

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Penglihatan Manusia

2.1.1 Anatomi dan Fisiologi Manusia

Bentuk mata manusia hampir bulat, berdiameter $\pm 2,5$ cm. Bola mata terletak dalam batalan lemak, pada sebelah depan dilindungi oleh kelopak mata dan ditempat lain dengan tulang orbita. Bola mata terdiri atas:

a. Dinding mata, terdiri dari:

- Kornea dan sclera
- Selaput khoroid, korpus siliaris, iris dan pupil.

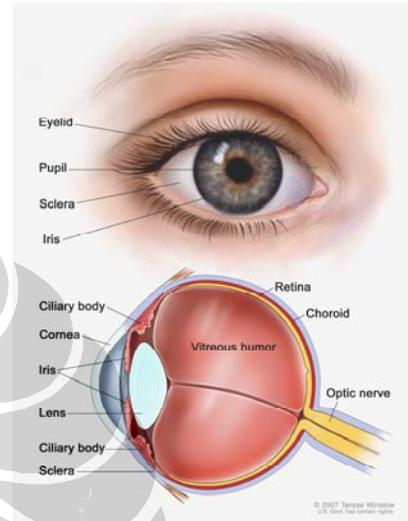
b. Medium tempat cahaya lewat, terdiri dari:

- Kornea
- Aqueous humour
- Lensa
- Vitreous humour

c. Jaringan nervosa, terdiri dari:

- Sel-sel saraf pada retina
- Serat saraf yang menjalar melalui sel-sel ini (Gibson, 1995).

Sklera merupakan lapisan pembungkus bagian luar mata yang mempunyai ketebalan ± 1 mm. Seperenam luas sclera di bagian depan merupakan lapisan bening yang disebut kornea. Kornea merupakan selaput yang tembus cahaya, melalui kornea kita dapat melihat membran pupil dan iris. Di sebelah dalam kornea ada iris dan pupil. Iris berfungsi mengatur bukaan pupil secara otomatis menurut jumlah cahaya yang masuk ke mata. Iris berwarna karena mengandung pigmen, warna dari iris bervariasi sesuai dengan jumlah pigmen yang terdapat di dalamnya, makin banyak kandungan pigmen makin gelap warna iris. Pupil



Sumber: www.amdsupport.ca

Gambar 2.1 Anatomi Bola Mata Manusia

berfungsi untuk mengatur cahaya yang masuk ke mata. Dalam keadaan terang bukaan pupil akan kecil, sedangkan dalam keadaan gelap bukaan pupil akan membesar. Diameter bukaan pupil berkisar antara 2 sampai 8 mm.

Selaput khoroid adalah lapisan berpigmen diantara sklera dan iris, fungsinya memberikan nutrisi. Korpus siliaris merupakan lapisan yang tebal, berbentuk seperti cincin yang terbentang dari ora serata sampai ke iris. Fungsinya adalah untuk terjadinya akomodasi, proses muskulus siliaris harus berkontraksi.

Lensa mata menerima cahaya dari pupil dan meneruskannya pada retina. Fungsi lensa mata adalah mengatur fokus cahaya, sehingga cahaya jatuh tepat pada bintik kuning retina. Untuk melihat objek yang jauh (cahaya datang dari jauh), lensa mata akan menipis. Sedangkan untuk melihat objek yang dekat (cahaya datang dari dekat), lensa mata akan menebal. Lensa terletak diantara iris dan kornea, terpisah oleh *aquerus humour*. *Aquerus humour* adalah suatu cairan yang komposisinya serupa dengan cairan serebrospinal. Demikian pula antara lensa mata dan bagian belakang mata terisi semacam cairan kental (*vitreous humour*). *Vitreous humour* adalah suatu cairan kental yang mengandung air dan inukopolisakarida. Cairan ini bekerja bersama-sama lensa mata untuk membiaskan cahaya sehingga tepat jatuh pada fofea atau dekat fofea.

Bagian penting mata lainnya adalah retina. Retina adalah bagian saraf mata, tersusun atas sel-sel saraf dan serat-seratnya. Sel-sel saraf terdiri atas sel saraf bentuk batang dan kerucut. Sel saraf bentuk batang sangat peka cahaya tetapi tidak dapat membedakan warna, sedangkan sel saraf kerucut kurang peka cahaya tetapi dapat membedakan warna. Sel saraf bentuk batang tersebar sepanjang retina sedangkan sel saraf kerucut terkonsentrasi pada fofea dan mempunyai hubungan tersendiri dengan serat saraf optik.

Pada retina terdapat dua buah bintik yaitu bintik kuning (fofea) dan bintik buta (blind spot). Pada bintik kuning (fofea) terdapat sejumlah sel saraf kerucut sedangkan pada bintik buta tidak terdapat sel saraf batang maupun kerucut. Suatu objek dapat dilihat dengan jelas apabila bayangan objek tersebut tepat jatuh pada fofea. Dalam hal ini lensa mata akan bekerja otomatis untuk memfokuskan bayangan objek tersebut sehingga tepat jatuh pada bagian fofea (Mendrofa, 2003).

2.1.2 Proses Pembentukan Citra

Proses kerja mata manusia diawali dengan masuknya cahaya melalui bagian kornea, yang kemudian dibiaskan oleh *aquous humour* ke arah pupil. Pada bagian pupil, jumlah cahaya yang masuk ke dalam mata dikontrol secara otomatis, dimana untuk jumlah cahaya yang banyak, bukaan pupil akan mengecil sedangkan untuk jumlah cahaya yang sedikit bukaan pupil akan membesar.

Pupil akan meneruskan cahaya ke bagian lensa mata dan oleh lensa mata cahaya difokuskan ke bagian retina melalui *vitreous humour*. Cahaya ataupun objek yang telah difokuskan pada retina, merangsang sel saraf batang dan kerucut untuk bekerja dan hasil kerja ini diteruskan ke seraf optik, ke otak dan kemudian otak bekerja untuk memberi tanggapan sehingga menghasilkan penglihatan. Sel saraf batang bekerja untuk penglihatan dalam suasana kurang cahaya, misalnya pada malam hari. Sedangkan sel saraf kerucut bekerja untuk penglihatan dalam suasana terang, misalnya pada siang hari (Mendrofa, 2003).

