

**TESIS**

**DESAIN DAN PEMODELAN TANDA KESELAMATAN  
(SAFETY SIGN) FAKTOR RISIKO ERGONOMI DI TEMPAT  
KERJA**

***DESIGN AND MODELING OF SAFETY RISK FACTORS OF  
ERGONOMIC RISK AT WORK PLACE***

Disusun dan Diajukan oleh :

**ZULFAHMI NOOR**

**D072191011**



**PROGRAM MAGISTER TEKNIK INDUSTRI**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2022**

**DESAIN DAN PEMODELAN TANDA KESELAMATAN  
(SAFETY SIGN) FAKTOR RISIKO ERGONOMI DI TEMPAT  
KERJA**

***DESIGN AND MODELING OF SAFETY SIGN RISK FACTORS  
OF ERGONOMIC RISK AT WORK PLACE***

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Industri

Disusun dan diajukan oleh

**ZULFAHMI NOOR**

**D072191011**

Kepada

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK INDUSTRI**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2022**

## LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

**DESAIN DAN PEMODELAN TANDA KESELAMATAN (SAFETY SIGN) FAKTOR  
RISIKO ERGONOMI DI TEMPAT KERJA**

**DESIGN AND MODELING OF SAFETY RISK FACTORS OF ERGONOMIC RISK  
AT WORK PLACE**

Disusun dan diajukan oleh

**ZULFAHMI NOOR**

**D072191011**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji

GOWA, 16 Juni 2022

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

  
**Dr. Eng. Ir. Ilham Bakri, ST.,MSc**  
NIP. 19750929/199903 1 002

  
**Dr.Eng. Ir. Irwan Setiawan, ST.,MT**  
NIP. 19760602 200501 1 002

Mengetahui

Ketua Program Studi Magister Teknik Industri  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

  
**Dr. Ir. Sapta Asmal, ST., MT**  
NIP. 19681005 199603 1 002



**LEMBAR PENGESAHAN TESIS**

**DESAIN DAN PEMODELAN TANDA KESELAMATAN (SAFETY SIGN) FAKTOR  
RISIKO ERGONOMI DI TEMPAT KERJA**

**DESIGN AND MODELING OF SAFETY RISK FACTORS OF ERGONOMIC RISK  
AT WORK PLACE**

Disusun dan diajukan oleh

**ZULFAHMI NOOR**

**D072191011**

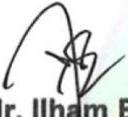
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Magister Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 30 Juni 2022

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

  
**Dr. Eng. Ir. Ilham Bakri, ST.,MSc**  
NIP. 19750929 199903 1 002

  
**Dr.Eng. Ir. Irwan Setiawan, ST.,MT**  
NIP. 19760602 200501 1 002

Ketua Program Studi Magister Teknik Industri  
Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin

  
**Dr. Ir. Sapta Asmal, ST., MT**  
NIP. 19681005 199603 1 002

  
**Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST.,MT**  
NIP. 19730926 200012 1 003

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zulfahmi Noor  
Nomor Mahasiswa : D072191011  
Jurusan/Konsentrasi : Teknik Industri / Ergonomi & K3  
Jenjang : S2

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa tesis yang berjudul

### **DESAIN DAN PEMODELAN TANDA KESELAMATAN (SAFETY SIGN) FAKTOR RISIKO ERGONOMI DI TEMPAT KERJA.**

Adalah karya ilmiah saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya di dalam naskah tesis ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan/ditulis/diterbitkan sebelumnya, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari ternyata di dalam naskah tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut dan diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Gowa, 30 Juni 2022



Zulfahmi Noor

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Yang Maha Kuasa, hanya atas rahmat dan karunianya, sehingga penyusunan tesis yang berjudul "**Desain dan Pemodelan Tanda Keselamatan (Safety Sign) Faktor Risiko Ergonomi di Tempat Kerja**" dapat terselesaikan. Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister Teknik (MT) pada jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.

Pada kesempatan ini penghargaan dan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada kedua orang tua penulis, Ayahanda Syarifuddin Majid dan Ibunda Hasmawati. Terima kasih atas doa, dorongan, semangat dan sumber inspirasi, sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini.

Penulis juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan petunjuk, terutama kepada

1. Dr. Eng. Ir. Ilham Bakri, ST., MSc, IPM selaku pembimbing I atas segala waktu dan bimbingannya selama penyusunan tesis ini.
2. Dr. Eng. Ir. Irwan Setiawan, ST., MT, selaku pembimbing II atas segala waktu dan bimbingannya selama penyusunan tesis ini.
3. Dr. Ir. Saptas Asmal, ST., MT, selaku ketua program studi Teknik Industri Program Magister Universitas Hasanuddin sekaligus selaku Tim Penguji yang telah berinisiatif dan memfasilitasi terbentuknya Komisi Penasehat dan Tim Penguji atas waktu dan segala masukan yang bermanfaat dalam penyusunan tesis ini.
4. Kifayah Amar, ST., M.Sc Ph.D, selaku anggota Tim Penguji atas waktunya dan masukan dalam penyelesaian tesis ini.
5. Dr. Ir. Saiful, ST., MT., IPM, selaku anggota Tim Penguji atas waktunya dan masukan dalam penyelesaian tesis ini.
6. Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

7. Bapak Direktur beserta Staf Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin atas segala pelayanannya.
8. Rektor Universitas Hasanuddin.
9. Dekarini Dwi Putri, pasangan hidup saya yang selalu mendukung dalam penyelesaian tesis ini suka maupun duka.
10. Bapak, Ibu Dosen serta staf Pengajar Jurusan Teknik Industri Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.
11. Ibu Dr Asmeati, ST.,MT, Dr. Ir. Ernianti, ST.,MT yang selalu membantu mengajari dalam penyelesaian studi.
12. Kepada seluruh teman-teman Pascasarjana Teknik Industri Angkatan pertama (2019), yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tesis ini.

Akhir kata, terima kasih atas semua dukungan yang telah di berikan. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan oleh karena itu, masukan dan keritikan kiranya dapat membantu pengembangan penelitian ini selanjutnya.

Gowa, 30 Juni 2022



Zulfahmi Noor

## ABSTRAK

**Zulfahmi Noor.** “Desain dan Pemodelan Tanda Keselamatan (*Safety Sign*) Faktor Risiko Ergonomi di Tempat Kerja” (dibimbing oleh **Dr. Eng. Ir. Ilham Bakri, ST.,MSc** dan **Dr.Eng. Ir. Irwan Setiawan, ST.,MT**).

Salah satu risiko di tempat kerja saat ini adalah risiko bahaya ergonomi, selain dari risiko bahaya yang sering terjadi seperti risiko bahaya fisik dan risiko bahaya dari lingkungan kerja. Jika risiko bahaya fisik dan risiko bahaya lingkungan sudah banyak memiliki tanda keselamatan yang diterima secara luas, tidak demikian halnya dengan risiko bahaya ergonomi yang belum memiliki tanda keselamatan yang tervalidasi dan banyak digunakan. Lebih mendasar lagi, kesadaran akan risiko bahaya ergonomi tidak sepenuhnya dipahami baik oleh pekerja maupun institusi pemberi kerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan *safety sign* khusus risiko ergonomi di kantor dan lantai produksi (*workshop*), mengukur pemahaman pekerja tentang risiko ergonomi yang ada pada saat ini, mendesain tanda keselamatan (*safety sign*) faktor risiko ergonomi untuk mengurangi faktor risiko ergonomi di kantor maupun di lantai produksi (*workshop*). Metodologi yang digunakan dalam pengumpulan data adalah metode observasi, metode *interview* dan metode dokumentasi (data primer dan data sekunder). Hasil penelitian menunjukkan Jumlah *safety sign* risiko ergonomi yang di temukan dan dibuat, sebanyak 36 *safety sign* yaitu 20 *safety sign* peringatan (*warning*) dan 16 *safety sign* perintah keselamatan, dan diuji kembali terhadap pekerja di kantor maupun lantai produksi (*workshop*) arti dan makna *safety sign* yang dibuat dengan pertanyaan langsung mendapatkan hasil pemahan sebesar 97% dan menggunakan alat bantu EEG mendapatkan hasil pemahaman sebesar 90,96% yang di ukur dari alfa dan beta pekerja. Disimpulkan bahwa keberadaan *safety sign* khususnya risiko ergonomi di kantor maupun di lantai produksi (*workshop*) pada tahun 2020 hingga tahun 2021 lokasi sampel masih sangat sedikit berupa tanda keselamatan yang tidak terintegrasi dan hanya terdapat poster *manual handling* (pengangkatan dan pemindahan barang yang benar) dan para pekerja di kantor maupun lantai produksi (*workshop*) cukup paham mengenai faktor risiko ergonomi sehingga pemahaman pekerja terkait risiko ergonomi dapat diimplementasikan dan dibuat dalam bentuk *safety sign* khusus risiko ergonomi.

Kata Kunci: *Safety Sign*, Risiko Ergonomi, Desain, Model

## ABSTRACT

**Zulfahmi Noor.** “Safety Sign Design and Modeling Ergonomics Risk Factors in the Workplace” (supervised by **Dr. Eng. Ir.Ilham Bakri, ST.,MSc** and **Dr.Eng. Ir.Irwan Setiawan, ST.,MT**)

*One of the risks in the workplace today is the risk of ergonomic hazards, apart from the risks that often occur such as threats and threats from the work environment. If it is a risk, a hazard, and a physical hazard, the environment already has many widely accepted safety signs, nor is it the case with ergonomics hazards which do not yet have safety markings and are widely used. More fundamentally, awareness of the dangers of ergonomics is not fully accessible to workers and employers' institutions. This study aims to identify the presence of specific ergonomic risk safety signs in the office and production floor (workshop), measure workers' understanding of current ergonomic risks, design a safety sign for ergonomic risk factors to reduce ergonomic risk factors in the office and at the workplace. on the production floor (workshop). The methodology used in data collection is the observation method, interview method and documentation method (primary data and secondary data). The results showed the number of ergonomic risk safety signs found and made, as many as 36 safety signs, namely 20 warning safety signs and 16 safety command safety signs, and were tested again on workers in the office and production floor (workshop). safety signs made with direct questions get 97% understanding results and using EEG tools get 90.96% understanding results as measured by alpha and beta workers. It was concluded that the presence of safety signs, especially ergonomic risks in the office and on the production floor (workshop) in 2020 to 2021 in sample locations, there were still very few safety signs that were not integrated and there were only manual handling posters (correct lifting and moving of goods) and workers. in the office and production floor (workshop) they understand enough about ergonomic risk factors so that workers' understanding of ergonomic risks can be implemented and made in the form of a special safety sign for ergonomics risk.*

*Keywords: Safety Sign, Ergonomic Risk, Design, Model*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
PRAKATA .....	v
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR DAN ILUSTRASI .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
DAFTAR SINGKATAN/SIMBOL .....	xviii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Faktor Risiko Ergonomi .....	6
2.2 Tanda Keselamatan ( <i>Safety Sign</i> ) .....	12
2.3 Prinsip-Prinsip Mendesain Visual <i>Safety Sign</i> .....	19
2.4 Penggunaan Warna pada Visual <i>Safety Sign</i> .....	25
2.5 Pembuatan Konseptual <i>Safety Sign</i> .....	31
2.6 Posisi Presentasi Format.....	33
2.7 <i>Electroencephalograph (EEG)</i> .....	36
BAB III METODE PELAKSANAAN.....	54
3.1 Objek Penelitian .....	54
3.2 Jenis Penelitian .....	55
3.3 Metode Pengumpulan Data .....	55
3.4 Rancangan Penelitian .....	56
3.5 Verifikasi .....	58
3.6 Kerangka Pikir .....	59

BAB IV HASIL PENELITIAN .....	61
4.1 Deskripsi Data .....	61
4.2 Deskripsi Hasil Observasi dan Hasil <i>Interview</i> .....	64
4.3 Konseptual Pemodelan .....	87
4.4 Konseptual Desain <i>Safety Sign</i> Risiko Ergonomi .....	107
4.5 Verifikasi Desain <i>Safety Sign</i> Risiko Ergonomi Menggunakan Alat Bantu <i>EEG</i> .....	114
4.6 Analisis Data Hasil Verifikasi .....	115
4.7 Validasi <i>Safety Sign</i> Risiko Ergonomi .....	149
BAB V PENUTUP .....	168
5.1 Kesimpulan .....	168
5.2 Saran .....	169
DAFTAR PUSTAKA .....	170

## DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Faktor-Faktor Risiko Ergonomi .....	6
Tabel 2.2	Faktor-Faktor Risiko Ergonomi Menurut WHO .....	8
Tabel 2.3	<i>Geometrical Form and Meaning of Safety Sign</i> .....	20
Tabel 2.4	Perbedaan ANSI Z535 dan BS ISO 3864 .....	22
Tabel 2.5	Kelebihan dan Kekurangan Penggunaan Warna .....	26
Tabel 2.6	Perbedaan Penggunaan Warna pada Tanda Keselamatan ( <i>Safety Sign</i> ) ANSI Z535 dan BS ISO 3864.....	29
Tabel 4.1	Keberadaan <i>Safety Sign</i> Risiko Ergonomi di Kawasan Industri Negeri Maupun Swasta di Pinggiran dan Tengah Kota Makassar .....	61
Tabel 4.2	Hasil Konseptual Pemodelan Mengubah Gambar Gaya Ilustrasi Foto Menjadi Desain, Skema dan Bayangan atau Siluet. ....	88
Tabel 4.3	Hasil Konseptual Desain dan Pemodelan <i>Safety Sign</i> Risiko Ergonomi <i>Warning</i> (peringatan).....	107
Tabel 4.4	Hasil Konseptual Desain dan Pemodelan <i>Safety Sign</i> Risiko Ergonomi Perintah Keselamatan.....	111
Tabel 4.5	Pemahaman Pekerja Terhadap <i>Safety Sign</i> Berdasarkan Pertanyaan Langsung dan Hasil Spetrum Gelombang Otak di PT. Industri Kapal Indonesia (persero).....	117
Tabel 4.6	Pemahaman Pekerja Terhadap <i>Safety Sign</i> Berdasarkan Pertanyaan Langsung dan Hasil Spetrum Gelombang Otak di PT.Equiport Inti Indonesia .....	125
Tabel 4.7	Pemahaman Pekerja Terhadap <i>Safety Sign</i> Berdasarkan Pertanyaan Langsung dan Hasil Spetrum Gelombang Otak di PT.	

