

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Ruang kerja yang baik adalah ruangan yang memberikan kenyamanan visual dan ergonomis, sehingga dalam merancang ruang kerja perlu memperhatikan kondisi pencahayaan di dalam ruangan. Kondisi pencahayaan atau tingkat iluminasi juga merupakan salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi produktivitas pekerja, karena berkaitan juga dengan kesehatan pekerja itu sendiri. Para peneliti menyatakan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara tingkat iluminasi dengan kelelahan mata, dimana pekerja berisiko 7,71 kali lebih tinggi mengalami kelelahan mata dibandingkan dengan pekerja yang bekerja dengan tingkat iluminasi yang baik (Suryatman & Hermawan, 2021). Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Wandani et al. (2017) menulis bahwa ada hubungan antara tingkat iluminasi tempat kerja terhadap tingkat stres dimana jumlah pekerja yang mengalami stres lebih tinggi pada kondisi pencahayaan yang tidak normal. Adapun risiko silau dan mata pedih juga dapat disebabkan oleh cahaya yang terlalu tinggi (Ching, 1996). Ini berarti bahwa diperlukan perancangan pencahayaan yang tepat.

LDC Trading Indonesia merupakan perusahaan yang berfokus pada proses pengeringan dan *grading* biji kopi, dimana ruang *office* dan ruang *quality control* merupakan ruang kerja penunjang utama untuk aktivitas kantor dan pengujian mutu produk biji kopi. Kedua ruangan ini memerlukan sistem pencahayaan yang tepat sehingga pekerjaan menjadi optimal. Hasil perhitungan awal dan pengukuran langsung menunjukkan bahwa iluminasi rata-rata pada kedua ruangan ini masih belum memenuhi standar. Nilai iluminasi rata-rata pada meja kerja kantor di ruang *office* dan ruang *quality control* seluruhnya masih berada di bawah standar minimum PERMENAKER Nomor 5 Tahun 2018, yaitu sebesar 300 lx untuk pekerjaan kantor, dan 1.000 lx untuk pengujian mutu biji kopi. Hanya pada beberapa titik meja pengujian mutu di ruang *quality control* saja yang telah memenuhi standar tersebut. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa kedua ruangan ini masih belum layak untuk dilakukan jenis pekerjaan tersebut.

Pada penelitian ini akan menganalisis tingkat iluminasi pada ruang *office* dan ruang *quality control*. Data hasil pengukuran langsung di lapangan kemudian dibandingkan dengan standar pencahayaan minimum PERMENAKER Nomor 5 Tahun 2018. Selanjutnya dilakukan visualisasi 3D dan simulasi pencahayaan optimalisasi menggunakan DIALux evo 10.1 sehingga diperoleh tingkat iluminasi pada tiap meja kerja yang memenuhi standar sesuai kategori pekerjaan pada kedua ruangan tersebut. Simulasi dilakukan pada kondisi yang dibuat semirip mungkin dengan kondisi di lapangan dan optimalisasi pencahayaan dilakukan melalui percobaan pencahayaan cahaya buatan pada *software* tersebut yang kemudian hasilnya menjadi usulan perbaikan kepada perusahaan.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini, diantaranya:

1. Mengetahui kesesuaian tingkat iluminasi setiap meja kerja pada ruang *office* dan ruang *quality control* LDC Trading Indonesia berdasarkan standar pencahayaan PERMENAKER Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja.
2. Memberikan usulan perbaikan yang sesuai terhadap sistem pencahayaan ruang *office* dan ruang *quality control* LDC Trading Indonesia.

1.3 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran terkait tingkat iluminasi pada ruang *office* dan ruang *quality control* LDC Trading Indonesia dari sisi Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) dan kaitannya terhadap standar yang ada. Adapun manfaat lain dari penelitian ini antara lain:

1. Bagi pendidikan diharapkan dapat menjadi sumber referensi, ilmu pengetahuan, dan pembelajaran mengenai Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3), khususnya pada tingkat iluminasi ruang kerja.
2. Bagi masyarakat diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kesesuaian tingkat iluminasi ruang kerja terhadap standar yang ada.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Pencahayaan

Cahaya adalah satu bagian dari berbagai jenis gelombang elektromagnetik yang terbang ke angkasa. Gelombang tersebut memiliki panjang dan frekuensi tertentu dengan nilai berbeda dalam spektrum elektromagnetiknya (Putranto, et al., 2021). Pencahayaan ruangan adalah salah satu komponen sangat penting dalam sebuah ruangan. Apabila tingkat pencahayaan di dalam ruangan kurang baik, seperti cahaya yang terlalu kuat, cahaya yang terlalu gelap, posisi pemasangan lampu yang kurang tepat, pemilihan spesifikasi lampu yang tidak sesuai, dan lain sebagainya akan membuat visualisasi menjadi tidak nyaman, dan juga berisiko mengakibatkan kelelahan mata dan stres. Maka diperlukan upaya preventif, seperti pemasangan lampu dan armatur yang tepat.