2.1.3 Masuk Cahaya ke Mata

Mata menyerupai kamera tetapi bekerja lebih baik dari kamera karena beraksi secara otomatis, hampir tepat dan cepat tanpa harus ada penyesuaian yang dilakukan. Proses dimana cahaya memasuki mata adalah sebagai berikut:

- Cahaya memasuki mata melalui kornea yang transparan.
- Kemudian menjalar melalui lensa yang membalikkan cahaya tersebut.
- Kemudian membentuk gambaran balik pada retina

Retina mengubah cahaya ke dalam impuls syaraf. Impuls tersebut melewati sepanjang syaraf optikus dan traktus ke otak, disampaikan ke korteks oksipitalis dan disana diinterpretasikan sebagai gambar.

Jumlah cahaya yang memasuki mata diatur oleh ukuran dari pupil. Iris berfungsi sebagai diafragma, ukuran pupil dikontrol oleh seraf - seraf otot sirkuler dan radial. Otot - otot dari iris dikontrol oleh:

- Seraf *simpatis* yang berasal dari *ganglion servikalis superior* pada rantai *simpatis* di leher. *Impuls* yang menjalar sepanjang seraf tersebut mendilatasi *pupil* dengan cara relaksasi seraf *sirkular*.

- Serat parasimpatis yang menjalar dengan syaraf kranial ke-3 (*okulomotorius*): *impuls* sepanjang serat tersebut menyebabkan konstriksi pupil dengan cara relaksasi serat radial.

Pupil membesar pada saat gelap dan berkonstriksi pada keadaan terang. Ukuran pupil setiap saat disebabkan oleh keseimbangan antara stimulasi *simpatis* dan *parasimpatis*. Kekuatan penglihatan diperiksa dengan bantuan alat grafik *Snellens*. Ukuran dan bentuk dari masing - masing huruf pada grafik tersebut pada setiap detailnya harus mempunyai sudut pandang 1 menit ketika dilihat pada jarak 6 meter. Mata normal dapat melihat pada jarak 6 meter baris ke-6 dengan jelas. Bila seseorang pada jarak tersebut hanya dapat melihat dengan jelas pada huruf yang dua kali lebih besar, penglihatannya dicatat sebagai 6/12. Bila seseorang dapat melihat dengan jelas hanya pada huruf- huruf yang terbesar (yang untuk mata normal harus terlihat dengan jarak sejauh 60 meter) penglihatannya tercatat sebagai 6/60.

2.1.4 Kelainan Refraksi Mata

Kelainan refraksi adalah kelainan pembiasan sinar oleh media penglihatan yang terdiri dari *kornea*, cairan mata, lensa, badan kaca atau panjang bola mata sehingga bayangan benda dibiaskan tidak tepat di daerah *makula lutea* tanpa bantuan akomodasi. Keadaan ini disebut *ametropia* yang dapat berupa *miopia*, *hipermetropia* atau *astigmatisma*. Sebaliknya *emetropia* adalah keadaan dimana sinar yang sejajar atau jauh dibiaskan atau difokuskan oleh sistem optik mata tepat pada daerah *makula lutea* tanpa mata melakukan akomodasi (Ilyas S. 1997).

2.2 Pencahayaan

2.2.1 Teori Dasar Cahaya

Berdasarkan teori, cahaya dapat bersifat gelombang dan partikel. Cahaya sendiri pada hakekatnya tidak dapat dilihat, kesan adanya cahaya apabila cahaya tersebut mengenai benda. Dalam teori *Sir Isaac Newton* (1642 - 1727) menggambarkan peristiwa cahaya sebagai sebuah aliran dan butir - butir kecil (teori *korpuskuler*).

Menurut Plank (1858 - 1947) pelopor teori *kwantum* menyatakan cahaya itu terdiri atas kwanta atau *forton - forton*, tampaknya agak mirip dengan teori Newton yang lama itu. Dengan menggunakan teori Max Plank dapat menjelaskan mengapa benda itu panas apabila terkena sinar. Thomas Young (1773 - 1829) dan August Fresnel (1788 - 1827) dapat menjelaskan bahwa cahaya dapat melentur dan berinterferensi. James Clark Maxwell (1831 - 1879) berkebangsaan Skotlandia dari hasil percobaanya dapat menjelaskan bahwa cahaya adalah gelombang elektromagnetik.

Sedangkan menurut Huygens (1690) menganggap cahaya itu sebagai gejala gelombang. Dari sebuah sumber cahaya menjalarlah getaran - getaran kesemua jurusan. Setiap titik dari ruangan yang tergetar olehnya dapat dianggap sebagai sebuah pusat gelombang baru. Inilah prinsip *Huygens* yang belu bisa menjelaskan penjalaran cahaya dari satu medium ke medium lain. Dari hasil percobaan *Einstein* (1879 - 1955) dimana logam disinari dengan cahaya akan memancarkan elektron (gejala fotolistrik). Hal ini dapat disimpulkan bahwa cahaya memiliki sifat partikel dan gelombang magnetik. Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa cahaya mempunyai sifat materi (partikel) dan sifat gelombang (J.F. Gabriel, 1996).

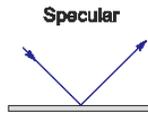
2.2.2 Sifat Cahaya

Menurut John T. Talty, P.E. (1998) cahaya yang sampai atau melewati suatu media akan dapat mengalami *reflection* (pantulan), *transmission* (menembus material), *absorbtion* (diserap), dan *refraction* (dibelokkan).

a. *Reflection* (Pemantulan).

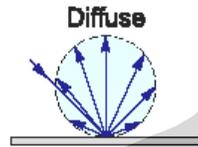
Jika cahaya yang merambat mengenai suatu permukaan, maka sebagian cahaya akan dipantulkan. pada permukaan dari logam, hampir 100% cahaya dipantulkan, sedangkan pada kaca yang bening hanya sebagian kecil yang dipantulkan. Rasio cahaya yang dipantulkan oleh suatu permukaan disebut reflektan. Refleksi atau pantulan cahaya terdiri dari beberapa tipe yaitu:

- *Specular*



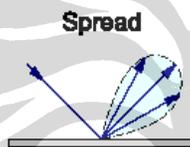
Sumber: John T. Talty, P.E. *Industrial Hygiene Engineering*. United States: Noyes Data Corporation, 1988, him. 510

- *Diffuse*



Sumber: John T. Tally, P.E. *Industrial Hygiene Engineering*. United States: Noyes Dura Corporation, 1988, him. 510

- *Spread*



Sumber: John T. Tally, P.E. *Industrial Hygiene Engineering*. United States: Noyes Dura Corporation, 1988, him. 510

- *Mixed*



Sumber: John T. Tally, P.E. *Industrial Hygiene Engineering*. United States: Noyes Dura Corporation, 1988, him. 510

Gambar 2.2 Gambar Pemantulan Cahaya

b. *Refraction* (Dibelokkan)

Cahaya akan berbelok jika melewati atau menembus medium yang mempunyai kerapatan berbeda.