	Intan Sejahtera Indonesia .....	133
Tabel 4.8	Pemahaman Pekerja Terhadap <i>Safety Sign</i> Berdasarkan Pertanyaan Langsung dan Hasil Spetrum Gelombang Otak di PT. Indosat Oredoo Makassar. ....	141
Tabel 4.9	Validasi <i>Safety Sign</i> Risiko Ergonomi di Kantor. ....	149
Tabel 4.10	Validasi <i>Safety Sign</i> Risiko Ergonomi di <i>Workshop</i> .....	159

## DAFTAR GAMBAR DAN ILUSTRASI

		Halaman
Gambar 2.1	Perangkat Elektronik <i>Electroncephalography (EEG)</i> .....	37
Gambar 2.2	Sistem Kerja <i>EEG</i> dengan Elektroda .....	39
Gambar 2.3	Klasifikasi Gelombang Otak Manusia .....	40
Gambar 2.4	Peralatan untuk Perekaman <i>Electroncephalography (EEG)</i> .....	43
Gambar 2.5	Fleksibel (Berkabel) <i>Electroncephalography (EEG)</i> .....	44
Gambar 2.6	Elektroda (a) Kering (b) Larutan Garam (c) Berbahan Dasar Gel.....	45
Gambar 2.7	Posisi Elektroda dan Label dalam Sistem 10-20 (Lingkaran Hitam) dan Sistem 10-10 (Lingkaran Abu-abu).....	47
Gambar 2.8	Penempatan Elektroda Label Sesuai dengan Titik Sistem 10-20.....	47
Gambar 2.9	Cara Kerja <i>Band-pass Filter</i> .....	51
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian .....	57
Gambar 3.2	Kerangka Pikir Penelitian .....	60
Gambar 4.1	<i>Forceful exertions</i> (Manual Handling) yang berletak dikantor K3 PT. Industri Kapal Indonesia (persero). .....	63
Gambar 4.2	Gerakan Berulang di kantor yang salah.....	65
Gambar 4.3	Gerakan Berulang di kantor yang benar.....	65
Gambar 4.4	Gerakan Berulang di Kantor.....	66
Gambar 4.5	Gerakan Berulang di <i>Workshop</i> yang Salah .....	67
Gambar 4.6	Gerakan Berulang di <i>Workshop</i> yang Benar.....	67
Gambar 4.7	<i>Reaching</i> (Mencapai Suatu Benda) di Kantor yang Salah. .....	68

Gambar 4.8	<i>Reaching</i> (mencapai suatu benda) di Kantor yang Benar	69
Gambar 4.9	<i>Twisting</i> (memutar) di Kantor.....	69
Gambar 4.10	<i>Twisting</i> (memutar) di Kantor.....	70
Gambar 4.11	Posisi Duduk yang Salah di Kantoran. ....	70
Gambar 4.12	Posisi duduk yang Benar di Kantoran. ....	71
Gambar 4.13	<i>Twisting</i> (memutar) di <i>Workshop</i> .....	72
Gambar 4.14	<i>Bending</i> (pembengkokan) di <i>Workshop</i> .....	72
Gambar 4.15	<i>Kneeling</i> (berlutut) .....	73
Gambar 4.16	<i>squatting</i> (berjongkok).....	74
Gambar 4.17	Posisi Bekerja di Lantai atau posisi bekerja di bawah yang Benar. ....	74
Gambar 4.18	<i>Contact Stresses</i> di Kantor.....	75
Gambar 4.19	Posisi Pekerja yang Benar Tidak Terjadinya <i>Contact Stresses</i> . ....	76
Gambar 4.20	<i>Contact stresses</i> di <i>workshop</i> .....	76
Gambar 4.21	Posisi Pekerja yang Benar Tidak Terjadinya <i>Contact Stresses</i> . ....	77
Gambar 4.22	Posisi Kerja yang Salah.....	78
Gambar 4.23	Posisi Kerja yang Benar.....	78
Gambar 4.24	<i>Forceful exertions</i> di Kantor .....	79
Gambar 4.25	Mengangkat dan Memindahkan Barang yang Benar Agar Terhidar dari <i>Forceful Exertions</i> .....	80
Gambar 4.26	<i>Pushing</i> (mendorong) di kantor .....	80
Gambar 4.27	<i>Pulling</i> (menarik) di kantor.....	81

Gambar 4.28	<i>Awkward Posture di Workshop</i> .....	81
Gambar 4.29	Mengangkat Benda Kerja yang Benar Agar Terhidar dari <i>Forceful Exertions</i> .....	82
Gambar 4.30	<i>Pushing</i> (mendorong).....	82
Gambar 4.31	<i>Pulling</i> (menarik) .....	83
Gambar 4.32	Peregangan Pekerja di Kantor Agar Tidak Terjadi <i>Static Posture</i> .....	84
Gambar 4.33	Peregangan Pekerja di <i>Workshop</i> Agar Tidak Terjadi <i>Static Posture</i> .....	85
Gambar 4.34	<i>Inadequate Lighting</i> .....	85
Gambar 4.35	<i>Inadequate Lighting</i> .....	86
Gambar 4.36	Halaman Beranda Aplikasi Illustrator 2021 versi 20.5 .....	87
Gambar 4.37	Pemberian Stimulus dan Perekaman Gelombang Otak Pekerja. .....	115
Gambar 4.38	Pengolahan Data Gelombang Otak Pekerja Menggunakan Aplikasi Algoritma MATLAB (EEGLAB) .....	116

## DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran 1	<i>Safety Sign</i> Risiko Bahaya Fisik .....	176
Lampiran 2	Gaya Ilustrasi. Dari Kiri ke Kanan: Foto, Desain Skema dan Bayangan atau <i>Siluet</i> .....	177
Lampiran 3	Contoh Pemodelan Umum untuk Setiap Rujukan Tanda Keselamatan. ....	178
Lampiran 4	Dokumentasi Hasil Observasi di PT. Industri Kapal Indonesia (persero) .....	179
Lampiran 5	Dokumentasi Hasil Observasi di PT. Intan Sejahtera Utama. ....	180
Lampiran 6	Dokumentasi Hasil Observasi di PT. Equiport Inti Indonesia .....	181
Lampiran 7	Dokumentasi Hasil Observasi di PT. Indosat Ooredoo Makassar. ....	182
Lampiran 8	Data Hasil <i>Interview</i> Pemahaman Pekerja Terhadap Faktor Risiko Ergonomi di PT. Industri Kapal Indonesia (persero) di Kantor maupun di Lantai Produksi ( <i>workshop</i> ).....	183
Lampiran 9	Data Hasil <i>Interview</i> Pemahaman Pekerja Terhadap Faktor Risiko Ergonomi di PT. Equiport Inti Indonesia di Kantor maupun di Lantai Produksi ( <i>workshop</i> ).....	184
Lampiran 10	Data Hasil <i>Interview</i> Pemahaman Pekerja Terhadap Faktor Risiko Ergonomi di PT. Intan Sejahtera Indonesia di Kantor maupun di Lantai Produksi ( <i>workshop</i> ).....	185

Lampiran 11	Data Hasil <i>Interview</i> Pemahaman Pekerja Terhadap Faktor Risiko Ergonomi di PT. Indosat Ooredoo Makassar di Kantor Maupun di Lantai Produksi ( <i>workshop</i> ).....	186
Lampiran 12	<i>Absolute Power (RPR)</i> Responden dan Grafik <i>Spectrum</i> Surat Pencatatan Ciptaan (Sertifikat Hak Cipta Safety Sign Risiko Ergonomi.....	187
Lampiran 13	<i>Absolute Power (RPR)</i> Responden dan Grafik <i>Spectrum</i> Gelombang Otak Responden pada Lokasi Sampel .....	188

## DAFTAR SINGKATAN/SIMBOL

Singkatan/symbol	Keterangan
CO	Car
NO <sub>2</sub>	Nitrogen Dioksida
H <sub>2</sub> S	Hidrogen Sulfida
PCB	Bifenil Poliklorinasi
Pb	Logam Timbal
ZnCl	Seng Klorida
<i>LBP</i>	<i>Low back pain</i>
<i>EEG</i>	<i>Electrocephalography</i>
<i>EKG</i>	<i>Elektrokardiograf</i>
TV	Telivisi
<i>LCD</i>	<i>Liquid Crystal Display</i>
<i>ISO</i>	<i>International Standrt Organisation</i>
<i>ANSI</i>	<i>American National Standards</i>
P3K	Pertolongan Pertama pada Kecelakaan
SMK3	Sistem Manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja
<i>F</i>	<i>Frontal</i>
<i>C</i>	<i>Central</i>
<i>T</i>	<i>Temporal</i>
<i>P</i>	<i>Parietal</i>
<i>O</i>	<i>Occipital</i>
A/D	Analok ke digital

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penyakit akibat kerja adalah setiap penyakit yang di sebabkan oleh pekerjaan atau lingkungan kerja (Nienhaus, dkk., 2005). Ada banyak penelitian yang meneliti tentang faktor risiko kerja dengan fisik. Paparan risiko fisik pekerjaan berupa *potential hazard* yang meliputi kebisingan, *heat stres*, gas dan partikel berbahaya pada udara (CO, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, PCB, silika bebas, Pb, ZnCl dan lain-lain), aliran arus listrik, getaran pada mobil, bakteri dan parasit. Potensi kecelakaan meliputi jatuh, kejatuhan material, tersulut api, tersengat listrik, tergores atau tertusuk benda tajam dan kecelakaan lainnya (Alves 2007).

Risiko ergonomi salah satunya disebabkan oleh kesalahan postur kerja saat bekerja. Adanya ketidaksesuaian aturan dalam bekerja yang terjadi di kantor maupun di lantai produksi (*workshop*) dapat menimbulkan risiko ergonomi pada pekerja (Keyserling, dkk., 1991). Faktor risiko seperti posisi janggal, *manual handling*, sering membungkuk (*frequent bending*) dan memutar (*twisting*), serta gerakan mendorong kedepan merupakan faktor risiko ergonomi yang dapat mempengaruhi tingginya prevalansi *low back pain* (LBP) (Nelson and Baptiste 1995). Sumber faktor risiko ergonomi meliputi, tempat kerja fisik, peralatan, perangkat, metode kerja, lingkungan kerja, karakteristik pribadi pekerja, tuntutan metabolik, stres fisik, dan stres emosional (Drinkaus, dkk., 2003).

Tanda keselamatan (*safety sign*) adalah visual dan angka-angka dengan makna tertentu yang digunakan untuk mengurangi kecelakaan dan cedera dalam usaha industri dan area publik. Studi tentang tanda keselamatan yang telah dilakukan oleh Chan and Annie, (2010a), menunjukkan bahwa adanya masalah tentang kegunaan dari tanda keselamatan yang tidak efektif dan pesan dari tanda yang tidak tersampaikan oleh karena itu, untuk mengurangi risiko kesalahpahaman

serta meningkatkan pemahaman dari tanda keselamatan, dilakukan perancangan dari tanda keselamatan dengan tingkat tinggi.

Adapun beberapa penelitian tentang *safety sign* selama ini antara lain penelitian yang dilakukan oleh Chan and Ng (2010a) menganalisis pengaruh karakteristik dari tanda keselamatan fisik dan menganalisis efektifitas metode pelatihan tanda keselamatan fisik. Penelitian yang dilakukan oleh Chan (2011) menganalisis tanda keselamatan fisik pada industri implikasi untuk manajemen keselamatan kerja. Penelitian yang dilakukan oleh Chan and Ng (2012) menganalisis makna dari tanda keselamatan fisik di tambang dan menganalisa pengaruh faktor pengguna berdasarkan kognitif pekerja. Penelitian yang dilakukan oleh Zamanian, dkk., (2013) menganalisa pemahaman pekerja di bidang produksi dari tanda keselamatan kerja fisik. Penelitian yang dilakukan oleh Pousette, (2014) menganalisis kesesuaian keberadaan *safety sign* berdasarkan identifikasi bahaya di bidang mesin produksi dan mendapatkan hasil identifikasi bahaya dan risiko dan penilaian risiko memiliki hasil yang bervariasi dari *low risk* hingga *high risk*. Sebagian besar keberadaan dan kebutuhan *safety sign* tidak sesuai berdasarkan hasil identifikasi bahaya yang ada. Penelitian yang dilakukan Annie and Chan, (2015) menganalisis pengaruh faktor pengguna dan karakteristik rujukan tanda dalam desain ulang tanda *safety sign* konstruksi partisipatif. Penelitian yang dilakukan Saputra, (2017) menganalisis kesesuaian penerapan *safety sign* berdasarkan standar ANSI Z535 yang diteliti antara lain *danger sign*, *warning sign*, *caution sign*, *notice sign* dan *safety condition sign*. Penelitian yang dilakukan Hardiyono, (2019) menganalisis tingkat kepatuhan dan pengetahuan karyawan dengan terpasangnya rambu-rambu keselamatan, dan mengetahui pengaruh dalam tingkat kesadaran pekerja terhadap bahaya akan keselamatan kerja dan mendapatkan hasil bahwa setiap kenaikan satu satuan kepatuhan pekerja terhadap rambu-rambu keselamatan maka keselamatan kerja akan naik.

Dari beberapa penelitian tentang *safety sign* berfokus pada risiko keselamatan lebih bersifat fisik. Bila risiko bahaya fisik maupun risiko

bahaya dari lingkungan telah memiliki banyak *safety sign* tidak demikian halnya dengan risiko bahaya ergonomi yang belum memiliki *safety sign* yang berbentuk visual namun yang ada saat ini hanya berupa tulisan pengingat keselamatan mengenai risiko ergonomi. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat *safety sign* khususnya faktor risiko ergonomi yang valid dan yang dapat di baca oleh pekerja di kantor maupun di lantai produksi (*workshop*).

Penelitian ini akan menggunakan bantuan alat *electroencephalography (EEG)*. *EEG* dalam penelitian ini digunakan untuk memverifikasi rancangan dari *safety sign* risiko ergonomi yang akan di buat sebagaimana yang telah di lakukan oleh penelitian terdahulu yang menggunakan alat *EEG* untuk memverifikasi atau menguji desain suatu produk. Penelitian yang dilakukan oleh Trapsilawati, dkk, (2019) menggunakan perangkat alat *EEG* untuk memverifikasi bentuk yang disukai dengan kognitif konsumen terhadap produk *squishy* atau dikenal sebagai mainan gelisah yang bermanfaat bagi kondisi kognitif orang yang menyampaikan relaksasi, kegembiraan, minat, fokus, dan pengurangan stres sedangkan Songsamoe dkk.,(2019) yaitu memverifikasi kognitif emosional dan fisiologis konsumen terhadap penampilan produk makanan dengan menggunakan perangkat *EEG* sedangkan Aprianty dan Suprijanto, (2016) menggunakan alat *EEG* untuk mengetahui respon biologis terhadap warna produk sebagai rangsangan yang dapat mempengaruhi pilihan pakaian dalam yang akan menjadikan referensi dalam membuat produk pakain dalam.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas , maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan di bahas dalam peneltian adalah

1. Bagaimanakah keberadaan *safety sign* risiko ergonomi yang ada pada tahun 2020 hingga tahun 2021 di tempat kerja?

2. Bagaimana pemahaman pekerja terhadap faktor risiko ergonomi?
3. Bagaimana desain dan model *safety sign* faktor risiko ergonomi?
4. Bagaimana memverifikasi dan memvalidasi *safety sign* risiko ergonomi yang telah di modelkan?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini, yaitu

1. Mengidentifikasi keberadaan *safety sign* khusus risiko ergonomi yang ada pada tahun 2020 hingga tahun 2021 di kantor dan lantai produksi (*workshop*).
2. Mengukur pemahaman pekerja tentang faktor risiko ergonomi yang ada pada saat ini.
3. Mendesain tanda keselamatan (*safety sign*) faktor risiko ergonomi untuk mengurangi faktor risiko ergonomi di kantor maupun di lantai produksi (*workshop*).
4. Memverifikasi dan memvalidasi *safety sign* risiko ergonomi yang telah di modelkan.

