan  $A_2$  :

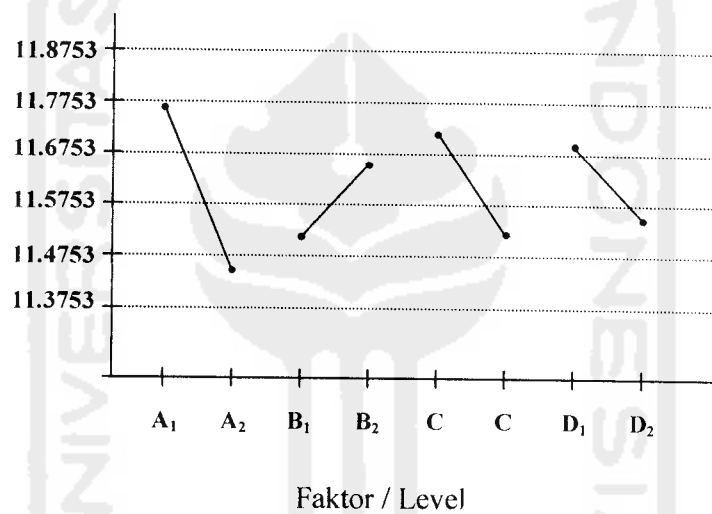
$$\text{Efek faktor } A_1 = \frac{(11.7922 + 11.5312 + 11.8401 + 11.7417)}{4} = 11.7263$$

$$\text{Efek faktor } A_2 = \frac{(11.4094 + 11.375 + 11.7215 + 11.3951)}{4} = 11.4753$$

Perhitungan Efek faktor terhadap nilai SNR dengan cara yang sama dari efek faktor  $B_1$  sampai dengan  $D_2$  dapat dilihat pada lampiran ke-1. Setelah semua efek faktor dihitung kemudian dicari perbedaan maksimum untuk tiap – tiap faktor dan tentukan rangking dari tiap-tiap faktor secara berurutan mulai dari faktor yang mempunyai perbedaan paling besar. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.13

**Tabel 4.13** Efek Nilai Tiap Faktor

	Faktor Kendali			
	A	B	C	D
Level 1	11.7263	11.527	11.6908	11.6576
Level 2	11.4753	11.6746	11.5108	11.544
Perbedaan	0.251	0.1476	0.1800	0.1136
Ranking	1	3	2	4

**Gambar 4.1** Grafik respons dari efek faktor terhadap nilai SNR

## 2) Efek Faktor Terhadap Nilai Rata-rata

$$\text{Efek faktor} = \frac{1}{a} (\sum x_o)$$

Dimana :

0 = nomor eksperimen yang mempunyai level yang sama

a = jumlah munculnya tiap level faktor dalam suatu kolom matrik orthogonal

x = nilai rerata yang digunakan

Berikut ini adalah contoh perhitungan efek faktor A yang memiliki 2 level yaitu A1 dan A2 :

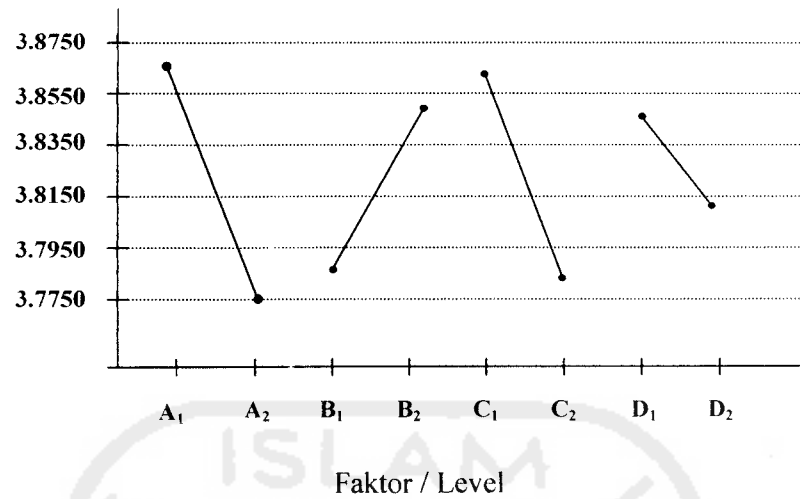
$$\text{Efek factor A1} = \frac{(3.8925 + 3.7925 + 3.9163 + 3.875)}{4} = 3.8691$$

$$\text{Efek factor A2} = \frac{(3.75 + 3.7413 + 3.8675 + 3.7413)}{4} = 3.7750$$

Perhitungan Efek faktor terhadap nilai Rata-rata dengan cara yang sama dari efek faktor B1 sampai dengan D2 dapat dilihat pada lampiran ke-1. Setelah semua efek faktor dihitung kemudian dicari perbedaan maksimum untuk tiap – tiap faktor dan tentukan ranking dari tiap-tiap faktor secara berurutan mulai dari faktor yang mempunyai perbedaan paling besar. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.14.

**Tabel 4.14.** Efek Dari Rata-rata Tiap Faktor

	Faktor Kendali			
	A	B	C	D
Level 1	3.8691	3.7941	3.8566	3.8441
Level 2	3.7550	3.8500	3.7875	3.8000
Perbedaan	0.0941	0.0559	0.0691	0.0441
Ranking	1	3	2	4



**Gambar 4.2** Grafik respons dari efek faktor terhadap Rata-rata

#### 4.2.2.5 Menentukan Kombinasi Faktor –Level Optimum

**Table 4.15** Faktor, level, and effects

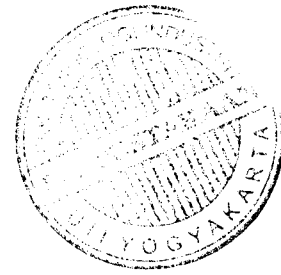
Faktor	Level	Nilai	Av. effect response mean	Av. effect response S/N ratio
Pencahayaan eksternal (A)	1	325 lux	3.8691	11.7263
Posisi sudut monitor - mata (B)	2	15°	3.8500	11.6746
Jarak pandang mata - monitor (C)	1	20 inci	3.8566	11.6908
Pencahayaan internal (D)	1	60 lux	3.8441	11.6576

Sehingga faktor level yang optimum didapat pada Pencahayaan eksternal (A1) = 1

325 Lux, Posisi sudut monitor – mata (B2) = 15°, Jarak pandang mata – monitor

(C1) = 20 inci, Pencahayaan internal (D1) = 60 Lux.





#### 4.2.2.6 Memprediksi Nilai Pengetikan Optimum

$$\begin{aligned} \text{Predicted mean} &= \bar{A}_i + \bar{B}_j + \bar{C}_k + \bar{D}_l - 3x(\bar{Y}) \\ &= \bar{A}_1 + \bar{B}_2 + \bar{C}_1 + \bar{D}_1 - 3x(\bar{Y}) \\ &= 3,8691 + 3,8500 + 3,8566 + 3,8441 - 3 \times 3,8220 = 3,9537 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Predicted S/N} &= \bar{\eta}_{A1} + \bar{\eta}_{B2} + \bar{\eta}_{C1} + \bar{\eta}_{D1} - 3x(\bar{\eta}) \\ &= 11,7263 + 11,6746 + 11,6908 + 11,6576 - 3 \times 11,5426 = 11,9481 \end{aligned}$$

Berdasarkan penghitungan hasil prediksi diatas maka hasil nilai pengetikan optimum yang dapat dicapai yaitu 3,9837 dengan nilai variasi 11,9481.

