

SIMULASI PENCAHAYAAN ALAMI SIANG HARI TERHADAP DESAIN FASAD (STUDI KASUS: GEDUNG LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS MALIKUSSALEH)

Leo Sani Muslim Pinem¹, Atthailah², Effan Fahrizal³, Eri Saputra⁴, Badriana⁵
Program Studi Arsitektur, Universitas Malikussaleh^{1,2,3,4}
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Malikussaleh⁵
e-mail: ¹leopinem96@gmail.com, ²atthailah@unimal.ac.id, ³effan@unimal.ac.id,
⁴erisaputra@unimal.ac.id, ⁵badriana@unimal.ac.id

Abstrak_ Pencahayaan Alami Siang Hari (PASH) perlu diterapkan pada bangunan sebagai langkah awal penghematan energi pada bangunan dan peningkatan kinerja pengguna. Untuk mencapai PASH yang baik perlu dihadirkan desain fasad yang dapat mengoptimasi PASH. Penelitian ini dilakukan pada Gedung Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Indonesia. . Selanjutnya, studi ini mengadopsi Climate Based Daylight Modeling (CBDM) dengan metrik Useful Daylight Illuminance (UDI) sebagai kriteria PASH. Metrik PASH tersebut hanya efisien dan akurat dilakukan dengan metode simulasi komputasional. Studi ini menggunakan Daysim yang merupakan mesin simulasi PASH tahunan yang dikembangkan dari mesin simulasi Radiance. Mesin simulasi tersebut diakses melalui piranti Grasshopper dan Ladybug Tools. Hasil simulasi pada lantai 1 didapat nilai rata-rata UDI <100 Lux = 27,55%, UDI 100-2000 Lux = 62,89% dan terakhir UDI >2000 = 9,51%. Sedangkan Hasil simulasi pada lantai 2 didapat nilai rata-rata UDI <100 Lux = 26,01%, UDI 100-2000 Lux = 65,56% dan terakhir UDI >2000 = 8,38%. Hasil menunjukkan bahwa ada beberapa ruangan yang sama tidak mendapatkan PASH yaitu ruangan yang terletak di bagian dalam dan terhalangi oleh ruangan terluar. Sehingga hal ini perlu dilakukan optimasi kondisi PASH dengan cara memodifikasi desain fasad pada gedung laboratorium tersebut dengan tujuan kinerja PASH pada gedung menjadi lebih baik. Kesimpulan kategori yang didapat untuk PASH dari Gedung Laboratorium Teknik Elektro adalah 64,23% dan termasuk dalam Kategori Baik

Kata kunci : Pencahayaan Alami Siang Hari; Simulasi Komputasi, Pemodelan PASH Berbasis Iklim; Desain Fasad; Iluminasi Cahaya Matahari Bermanfaat.

Abstract_ Daylighting is required for a building as an initial step for energy saving and improvement of its users' performance. To achieve good daylighting, it requires a proper façade design. This research investigated the Laboratory of Electrical Engineering building of Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Indonesia. Next, this study adopted Climate Based Daylight Modeling (CBDM) utilizing Useful Daylight Illuminance (UDI) metric as the criteria for the daylight performance. The metric calculation is only efficient and accurate using computational simulation. Also, this study utilized Daysim, the Radiance derivative, as the annual daylight simulation engine. The engine was accessible through the interface of Grasshopper and Ladybug Tools. The simulation results on the 1st floor obtained an average value of UDI <100 Lux = 27.55%, UDI 100-2000 Lux = 62.89% and UDI > 2000 = 9.51%. While the simulation results on the 2nd floor obtained an average value of UDI <100 Lux = 26.01%, UDI 100-2000 Lux = 65.56% and UDI > 2000 = 8.38%. Results showed several internal spaces had not obtained the daylight at all caused by its adjacent perimeter spaces that blocked the daylight. Therefore, it is required to optimize the façade design of the building by altering the façade of the laboratory building for better daylight performance inside the spaces. The conclusion of the category obtained for PASH from investigated the Laboratory of Electrical Engineering building is 64,23% and is included in the good category

Keywords: Daylighting; Computational Simulation; Climate Based Daylight Modeling; Façade Design; Useful Daylight Illuminance.