2.2 Istilah dalam Pencahayaan

Adapun beberapa istilah yang biasa digunakan dalam pencahayaan adalah sebagai berikut (Satwiko, 2008).

1. Fluks luminans, merupakan jumlah cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya per satu detik. Fluks luminans memiliki satuan lumen (lm), dimana satu lumen merupakan fluks cahaya yang diemisikan per unit sudut.
2. Intensitas cahaya, merupakan jumlah fluks luminans per satuan sudut cahaya yang dipancarkan ke arah tertentu. Intensitas cahaya memiliki satuan candela (Cd).
3. Luminasi, merupakan rasio jumlah fluks luminans terhadap satuan bidang permukaan. Satuan luminasi menurut SI adalah bervariasi. Pada permukaan berdifusi, seperti kertas bercak atau material benda yang bercat putih maka satuannya adalah lumen per meter persegi (lm.m^{-2}). Sementara untuk permukaan-permukaan berpelitur, seperti reflektor kaca perak maka satuannya adalah candela per meter persegi (Cd.m^{-2}).

4. Iluminasi, merupakan tingkat pencahayaan pada suatu bidang. Satuan iluminasi menurut SI adalah lux (lx). Lux menunjukkan rasio jumlah cahaya (lumen, lm) yang sampai ke permukaan objek terhadap satu meter persegi ($\text{lm}\cdot\text{m}^{-2}$). Satuan lainnya adalah *foot-candles* (fc).

2.3 Perhitungan Tingkat Iluminasi

2.3.1 Nilai Iluminasi Rata–Rata ($E_{rata-rata}$)

Nilai iluminasi suatu ruangan secara umum didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata–rata pada bidang kerja horizontal yang terletak pada ketinggian imajiner 0,76 m di atas permukaan lantai ruang kerja (SNI 03–6575–2001). Nilai ini menunjukkan jumlah cahaya (lumen, lm) yang sampai ke permukaan objek oleh sumber cahaya pada tiap satuan m^2 . Nilai Iluminasi rata–rata dapat dihitung melalui Persamaan 1.

$$E_{rata-rata} = \frac{F_{total} \times k_p \times k_d}{A} \dots\dots\dots (1)$$

dimana, nilai A dapat diketahui melalui Persamaan 2.

$$A = p \times l \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan: $E_{rata-rata}$ = Iluminasi rata–rata (lx)
 F_{total} = Fluks luminans total semua lampu (lm)
 A = Luas bidang diterangi (m^2)
 p = Panjang ruangan (m)
 l = Lebar ruangan (m)
 k_p = Koefisien pemanfaatan
 k_d = Koefisien depresiasi

2.3.2 Koefisien Pemanfaatan (k_p)

Koefisien pemanfaatan dapat diartikan rasio antara nilai fluks luminans yang sampai pada permukaan bidang kerja terhadap keluaran cahaya sebenarnya yang dipancarkan oleh semua lampu. Sebagian dari cahaya yang dipancarkan oleh

lampu terserap oleh armatur, kemudian sebagian lainnya dipancarkan ke arah atas dan sebagian lagi dipancarkan ke arah bawah. Adapun besaran nilai k_p dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya:

1. Distribusi intensitas cahaya dari armatur.
2. Rasio antara fluks luminans yang didistribusikan oleh armatur dengan fluks luminans sebenarnya dari lampu.
3. Reflektansi (pantulan balik) dari langit-langit, dinding, dan lantai ruang kerja.
4. Posisi pemasangan armatur.
5. Dimensi ruangan.

2.3.3 Koefisien Depresiasi (k_d)

Koefisien depresiasi atau biasa disebut konstanta rugi-rugi cahaya atau koefisien pemeliharaan dapat diartikan rasio antara tingkat iluminasi setelah jangka waktu tertentu terhadap waktu instalasi awal. Adapun besaran nilai k_d dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya:

1. Kebersihan dari lampu dan armatur.
2. Kebersihan permukaan ruangan, meliputi permukaan dinding, lantai, dan langit-langit.
3. Penurunan nilai fluks luminans lampu selama durasi menyala.
4. Penurunan nilai fluks luminans lampu karena penurunan tegangan listrik.