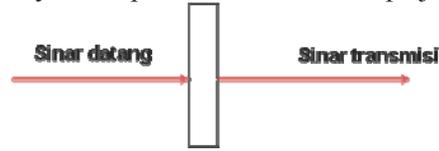


Sumber: John T. Tally, P.E. *Industrial Hygiene Engineering*. United States: Noyes Dura Corporation, 1988, him. 512

Gambar 2.3 Gambar Pembelokan Cahaya

c. *Transmission* (Menembus Material)

Cahaya mampu menembus beberapa jenis benda, seperti kaca dan plastic.



Gambar 2.4 Gambar Cahaya Menembus Material

d. *Absorbtion* (Penyerapan)

Beberapa material dapat menyerap cahaya, sehingga cahaya menjadi tidak terlihat.



Gambar 2.5 Gambar Material Menyerapan Cahaya

2.2.3 Istilah – istilah dalam Pencahayaan

Istilah-istilah dalam pencahayaan yang sering digunakan baik dalam desain maupun evaluasi tingkat pencahayaan di suatu ruangan adalah :

1. *Intensity* (I) atau disebut *luminous intensity* merupakan jumlah cahaya yang dikeluarkan oleh suatu sumber cahaya pada suatu arah tertentu. Satuan untuk luminous intensity adalah *candela* atau *candlepower*.
2. *Lumen* (F) merupakan unit atau satuan cahaya yang keluar dari suatu sumber cahaya yang memancar rata.
3. *Illumination level* (E) merupakan jumlah atau kuantitas cahaya yang jatuh ke suatu permukaan. Satuan *Illumination level* adalah *footcandle* jika area dalam satuan *square foot* dan *lux* jika area dalam satuan square meter.

$$\text{Luminance (cd/m}^2\text{)} = \frac{\text{Illuminance (lux)} \times \text{Reflectance}}{\text{II}}$$

4. *Luminance* (L) atau *photometric brightness* merupakan ukuran yang menunjukkan jumlah cahaya yang terpancar atau terpantul dari suatu area atau permukaan. Satuan untuk luminance adalah *footlambert* jika area dalam satuan *square foot* dan *candela* jika area dalam satuan square meter.
5. *Reflectance* merupakan ukuran yang menunjukkan jumlah cahaya yang direfleksikan oleh suatu permukaan.

6. *Luminer* adalah rumah lampu yang dirancang untuk mengarahkan cahaya, untuk tempat dan melindungi lampu serta untuk menempatkan komponen-komponen listrik.
7. *Glare/silau* merupakan efek yang timbul karena penerangan yang tinggi sehingga menyebabkan ketidaknyamanan dan kehilangan area pandang.

2.2.4 Sumber Pencahayaan

Berdasarkan sumbernya penerangan dibedakan menjadi dua yaitu, penerangan alamiah dan penerangan buatan.

1. Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami adalah pencahayaan yang dihasilkan oleh sumber cahaya alami yaitu matahari dengan cahayanya yang kuat tetapi bervariasi menurut jam, musim dan tempat. Pencahayaan yang bersumber dari matahari dirasa kurang efektif dibanding dengan pencahayaan buatan, hal ini disebabkan karena matahari tidak dapat memberikan intensitas cahaya yang tetap.

Pada penggunaan pencahayaan alami diperlukan jendela – jendela yang besar, dinding kaca dan dinding yang banyak dilobangi, sehingga pembiayaan bangunan menjadi mahal. Keuntungan dari penggunaan sumber cahaya matahari adalah pengurangan terhadap energi listrik.

Pencahayaan sebaiknya lebih mengutamakan pencahayaan alamiah dengan merencanakan cukup jendela pada bangunan yang ada. Kalau karena alasan teknis penggunaan pencahayaan alamiah tidak dimungkinkan, barulah pencahayaan buatan dimanfaatkan dan inipun harus dilakukan dengan tepat. Untuk memenuhi intensitas cahaya yang diinginkan sumber cahaya alami dan buatan dapat digunakan secara bersamaan sehingga menjadi lebih efektif.

2. Pencahayaan Buatan

Pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang dihasilkan oleh sumber cahaya selain cahaya alami. Apabila pencahayaan alami tidak memadai atau posisi ruangan sukar untuk dicapai oleh pencahayaan alami dapat dipergunakan pencahayaan buatan. Pencahayaan buatan sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Mempunyai intensitas yang cukup sesuai dengan jenis pekerjaan.

- Tidak menimbulkan penambahan suhu udara yang berlebihan pada tempat kerja.
- Memberikan pencahayaan dengan intensitas yang tetap menyebar secara merata, tidak berkedip, tidak menyilaukan dan tidak menimbulkan bayang-bayang yang dapat mengganggu pekerjaan.

Tujuan pencahayaan di industri adalah tersedianya lingkungan kerja yang aman dan nyaman dalam melaksanakan pekerjaan. Untuk upaya tersebut maka pencahayaan buatan perlu dikelola dengan baik dan dipadukan dengan faktor-faktor penunjang pencahayaan diantaranya atap, kaca, jendela dan dinding agar tingkat pencahayaan yang dibutuhkan tercapai (Padmanaba, 2006).

Jenis-jenis lampu yang digunakan dalam pencahayaan buatan, antara lain sebagai berikut:

a. Lampu Pijar

Lampu pijar disebut juga lampu panas karena sebagian energi listrik berubah menjadi panas dan sebagian berubah menjadi energi cahaya. Lampu pijar kurang efisien bila digunakan untuk mengenali warna dan juga dapat mengeluarkan panas. Hal ini akan membuat kurang nyaman dalam bekerja.