¹Program Studi Arsitektur, Universitas Malikussaleh

²Program Studi Arsitektur, Universitas Malikussaleh

³Program Studi Arsitektur, Universitas Malikussaleh

⁴Program Studi Arsitektur, Universitas Malikussaleh

⁵Jurusan Teknik Elektro, Universitas Malikussaleh

PENDAHULUAN

Penerapan pencahayaan alami siang hari (PASH) pada bangunan memiliki berbagai manfaat, baik dari segi penghematan penggunaan energi maupun visual. Pemanfaatan pencahayaan alami pada bangunan perlu dilakukan karena cahaya alami yang masuk ke dalam bangunan dapat membantu mengurangi penggunaan energi listrik (Mardaljevic, 2010) dan juga dapat meningkatkan kinerja dari pengguna bangunan (Lechner, 2007; Mediastika, 2013). Lebih jauh, PASH juga mempengaruhi produktivitas dan kesehatan manusia, misalnya memproduksi vitamin D, memperkuat sistem kekebalan tubuh, dan merangsang detoksifikasi (Mediastika, 2013).

Menurut Lechner (2007), PASH yang masuk ke dalam bangunan harus memperhatikan ukuran bukaan dan kondisi penghalang bukaan di luar bangunan. Jika penempatan bukaan, ukuran, serta pemilihan material pada bukaan tidak sesuai, maka dapat menghalangi cahaya matahari masuk ke dalam bangunan. Untuk itu, PASH pada bangunan harus diperhatikan dengan baik supaya menghasilkan kinerja pencahayaan alami yang baik pada bangunan.

Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh merupakan salah satu bangunan yang harus memperhatikan aspek pencahayaan alaminya (Prihatmanti, & Susan, 2016), mengingat bangunan ini merupakan bangunan baru pertama sekali di bangun sehingga diharapkan bisa menjadi contoh bangunan yang memiliki kinerja yang baik salah satunya kinerja PASH, baik dari orientasi dan juga desain bukaan.

Berdasarkan observasi, ruangan pada bangunan Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh cenderung gelap pada siang hari, PASH terhalangi oleh pepohonan yang letaknya dekat dengan bangunan dan tingginya melebihi tinggi bangunan. Bangunan ini juga menggunakan bantuan pencahayaan buatan walaupun pada siang hari. Kebutuhan akan PASH yang layak pada bangunan ini perlu diteliti supaya memenuhi standar minimum PASH berdasarkan berbagai fungsi ruangnya. Oleh karena itu, kinerja PASH harus dievaluasi sehingga dapat memenuhi standar pencahayaan alami yang sesuai dengan UDI. Untuk mencapai PASH yang memenuhi standar perlu dihadirkan desain fasad yang dapat mengoptimasi PASH. Selanjutnya, eksplorasi desain fasad yang paling sesuai dilakukan berdasarkan orientasi ruang yang berbeda-beda, topografi, dan letak bangunan, dilakukan dengan metode simulasi komputasional.

Dari hasil observasi di lapangan ada beberapa permasalahan yang terdapat pada bangunan terkait pencahayaan alami. Pertama, beberapa ruangan masih menggunakan lampu pada siang hari. Ruangan yang gelap diakibatkan oleh penggunaan material kaca yang gelap dan ukuran bukaan yang tidak sesuai standar. Sementara Atthailah et al. (2018) mengatakan ukuran dinding terluar yang diberi bukaan menentukan banyaknya cahaya yang masuk ke dalam ruang. Selanjutnya, pengaruh topografi juga sangat berdampak pada kinerja PASH, meliputi topografi dan vegetasi yang ada di sekitar bangunan (Nuraini, et al. 2018). Perbedaan orientasi juga mempengaruhi kinerja PASH pada setiap bangunan yang ada. Dari permasalahan tersebut maka Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh dijadikan objek penelitian untuk diteliti terkait kinerja PASH-nya.

Gedung ini telah dibangun sejak tahun 2012, sehingga kinerja PASH harus dievaluasi sehingga dapat memenuhi standar pencahayaan alami. Untuk mencapai PASH yang memenuhi standar perlu dihadirkan desain fasad yang dapat mengoptimasi PASH. Selanjutnya, eksplorasi desain fasad yang paling sesuai dilakukan berdasarkan orientasi bangunan yang berbeda-beda, topografi, dan letak bangunan, tetapi dengan kondisi bangunan yang ada dengan metode simulasi komputasional (Handina, 2017; Atthailah, et al. 2018).