Pada ruangan dengan kondisi pembersihan dinding, lantai, langit-langit, dan armatur yang rutin biasanya nilai k_d diasumsikan senilai 0,8 atau juga dapat ditentukan berdasarkan Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Nilai Koefisien Depresiasi (k_d)

Kondisi Ruang	Waktu Pembersihan	Nilai k_d
Bersih	Setelah satu tahun	0,80–0,85
Sedang	Setelah dua tahun	0,70
Kotor	Setelah tiga tahun	0,60

Sumber: Putranto, et al. (2021)

2.3.4 Kebutuhan Armatur Lampu ($N_{armatur}$)

Armatur diartikan sebagai rumah lampu yang berfungsi mengendalikan arah cahaya yang dipancarkan lampu yang dipasang di dalamnya serta terdapat peralatan pengendali listrik, seperti *ballast*. Adapun jumlah kebutuhan armatur diperlukan untuk mendapatkan tingkat iluminasi tertentu. Sebelum menghitung jumlah armatur, perlu diketahui besarnya fluks luminans total yang diperlukan untuk mendapatkan tingkat iluminasi yang direncanakan dengan menghitungnya melalui Persamaan 3.

$$F_{total} = \frac{E \times A}{k_p \times k_d} \dots\dots\dots (3)$$

Kemudian jumlah armatur dapat dihitung melalui Persamaan 4.

$$N_{armatur} = \frac{F_{total}}{F_l \times n} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan: $N_{armatur}$ = Jumlah armatur (unit)
 F_l = Fluks luminans satu unit lampu (lm)
 n = Jumlah lampu dalam satu armatur (unit)

2.3.5 Kebutuhan Daya (P)

Kebutuhan daya berarti seberapa besar energi listrik yang diperlukan lampu untuk menghasilkan cahaya. Daya Listrik yang dibutuhkan untuk mendapatkan tingkat iluminasi rata-rata pada bidang kerja dapat dihitung melalui Persamaan 4 yang hasilnya kemudian digunakan untuk menghitung jumlah armatur. Setelah itu jumlah lampu yang dibutuhkan dapat dihitung melalui Persamaan 5.

$$N_{lampu\ hidup} = N_{armatur} \times n \dots\dots\dots (5)$$

Adapun daya listrik total yang diperlukan untuk semua armatur dapat dihitung melalui Persamaan 6 berikut.

$$P_{total} = P_1 \times N_{lampu\ hidup} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan: $N_{lampu\ hidup}$ = Jumlah total lampu hidup (unit)
 P_{total} = Daya total lampu (W)
 P_1 = Daya untuk satu lampu termasuk *ballast* (W)

Dengan membagi daya listrik total dengan luas bidang yang diterangi diperoleh nilai kepadatan daya ($W.m^{-2}$) yang diperlukan untuk pencahayaan buatan tersebut. Nilai kepadatan daya ini kemudian dibandingkan standar daya listrik maksimum SNI 03–6575–2001 yang dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini, dimana nilai maksimum untuk ruang kantor sebesar $15 W.m^{-2}$.

Tabel 2. Standar Maksimum Daya Listrik

Fungsi Ruangan	Daya Listrik Maksimum ($W.m^{-2}$)
Ruang kantor	15
Auditorium	25
Pasar swalayan	20
Kamar tamu (hotel)	17
Daerah umum (hotel)	20
Ruang pasien (rumah sakit)	15
Gudang dan ruang parkir (rumah sakit)	5
Garasi (rumah sakit)	2
Restoran (rumah sakit)	25
Kantin, lobi, dan tangga (rumah sakit)	10
Daerah umum dan ruang perkumpulan (rumah sakit)	20

Sumber: SNI 03–6575–2001

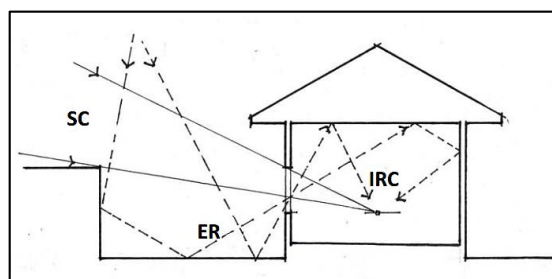
2.4 Sistem Pencahayaan Alami

Dora & Nilasari (2011) menulis bahwa pencahayaan alami (*daylighting*) adalah cahaya yang dipancarkan oleh benda penerang alami seperti matahari, bulan, dan bintang. Cahaya matahari dapat berasal dari beberapa sumber, diantaranya sinar matahari langsung, langit cerah, langit berawan, atau refleksi dari permukaan bawah dan bangunan sekitarnya. Cahaya *daylight* pada langit cerah terdiri dari dua komponen, yaitu *skylight* (sinar datang tidak langsung) dan *direct light* (sinar datang langsung). *Skylight* atau cahaya dari langit biru tersebar dengan tingkat terang yang rendah, sementara *direct light* sangat terang. Karena ada potensi silau, sinar matahari langsung harus di hindari di dalam bangunan. Cahaya yang

dipantulkan dari permukaan bawah dan bangunan sekitar sering menjadi sumber cahaya alami yang signifikan. Silau yang rendah dan level pencahayaan yang merata merupakan faktor kenyamanan visual dalam bekerja.

