

LITERATUR REVIEW: ASPEK PENCAHAYAAN ALAMI PADA BANGUNAN

Riswandi Rohman

Mahasiswa Magister Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Trisakti
e-mail: 152012310008@std.trisakti.ac.id

Lili Kusumawati

Dosen Magister Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Trisakti
e-mail: kusumalily@yahoo.com

ABSTRAK

Cahaya matahari merupakan potensi sumber daya alam yang berlimpah dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin untuk pencahayaan alami pada bangunan. Manfaat cahaya alami untuk mengurangi konsumsi energi lampu, meningkatkan kenyamanan termal dan visual, meningkatkan produktivitas kerja dan keberlanjutan. Berdasarkan uraian di atas maka perlu untuk mendapatkan aspek yang penting di dalam pemanfaatan cahaya alami, sehingga aspek tersebut bisa menjadi perhatian. Dengan menggunakan PRISMA sebagai acuan dalam menganalisa kajian pustaka secara sistematis terhadap 500 artikel yang terbit sepuluh tahun terakhir yang didapatkan dari google scholar, dan publikasi jurnal online. Dari hasil analisa ditemukan enam kriteria pencahayaan alami yakni, kenyamanan visual, efisiensi energi, model perhitungan, optimalisasi cahaya alami, kinerja manusia, dan keberlanjutan. Temuan lain dari aspek pencahayaan alami dapat disimpulkan bahwa aspek silau, bukaan pada fasad, kondisi cahaya, metode perhitungan, kualitas pencahayaan, dan ekonomi visual merupakan aspek yang perlu diperhatikan.

Kata kunci: *Cahaya alami, kenyamanan termal, kenyamanan visual, efisiensi energi, PRISMA*

ABSTRACT

Sunlight is a natural resource that has abundant potential and can be utilized as much as possible for natural lighting in buildings. The benefits of natural light are to reduce energy consumption of lamps, increase thermal and visual comfort, increase work productivity and sustainability. Based on the description above, it is necessary to obtain important aspects in the utilization of natural light, so that these aspects can be a concern. By using PRISMA as a reference in analyzing systematic literature reviews of 500 articles published in the last ten years obtained from Google Scholar, and online journal publications. From the results of the analysis, six criteria for natural lighting were found, namely, visual comfort, energy efficiency, calculation models, optimization of natural light, human performance, and sustainability. Other findings from the aspect of natural lighting can be concluded that the aspects of glare, openings on the facade, light

conditions, calculation methods, lighting quality, and visual economy are aspects that need to be considered.

Keywords: *natural light, thermal comfort, visual comfort, energy efficiency, PRISMA*

1. PENDAHULUAN

Pencahayaan dapat diartikan bidang permukaan yang dijatuhkan sejumlah cahaya, sedangkan pencahayaan di dalam ruangan merupakan rata-rata tingkat pencahayaan di bidang kerja atau imajiner horizontal setinggi 0,75 meter dari atas lantai (SNI 03-6575-2001). Pencahayaan alami akan menunjang kenyamanan visual (Jannah, 2022).

Sumber cahaya matahari sebagai penerangan alami yang banyak manfaatnya dan mudah di dapat. Untuk itu agar dimanfaatkan dengan maksimal. Indonesia berada di garis khatulistiwa merupakan daerah tropis, sehingga sepanjang tahun matahari memancarkan sinarnya tanpa perbedaan malam maupun siang (Sihombing S B, 2019). Optimalisasi pencahayaan alami dapat mengurangi total permintaan energi perkantoran (Pellegrino et al., 2017). Salah satu aspek utama dari konsep keberlanjutan adalah pengurangan kebutuhan akan sumber cahaya buatan dengan metode pencahayaan alami yang sering digunakan dalam arsitektur vernakular (Gurani, 2022). Pencahayaan alami merupakan faktor penting dalam desain gedung pendidikan karena menciptakan lingkungan yang nyaman, mendorong kondisi yang lebih sehat, dan memastikan penghematan energi (Michael & Heracleous, 2017). Cahaya matahari merupakan energi terbarukan yang tidak akan habis. Cahaya matahari mempunyai kendala seperti tidak mudah diatur, silau dan sangat redup, sehingga mempengaruhi kenyamanan visual. Jendela berperan dalam menimbulkan panas dan silau dari cahaya matahari langsung (Yunita, 2023).

Penggunaan cahaya matahari di negara tropis seperti Indonesia bisa di manfaatkan semaksimal mungkin untuk penerangan ruang luar maupun ruang dalam. Pencahayaan alami berfungsi untuk mengurangi konsumsi energi, meningkatkan kenyamanan termal dan visual, kesejahteraan, kesehatan dan perbaikan lingkungan. Tujuan penulisan ini bertujuan untuk mengkaji tentang sejumlah teori pencahayaan untuk mendukung pemecahan masalah yang sedang diteliti. Penelitian terdahulu mengkaji tentang pencahayaan dari tahun 2015 sampai 2024 (tabel 1).

Tabel 1. Penelitian sebelumnya

Nomor Jurnal	Sumber	Nomor Jurnal	Sumber
Jurnal 1	(Komatina et al., 2015)	Jurnal 21	(Erwin Yuniar Rahadian et al., 2021)
Jurnal 2	(Moreno & Labarca, 2015)	Jurnal 22	(Mandala et al., 2021)
Jurnal 3	(Michael & Heracleous, 2017)	Jurnal 23	(Eltaweel et al., 2021)
Jurnal 4	(Acosta et al., 2016)	Jurnal 24	(Do & Chan, 2021)
Jurnal 5	(Pellegrino et al., 2017)	Jurnal 25	(Atamewan, 2022)
Jurnal 6	(Eltaweel & Yuehong, 2017)	Jurnal 26	(Heindri et al., 2022)
Jurnal 7	(Amin et al., 2017)	Jurnal 27	(Xue & Liu, 2022)
Jurnal 8	(Widiyantoro et al., 2017)	Jurnal 28	(Gurani, 2022)
Jurnal 9	(Lim et al., 2017)	Jurnal 29	(Alsukkar et al., 2022)
Jurnal 10	(Zhang et al., 2017)	Jurnal 30	(Atthailah et al., 2022)
Jurnal 11	(Mandala & Santoso, 2018)	Jurnal 31	(Flor et al., 2022)
Jurnal 12	(Tabadkani et al., 2018)	Jurnal 32	(Dutta, 2023)
Jurnal 13	(Giovannini et al., 2018)	Jurnal 33	(Saraswati et al., 2023)
Jurnal 14	(Rahim et al., 2019)	Jurnal 34	(Cengiz, 2023)
Jurnal 15	(Syarifah & Mandala, 2019)	Jurnal 35	(Bustán-Gaona et al., 2023)
Jurnal 16	(Sihombing Sanggam B, 2019)	Jurnal 36	(Garcia-Fernandez & Omar, 2023; Jannah, 2022)
Jurnal 17	(Kurniasih & Saputra, 2019)	Jurnal 37	(Bashir et al., 2024)
Jurnal 18	(Mangkuto et al., 2019)	Jurnal 38	(Dervishaj & Gudmundsson, 2024)
Jurnal 19	(Freewan & Al Dalala, 2020)	Jurnal 39	(Rachel et al., 2024)
Jurnal 20	(Bakmohammadi & Noorzai, 2020)	Jurnal 40	(Sangkakool & Jumani, 2024)

Sumber: Analisa Penulis

Manfaat dari penelitian ini bagi peneliti untuk mengetahui apa sudah pernah dibahas terkait dengan pencahayaan. Selain itu, agar bisa digunakan sebagai rujukan untuk mendapatkan novelty dan research gap dipenelitian yang akan dilakukan serta membantu mengarahkan peneliti lebih lanjut.

2. METODE PENGKAJIAN

Metode PRISMA yang dirancang secara transparan untuk membantu peninjau secara sistematis, mengapa dilakukan peninjauan, penulis melakukan apa, dan apa temuannya. Sedikitnya terdapat 27 *ceklis* di dalam PRISMA untuk tinjauan yang akan diperiksa (Page et al., 2021). Di dalam penelitian ini terdapat penyesuaian checklist sehingga berjumlah 8 checklist.

Di dalam penelitian ini melakukan penyaringan dari berbagai publikasi Komatina et al. (2015) seperti google scholar, publikasi jurnal online dan DOAJ dengan kata kunci “cahaya alami pada arsitektur”, dan “daylight architecture”. Setelah itu dilakukan penyaringan dengan tema cahaya alami pada bangunan Arsitektur. Kemudian dilakukan penyaringan lebih lanjut agar diperoleh yang benar-benar sesuai dengan yang

diharapkan untuk ditelaah dan di analisa lebih lanjut. Jurnal yang dipilih terbit sepuluh tahun terakhir. Selanjutnya dilakukan pengelompokan berdasarkan kriteria tema pencahayaan. Hasil dari pengelompokan tersebut di analisa dipembahasan selanjutnya. Checklist PRISMA dapat dilihat dalam tabel 2.

Tabel 2. Ceklist PRISMA yang telah disesuaikan

Topik	Ceklist
Identifikasi Laporan	Identifikasi melalui judul jurnal yang berkaitan dengan pencahayaan alami pada Arsitektur
Kriteria kelayakan	Tema Pencahayaan dengan jurnal antara tahun 2015 sampai tahun 2024
Sumber informasi	google scholar, DOAJ, ResearchGate, ScienceDirect, publikasi jurnal dalam dan luar negeri
Strategi pencarian	Menggunakan keyword “cahaya alami pada arsitektur”, dan “daylight architecture”
Proses seleksi	Sesuai dengan tema pencahayaan dan jurnal terbit sepuluh tahun terakhir.
Proses pengumpulan data	Dikumpulkan menggunakan Software mendeley lalu dikelompokkan menggunakan microsoft excel.
Item data	32 dari 200 data yang dikelompokkan.
Metode sintesis	- Di kelompokkan berdasarkan judul - Di analisa berdasarkan tema dari uraian abstrak - Di kelompokkan berdasarkan tahun terbit jurnal - Di analisa lebih lanjut yang terkait dengan tema.

Sumber: Analisa Penulis

Selain itu, juga melakukan analisa bibliometrik dengan vosviewer yang di baca mengenai *keyword*. Dari 40 jurnal menghasilkan yang paling sering di teliti terkait *visual comfort*, *daylight performance*, *parametric design* dan *multi-objective optimization* (diagram 1).

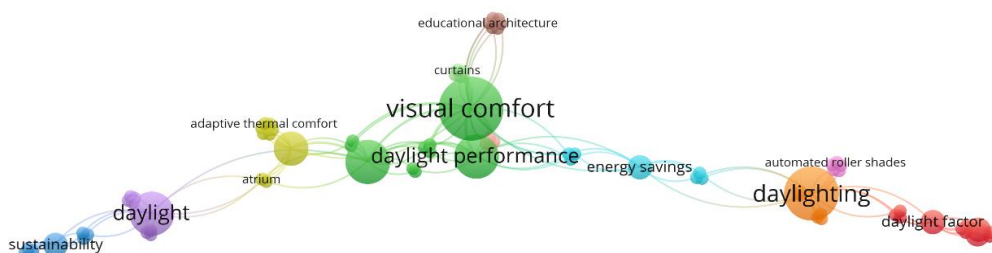


Diagram 1. Diagram network visualisation

Sumber: Analisa Penulis

Sedangkan yang masih belum banyak diteliti yakni skylight, daylight redirecting film, lighting simulation program. Dilihat dari tahun terbit jurnal, visual comfort, daylighting merupakan topik yang sudah lama diteliti. Natural light, skylight dan sunlight autonomy, beberapa topik yang masih baru diteliti (diagram 2).