### 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini, yaitu

1. Pengolahan data keberadaan *safety sign* risiko ergonomi yang ada pada tahun 2020 hingga tahun 2021 di kantor dan lantai produksi (*workshop*).
2. Pengolahan data pemahaman pekerja terhadap faktor risiko ergonomi.
3. Desain dan model yang akan di bangun adalah model visual faktor risiko ergonomi.
4. Memverifikasi dan memvalidasi *safety sign* risiko ergonomi yang telah di modelkan menggunakan alat bantu *EEG*.

## 1.5 Manfaat Penelitian

### 1. Bagi Peneliti

1. Memperoleh pengetahuan serta wawasan tentang *safety sign* khususnya risiko ergonomi.
2. Sebagai penerapan teori yang didapatkan di bangku perkuliahan.

### 2. Bagi Perusahaan

1. Mengingatkan para pekerja maupun pemberi kerja (perusahaan) akan pentingnya penerapan *safety sign* risiko ergonomi di tempat kerja.
2. Dengan adanya penelitian tentang *safety sign* risiko ergonomi yang mudah di mengerti maka risiko ergonomi di tempat kerja dapat di kurangi.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Faktor Risiko Ergonomi

Faktor risiko ergonomi adalah unsur-unsur tempat kerja yang berhubungan dengan ketidak nyamanan di alami pekerja saat bekerja (Sheikhzadeh dkk., 2009). Ada beberapa faktor risiko yang berhubungan dengan ergonomi di jelaskan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Faktor-Faktor Risiko Ergonomi Secara Umum (Sheikhzadeh dkk., 2009:360).

<b>Faktor Risiko Ergonomi</b>	<b>Definisi</b>	<b>Solusi</b>
Pengaturan kerja yang buruk ( <i>Poor Work Organization</i> )	Aspek - aspek dimana suatu pekerjaan di organisasikan dengan buruk. Sebagai contoh tugas yang membosankan, pekerjaan menggunakan mesin, jeda kerja yang kurang, batas waktu yang banyak.	Beban kerja yang proporsional, jeda kerja yang cukup penugasan yang bervariasi, otonomi individual.
Pengulangan Berkelanjutan ( <i>Continual Repetition</i> )	Melakukan gerakan yang sama secara terus – menerus.	Mendisain ulang pekerjaan sehingga jumlah pergerakan yang berulang dapat berkurang, perputaran pekerjaan.
Gaya Berlebih ( <i>Excessive Force</i> )	Pergerakan tubuh dengan penuh tenaga, usaha fisik yang berlebih-menarik, memukul, dan mendorong.	Kurangi gaya dalam menyelesaikan pekerjaan, desain ulang pekerjaan, tambah pekerja, gunakan bantuan mesin.
Postur Janggal ( <i>Awkward Posture</i> )	Memperpanjang pencapaian dengan tangan, <i>twisting</i> , berlutut, jongkok, postur janggal lawan dari posisi netral.	Desain pekerjaan dan peralatan yang dapat menjaga posisi netral, posisi netral tidak semestinya memberi tekanan pada otot, tulang sendi maupun syaraf.
Posisi Tidak Bergerak ( <i>Stationary Positions</i> )	Terlalu lama diam dalam satu posisi, menyebabkan kontraksi otot dan Lelah.	Desain pekerjaan untuk menghindari posisi tidak bergerak; berikan -

Tabel 2.1 Faktor Faktor Risiko Ergonomi Secara Umum (lanjutan)

Faktor Risiko Ergonomi	Definisi	Solusi
		kesempatan untuk merubah posisi.
Tekanan Langsung Berlebih ( <i>Excessive Direct Pressure</i> )	Tubuh kontak langsung dengan permukaan keras atau ujung benda seperti ujung meja atau alat.	Hindari tubuh berpijak pada permukaan yang keras seperti meja dan kursi. Perbaharui peralatan atau sediakan bantalan; seperti pulpen ergonomi keset untuk berdiri.
Pencahayaannya yang kurang ( <i>Inadequate Lighting</i> )	Sumber atau level dari pencahayaan yang terlalu terang atau gelap.	Penyesuaian pencahayaan yang pas, hindari pencahayaan langsung dan tidak langsung yang dapat mengakibatkan kerusakan mata. Gunakan sekat cahaya silau, tirai untuk jendela.

Dari Tabel 2.1 dapat diketahui bahwa faktor risiko ergonomi secara umum:

- a. Tidak semua pekerja terpapar oleh faktor-faktor risiko akan menimbulkan dampak.
- b. Beberapa pekerjaan meliputi lebih dari satu dari semua faktor-faktor risiko diatas. Semakin banyak faktor risiko dan semakin lama terpapar, maka semakin besar kemungkinan berkembang suatu gejala atau kecelakaan.
- c. Jumlah paparan (gerakan, tingkatan gaya) yang bisa mengakibatkan kelainan/penyakit yang belum diketahui secara pasti.

Menurut World Health Organization, faktor-faktor risiko yang berhubungan dengan ergonomi yang juga kerap menimbulkan *musculoskeletal disorders* (MSDs) dipaparkan dalam Tabel 2.2

Tabel 2.2 Faktor-Faktor Risiko Ergonomi Menurut WHO (Keyserling, dkk, 1991:361)

FAKTOR	AKIBAT	CONTOH	PRAKTEK YANG BAIK
<i>Exertion of high-intensity force</i>	Keram Otot	Mengangkat, membawa, mendorong, menarik objek yang berat	Hindari penanganan manual atas objek yang berat
<i>Handling heavy loads over long periods of time</i>	Penyakit <i>degenerative</i> khususnya pada lumbar tulang belakang	Menggunakan alat-alat berat secara manual	Kurangi massa beban dan jumlah penanganan setiap harinya.
<i>Frequently repeated manipulation of objek</i>	Lelah dan perubahan struktur otot	Mengetik terlalu lama	Kurangi frekwensi pengulangan
<i>Working in unfavourable posture</i>	Gangguan pada tulang dan unsur-unsur otot	Bekerja sambil jongkok, atau tangan di atas bahu	Bekerja dengan tubuh yang tegak dan tangan dekat dengan tubuh
<i>Static muscular load</i>	Aktivitas otot yang tiada jeda dan memungkinkan <i>overload</i>	Bekerja di <i>confined space</i>	Relaksasi otot
<i>Muscular inactivity</i>	Hilang kapasitas fungsional otot, <i>tendon</i> , dan tulang	Duduk lama tanpa adanya pergerakan	Sesekali berdiri, peregangan otot, olahraga
<i>Monotonous repetitive manipulations</i>	Keluhan tidak spesifik pada bagian ekstremitas atas	Pekerjaan berulang pada otot yang sama tanpa adanya relaksasi	Jeda aktivitas dan kerja
<i>Application of vibration</i>	Disfungsi system syaraf, menghambat aliran darah, penyakit <i>degenerative</i>	Menggunakan <i>hand tool</i> , duduk diatas kendaraan yang bergetar	Gunakan alat serta tempat duduk yang meredam getaran.
<i>Physical environmental factor</i>	Interaksi dengan beban mesin serta penambahan risiko	Pengangkatan es batu dengan tangan terbuka	Gunakan sarung tangan
<i>Psychosocial factor</i>	Peningkatan tegangan fisik, meningkat pada	Penentuan keputusan yang rendah dalam	Rotasi kerja, motivasi kerja, pengurangan faktor negatif dalam sosial

FAKTOR	AKIBAT	CONTOH	PRAKTEK YANG BAIK
	ketidak hadiran dalam bekerja	bekerja, dukungan sosial yang rendah	

Secara garis besar, faktor-faktor ergonomi yang menyebabkan risiko MSDs menurut Sheikhzadeh dkk., (2009:359) adalah sebagai berikut:

a. *Repetitive Motion.*

*Repetitive Motion* atau melakukan gerakan yang sama berulang-ulang. Risiko yang timbul bergantung dari berapa kali aktivitas tersebut dilakukan, kecepatan dalam pergerakan/perpindahan, dan banyaknya otot yang terlibat dalam kerja tersebut. Gerakan yang berulang-ulang ini akan menimbulkan ketegangan pada syaraf dan otot yang berakumulatif. Dampak risiko ini akan semakin meningkat apabila dilakukan dengan postur/posisi yang kaku dan penggunaan usaha yang terlalu besar.

b. *Awkward Postures.*

Sikap tubuh sangat menentukan sekali pada tekanan yang diterima otot pada saat aktivitas dilakukan. *Awkward postures* meliputi *reaching, twisting, bending, kneeling, squatting, working overhead* dengan tangan maupun lengan, dan menahan benda dengan posisi yang tetap. Sebagai contoh terdapat tekanan/ketengan yang berlebih pada bagian *low back* seperti aktivitas mengangkat benda.

c. *Contact Stresses.*

Tekanan pada bagian tubuh yang diakibatkan karena sisi tepi atau ujung dari benda yang berkontak langsung. Hal ini dapat menghambat fungsi kerja syaraf maupun aliran darah. Sebagai contoh kontak yang berulang-ulang dengan sisi yang keras/tajam pada meja secara *kontiniu*.

d. *Vibration.*

Getaran ini terjadi ketika spesifik bagian dari tubuh atau seluruh tubuh kontak dengan benda yang bergetar seperti menggunakan *power handtool* dan pengoperasian *forklift* mengangkat beban.

e. *Forceful Exertions* (termasuk *lifting, pushing, pulling*)

*Force* adalah jumlah usaha fisik yang digunakan untuk melakukan pekerjaan seperti mengangkat benda berat. Jumlah tenaga bergantung pada tipe pegangan yang digunakan, berat obyek, durasi aktivitas, postur tubuh dan jenis dari aktivitasnya.

f. *Duration.*

Durasi menunjukkan jumlah waktu yang digunakan dalam melakukan suatu pekerjaan. Semakin lama durasinya dalam melakukan pekerjaan yang sama akan semakin tinggi risiko yang diterima dan semakin lama juga waktu yang diperlukan untuk pemulihan tenaganya.

g. *Static Posture.*

Pada waktu diam, dimana pergerakan yang tak berguna terlihat, pengerutan suplai darah, darah tidak mengalir baik ke otot. Berbeda halnya, dengan kondisi yang dinamis, suplai darah segar terus tersedia untuk menghilangkan hasil buangan melalui kontraksi dan relaksasi otot.

### **2.1.1 Regulasi Penerapan Ilmu Ergonomi di lingkungan kerja.**

Regulasi yang telah ditetapkan mengenai penerapan ergonomi di lingkungan kerja di antaranya (Subekti 2018).

1. Permanaker No.5 tahun 2018.

A. Penjelasan aturan posisi duduk yang benar berdasarkan ilmu ergonomi.

a) Paha dalam posisi horizontal dan punggung bagian bawah atau pinggang bersandar disandaran kursi.

- b) Hindari posisi duduk terlalu ujung pada kursi. Bila kursi kurang dapat diatur, bagian bawah punggung dapat di bantu dengan diberi bantalan.
  - c) Telapak kaki harus dapat mampu secara rata di lantai ketika duduk dan ketika menggunakan keyboard dan benda kerja lainnya.
  - d) Penyesuaian jangkauan benda kerja apabila tidak dapat menjangkau maka kursi di sesuaikan dengan keadaan jangkauan tubuh.
  - e) Perlu untuk mengubah posisi duduk selama bekerja karena duduk dalam posisi tetap dalam jangka waktu yang lama akan menimbulkan ketidaknyamanan.
- B. Penjelasan Aturan dalam Penggunaan Layar Monitor yang Benar Berdasarkan Ilmu Ergonomi.
- a) Posisikan layar monitor berdasarkan jarak penglihatan yang nyaman dan layar monitor terlihat jelas agar pantulan cahaya dari lampu/ jendela dapat di minimalkan.
  - b) Penggunaan filter pada layar monitor dapat mengurangi radiasi yang di pancarkan layar monitor yang di terima mata.
  - c) Atur monitor sehingga mata sejajar dengan tepi atas layar, sekitar 5-6 cm di bawah bagian atas casing monitor.
  - d) Atur jarak monitor dengan pekerja sekitar 45-60 cm. Monitor yang terlalu dekat dapat mengakibatkan mata menjadi tegang, cepat lelah, dan potensi gangguan penglihatan.
  - e) Posisi monitor tepat lurus di depan, jgan memaksa kepala dan leher menengok atau menoleh untuk melihat layar.

- f) Atur intensitas pencahayaan dan warna monitor nyaman mungkin terhadap mata.
- g) Bersihkan layar monitor yang kotor karena dapat menimbulkan efek pantulan dan tampilan buram
- h) Apabila menyalin dokumen, letakkan dokumen tersebut di dekat monitor atau di bawah monitor, untuk mengurangi nyeri di leher yang terlalu banyak menoleh.

## **2.2 Tanda Keselamatan (*Safety Sign*)**

### **2.2.1 Definisi *Safety Sign***

*Safety sign* adalah rambu-rambu, simbol atau tanda yang berfungsi untuk mengurangi risiko dari sumber bahaya yang terdapat di lingkungan kerja yang memuat keterangan atau informasi mengenai sumber bahaya, situasi yang memungkinkan terjadinya bahaya, efek yang di timbulkan dari bahaya tersebut, serta tindakan pencegahan untuk menanggulangi terjadinya sumber bahaya tersebut. *Safety sign* adalah sebuah media visual berupa gambar untuk ditempatkan di area kerja yang memuat pesan-pesan agar setiap karyawan selalu memperhatikan aspek-aspek kesehatan dan keselamatan kerja (Polson dkk., 2007).

Rambu-rambu keselamatan adalah peralatan yang bermanfaat untuk membantu melindungi kesehatan dan keselamatan karyawan dan pengunjung yang sedang berada di tempat kerja. Adapun jenis rambu dapat berupa: rambu dengan simbol, rambu dengan simbol dan tulisan serta rambu berupa pesan dalam bentuk tulisan. Rambu-rambu yang terpasang adalah jenis rambu larangan, perintah, informasi dan peringatan (Basri, 2014).

Tanda-tanda keselamatan adalah salah satu metode menginformasikan dan memperingatkan staf mengenai jenis dan tingkat keparahan bahaya di tempat kerja dan digunakan untuk mempertimbangkan risiko bahaya di lokasi di mana tanda tanda

diperlukan. Menurut Standar Internasional Organisasi (ISO) 17724/2003, tanda keselamatan adalah tanda yang mentransfer pesan keselamatan. Bahkan, ketika tanda-tanda yang disertai dengan warna, angka geometris dan tanda-tanda grafis, mereka mentransfer pesan keamanan khusus. Secara umum, tanda-tanda keselamatan dapat mewakili bahaya, kondisi, atau konsekuensi yang terkena bahaya. Juga, beberapa tanda-tanda termasuk peringatan dan rekomendasi keselamatan bagi individu yang mengeksekusi perilaku yang tidak aman dan berbahaya, pada saat yang sama, menunjukkan cara untuk mencegah perilaku tersebut. Berdasarkan penelitian Zamanian dkk., (2013), berbagai faktor seperti tingkat pendidikan, pengalaman kerja, waktu bekerja, jenis tanda-tanda keselamatan, latar belakang, warna tanda-tanda keselamatan dan pelatihan mempengaruhi pemahaman individu dari tanda-tanda keselamatan. Namun, perbedaan budaya juga efektif dalam pemahaman tanda-tanda keselamatan.