Setiap ruangan memiliki persyaratan pencahayaan *daylight* yang berbeda–berbeda bergantung pada fungsi ruangnya. Beberapa cara dan metode yang dapat dilakukan untuk memenuhi persyaratan tersebut, salah satunya memodifikasi tata letak dan luas jendela pada bangunan. Tentu saja, perhitungan yang tepat diperlukan mencapai hal ini. Jendela yang menghadap ke utara dan selatan adalah orientasi terbaik untuk penerangan alami karena cahayanya konstan. Sementara jendela terburuk adalah menghadap ke arah timur dan barat karena sinar matahari berada pada titik maksimum. Masalah yang paling serius adalah posisi matahari di timur dan barat karena berada paling rendah di langit, sehingga menimbulkan masalah silau dan bayangan (Setiyowati, 2009).

Besarnya kuantitas cahaya *daylight* yang masuk ke dalam ruangan melalui suatu bukaan bergantung oleh tiga komponen (Gambar 1), yaitu *Sky Component* (SC), *External Reflecting Component* (ERC), dan *Internal Reflecting Component* (IRC). Jumlah keseluruhan komponen *daylight* tersebut disebut dengan *Daylight Factor* (DF) yang dinyatakan dalam persen (Szokolay, 1980).



Gambar 1. Komponen–komponen Pencahayaan Alami
(Sumber: Szokolay, 1980)

2.5 Sistem Pencahayaan Buatan

Sistem pencahayaan buatan adalah sistem penerangan dengan cahaya yang bersumber dari lampu. Berdasarkan posisi penempatannya (Gambar 2), sistem pencahayaan buatan dapat dikelompokkan menjadi tiga antara lain:

1. Sistem pencahayaan merata.

Pada sistem ini, pencahayaan tersebar pada semua bidang di ruangan secara merata. Sistem pencahayaan merata digunakan pada ruangan yang tidak memerlukan ketelitian tinggi dalam melihat, seperti pada aula, balai pertemuan, atau jalur koridor.

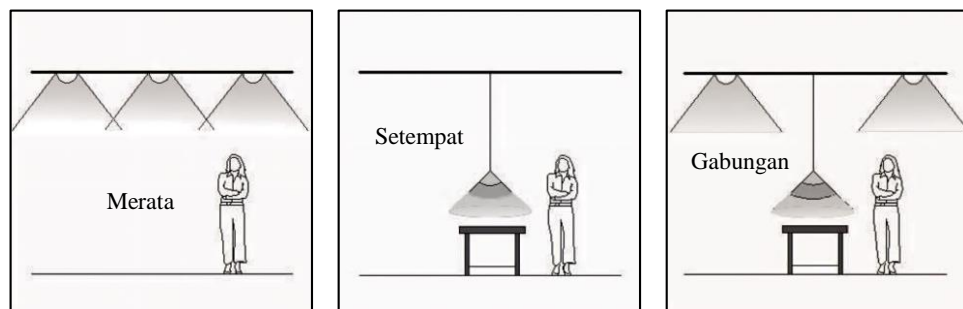
2. Sistem pencahayaan setempat.

Pada sistem ini, pencahayaan hanya difokuskan pada bidang kerja atau objek yang memerlukan pencahayaan lebih fokus. Tempat kerja yang memerlukan tingkat iluminasi yang lebih tinggi diberikan cahaya lebih dibandingkan dengan sekitarnya. Hal ini dapat dicapai dengan menempatkan armatur dan lampu pada langit-langit tepat di atas tempat kerja tersebut.

3. Sistem pencahayaan gabungan.

Sistem pencahayaan gabungan dilakukan dengan menempatkan lampu merata dan lampu setempat pada ruangan yang sama dengan menambah sistem pencahayaan setempat pada sistem pencahayaan merata dengan armatur yang dipasang di dekat meja kerja dan juga langit-langit. Sistem pencahayaan gabungan disarankan digunakan untuk:

- pekerjaan yang membutuhkan tingkat iluminasi tinggi.
- pekerjaan yang membutuhkan cahaya yang datang dari arah tertentu.
- pencahayaan merata yang terhalang oleh objek lain.
- orang tua atau pekerja kemampuan penglihatannya sudah berkurang.