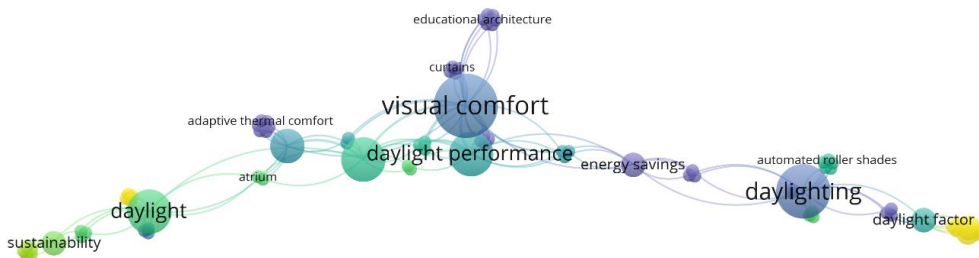
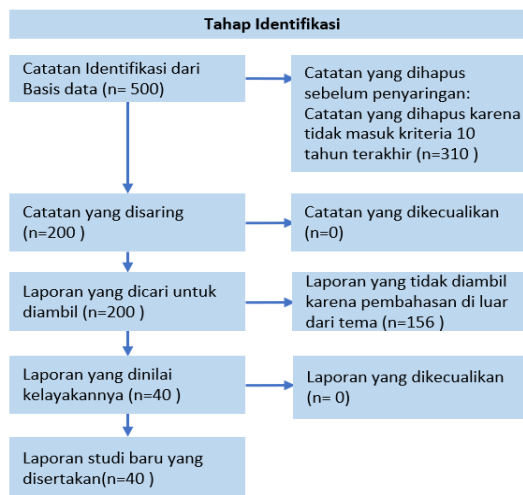


Diagram 2. Diagram overlay visualisation

Sumber: Analisa Penulis

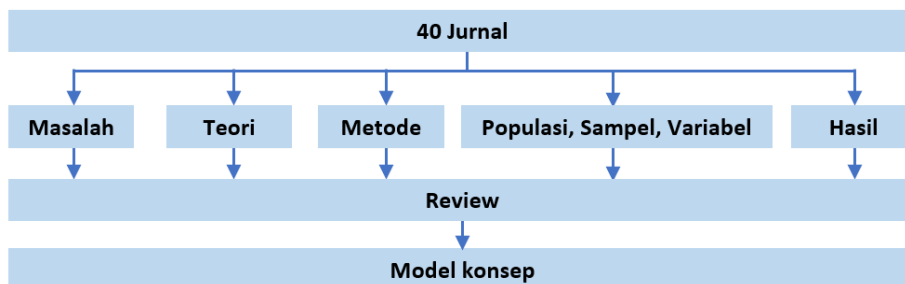
2.1 Pengambilan data.

Artikel ini menggunakan literature review. Peneliti mendapatkan jurnal sebanyak 500 jurnal dari database yang terkait dengan topik penelitian. Topik penelitian terkait dengan pencahayaan alami dalam Arsitektur. Kata kunci “cahaya alami pada arsitektur”, dan “daylight architecture” digunakan dalam mencari jurnal. Setelah itu jurnal diseleksi berdasarkan kriteria menghasilkan 200 jurnal. Kriteria dalam seleksi yakni terbitan jurnal 10 tahun terakhir, mempunyai tema pencahayaan alami pada bangunan arsitektur.



Gambar 1 Tahap identifikasi*Sumber: Analisa Penulis*

Dari 200 jurnal, Penulis menyeleksi menurut tahun penerbitan antara 2015 sampai tahun 2024 dan tema cahaya alami pada bangunan arsitektur menghasilkan 40 jurnal (gambar 1). Menurut Gay, Mills dan Airasian (2009: 133) diperlukan sampel 30 responden untuk penelitian korelasi. Dari 40 jurnal dianalisa dan dibuat model konsep (diagram 3).

**Diagram 3. Kerangka Konsep Pemikiran***Sumber: Analisa Penulis***3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dari jurnal-jurnal terdahulu dianalisa dan dikelompokkan berdasarkan kriteria pencahayaan. Kriteria yang didapatkan yakni: kenyamanan visual, efisiensi energi, model perhitungan, optimalisasi pencahayaan, kinerja manusia dan keberlanjutan. Selanjutnya jurnal – jurnal dianalisa untuk mendapatkan variabel dan aspek dan dikelompokkan berdasarkan kriteria.

3.1 Pencahayaan Alami dan kenyamanan Visual

Jurnal 3 yang terdapat pada diagram 4 menggunakan teori tahun 2012, Silau biasanya dikategorikan sebagai silau disabilitas atau silau ketidaknyamanan (Konis, 2014). Silau disabilitas didefinisikan sebagai sensasi gangguan yang disebabkan oleh cahaya tinggi atau tidak seragam distribusi kecerahan di bidang pandang dan mungkin disebabkan baik secara langsung dari sumber cahaya atau melalui refleksi (Jakubiec and Reinhart, 2012). Teori ini untuk menguji variabel tingkat pencahayaan alami, kenyamanan visual, keseragaman pencahayaan, dan masalah silau di dalam ruang kelas, dengan hasil penelitian, meskipun tingkat pencahayaan alami di ruang kelas tinggi, distribusi pencahayaan alami yang kurang memadai dan masalah silau selama periode musim panas menjadi masalah utama akibat penggunaan perangkat peneduh yang tidak sesuai. Teori yang digunakan sudah sesuai

dengan hasil penelitian, bahwa masalah silau merupakan masalah utama di ruang kelas dikarenakan penggunaan perangkat peneduh yang tidak sesuai.

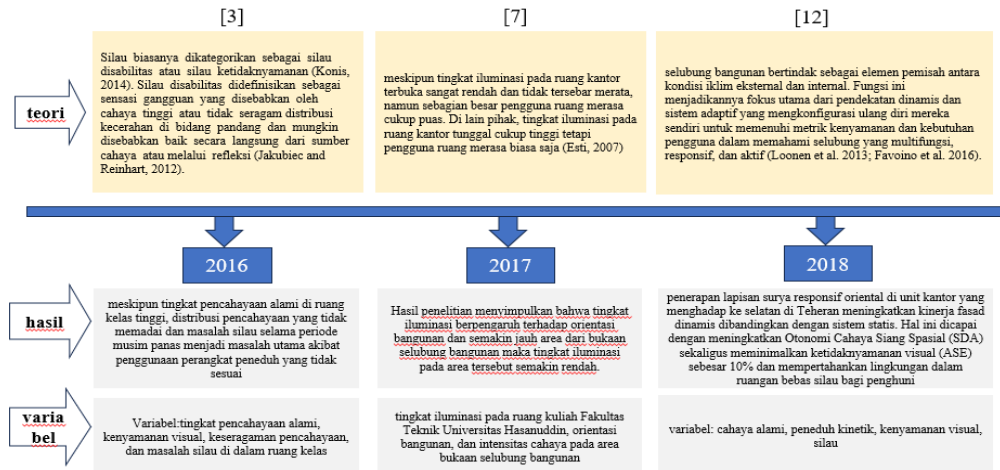


Diagram 4. Pencahayaan Alami dan kenyamanan termal Jurnal 3,7,12

Sumber: Analisa Penulis

Jurnal 7 menggunakan teori tahun 2007, pengguna ruang kantor terbuka sebagian besar merasa cukup puas meskipun tingkat iluminasi tidak tersebar merata dan sangat rendah, Selain itu pengguna ruang merasa biasa saja, walaupun tingkat iluminasi cukup tinggi pada ruang kantor tunggal (Esti, 2007). Teori ini menguji variabel tingkat iluminasi, orientasi bukaan, dan intensitas cahaya di daerah bukaan, dengan hasil bahwa tingkat iluminasi tidak memenuhi standar yang dari SNI dengan nilai 250 lux pada ruang kuliah. Tetapi dengan hasil ini mahasiswa tetap bisa mengikuti perkuliahan dengan cukup baik. Orientasi bangunan mempengaruhi tingkat iluminasi, semakin jauh dari bangunan maka iluminasi semakin rendah dan sebaliknya. Teori yang digunakan sejalan dengan hasil penelitian yakni tingkat iluminasi yang rendah tidak berpengaruh terhadap pengguna bangunan.

Jurnal 12 dengan teori tahun 2013, selubung bangunan bertindak sebagai elemen pemisah antara kondisi iklim eksternal dan internal. Fungsi ini menjadikannya fokus utama dari pendekatan dinamis dan sistem adaptif yang mengkonfigurasi ulang diri mereka sendiri untuk memenuhi metrik kenyamanan dan kebutuhan pengguna dalam memahami selubung yang multifungsi, responsif, dan aktif (Loonen et al. 2013; Favoino et al. 2016). Teori ini menguji variabel : *daylight Autonomy*, *Annual Sun Exposure*, *Spatial Daylight Autonomy*, *Rosette Distance to Facade*, *Useful Daylight Illuminance*, *Louver Radiance Material*, *Rosette Rotation Motion*, *Louver Translation Motion*, *Rosette Radiance Material*, dan material kaca dengan

hasil penerapan lapisan surya responsif oriental di unit kantor yang menghadap ke selatan di Teheran meningkatkan kinerja fasad dinamis dibandingkan dengan sistem statis. Hal ini dicapai dengan meningkatkan Otonomi Cahaya Siang Spasial (SDA) sekaligus meminimalkan ketidaknyamanan visual (ASE) sebesar 10% dan mempertahankan lingkungan dalam ruangan bebas silau bagi penghuni. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian bahwa selubung bangunan yang dinamis merupakan faktor penting untuk kenyamanan visual.

Jurnal 13 (Diagram 5) dengan teori tahun 1991, DGI (Daylight Glare Index) menunjukkan keandalan yang rendah sebagai prediktor silau di hadapan jendela (terutama jendela besar, yang merupakan sebagian besar bidang pandang pengamat, atau ketika matahari berada di bidang pandang penghuni), karena pada kenyataannya, untuk sebagian besar situasi praktis, DGI terbukti melebihi-lebihkan kondisi silau yang sebenarnya dijelaskan oleh pengamat (Iwata et al 1992) (Boubekri dan boyer, 1991) (Waters et al. 1995). Teori ini menguji variabel Silau, kaca, alat peneduh, Daylight Glare Probability (DGP), dengan hasil Pendekatan Probabilitas Silau Cahaya Siang Hari (DGP) dapat mendukung pengambilan keputusan pada tahap desain awal dan desain serta implementasi kontrol fasad secara real-time dengan properti dinamis yang ditujukan untuk mengurangi risiko silau cahaya siang hari. Dan mengevaluasi kinerja ruang dalam hal kenyamanan dan silau cahaya siang hari.

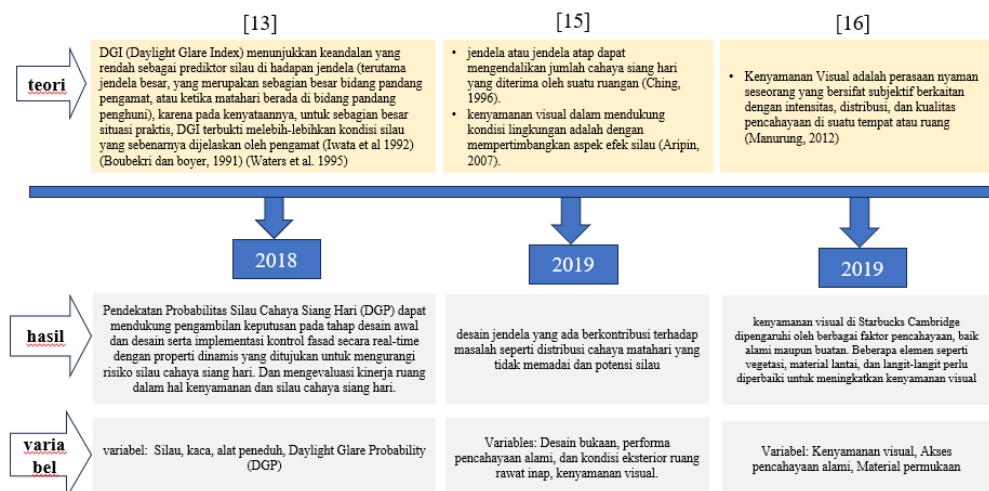


Diagram 5. Pencahayaan Alami dan kenyamanan visual Jurnal 13,15,16

Sumber: Analisa Penulis

Jurnal 15 dengan teori tahun 1996, jumlah cahaya siang hari yang diterima suatu ruangan dapat dikendalikan jendela atau jendela atap (Ching, 1996), dan kenyamanan visual untuk mendukung kondisi lingkungan

sekitar dengan cara aspek efek silau dipertimbangkan (Aripin, 2007). Teori ini menguji variabel seperti desain bukaan, performa cahaya alami, dan kondisi eksterior ruang rawat inap dengan hasil desain jendela yang ada berkontribusi terhadap masalah seperti distribusi cahaya matahari yang tidak memadai dan potensi silau. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian bahwa desain bukaan berkontribusi terhadap potensi silau.

Jurnal 16 dengan teori tahun 2012, perasaan nyaman yang diterima seseorang bersifat subjektif terkait dengan intensitas, distribusi, dan kualitas pencahayaan pada suatu tempat atau ruang disebut kenyamanan Visual (Manurung, 2012). Teori ini menguji variabel kenyamanan visual, akses pencahayaan alami, material permukaan dengan hasil kenyamanan visual di Starbucks Cambridge dipengaruhi oleh berbagai faktor pencahayaan, baik alami maupun buatan. Beberapa elemen seperti vegetasi, material lantai, dan langit-langit perlu diperbaiki untuk meningkatkan kenyamanan visual. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian bahwa kenyamanan visual dipengaruhi oleh kualitas pencahayaan disuatu ruang.