*Safety sign* adalah suatu tanda atau petunjuk yang berisi perintah, peringatan, atau informasi mengenai keselamatan kerja (Newell 2014). Menurut *Industrial Accident Prevention Association (IAPA)*, (2006) *safety sign* adalah sebuah media visual berupa gambar untuk ditempatkan di area kerja yang memuat pesan-pesan agar setiap karyawan selalu memperhatikan aspek-aspek keselamatan dan kesehatan kerja.

Sumber bahaya yang berisiko menimbulkan kecelakaan dapat dianalisis kemudian dirumuskan tindakan pencegahan yang tepat. Upaya pencegahan kecelakaan kerja terdiri dari berbagai cara, salah satunya dengan menerapkan *safety sign* sesuai standar di tempat kerja. *Safety sign* adalah peralatan berupa rambu-rambu, simbol atau tanda yang berfungsi untuk mengurangi risiko dari sumber bahaya yang terdapat di lingkungan kerja. *Safety sign* juga digunakan untuk mengidentifikasi sumber dan meningkatkan kewaspadaan pekerja baik yang terlihat maupun yang tidak terlihat

tanpa menggunakan bahasa verbal (Saputra, 2017). *Safety sign* memuat keterangan atau informasi mengenai sumber bahaya, situasi yang memungkinkan terjadinya bahaya, efek yang ditimbulkan dari bahaya tersebut, serta tindakan pencegahan untuk menanggulangi terjadinya sumber bahaya tersebut. *Safety sign* juga memberikan petunjuk baik berupa arahan maupun larangan untuk mengurangi atau risiko terjadinya sumber bahaya. *Safety sign* juga harus komunikatif sehingga dapat berfungsi secara efektif dalam pencegahan kecelakaan kerja maupun penyakit akibat kerja (Arphorn dkk, 2003).

Peringatan dalam bentuk label dan simbol telah diakui sebagai salah satu alat yang efektif untuk mempengaruhi perilaku dan meningkatkan persepsi penerimaan risiko. Namun, penelitian yang dilakukan hanya terbatas di daerah konstruksi (Tam dkk., 2003).

### **2.2.2 Istilah yang digunakan dalam *Safety Sign***

*Safety sign* merupakan peralatan yang bermanfaat untuk melindungi kesehatan dan keselamatan karyawan dan pengunjung yang sedang berada di tempat kerja. Beberapa istilah yang digunakan dalam *safety sign*, (Afianto, 2013:21).

- a. *Sign Boards* (papan rambu-rambu), sebuah tanda yang memberikan informasi atau instruksi dengan kombinasi bentuk, warna dan simbol atau pictogram yang diperlihatkan dengan intensitas pencahayaan yang cukup. Dalam prakteknya kebanyakan papan disertai dengan teks tambahan (misalnya "*Fire Exit*" disertai dengan simbol orang bergerak).
- b. *Prohibition Sign* (rambu-rambu larangan), sebuah tanda yang melarang untuk berperilaku yang dapat menimbulkan bahaya (misalnya "selain petugas dilarang masuk").

- c. *Warning Sign* (rambu-rambu peringatan), sebuah tanda peringatan terdapat *hazard* atau bahaya (misalnya “Awas!! listrik bertegangan tinggi).
- d. *Mandatory Sign* (rambu-rambu perintah), sebuah tanda perintah untuk perilaku tertentu (misalnya “Gunakan Pelindung Mata”).
- e. *Emergency Escape or First-Aid Sign* (rambu-rambu jalur darurat atau pertolongan pertama), sebuah tanda yang memberikan informasi jalur darurat/pintu keluar darurat, pertolongan pertama, atau fasilitas penyelamatan (misalnya “*emergency exit*”).
- f. *Safety Colour* (warna keselamatan), merupakan warna yang memiliki arti khusus (misalnya kuning berarti hati-hati atau mengambil tindakan pencegahan).
- g. *Symbol or Pictogram* (symbol atau piktogram), digunakan pada papan ramburambu atau rambu-rambu penerangan (misalnya *trefoil ionizing radiation warning system*).
- h. *Illuminated Sign* (rambu-rambu penerangan), tanda terbuat dari bahan transparan atau tembus yang menyala dari dalam atau belakang untuk memberikan tampilan yang bercahaya pada permukaan (misalnya ramburambu keluar darurat).
- i. *Acoustic Signal* (sinyal akustik), merupakan sinyal suara yang ditransmisikan tanpa pemakaian manusia atau suara buatan (misalnya alarm kebakaran).
- j. *Verbal Communication* (komunikasi verbal), merupakan pesan lisan yang dikomunikasikan oleh suara manusia atau suara buatan.
- k. *Hand Sign* (sinyal tangan), gerakan atau posisi lengan atau tangan memberikan sinyal yang diakui sebagai tanda bahaya.

Pengelompokan *safety sign* dikelompokan menjadi tiga bagian, (Basri, 2014:6) yakni

- a. Perintah, yaitu yang berisi suatu kewajiban atau larangan yang harus dilakukan atau dihindari.
- b. Waspada, yaitu suatu peringatan atau *notice* akan suatu bahaya atau hal-hal yang harus diperhatikan.
- c. Informasi, berupa petunjuk atau pemberitahuan mengenai kesehatan dan keselamatan kerja.

Secara umum *safety sign* berbentuk visual baik berupa tulisan maupun gambar. Namun saat ini sudah ada yang mengembangkan *safety sign* tidak hanya berbentuk visual tetapi juga audio visual yang berupa animasi atau klip video mengenai kesehatan dan keselamatan kerja. Bentuk audio visual ini masih sangat terbatas karena memerlukan media TV atau LCD dalam penyampaianya dan biasanya masih terbatas pada ruangan tertutup (*indoor*).

### 2.2.3 Kriteria Dasar Pembuatan *Safety Sign*

Agar tanda keselamatan (*safety sign*) dapat menyajikan informasi-informasi yang diperlukan, manusia dalam melaksanakan pekerjaannya maka *safety sign* harus dirancang dengan baik. Perancangan *safety sign* yang baik adalah bila *safety sign* tersebut dapat menyampaikan informasi selengkap mungkin tanpa menimbulkan banyak kesalahan dari manusia yang menerimanya. Adapun informasi-informasi yang dibutuhkan sebelum membuat *safety sign* (Afianto, 2013:20).

1. Tipe teknologi yang digunakan untuk menampilkan informasi.
2. Rentang total dari variabel mengenai informasi mana yang akan ditampilkan.
3. Ketepatan dan sensitivitas maksimal yang dibutuhkan dalam pengiriman informasi.

4. Kecepatan total dari variabel yang dibutuhkan dalam pengiriman informasi.
5. Minimasi kesalahan dalam pembacaan *safety sign*.
6. Jarak normal dan maksimal antara *safety sign* dan pengguna *safety sign*.
7. Lingkungan dimana *safety sign* tersebut digunakan.

Untuk membuat suatu *safety sign* ada 3 kriteria dasar, di bawah ini adalah kriteria dalam pembuatan *safety sign* (Arphorn dkk., 2003:88).

1. Pendeteksian

Kemampuan dasar dari *safety sign* untuk dapat diketahui keberadaannya atau fungsinya. Untuk visual *safety sign* harus dapat dibaca.

2. Pengenalan

Setelah *safety sign* di deteksi, pesan dari *safety sign* tersebut harus bisa dibaca.

3. Pemahaman

Dalam pembuatan *safety sign* tidaklah cukup apabila hanya memenuhi kriteria diatas *safety sign* harus dapat dipahami sebaik mungkin sesuai dengan pesan yang disampaikan.

Dalam penelitian yang di lakukan Zamanian dkk., (2013) yaitu pemahaman dari tanda tanda keselamatan kerja : study kasus di taman industri shiraz yaitu delapan puluh sembilan koma satu persen dari peserta yang di teliti adalah laki-laki dan sepuluh koma sembilan persen perempuan. Subjek usia dua puluh sampai tiga puluh tahun sebanyak tiga puluh lima koma lima persen usia tiga puluh satu tahun sampai empat puluh satu tahun sebanyak empat puluh empat koma enam persen usia empat puluh satu sampai lima puluh sebanyak sembilan belas koma dua persen dan usia lebih dari lima puluh satu tahun sebanyak nol koma tujuh persen. Sedangkan tingkat Pendidikan peserta yang telah di teliti yaitu memiliki gelar

derajat ijazah sekolah tinggi sebanyak dua puluh tiga koma delapan persen, memiliki ijazah SMA atau akademik di bawah diploma sebanyak lima puluh dua koma satu persen dan diploma sebanyak dua puluh lima koma satu persen dari semua objek semua subjek penelitian yang diteliti dalam kondisi sehat. Sebagai menggambarkan pemahaman pembacaan tanda keselamatan (*safety sign*), nilai rata-rata pemahaman yang benar (jawaban yang benar) adalah tujuh puluh koma sembilan puluh empat persen atau kurang lebih dua puluh tujuh koma tiga puluh delapan persen.

#### **2.2.4 Manfaat dan Keuntungan Penggunaan *Safety Sign***

Adapun manfaat dari penggunaan *safety sign* di tempat kerja menurut Basri, (2014:7) di antaranya

1. Menarik perhatian terhadap adanya kesehatan dan keselamatan kerja.
2. Menunjukkan adanya potensi bahaya yang mungkin tidak terlihat.
3. Menyediakan informasi umum dan memberikan pengarahannya.
4. Mengingatkan para karyawan dimana harus menggunakan peralatan perlindungan diri.
5. Mengindikasikan dimana peralatan darurat keselamatan berada.
6. Memberikan peringatan waspada terhadap beberapa tindakan yang atau perilaku yang tidak diperbolehkan.

Penerapan *safety sign* di tempat kerja memiliki beberapa manfaat menurut Afianto, (2013:24), di antaranya

1. Menarik perhatian terhadap adanya K3.
2. Menunjukkan adanya potensi bahaya yang mungkin tidak terlihat.
3. Menyediakan informasi umum dan memberikan pengarahannya.

4. Mengingatkan para karyawan dimana harus menggunakan peralatan perlindungan diri.
5. Mengindikasikan dimana peralatan darurat keselamatan berada.
6. Memberikan peringatan waspada terhadap beberapa tindakan yang atau perilakunya tidak diperbolehkan.

Penerapan *safety sign di tempat kerja memiliki* beberapa keuntungan menurut Afianto, (2013:25), di antaranya

1. *Safety sign* bisa dipahami oleh pengamat dengan latar belakang bahasa yang berbeda.
2. Pengamat bisa mengenali *safety sign* lebih cepat dan akurat.
3. *Safety sign* bisa menahan gangguan lebih dari tanda-tanda *worded*.
4. Tanda yang terdapat baik simbol dan kata-kata bisa lebih efektif dari pada tanda-tanda *worded* saja.

## **2.3 Prinsip-Prinsip Mendesain Visual *Safety Sign***

### **2.3.1 Prinsip Dasar Dalam Mendesain Visual *Safety Sign***

Prinsip dasar dalam mendesain visual *safety sign* adalah (Shupilov, dkk 2008:175).

#### *1. Proximity*

Jarak terhadap susunan *safety sign* yang disusun secara bersama-sama dan saling memiliki dapat membuat suatu perkiraan atau pernyataan.

#### *2. Similarity*

Menyatakan bahwa item-item yang sama akan dikelompokkan bersama-sama (dalam konsep warna, bentuk dan ukuran) bahwa pada sebuah *safety sign* tidak boleh menggunakan lebih dari 3 warna.

#### *3. Symetry*

Menjelaskan perancangan untuk memaksimalkan *safety sign* artinya elemen-elemen dalam perancangan *safety sign* akan lebih baik dalam bentuk simetris. Antara tulisan dan gambar harus seimbang.

#### 4. *Continuity*

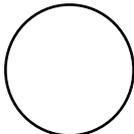
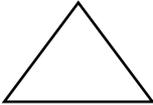
Menjelaskan sistem perseptual mengekstrakan informasi kualitatif menjadi satu kesatuan yang utuh.

### 2.3.2 Dasar Bentuk Geometri pada *Safety Sign*

Ada 3 Dasar bentuk geometri yang harus digunakan pada *safety sign* (Young, dkk., 2002:18)

1. Lingkaran, mengindikasikan sebuah perintah yang harus ditaati dan rambu-rambu larangan.
2. Segitiga, bermakna perhatian atau bahaya.
3. Segiempat, yang berarti menyampaikan sebuah informasi, kedaruratan dan rambu-rambu tambahan. Dasar bentuk geometri di gambarkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 *Geometrical Form and Meaning of Safety Sign* (Young dkk, 2002:18).

Bentuk Geometris	Arti Geometris
	Perintah keselamatan dan larangan <i>Mandatory and prohibition signs</i>
	Tanda Peringatan <i>Warning signs</i>
	Darurat, Informasi dan tanda tambahan <i>Emergency, information and additional signs</i>

Simbol atau bentuk geometri dikombinasikan dengan *safety colour* akan menghasilkan sebuah *safety sign* yang bermakna yang

di sebut sebagai *geomrtric shape* pada ISO 3864-1 dan *surround shape* pada ANSI Z535 (Peckham and Smith 2013).

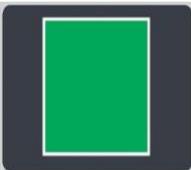
1. Warna merah dikombinasikan dengan bentuk lingkaran, memiliki makna larangan. Warna merah harus muncul di sekitar tepi dan di garis melintang dan harus menutupi setidaknya 35% dari permukaan tanda.
2. Warna merah dikombinasikan dengan bentuk segiempat, memiliki makna sebagai tanda pemadam api. Warna merah harus menutupi setidaknya 50% dari permukaan tanda.
3. Warna kuning dikombinasikan dengan bentuk segitiga, memiliki makna peringatan dan juga bisa digunakan sebagai tanda untuk potensi bahaya. Segitiga warna kuning harus memiliki garis tepi warna hitam. Warna kuning harus menutupi setidaknya 50% dari permukaan tanda.
4. Warna hijau dikombinasikan dengan bentuk segiempat, memiliki makna zona aman atau perlengkapan keselamatan. Warna hijau harus mencakup setidaknya 50% dari permukaan tanda.
5. Warna biru dikombinasikan dengan bentuk lingkaran, memiliki makna perintah yang wajib ditaati. Warna biru harus menutupi setidaknya 50% dari permukaan tanda.
6. Warna biru dikombinasikan dengan bentuk segiempat, memiliki makna informasi atau petunjuk.

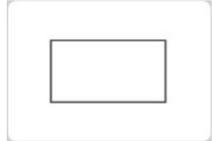
Prinsip desain visual *safety sign* berdasarkan standar ANSI Z535 dan BS ISO 3864 yaitu tanda keselamatan harus di rancang dalam standar template tanda keselamatan yang sesuai. Tanda keselamatan yang di rancang harus sesuai dengan bentuk geometris (*geometric shape*) dan warna yang di atur dalam BS ISO 3864-1. Pada ANSI Z535, *geometric shape* di tetapkan dengan istilah *surround shape* (Peckham and Smith 2013).