Gambar 2. Jenis Sistem Pencahayaan Buatan
(Sumber: Sangi, 2016)

2.6 Regulasi yang Mengatur Standar Pencahayaan

Nilai batas dari bahaya tingkat iluminasi tidak ditunjukkan melalui jumlah atau durasi paparan, melainkan ditentukan menurut kategori pekerjaan dan kebutuhan pencahayaan dalam melakukan pekerjaan tersebut. Standar pencahayaan diperlukan dalam perancangan sistem pencahayaan agar menghasilkan kualitas penerangan yang ideal dimana dapat memberikan keamanan dan kenyamanan visual. Adapun Menteri Ketenagakerjaan melalui Peraturan Menteri Ketenagakerjaan (PERMENAKER) Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja telah mengatur nilai standar pencahayaan, lebih jelasnya disajikan pada Tabel 3 berikut ini. Berdasarkan peraturan menteri tersebut, standar pencahayaan terbagi berdasarkan kategori pekerjaan.

Tabel 3. Standar Pencahayaan

Kategori Pekerjaan	Nilai Iluminasi (lx)	Deskripsi Pekerjaan
(1)	(2)	(3)
Pekerjaan membedakan barang kasar	50	<ul style="list-style-type: none"> a. Pengerjaan bahan–bahan kasar. b. Pengerjaan arang atau abu. c. Penyisihan barang–barang besar. d. Pengerjaan bahan tanah atau batu.
Pekerjaan membedakan barang kecil secara sepiantas	100	<ul style="list-style-type: none"> a. Pengerjaan barang–barang besi dan baja setengah jadi (<i>semi finished</i>). b. Pemasangan yang kasar. c. Penggilingan padi. d. Pengupasan dan penyisihan kapas. e. Pengerjaan bahan–bahan pertanian lain yang setingkat dengan poin d.
Pekerjaan membedakan barang kecil yang agak teliti	200	<ul style="list-style-type: none"> a. Pemasangan alat–alat ukuran sedang. b. Pengerjaan mesin yang kasar. c. Pemeriksaan atau percobaan kasar terhadap barang–barang. d. Penjahitan tekstil atau kulit yang berwarna cerah. e. Pemasukan dan pengawetan bahan–bahan makanan dalam kaleng. f. Pembungkusan daging. g. Pelapisan perabot.
Pekerjaan teliti membedakan barang kecil dan halus	300	<ul style="list-style-type: none"> a. Pengerjaan mesin yang teliti. b. Pemeriksaan yang teliti. c. Percobaan yang teliti dan halus. d. Penyelesaian kulit dan penenunan bahan katun/wol berwarna cerah. e. Pekerjaan kantor yang berganti–ganti menulis dan membaca, pekerjaan arsip dan seleksi surat–surat.

Tabel 3 (Lanjutan)

(1)	(2)	(3)
Pekerjaan membedakan barang halus dengan kontras sedang untuk waktu yang lama	500–1.000	<ul style="list-style-type: none"> a. Pemasangan yang halus. b. Pengerjaan mesin yang halus. c. Pemeriksaan yang halus. d. Penyemiran yang halus dan pemotongan gelas kaca. e. Pengukiran kayu. f. Penjahitan bahan–bahan wol yang berwarna gelap. g. Akuntan, pemegang buku, pekerjaan steno, mengetik atau pekerjaan kantor yang lama
Pekerjaan membedakan barang sangat halus dengan kontras sangat kurang untuk waktu yang lama	1.000	<ul style="list-style-type: none"> a. Pemasangan yang ekstra halus. b. Pemeriksaan yang ekstra halus. c. Percobaan alat yang ekstra halus. d. Pengerjaan emas dan intan. e. Penilaian dan penyisihan hasil–hasil tembakau. f. Pemeriksaan salinan dalam pencetakan. g. Pemeriksaan dan penjahitan bahan pakaian berwarna gelap.

Sumber: Peraturan Menteri Ketenagakerjaan (PERMENAKER) RI Nomor 5 Tahun 2018

Berdasarkan tabel di atas maka standar pencahayaan minimum untuk pekerjaan kantor adalah 300 lx, sedangkan untuk pekerjaan pengujian mutu biji kopi adalah 1.000 lx.

2.7 Hubungan Tingkat Iluminasi terhadap Penyakit Akibat Kerja

Diperlukan pengkajian terkait Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dalam melindungi pekerja agar tidak membawa akibat buruk yang berupa penyakit atau gangguan kesehatan. Penyakit Akibat Kerja (PAK) adalah penyakit yang disebabkan oleh pekerjaan dan lingkungan kerja. Adapun salah satu faktor menyebabkan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja di tempat kerja, yaitu intensitas pencahayaan atau iluminasi (Prayoga, 2014). Tingkat iluminasi yang buruk dapat mengakibatkan kelelahan mata, efektifitas kerja menurun, kelelahan mental, sakit di sekitar mata dan kepala, kerusakan alat penglihatan dan meningkatnya kecelakaan (Brewer, 2006; Sakai, 2009). Tingkat iluminasi yang ideal memungkinkan pekerja mampu melihat objek yang dikerjakan dengan jelas, cepat, dan efisien (Hoffman, 2008; Richa, 2009). Tentu saja, kelelahan pada mata