Jurnal 20 (Diagram 6) menggunakan teori tahun 2016 bahwa Tahap desain arsitektur yang paling penting adalah fase desain awal, saat sebagian besar keputusan yang penting dibuat dan dampak terbesar pada kinerja bangunan dan kenyamanan penghuni ditetapkan (Taghizade et al., 2019; Konis et al., 2016). Teori ini menguji variabel rasio jendela terhadap dinding (WWR), jumlah jendela, tinggi jendela, dan tinggi ambang jendela untuk fasad bangunan. sudut antara dinding yang mengandung jendela dan arah vertikal dengan hasil penelitian mengendalikan jumlah iluminasi di setiap zona berdasarkan tingkat cahaya yang tepat yang dibutuhkan untuk tugas yang dilakukan di setiap zona, tidak hanya meningkatkan kenyamanan visual penghuni tetapi juga mengurangi konsumsi energi pencahayaan hingga 48%. Teori yang digunakan menegaskan bahwa perencanaan pada tahap desain perlu dipertimbangan dengan mengatur jumlah iluminasi di setiap zona berdasarkan tingkat cahaya yang tepat akan menentukan kenyamanan visual.

Pada jurnal 21 menggunakan teori tahun 2007 bahwa double skin atau secondary skin pada bangunan berperan: meningkatkan nilai estetika fasad bangunan, mereduksi paparan radiasi panas matahari, mereduksi angin, dan kebisingan, dan mereduksi cahaya masuk ke dalam bangunan, dimana cahaya tidak langsung yang diterima oleh pengguna bangunan (Knaack, 2007). Teori ini menguji variabel secondary skin, kualitas pencahayaan alami, ruang perkantoran, dengan hasil pencahayaan alami yang baik tidak menggunakan *secondary skin*, dibandingkan menggunakan *secondary skin*. Hal ini menunjukkan bahwa secondary skin berfungsi untuk estetika dan perlindungan iklim, dan harus memperhatikan perolehan

pencahayaan alami di dalam bangunan. Teori yang digunakan bertolak belakang dengan hasil penelitian, di dalam teori penggunaan secondary skin berguna untuk mengurangi paparan sinar matahari, akan tetapi di hasil di penelitian sebaliknya.

Pada jurnal 23 menggunakan teori tahun 2017 Konsep penggunaan bilah-bilah pemantul bersudut parametrik adalah untuk meningkatkan keseragaman pencahayaan alami dan meningkatkan stabilitasnya (Eltaweel et al. 2020), untuk mencapai kenyamanan visual manusia dan menghemat energi listrik (Eltaweel et al. 2017). Teori ini menguji variabel kisi-kisi cahaya alami yang dikontrol secara parametrik, silau, dengan hasil mengurangi ukuran kisi-kisi dan memodifikasi kelengkungan bilah, dapat meningkatkan persentase cakupan cahaya matahari di ruang dalam dari 93% menjadi 98% dengan standar iluminasi 300–500 lx, mengurangi kemungkinan silau ke tingkat yang tidak terlihat.

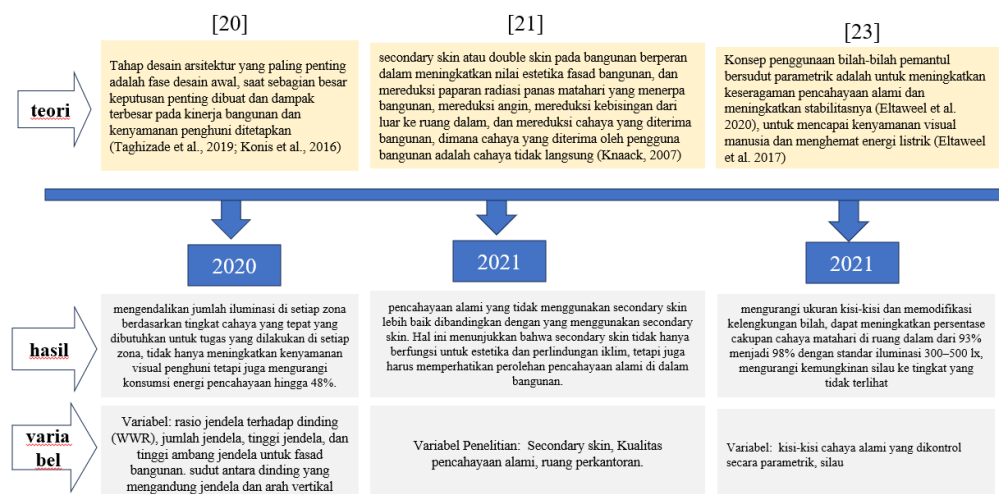
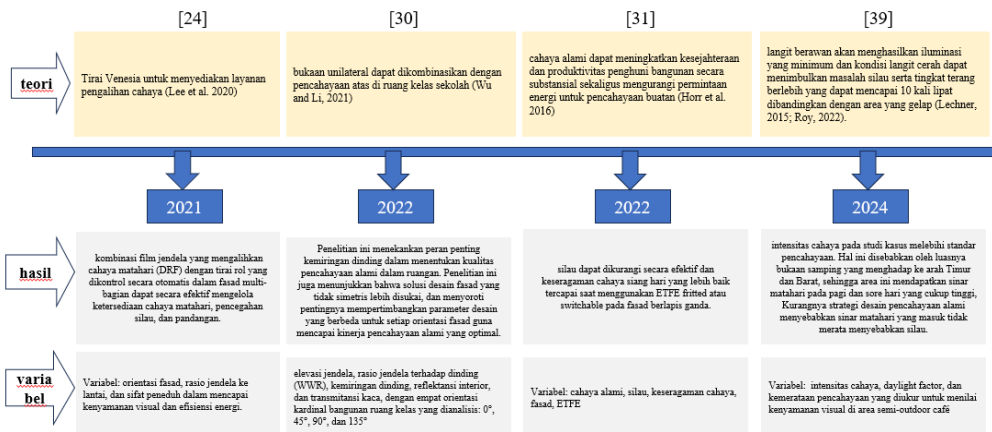


Diagram 6. Pencahayaan Alami dan kenyamanan visual Jurnal 20,21,23

Sumber: Analisa Penulis

Jurnal 24 pada diagram 7, dengan teori tahun 2020, Tirai Venesia untuk menyediakan layanan pengalihan cahaya (Lee et al. 2020). Teori ini menguji variabel orientasi fasad, rasio jendela ke lantai, dan sifat peneh dalam mencapai kenyamanan visual dan efisiensi energi, dengan hasil kombinasi film jendela yang mengalihkan cahaya matahari (DRF) dengan tirai rol yang dikontrol secara otomatis dalam fasad multi-bagian dapat secara efektif mengelola ketersediaan cahaya matahari, pencegahan silau, dan pandangan. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian bahwa penggunaan tirai dapat mengendalikan cahaya matahari masuk ke dalam ruangan.

Jurnal 30 dengan teori tahun 2021, bukaan unilateral dapat dikombinasikan dengan pencahayaan atas di ruang kelas sekolah (Wu and Li, 2021). Teori ini menguji variabel elevasi jendela, rasio jendela terhadap dinding (WWR), kemiringan dinding, reflektansi interior, dan transmitansi kaca, dengan empat orientasi kardinal bangunan ruang kelas yang dianalisis: 0°, 45°, 90°, dan 135, dengan hasil penelitian ini yakni menekankan peran penting kemiringan dinding dalam menentukan kualitas



pencahayaan alami dalam ruangan, dan solusi desain fasad yang tidak simetris lebih disukai, dan menyoroti pentingnya mempertimbangkan parameter desain yang berbeda untuk setiap orientasi fasad guna mencapai kinerja pencahayaan alami yang optimal. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian terkait dengan bukaan pada fasad.

Diagram 7. Pencahayaan Alami dan kenyamanan visual Jurnal 24,30,31,39

Sumber: Analisa Penulis

Jurnal 31 dengan teori tahun 2015, kondisi langit cerah dapat menimbulkan masalah silau, tingkat terang berlebih, dan langit berawan akan menghasilkan iluminasi yang minimum (Lechner, 2015; Roy, 2022). Teori ini menguji variabel intensitas cahaya, daylight factor, dan pemerataan pencahayaan dengan hasil intensitas cahaya melebihi standar pencahayaan. Hal ini dikarenakan bukaan samping yang menghadap ke arah Timur dan Barat cukup luas, sehingga pada pagi dan sore hari area ini mendapatkan sinar matahari yang cukup tinggi, sinar matahari yang masuk tidak merata menyebabkan silau dikarenakan kurangnya strategi desain pencahayaan alami. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian, bahwa ruangan yang mendapatkan sinar matahari yang cukup tinggi akan menyebabkan silau.

Dari tiga belas jurnal yang dianalisa dengan kriteria kenyamanan visual menghasilkan beberapa variabel. Variabel tersebut diantaranya:

intensitas cahaya alami, orientasi bangunan, bukaan selubung bangunan, dan lain sebagainya, seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Variabel kenyamanan visual dalam pencahayaan alami

Tema	Kriteria	Jurnal	Variabel
Pencahaya- aan alami	Kenyama- an visual	3, 7, 12, 13, 15, 16, 20, 21, 23, 24, 30,31,39	Intensitas cahaya alami, orientasi bangunan, bukaan selubung bangunan, tingkat kenyamanan visual, fasad, material permukaan, silau, rasio jendela terhadap dinding, tinggi ambang jendela, sudut kemiringan jendela, peneduh kinetik, <i>Daylight Glare Probability (DGP)</i> , <i>ETFE</i>

Sumber: Analisa Penulis

Dengan menggunakan teori terkait dengan kenyamanan visual menghasilkan dua temuan yang sama dan ada pula yang berbeda. Hasil temuan yang sama yakni jurnal 3,13,15,31, dan 39 bahwa silau merupakan faktor yang penting dalam kenyamanan visual. Sedangkan temuan yang sama lainnya terkait dengan kualitas pencahayaan, fasad bangunan, ruang luar, ruang dalam, *shading device*, cukup berperan penting dalam kenyamanan visual, seperti pada diagram 4, dan usulan sampel penelitian pada tabel 5.

Tabel 4. Aspek temuan kenyamanan visual dalam pencahayaan alami

Aspek Temuan kenyamanan Visual Dalam Pencahayaan Alami	Jurnal
Silau	3,13,15,31,39
Kualitas pencahayaan	7
Selubung bangunan	12
Vegetasi dan elemen interior	16
Iluminasi	20
<i>Sekondary skin</i>	21
Ukuran kisi-kisi dan memodifikasi kelengkungan bilah	23
Kombinasi film pada kaca jendela	24
Kemiringan dinding	30

Sumber: Analisa Penulis

Tabel 5. Usulan penelitian lanjutan

Jurnal	Sampel yang diteliti	Usulan penelitian lanjutan
3	Menganalisa Jendela Ruang kelas Sekolah (7x8x3,2M) untuk mengatasi silau, arah timur, barat, utara, dan selatan, <i>shading device</i> vertikal (silau)	Mengatasi Silau menggunakan <i>shading device</i> horizontal
13	Menganalisa jendela dan silau kantor 3,6 x 4,5, menilai kaca dengan transmisi berbeda, venetian blind, roller blind,	Penelitian pada fungsi ruang yang berbeda, memiliki ruangan yang lebih

	orientasi selatan dan barat	luas dan orientasi yang berbeda
15	Menganalisa distribusi cahaya dan silau, ruang kamar rumah sakit, Louvre, kaca film 20%	Mengatasi silau dengan menggunakan shading device eggcrate
31	Menganalisa foil etilen-tetrafluoroetilen (ETFE) yang dapat diganti pada fasad kulit ganda	Lokasi penelitian pada daerah beriklim tropis
39	Menganalisa intensitas cahaya dan silau pada area semi-outdoor di sebuah café	Mengendalikan intensitas cahaya dan silau misalnya dengan menggunakan shading device.
7	Menganalisa Jendela dan orientasi utara selatan untuk optimalisasi cahaya pengukuran 20 titik 6 kali berulang (optimalisasi pencahayaan)	Mencari solusi agar memenuhi standar iluminasi, misalnya dengan rak cahaya.
12	Memperkirakan metrik cahaya alami tahunan dan ketidaknyamanan silau dalam ruangan kantor	Penelitian pada bangunan yang berbeda misalnya kamar hotel
16	Kenyamanan visual dan pencahayaan pada Starbucks Cambridge.	Meningkatkan Intensitas cahaya dengan elemen interior dengan refleksi yang bervariasi
20	Optimalisasi yang memenuhi kebutuhan kenyamanan penghuni pada ruang kelas	Penelitian pada ruang yang berbeda fungsi, misalnya ruang pertemuan.
21	Menganalisa kualitas pencahayaan alami yang menggunakan secondary skin pada gedung rektorat	Tipe secondary skin dengan kemiringan yang berbeda-beda
23	Sistem kisi-kisi pencahayaan alami yang dikontrol secara parametrik pada ruang kantor	Penelitian pada ruangan yang lebih luas misalnya atrium
24	Mengevaluasi efektivitas film pengalih cahaya alami dikombinasikan dengan roller shade yang dikontrol secara otomatis, pencegahan silau, dan visibilitas melalui fasad pada ruangan 12 m × 15 m × 3,3 m.	Penelitian pada ruangan yang lebih kecil misalnya kantor, kamar hotel.