#### 4.2.2.7 Konfirm eksperimen

- a. Melakukan eksperimen konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dilakukan sebanyak 2 kali. Hasil yang diperoleh untuk mean adalah 3,8846 dan 3,8805 dengan mean 3,8825

1. Eksperimen konfirmasi 1

$$\begin{aligned} &= \bar{A}_1 + \bar{B}_2 + \bar{C}_2 + \bar{D}_1 - 3x(\bar{Y}) \\ &= 3,8691 + 3,8500 + 3,7875 + 3,8441 - 3 \times 3,8220 = 3,8846 \end{aligned}$$

2. Eksperimen konfirmasi 2

$$\begin{aligned} &= \bar{A}_1 + \bar{B}_2 + \bar{C}_2 + \bar{D}_2 - 3x(\bar{Y}) \\ &= 3,8691 + 3,8500 + 3,7875 + 3,8000 - 3 \times 3,8220 = 3,8805 \end{aligned}$$

## b. Confidence interval-predicting mean

$$CI = \sqrt{F_{a,v1,v2} \times Vex \left[ \frac{1}{n_{eff}} \right]}$$

$$n_{eff} = \frac{\text{jumlah eksperimen}}{\text{Sum Of Degree Of Freedom Used In Estimate Of Mean}}$$

$$n_{eff} = \frac{64}{1+1+1+1} = 16$$

$$CI = \sqrt{10,14 \times 0,0002 \times \left[ \frac{1}{16} \right]} = 0,0113$$

$$\mu_{predicted} - CI \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + CI$$

$$3,9537 - 0,0113 \leq \mu_{predicted} \leq 3,9537 + 0,0113$$

$$3,9424 \leq \mu_{predicted} \leq 3,9650$$

## c. Confidence interval-konfirmasi mean

$$CI = \sqrt{F_{a,v1,v2} \times Vex \left[ \frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]}$$

$$CI = \sqrt{10,13 \times 0,0002 \times \left[ \frac{1}{16} + \frac{1}{2} \right]} = 0,0338$$

$$\mu_{confirmation} - CI \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + CI$$

$$3,8825 - 0,0338 \leq \mu_{predicted} \leq 3,8825 + 0,0338$$

$$3,8488 \leq \mu_{predicted} \leq 3,9164$$

- d. Membandingkan Confidence interval-predicting mean dengan Confidence interval-konfirmasi mean

$$\text{Confidence interval-predicting mean } 3,9424 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 3,9650$$

$$\text{Confidence interval-konfirmasi mean } 3,8488 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 3,9164$$

#### 4.2.2.8 Menghitung Persen Peningkatan Kinerja Operator Komputer

Dari penghitungan  $\mu$  optimum = 11,9481. Sedangkan  $\mu$  existing dengan kombinasi faktor – level A1, B1, C1 dan D1 diperoleh 11,7922.

$$\rho = kMSD_{\text{existing}} \times \left[ 1 - 0.5^{\left( \frac{\mu_{\text{optimum}} - \mu_{\text{existing}}}{3} \right)} \right]$$

$$\rho = kMSD_{\text{existing}} \times \left[ 1 - 0.5^{\left( \frac{11,9481 - 11,7922}{3} \right)} \right]$$

$$\rho = kMSD_{\text{existing}} \times [1 - 0.5^{0,1559}]$$

$$\rho = kMSD_{\text{existing}} \times 0,1024$$

$$\rho = 100 \times 0,1024 = 10,24$$

Nilai persentase peningkatan = 100% - 10,24% = 89,76 %.

## BAB V

### PEMBAHASAN

#### **5.1 Analisis *Orthogonal Array***

Dalam penelitian ini digunakan empat faktor dengan dua level tanpa adanya interaksi antar faktor. Dari penghitungan kesesuaian *orthogonal array* didapat bahwa *orthogonal array* yang sesuai adalah  $L_8$ . *Orthogonal array*  $L_8$  terdiri dari empat kolom yang masing – masing kolom terdiri dari dua level, sehingga setiap kolom dari *orthogonal array* tersebut digunakan sebagai kombinasi eksperimen. Dari penghitungan nilai efisiensi eksperimen penelitian ini didapat nilai sebesar 100%, artinya pemakaian *orthogonal array* ini sangat efisien diterapkan dalam eksperimen ini.

#### **5.2 Analisis Hasil Eksperimen**

Pertama kali yang dilakukan dalam eksperimen ini adalah melakukan *uji organoleptik* skor hasil pengetikan komputer yaitu untuk mengetahui pengelompokan nilai yang ditabelkan dalam tabel 4.9.

Hasil dalam tabel 4.9 dimasukkan ke dalam perhitungan *Signal Noise to Ratio* (SNR) dan rata-rata dimana hasilnya terdapat dalam tabel 4.10. Setelah tahap perhitungan SNR dan rata-rata selesai dilakukan analisis variansi dalam perhitungan BAB IV dilakukan pada kedua ukuran yaitu terhadap nilai SNR dan Rata-rata. Dari

ukuran nilai ini dapat diketahui bahwa keempat faktor tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap nilai variansi yang ditunjukkan oleh nilai SNR. Dari perhitungan ANOVA yang ditabelkan dalam tabel 4.11 dan tabel 4.12 dapat diperkuat statemen bahwa secara statistik keempat faktor yang telah diidentifikasi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon, sehingga dapat digunakan untuk menentukan level dari faktor mana yang akan digunakan sebagai perbaikan. Pemilihan level untuk setiap faktor tersebut yaitu dengan melihat efek faktor terbesar dari nilai SNR.

### **5.3 Analisis dari ANOVA**

Uji ANOVA digunakan untuk mengetahui pengaruh dari masing – masing faktor terhadap data. Dengan uji ini juga dapat diketahui seberapa besar error dalam pengambilan data. Derajat bebas denominator didapat dari banyak level – 1, yaitu  $2 - 1 = 1$ . Untuk derajat bebas numerator didapat dari  $7 - 4 = 3$ . Dengan tingkat signifikansi 0,05 maka diperoleh Ftabel sebesar 10,13.

#### **5.3.1 Analisis nilai F ratio SNR dari setiap faktor**

F ratio pencahayaan eksternal adalah  $140,1111 > 10,13$ , artinya pencahayaan eksternal mempengaruhi secara signifikan terhadap nilai pengetikan. F ratio posisi sudut kemiringan monitor terhadap mata adalah  $48,4444 > 10,13$  artinya posisi sudut kemiringan monitor terhadap mata mempengaruhi secara signifikan terhadap nilai pengetikan. F ratio jarak pandang mata ke monitor adalah  $72,1111 > 10,13$  artinya

jarak pandang mata ke monitor mempengaruhi secara signifikan terhadap nilai pengetikan. F ratio pencahayaan internal adalah  $28.7778 > 10,13$  artinya pencahayaan internal mempengaruhi secara signifikan terhadap nilai pengetikan.

### **5.3.2 Analisis nilai F ratio rata-rata dari setiap faktor**

F ratio pencahayaan eksternal adalah  $89 > 10,13$ , artinya pencahayaan eksternal mempengaruhi secara signifikan terhadap nilai pengetikan. F ratio posisi sudut kemiringan monitor terhadap mata adalah  $31,5 > 10,13$  artinya posisi sudut kemiringan monitor terhadap mata mempengaruhi secara signifikan terhadap nilai pengetikan. F ratio jarak pandang mata ke monitor adalah  $46,5 > 10,13$  artinya jarak pandang mata ke monitor mempengaruhi secara signifikan terhadap nilai pengetikan. F ratio pencahayaan internal adalah  $20 > 10,13$  artinya pencahayaan internal mempengaruhi secara signifikan terhadap nilai pengetikan.

### **5.4 Analisis *Average Effect Response Mean* dan *S/N Ratio***

*Average Effect S/N Ratio* digunakan untuk mengetahui variasi dari masing – masing faktor – level. Variasi terkecil adalah faktor level yang mempunyai nilai *Average Effect S/N Ratio* terbesar. Nilai efek dari rata-rata tiap faktor juga digunakan untuk mengetahui urutan kontribusi faktor terhadap nilai pengetikan. Dari nilai efek dari rata-rata tiap faktor tersebut diperoleh urutan faktor dari yang terbesar adalah : pencahayaan eksternal, jarak pandang mata ke monitor, posisi sudut kemiringan

monitor, dan pencahayaan internal. Hasil ini sama dengan hasil dari analisa average effect response mean dan uji ANOVA.

Untuk mempermudah dalam analisa maka digunakan plot yang terdapat pada gambar 4.12 data:

1. Untuk pencahayaan eksternal, nilai S/N terbaik diperoleh pada level satu. Level satu menghasilkan variasi yang paling besar. Jika dinaikan pada level dua maka menghasilkan variasi yang lebih besar.
2. Untuk posisi sudut kemiringan monitor, nilai S/N terbaik diperoleh pada level dua. Apabila level diturunkan pada level satu maka variasi semakin kecil.
3. Untuk jarak pandang mata ke monitor, nilai S/N terbaik diperoleh pada level satu. Apabila level dinaikan pada level dua maka variasi semakin besar.
4. Untuk pencahayaan internal terlihat bahwa range nilai variasi sangatlah kecil. nilai S/N terbaik diperoleh pada level satu. Apabila level dinaikan pada level dua maka variasi semakin besar. Ini menunjukkan bahwa pencahayaan internal memberikan pengaruh kontribusi yang sangat kecil.

*Average effect response mean* digunakan untuk mengetahui performa dari masing – masing faktor – level. Performa terbaik adalah faktor level yang mempunyai nilai *average effect response mean* terkecil. Efek nilai tiap-tiap faktor dapat juga digunakan untuk mengetahui urutan kontribusi masing – masing faktor terhadap nilai pengetikan. Efek nilai tiap-tiap faktor tersebut diperoleh urutan faktor dari yang terbesar adalah: pencahayaan eksternal, jarak pandang mata ke monitor, posisi sudut

kemiringan monitor, dan pencahayaan internal. Hasil ini sama dengan hasil dari uji ANOVA.