Bola lampu pijar berisi gas. Gas yang terdapat dalam bola pijar dapat menyalurkan panas dari kawat. Gangguan kecil dapat menyebabkan pemutusan arus listrik. Patahnya kawat pijar merupakan akhir dari umur lampu.

b. Lampu Flouresensi

Lampu Flouresensi disebut juga lampu dingin karena energi listrik berubah menjadi energi cahaya dan tidak disertai oleh pengeluaran energi panas. Terdapat beberapa jenis lampu flouresensi, diantaranya adalah:

c. Lampu Neon

Lampu ini kurang cocok untuk suasana pabrik, iaboratorium dan kantor karena gas neon menimbulkan warna merah.

d. Lampu helium

Lampu ini sangat baik untuk untuk suasana pabrik, laboratorium dan kantor karena gas helium menimbulkan warna putih.

e. Lampu Natrium

Lampu ini kurang baik untuk untuk suasana pabrik, laboratorium dan kantor karena gas natrium menimbulkan warna orange dan kuning serta panas.

f. Lampu Xenon

Lampu ini sangat baik untuk untuk suasana pabrik, laboratorium dan kantor karena gas xenon memiliki spektrum yang hampir sama dengan sinar matahari.

g. Lampu Merkuri

Lampu merkuri dikenal juga dengan sebutan lampu TL. Lampu ini sangat baik untuk untuk suasana pabrik, laboratorium dan kantor karena uap merkuri menimbulkan warna putih.

Kesesuaian tipe lampu dan jumlah lampu serta perlengkapan lampu yang digunakan berdasarkan atas beberapa pertimbangan yang antara lain adalah sebagai berikut (<http://www.epa.gov>):

- Efisiensi perlengkapan lampu
- Jumlah cahaya yang dihasilkan lampu (*lumen*)
- Daya pantul (*reflectance*) permukaan sekitarnya
- Efek dari hilangnya cahaya sebagai akibat penurunan *lumen* lampu oleh karena kotoran yang menutupi lampu dan perlengkapannya.
- Bentuk dan ukuran ruangan
- Ketersedian sumber cahaya alami

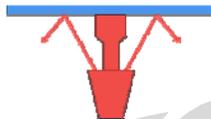
2.2.5 Sistem Pencahayaan

Untuk sistem pencahayaan dibedakan menjadi dua bagian, yaitu *General lighting* dan *Local lighting*. *General lighting* digunakan untuk pencahayaan menyeluruh atau sistem pencahayaan yang digunakan untuk mendapatkan pencahayaan yang merata. *Local lighting* digunakan untuk memberikan nilai aksentuasi pada suatu bidang atau lokasi tertentu tanpa memperhatikan kerataan

pencahayaannya.

Sistem pencahayaan merupakan salah satu faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam proses mendesain. Untuk menciptakan suasana yang diinginkan pada sebuah ruang, dibutuhkan minimal dua jenis sistem pencahayaan dalam ruangan. Secara keseluruhan general lighting dibedakan menjadi lima macam jenis sistem pencahayaan, yaitu:

1. *Indirect Lighting*



Sumber: John T. Tally, P.E. *Industrial Hygiene Engineering*. United States: *Noyes Data Corporation*, 1988, hlm. 532

Gambar 2.6 Gambar *Indirect Lighting*

Sistem pencahayaan disebut *Indirect Lighting* apabila 90-100% distribusi cahaya mengarah pada plafon dan dinding bagian atas pada ruangan. Sistem ini disebut indirect karena distribusi cahaya melalui langit-langit atau dinding bagian atas yang menjadi sumber cahaya melalui pantulan cahaya lampu. Agar seluruh plafon dapat menjadi sumber cahaya perlu diberikan perhatian dan pemeliharaan yang baik.

Keuntungan sistem ini adalah tidak menimbulkan bayangan dan kesilauan sedangkan kerugiannya adalah mengurangi cahaya total yang jatuh pada permukaan kerja.

2. *Semi-Indirect Lighting*



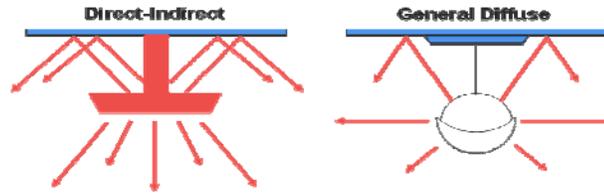
Sumber: John T. Tally, P.E. *Industrial Hygiene Engineering*. United States: *Noyes Data Corporation*, 1988, hlm. 532

Gambar 2.7 Gambar *Semi-Indirect Lighting*

Sistem pencahayaan disebut *Semi-Indirect Lighting* apabila 60-90% distribusi cahaya mengarah pada plafon dan dinding bagian atas pada ruangan. Sistem ini disebut semi-indirect karena distribusi cahaya berada

pada sumbu horisontal ruangan, dimana plafond atau dinding bagian atas menjadi sumber cahaya melalui pantulan cahaya lampu.

3. *General Diffuse dan Direct-Indirect Lighting*



Sumber: John T. Tally, P.E. *Industrial Hygiene Engineering*. United States: *Noyes Data Corporation*, 1988, hlm. 532

Gambar 2.8 Gambar *General Diffuse dan Direct-Indirect Lighting*

Sistem pencahayaan disebut General Diffuse dan Direct-Indirect Lighting distribusi cahaya seimbang antara cahaya yang mengarah pada plafon atau dinding bagian atas pada ruangan dengan cahaya yang jatuh ke bawah. Sistem pencahayaan ini merupakan sistem yang baik untuk ruangan dengan dinding berwarna gelap, dimana dibutuhkan distribusi cahaya yang cukup tanpa menghadapi resiko glare. Kualitas pencahayaan tergantung pada luas ruangan dan kegiatan yang dilakukan. Dengan menggunakan sistem pencahayaan ini maka ruang bagian atas tidak akan terlihat kosong atau monoton. Distribusi pencahayaan yang seimbang pada sistem ini baik untuk digunakan pada ruangan kelas, kantor secara umum, dan tempat retail.

4. *Semi-Direct Lighting*



Sumber: John T. Tally, P.E. *Industrial Hygiene Engineering*. United States: *Noyes Data Corporation*, 1988, hlm. 532

Gambar 2.9 Gambar *Semi-Direct Lighting*

Sistem pencahayaan disebut Semi-Direct Lighting apabila 60-90% distribusi cahaya mengarah pada dinding bagian bawah dan lantai. Sistem ini disebut semi-direct karena distribusi cahaya berada pada sumbu horisontal ruangan bagian bawah.