Sumber: Analisa Penulis

3.2 Pencahayaan Alami dan Efisiensi Energi

Jurnal 4 (diagram 8) dengan teori tahun 2010, Desain jendela yang tepat juga meningkatkan kenyamanan termal dan menghasilkan penghematan energi yang signifikan dalam pencahayaan listrik (Li DHW, 2010 & Dash and Paul 2015). Teori ini menguji variabel bentuk jendela

(persegi, horizontal, dan vertikal), ukuran (rasio jendela terhadap fasad 10-80%), dan posisi (terpusat atau di atas), hemat energi, dengan hasil jendela dengan bentuk horizontal menghasilkan penghematan energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan bentuk jendela lainnya. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian bahwa efisiensi energi dipengaruhi oleh bentuk bukaan jendela.

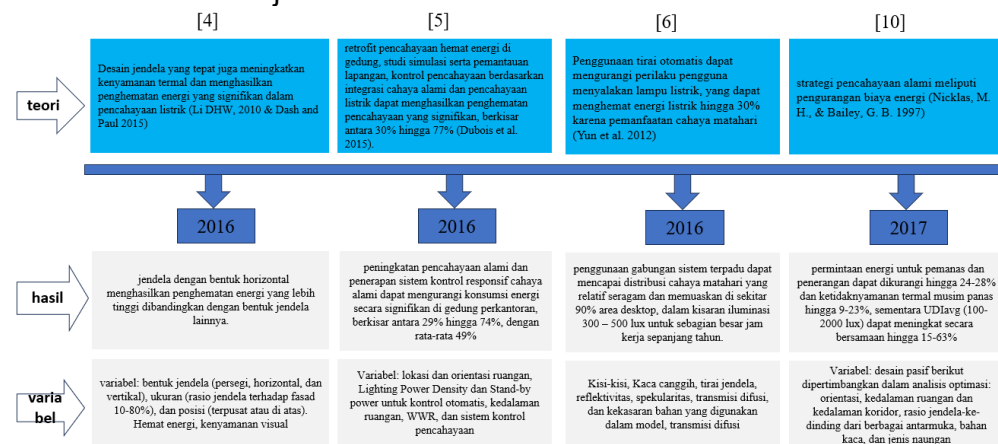


Diagram 8. Pencahayaan Alami dan Efisiensi Energi Jurnal 4,5,6,10

Sumber: Analisa Penulis

Jurnal 5 dengan teori tahun 2015, retrofit pencahayaan hemat energi di gedung, studi simulasi serta pemantauan lapangan, kontrol pencahayaan berdasarkan integrasi cahaya alami dan pencahayaan listrik dapat menghasilkan penghematan pencahayaan yang signifikan, berkisar antara 30% hingga 77% (Dubois et al. 2015). Teori ini menguji variabel lokasi dan orientasi ruangan, Lighting Power Density dan Stand-by power untuk kontrol otomatis, kedalaman ruangan, WWR, dan sistem kontrol pencahayaan dengan hasil peningkatan pencahayaan alami dan penerapan sistem kontrol responsif cahaya alami dapat mengurangi konsumsi energi secara signifikan di gedung perkantoran, berkisar antara 29% hingga 74%, dengan rata-rata 49%. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian bahwa faktor kontrol pencahayaan merupakan faktor yang penting untuk penghematan energi.

Jurnal 6 dengan teori tahun 2012, Penggunaan tirai otomatis dapat mengurangi perilaku pengguna menyalakan lampu listrik, yang dapat menghemat energi listrik hingga 30% karena pemanfaatan cahaya matahari (Yun et al. 2012). Teori ini menguji Kaca cangkih, tirai jendela, reflektivitas, spekularitas, transmisi difusi, dan kekasaran bahan yang digunakan dalam model, transmisi difusi, dengan hasil penggunaan gabungan sistem terpadu dapat mencapai distribusi cahaya matahari yang relatif seragam dan memuaskan di sekitar 90% area desktop, dalam kisaran iluminasi 300 – 500

lux untuk sebagian besar jam kerja sepanjang tahun. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian bahwa tirai otomatis merupakan faktor yang penting untuk penghematan energi.

Jurnal 10 dengan teori tahun 1997, strategi pencahayaan alami meliputi pengurangan biaya energi (Nicklas, M. H., & Bailey, G. B. 1997). Teori ini menguji variabel desain pasif, orientasi, kedalaman ruangan dan kedalaman koridor, WWR, bahan kaca, dan jenis naungan dengan hasil permintaan energi untuk pemanas dan penerangan dapat dikurangi hingga 24-28% dan ketidaknyamanan termal musim panas hingga 9-23%, sementara UDIavg (100-2000 lux) dapat meningkat secara bersamaan hingga 15-63% dan tipe koridor tertutup dua sisi memiliki kinerja terbaik karena kinerja energinya, sedangkan tipe koridor tertutup satu sisi adalah yang paling tidak cocok untuk iklim dingin karena kualitas kenyamanan visualnya yang relatif buruk. Selain itu, parameter desain pasif harus dipertimbangkan dengan saksama karena setiap konfigurasi spasial memiliki parameter desain pasif optimalnya sendiri. Teori ini sesuai dengan hasil penelitian bahwa strategi pencahayaan desain pasif menjadi faktor utama untuk efisiensi energi.

Jurnal 19 (diagram 9) dengan teori tahun 2016, penggunaan cahaya matahari akan mengurangi konsumsi energi, meningkatkan kinerja dan produktivitas manusia, serta menyediakan lingkungan yang dinamis dan interaktif (Pellegrino et,al 2016). Teori ini menguji variabel lokasi,tanggal simulasi, model orientasi permukaan utara, parameter refleksi bahan, ukuran jendela atas, jumlah jendela, sistem anidolik, dan rak cahaya dengan hasil konsumsi energi di ruang kelas berkurang rata-rata 40-50% dari energi yang digunakan untuk pencahayaan. Sistem anidolik, rak cahaya, dan jendela di bagian belakang menuju koridor berkaca menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam meningkatkan tingkat cahaya di bagian belakang dengan rata-rata lebih dari 100%. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian, bahwa faktor sistem anidolik, rak cahaya dan jendela adalah faktor penting untuk efisiensi energi.

Jurnal 34 dengan teori tahun 2008, dengan strategi pencahayaan yang tepat, pengguna dalam ruang dapat melakukan aktivitas visual tanpa kesulitan, memanfaatkan cahaya matahari secara optimal, menciptakan kondisi kesehatan yang lebih baik, dan meningkatkan kinerja untuk efisiensi (Demircan dan Gültekin, 2017: Yüceer, 2010: Canan, 2008). Teori ini menguji variabel orientasi bangunan dan desain atap, arah hadap bangunan, kemiringan atap, penggunaan elemen pasif, efisiensi energi dan kenyamanan penghuni, pengurangan penggunaan energi buatan, dan kepuasan pengguna, dengan hasil orientasi bangunan yang tepat dan desain atap yang dirancang dengan baik dapat secara signifikan

meningkatkan akses cahaya alami dan efisiensi energi. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian bahwa orientasi bangunan dan desain atap yang baik dapat meningkatkan efisiensi energi.

Jurnal 37 dengan teori tahun 2020, dengan mengevaluasi dan membandingkan bagaimana cahaya disebarkan oleh skylight yang berbeda di dalam ruangan, terlihat bahwa ruangan dengan skylight di langit-langit memiliki kondisi yang lebih baik dalam hal kecerahan dan homogenitas cahaya siang hari (Awad & Abd-Rabo, 2020). Teori ini menguji variabel cahaya alami, emisi karbon, skylight, jendela, reflektif permukaan dinding dan lantai dengan hasil desain skylight persegi memungkinkan masuknya cahaya paling banyak ke berbagai tingkat bangunan jika dibandingkan dengan skylight persegi panjang dengan penampang yang sama. Meningkatnya jumlah pencahayaan alami yang diizinkan masuk ke dalam sebuah bangunan dapat mengakibatkan pengurangan jumlah energi yang diperlukan untuk pencahayaan buatan. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian, bahwa faktor skylight mempunyai peran penting dalam upaya pengurangan energi.

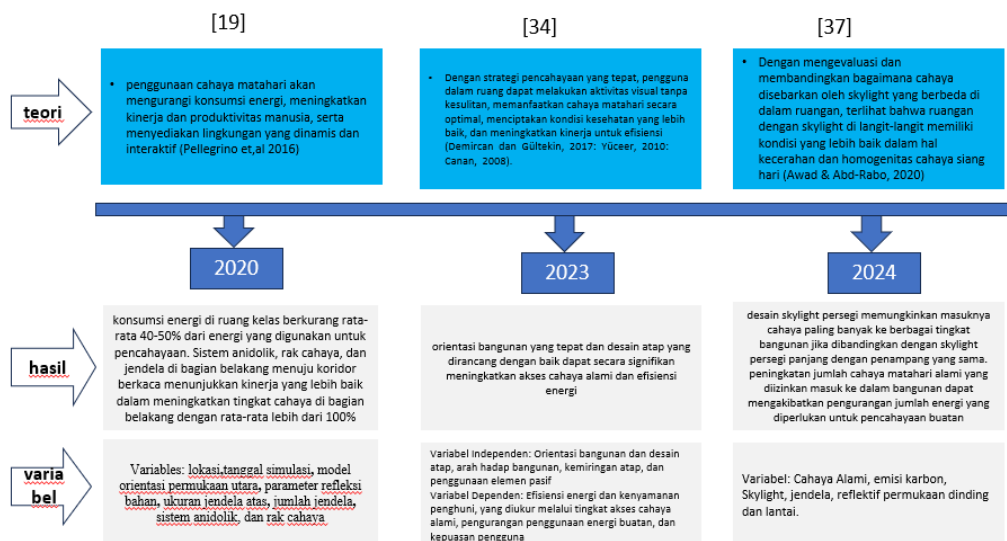


Diagram 9. Pencahayaan Alami dan Efisiensi Energi Jurnal 17,27,29

Sumber: Analisa Penulis

Dari Tujuh jurnal yang dianalisa dengan kriteria efisiensi energi menghasilkan beberapa variabel. Variabel tersebut diantaranya: jendela atap, WWR, bukaan selubung bangunan, dan lain sebagainya, seperti pada tabel 6.

Tabel 6. Variabel efisiensi energi dalam pencahayaan alami

Tema	Kriteria	Jurnal	Variabel
Pencahayaan alami	Efisiensi energi	4, 5, 6, 10, 19, 34, 37	Jendela atap, WWR, bukaan selubung bangunan, orientasi

ruangan, kedalaman ruangan, sistem kontrol pencahayaan, orientasi, material kaca, jenis ruangan, sistem *anidolik*, emisi karbon, permukaan dinding dan lantai, Kisi-kisi, Kaca cangguh, tirai jendela, reflektivitas, spekularitas, transmisi difusi, dan kekasaran bahan yang digunakan dalam model, transmisi difusi

Sumber: Analisa Penulis

Teori pencahayaan alami dengan pendekatan efisiensi energi menghasilkan temuan yang berbeda. Hal ini dikarenakan variabel yang diuji berbeda. Bukaannya pada fasad dan atap, pengendalian pencahayaan, orientasi bukaan, desain pasif, dan tirai otomatis merupakan aspek yang perlu diperhatikan dalam pencahayaan alami dengan pendekatan efisien energi, seperti tabel 7 dan usulan sampel penelitian pada tabel 8.

Tabel 7. Aspek efisiensi energi dalam pencahayaan alami

Aspek Efisiensi Energi Dalam Pencahayaan Alami	Jurnal
Bukaan jendela	4
kontrol pencahayaan	5
Tirai otomatis	6
Desain pasif	10
Sistem anidolik, rak cahaya dan jendela	19
Orientasi bukaan & desain atap	34
Skylight	37

Sumber: Analisa Penulis

Tabel 8. Usulan sampel penelitian lanjutan

Jurnal	Sampel yang diteliti	Usulan penelitian lanjutan
4	mengkuantifikasi metrik-metrik ini di ruangan hunian untuk berbagai model jendela pada ruangan 3mx6mx3m di iklim sedang	Penelitian di daerah tropis misalnya Jakarta.
5	Pencahayaan alami dan perilaku energi ruangan kantor di lokasi iklim Turin (Italia Utara),	Penelitian dengan fungsi bangunan yang berbeda, misalnya bangunan hotel
6	sistem pencahayaan terintegrasi canggih yang menggabungkan berbagai elemen arsitektur, yang dapat dikontrol secara parametrik pada bangunan pada ruang kantor berorientasi selatan	Penelitian pada orientasi yang berbeda misalnya utara
10	optimasi untuk menemukan keseimbangan optimal antara meminimalkan penggunaan energi untuk pencahayaan pada koridor di iklim dingin	Penelitian di daerah iklim tropis misalnya Jakarta.