*Surround Shape* adalah bentuk geometris terletak di sekitran *symbol* atau mengelilingi gambar atau *symbol*, yang dapat

menyampaikan informasi tanda keselamatan (*safety sign*) tambahan. Perbedaan yang ada dalam ANSI Z535 dan BS ISO 3864 mengenai *surround shape* atau *geometric shape* adalah terletak pada bentuk "*Hazard Alerting*" yang ditetapkan di ANSI Z535 dengan "*Warning*" yang ada pada BS ISO 3864. Tabel 2.4 menunjukkan perbedaan ANSI Z535 dan BS ISO 3864 dimana ANSI Z535 memiliki bordir pinggiran yang mengikuti bentuk geometris berwarna putih dan kuning/putih (Young, dkk , 2002).

Tabel 2.4 Perbedaan ANSI Z535 dan BS ISO 3864 (Young, dkk., 2002:20).

Contoh Penggunaan	ANSI Z535		BS ISO 3864	
	Surround Shape	Arti	Geometric Shape	Arti
Warning ; Warning Hot Surface  Warning Electricity		Peringatan Bahaya (Hazard Alerting)		Peringatan (Warning)
Personal Protective Equipment (PPE) Alat Pelindung Diri (APD)		Perintah Keselamatan (Mandatory Action)		Perintah Keselamatan (Mandatory Action)
No Smoking  Do Not		Larangan (Prohibition)		Larangan (Prohibition)
First Aid  Emergency Exit  Evacuation Assembly Point		Kondisi Aman (Safe Condition)		Kondisi Aman (Safe Condition)
Fire Alarm Call Point  Fire Extinguisher		Keselamatan Kebakaran (Fire Safety)		Peralatan Pemadam Kebakaran (Fire Equipment)

Contoh Penggunaan	ANSI Z535		BS ISO 3864	
	Surround Shape	Arti	Geometric Shape	Arti
-	-	-		Informasi Tambahan (Supplementary Information)

### 2.3.3 Standar Acuan Pembuatan *Safety Sign*

Terdapat beberapa standar acuan dalam pembuatan dan pemasangan *safety sign* di lingkungan kerja (Afianto, 2013:27).

1. ISO 3864-1: 2011, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part: Design principles for safety sign and safety markings.*

ISO 3864-1: 2011 menetapkan warna identifikasi keselamatan dan prinsip-prinsip desain untuk tanda-tanda keselamatan dan tanda-tanda keselamatan yang digunakan dalam tempat kerja dan di tempat umum yang bertujuan untuk pencegahan kecelakaan, perlindungan kebakaran, informasi bahaya kesehatan dan evakuasi darurat. Hal ini juga menetapkan prinsip-prinsip dasar yang akan diterapkan ketika mengembangkan standar yang mengandung tanda-tanda keselamatan. ISO 3864-1: 2011 berlaku untuk semua lokasi isu-isu keselamatan yang berhubungan dengan orang-orang. Namun, standar ini tidak berlaku untuk sinyal yang digunakan untuk memandu kereta api, jalan, sungai, laut dan lalu lintas udara, serta untuk sektor-sektor yang memiliki peraturan berbeda.

2. ISO 3864-2: 2004, *Graphical symbols – Safety colours and safety sign – Part 2: Design principles for product safety labels.*

ISO 3864-2: 2004 menetapkan prinsip tambahan dari ISO 3864-1 untuk desain label keselamatan untuk produk, yaitu setiap item yang diproduksi dan ditawarkan untuk dijual

dalam kegiatan perdagangan, namun terbatas untuk produk konsumen dan peralatan industri. Tujuan dari label keselamatan produk adalah untuk mengingatkan orang mengenai bahaya tertentu dan untuk mengidentifikasi bagaimana bahaya dapat dihindari. ISO 3864-2: 2004 berlaku untuk semua produk di semua industry dimana pertanyaan terkait dengan keselamatan dapat diajukan. Namun, hal ini tidak berlaku untuk label keselamatan yang digunakan untuk bahan kimia, pengangkutan zat-zat berbahaya dan sektor-sektor yang memiliki peraturan yang berbeda. Prinsip desain dalam ISO 3864-2: 2004 digunakan oleh semua Komite Teknis ISO dan siapa saja yang merancang label keselamatan produk dalam pengembangan standar label keselamatan produk untuk industri atau jasa mereka. Peraturan di beberapa Negara mungkin berbeda dari beberapa persyaratan yang terdapat dalam ISO 3864-2: 2004. Untuk memfasilitasi standardisasi internasional label keselamatan produk, ISO 3864-2: 2004 harus direvisi.

3. ISO 3864-3: 2012, *Graphical symbols – Safety colours and safety sign – Part 3: Design principles for graphical symbols for use in safety sign.*

ISO 3864-3: 2012 memberikan prinsip-prinsip, kriteria dan acuan untuk desain simbol grafis untuk digunakan dalam tanda-tanda keselamatan sebagaimana didefinisikan dalam ISO 3864-1, dan untuk elemen tanda keselamatan label keselamatan produk sebagaimana didefinisikan dalam ISO 3864-2.

4. d. ISO 3864-4: 2011, *Graphical symbols – Safety colours and safety sign – Part 4: Colorimetric and photometric properties of safety sign materials.*

ISO 3864-4: 2011 menetapkan persyaratan kolorimetri dan fotometri dan cara uji warna tanda-tanda keselamatan

yang harus digunakan dalam tempat kerja dan tempat umum. Spesifikasi kolorimetri dan fotometri untuk keselamatan dan warna kontras ditentukan dalam ISO 3864-1. Persyaratan fisik bahwa tanda-tanda keselamatan harus memenuhi terutama terkait warna siang hari dan lingkungan normal. ISO 3864-4: 2011 juga mencakup persyaratan kolorimetri dan cara uji untuk tanda-tanda keselamatan dan berpendar yang juga beroperasi di lingkungan gelap.

5. ANSI Z535.1 - 2006 *Safety Sign and Colour at Work*.
6. ANSI Z535.4 American National Standard for Product Safety Signs and Labels.
7. BS 5378-1: 1980 *Safety Signs and Colours Specifications for Colour and Design*.
8. BS 5499: 2002 *Graphical symbols and sign. Safety Sign, including Fire Safety Sign*.

## **2.4 Penggunaan Warna pada Visual Safety Sign**

Informasi dapat juga diberikan dalam bentuk kode warna. Indera mata sangat sensitif terhadap warna BIRU-HIJAU-KUNING, tetapi sangat tergantung juga pada kondisi terang dan gelap. Dalam visual *safety sign* sebaiknya tidak menggunakan lebih dari 5 warna. Hal ini berkaitan dengan adanya beberapa kelompok orang yang memiliki gangguan penglihatan atau mengalami kekurangan dan keterbatasan penglihatan pada matanya. Warna merah dan hijau sebaiknya tidak digunakan bersamaan begitu pula warna kuning dan biru (Bendriati, 2013).

### **2.4.1 Kelebihan dan Kekurangan Penggunaan Warna Safety Sign**

Terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan dalam penggunaan warna pada pembuatan *safety sign*, di tunjukan pada Table 2.5 (Saputra, 2018) Warna dapat memberikan dampak

psikologis, sugesti, suasana bagi yang melihatnya (Cahyoadi 2017:9).

Tabel 2.5 Kelebihan dan Kekurangan Penggunaan Warna (Cahyoadi 2017:9).

<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
Tanda untuk data spesifik	Tidak bermanfaat bagi buta warna
Informasi lebih mudah diterima	Menyebabkan <i>fatigue</i> (kelelahan penglihatan)
Mengurangi tingkat kesalahan	Membingungkan
Lebih natural	Menimbulkan reaksi yang salah
Memberi dimensi lain	Informal

Penggunaan warna dalam *safety sign* sangat penting untuk membedakan maksud yang disampaikan. Terdapat 4 warna yang digunakan (Cahyoadi 2017:20).

- a. Biru berarti perintah melaksanakan sesuatu atau kewajiban menggunakan sesuatu seperti memakai alat pelindung diri.
- b. Merah berarti larangan melakukan sesuatu misalnya menyalakan api di area bahan bakar. Tetapi khusus untuk pencegahan kebakaran baik berupa petunjuk, perintah, peringatan maupun larangan tetap memakai warna merah.
- c. Kuning berarti peringatan untuk berhati-hati dan waspada terhadap risiko bahaya.
- d. Hijau berarti menunjukkan keadaan aman, misalkan petunjuk arah/jalan, pintu darurat dan P3K.

Warna merupakan pelengkap dalam sebuah desain. Warna juga merupakan unsur dalam menyentuh kepekaan penglihatan.

Warna dibagi menjadi 3 bagian, warna primer, warna sekunder, warna tersier dan karakteristik warna (Bendriati, 2013).

#### **2.4.2 Standar Acuan Penggunaan Warna *Safety Sign***

Aturan yang mengatur tentang warna tanda keselamatan (*safety sign*) yang harus di terapkan dalam perancangan tanda keselamatan (*safety sign*) adalah ANSI Z53, ANSI Z535 dan ISO 3864. Pada tahun 1979, pembentukan komite yang dinamakan ANSI Z53 yaitu mengatur tentang warna keselamatan dengan komite ANSI Z35 tentang tanda keselamatan. Yang pada akhirnya bergabung membentuk komite ANSI Z535 tentang tanda dan warna keselamatan yang memiliki ruang lingkup untuk mengembangkan standarisasi tentang desain, pengaplikasian, penggunaan tanda warna dan symbol yang bertujuan mengidentifikasi dan memperingatkan pekerja tentang bahaya tertentu, serta mengurangi terjadinya kecelakaan kerja. Ada 6 Standar pembaharuan yang telah di tetapkan dari seri ANSI Z53 dan Z35 ke ANSI Z535 (Bendriati, 2013).

1. ANSI Z535.1: *Safety Color Code* (terbaru tahun 2017).
2. ANSI Z535.2: *Environmental and Facility Safety Signs* (terbaru tahun 2011-R2017).
3. ANSI Z535.3: *Criteria for Safety Symbols* (terbaru tahun 2011-R2017).
4. ANSI Z535.4: *Product Safety Sign and Labels* (terbaru tahun 2011-R2017).
5. ANSI Z535.5: *Safety Tags and Barricade Tapes (for Temporary Hazards)* (terbaru tahun 2011-R2017).
6. ANSI Z535.6: *Product Safety Information in Product Manuals, Instructions, and Other Collateral Materials* (terbaru tahun 2011-R2017).

ANSI Z535 berisi informasi yang diperlukan untuk menentukan format, warna dan tanda keselamatan (*safety sign*) yang di gunakan

untuk lingkungan kerja area publik, aplikasi produk dan pencegahan kecelakaan di tempat kerja.

ANSI Z535 digunakan sebagai pedoman dasar dalam menentukan tanda di tempat kerja di karenakan lebih efektif dalam mengomunikasikan keamanan dalam pekerjaan dengan penggunaan tanda yang bersifat komunikatif untuk mengatasi hambatan berbagai macam bahasa dan menarik perhatian pekerja dalam bekerja sedangkan BS ISO 3864 adalah juga mengenai standarisasi penerapan tanda keselamatan (*safety sign*) namun BS ISO 3864 menjelaskan secara rinci mengenai warna, symbol, desain/ layout dan lain sebagainya. Berdasarkan warna, geometric shape, dan format desain pada standar BS ISO 3864 memiliki perbedaan dengan standar ANSI, akan tetapi maksud dan tujuannya sama (Saputra, 2017:122).

1. BS ISO 3864-1 *Graphical symbols - Safety colours and safety sign-Part 1: Design principles for safety signs and safety markings.*
2. BS ISO 3864-2 *Graphical symbols - Safety colours and safety sign-Part 2: Design principles for product safety labels.*
3. BS ISO 3864-3 *Graphical symbols - Safety colours and safety sign - Part 3: Design principles for graphical symbols for use in safety sign.*
4. BS ISO 3864-4 *Graphical symbols - Safety colours and safety signs-Part 4: Colorimetric and photometric properties of safety sign material.*

Pada Tabel 2.6 menunjukkan perbedaan penggunaan warna pada tanda keselamatan (*safety sign*) ANSI Z535 dan BS ISO 3864 (Cahyadi 2017).

Menunjukkan bahwa warna label peringatan harus menarik perhatian pengamat. Warna yang berbeda mewakili tingkat risiko yang berbeda karena pengaruh budaya atau respon fisiologis.

Secara tradisional, merah merupakan tingkat tertinggi bahaya, diikuti oleh oranye, kuning, hijau, biru dan putih (Tam dkk., 2003).

Tabel 2.6 Perbedaan penggunaan warna pada tanda keselamatan (*safety sign*) ANSI Z535 dan BS ISO 3864 (Afianto, 2013:29).

Warna	ANSI Z535	BS ISO 3864
	<i>Danger</i> (Bahaya)	<i>Prohibition</i> (Larangan)
	<i>Warning</i> (Peringatan)	Tidak Ada
	<i>Caution</i> (Waspada)	<i>Warning</i> (Peringatan)
	<i>Notice</i> (Informasi Keselamatan)	<i>Mandatory Action</i> (Perintah Keselamatan)
	<i>Safety Instruction/Safety Equipment</i> (Instruksi Keselamatan/Peralatan Keselamatan)	<i>Safe Condition</i> (Kondisi Aman)
	<i>Fire Equipment</i> (Peralatan Pemadam Kebakaran)	<i>Fire Equipment</i> (Peralatan Pemadam Kebakaran)

Standar ANSI Z535.4-2007 *for Product Safety Sign and Labels*, panel pesan sinyal ditandai dengan warna *sign* yang berbeda-beda (Pousette dkk., 2014:44).

- a. *Danger sign* / tanda bahaya, *background* berwarna merah dengan kata *DANGER* berwarna putih. Mengindikasikan situasi bahaya yang memiliki kemungkinan tinggi terjadinya kematian atau luka serius.
- b. *Warning sign* / tanda peringatan, *background* berwarna oranye dengan kata *WARNING* berwarna hitam.

Mengindikasikan situasi kemungkinan terjadinya kecelakaan serius atau kematian.

- c. *Caution sign* / tanda waspada, *background* berwarna kuning dan kata *CAUTION* berwarna hitam. Mengindikasikan situasi berbahaya yang bisa menyebabkan luka ringan atau sedang.
- d. *Notice sign* / perhatian, *background* berwarna biru dengan kata *NOTICE* berwarna putih. Mengindikasikan pesan yang disampaikan berhubungan dengan keselamatan personil atau perlindungan terhadap properti perusahaan bersangkutan.
- e. *Emergency / safety first* / utamakan keselamatan, *background* berwarna hijau dan gambar atau kata berwarna putih. Memberikan Instruksi-instruksi umum yang berhubungan dengan praktek kerja yang aman dan memberikan tanda jalur evakuasi.

Dalam sebuah *safety sign* warna juga ditetapkan sebagai pedoman pesan yang akan disampaikan oleh sebuah *safety sign*. Ada warna yang menjadi *background* atau latar belakang, ada juga warna tulisan yang tertera di atasnya. Kombinasi warna yang kontras juga dimaksudkan agar tulisan mudah terlihat dan terbaca. Arti warna *safety sign* didasarkan pada ANSI Z535.1-2006 (Afianto, 2013).

1. Merah, dikombinasikan dengan warna kontras putih dan warna symbol hitam. Warna merah berarti suatu larangan, tanda bahaya dan juga dipakai sebagai tanda pemadam api.
2. Kuning, dikombinasikan dengan warna kontras dan simbol hitam. Warna kuning berarti peringatan, perhatian/waspada atau potensi berisiko bahaya.
3. Hijau, dikombinasikan warna kontras dan simbol putih. Warna hijau berarti pintu keluar darurat, pertolongan pertama, dan juga zona aman.