5. Direct Lighting



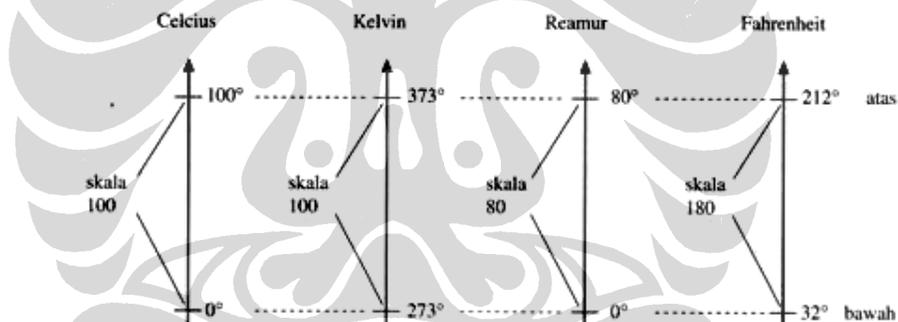
Sumber: John T. Tally, P.E. *Industrial Hygiene Engineering*. United States: *Noyes Data Corporation*, 1988, hlm. 532

Gambar 2.10 Gambar *Direct Lighting*

Sistem pencahayaan disebut *Direct Lighting* apabila 90-100% distribusi cahaya mengarah ke bawah atau ke benda-benda yang perlu diterangi (<http://digilib.petra.ac.id>, 2009).

2.3 Temperatur

Temperatur adalah ukuran derajat panas atau dingin suatu benda. Satuan temperatur mengacu pada [SI](#) (*System Internasional*) standar diantaranya adalah [Kelvin](#) (K), [Celsius](#), [Fahrenheit](#), dan [Reamur](#).



Gambar 2.11 Skala Temperatur

Di Indonesia pada umumnya menggunakan skala Celsius. Pada skala [Celsius](#), 0°C adalah titik dimana [air membeku](#) dan 100°C adalah [titik didih](#) air pada tekanan 1 [atmosfer](#) (Moran, 2004). Dan alat yang digunakan untuk mengukur temperatur adalah termometer.

Kelembapan udara adalah jumlah kandungan uap air yang ada dalam udara. Kandungan uap air di udara berubah – ubah, bergantung pada suhu. Makin tinggi suhu, makin banyak kandungan uap airnya. Alat pengukur kelembapan udara ialah *hygrometer* (<http://id.wikipedia.org/wiki/Kelembapan>).

Kelembapan udara ada dua jenis, yaitu sebagai berikut:

1. Kelembapan mutlak (*absolute*), yaitu jumlah yang menunjukkan massa uap air dalam satuan gram yang ada dalam 1 m³ udara.
2. Kelembapan relatif (nisbi), yaitu bilangan dalam persen yang menunjukkan perbandingan jumlah uap air dalam udara dengan jumlah uap air maksimum yang dapat ditampung oleh udara tersebut pada suhu yang sama. Kelembapan ini dinyatakan dalam % (persen).

2.4 Kelelahan Mata

2.4.1 Definisi Kelelahan Mata

Kelelahan mata adalah ketegangan pada mata dan disebabkan oleh penggunaan indera penglihatan dalam bekerja yang memerlukan kemampuan untuk melihat dalam jangka waktu yang lama yang biasanya disertai dengan kondisi pandangan yang tidak nyaman (Pheasant, 1991).

Menurut Suma'mur (1996) kelelahan mata timbul sebagai stress intensif pada fungsi – fungsi mata seperti terhadap otot – otot akomodasi pada pekerjaan yang perlu pengamatan secara teliti atau terhadap retina sebagai akibat ketidaktepatan kontras.

2.4.2 Gejala Kelelahan Mata

Gejala – gejala seorang pekerja mengalami kelelahan mata adalah sebagai berikut (Pheasant, 1991):

- Nyeri atau terasa berdenyut di sekitar mata dan di belakang bola mata.
- Pandangan kabur, pandangan ganda dan susah dalam memfokuskan penglihatan
- Pada mata dan pelupuk mata terasa perih, kemerahan, sakit dan mata berair yang merupakan ciri khas terjadinya peradangan pada mata.
- Sakit kepala (bagian *frontal/depan*), kadang - kadang disertai dengan pusing dan mual serta terasa pegal - pegal atau terasa capek dan mudah emosi.

Gejala - gejala kelelahan mata tersebut penyebab utamanya adalah penggunaan otot - otot di sekitar mata yang berlebihan. Kelelahan mata dapat dikurangi dengan memberikan tingkat pencahayaan yang baik di tempat kerja. Sedangkan menurut Suma'mur (1991) menyebutkan bahwa gejala - gejala kelelahan mata

antara lain:

- Rangsangan, berair dan memerahnya konjungtiva
- Melihat rangkap
- Pusing
- Berkurangnya kemampuan akomodasi
- Menurunnya ketajaman penglihatan, kepekaan kontras dan kecepatan persepsi

2.4.3 Faktor yang Mempengaruhi Kelelahan Mata

Dibawah ini adalah faktor yang dapat mempengaruhi kelelahan mata yaitu:

1. Faktor Individu, yaitu:

Berikut merupakan faktor dalam diri seseorang yang dapat mempengaruhi mata dalam melakukan aktivitas, antara lain:

a. Kelainan Refraksi adalah keadaan bayangan tegas yang tidak dibentuk di retina (*macula lutea*). Pada kelainan refraksi terjadi ketidakseimbangan sistem optik pada mata sehingga menghasilkan bayangan kabur (Ilyas, 2006). Kelainan refraksi dikenal dalam bentuk sebagai berikut:

- Miopi

Miopi atau penglihatan dekat adalah cacat mata yang disebabkan oleh diameter anteroposterior bola mata terlalu panjang sehingga bayang-bayang dari benda yang jaraknya jauh akan jatuh di depan retina. Pada miopia orang tidak dapat melihat benda yang jauh, mereka hanya dapat melihat benda yang jaraknya dekat. Untuk cacat seperti ini orang dapat ditolong dengan lensa cekung (negatif).

- Hipermetropi

Hipermetropi atau penglihatan jauh adalah cacat mata yang disebabkan oleh diameter anteroposterior bola mata terlalu pendek sehingga bayang-bayang dari benda yang jaraknya dekat akan jatuh di belakang retina. Pada hipermetropi orang tidak dapat melihat benda yang dekat, mereka hanya dapat melihat benda yang jaraknya jauh. Untuk cacat seperti ini orang dapat ditolong dengan lensa cembung (plus).

- Astigmatismus

Astigmatismus merupakan kelainan yang disebabkan kecembungan kornea tidak rata atau kelengkungan yang tidak sama, sehingga berkas sinar dibiaskan ke fokus yang berbeda, akibatnya bayang-bayang jatuh tidak pada tempat yang sama. Untuk menolong orang yang cacat seperti ini dibuat lensa silindris, yaitu yang mempunyai beberapa fokus (Ganong,1990).