Untuk mempermudah dalam analisa maka digunakan plot yang terdapat pada gambar 4.13 data:

1. Untuk pencahayaan eksternal optimal didapat pada level satu. Performa paling rendah didapat pada level dua.
2. Untuk posisi sudut kemiringan monitor , level optimal didapat pada level dua. Apabila level diturunkan pada level satu maka performa semakin rendah.
3. Untuk jarak pandang mata ke monitor, level optimal didapat pada level satu. Apabila level dinaikan pada level dua maka performa semakin rendah.
4. Untuk pencahayaan internal level optimal didapat pada level satu. Apabila level dinaikan pada level dua maka performa semakin kecil Ini menunjukkan bahwa pencahayaan internal memberikan pengaruh kontribusi yang sangat kecil.

### 5.5 Analisis Kombinasi Faktor

Tabel 5.1 menunjukkan komposisi level faktor yang didapat adalah  $A_1 B_2 C_1 D_1$ , dengan level faktor tersebut akan menghasilkan kinerja pengetikan yang lebih baik. Hal tersebut berdasarkan dengan *signal to noise ratio* yang dituju yaitu *larger is better*. Setelah didapat hasil kombinasi yang optimal dari eksperimen yang dilakukan melalui *Design of eksperimen Taguchi* maka kinerja operator dalam pengetikan



komputer menjadi lebih baik dari sebelumnya terutama dalam penggunaan mata. mengurangi rasa perih dan sakit yang berlebihan sehingga bisa merusak mata.

**Tabel 5.1** Level faktor pada kondisi setelah dilakukan eksperimen

Faktor	Level 1	Level 2
Pencahayaan eksternal (A1)	325 Lux	
Posisi sudut kemiringan monitor – mata (B2)		15°
Jarak pandang mata ke monitor (C1)	20 inci	
Pencahayaan internal (D1)	60 Lux	

Dari hasil-hasil analisa pengolahan diatas diperoleh hasil yang dapat menunjukkan nilai atau level yang digunakan untuk meningkatkan kenyamanan dan kinerja operator komputer :

a. Faktor A (Pencahayaan eksternal)

Pada faktor A, nilai SNR tertinggi didapatkan pada level 1 (350 Lux). Nilai SNR ini konsisten terhadap variansi. Hasil ini sesuai dengan teori Grandjean yang dilakukan yaitu pencahayaan di depan komputer cukup sebesar 200 Lux, bila disertai dengan membaca teks maka diperlukan minimal 350 Lux (Grandjean, 1993). Untuk Rata-rata, nilai tertinggi diperoleh pada level yang sama. Karena kasusnya *larger the better* maka hasil yang lebih baik adalah respon pengetikan yang semakin baik. Faktor A ini mempengaruhi rata-rata maupun variansi (yang ditunjukkan oleh nilai SNR). Pencahayaan eksternal memberikan kontribusi

pengaruh sebesar 47.9285 % (SNR) dan 46.9657% terhadap rata-rata-rata peningkatan kinerja operator komputer.

b. Faktor B (Posisi sudut kemiringan monitor terhadap mata)

Pada faktor B, nilai SNR tertinggi didapatkan pada level 2 ( $15^\circ$ ). Nilai SNR ini konsisten terhadap variansi. Hasil ini sudah dapat dibenarkan karena sudah dalam kondisi yang baik dalam sudut posisi kemiringan monitor lebih rendah 10-20 derajat dari pandangan horizontal mata (Nuswantoro, 2006). Untuk rata-rata, nilai tertinggi diperoleh pada level yang sama. Posisi sudut kemiringan monitor terhadap mata memberikan kontribusi pengaruh sebesar 16.5716 % (SNR) dan 16.6227% terhadap rata-rata peningkatan kinerja operator komputer.

c. Faktor C (Jarak pandang mata ke monitor)

Pada faktor C, nilai SNR tertinggi didapatkan pada level 1 (20 inci). Nilai SNR ini konsisten terhadap variansi. Hasil ini sudah dapat dibenarkan karena sudah dalam kondisi yang baik dalam jarak monitor dengan mata umumnya antara 20-26 inchi (Nuswantoro, 2006). Untuk rata-rata, nilai tertinggi diperoleh pada level yang sama. Jarak pandang mata ke monitor memberikan kontribusi pengaruh sebesar 24.6674 % (SNR) dan 24.5383% terhadap rata-rata peningkatan kinerja operator komputer.

d. Faktor D (Pencahayaannya internal)

Pada faktor D, nilai SNR tertinggi didapatkan pada level 1 (60 Lux). Nilai SNR ini konsisten terhadap variansi. Untuk rata-rata, nilai tertinggi diperoleh pada level yang sama. Pencahayaannya internal memberikan pengaruh kontribusi sebesar

9.8442 % (SNR) dan 10.5541% terhadap rata-rata kontribusi pengaruh peningkatan kinerja operator komputer.

### 5.6 Analisis Konfirm Eksperimen

Eksperimen konfirmasi dilakukan sebanyak 2 kali. Hasil yang diperoleh adalah 3,8846 dan 3,8805. Sehingga rata - rata mean 3,8825. Dari penghitungan nilai predicting mean diperoleh sebesar 3,9537 dan predicted S/N ratio 11,9481. Jika dibanding dengan nilai mean eksperimen, nilai predicting mean lebih besar artinya nilai prediksi mempunyai performa yang lebih baik. Dan nilai predicted S/N ratio lebih besar daripada nilai S/N ratio eksperimen artinya variasinya lebih baik.

Untuk mengetahui, hasil dari predicting mean reproducible yaitu dengan membandingkan nilai Confidence interval-predicting mean dengan Confidence interval-konfirmasi mean. Jika confidence interval-predicting mean lebih besar dari confidence interval-konfirmasi mean maka predicting mean reproducible. Dari penghitungan diperoleh sebagai berikut:

$$\text{Confidence interval-predicting mean } 3,9424 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 3,9650$$

$$\text{Confidence interval-konfirmasi mean } 3,8488 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 3,9164$$

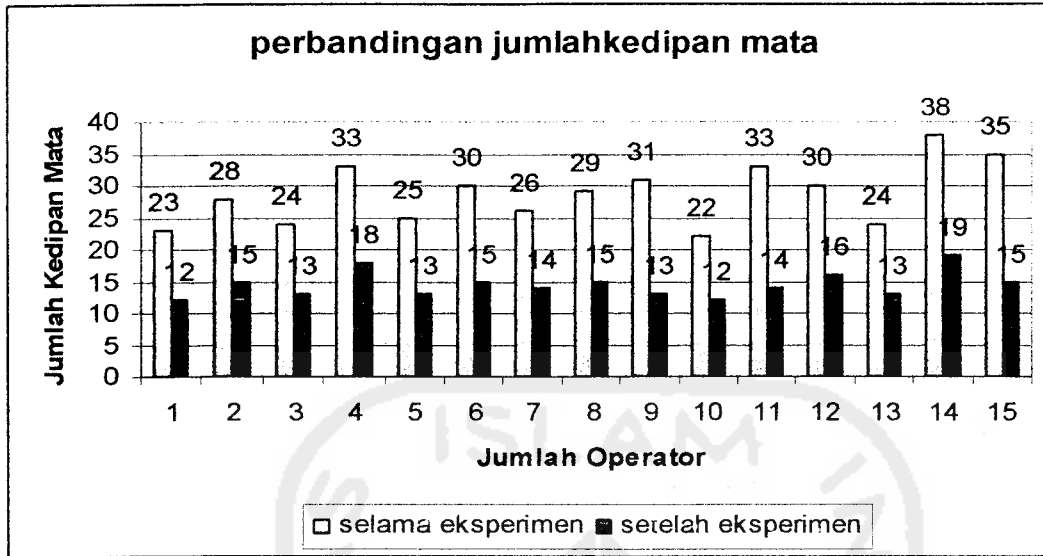
Nilai bawah confidence interval-predicting mean > confidence interval-konfirmasi mean, yaitu  $3,9650 > 3,9164$ . Nilai atas confidence interval-predicting mean > confidence interval-konfirmasi mean, yaitu  $3,9424 > 3,8488$ . Sehingga *reproducible*.

### 5.7 Analisis Peningkatan Kinerja Operator Komputer

Diperoleh hasil dari perhitungan  $\mu$  *existing* dengan kombinasi faktor – level A1, B1, C1 dan D1 sebesar 11,7922, sedangkan dari penghitungan  $\mu$  optimum = 11,9481. Jadi dengan dihitung dalam persentase ( $100\% - 10,24\% = 89,76\%$ ). Artinya adanya peningkatan kinerja operator komputer secara keseluruhan sebesar 89,76 % dibandingkan dengan sebelumnya.