Banyak keuntungan yang didapatkan dari penggunaan metode simulasi komputasional, terutama mengatasi kendala ketergantungan pada kondisi cuaca, waktu studi dan keadaan lingkungan yang ditemui pada kondisi bangunan yang ada (Mahaputri, 2010, Handina, et.al 2017).

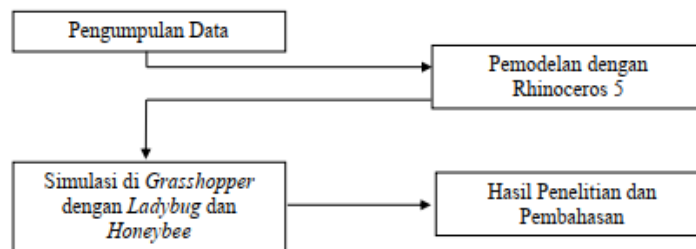
Penggunaan simulasi komputasional memudahkan peneliti untuk memastikan ruangan yang tidak memenuhi standar pencahayaan alami yang menyebabkan kinerja PASH tidak optimal sehingga dapat diberikan solusi desain fasad yang paling optimal pada bangunan. Pengukuran secara langsung akan sulit mendapatkan hasil yang lebih akurat, dan penelitiannya membutuhkan waktu yang cukup lama, sehingga penelitian ini menggunakan metode simulasi. Menurut Atthailah, et al (2018) Ada 9 tahapan kerja untuk simulasi, tahapan tersebut bisa dilihat pada bagian metode. Proses simulasi membutuhkan sebuah teknik pengukuran yang mempengaruhi tingkat akurasi hasil, *Climate Based Daylight Modeling* (CBDM) dengan metrik *Useful Daylight Illuminance* (UDI) merupakan teknik pengukuran baru yang dianggap memiliki tingkat ketepatan terbaik pada saat ini (Atthailah et al, 2019).

Teknik pengukuran ini menggunakan data meteorologi yang menghasilkan kondisi langit dan matahari setiap jamnya dalam setahun penuh (Nabil & Mardaljevic, 2006). Kemampuan UDI ini merupakan hal yang ingin digunakan dalam eksplorasi desain fasad laboratorium fakultas teknik, supaya mendapatkan hasil yang sesuai dan akurat, untuk melihat tingkat keberhasilan dalam mengoptimasi pencahayaan alami yang dilakukan. Melihat adanya permasalahan tentang pencahayaan alami pada gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh, maka penelitian ini perlu dilakukan untuk mengevaluasi dan memberikan solusi desain fasad yang paling optimal sehingga pencahayaan alami pada bangunan ini menjadi lebih baik.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode simulasi komputasional. Simulasi membutuhkan waktu yang lebih singkat dan praktis dibandingkan dengan percobaan secara langsung. Dengan menggunakan metode simulasi, berbagai kondisi nyata bisa diterapkan ke dalam model untuk dianalisis (Groat & Wang, 2013). Penggunaan metode ini memberikan banyak keuntungan, baik pada waktu maupun biaya percobaan.

Data meteorologi merupakan acuan pada saat dilakukan simulasi PASH, sehingga akan didapatkan hasil yang lebih akurat dan dapat merespon kondisi langit pada lokasi tertentu. DA dan UDI merupakan metrik-metrik yang dapat melakukan hal tersebut, namun UDI merupakan penyempurnaan dari metrik DA. UDI dapat menampilkan persentase hasil simulasi pada batas minimum (kekurangan cahaya) dengan kondisi <100 Lux, batas tengah (optimal atau memenuhi standar) dengan kondisi 100-2000 Lux, dan batas maksimal atau silau dengan kondisi > 2000 Lux (Nabil & Mardaljevic, 2005; Nabil & Mardaljevic, 2006). Metrik UDI ini dihitung menggunakan *Grasshopper* dengan *plugin Ladybug-Honeybee* yang sudah diintegrasikan dengan program *Rhinoceros*. Analisis Data yang digunakan di dalam penulisan ini, dengan menggunakan proses penyusunan penulisan secara sistematis berdasarkan data yang didapatkan.