19	Pengaruh teknologi cahaya alami seperti rak lampu, sistem anidolik, material tembus cahaya dan rak lampu yang dikombinasikan dengan reflektor eksternal, terhadap kinerja cahaya alami dan lingkungan visual di ruang kelas universitas	Penelitian dengan orientasi jendela yang berbeda
34	Strategi pencahayaan alami, yang juga dipengaruhi oleh iklim, bergantung pada ketersediaan cahaya alami, yang ditentukan oleh garis lintang lokasi bangunan dan kondisi sesaat di sekitar bangunan pada arsitektur tradisional	Penelitian pada arsitektur modern
37	menyelidiki dampak skylight dan sumur cahaya berbentuk kubus terhadap konsumsi energi dan emisi CO ₂ dari sebuah bangunan hunian empat lantai	Penelitian pada sumur berbentuk tabung

Sumber: Analisa Penulis

3.3 Pencahayaan Alami dan Model Perhitungan

Jurnal 11 dengan teori tahun 2007, Faktor-faktor yang mempengaruhi penampilan dalam aktivitas visual adalah jenis aktivitas, kondisi pencahayaan, dan kondisi pengamat (Lechner, 2007:386). Teori ini menguji variabel tingkat iluminasi, orientasi bangunan, dan intensitas cahaya di bukaan bangunan dengan hasil metode yang berbeda memberikan hasil yang bervariasi dalam hal faktor daylighting dan iluminasi. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian, bahwa kondisi pencahayaan akan berbeda hasilnya tergantung metode pengukuran yang digunakan.

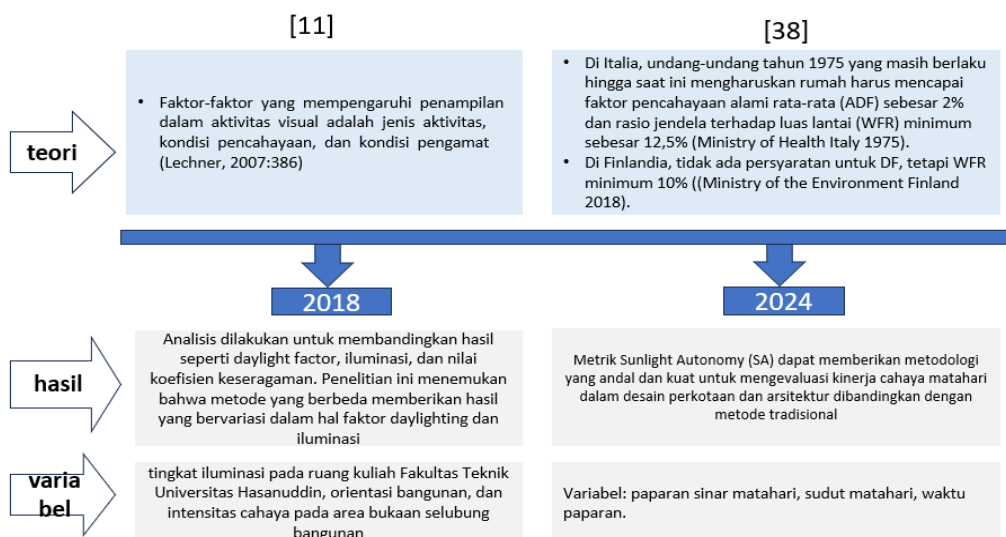


Diagram 10. Pencahayaan Alami dan Metode Perhitungan

Sumber: Analisa Penulis

Jurnal 38 dengan teori tahun 1975, Di Italia, undang-undang tahun 1975 yang masih berlaku hingga saat ini mengharuskan rumah harus mencapai faktor pencahayaan alami rata-rata (ADF) sebesar 2% dan rasio jendela terhadap luas lantai (WFR) minimum sebesar 12,5% menurut (Ministry of Health Italy 1975), sedangkan di Finlandia, tidak ada persyaratan untuk DF, tetapi WFR minimum 10% menurut (Ministry of the Environment Finland 2018). Teori ini menguji variabel paparan sinar matahari, sudut matahari, waktu paparan, dengan hasil metrik Sunlight Autonomy (SA) dapat memberikan metodologi yang andal dan kuat untuk mengevaluasi kinerja cahaya matahari dalam desain perkotaan dan arsitektur dibandingkan dengan metode tradisional. Teori yang digunakan berhubungan dengan hasil penelitian, bahwa metode tradisional kurang akurat dibandingkan dengan metrik SA.

Dari dua jurnal yang dianalisa dengan kriteria model perhitungan cahaya alami menghasilkan beberapa variabel. Variabel tersebut diantaranya: metode SNI/DPMB, BRE Daylighting Protractors, model skala yang dipelajari dalam simulator langit buatan, dan lain sebagainya, seperti pada tabel 9.

Tabel 9. Variabel efisiensi energi dalam model perhitungan cahaya alami

Tema	Kriteria	Jurnal	Variabel
Pencahayaan alami	Model perhitungan Cahaya Alami	11,38	metode SNI/DPMB, BRE Daylighting Protractors, model skala yang dipelajari dalam simulator langit buatan, program komputer Dialux dan Velux, Lightscape, Radiance, Desktop, Ecotect, DIVA, Daysim, Lumen Micro

Sumber: Analisa Penulis

Teori pencahayaan alami dengan pendekatan model perhitungan yang digunakan pada 2 jurnal menghasilkan temuan yang berbeda. Hal ini dikarenakan variabel yang diuji berbeda. kondisi pencahayaan dan metode yang digunakan merupakan aspek yang perlu diperhatikan dalam model perhitungan pencahayaan alami, seperti tabel 10 dan Usulan penelitian lanjutan pada tabel 11.

Tabel 10. Aspek model perhitungan pencahayaan alami

Aspek Model perhitungan pencahayaan alami	Jurnal
Kondisi cahaya	11
Metode	38

Sumber: Analisa Penulis

Tabel 11. Usulan sampel penelitian lanjutan

Jurnal	Sampel yang diteliti	Usulan penelitian lanjutan
11	Metode yang digunakan meliputi metode perhitungan manual (metode SNI/DPMB dan Busur Derajat Pencahayaan Alami BRE), model skala yang dipelajari dalam simulator langit buatan, dan program komputer menggunakan perangkat lunak pencahayaan Dialux dan Velux pada ruangan 8 x 8 x 4.5 meter.	Penelitian pada ruangan yang lebih luas.
38	mengevaluasi kinerja cahaya matahari pada bangunan menggunakan <i>sunlight autonomi pada empat kota eropa</i>	Penelitian di kota Asia tenggara yang memiliki iklim tropis

Sumber: Analisa Penulis

3.4 Pencahayaan Alami dan Optimalisasi

Jurnal 1 yang terdapat pada diagram 11, menggunakan teori tahun 2003 bahwa pencahayaan alami sebagai prinsip desain memiliki dampak langsung pada orientasi, pemodelan dan proporsi bangunan, karakteristik ruang interior dan kenyamanan pencahayaan secara umum (Ander 2003). Teori ini untuk menguji variabel pencahayaan alami, perangkat peneduh, lingkungan, kenyamanan termal, dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa orientasi dan desain bangunan memainkan peran penting dalam mengoptimalkan penggunaan cahaya alami, yang dapat meningkatkan kenyamanan lingkungan dan efisiensi energi secara signifikan. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa orientasi bangunan mempunyai peran yang cukup penting untuk optimalisasi pencahayaan alami. Distribusi pencahayaan harian pada bangunan ini berorientasi ke arah utara.

Jurnal 2 dengan teori tahun 1999, cahaya matahari meningkatkan produktivitas (Group, 1999), berdampak positif terhadap kinerja manusia (Boyce, 2003) dan memiliki efek biologis terhadap produksi hormon kortisol, yang mengatur siklus siang-malam dan kapasitas konsentrasi siswa (Dudek 2007). Teori ini menguji variabel kinerja berbagai elemen arsitektur seperti rak cahaya, pelindung, dan jendela atap, kinerja pencahayaan alami dengan hasil ruang kelas yang dievaluasi di kota Iquique dan Santiago, tipologi dengan kinerja terbaik adalah ruang kelas dengan tirai atas, yang menyediakan kondisi ideal untuk penghematan energi dengan kebutuhan minimal untuk pencahayaan buatan. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian bahwa kenyamanan visual dipengaruhi oleh kualitas pencahayaan disuatu ruang.

Jurnal 9 dengan teori tahun 2016, hubungan tak berwujud antara produktivitas dan cahaya matahari ini telah membatasi aspek kelayakan ekonomi dari cahaya matahari untuk hanya mempertimbangkan penghematan energi, yang tidak memperhitungkan kesejahteraan penghuni (Fontoynt et, al 2016). Teori ini menguji variabel kecerahan, tampilan warna, keseragaman, preferensi pencahayaan, silau, dengan hasil meskipun strategi pencahayaan alami di gedung perkantoran yang diteliti efektif dalam mendorong penghematan energi yang signifikan sebesar 41% dan 53%. Lebih dari 20% penghuni tidak puas dengan tingkat kecerahan tugas untuk pekerjaan berbasis kertas dan komputer, yang menyoroti ketidakcukupan Faktor Cahaya Siang (DF) sebagai metrik untuk menilai kinerja cahaya siang. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian, bahwa faktor cahaya siang menentukan dalam optimalisasi pencahayaan.

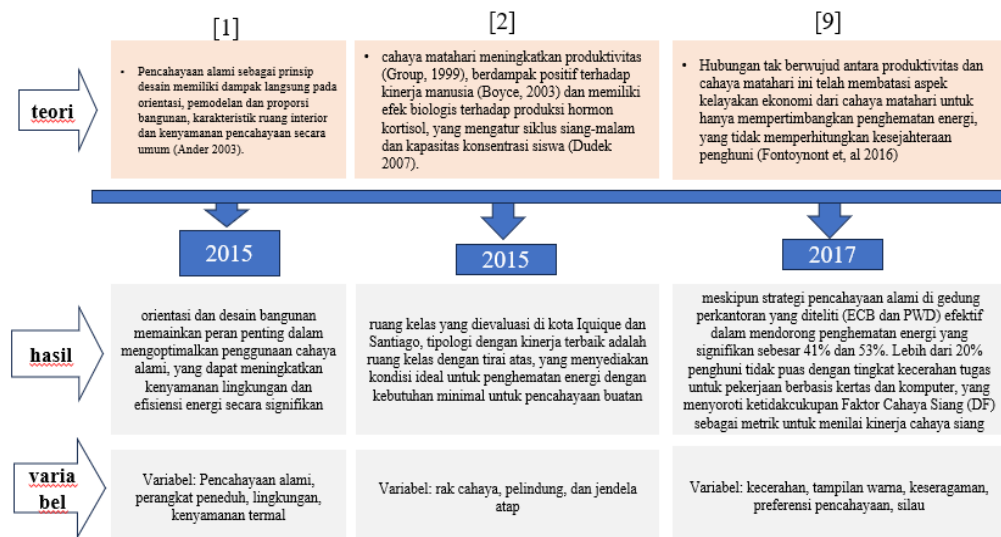


Diagram 11. Pencahayaan Alami dan Optimalisasi Jurnal 1,2,9

Sumber: Analisa Penulis

Jurnal 14 (Diagram 12) dengan teori tahun 2017, kriteria pencahayaan: (Jamala dan Rahim, 2017), yakni: Kuantitas cahaya, Distribusi kepadatan cahaya, cahaya tidak menyilaukan, arah pencahayaan dan pembentukan bayangan, Warna cahaya dan refleksi warna. Teori ini menguji variabel posisi bangunan, tinggi lantai, dan bukaan jendela, iklim, efisiensi energi, dengan hasil tingkat pencahayaan siang hari bergantung pada kondisi langit yang mempengaruhi distribusi cahaya ke dalam sebuah gedung. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian, bahwa faktor distribusi cahaya merupakan salah satu kriteria pencahayaan.