### 5.8 Analisis Kenyamanan Operator Komputer

Peneliti melakukan pengamatan kembali berkaitan dengan kenyamanan operator komputer yang meliputi kelelahan mata setelah dilakukan eksperimen kembali dengan kombinasi yang dihasilkan *Taguchi*. Didapatkan hasil yang lebih baik karena dapat membuat mata tidak cepat lelah (kedipan mata lebih sedikit dibandingkan sebelumnya). Mata pada saat eksperimen belum ditentukan oleh *Taguchi* akan mengedip 25-40 kali dalam semenit sehingga mata cepat lelah, setelah dilakukan DOE *Taguchi* mata mengedip 12-18 kali dalam semenit, sehingga operator merasa nyaman. Untuk mengurangi munculnya gejala *computer-related eyestrain*, Roestijiwati (2007) menganjurkan untuk melakukan langkah “3B” yaitu Blink, Breath dan Break. Blink adalah mengedipkan mata dalam keadaan normal dalam satu menit mata akan mengedip 12-15 kali. Grafik perbandingan dapat dilihat pada gambar 5.1 dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 5.2.



**Gambar 5.1** Perbandingan jumlah kedipan mata operator komputer

**Tabel 5.2** Data perbandingan jumlah kedipan mata operator komputer

No.	Nama	Jumlah Kedipan Mata (satu menit)	
		Selama Ekperimen (rata-rata)	Setelah Ekperimen (hasil akhir <i>Taguchi</i> )
1	Singgih Sugianto	23	12
2	Eri Heriza	28	15
3	Nur Kholiq	24	13
4	Arif	33	18
5	Anggha Febrian	25	13
6	Edi	30	15
7	Vikki	26	14
8	Eka	29	15
9	Ammaria Dila Sari	31	13
10	Febi Riski Andari P.	22	12
11	Anggraeni	33	14
12	Annida Fauziah	30	16
13	Tri Novita Sari	24	13
14	Rafika A'yun	38	19
15	Nanin	35	15

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis eksperimen dan pembahasan yang dilakukan, maka dalam penelitian ini dapat diambil suatu kesimpulan bahwa :

1. Matrik *Orthogonal Array* yang dipakai adalah matrik *orthogaonal Array L8*.
2. Faktor-faktor yang dianggap paling berpengaruh terhadap skor hasil pengetikan adalah faktor A (Pencahayaannya eksternal). Memberikan kontribusi sebesar 47.9285% terhadap SNR dan 46.9657% terhadap Rata-rata.. Dan faktor yang paling kecil pengaruhnya adalah faktor D (pencahayaannya internal) dimana hasil pengetikan memberikan kontribusi sebesar 9.8442% terhadap SNR dan 10.5541% terhadap Rata-rata.
3. Pencahayaannya eksternal, posisi sudut kemiringan monitor, jarak pandang mata ke komputer, dan pencahayaannya internal mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap nilai pengetikan,  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak.
4. Setting parameter yang optimal untuk pengetikan adalah menentukan setting faktor-faktor yaitu pencahayaannya eksternal pada level 1 (325 Lux) dan pencahayaannya internal pada level 1 (60 lux).

5. Setting parameter yang optimal untuk pengetikan adalah menentukan setting faktor-faktor yaitu posisi sudut kemiringan monitor terhadap mata pada level 2 ( $15^\circ$ ) dan jarak pandang mata ke monitor pada level 1 (20 inci).
6. Peningkatan kinerja operator komputer secara keseluruhan mencapai 89,76% dalam bentuk nilai skor pengetikan.
7. Perancangan *Visual Display Terminal* dengan metode *Design of Eksperimen Taguchi* dapat mengurangi dan membuat mata tidak cepat lelah.

## 6.2 Saran

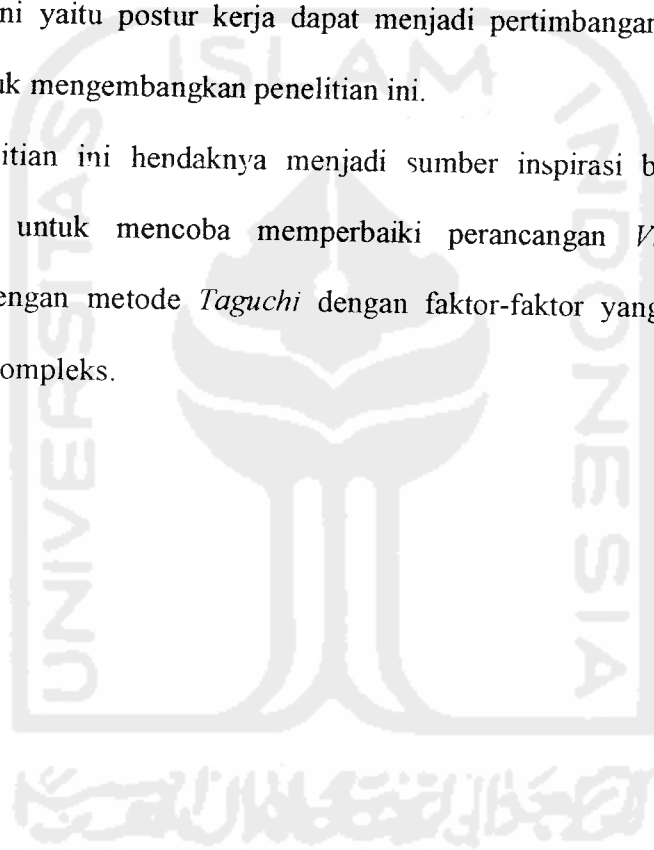
Penelitian ini lebih difokuskan pada hasil skor pengetikan dan mata bagi operator komputer. Pemilihan faktor yang memberikan pengaruh terhadap target hasil produktivitas tersebut didasarkan atas sarana dan kemampuan yang masih sangat terbatas.

Penelitian dan penerapan perancangan *Visual Display Terminal* lebih lanjut dapat dilanjutkan dengan spesifikasi kualitas yang lainnya dengan pertimbangan antara lain :

1. Penguasaan yang lebih mendalam lagi terhadap Visual dan pengenalan faktor-faktor yang nantinya digunakan dalam menjalankan eksperimen *Taguchi*.
2. Penentuan target yang akan dicapai yang lebih tepat agar eksperimen yang dilakukan tidak terjadi kesia-siaan dengan mempelajari seksama permasalahan kenyamanan dan kinerja operator komputer yang didasarkan atas sarana dan kemampuan peneliti.



3. Penambahan alat untuk bisa mengukur tingkat kelelahan mata agar eksperimen yang dilakukan tidak menjauh dari error.
4. Penambahan fasilitas untuk bisa mengukur temperatur, kelembaban, sirkulasi udara, dan kebisingan agar eksperimen lebih mendekati valid.
5. Salah satu faktor yang tidak dimasukkan pada pelaksanaan eksperimen di penelitian ini yaitu postur kerja dapat menjadi pertimbangan bagi peneliti lainnya untuk mengembangkan penelitian ini.
6. Hasil penelitian ini hendaknya menjadi sumber inspirasi bagi penelitian selanjutnya untuk mencoba memperbaiki perancangan *Visual Display Terminal* dengan metode *Taguchi* dengan faktor-faktor yang berpengaruh yang lebih kompleks.



## DAFTAR PUSTAKA

- Badrie, S. dan Hermanto, M. Z. (2004). Perbaikan Rancangan Produk Yang Memenuhi Kriteria Ergonomis, *Seminar Nasional Ergonomi*. Yogyakarta. Hal. 241-250.
- Belavendram, N. (1995). *Quality By Design -Taguchi Techniques for Industrial Experimentation*. Maylands Avenue. UK. Prentice-Hall International.
- Bridger, R. S. (1995). *Introduction to Ergonomics*. Singapura. McGraw-Hill Inc.
- Carayon-Sainfort, P. dan Smith, M. J. (1991). Impact of Computer System Performance on Task Characteristics and Worker Stress. Dalam Bullinger, H.J. (Ed.). *Proceedings of the Fourth International Conference on Human Computer Interaction*. 2. Tokyo : Elsevier. P : 693 – 698.
- Grandjean, E. (1993). *Fitting the Task to the Man*. 4<sup>th</sup> ed. London : Taylor & Francis Inc.
- Harwita, F. E. (1993). *Pencahayaan dalam Industri*. Pelatihan Hiperkes bagi Dokter Perusahaan. Medan : Kanwil Depnakestran Sumatera Utara.
- Hendrawan, A., Suharyana, Kusuma, N. I. (2003). Pengaruh Tingkat Pencahayaan Terhadap Kelelahan Kerja Pada Tenaga Akunting Hotel Berbintang di Yogyakarta. *Prosiding Seminar Nasional Ergonomi*. Yogyakarta. Universitas Gajah Mada.
- Lum-i-neering Associates. (1979). *Lighting Design Handbook*. Port Hueneme. Calif : Civil Engineering Laboratory. Dept. of the Navy.
- Manuaba, A. (2000). Ergonomi, Kesehatan dan Keselamatan Kerja. Editor : Sritomo Wignyosoebroto dan Stefanus Eko Wiranto. 2000. *Prosiding Seminar Nasional Ergonomi 2000*. Surabaya : Guna Wijaya. Hal :1-4.
- Niosh dalam swarmadhika. (2001). Penggunaan Filter Layar Monitor Menurunkan Beban kerja dan Meningkatkan Produktivitas Operator Komputer. *Jurnal Ergonomi Indonesia*. Vol. 2 No. 1. Denpasar: Program Studi Ergonomi-Fisiologi Kerja UNUD. Hal. 20-23.
- Nurmianto, E. (1996). *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Jakarta. PT Guna Widya.