- Presbiopia

Mata dikatakan presbiopia, bila pada usia 40 tahun seseorang dengan penglihatan normal mengalami kesulitan untuk memfokuskan objek-objek dekat. Pada mata presbiopia terjadi penurunan daya akomodasi. Dengan bantuan lensa cembung (lensa plus) maka keluhan tersebut dapat diatasi (Pamekar, 1992).

Pada usia 40 tahun *amplitude* akomodasi mata pada seseorang hanya menghasilkan titik dekat sebesar 25 cm. Pada jarak ini seorang yang berusia 40 tahun dengan jarak baca 25 cm akan menggunakan akomodasi maksimal sehingga menjadi lebih lelah. Membaca dengan menjauhkan kertas yang dibaca dan memerlukan sinar yang lebih terang. Biasanya diberikan kacamata baca untuk membaca dekat dengan lensa sferis positif yang dihitung berdasarkan *amplitude* pada masing - masing kelompok umur:

- + 1.0 D untuk usia 40 tahun
- + 1.5 D untuk usia 45 tahun
- + 2.0 D untuk usia 50 tahun
- + 2.5 D untuk usia 50 tahun
- + 3.0 D untuk usia 60 tahun

b. Usia

Semua makhluk hidup akan mengalami kemunduran dalam hidupnya sesuai dengan bertambahnya usia. Demikian juga dengan mata dapat mengalami perubahan kemunduran karena usia. Bertambahnya usia menyebabkan lensa mata berangsur-angsur kehilangan elastisitasnya,

dan agak kesulitan melihat pada jarak dekat. Hal ini akan menyebabkan ketidaknyamanan penglihatan ketika mengerjakan sesuatu pada jarak dekat, demikian pula penglihatan jauh. Makin tua, jarak titik dekat makin panjang. Sekitar umur 40 tahun - 50 tahun terjadi perubahan yang menyolok, objek-objek nampak kabur atau timbul perasaan tidak enak atau kelelahan pada waktu mengerjakan pekerjaan-pekerjaan dekat (Natalegawa, 1982).

c. Keturunan

Faktor keturunan yang dapat mempengaruhi terjadinya gangguan penglihatan adalah faktor genetika. Menurut Mahendrastari, R (2006) Faktor genetik keluarga (± 3 generasi) berperan sekitar $\pm 30 -35 \%$, sedangkan lingkungan berperan sekitar 70% . Cara penurunan gen mata minus, plus, *cylinder* adalah *irregular penetration* (penetrasi tidak beraturan) yang artinya dapat diturunkan pada tingkat 1, langsung bapak/ ibu pada anak atau pada keturunan tingkat 2 atau 3 dan seterusnya. dapat pada anak laki-laki ataupun perempuan. Itu sebabnya ada keluarga yang orang tuanya tidak berkacamata tetapi anaknya berkacamata hal tersebut berarti orangtuanya adalah pembawa (*carier*) gen.

2. Faktor Lingkungan

Berikut beberapa pendapat mengenai faktor lingkungan yang mempengaruhi mata dalam beraktivitas.

a. Menurut Stephen Pheasant (1991), kemudahan seseorang untuk melihat suatu objek kerja di lingkungan kerja sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- Tingkat Pencahayaan (*Illumination Levels*)

Kemudahan untuk melihat suatu objek kerja dipengaruhi oleh tingkat pencahayaan yang baik, karena semakin tinggi tingkat pencahayaan maka akan semakin muddfi seseorang untuk melihat suatu objek kerja. Tingkat pencahayaan yang baik memungkinkan seseorang untuk bekerja dengan efisiensi kerja yang maksimal.

- Ukuran Objek Kerja

Ukuran objek berkaitan dengan kemampuan penglihatan, semakin besar ukuran suatu objek kerja maka semakin rendah kemampuan mata yang diperlukan untuk melihat objek tersebut. Sedangkan untuk ukuran objek kerja yang kecil diperlukan kemampuan mata yang lebih untuk dapat melihat dengan fokus yang baik, akibatnya ketegangan akomodasi konvergensi akan bertambah sehingga akan menimbulkan kelelahan mata.

- Bentuk Objek Kerja

Bentuk objek kerja yang sederhana akan lebih mudah dikenali dan diinterpretasikan daripada objek kerja yang sangat rumit.

- Kekontrasan

Kemudahan untuk melihat suatu objek kerja serta kejelasan dalam melihat objek kerja dipengaruhi oleh kekontrasan. Kontras yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kesilauan. Objek kerja atau benda yang berwarna gelap dengan latar belakang terang lebih mudah dilihat dibanding benda berwarna terang dengan latar belakang gelap kecuali pada tingkat pencahayaan yang buruk (kurang dari 10 *lux*). Kekontrasan warna dapat meningkatkan kejelasan untuk melihat objek.

- Lama Waktu Untuk Melihat Objek Kerja

Mata memerlukan waktu untuk melihat suatu objek kerja agar lebih fokus, objek kerja yang terlalu kecil dan dengan bentuk yang sangat rumit akan memerlukan waktu yang lama agar penglihatan lebih fokus.

- Jarak Melihat Objek Kerja

Mata manusia mempunyai garis sudut pandang normal sebesar 15° dan dapat melebar sampai dengan 60°. Sedangkan kemampuan mata normal untuk dapat membaca huruf hasil printer sejauh kurang lebih 400 (\pm 50) mm. Pekerja yang bekerja dengan komputer direkomendasikan jauhnya lapang pandang antara 350 -700 mm.

b. Menurut Padmanaba (2006) kelelahan mata dapat dipengaruhi dari kuantitas iluminasi, kualitas iluminasi dan distribusi cahaya.

- Kuantitas iluminasi adalah tingkat pencahayaan yang dapat berpengaruh pada kelelahan mata, penerangan yang tidak memadai akan menyebabkan otot iris mengatur pupil sesuai dengan intensitas penerangan yang ada.
- Kualitas iluminasi, meliputi jenis penerangan, sifat fluktuasi serta warna penerangan yang digunakan.
- Distribusi cahaya yang kurang baik di lingkungan kerja dapat menyebabkan kelelahan mata. Distribusi cahaya yang tidak merata sehingga menurunkan efisiensi tajam penglihatan dan kemampuan membedakan kontras.

c. Faktor lingkungan lainnya.