Gambar 1. Analysis Data

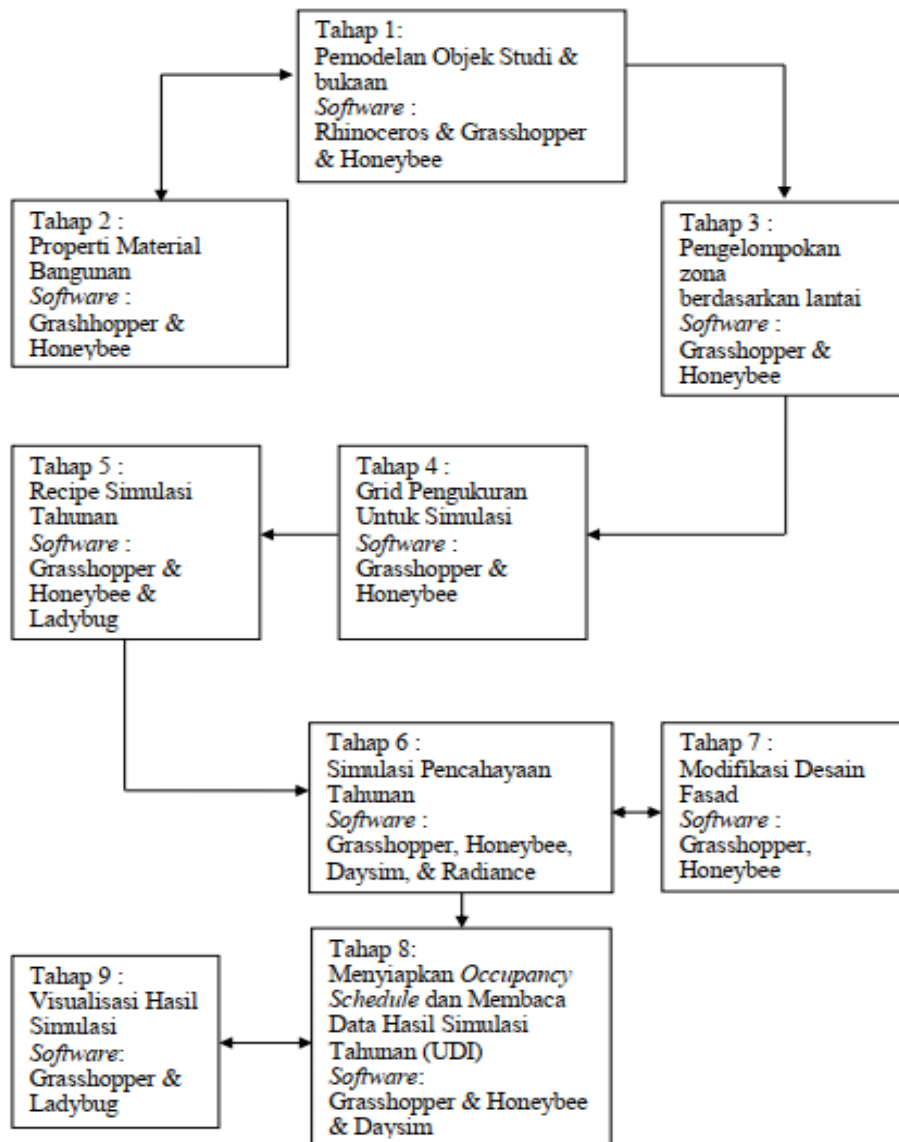
Proses pengumpulan data dilakukan beberapa tahap, pertama melakukan survey dan melakukan pengukuran objek penelitian menggunakan meteran dan laser meter. Pada tahap ini

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah foto-foto kondisi eksisting pencahayaan alami, tabulasi pada laboratorium teknik elektro Data yang didapat dari proses observasi, survei dan dokumentasi akan disusun dengan rapi dengan tujuan mendapatkan data yang paling dibutuhkan untuk digunakan., serta data-data yang diambil dari literatur terkait pengukuran UDI (Atthailah & Bintoro, 2019 ;Nabil & Maldaljevic, 2005; Nabil & Maldaljevic, 2006), Penelitian ini menggunakan data meteorologi dengan format EPW (*EnergyPlus Weather File*) yang digunakan sebagai data pencahayaan alami. Data meteorologi tersebut berisi data tahunan kondisi cuaca yang spesifik pada suatu wilayah tertentu. Selain itu data meteorologi juga berisi data suhu, kelembaban, arah kecepatan angin, cakupan awan, dan data radiasi langsung. Data cuaca yang digunakan pada penelitian ini adalah data EPW untuk Kota Lhokseumawe. Data cuaca untuk Kota Lhokseumawe ini didapatkan secara komersial (ASHRAE IWEC2 Weather Files, n.d.).