- Nuswantoro, Y. (2006). Analisis Pengaruh Postur Kerja dan Stasiun Kerja Terhadap Kenyamanan Operator Komputer dengan Metode Visual Display Terminal (VDT) Workstation pada Software ErgoEASER. Skripsi S1 Teknik Industri UII Yogyakarta (*Unpublished*).
- Phesant, S. (1991). *Ergonomics, Work and Health*. London : Mcmillan Press Scientific & Medical.
- Purbawati. (2003). Pengaruh Cahaya Terhadap Waktu Kerja Operator. *Prosiding Seminar Nasional Ergonomi*. Yogyakarta . Universitas Gajah Mada.
- Purnomo, H., M. Y. Dewantara, R. N. Palilingan. (2006). Penilaian Performansi Operator Komputer. *Prosiding Seminar Ergonomi*. Denpasar. Universitas Udayana.
- Roestijiwati, N. (2007). Sindrom *Dry Eye* pada Pengguna *Visual Display Terminal (VDT)*. *Jurnal Cermin Dunia Kedokteran*. Jakarta. YARSI. No. 154
- Sastrowinoto, S. (1985). *Meningkatkan Produktivitas dengan Ergonomi*. Jakarta. PT. Pustaka Binaman Pressindo.
- Suci, C. J. (2007). Pengaruh Intensitas Cahaya, Warna Display, dan Jenis Huruf Terhadap Performansi Kerja Operator Komputer. Skripsi S1 Teknik Industri UII Yogyakarta (*Unpublished*).
- Suma'mur. (1986). *Norma-norma Penerapan Ergonomi yang Disepakati (The Recommended Ergonomic Norms)*. Jakarta. Pusat Hiperkes Tenaga Kerja.
- Sutalaksana, Iftikar Z. (1979). *Teknik Tata Cara Kerja*. Departemen Teknik Industri. Bandung. ITB.
- Tayyari, F. and Smith, J.L. (1997). *Occupational Ergonomics, Principles and Applications*. London : Chapman & Hall.
- Wignjosoebroto, S. (1995). *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu: Teknik Analisis Untuk Meningkatkan Produktivitas Kerja*. Surabaya : Guna Widya.
- Woodson, W. E., Tillman, B., and Tillman, P. (1991). *Human Factors Design Handbook* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: McGraw-Hill.



**LAMP IRAN 1**



## A. Perhitungan Untuk Skor Hasil Pengetikan Komputer

### 1. Perhitungan Uji *Organoleptik*

#### Replikasi I

$$\begin{aligned} \text{Pengetikan 2} & : \frac{4+5+4+4+3+4+3+5+4+2+4+4+5+3+3}{15} = \frac{57}{15} = 3.80 \\ \text{Pengetikan 3} & : \frac{5+1+3+3+5+4+5+5+4+5+4+5+3+4+1}{15} = \frac{57}{15} = 3.80 \\ \text{Pengetikan 4} & : \frac{5+4+5+4+4+3+5+4+5+4+3+3+4+4+4}{15} = \frac{61}{15} = 4.07 \\ \text{Pengetikan 5} & : \frac{3+4+3+5+1+4+5+4+1+4+5+1+4+5+4}{15} = \frac{53}{15} = 3.53 \\ \text{Pengetikan 6} & : \frac{3+4+3+4+5+4+5+5+3+2+4+4+3+3+4}{15} = \frac{56}{15} = 3.73 \\ \text{Pengetikan 7} & : \frac{5+5+4+3+5+3+5+1+5+4+5+3+5+3+5}{15} = \frac{61}{15} = 4.07 \\ \text{Pengetikan 8} & : \frac{3+3+5+4+4+2+4+5+3+4+3+4+4+5+4}{15} = \frac{57}{15} = 3.80 \\ \text{Pengetikan 9} & : \frac{5+4+5+5+1+4+4+3+5+5+4+5+4+1+3}{15} = \frac{58}{15} = 3.87 \\ \text{Pengetikan 10} & : \frac{1+4+3+5+4+5+4+5+5+4+5+3+3+1+5}{15} = \frac{57}{15} = 3.80 \\ \text{Pengetikan 11} & : \frac{4+3+5+3+5+4+5+1+5+3+5+3+4+5+5}{15} = \frac{60}{15} = 4.00 \\ \text{Pengetikan 12} & : \frac{5+3+4+3+1+4+4+3+5+4+5+4+4+3+5}{15} = \frac{57}{15} = 3.80 \\ \text{Pengetikan 13} & : \frac{5+5+3+5+3+3+4+3+5+5+4+1+3+4+5}{15} = \frac{58}{15} = 3.87 \\ \text{Pengetikan 14} & : \frac{3+4+3+4+4+5+4+3+5+4+4+2+4+5+3}{15} = \frac{57}{15} = 3.80 \\ \text{Pengetikan 15} & : \frac{4+4+3+5+4+3+5+5+4+5+2+3+4+4+4}{15} = \frac{59}{15} = 3.93 \\ \text{Pengetikan 16} & : \frac{3+5+3+4+5+5+5+2+5+4+5+3+5+5+3}{15} = \frac{62}{15} = 4.13 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengetikan 17 : } & \frac{3+4+3+4+1+4+4+4+1+4+5+1+4+4+4}{15} = \frac{50}{15} = 3.33 \\ \text{Pengetikan 18 : } & \frac{1+4+4+5+3+4+1+3+4+5+3+4+4+5+4}{15} = \frac{54}{15} = 3.60 \\ \text{Pengetikan 19 : } & \frac{3+4+3+4+5+4+5+5+3+2+4+4+3+3+4}{15} = \frac{56}{15} = 3.73 \\ \text{Pengetikan 20 : } & \frac{4+4+5+3+5+3+4+3+4+2+4+4+5+3+3}{15} = \frac{57}{15} = 3.80 \\ \text{Pengetikan 21 : } & \frac{5+4+1+4+4+1+4+5+5+4+1+5+3+4+2}{15} = \frac{53}{15} = 3.53 \\ \text{Pengetikan 22 : } & \frac{3+5+3+4+4+2+4+3+3+4+4+3+3+4+3}{15} = \frac{52}{15} = 3.47 \\ \text{Pengetikan 23 : } & \frac{3+3+4+4+5+2+3+5+5+4+4+3+3+4+4}{15} = \frac{56}{15} = 3.73 \\ \text{Pengetikan 24 : } & \frac{5+4+3+3+1+3+5+3+3+2+3+5+2+2+5}{15} = \frac{49}{15} = 3.27 \\ \text{Pengetikan 25 : } & \frac{4+3+5+4+3+5+5+3+5+1+4+3+4+5+4}{15} = \frac{58}{15} = 3.87 \\ \text{Pengetikan 26 : } & \frac{5+4+4+3+1+4+3+5+4+4+1+5+3+5+4}{15} = \frac{55}{15} = 3.67 \\ \text{Pengetikan 27 : } & \frac{4+5+3+3+5+4+5+5+1+3+5+3+5+5+4}{15} = \frac{60}{15} = 4.00 \\ \text{Pengetikan 28 : } & \frac{5+1+5+4+5+3+5+3+5+3+5+1+5+5+3}{15} = \frac{58}{15} = 3.87 \\ \text{Pengetikan 29 : } & \frac{5+5+3+5+2+5+3+5+3+5+1+5+1+3+5}{15} = \frac{56}{15} = 3.73 \\ \text{Pengetikan 30 : } & \frac{4+4+4+1+4+5+4+4+1+3+4+3+4+1+4}{15} = \frac{50}{15} = 3.33 \\ \text{Pengetikan 31 : } & \frac{4+5+1+3+4+5+3+4+5+3+4+5+1+4+3}{15} = \frac{54}{15} = 3.60 \\ \text{Pengetikan 32 : } & \frac{4+1+5+4+5+3+5+3+5+3+5+1+5+5+3}{15} = \frac{57}{15} = 3.80 \end{aligned}$$