4. Biru, dikombinasikan warna kontras dan simbol putih. Warna biru berarti suatu hal yang wajib ditaati.
5. Putih, dikombinasikan dengan warna kontras dan simbol hitam. Warna putih digunakan untuk menyampaikan pesan yang bersifat informasi umum.

## **2.5 Pembuatan Konseptual *Safety Sign***

Hal pertama yang perlu dilakukan untuk merumuskan pendekatan konseptual dalam proses perancangan adalah memahami tentang hakekat desain yang secara umum dapat dibagi ke dalam tiga komponen, yaitu desain sebagai perwujudan nilai simbolik dan budaya, desain sebagai pemecahan masalah teknis, dan desain sebagai perwujudan nilai ekonomis.

Sebagai perwujudan nilai simbolik dan budaya, maka desain dapat dikaitkan dengan faktor nilai, pandangan hidup, kepercayaan, mitos, dan lain-lain (Suhandi dkk, 2009). Desain merupakan sarana untuk menginterpretasikan nilai-nilai, pandangan hidup, kepercayaan, mitos, dan lain-lain ke dalam wujud materi yaitu benda konkrit yang berfungsi untuk mengungkapkan sesuatu nilai budaya tertentu. Dengan demikian maka desain dikonsentrasikan olah bentuk, komposisi dan kombinasi dari bahan, proporsi, tekstur, warna, dan unsur-unsur detail lainnya (Santosa, dkk 2005). Untuk mampu memahami desain sebagai perwujudan nilai simbolik dan budaya maka diperlukan suatu pengalaman mental tertentu. seseorang perlu masuk ke dalam konteks pemahaman budaya tertentu baik secara alami (dengan sendirinya) maupun disengaja (dengan mempelajari).

Benda-benda di sekitar lingkungan kehidupan mereka didesain berdasarkan keterkaitannya dengan nilai-nilai, pandangan hidup, kepercayaan, mitos, dan lain-lain. Masyarakat tradisional secara otomatis akan memiliki pengalaman mental melalui kehidupan sehari-hari mereka sehingga untuk memahami nilai-nilai

simbolik pada desain benda-benda di sekitar mereka akan mudah melakukannya. Orang yang bukan anggota masyarakat tradisional tertentu perlu belajar untuk mampu menyusun pengalaman mental tersebut. Dalam kehidupan masyarakat modern, nilai simbolik dan budaya banyak ditemukan pada desain-desain ruang budaya (*cultural space*) seperti bangunan religius, museum, *city hall*, *sign*, perpustakaan, dan lain-lain. Nilai-nilai simbolik yang ada pada desain-desain tersebut bertujuan untuk memberikan interpretasi atas peradaban (*civilization*) sebuah masyarakat modern. Desain merupakan sarana untuk memenuhi kebutuhan fungsi-fungsi dalam kehidupan sehari-hari. Pemahaman ini muncul sejak adanya revolusi teknik pada era revolusi industri (Suhandi dkk, 2009).

Desain bukan lagi dipandang sebagai seni melainkan lebih kepada ilmu teknik (*engineering*). Desain dipelajari dan dikembangkan secara ilmiah dengan pendekatan-pendekatan empirik untuk memberikan pemecahan masalah (*problem solving*) secara objektif dan hasil temuannya dapat digeneralisasikan. Hasil atau wujud konkrit dari pemahaman desain sebagai pemecahan masalah teknis adalah desain-desain modern yang mengutamakan fungsi teknis, oleh karenanya desain menjadi bersifat mekanis dan rakitan. Hal ini dapat dilihat contohnya seperti penggunaan bahan-bahan industrial yang standar, homogen dan dapat dirakit secara cepat dan mudah serta hasilnya kuat atau optimum secara teknis. Sebagai perwujudan nilai ekonomis maka desain dapat dikaitkan dengan faktor investasi atau komoditas (Santosa, dkk 2005). Desain merupakan solusi untuk memberikan keuntungan ekonomis dalam kaitannya dengan pemenuhan kebutuhan hidup sehari-hari. Pemahaman desain sebagai perwujudan nilai ekonomis muncul sejak adanya revolusi dibidang ilmu sosial khususnya ilmu ekonomi di era revolusi industri (Suhandi dkk, 2009). Penelitian yang dilakukan oleh Annie and Chan, (2015), yaitu pengaruh faktor pengguna dan karakteristik partisipasi melakukan rujukan ulang dari

tanda keselamatan konstruksi. Dari hasil yang ingin di capai oleh penelitian yaitu melakukan desain ulang tanda keselamatan berdasarkan pemahaman pekerja yang ada di konstruksi. Metode yang di gunakan yaitu meminta rujukan gambar konseptual yang dapat di pahami dari masing-masing pekerja konstruksi mengenai tanda keselamatan bahaya fisik yang dapat terjadi di pekerjaan konstruksi.

Merumuskan pendekatan konseptual dalam proses perancangan *safety sign* adalah memahami tentang skema perancangan atau pentahapan-pentahapan dalam perancangan karena perancangan *safety sign* pada dasarnya memiliki kompleksitas permasalahan yang relatif tinggi, maka metode yang paling banyak digunakan adalah metode analitis (*analitical method*). Hal ini mengacu pada metodologi desain sebagai formulasi dari apa yang dinamakan “berpikir sebelum menggambar” (“*thinking before drawing*”) (Annie and Chan, 2015).

## 2.6 Posisi Presentasi Format

Selain warna dan bentuk desain *safety sign*, posisi dari tanda keselamatan (*safety sign*) sangat diperlukan dalam perancangan tanda keselamatan. Beberapa penelitian melihat faktor-faktor yang berhubungan dengan desain peringatan mempengaruhi kepatuhan peringatan pengamat (Tam dkk 2003).

Jika pekerja yang datang dari berbagai kebangsaan, dengan latar belakang budaya dan bahasa yang berbeda, simbol atau tanda visual yang cocok dalam menyampaikan pesan. Namun, efektivitas komunikasi tanda keselamatan tidak hanya berhubungan dengan desain tanda saja tetapi juga dipengaruhi oleh sejumlah faktor. Salah satunya adalah posisi dari tanda keselamatan harus sesuai dengan format atau letak kebutuhan dari tanda keselamatan (*safety sign*) Sebuah tanda keselamatan yang dirancang dengan baik akan menghasilkan efektifitas yang baik yaitu makna dari tanda

keselamatan dapat di mengerti atau di terima dengan baik oleh para pekerja (Tam dkk, 2003). Oleh karena itu, ketika merancang dan mengevaluasi tanda keselamatan, tidak hanya desain sendiri tetapi juga kekuatan kognitif pengamat, keadaan dan posisi format juga harus dipertimbangkan (Chan and Annie, 2010b).

Adapun landasan hukum mengenai pemasangan *safety sign* di tempat kerja (Basri, 2014:30).

1. Undang-undang no 1 Tahun 1970 Pasal 14b.

“Memasang dalam tempat kerja yang dipimpinnya, semua gambar keselamatan kerja yang diwajibkan dan semua bahan pembinaan lainnya, pada tempat-tempat yang mudah dilihat dan terbaca menurut petunjuk pegawai pengawas atau ahli keselamatan kerja”.

2. Permenaker No.05/MEN/1996 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Kriteria audit 6.4.4.

“Rambu-rambu mengenai keselamatan dan tanda pintu darurat harus dipasang sesuai dengan standar dan pedoman”.

3. Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 tahun 2012 tentang Penerapan SMK3, Lampiran II Kriteria Audit SMK3 poin 6.4.4.

“Rambu-rambu K3 harus dipasang sesuai standar dan pedoman teknis” (Afianto, 2013).

Kewajiban memasang *safety sign* di tempat kerja tertuang pada Undang-Undang Nomor 1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja pasal 14 poin b. Tidak ada pedoman khusus yang berlaku di Indonesia, namun banyak sekali referensi yang dapat di jadikan standar pada suatu perusahaan agar *safety sign* berfungsi dengan efektif salah satunya yaitu *American National Standards Institute (ANSI) Z535*. ANSI mengatur warna dan kata-kata pada tanda, juga mendikte penempatan tanda-tanda keselamatan, dan tidak harus berada dalam bahaya sebelum melihat tanda. Ini berarti bahwa semua tanda-tanda keselamatan harus digantung di lokasi yang memberikan banyak waktu untuk menghindari bahaya. Kata-kata

pada tanda harus dapat dibaca dan ditempatkan di lokasi di mana tidak menjadi bahaya untuk diri sendiri. Selain itu tanda tidak dapat menggantung di pintu, jendela atau benda portabel lainnya yang pergerakan objek akan menyembunyikan tanda (Pousette dkk., 2014).

Penelitian yang dilakukan oleh Nugroho, dkk., (2019) hubungan persepsi pekerja, ketersediaan dan tata letak *safety sign* dengan kepatuhan pekerja mendapatkan hasil penelitian sebanyak lima belas orang atau tiga puluh tujuh koma lima persen dari total responden merasa tata letak *safety sign* tidak strategis. Maka dari itu posisi presentasi format juga sangat dibutuhkan dalam merancang *safety sign*.

Pemasangan rambu keselamatan (*safety sign*) harus memenuhi persyaratan sebagai berikut (Basri, 2014:30).

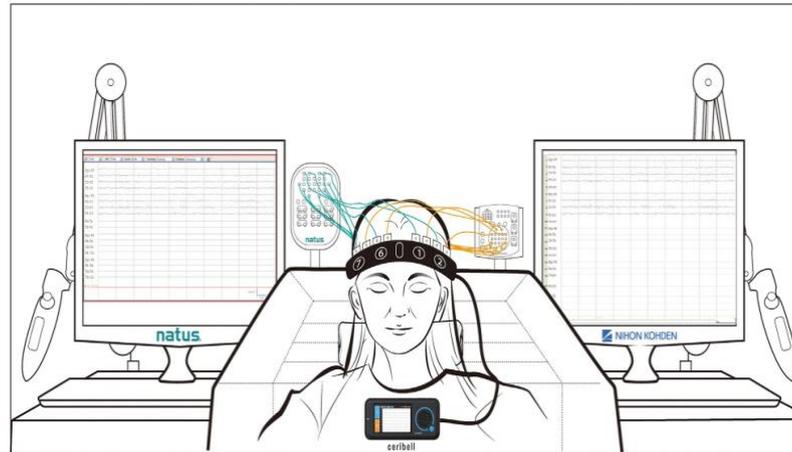
1. *Safety sign* harus terlihat jelas, ditempatkan pada jarak pandang dan tidak tertutup atau tersembunyi.
2. Kondisikan *safety sign* dengan pencahayaan yang baik. Siapapun yang berada di area kerja harus bisa membaca *safety sign* dengan mudah dan mengenali warna keselamatannya.
3. Pencahayaan/penerangan juga harus cukup membuat bahaya yang akan ditonjolkan menjadi terlihat dengan jelas.
4. Siapapun yang ada di area kerja harus memiliki waktu yang cukup untuk pesan yang disampaikan *safety sign* dan melakukan tindakan yang diperlukan untuk menjaga keselamatan.
5. Posisikan *safety sign* yang berhubungan bersebelahan, tetapi jangan menempatkan lebih dari empat *safety sign* dalam area yang sama.
6. Pisahkan *safety sign* yang tidak berhubungan.
7. Pastikan bahwa *safety sign* pengarah terlihat dari semua arah. Termasuk panah arah pada rambu keluar disaat arah tidak jelas atau membingungkan. Rambu arah harus ditempatkan secara berurutan sehingga rute yang dilalui selalu jelas.

8. *Safety sign* harus berjarak 2,2 meter dari lantai.

## **2.7 Electroencephalograph (EEG)**

### **2.7.1 Pengertian *Electroencephalograph (EEG)***

*Electroencephalography (EEG)* adalah perangkat elektronik yang dapat mengukur sinyal listrik di otak. Sensor *EEG* biasanya mengukur berbagai sinyal listrik yang dibuat oleh aktivitas sekelompok besar *neuron* di dekat permukaan otak selama periode waktu tertentu. *EEG* bekerja dengan mengukur fluktuasi kecil arus listrik antara kulit dan elektroda sensor, memperkuat arus listrik, dan melakukan penyaringan. Inovasi di bidang kedokteran dimulai pada awal 1900-an, Salah satu inovasi adalah penemuan arus listrik kecil yang diproduksi oleh otak (Soufineyestani, dkk., 2020). *EEG* adalah metode pengukuran sinyal listrik dari aktivitas neuron pada otak dengan sensor elektrode yang diletakkan pada permukaan kepala. Komponen-komponen dasar untuk pengukuran *EEG* adalah elektrode yang diletakkan pada permukaan kepala, sistem pengkondisi sinyal yaitu mengkonversi sinyal dari analog ke digital dan sistem akuisisi data serta penganalisis sinyal secara digital (Suprijanto dkk., 2018). *EEG* adalah pencatatan aktivitas listrik di sepanjang kulit kepala yang dihasilkan oleh penembakan neuron di dalam otak, pertama mencerminkan osilasi tersinkronisasi dan desinkronisasi dari keseluruhan aktivitas kortikal di otak. Kedua pola otak membentuk gelombang yang umumnya bersifat *sinusoidal*, dan keadaan otak individu dapat membuat frekuensi tertentu lebih dominan. Contoh alat perangkat elektronik *EEG* ditunjukkan pada Gambar 2.1. *EEG* bertujuan untuk mengidentifikasi pola *electroencephalography* dengan status mental pada manusia (Seo, dkk., 2011).



Gambar 2.1 Perangkat Elektronik *Electroencephalography*  
Sumber (Kamousi dkk., 2019:71)

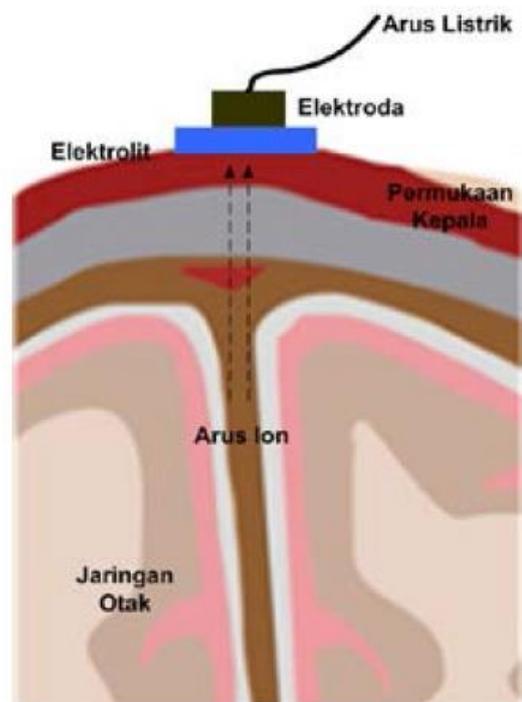
*EEG* merupakan perangkat bantu medis yang mendeteksi potensial listrik pada kulit kepala melalui elektroda - elektroda untuk membantu merekam aktivitas otak, *EEG* sendiri digunakan dalam dunia medis untuk melakukan riset terhadap otak, dimana otak merupakan pusat segala kontrol bagi tubuh manusia (Azhar and Sahroni 2019) *EEG* secara historis, memainkan peran penting dalam penilaian fungsi saraf manusia (Lenartowicz and Loo 2014). *EEG* mendeteksi perubahan dan kelainan pada aktivitas listrik otak dan menyediakan cara untuk menilai fungsi otak secara dinamis (Gupta and Singh 2015). *EEG* didefinisikan sebagai aktivitas listrik dari jenis bolak-balik yang direkam dari permukaan kulit kepala setelah diambil oleh elektroda logam dan media konduktif (Budianto 2017). *EEG* adalah teknik pencitraan medis yang membaca aktivitas listrik kulit kepala yang dihasilkan oleh struktur otak. Ketika sel-sel otak (*neuron*) diaktifkan, aliran arus lokal diproduksi (Teplan 2002).