menunjukkan tanda–tanda dan karakteristik seperti mata berair, kelopak mata berwarna merah, penglihatan rangkap, sakit kepala, ketajaman mata merosot, dan kekuatan konvergensi serta akomodasi menurun (Rahmayanti & Artha, 2015). Kelelahan mata merupakan dampak dari ketegangan pada mata dan disebabkan oleh penggunaan indera penglihatan dalam bekerja yang memerlukan kemampuan untuk melihat dalam jangka waktu yang lama dan sangat mungkin dibarengi oleh kondisi visual yang tidak nyaman, sehingga mata menjadi mudah terserang penyakit mata dan menyebabkan gangguan penglihatan atau kelainan refraksi mata (Francis, 2005; Shiozawa, 2006; Widowati, 2011). Kelainan refraksi merupakan kelainan pembiasan cahaya pada mata sehingga cahaya tidak difokuskan tepat pada retina, tetapi bisa di depan atau di belakang retina atau mungkin saja tidak dapat fokus pada satu titik (Sidarta, 2008; Hael, 2006). Kelainan refraksi mata juga bisa disebabkan oleh adanya faktor radiasi cahaya yang berlebihan atau kurang diterima oleh mata, karena situasi tersebut menyebabkan otot yang membuat akomodasi pada mata bekerja bersamaan, hal tersebut merupakan salah satu penyebab mata menjadi cepat lelah (Rosenfield, 2010).

Selain itu, tingkat iluminasi yang kurang baik juga berpengaruh pada stres kerja. Stres dapat memengaruhi psikologis seseorang sehingga emosi dan suasana hati menjadi tidak stabil. Stres kerja yang dialami karyawan dapat merugikan perusahaan ataupun organisasi tempatnya bekerja. Wandani, et al. (2017) dalam penelitiannya menyatakan adanya hubungan antara kondisi pencahayaan tempat kerja dengan tingkat stres kerja pada karyawan PT Tofico dimana jumlah pekerja yang mengalami stres lebih banyak pada kondisi pencahayaan tidak normal. Stres kerja merupakan penyakit akibat kerja dan gangguan psikis yang juga bagian dari kesehatan kerja dan psikologis kerja, sehingga ketika mengalami stres seorang pekerja dapat menjadi sakit baik secara fisik dan mental, sehingga tidak dapat bekerja secara optimal. Penelitian serupa telah dilakukan juga oleh Noordiansah (2013) yang membahas bahwa kondisi pencahayaan saat bekerja yang buruk memengaruhi stres kerja terhadap tenaga medis yang membutuhkan ketelitian yang tinggi, sehingga kondisi pencahayaan yang buruk memengaruhi kualitas kerja. Maka dari itu, sangat penting dan menjadi tanggung jawab perusahaan dalam menyiapkan tempat bekerja yang nyaman bagi pekerjanya.

2.8 Diagram Tulang Ikan

Diagram tulang ikan (*fishbone diagram*) sering juga disebut *cause and effect diagram* atau diagram sebab akibat. Diagram ini dipopulerkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa, seorang alumnus teknik kimia dan ahli pengendalian kualitas dari Jepang. Diagram *fishbone* (Gambar 3) adalah metode yang dapat mengidentifikasi berbagai potensi penyebab dari suatu masalah, dan menganalisis faktor penyebab tersebut melalui proses *brainstorming*. Masalah akan dipecahkan menjadi sejumlah faktor penyebab yang berkaitan, mencakup manusia, material, mesin, dan sebagainya. Setiap faktor penyebab memiliki faktor spesifik yang perlu diuraikan (Purba, 2022).

Adapun kegunaan diagram *fishbone* adalah memudahkan dalam mengidentifikasi dan mengelola penyebab–penyebab yang mungkin timbul dari suatu masalah secara spesifik yang selanjutnya memisahkan akar penyebab masalahnya. Kebanyakan kasus mengharuskan menguji apakah penyebab untuk hipotesis adalah nyata, dan apakah memperbesar atau menguranginya akan memberikan hasil yang diinginkan atau tidak.

Purba (2022) dalam tulisannya menguraikan beberapa tahapan–tahapan dalam menggunakan diagram *fishbone* untuk menganalisis dan mengevaluasi masalah, diantaranya:

1. Identifikasi pokok masalah.

Mengidentifikasi dan menyepakati masalah yang sebenarnya sedang dialami. Masalah utama yang terjadi kemudian digambarkan dengan bentuk kotak sebagai kepala dari diagram *fishbone*. Masalah yang diidentifikasi yang akan menjadi pusat perhatian dalam proses pembuatan diagram *fishbone*.