## Replikasi II

$$\begin{aligned} \text{Pengetikan 2} & : \frac{3+5+4+5+5+3+4+4+3+4+5+5+1+4+3}{15} = \frac{58}{15} = 3.87 \\ \text{Pengetikan 3} & : \frac{4+5+5+3+5+3+1+5+5+4+5+3+3+5+4}{15} = \frac{60}{15} = 4.00 \\ \text{Pengetikan 4} & : \frac{5+3+4+5+5+5+4+5+1+3+4+5+5+3+3}{15} = \frac{60}{15} = 4.00 \\ \text{Pengetikan 5} & : \frac{4+5+1+3+4+5+3+4+5+3+4+5+1+4+3}{15} = \frac{54}{15} = 3.60 \\ \text{Pengetikan 6} & : \frac{3+4+4+5+1+4+3+5+4+4+1+5+3+5+4}{15} = \frac{55}{15} = 3.67 \\ \text{Pengetikan 7} & : \frac{5+3+4+3+4+1+4+5+4+4+5+3+5+1+4}{15} = \frac{55}{15} = 3.67 \\ \text{Pengetikan 8} & : \frac{3+5+5+3+5+3+5+4+5+5+3+5+3+5+5}{15} = \frac{64}{15} = 4.27 \\ \text{Pengetikan 9} & : \frac{4+5+3+3+5+4+5+5+3+3+5+4+5+5+4}{15} = \frac{63}{15} = 4.20 \\ \text{Pengetikan 10} & : \frac{4+4+4+3+3+4+4+4+5+3+4+4+5+4+5}{15} = \frac{60}{15} = 4.00 \\ \text{Pengetikan 11} & : \frac{5+3+4+3+4+2+3+5+5+3+4+3+4+4+4}{15} = \frac{56}{15} = 3.73 \\ \text{Pengetikan 12} & : \frac{5+5+3+4+4+3+4+5+3+1+5+5+4+3+5}{15} = \frac{59}{15} = 3.93 \\ \text{Pengetikan 13} & : \frac{3+4+5+5+3+5+5+1+5+4+3+5+5+5+3}{15} = \frac{61}{15} = 4.07 \\ \text{Pengetikan 14} & : \frac{5+5+3+5+2+5+3+5+3+5+1+5+1+3+5}{15} = \frac{56}{15} = 3.73 \\ \text{Pengetikan 15} & : \frac{3+4+1+5+4+3+5+4+3+5+4+3+1+5+4}{15} = \frac{54}{15} = 3.60 \\ \text{Pengetikan 16} & : \frac{4+3+4+3+5+5+3+5+5+3+1+4+5+4+4}{15} = \frac{58}{15} = 3.87 \\ \text{Pengetikan 17} & : \frac{3+4+3+5+1+4+5+4+1+4+5+1+4+5+4}{15} = \frac{53}{15} = 3.53 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengetikan 18 : } & \frac{1+3+5+4+4+4+3+5+4+4+1+5+3+4+5}{15} = \frac{55}{15} = 3.67 \\ \text{Pengetikan 19 : } & \frac{3+4+4+5+4+5+5+4+5+4+3+4+3+4+4}{15} = \frac{61}{15} = 4.07 \\ \text{Pengetikan 20 : } & \frac{3+5+3+5+5+3+4+5+3+5+5+5+5+5+3}{15} = \frac{64}{15} = 4.27 \\ \text{Pengetikan 21 : } & \frac{4+4+3+5+4+3+5+5+4+3+2+5+4+4+4}{15} = \frac{59}{15} = 3.93 \\ \text{Pengetikan 22 : } & \frac{5+3+4+5+3+4+5+5+3+4+3+1+4+4+5}{15} = \frac{58}{15} = 3.87 \\ \text{Pengetikan 23 : } & \frac{5+3+3+5+5+5+3+5+5+5+3+5+3+5+5}{15} = \frac{65}{15} = 4.33 \\ \text{Pengetikan 24 : } & \frac{3+5+4+3+1+4+3+4+5+3+4+4+5+5+4}{15} = \frac{57}{15} = 3.80 \\ \text{Pengetikan 25 : } & \frac{4+1+5+3+5+4+3+4+5+5+4+5+4+5+4}{15} = \frac{61}{15} = 4.07 \\ \text{Pengetikan 26 : } & \frac{4+5+4+3+4+3+5+5+4+5+1+5+4+4+3}{15} = \frac{59}{15} = 3.93 \\ \text{Pengetikan 27 : } & \frac{3+4+3+5+1+4+5+4+1+4+5+1+4+5+4}{15} = \frac{53}{15} = 3.53 \\ \text{Pengetikan 28 : } & \frac{4+3+1+5+4+5+5+5+4+3+5+5+5+3+3}{15} = \frac{60}{15} = 4.00 \\ \text{Pengetikan 29 : } & \frac{4+5+5+3+3+5+5+1+5+3+4+5+5+5+3}{15} = \frac{56}{15} = 4.07 \\ \text{Pengetikan 30 : } & \frac{3+3+4+4+5+1+5+4+1+4+5+1+5+4+4}{15} = \frac{53}{15} = 3.53 \\ \text{Pengetikan 31 : } & \frac{4+4+5+4+3+1+5+4+3+5+4+1+5+4+3}{15} = \frac{55}{15} = 3.67 \\ \text{Pengetikan 32 : } & \frac{4+3+3+5+4+5+3+5+5+3+4+5+4+5+5}{15} = \frac{63}{15} = 4.20 \end{aligned}$$



## 2. Perhitungan untuk *Signal Noise to Ratio (SNR)*

$$SNR_{(\eta)^2} = -10 \log \left[ \frac{1}{8} \left( \frac{1}{3.53} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.60} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.73} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.67} \right)^2 + \left( \frac{1}{4.07} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.67} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.80} \right)^2 + \left( \frac{1}{4.27} \right)^2 \right]$$

$$= -10 \log \left( \frac{1}{8} \times 0.5623 \right) = 11.5312$$

$$SNR_{(\eta)^3} = -10 \log \left[ \frac{1}{8} \left( \frac{1}{3.87} \right)^2 + \left( \frac{1}{4.20} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.80} \right)^2 + \left( \frac{1}{4.00} \right)^2 + \left( \frac{1}{4.00} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.73} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.80} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.93} \right)^2 \right]$$

$$= -10 \log \left( \frac{1}{8} \times 0.5237 \right) = 11.8401$$

$$SNR_{(\eta)^4} = -10 \log \left[ \frac{1}{8} \left( \frac{1}{3.87} \right)^2 + \left( \frac{1}{4.07} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.80} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.73} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.93} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.60} \right)^2 + \left( \frac{1}{4.13} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.87} \right)^2 \right]$$

$$= -10 \log \left( \frac{1}{8} \times 0.5357 \right) = 11.7417$$

$$SNR_{(\eta)^5} = -10 \log \left[ \frac{1}{8} \left( \frac{1}{3.33} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.53} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.60} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.67} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.73} \right)^2 + \left( \frac{1}{4.07} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.80} \right)^2 + \left( \frac{1}{4.27} \right)^2 \right]$$

$$= -10 \log \left( \frac{1}{8} \times 0.5783 \right) = 11.4094$$

$$SNR_{(\eta)^6} = -10 \log \left[ \frac{1}{8} \left( \frac{1}{3.53} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.93} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.47} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.87} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.73} \right)^2 + \left( \frac{1}{4.33} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.27} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.80} \right)^2 \right]$$

$$= -10 \log \left( \frac{1}{8} \times 0.5829 \right) = 11.375$$

$$SNR_{(\eta)^7} = -10 \log \left[ \frac{1}{8} \left( \frac{1}{3.87} \right)^2 + \left( \frac{1}{4.07} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.67} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.93} \right)^2 + \left( \frac{1}{4.00} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.53} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.87} \right)^2 + \left( \frac{1}{4.00} \right)^2 \right]$$

$$= -10 \log \left( \frac{1}{8} \times 0.5382 \right) = 11.7215$$

$$SNR_{(\eta)^8} = -10 \log \left[ \frac{1}{8} \left( \frac{1}{3.73} \right)^2 + \left( \frac{1}{4.07} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.33} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.53} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.60} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.67} \right)^2 + \left( \frac{1}{3.80} \right)^2 + \left( \frac{1}{4.20} \right)^2 \right]$$