### 2.7.2 Sistem Kerja *Electroencephalograph (EEG)*

Langkah pertama dalam evaluasi menggunakan *EEG* adalah akuisisi sinyal *EEG*. Beberapa elektroda, berjumlah 16-

20 dalam *EEG* "penuh", didistribusikan ke seluruh kulit kepala. Dalam banyak monitor *EEG* yang diproses secara komersial yang dirancang untuk digunakan dalam pengaturan perioperatif, hanya 2-3 elektroda ditempatkan di dahi pekerja menangkap fluktuasi tegangan antara berbagai titik di kulit kepala, mentransmisikan melalui amplifier dan filter kawat keras untuk menghasilkan sinyal *EEG* elektroda ini secara efektif (Sun dkk., 2020). *EEG* melakukan pengukuran gelombang pada lobus-lobus otak, yaitu parietal, frontal, temporal, dan oksipital. Lobus otak merupakan bagian dari serebral korteks yang memiliki fungsinya masing-masing. Lobus otak tertentu akan bekerja secara dominan tergantung dari aktivitas yang dilakukan oleh manusia. Lobus parietal berfungsi terkait bahasa dan panca indera. Lobus frontal berfungsi dominan terkait emosi, gerakan, pembelajaran, perencanaan, memori jangka panjang, dan sebagian besar aktivitas. Lobus temporal berfungsi terkait input sensori primer. Lobus oksipital berfungsi terkait penglihatan dan pengenalan objek (Budianto 2017).

Sinyal *EEG* didefinisikan sinyal *nonstationer* yang berada pada rentang frekuensi 1-100 Hz. Sinyal *EEG* dapat direkam langsung dari permukaan *kortikal*, dengan metode *invasif* dan untuk metode *noninvasif* dilakukan pada permukaan kepala. Sumber dari sinyal *EEG* adalah dari sinkronisasi aktivitas potensial aksi dari sel *neuron* yang dipropagasikan pada permukaan kepala, dengan aliran ion terjadi melalui jaringan lunak, batok kepala, dan beberapa lapisan lain pada kepala (Suprijanto, dkk., 2018). Sistem kerja *EEG* ditunjukkan pada Gambar. 2.2.



Gambar 2.2 Sistem Kerja *EEG* dengan Elektroda.

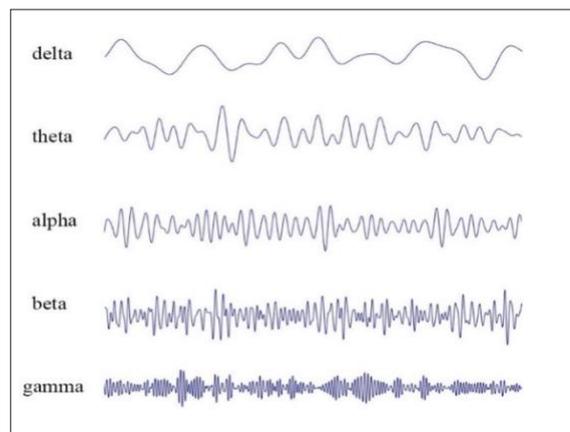
Sumber (Suprijanto, dkk., 2018:345)

Lapisan antar muka antara elektrolit dan elektrode dengan permukaan kepala mengonversi arus ion menjadi arus listrik karena mekanisme reaksi oksidasi dan reduksi. Tegangan diperoleh dari dua titik pada daerah lobus tertentu, relatif terhadap titik referensi. Daerah lobus yang digunakan pada sistem 10-20 dikenal dengan daerah *Frontal (F)*, *Central (C)*, *Temporal (T)*, *Parietal (P)*, dan *Occipital (O)* (Teplan 2002).

### 2.7.3 Klasifikasi Gelombang Otak yang di Hasilkan oleh *Electroencephalograph (EEG)*

Untuk mendapatkan pola dasar otak manusia perindividu, subjek diinstruksikan dalam keadaan rileks dan menutup mata. Pola otak membentuk gelombang yang umumnya sinusoidal, sinusoidal adalah fungsi matematika yang berbentuk osilasi halus berulang. Biasanya, mereka diukur dari

puncak ke puncak dan biasanya amplitudo berkisar dari 0,5 hingga 100 V, yang sekitar 100 kali lebih rendah dari pada sinyal *Elektrokardiograf (EKG)* perekaman aktifitas kelistrikan jantung. Melalui spektrum daya transformasi *Fourier* dari sinyal *EEG* mentah diturunkan. Dalam *spektrum* daya terlihat kontribusi gelombang *sinus* dengan frekuensi yang berbeda. Meskipun spektrumnya *kontinu*, mulai dari 0 Hz hingga setengah frekuensi sampling, keadaan otak individu dapat membuat frekuensi tertentu lebih dominan. Gelombang otak telah dikategorikan menjadi lima kelompok dasar dapat dilihat pada Gambar 2.3 yaitu *beta* (12-20 Hz), *alfa* (8-12 Hz), *theta* (4-8 Hz), *delta* (0,5-4 Hz) dan *gamma* (20-40 Hz), (Sun dkk., 2020).



Gambar 2.3 Klasifikasi Gelombang Otak Manusia  
Sumber (Madona 2018:39).

Setiap gelombang otak pada manusia perindividu sangatlah berbeda. Gelombang otak manusia yang berpariatif yaitu berdasarkan aktifitas otak dan keadaan manusia (Kamoussi dkk., 2019). Ada lima gelombang otak yang penandaan setiap aktifitas otak manusia yaitu gelombang *alpha*, *beta*, *tetha*, *delta* dan *gamma* (Sun, dkk., 2020).

Otak manusia menghasilkan lima jenis gelombang otak secara bersamaan, yaitu *gamma*, *alpha*, *beta*, *tetha*, dan *delta*

akan tetapi selalu ada jenis gelombang otak yang dominan yang menandakan aktifitas otak yang sedang terjadi (Hong and Jung 2003).

Menurut Madona, (2018:39) gelombang otak yang ada pada setiap individu manusia adalah

1. *Delta*.

Gelombang *delta* merupakan gelombang otak dengan frekuensi 0,5 – 4 Hz dan akan dominan saat seseorang mengalami tidur yang lelap tanpa mimpi.

2. *Theta*.

Gelombang *theta* merupakan gelombang dengan frekuensi 4 – 8 Hz dan terjadi saat seseorang sedang mengalami tidur ringan atau dalam keadaan mengantuk, tidak berkonsentrasi atau dalam keadaan jenuh.

3. *Alpha*.

Gelombang *alpha* merupakan gelombang dengan frekuensi 8 – 12 Hz dan terjadi saat berkonsentrasi, berelaksasi atau ketika akan sedang istirahat. Frekuensi gelombang *alpha* merupakan frekuensi pengendali penghubung pikiran sadar dan bawah sadar.

4. *Beta*.

Gelombang *beta* merupakan gelombang otak yang memiliki frekuensi antara 12 – 20 Hz dan terjadi pada saat seseorang mengalami aktifitas mental yang terjaga penuh. Misalnya dalam melakukan aktifitas sehari hari.

5. *Gamma*.

Gelombang *gamma* adalah gelombang otak yang memiliki frekuensi 20 – 40 Hz dan terjadi saat seseorang mengalami aktifitas otak yang sangat tinggi, misalnya saat mengikuti sebuah perlombaan, tampil dimuka umum, atau ketakutan. Dari kelima jenis gelombang otak, dapat disimpulkan bahwa gelombang *beta* dan

gelombang *alpha* merupakan gelombang otak yang bertanggung jawab dalam setiap aktifitas mental yang terjaga penuh dan keadaan disaat berkonsentrasi.

#### **2.7.4 Teknik Perekaman *Electroencephalograph (EEG)***

Pengukuran *EEG* menggunakan system perekaman yang terdiri dari elektroda dengan media konduktif, amplifier dengan filter, *Konverter* Analog ke Digital (A / D) dan alat perekam (P.Henrique,1999). Elektroda membaca sinyal dari permukaan kepala, amplifier membawa sinyal *mikrovolt* ke kisaran di mana mereka dapat didigitalkan secara akurat, konverter mengubah sinyal dari bentuk analog ke digital, dan komputer (atau perangkat lain yang relevan) menyimpan dan menampilkan data yang diperoleh (Teplan 2002). Satu set peralatan ditunjukkan pada Gambar 2.4.

Rekaman kulit kepala aktivitas saraf di otak, yang diidentifikasi sebagai *EEG*, memungkinkan pengukuran perubahan potensial dari waktu ke waktu dalam rangkaian listrik dasar yang dilakukan antara elektroda sinyal (aktif) dan elektroda referensi. *Elektroda* ketiga ekstra, yang disebut elektroda arde, diperlukan untuk mendapatkan tegangan diferensial dengan mengurangi tegangan yang sama yang ditunjukkan pada titik aktif dan titik referensi (J.Lobera, 2012).



Gambar 2.4 Peralatan untuk Perekaman *Electroencephalography* (*EEG*)

Sumber (Teplan 2002:5)

#### A. Fleksibel (Berkabel) dan Komunikasi Nirkabel

Teknik pengambilan perekaman *EEG* memiliki dua jenis perangkat yaitu menggunakan kabel dan komunikasi nirkabel (Suprijanto, dkk., 2018).

Perangkat *EEG* berkabel mentransfer data dari perangkat elektroda ke komputer melalui kabel, bentuk fleksibel digambarkan pada Gambar 2.5. Sedangkan perangkat komunikasi nirkabel tersambung melalui perangkat bluetooth. Koneksi *EEG* kabel lebih stabil dan seringkali dapat mentransfer lebih banyak data dalam waktu tertentu, tetapi tidak menawarkan kebebasan bergerak yang disediakan oleh koneksi nirkabel. Sedangkan salah satu kelemahan *EEG* nirkabel adalah, selama pengambilan data ke otak, dapat kehilangan konektivitas nirkabel dan tidak merekam data. Terlepas dari jenis sambungannya, pergerakan kabel dan elektroda dapat menyebabkan gangguan pada sinyal *EEG*, karena terputusnya sambungan antara elektroda

dan kulit kepala. (Soufineyestani, dkk., 2020).



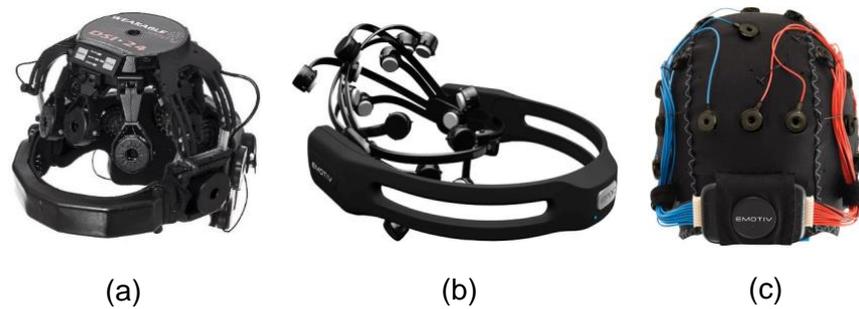
Gambar 2.5 Fleksibel (Berkabel) *Electroencephalography* (EEG)

Sumber (D.Prutchi 2004:100)

## B. Elektroda

Perangkat *EEG* memerlukan sambungan listrik yang menghubungkan antara masing-masing perangkat *EEG* ke kulit kepala pekerja atau responden yang memakai perangkat tersebut, salah satu perangkat adalah elektroda yang di rekatkan dan di tempelkan di dasar kulit kepala (Westover, dkk., 2020).

Sambungan elektroda terbagi atas tiga macam yaitu kering, basah (larutan garam) dan berbahan dasar gel, tiga jenis elektroda tersebut di gambarkan pada Gambar 2.6 (Kam, dkk., 2019). Elektroda kulit kepala yang umum digunakan terdiri dari cakram Ag-AgCl, diameter 1 sampai 3 mm, dengan kabel fleksibel panjang yang dapat dipasang ke amplifier (Westover, dkk., 2020).



Gambar 2.6 Elektroda (a) Kering, (b) Larutan Garam, (c) Berbahan Dasar Gel.

Sumber (Soufineyestani, dkk., 2020:2)

- a. Kering: Perangkat *EEG* kering tidak menggunakan gel atau saline untuk menghubungkan elektroda dengan kulit kepala, membuatnya lebih mudah untuk merekam data *EEG* tanpa bantuan teknisi terlatih. Selain itu, waktu penyiapannya jauh lebih pendek dari pada Perangkat *EEG* basah (Kam, dkk., 2019).
- b. Larutan garam: Beberapa perangkat elektroda *EEG* memerlukan gel konduktif untuk membantu menghubungkan listrik impedansi rendah antara kulit dan elektroda sensor. Perangkat elektroda *EEG* yang memiliki teknologi ini menghubungkan elektroda dengan mengoleskan garam ke setiap elektroda (Tello, dkk., 2014).
- c. Berbahan dasar gel lembut: Dengan menggunakan koneksi ini, elektroda terhubung dengan kulit kepala dengan mengoleskan gel konduktif ke dalam kantong masing-masing elektroda. Setelah percobaan selesai, perangkat elektroda perlu dibersihkan dengan melepas gel dan membersihkan elektroda. Ini sering dilakukan dengan alkohol karena sifat

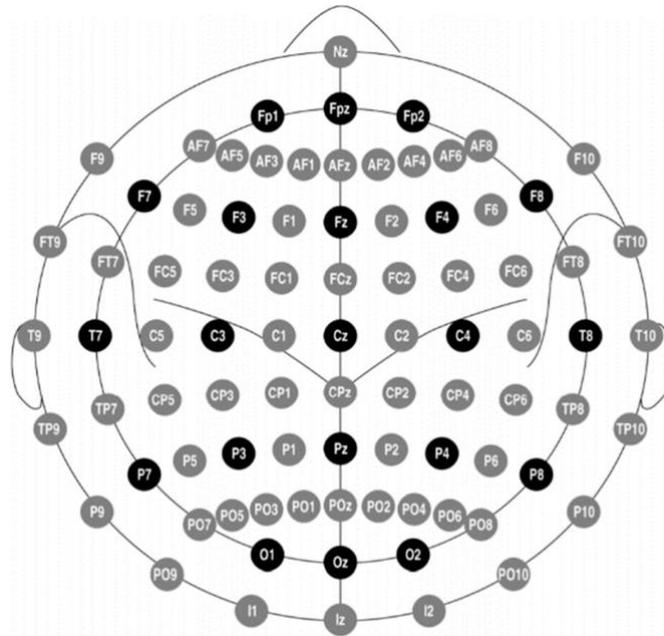
penguapannya (Kam, dkk., 2019).