2. Identifikasi faktor–faktor penyebab utama masalah.

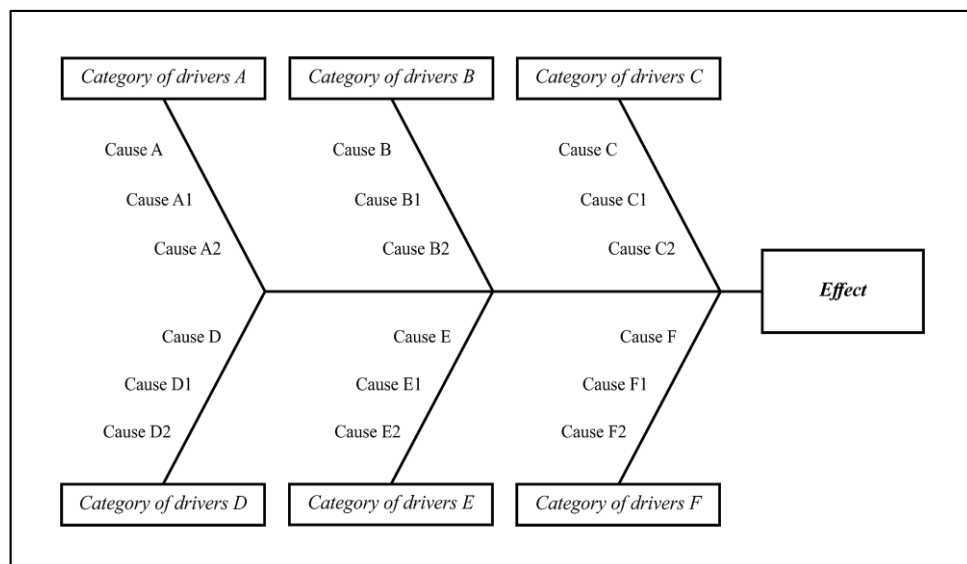
Dari masalah yang ada, maka ditentukan faktor–faktor penyebab utama yang menjadi bagian dari permasalahan yang ada. Faktor–faktor tersebut akan menjadi benang merah atau tulang utama dari diagram *fishbone*. Faktor–faktor tersebut dapat bersumber dari manusia, mesin atau alat yang digunakan, metode yang digunakan, atau faktor lingkungan seperti kondisi ruangan dalam melakukan pekerjaan, dan sebagainya.

3. Identifikasi faktor penyebab masalah secara spesifik.

Setelah didapatkan faktor utama yang menjadi tulang masalah, maka perlu disusun penyebab lebih spesifik. Penyebab spesifik setiap faktor selanjutnya diilustrasikan sebagai tulang kecil. Penyebab spesifik dapat dicari tahu melalui analisis, pengamatan, atau observasi secara langsung.

4. Analisis lanjutan setiap faktor penyebab masalah.

Setelah membuat diagram *fishbone*, maka dapat dilihat akar penyebab masalah. Setelah akar penyebab masalah tersusun, maka diperlukan analisis lanjutan dari penyebab utamanya yang selanjutnya dapat dicari tahu solusi untuk menyelesaikan masalah tersebut.



Gambar 3. Kerangka *Fishbone Diagram*
Sumber: Coccia (2020)

2.9 Software DIALux

DIALux adalah salah satu *software* yang dapat digunakan untuk memperkirakan kualitas dan tata cahaya sebelum diterapkan pada keadaan sebenarnya dengan cara memvisualisasikan kondisi ruang dengan lampu yang diproduksi oleh produsen lampu tertentu. DIALux merupakan *software* perencanaan pencahayaan ruang yang bersifat *free license*. DIALux dapat melakukan perhitungan iluminasi pada suatu bidang, baik di dalam maupun luar