$$= -10 \log \left( \frac{1}{8} \times 0.5802 \right) = 11.3951$$

### 3. Perhitungan untuk Rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata 2} &= \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4}{8} \\ &= \frac{3.53 + 3.60 + 3.73 + 3.67 + 4.07 + 3.67 + 3.80 + 4.27}{8} \\ &= 3.7925 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata 3} &= \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4}{8} \\ &= \frac{3.87 + 4.20 + 3.80 + 4.00 + 4.00 + 3.73 + 3.80 + 3.93}{8} \\ &= 3.9163 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata 4} &= \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4}{8} \\ &= \frac{3.87 + 4.07 + 3.80 + 3.73 + 3.93 + 3.60 + 4.13 + 3.87}{8} \\ &= 3.875 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata 5} &= \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4}{8} \\ &= \frac{3.33 + 3.53 + 3.60 + 3.67 + 3.73 + 4.07 + 3.80 + 4.27}{8} \\ &= 3.75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata 6} &= \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4}{8} \\ &= \frac{3.53 + 3.93 + 3.47 + 3.87 + 3.73 + 4.33 + 3.27 + 3.80}{8} \\ &= 3.7413 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata 7} &= \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4}{8} \\ &= \frac{3.87 + 4.07 + 3.67 + 3.93 + 4.00 + 3.53 + 3.87 + 4.00}{8} \\ &= 3.8675 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata 8} &= \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4}{8} \\ &= \frac{3.73 + 4.07 + 3.33 + 3.53 + 3.60 + 3.67 + 3.80 + 4.20}{8} \\ &= 3.7413 \end{aligned}$$

#### 4. Perhitungan efek faktor terhadap SNR

a. Faktor B

$$B_1 = \frac{(11.7922 + 11.5312 + 11.4094 + 11.375)}{4} = 11.527$$

$$B_2 = \frac{(11.8401 + 11.7417 + 11.7215 + 11.3951)}{4} = 11.6746$$

b. Faktor C

$$C_1 = \frac{(11.7922 + 11.8401 + 11.4094 + 11.7215)}{4} = 11.6908$$

$$C_2 = \frac{(11.5312 + 11.7417 + 11.375 + 11.3951)}{4} = 11.5108$$

c. Faktor D

$$D_1 = \frac{(11.7922 + 11.7417 + 11.375 + 11.7215)}{4} = 11.6576$$

$$D_2 = \frac{(11.5312 + 11.8401 + 11.4094 + 11.3951)}{4} = 11.544$$

#### 5. Perhitungan efek faktor terhadap Rata-rata

a. Faktor B

$$B_1 = \frac{(3.9163 + 3.875 + 3.8675 + 3.7413)}{4} = 3.8500$$

$$B_2 = \frac{(3.8925 + 3.7925 + 3.75 + 3.7413)}{4} = 3.7941$$

b. Faktor C

$$C_1 = \frac{(3.7925 + 3.875 + 3.7413 + 3.7413)}{4} = 3.7875$$

$$C_2 = \frac{(3.8925 + 3.9163 + 3.75 + 3.8675)}{4} = 3.8566$$

c. Faktor D

$$D_1 = \frac{(3.7925 + 3.9163 + 3.75 + 3.7413)}{4} = 3.8000$$

$$D_2 = \frac{(3.8925 + 3.875 + 3.7413 + 3.8675)}{4} = 3.8441$$

• Perhitungan *Sum of Square* Untuk SNR

$$SST = \left[ \sum_{i=1}^N y_i^2 \right] - \frac{T^2}{N}$$

$$T = \sum_{i=1}^8 Y_i = 11.7922 + 11.5312 + \dots + 11.3951 = 92.8062$$

$$\frac{T^2}{N} = \frac{8612.990758}{8} = 1076.6238$$

$$\sum_{i=1}^n Y_i^2 = 11.7922^2 + 11.5312^2 + \dots + 11.3951^2 = 1076.8869$$

$$SST = 1076.8869 - 1076.6238 = 0.2631$$

$$a. \text{ SSB} = \left[ \sum_{i=1}^{k_B} \left( \frac{B^2}{n_{B_i}} \right) - \frac{T^2}{N} \right]$$

$$\sum_{i=1}^2 \left( \frac{B^2}{n_{B_i}} \right) = \left[ \frac{(11.7922 + 11.5312 + 11.4094 + 11.375)^2}{4} \right] +$$

$$\left[ \frac{(11.8401 + 11.7417 + 11.7215 + 11.3951)^2}{4} \right]$$

$$= 1076.6674$$

$$\text{SSB} = 1076.6674 - 1076.6238 = 0.0436$$

$$b. \text{ SSC} = \left[ \sum_{i=1}^{k_C} \left( \frac{C^2}{n_{C_i}} \right) - \frac{T^2}{N} \right]$$

$$\sum_{i=1}^2 \left( \frac{C^2}{n_{C_i}} \right) = \left[ \frac{(11.7922 + 11.8401 + 11.4094 + 11.7215)^2}{4} \right] +$$

$$\left[ \frac{(11.5312 + 11.7417 + 11.375 + 11.3951)^2}{4} \right]$$

$$= 1076.6887$$

$$\text{SSC} = 1076.6887 - 1076.6238 = 0.0649$$

$$c. \text{ SSD} = \left[ \sum_{i=1}^{k_D} \left( \frac{D^2}{n_{D_i}} \right) - \frac{T^2}{N} \right]$$

$$\sum_{i=1}^2 \left( \frac{D^2}{n_{D_i}} \right) = \left[ \frac{(11.11.7922 + 11.7417 + 11.375 + 11.7215)^2}{4} \right] +$$

$$\left[ \frac{(11.5312 + 11.8401 + 11.4094 + 11.3951)^2}{4} \right]$$

$$= 1076.6497$$

$$\text{SSD} = 1076.6497 - 1076.6238 = 0.0259$$

**Perhitungan Sum of Square Untuk Rata-rata**

$$SST = \left[ \sum_{i=1}^N yi^2 \right] - \frac{T^2}{N}$$

$$T = \sum_{i=1}^8 Yi = 3.8925 + 3.7925 + \dots + 3.7413 = 30.5764$$

$$\frac{T^2}{N} = \frac{934.916237}{8} = 116.8645$$

$$\sum_{i=1}^n Yi^2 = 3.8925^2 + 3.7925^2 + \dots + 3.7413^2 = 116.9024$$

$$SST = 116.9024 - 116.8645 = 0.0379$$

a.  $SSB = \left[ \sum_{i=1}^{kB} \left( \frac{B^2}{n_{Bi}} \right) - \frac{T^2}{N} \right]$

$$\sum_{i=1}^2 \left( \frac{B^2}{n_{Bi}} \right) = \left[ \frac{(3.8925 + 3.7925 + 3.75 + 3.7413)^2}{4} \right] +$$

$$\left[ \frac{(3.9163 + 3.875 + 3.8675 + 3.7413)^2}{4} \right]$$

$$= 116.8708$$

$$SSB = 116.8708 - 116.8645 = 0.0063$$

b.  $SSC = \left[ \sum_{i=1}^{kC} \left( \frac{C^2}{n_{Ci}} \right) - \frac{T^2}{N} \right]$

$$\sum_{i=1}^2 \left( \frac{C^2}{n_{Ci}} \right) = \left[ \frac{(3.8925 + 3.9163 + 3.75 + 3.8675)^2}{4} \right] +$$

$$\left[ \frac{(3.7925 + 3.875 + 3.7413 + 3.7413)^2}{4} \right]$$

$$= 116.8741$$

$$SSc = 116.8741 - 116.8645 = 0.0093$$

c.  $SSD = \left[ \sum_{i=1}^{kD} \left( \frac{D^2}{n_{Di}} \right) - \frac{T^2}{N} \right]$

$$\sum_{i=1}^2 \left( \frac{D^2}{n_{Di}} \right) = \left[ \frac{(3.8925 + 3.875 + 3.7413 + 3.8675)^2}{4} \right] +$$

$$\left[ \frac{(3.7925 + 3.9163 + 3.75 + 3.7413)^2}{4} \right]$$

$$= 116.8685$$

$$SSD = 116.8685 - 116.8645 = 0.0040$$

**Data subjek (mahasiswa) sebagai operator komputer dalam eksperimen**

. Nama : Singgih Sugianto  
Usia : 25 tahun  
Tinggi Badan : 175 cm  
Jenis Kelamin : Pria

. Nama : Eri Heriza  
Usia : 22 tahun  
Tinggi Badan : 169 cm  
Jenis Kelamin : Pria

. Nama : Nur Kholiq  
Usia : 21 tahun  
Tinggi Badan : 167 cm  
Jenis Kelamin : Pria