Jurnal 17 dengan teori tahun 2001, Menurut (Norbert Lechner, 2001) bahwa dalam sebuah bangunan cahaya alami dapat memberikan efek positif dalam psikologi manusia dan juga memberikan suasana menyenangkan. Teori ini menguji variabel tingkat pencahayaan alami dan kualitas pencahayaan, dengan hasil nilai rata-rata intensitas pencahayaan di ruang baca lantai 2 sebesar 272 lux (belum memenuhi standar), sedangkan pada ruang baca di lantai 3 sebesar 663 lux (melebihi standar). Penelitian ini menekankan pentingnya pencahayaan yang memadai untuk kenyamanan dan produktivitas pengguna, serta merekomendasikan perbaikan untuk kedua lantai tersebut. Teori yang digunakan sesuai, bahwa cahaya intensitas pencahayaan pada ruangan untuk kenyamanan dan produktivitas

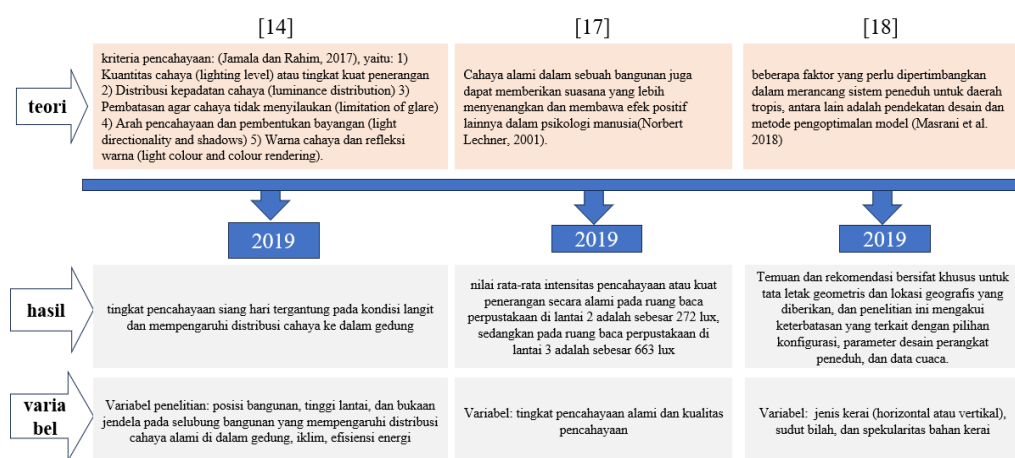


Diagram 12. Pencahayaan Alami dan Optimalisasi Jurnal 14, 17, 18

Sumber: Analisa Penulis

pengguna.

Jurnal 18 dengan teori tahun 2018, beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam merancang sistem peneduh untuk daerah tropis, antara lain adalah pendekatan desain dan metode pengoptimalan model (Masrani et al. 2018). Teori ini menguji variabel jenis kerai (horizontal atau vertikal), sudut bilah, dan spekularitas bahan kerai, dengan hasil Temuan dan rekomendasi bersifat khusus untuk tata letak geometris dan lokasi geografis yang diberikan, dan penelitian ini mengakui keterbatasan yang terkait dengan pilihan konfigurasi, parameter desain perangkat peneduh, dan data cuaca. Teori yang digunakan saling berhubungan terkait dengan perangkat peneduh sebagai alat pengoptimalan cahaya.

Jurnal 22 seperti diagram 13, menggunakan teori tahun 2020, bukaan pada atap bangunan berpotensi memungkinkan cahaya alami masuk untuk mengurangi energi, tetapi juga dapat meningkatkan panas (Lapisa et al. 2020). Teori ini menguji variabel jenis dan posisi bukaan atap

dalam optimasi pencahayaan alami, dengan hasil jenis, posisi (ketinggian dan jarak bukaan), dan arah bukaan berpengaruh signifikan terhadap efektivitas pencahayaan alami pada bangunan bervolume besar, ditemukan bahwa dua toplighting yang diposisikan di tengah ruang menghasilkan nilai DF maksimum. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian, bahwa penggunaan toplighting merupakan peran penting dalam mengoptimalkan cahaya.

Jurnal 26 dengan teori tahun 2016, untuk memaksimalkan efisiensi intensitas pencahayaan, pertimbangan bukaan, pencahayaan alami dan buatan harus diintegrasikan ke dalam keseimbangan bersama dengan kondisi iklim (Buratti & Franceschini 2016). Teori ini menguji variabel orientasi, bukaan, dan penempatan pencahayaan, pencahayaan alami dan buatan serta intensitas pencahayaan, dengan hasil Orientasi dan bukaan secara signifikan mempengaruhi aktivitas pencahayaan di ruang kerja doktoral dan laboratorium, pencahayaan buatan dapat berperan sebagai sistem pendukung untuk mendistribusikan intensitas cahaya ketika langit mendung. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian, bahwa orientasi dan bukaan berperan penting dalam optimalisasi pencahayaan.

Jurnal 27 dengan teori tahun 2006, Ketidaknyamanan yang disebabkan oleh efek visual seperti silau lebih umum terjadi dari pada efek panas (Webb, 2006). Teori ini menguji variabel Rasio skylight, atrium, dan reflektivitas dinding dan atap, dan Fabric coverage, dengan hasil optimalisasi cahaya siang hari di atrium bangunan komersial di wilayah dingin Tiongkok dapat dicapai secara efektif menggunakan metode desain parametrik dan evaluasi cahaya siang hari. Teori yang digunakan berhubungan dengan hasil penelitian, bahwa efek silau dan panas dikendalikan dengan desain yang bisa mengendalikan cahaya.

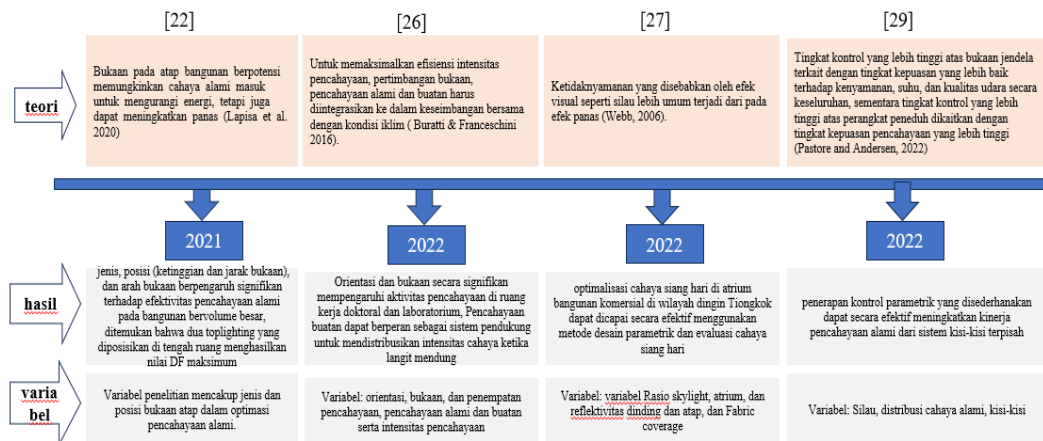


Diagram 13. Pencahayaan Alami dan Optimalisasi Jurnal 22,26,27,29

Sumber: Analisa Penulis

Jurnal 29 dengan teori tahun 2016, Tingkat kontrol yang lebih tinggi atas bukaan jendela terkait dengan tingkat kepuasan yang lebih baik terhadap kenyamanan, suhu, dan kualitas udara secara keseluruhan, sementara tingkat kontrol yang lebih tinggi atas perangkat peneduh dikaitkan dengan tingkat kepuasan pencahayaan yang lebih tinggi (Pastore and Andersen, 2022). Teori ini menguji variabel Silau, distribusi cahaya alami, kisi-kisi, dengan hasil penerapan kontrol parametrik yang disederhanakan dapat secara efektif meningkatkan kinerja pencahayaan alami dari sistem kisi-kisi terpisah. Teori yang digunakan saling berhubungan dengan hasil penelitian, bahwa sistem kontrol parametrik berperan dalam hal optimalisasi pencahayaan.

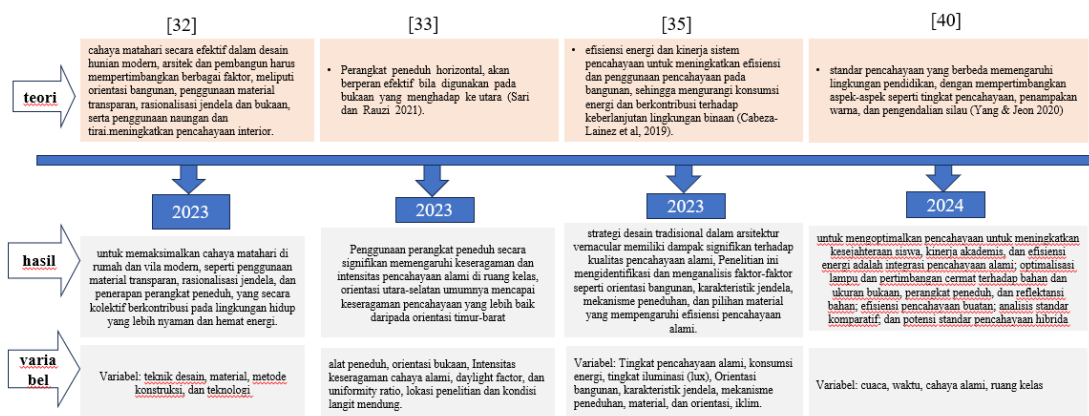


Diagram 14. Pencahayaan Alami dan Optimalisasi Jurnal 32,33,35,40

Sumber: Analisa Penulis

Jurnal 32 (Diagram 14) menggunakan teori cahaya matahari secara efektif dalam desain hunian modern, arsitek dan pembangun harus mempertimbangkan berbagai faktor, meliputi orientasi bangunan, penggunaan material transparan, rasionalisasi jendela dan bukaan, serta penggunaan naungan dan tirai.meningkatkan pencahayaan interior. Teori ini menguji variabel teknik desain, material, metode konstruksi, dan teknologi, dengan hasil untuk memaksimalkan cahaya matahari di rumah dan vila modern, seperti penggunaan material transparan, rasionalisasi jendela, dan penerapan perangkat peneduh, yang secara kolektif berkontribusi pada lingkungan hidup yang lebih nyaman dan hemat energi. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian, bahwa material transparan, jendela dan perangkat peneduh menjadi hal yang penting untuk mengoptimalkan pencahayaan alami.

Jurnal 33 menggunakan teori tahun 2021, Perangkat peneduh horizontal, akan berperan efektif bila digunakan pada bukaan yang menghadap ke utara (Sari dan Rauzi 2021). Teori ini menguji variabel alat peneduh, orientasi bukaan, Intensitas keseragaman cahaya alami,

daylight factor, dan uniformity ratio, lokasi penelitian dan kondisi langit mendung, dengan hasil penggunaan perangkat peneduh secara signifikan memengaruhi keseragaman dan intensitas pencahayaan alami di ruang kelas, orientasi utara-selatan umumnya mencapai keseragaman pencahayaan yang lebih baik daripada orientasi timur-barat. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian, bahwa orientasi ke utara mencapai keseragaman pencahayaan lebih baik.

Jurnal 35 menggunakan teori tahun 2019, efisiensi energi dan kinerja sistem pencahayaan untuk meningkatkan efisiensi dan penggunaan pencahayaan pada bangunan, sehingga mengurangi konsumsi energi dan berkontribusi terhadap keberlanjutan lingkungan binaan (Cabeza-Lainez et al, 2019). Teori ini menguji variabel tingkat pencahayaan alami, konsumsi energi, tingkat iluminasi (lux), Orientasi bangunan, karakteristik jendela, mekanisme peneduhan, material, dan orientasi, iklim, dengan hasil strategi desain tradisional dalam arsitektur vernacular memiliki dampak signifikan terhadap kualitas pencahayaan alami, penelitian ini mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor seperti orientasi bangunan, karakteristik jendela, mekanisme peneduhan, dan pilihan material yang mempengaruhi efisiensi pencahayaan alami. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian, bahwa kinerja sistem pencahayaan merupakan hal yang penting terhadap kualitas pencahayaan alami.

Jurnal 40 menggunakan teori tahun 2020, standar pencahayaan yang berbeda memengaruhi lingkungan pendidikan, dengan mempertimbangkan aspek-aspek seperti tingkat pencahayaan, penampakan warna, dan pengendalian silau (Yang & Jeon 2020). Teori ini menguji variabel cuaca, waktu, cahaya alami, ruang kelas dengan hasil untuk mengoptimalkan pencahayaan untuk meningkatkan kesejahteraan siswa, kinerja akademis, dan efisiensi energi adalah integrasi pencahayaan alami; optimalisasi lampu dan pertimbangan cermat terhadap bahan dan ukuran bukaan, perangkat peneduh, dan reflektansi bahan; efisiensi pencahayaan buatan; analisis standar komparatif; dan potensi standar pencahayaan hibrida. Teori yang digunakan berhubungan, bahwa untuk mengoptimalkan pencahayaan alami, aspek yang perlu diperhatikan terkait dengan pengendalian cahaya alami dan buatan.

Dari empat belas jurnal yang dianalisa dengan kriteria optimalisasi pencahayaan alami menghasilkan beberapa variabel. Variabel tersebut diantaranya: Perangkat peneduh, Rak cahaya, *shading device*, kecerahan, dan lain sebagainya, seperti pada tabel 12.