### C. Standar Penempatan Elektroda

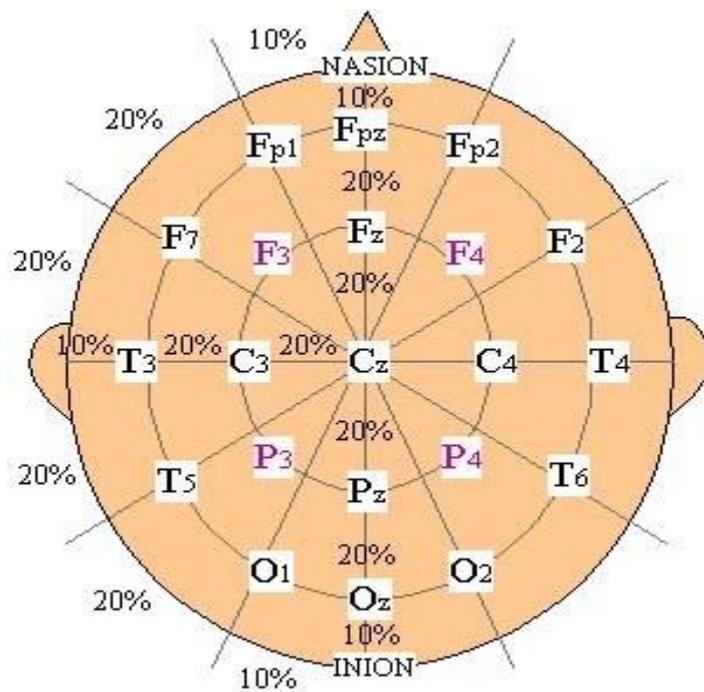
Neurofisiologi Klinis Amerika menyarankan dua penempatan elektroda internasional pada kulit kepala standar 10-20 dan 10-10 (Acharya, dkk., 2016). Penelitian yang dilakukan oleh Westover, dkk., (2020) dengan menggunakan sebanyak 10 elektroda untuk diagnosis pasien yang keritis membuktikan 10-10 cocok untuk mendapatkan data *EEG* yang lebih detail. Angka-angka tersebut merujuk pada jarak antara elektroda yang berdekatan yang ditempatkan di tengkorak. Misalnya, untuk standar 10-20, jarak relatif antara elektroda dan area di bawah tengkorak adalah 10% atau 20% (Oostenveld and Praamstra 2001).

Elektroda lokasi dimulai dengan huruf, diikuti dengan angka ganjil atau genap untuk menunjukkan penempatan dan otak kiri atau kanan, meliputi: *F (frontal)*, *C (sentral)*, *T (temporal)*, *P (posterior)*, dan *O (oksipital)*. Angka menunjukkan nama dan posisi masing-masing elektroda di 10-20 (lingkaran hitam) dan di sistem 10-10 (lingkaran abu-abu) di tunjukkan pada Gambar 2.7 (Oostenveld and Praamstra 2001).

Sistem 10-20 cocok untuk studi non-klinis dan studi potensi terkait di tunjukkan pada Gambar 2.8 (Acharya et al. 2016). Pemanfaatan sinyal *EEG* di bidang aplikasi nonmedis mulai banyak di gunakan dengan perangkat *wearable*, bahkan di perbaharui dengan penggunaan nirkabel, dan menggunakan dengan sistem 10-20 (Suprijanto, dkk., 2018).



Gambar 2.7 Posisi Elektroda dan Label dalam Sistem 10-20 (Lingkaran Hitam) dan System 10-10 (Lingkaran Abu-abu)  
Sumber (Oostenveld and Praamstra 2001:715)



Gambar 2.8 Penempatan Elektroda Label Sesuai dengan Titik Sistem 10-20  
Sumber (Teplan 2002:7)

Seperti diketahui dari tomografi area otak yang berbeda mungkin terkait dengan fungsi otak yang berbeda. Setiap elektroda kulit kepala terletak di dekat pusat otak tertentu, misalnya F7 terletak di dekat pusat kegiatan rasional, Fz dekat pusat disengaja dan motivasi, F8 dekat dengan sumber impuls emosional. Korteks di sekitar lokasi C3, C4, dan Cz berhubungan dengan fungsi sensorik dan motorik. Lokasi dekat P3, P4, dan Pz berkontribusi pada aktivitas persepsi dan diferensiasi. Dekat prosesor emosional T3 dan T4 berada, sedangkan di T5, T6 fungsi memori tertentu berdiri. Area visual utama dapat ditemukan di bawah poin O1 dan O2. Namun elektroda kulit kepala mungkin tidak mencerminkan area korteks tertentu, karena lokasi pasti dari sumber aktif masih bermasalah karena keterbatasan yang disebabkan oleh sifat tengkorak yang tidak homogen, Impedansi tinggi dapat menyebabkan distorsi yang sulit dipisahkan dari sinyal sebenarnya. Ini memungkinkan penginduksian frekuensi listrik luar pada kabel yang digunakan atau pada tubuh. Monitor impedansi dibuat di beberapa perangkat *EEG* yang tersedia secara komersial. Untuk mencegah gangguan distorsi sinyal pada setiap kontak elektroda dengan kulit kepala semua harus di bawah 5 K Ohm, dan seimbang dalam 1 K Ohm satu sama lain. Standar serupa diperlukan untuk penggunaan klinis *EEG* dan untuk publikasi di sebagian besar jurnal terkemuka. Praktis, impedansi seluruh rangkaian yang terdiri dari dua elektroda diukur, tetapi pemeriksaan impedansi bawaan biasanya menampilkan hasil yang sudah dibagi dua. Kontrol semua impedansi diinginkan juga setelah menyelesaikan setiap pengukuran. Beberapa penempatan elektroda referensi perekaman yang berbeda disebutkan dalam literatur. Referensi fisik dapat dipilih sebagai vertex (Cz),

*linked-ears, linked-mastoids, ipsilateral-ear, contralateral-ear*, referensi C7, referensi *bipolar*, dan ujung hidung. Teknik referensi-bebas diwakili oleh referensi rata-rata umum, referensi rata-rata tertimbang, dan sumber derivasi. Setiap teknik memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri. Pemilihan referensi dapat menghasilkan distorsi topografi jika area yang relatif netral secara elektrik tidak digunakan (Teplan 2002). Menghubungkan elektroda referensi dari dua cuping telinga atau mastoid mengurangi kemungkinan aktivitas penggelembungan buatan di satu belahan bumi. Namun demikian, penggunaan metode ini dapat menyimpang "efektif". referensi dari bidang garis tengah jika hambatan listrik pada setiap elektroda berbeda. Referensi Cz menguntungkan bila terletak di tengah-tengah di antara elektroda aktif, namun untuk titik dekat itu membuat resolusi yang buruk. Teknik referensi-bebas tidak mengalami masalah yang terkait dengan referensi fisik yang sebenarnya. Mengacu pada telinga yang terhubung dan simpul (Cz) yang dominan (Fehér and Morishima 2016).

#### D. Amplifier dan Filter

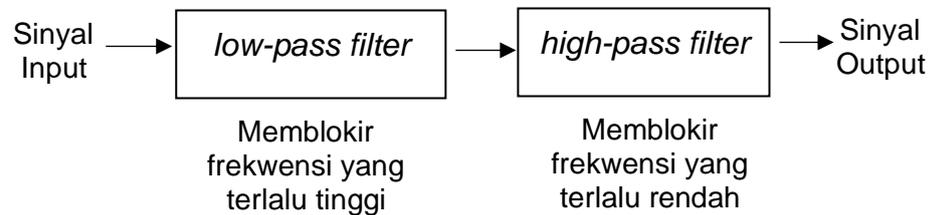
Sinyal perlu diperkuat agar kompatibel dengan perangkat seperti layar, perekam, atau konverter analog ke digital (A / D) (Kamoussi, dkk., 2019). Amplifier yang memadai untuk mengukur sinyal ini harus memenuhi persyaratan yang sangat spesifik. Mereka harus memberikan amplifikasi selektif ke sinyal fisiologis, menolak kebisingan yang dilampirkan dan sinyal interferensi, dan menjamin perlindungan dari kerusakan melalui tegangan dan lonjakan arus untuk pasien dan peralatan elektronik (Noirhomme, dkk., 2014). Menurut Teplan, (2002) Persyaratan dasar yang harus dipenuhi oleh penguat biopotensial adalah

- a. Proses fisiologis yang akan dipantau tidak boleh dipengaruhi oleh amplifier.
- b. Sinyal yang diukur tidak boleh terdistorsi.
- c. Penguat harus memberikan pemisahan sinyal dan interferensi yang terbaik.
- d. Amplifier harus menawarkan perlindungan pasien dari bahaya sengatan listrik.
- e. Amplifier itu sendiri harus dilindungi dari kerusakan yang mungkin disebabkan oleh tegangan input tinggi yang terjadi selama penerapan defibrilator atau instrumentasi bedah listrik.

Ketika komputer digunakan sebagai perangkat perekam, saluran sinyal analog berulang kali diambil sampelnya pada interval waktu tetap (interval pengambilan sampel), dan setiap sampel diubah menjadi representasi digital oleh konverter analog-ke-digital (A / D) (Kamoussi et al. 2019). Konverter A / D dihubungkan ke sistem komputer sehingga setiap sampel dapat disimpan di memori komputer. Resolusi konverter ditentukan oleh amplitudo terkecil yang dapat diambil sampelnya. Ini diperoleh dengan membagi rentang tegangan konverter A / D dengan 2 yang dipangkatkan dengan jumlah bit konverter A / D. Konverter A / D biasanya menggunakan minimal 12 bit (membedakan 4.096 level nilai). Direkomendasikan kemampuan untuk menyelesaikan 0,5. (Teplan 2002).

Filter analog (perangkat keras) harus diintegrasikan dalam unit amplifikasi (Teplan 2002). Filter pada *EEG* ini terdiri dari *low-pass*, *high-pass*, dan *band-pass*. *Low-pass filter* digunakan untuk memblokir frekuensi-frekuensi yang terlalu tinggi dari sinyal input. *High-pass filter* digunakan untuk memblokir frekuensi-frekuensi yang terlalu rendah, sedangkan *band-pass filter* merupakan gabungan dari *low-*

*pass filter* dan *high-pass filter*. Cara kerja *Band-pass filter* di gambarkan pada gambar diagram 2.9 (Y.Akbar 2012).



Gambar 2.9 Cara kerja *Band-pass filter*

Sumber (Y.Akbar 2012:3)

Data masukan yang diplot dalam domain waktu, untuk mempermudah dalam menganalisa data tersebut, maka digunakan *band-pass filter* untuk memecah data menjadi 4 bagian yaitu sinyal *alpha*, *beta*, *theta* dan *delta* (Y.Akbar 2012).

### 2.7.5 Studi Penggunaan *EEG* pada Rancangan Desain.

Studi penggunaan alat elektronik *EGG* pada rancangan desain produk adalah sebagai berikut

1. (Songsamoe dkk.,2019).

Penelitian yang dilakukan Songsamoe dkk.,(2019) bertujuan untuk membandingkan metode pengukuran secara tradisional atau agket dengan metode menggunakan perangkat *EEG*, metode yang di gunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan pengukuran cara tradisional dan menggunakan teknik *EEG*, diterapkan untuk mengamati emosi dan perilaku konsumen terkait makanan dan minuman, misalnya untuk mengukur respon emosional terhadap penampilan makanan, aroma dan ketertarikan konsumen terhadap berbagai jenis produk makanan. Hasil yang di dapatkan dalam penelitian ini yaitu

Secara konvensional, pengukuran secara tradisional digunakan untuk mempelajari respons emosional konsumen terhadap produk makanan dan memahami kebutuhan konsumen. Namun, pengukuran ini tidak menunjukkan pada bias kognitif dari konsumen karena semua data pengukuran diperoleh dari pemikiran konsumen yang dilaporkan atau dari kuesioner. Oleh karena itu, untuk memenuhi pemikiran kognitif responden dibutuhkan alat elektronik *EEG*, teknik *EEG* dapat digunakan untuk memberikan data implisit dan mendalam karena secara langsung mengukur respons fisiologis implisit konsumen. Pertimbangan bentuk gelombang *EEG* dan *asimetri analisis spektrum daya EEG* yang diperoleh dari belahan kiri dan kanan otak manusia ketika dirangsang dengan makanan dapat mengungkapkan perasaan dan keputusan konsumen untuk memilih produk makanan dan layanan makanan yang lebih baik.

2. (Aprilianty dan Suprijanto, 2016).

Penelitian yang dilakukan Aprilianty dan Suprijanto,( 2016) bertujuan untuk mengetahui apakah warna sebagai rangsangan dapat mempengaruhi pilihan pakaian dalam berdasarkan rekaman *EEG* konsumen sebagai respon biologis untuk memperoleh preferensi terhadap produk pakaian dalam, metode yang di gunakan metode ilmu saraf untuk menganalisis proses pilihan fisiologis. sebanyak 20 konsumen pakaian dalam diminta untuk mengevaluasi beberapa warna pakaian dalam (merah, putih, biru, coklat, abu-abu dan hitam) dengan menggunakan headset *EEG* nirkabel dengan 6 saluran untuk mengumpulkan sinyal *EEG* dari area otak *frontal*, *temporal*, dan *oksipital* peserta yang dapat memberi kita ukuran untuk memperkirakan pilihan konsumen. Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan yang jelas dan signifikan. Aktivitas gelombang otak *EEG*

*hemisfer* kanan dan kiri pada *frontal* (F3 dan F4), *temporal* (T7 dan T8), dan area otak *oksipital* (O1 dan O2) ketika peserta menunjukkan warna pilihan mereka. Selain itu, berdasarkan hasil penelitian konsumen wanita lebih menyukai pakaian dalam yang berwarna merah sedangkan konsumen pria lebih menyukai warna putih. Penelitian ini pada dasarnya akan berkontribusi dalam memperkaya metode riset pemasaran dengan menggunakan desain eksperimental yang lebih maju daripada metode riset pemasaran tradisional.

3. (Trapsilawati, dkk, 2019).

Penelitian yang dilakukan Trapsilawati, dkk, (2019) bertujuan untuk bentuk *squishy* yang disukai berdasarkan kognitif konsumen terhadap produk *squishy* yang ada di pasaran, metode yang di gunakan adalah Berjumlah empat mahasiswa S1 laki-laki berpartisipasi dalam penelitian ini, Empat belas produk *squishy* dengan berbagai variasi disediakan sebagai produk sampel, dan menggunakan perangkat *EEG* 14 saluran untuk memperoleh gelombang otak peserta. Empat belas saluran termasuk *lobus frontal*, *temporal*, *parietal*, dan *oksipital*, hasil yang di dapatkan dalam penelitian ini adalah dari segi kegembiraan atau menghilangkan rasa gelisah yaitu model estimasi tidak sesuai dengan data yang diamati dengan baik yang ditunjukkan oleh rendahnya koefisien korelasi parsial dari semua item. Namun, dapat dilihat dari koefisien korelasi parsial bahwa bentuk *squishy* paling erat hubungannya dengan kegembiraan adalah *squishy* yang bentuknya tidak beraturan seperti es krim dan seperti *squishy* kentang goreng dan *squishy* yang cenderung lebih menggugah selera.