- Masa Kerja

Encyclopedia of Occupational Health and Safety (1998) adanya keluhan gangguan mata rata - rata setelah pekerja bekerja dengan masa kerja berkisar lebih dari 3 - 4 tahun. Dengan demikian pekerja yang bekerja lebih dari tiga tahun akan mempunyai risiko lebih cepat terjadi kelelahan mata dibandingkan dengan pekerja dengan lama kerja kurang dari atau sama dengan tiga tahun.

Pada penelitian Sommer dkk untuk mengetahui mekanisme adaptasi air mata pada iklim kerja dalam Roestijawati (2007) mendapatkan prevalensi mata kering meningkat pada pekerja dengan masa kerja 3 – 4 tahun.

- Durasi Kerja

Yang dimaksud dengan durasi kerja dalam hal ini adalah lamanya seseorang pekerja terpajan oleh sesuatu faktor risiko, yang dapat diukur berdasarkan menit atau jam per hari dari suatu risiko. Durasi kerja dapat pula timbul setelah beberapa tahun kemudian setelah pekerja mengalami pajanan sebelumnya. Secara umum seorang pekerja yang mengalami durasi kerja dan terpajan lebih besar, akan mengalami tingkat risiko yang besar pula.

Untuk mengetahui apakah seseorang pekerja mengalami pajanan dari suatu risiko dibutuhkan adanya standarisasi yang merupakan nilai ambang batas pajanan, yaitu suatu batas pajanan untuk 8 jam per hari kerja dan 40 jam kerja perminggu.

Seorang pekerja yang bekerja menggunakan peralatan computer (VDT) tentunya akan mengalami suatu risiko karena mata operator komputer selalu berinteraksi dengan peralatan tersebut untuk melihat dokumen yang dientry ke dalam computer. Pekerjaan mata yang selalu berulang (*repetition*) menyebabkan mata tersebut selalu berupaya untuk memfokuskan pada bidang layar monitor. (<http://www.ergoweb.com/resources/faq/glossary.cfm>, 10/06/09).

- Temperatur Lingkungan Kerja

Di lingkungan kerja memiliki temperature yang berlainan mulai dari yang dingin, sejuk dan panas. Untuk menyelesaikan temperatur udara, maka digunakan AC. Tetapi adakalanya pemakaian AC dapat membuat udara menjadi dingin dan kering, sehingga hal ini berdampak pada kesehatan pekerja yang dapat mengakibatkan nyeri tenggorokan, mata menjadi merah, mata kering dan menimbulkan gejala kelelahan mata. Sebagai persyaratan agar diperoleh produktifitas kerja meningkat, perlu diupayakan hal – hal sebagai berikut:

- 1) Temperatur nyaman (*thermal comfort*) untuk orang Indonesia adalah 24 – 26 °C.
- 2) Menyesuaikan temperature lingkungan kerja di kantor dengan di rumah bila menggunakan AC.
- 3) Beda suhu di dalam dan di luar gedung tidak lebih dari 5°C.

Pengukuran suhu udara dengan menggunakan thermometer, dikenal dengan suhu kering dan kelembapan menggunakan *hygrometer*. Sedangkan antara suhu dan kelembapan udara dapat diukur secara bersamaan.

Temperatur alat pendingin ruangan yang terlalu rendah ternyata tidak hanya membuat kulit kusam dan kering tetapi juga membuat mata kering. Suhu udara yang baik bagi kelembapan mata adalah antara 22 - 25 derajat celcius (<http://www.conectique.com/,18/06/09>).

2.4.4 Persyaratan Lingkungan Kerja

Berdasarkan ICAO Circular 241 Digest No. 8 tahun 1993 tentang *Human Factors in Air Traffic Control*, untuk area kerja *Air Traffic Control* harus:

1. Pencahayaan:
 - Sumber pencahayaan di ruang *Air Traffic Control* harus mudah diatur tingkat pencahayaan secara otomatis ataupun manual.
 - Area kerja *Radar Controller* terhindar dari kesilauan dan pantulan dari sumber cahaya.
2. Temperatur:
 - Temperatur lingkungan harus sekitar 21 - 25°C
 - Kelembapan 50%

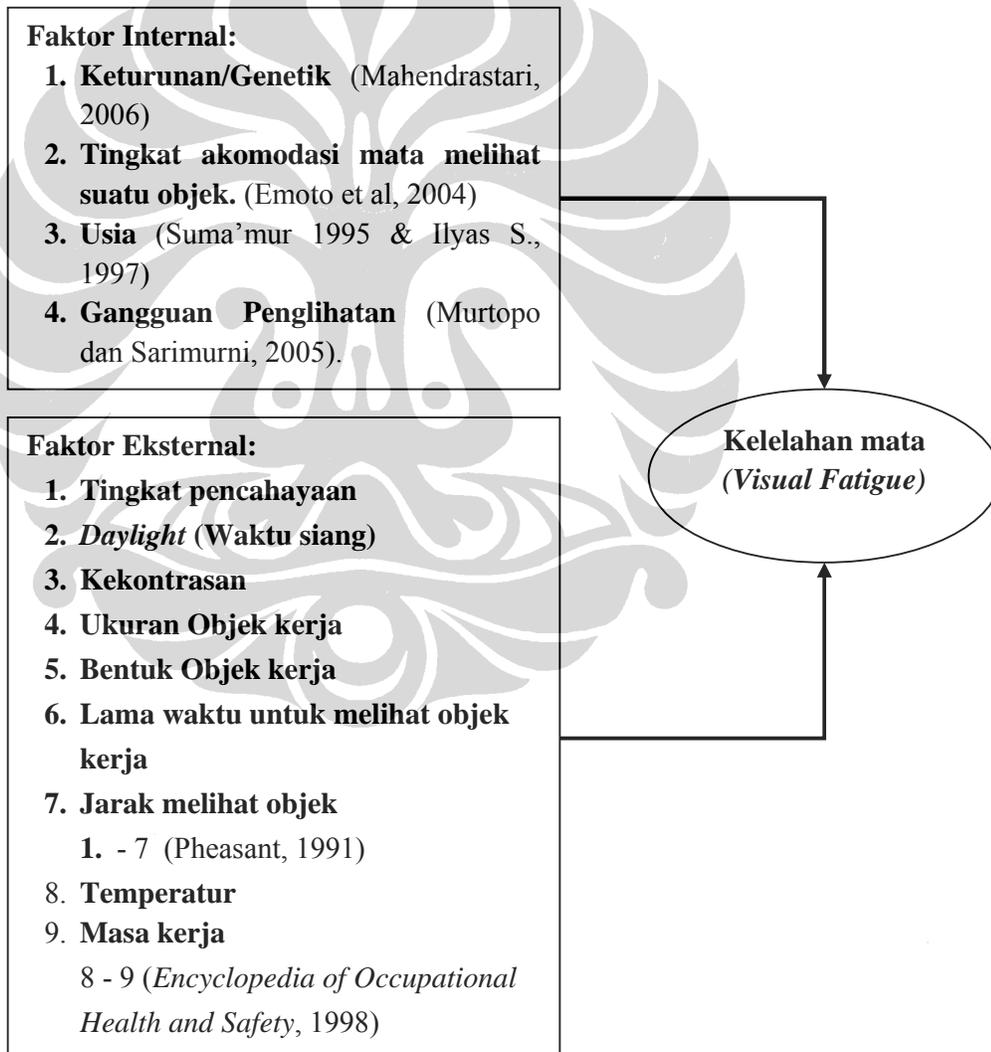
Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan No. 1405/MENKES/SK/X/2002 tentang persyaratan kesehatan lingkungan kerja, yaitu:

1. Pencahayaan:
 - Minimal sebesar 100 lux.
2. Temperatur:
 - Temperatur lingkungan harus sekitar 18 - 28°C
 - Kelembapan 40 - 60%

BAB 3
KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP DAN
DEFINISI OPERASIONAL

3.1 Kerangka Teori

Pada kerangka teori ini peneliti mengutip dari beberapa teori yang menyatakan bahwa ada beberapa faktor risiko keluhan subjektif kelelahan mata. Faktor – faktor risiko kelelahan mata berdasarkan teori dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Kerangka Teori Penelitian

3.2 Kerangka Konsep

Variabel Independen

Variabel Dependen



Gambar 3.2 Kerangka Konsep

Peneliti membahas empat faktor yang dapat mempengaruhi kelelahan mata yaitu faktor individu, faktor pekerjaan, faktor perangkat kerja dan faktor lingkungan.

3.3 Hipotesis

1. Ada hubungan antara umur pekerja dengan kelelahan.
2. Ada hubungan antara masa kerja dengan kelelahan mata.
3. Ada hubungan antara faktor gangguan penglihatan dengan kelelahan mata.
4. Ada hubungan antara durasi kerja dengan kelelahan mata.
5. Ada hubungan antara kekontrasan layar monitor dengan kelelahan mata.
6. Ada hubungan antara tingkat pencahayaan dengan kelelahan mata.
7. Ada hubungan antara temperatur ruangan dengan kelelahan mata.

3.4 Definisi Operasional

No.	Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Cara Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
Variabel Dependen						
1.	Kelelahan Mata	Keluhan kelelahan mata pekerja merupakan suatu bentuk pernyataan pekerja yang dirasakan adanya gangguan kesehatan mata. Gejala keluhan kelelahan mata, seperti dibawah ini: <ul style="list-style-type: none"> - Mata merah - Mata berair - Mata terasa perih - Mata gatal/kering - Mata mengantuk - Mata tegang - Pandangan kabur - Penglihatan rangkap - Sakit kepala - Kesulitan fokus (NIOSH, 1999) 	Kuesioner	Wawancara	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ya, Jika pekerja mengalami satu atau lebih gejala kelelahan mata 2. Tidak, Jika tidak mengalami satupun gejala kelelahan mata. 	Ordinal
Variabel Independen						
1.	Faktor Individu • Umur	Jumlah tahun karyawan yang dihitung sejak lahir sampai tahun dilakukan Penelitian.	Kuesioner	Wawancara	<ol style="list-style-type: none"> 1. ≥ 40 tahun 2. < 40 tahun 	Ordinal
	• Masa kerja	Lamanya karyawan bekerja mulai masuk hingga saat pengambilan data dan dinyatakan dalam tahun.	Kuesioner	Wawancara	<ol style="list-style-type: none"> 1. ≥ 4 tahun 2. < 4 tahun 	Ordinal

No.	Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Cara Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
	<ul style="list-style-type: none"> Gangguan penglihatan 	Ada tidaknya gangguan mata berupa kelainan refraksi seperti: rabun jauh, rabun dekat, dan sebagainya	Kuesioner	Wawancara	<ol style="list-style-type: none"> Iya Tidak 	Nominal
2..	Faktor Pekerjaan <ul style="list-style-type: none"> Durasi kerja 	Jumlah jam kerja efektif operator kontrol bekerja dalam satu hari kerja.	Kuesioner	Wawancara	<ol style="list-style-type: none"> ≥ 8 jam/hari < 8 jam/hari 	Ordinal
3.	Faktor Perangkat Kerja <ul style="list-style-type: none"> Kekontrasan layar monitor dengan sekitarnya 	Kekontrasan layar monitor merupakan bentuk pendapat pekerja mengenai kondisi layar monitor terhadap adanya kesulitan dalam mengamati objek kerja dan mempengaruhi kemudahan pekerja untuk melihat suatu objek serta kejelasan dalam melihat suatu objek.	Kuesioner	Wawancara	<ol style="list-style-type: none"> Tidak Sesuai Sesuai 	Nominal
4.	Faktor Lingkungan <ul style="list-style-type: none"> Tingkat Pencahayaan 	Jumlah cahaya yang di terima area titik dilakukannya pengukuran dan dinyatakan dengan lux kemudian membandingkan regulasi. Selain itu berupa pendapat pekerja	Kuesioner dan Lux meter	Wawancara dan Pengukuran di ruang kerja	<ol style="list-style-type: none"> Tidak sesuai (≥ 160 lux) Sesuai (< 160 lux) 	Nominal

No.	Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Cara Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
		mengenai kondisi pencahayaan di ruang kerja, apakah mempengaruhi kesulitan dalam melihat objek kerja.				
	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatur 	Kondisi suhu ruangan dalam °Celsius di ruang kerja <i>radar controller</i> kemudian membandingkan dengan regulasi. Dan bentuk pendapat pekerja mengenai kondisi temperatur di ruangan kerja apakah mempengaruhi penglihatan menjadi lelah atau tidak saat melihat layar monitor.	Kuesioner dan Termometer	Wawancara dan Pengukuran di ruang kerja	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tidak sesuai (< 21 °C) 2. Sesuai (21°C–25 °C) 	Nominal