Tabel 12. Variabel optimalisasi pencahayaan alami

Tema	Kriteria	Jurnal	Variabel
------	----------	--------	----------

Pencahayaan alami	Optimalisasi pencahayaan alami	1, 2, 9, 14, 17, 18, 22, 26, 27, 29, 32, 33, 35, 40	Perangkat peneduh, Rak cahaya, <i>shading device</i> , kecerahan, tampilan warna, tinggi lantai, keseragaman pencahayaan, preferensi pencahayaan, silau, tingkat pencahayaan alami, kualitas pencahayaan, kerai, bukaan atap, orientasi, bukaan fasad, penempatan pencahayaan, jenis material, teknik desain, teknologi, alat peneduh, daylight factor, langit mendung, cuaca, waktu
-------------------	--------------------------------	---	--

Sumber: Analisa Penulis

Teori pencahayaan alami dengan pendekatan optimalisasi pencahayaan alami menghasilkan temuan yang berbeda satu dengan yang lain. Hal ini dikarenakan variabel yang diuji berbeda. Kualitas pencahayaan alami, bukaan pada fasad, orientasi bukaan, sistem peneduh, pengendalian cahaya alami dan buatan, pengendalian silau dan panas merupakan salah satu faktor penting dalam mengoptimalkan pencahayaan alami pada ruangan, seperti tabel 13, dan Usulan penelitian lanjutan pada tabel 14.

Tabel 13. Aspek optimalisasi cahaya alami

Aspek Optimalisasi Pencahayaan Alami	Jurnal
Orientasi dan desain bangunan	1
Alat peneduh	2
faktor cahaya siang	9
Kondisi langit	14
Intensitas pencahayaan	17
Sistem peneduh	18,33
Toplighting	22
Orientasi dan bukaan	26
Desain parametrik	27
Jendela dan perangkat peneduh	29
Orientasi bangunan, karakteristik jendela, Mekanisme peneduhan, dan pilihan material	35
Ukuran bukaan, perangkat peneduh, dan reflektansi material	40

Sumber: Analisa Penulis

Tabel 14. Usulan penelitian lanjutan

Jurnal	Sampel yang diteliti	Usulan penelitian lanjutan
1	Mengevaluasi dampaknya terhadap distribusi penerangan harian pada bangunan kantor orientasi selatan dan timur	Penelitian pada fungsi yang sama dengan orientasi barat dan utara
2	Mengintegrasikan variasi cahaya matahari untuk mengetahui kinerja pencahayaan	Penelitian pada fungsi bangunan berbeda

	tahunan dalam tipologi yang dihasilkan dari strategi desain pasif guna membandingkan Kinerjanya pada ruang kelas	misalnya kantor.
9	Strategi desain pencahayaan alami, penilaian visual, Faktor Cahaya Siang (DF), penggunaan energi pencahayaan dan silau ketidaknyamanan menggunakan dua kantor bangunan hijau di Malaysia	Penelitian di iklim yang berbeda misalnya di Indonesia
14	Pengaruh posisi, tinggi lantai dan bukaan jendela pada selubung bangunan terhadap distribusi cahaya alami pada bangunan hotel orientasi timur dan barat	Penelitian pada fungsi yang sama tetapi berbeda orientasi
17	Analisa tingkat pencahayaan alami pada ruang baca perpustakaan	Penelitian pada jenis material kaca jendela yang berbeda
18	Mengoptimalkan perangkat peneduh internal dengan mempertimbangkan berbagai metrik pencahayaan alami di kantor terbuka orientasi barat	Penelitian pada fungsi yang sama orientasi jendela berbeda
33	Kinerja pencahayaan alami menggunakan alat peneduh pada ruang kelas	Menggunakan alat peneduh Anidolic sistem
22	mengeksplorasi dan membandingkan efektivitas pencahayaan alami pada desain bukaan skylight, roof monitor, dan sawtooth pada bangunan bervolume besar di Bandung	Penelitian di Jakarta yang mempunyai suhu yang berbeda
26	mengevaluasi sistem pencahayaan alami dan buatan untuk ruang kerja di gedung pendidikan	Penelitian pada fungsi yang berbeda misalnya kantor
27	mengoptimalkan kualitas cahaya alami atrium komersial di Jinan China	Penelitian pada iklim yang berbeda misalnya iklim tropis
29	Analisa kinerja pencahayaan alami kisi-kisi pada ruang kantor di Amman Yordania	Penelitian di iklim yang berbeda misalnya di Indonesia
35	Analisa efektivitas pencahayaan alami di ruang dalam arsitektur vernakular di Ecuador	Penelitian arsitektur vernakular pada iklim yang berbeda misalnya iklim tropis
40	Perbandingan kinerja pencahayaan alami dan buatan ruang kelas di Thailand	Penelitian pada fungsi yang berbeda misalnya fungsi hunian

Sumber: Analisa Penulis

3.5 Pencahayaan Alami dan Kinerja Manusia

Teori tahun 2014 digunakan pada Jurnal 7 (Diagram 15), Menurut (Yuniar et al. 2014) bahwa pencahayaan alami dapat dipengaruhi oleh variable-variabel seperti desain pada jendela, kenyamanan visual, bentuk maupun kedalaman suatu ruangan, dan faktor eksternal. Teori ini menguji variabel intensitas cahaya dan tingkat kenyamanan visual dengan hasil pentingnya desain pencahayaan dan tata letak ruangan yang efektif dalam meningkatkan produktivitas di lingkungan kantor. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian bahwa bukaan jendela berperan penting dalam produktivitas.

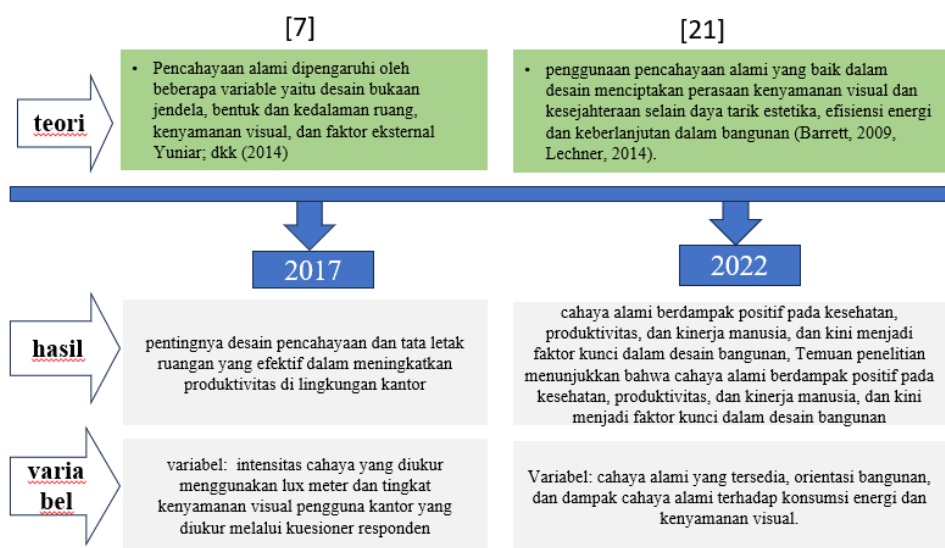


Diagram 15. Pencahayaan Alami dan Keberlanjutan

Sumber: Analisa Penulis

Jurnal 21 menggunakan teori tahun 2014, penggunaan pencahayaan alami yang baik dalam desain menciptakan perasaan kenyamanan visual dan kesejahteraan, daya tarik estetika, efisiensi energi dan keberlanjutan dalam bangunan (Barrett, 2009, Lechner, 2014). Teori ini menguji variabel cahaya alami yang tersedia, orientasi bangunan, dan dampak cahaya alami terhadap konsumsi energi dan kenyamanan visual, dengan hasil cahaya alami berdampak positif pada kesehatan, produktivitas, dan kinerja manusia, dan kini menjadi faktor kunci dalam desain bangunan, Temuan penelitian menunjukkan bahwa cahaya alami berdampak positif pada kesehatan, produktivitas, dan kinerja manusia, dan kini menjadi faktor kunci dalam desain bangunan. Teori yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian, bahwa pencahayaan alami dapat berdampak pada perasaan kenyamanan.

Dari dua jurnal yang dianalisa dengan kriteria kinerja manusia menghasilkan beberapa variabel. Variabel tersebut diantaranya: Intensitas cahaya, orientasi bangunan, dampak cahaya alami terhadap konsumsi energi, kenyamanan visual, seperti pada tabel 15.

Tabel 15. Variabel kinerja manusia dalam pencahayaan alami

Tema	Kriteria	Jurnal	Variabel
Pencahayaan alami	Kinerja manusia	8, 25	Intensitas cahaya, orientasi bangunan, dampak cahaya alami terhadap konsumsi energi, kenyamanan visual.

Sumber: Analisa Penulis

Teori pencahayaan alami dengan pendekatan kinerja manusia menghasilkan temuan yang berbeda. Hal ini disebabkan variabel yang diuji berbeda. Buka jendela dan perasaan kenyamanan merupakan aspek dalam pencahayaan alami untuk meningkatkan kinerja manusia seperti pada tabel 16, dan usulan penelitian lanjutan pada tabel 17.

Tabel 16. Aspek pencahayaan alami dengan kinerja manusia

Aspek Pencahayaan alami dengan kinerja Manusia	Jurnal
Buka jendela	8
Kenyamanan	25

Sumber: Analisa Penulis

Tabel 17. Usulan sampel penelitian lanjutan

Jurnal	Sampel yang diteliti	Usulan penelitian lanjutan
8	Analisa kenyamanan visual ruang kantor di Bekasi	Simulasi ukuran dan posisi jendela yang berbeda
25	Pemanfaatan cahaya alami pada bangunan di negara-negara berkembang	Penelitian pada zona iklim misalnya iklim tropis

Sumber: Analisa Penulis

3.6 Pencahayaan Alami dan Keberlanjutan

Jurnal 28 (Diagram 16) menggunakan teori tahun 1987, keberlanjutan sebagai prinsip memenuhi kebutuhan saat ini, dengan tidak mengorbankan hak maupun kemampuan generasi selanjutnya guna memenuhi kebutuhan sendiri (WCED, 1987). Teori ini menguji variabel Pencahayaan alami, keberlanjutan, buka jendela vertikal dan horizontal, dengan hasil teknik arsitektur yang digunakan dalam bangunan vernakular, seperti penggunaan buka vertikal dan horizontal, halaman, dan atrium, tidak hanya meningkatkan nilai estetika interior tetapi juga meningkatkan kualitas hidup penghuni dengan menyediakan lingkungan hidup yang lebih sehat. Integrasi solusi pencahayaan alami secara sadar dalam desain kontemporer sangat penting untuk mencapai arsitektur berkelanjutan. Teori

yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian, bahwa bukaan vertikal dan horizontal dan faktor lingkungan menjadi faktor yang diperhatikan dalam pencahayaan alami yang berkelanjutan.

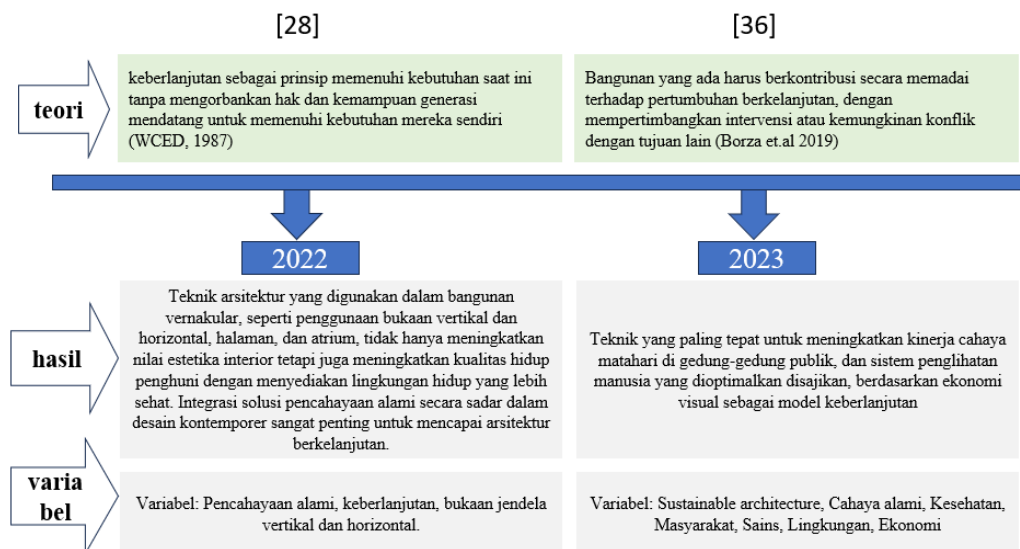


Diagram 16. Pencahayaam Alami dan Keberlanjutan

Sumber: Analisa Penulis

Jurnal 36 menggunakan teori tahun 2019, Bangunan yang ada harus berkontribusi secara memadai terhadap pertumbuhan berkelanjutan, dengan mempertimbangkan intervensi atau kemungkinan konflik dengan tujuan lain (Borza et.al 2019). Teori ini menguji variabel Sustainable architecture, Cahaya alami, Kesehatan, Masyarakat, Sains, Lingkungan ekonomi, dengan hasil teknik yang paling tepat untuk meningkatkan kinerja cahaya matahari di gedung-gedung publik, dan sistem penglihatan manusia yang dioptimalkan disajikan, berdasarkan ekonomi visual sebagai model keberlanjutan. Teori yang digunakan tidak sesuai dengan hasil penelitian, ekonomi visual merupakan faktor yang penting.