. Nama : Arif  
Usia : 26 tahun  
Tinggi Badan : 172 cm  
Jenis Kelamin : Pria

. Nama : Anggaha Febrian  
Usia : 23 tahun  
Tinggi Badan : 169 cm  
Jenis Kelamin : Pria

5. Nama : Edi  
Usia : 22 tahun  
Tinggi Badan : 172 cm  
Jenis Kelamin : Pria



Nama : Vicky  
Usia : 22 tahun  
Tinggi Badan : 166 cm  
Jenis Kelamin : Pria

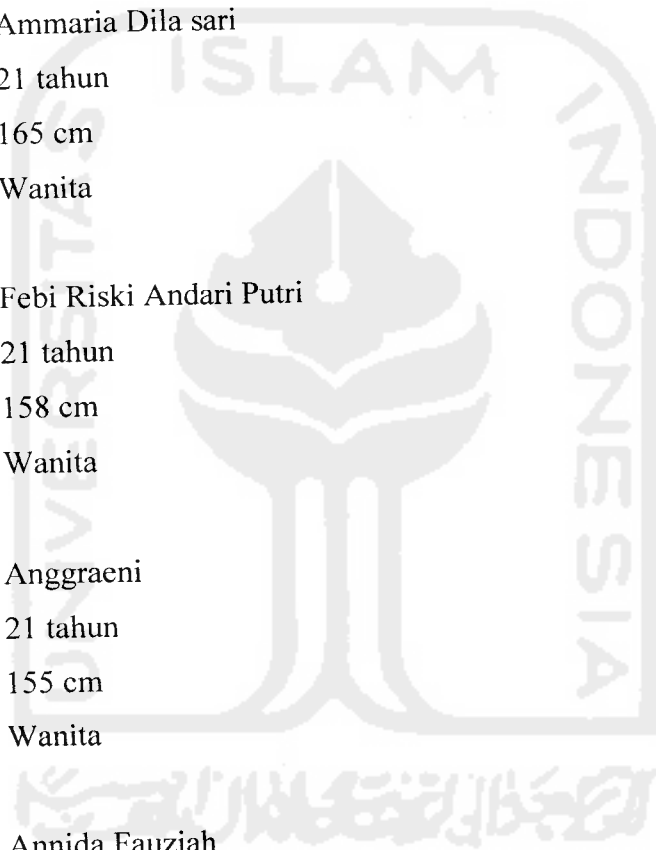
Nama : Eka  
Usia : 24 tahun  
Tinggi Badan : 162 cm  
Jenis Kelamin : Wanita

Nama : Ammaria Dila sari  
Usia : 21 tahun  
Tinggi Badan : 165 cm  
Jenis Kelamin : Wanita

0. Nama : Febi Riski Andari Putri  
Usia : 21 tahun  
Tinggi Badan : 158 cm  
Jenis Kelamin : Wanita

1. Nama : Anggraeni  
Usia : 21 tahun  
Tinggi Badan : 155 cm  
Jenis Kelamin : Wanita

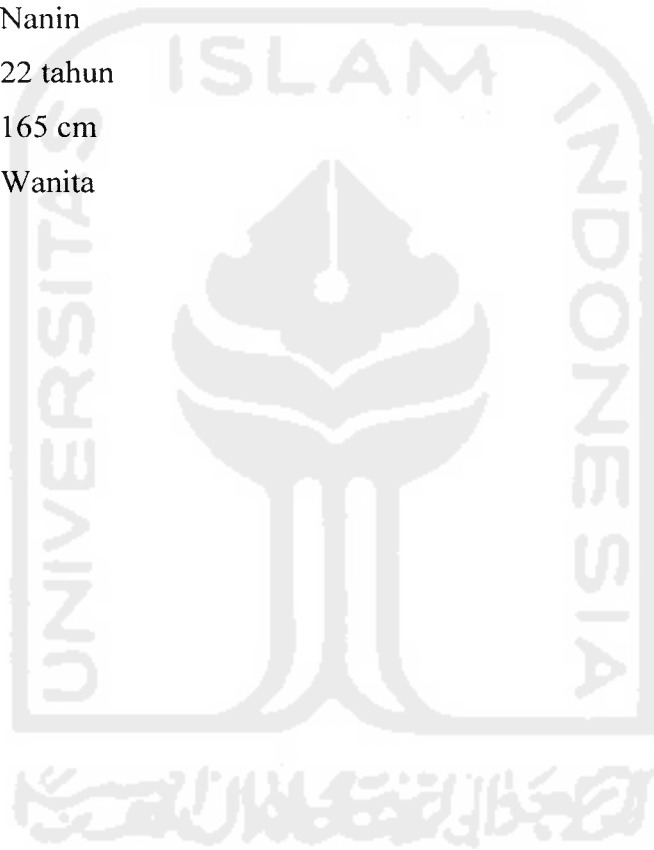
2. Nama : Annida Fauziah  
Usia : 21 tahun  
Tinggi Badan : 158 cm  
Jenis Kelamin : Wanita



3. Nama : Tri Novita sari  
Usia : 21 tahun  
Tinggi Badan : 161 cm  
Jenis Kelamin : Wanita

4. Nama : Rafika A'yun  
Usia : 21 tahun  
Tinggi Badan : 159 cm  
Jenis Kelamin : Wanita

5. Nama : Nanin  
Usia : 22 tahun  
Tinggi Badan : 165 cm  
Jenis Kelamin : Wanita





6/20/2007 01:37:58 AM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

## Taguchi Design

Taguchi Orthogonal Array Design

L8(2\*\*4)

Factors: 4  
Runs: 8

Columns of L8(2\*\*7) Array

1 2 4 7

## Taguchi Analysis: y1.1, y1.2, y2.1, y2.2, y3.1, y3.2, ... versus A, B, C, D

Response Table for Signal to Noise Ratios  
Larger is better

Level	A	B	C	D
1	11.73	11.53	11.69	11.66
2	11.48	11.68	11.51	11.54
Delta	0.25	0.15	0.18	0.11
Rank	1	3	2	4

Response Table for Means

Level	A	B	C	D
1	3.869	3.794	3.857	3.844
2	3.775	3.850	3.788	3.800
Delta	0.094	0.056	0.069	0.044
Rank	1	3	2	4

## Main Effects Plot (data means) for Means

## Main Effects Plot (data means) for SN ratios

## Taguchi Analysis: y1.1, y1.2, y2.1, y2.2, y3.1, y3.2, ... versus A, B, C, D

### Predicted values

S/N Ratio	Mean	StDev	Log(StDev)
11.9481	3.95359	0.0890908	-2.18451

Factor levels for predictions

A	B	C	D
1	2	1	1

### Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Data Hasil Pengetikan	64	3.8220	.23161	3.27	4.33

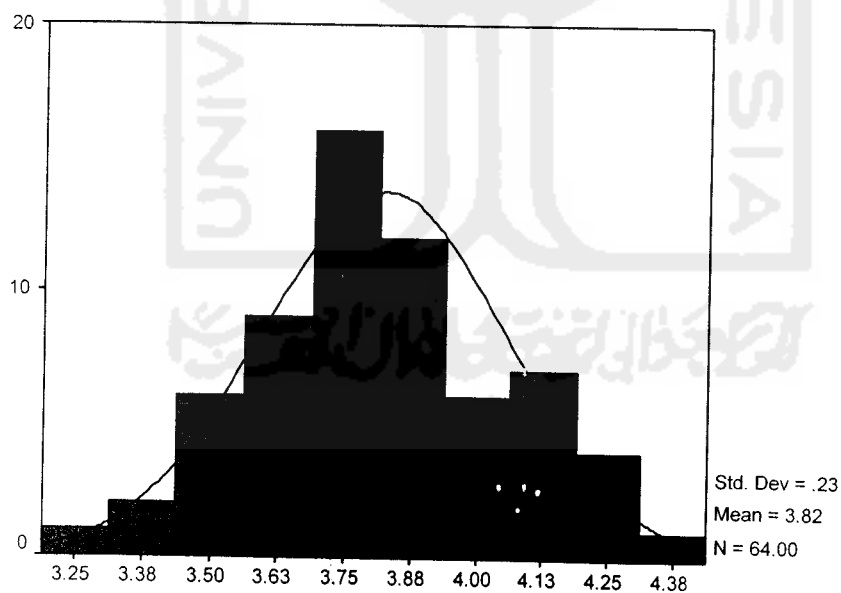
### One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Data Hasil Pengetikan
N		64
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	3.8220
	Std. Deviation	.23161
Most Extreme Differences	Absolute	.074
	Positive	.074
	Negative	-.071
Kolmogorov-Smirnov Z		.594
Asymp. Sig. (2-tailed)		.873

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

### Graph



Data Hasil Pengetikan