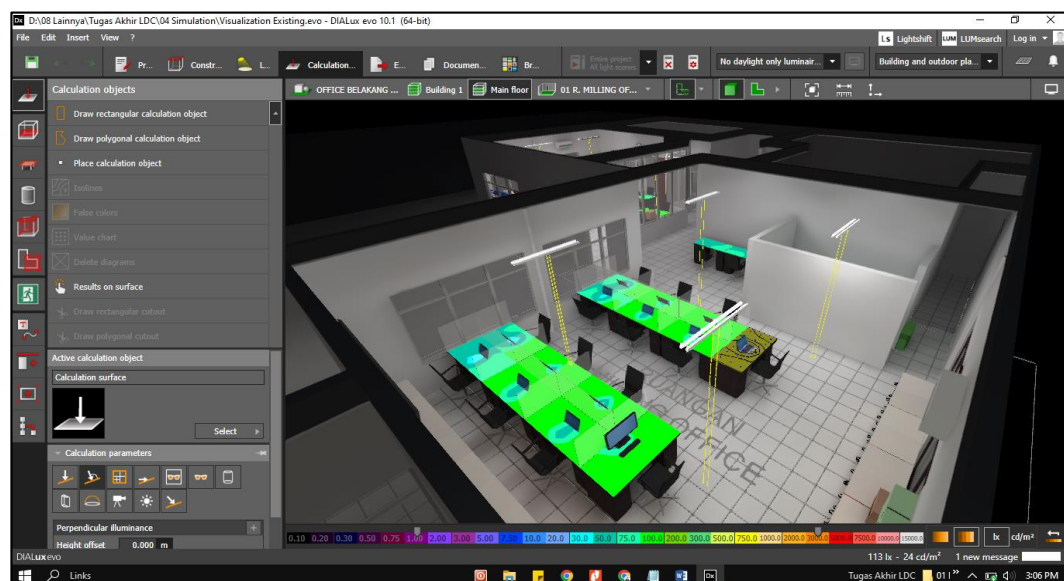
ruangan. Dikembangkan oleh perusahaan Jerman, DIALux adalah salah satu program yang paling banyak digunakan di dunia dalam desain pencahayaan. Ada hal yang berbeda dari *software* ini, yaitu tampilan yang sangat minimalis sehingga mudah dalam penggunaannya. *Software* ini dapat mengalkulasikan hasil iluminasi dari simulasi, dapat menggunakan berbagai jenis lampu, dan dapat menyimulasikan berbagai bentuk ruangan, serta mampu memvisualisasikan secara 3D yang memungkinkan pengguna berjalan sepanjang ruangan. Adapun persyaratan perangkat untuk instalasi DIALux dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Persyaratan Perangkat DIALux

Persyaratan Minimum	Keterangan
Sistem Operasi	Windows 10/11 (64 bit)
Tipe CPU	CPU, SSE2 support
Memori	RAM min. 2 GB
Resolusi Layar	Min. 1.920 × 1.080 px
Display Card	OpenGL 3.2 graphics card (1 GB RAM)

Sumber: DIALux (2022)

Pada penelitian ini, simulasi pencahayaan pada ruang *office* dan ruang *quality control* menggunakan DIALux evo 10.1. Adapun tampilan kerja dari DIALux evo. 10.1 dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Tampilan Kerja *Software* DIALux evo 10.1
(Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2022)

2.10 Penelitian Terdahulu

Merujuk dari penelitian terdahulu, beberapa penelitian memiliki relevansi terhadap penelitian ini, diantaranya:

Penelitian yang dilakukan oleh Pahlevi & Muliadi (2022) mengenai analisis dan desain tingkat iluminasi pada ruang perpustakaan Universitas Iskandar Muda, menunjukkan bahwa tingkat iluminasi di ruangan tersebut belum memenuhi SNI 03-6575-2001 sebagai perpustakaan. Setelah disimulasikan menggunakan *software* DIALux evo 9.1 diperoleh tingkat iluminasi rata-rata yang memenuhi standar yang sebelumnya 252 lx meningkat menjadi 592 lx.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Rahmayanti & Artha (2015) mengenai hubungan tingkat iluminasi terhadap keluhan kelelahan mata pekerja pada area perkantoran *Health, Safety, and Environment* (HSE) PT Pertamina RU VI Balongan menyimpulkan bahwa terdapat hubungan antara kualitas pencahayaan atau tingkat iluminasi pada area perkantoran terhadap keluhan kelelahan mata, serta nyeri pada leher dan bahu pekerja.

Penelitian lain juga dilakukan oleh Nurrohman, et al. (2021) mengenai desain pencahayaan efisien pada ruang studio arsitektur multiguna menggunakan DIALux evo 9 menyimpulkan bahwa penempatan atau pengelompokan lampu harus mempertimbangkan kondisi pencahayaan alami untuk mencapai sistem penerangan hemat energi.

Penelitian lain juga dilakukan oleh Kamaruddin, et al. (2016) mengenai analisis konsumsi daya pada sistem pencahayaan di ruang kuliah Universitas Teknologi Malaysia menggunakan DIALux evo 3 menunjukkan bahwa penggunaan lampu jenis LED dapat menghemat energi 30-50% dibandingkan jenis CFL, selain itu reflektansi warna material permukaan pada dinding, lantai, dan langit-langit juga berperan besar dalam penghematan energi.

Dari beberapa penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa sangat penting merancang ruangan dengan iluminasi yang baik karena akan memengaruhi kenyamanan visual, penghematan energi, dan kesesuaian standar yang ada. Maka dalam penelitian ini akan melakukan analisis tingkat iluminasi pada ruang *office* dan ruang *quality control* dengan pengambilan data dan perhitungan yang berbeda kemudian disimulasikan untuk diperoleh usulan perbaikan.