Dari dua jurnal yang dianalisa dengan kriteria keberlanjutan menghasilkan beberapa variabel. Variabel tersebut diantaranya: Pencahayaan alami, keberlanjutan, bukaan jendela vertikal dan horizontal, *Sustainable architecture*, cahaya alami, seperti pada tabel 18.

Tabel 18. Variabel kinerja manusia dalam pencahayaan alami

Tema	Kriteria	Jurnal	Variabel
Pencahayaan alami	Keberlanjutan	28, 36	Pencahayaan alami, keberlanjutan, bukaan jendela vertikal dan horizontal, <i>Sustainable architecture</i> ,

cahaya alami, Kesehatan,
Masyarakat, Sains, Lingkungan,
Ekonomi

Sumber: Analisa Penulis

Teori pencahayaan alami dengan pendekatan keberlanjutan yang digunakan pada 2 jurnal menghasilkan temuan yang berbeda. Hal ini dikarenakan variabel yang diuji berbeda. Teknik pencahayaan alami dan ekonomi visual merupakan aspek dalam pencahayaan alami untuk meningkatkan keberlanjutan dalam arsitektur pada tabel a9, dan usulan penelitian lanjutan pada tabel 20.

Tabel 19. Aspek pencahayaan alami dan keberlanjutan

Aspek Pencahayaan alami dengan kinerja Manusia	Jurnal
Teknik pencahayaan alami	28
Ekonomi visual	36

Sumber: Analisa Penulis

Tabel 20. Usulan sampel penelitian lanjutan

Jurnal	Sampel yang diteliti	Usulan penelitian lanjutan
28	Arsitektur vernakular yang menekankan teknik pencahayaan alami untuk mendukung gagasan keberlanjutan	Penelitian pada arsitektur tradisional
36	Kinerja pencahayaan alami berkelanjutan di gedung-gedung publik	Penelitian pada bangunan hunian

Sumber: Analisa Penulis

3.7 Model Konsep Variabel

Dari hasil analisa kriteria yang sudah digabung, didapatkan model konsep variabel dan aspek pencahayaan alami. Model konsep cahaya alami menghasilkan 6 kriteria dan beberapa variabel (Diagram 17). Aspek pencahayaan alami dari analisa kriteria dan hasil penelitian terdahulu menghasilkan banyak aspek, misalnya teknik cahaya alami, orientasi, bukaan, dan lain-lain (Diagram 18).



Diagram 17. Kriteria dan variabel pencahayaan alami

Sumber: Analisa Penulis

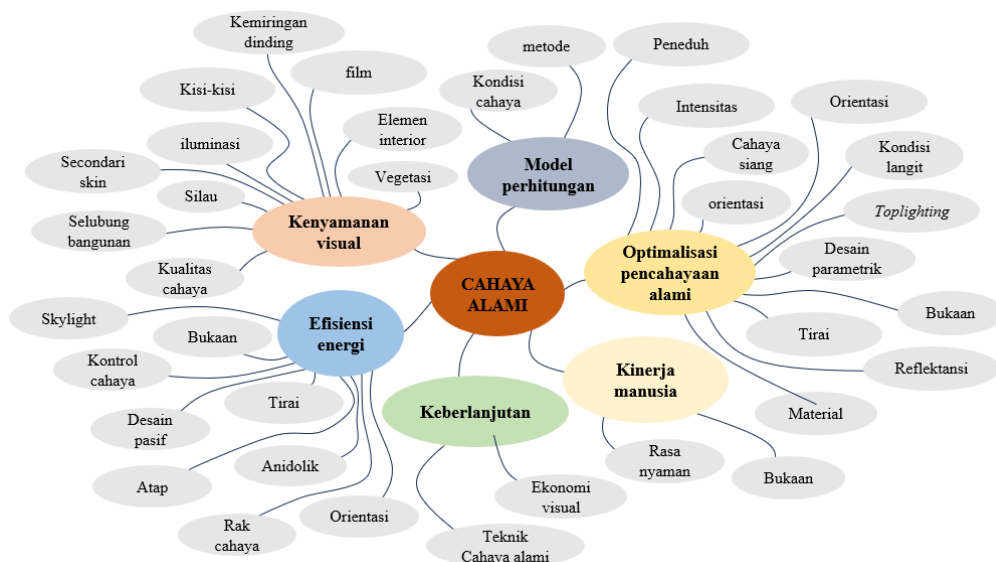


Diagram 18. Aspek pencahayaan alami

Sumber: Analisa Penulis

4. KESIMPULAN

Potensi cahaya alami begitu besar bagi manusia terutama dalam bangunan untuk pencahayaan. Dari hasil review 40 jurnal terdahulu yang dikaitkan dengan pencahayaan alami menghasilkan beberapa aspek yang perlu menjadi perhatian, diantaranya:

- a) Pencahayaan alami dan kenyamanan visual. Silau merupakan faktor yang penting dalam kenyamanan visual, dan kualitas pencahayaan, fasad bangunan, ruang luar, ruang dalam, *shading device*, cukup berperan penting dalam kenyamanan visual
- b) Pencahayaan alami dan efisiensi energi. Bukaannya pada fasad dan atap, pengendalian pencahayaan, orientasi bukaan, desain pasif, dan tirai otomatis merupakan aspek yang perlu diperhatikan untuk meningkatkan efisien energi
- c) Pencahayaan alami dan kinerja manusia. Kondisi pencahayaan dan metode yang digunakan merupakan aspek yang perlu diperhatikan dalam meningkatkan kinerja manusia
- d) Pencahayaan alami dan model perhitungan. Kondisi cahaya dan metode yang digunakan akan menentukan model perhitungan.
- e) Optimalisasi pencahayaan alami. Kualitas pencahayaan disuatu ruang, faktor cahaya siang, intensitas pencahayaan, sistem peneduh, toplighting, orientasi, bukaan pada fasad, pengendalian cahaya dan panas, kinerja sistem pencahayaan, pengendalian cahaya alami dan buatan merupakan faktor penting dalam mengoptimalkan pencahayaan alami ruangan dalam.
- f) Pencahayaan alami keberlanjutan. Teknik pencahayaan alami dan ekonomi visual merupakan aspek dalam pencahayaan alami untuk meningkatkan keberlanjutan dalam arsitektur.

DAFTAR PUSTAKA

- Alsukkar, M., Hu, M., Gadi, M., & Su, Y. 2022. A Study on Daylighting Performance of Split Louver with Simplified Parametric Control. *Buildings*, 12(5), 1–20. <https://doi.org/10.3390/buildings12050594>
- Atamewan, E. E. 2022. Appraisal of Day-lighting in Sustainable Housing Development in Developing Countries. *Journal of Studies in Science and Engineering*, 2(2), 59–75. <https://doi.org/10.53898/josse2022225>
- Atthaillah, Mangkuto, R. A., Koerniawan, M. D., Hensen, J. L. M., & Yuliarto, B. 2022. Optimization of Daylighting Design Using Self-Shading Mechanism in Tropical School Classrooms with Bilateral Openings. *Journal of Daylighting*, 9(2), 117–136. <https://doi.org/10.15627/jd.2022.10>
- Bashir, F. M., Dodo, Y. A., Mohamed, M. A. said, Norwawi, N. M., Shannan, N. M., & Afghan, A. A. 2024. Effects of natural light on improving the lighting and energy efficiency of buildings: toward low energy consumption and CO2 emission. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 19, 296–305. <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctad130>
- Bustán-Gaona, D., Ayala-Chauvin, M., Buele, J., Jara-Garzón, P., & Riba-Sanmartí, G. 2023. Natural lighting performance of vernacular architecture, case study oldtown Pasa, Ecuador. *Energy Conversion and Management: X*, 20. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2023.100494>
- Cengiz, M. S. 2023. Daylight Analysis in Terms of Building Direction and One-Way Roof. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 6(4), 535–539. <https://doi.org/10.34248/bsengineering.1354194>
- Dervishaj, A., & Gudmundsson, K. 2024. Sunlight Autonomy for Buildings: A New Methodology for Evaluating Sunlight Performance in Urban and Architectural Design. *LEUKOS - Journal of Illuminating Engineering Society of North America*, 1–31. <https://doi.org/10.1080/15502724.2023.2297967>
- Do, C. T., & Chan, Y. C. 2021. Daylighting performance analysis of a facade combining daylight-redirecting window film and automated roller shade. *Building and Environment*, 191. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107596>
- Dutta, M. 2023. Maximizing the Benefits of Daylight in Residential Design and Construction: A Review of Modern Homes and Villas. *Pioneer*, 2(1), 16–20. <https://doi.org/10.56397/saa.2023.03.03>
- Eltaweel, A., Su, Y., Mandour, M. A., & Elrawy, O. O. 2021. A novel automated louver with parametrically-angled reflective slats; design evaluation for better practicality and daylighting uniformity. *Journal of Building Engineering*, 42. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102438>
- Erwin Yuniar Rahadian, Windi Dwiastuti, Nanda Annisa Maretia, & Beri Fitriani. 2021. Pengaruh Secondary Skin Fasad Bangunan terhadap

- Kualitas Pencahayaan Alami Ruang Kerja. *Jurnal Arsitektur TERRACOTTA* |, 2(2), 124–135.
- Flor, J. F., Liu, X., Sun, Y., Beccarelli, P., Chilton, J., & Wu, Y. 2022. Switching daylight: Performance prediction of climate adaptive ETFE foil façades. *Building and Environment*, 209. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108650>
- Garcia-Fernandez, B., & Omar, O. 2023. Sustainable performance in public buildings supported by daylighting technology. *Solar Energy*, 264. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.112068>
- Gurani, Y. 2022. Examination Of Natural lighting in Vernacular Architecture In The Context Of Sustainability. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 31(2), 359–367. <https://doi.org/10.35379/cusosbil.1023065>
- Heindri, N., Dewi, O. C., & Ismoyo, A. D. 2022. Lighting system evaluations of working space in educational building, Universitas Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 998(1), 1–9. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/998/1/012029>
- Jannah, M. Z. 2022. Analisis Pencahayaan Alami Rumah Tinggal Menggunakan Simulasi DIALux. *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia*, 11(3). <https://doi.org/10.32315/jlbi.v11i3|115>
- Mandala, A., Sutanto, E. B. H., & Santoso, A. R. 2021. The effectiveness of daylighting through the toplighting design in large-volume building models. *ARTEKS*, 6(2), 223–234. <https://doi.org/10.30822/arteks.v6i2.698>
- Michael, A., & Heracleous, C. 2017. Assessment of natural lighting performance and visual comfort of educational architecture in Southern Europe: The case of typical educational school premises in Cyprus. *Energy and Buildings*, 140, 443–457. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.12.087>
- Pellegrino, A., Cammarano, S., Lo Verso, V. R. M., & Corrado, V. 2017. Impact of daylighting on total energy use in offices of varying architectural features in Italy: Results from a parametric study. *Building and Environment*, 113, 151–162. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.09.012>
- Rachel, V., Sahid, & Nugroho, Y. N. 2024. Intensitas Pencahayaan Alami Dan Kenyamanan Visual Untuk Aktivitas Kerja Pada Area Semi-Outdoor Cafe Di Kota Bandung. *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 29(1), 60–68.
- Sangkakool, T., & Jumani, Z. A. 2024. Improving Natural and Artificial Lighting in Coastal Architecture Classrooms: Insights and Applications. *Journal of Daylighting*, 11(1), 23–38. <https://doi.org/10.15627/jd.2024.2>
- Saraswati, M. C., Mochtar, S., & Nogroho, N. Y. 2023. The performance of natural lighting in classrooms using shading devices. *ARTEKS: Jurnal*

- Teknik Arsitektur*, 8(3), 417–426.
<https://doi.org/10.30822/arteks.v8i3.2580>
- Sihombing S B. 2019. Pengaruh Pencahayaan Terhadap Kenyamanan Visual Pada Starbucks Cambridge. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 11, No.01.
- Xue, Y., & Liu, W. 2022. A Study on Parametric Design Method for Optimization of Daylight in Commercial Building's Atrium in Cold Regions. *Sustainability (Switzerland)*, 14(13), 1–22.
<https://doi.org/10.3390/su14137667>
- Yunita, A. S. 2023. Pengaruh Dimensi dan Sudut Kemiringan Louver Terhadap Pencahayaan Alami. *Pawon*, VII.