Data yang terkumpul selanjutnya dimodelkan dengan menggunakan software rhinoceros. *Rhinoceros* merupakan perangkat lunak yang memiliki berbagai fungsi. Dikembangkan oleh McNeel (2019), perangkat lunak ini mempunyai kemampuan utama yaitu menghasilkan model tiga dimensi (3D) dengan geometri yang berbasis NURBS (*Non-Uniform Rational Base Splines*) juga dikenal sebagai pemodelan permukaan secara parametrik (McNeel, 2019).

Selanjutnya data yang sudah dimodelkan dengan rhinoceros disimulasikan dengan *grasshopper*. *Grasshopper* merupakan sebuah editor algoritma grafis yang memungkinkan pengguna tanpa pengalaman membuat *Programming Script* untuk menghasilkan bentuk-bentuk parametrik (Tedeschi, 2014). Program ini juga dapat digunakan untuk analisis kinerja pencahayaan alami untuk arsitektur ramah lingkungan dengan bantuan *Plug-in Ladybug* dan *Honeybee*. *Honeybee* merupakan *Plug-in Grasshopper* dengan fungsi sebagai alat untuk analisis PASH. *Honeybee* merupakan perangkat lunak simulasi yang dapat digunakan untuk menghubungkan dengan mesin simulasi *Radiance* dan *Daysim* untuk simulasi PASH tahunan.

Proses simulasi dilakukan secara parametrik. Adapun langkah-langkah simulasi pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Kerja Untuk Simulasi

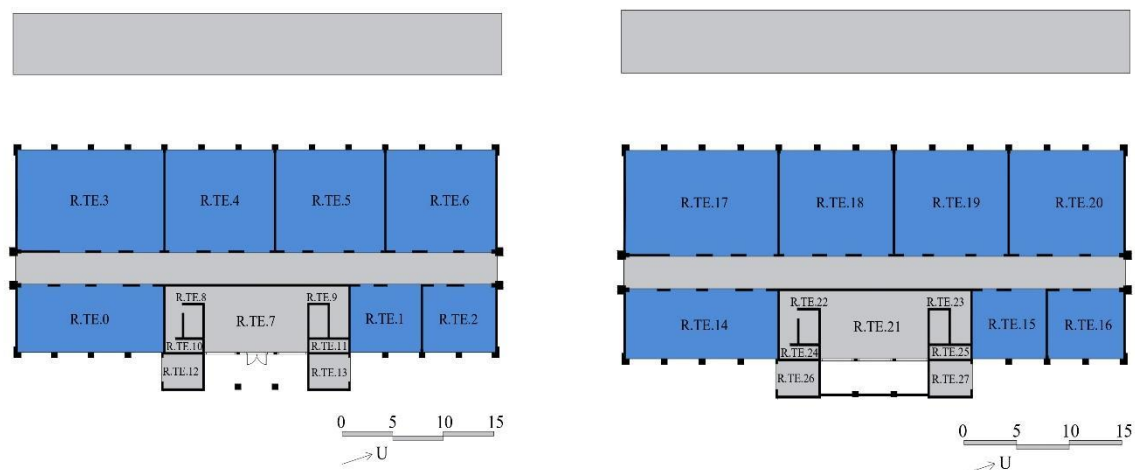
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Umum

Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh merupakan salah satu dari beberapa fakultas yang ada di Universitas Malikussaleh. Terdapat 6 gedung Laboratorium di Fakultas Teknik, yaitu Laboratorium Teknik Mesin, Teknik Kimia, Teknik Industri, Teknik Elektro, Teknik Sipil, dan Teknik Informatika. Gedung Laboratorium ini digunakan selama hari kerja, yaitu Senin sampai Jumat. Aktivitas belajar mengajar dilakukan dari jam 08.00 hingga pukul 17.00 WIB. Penelitian ini berfokus pada ruang kelas dan ruang lab di Gedung Laboratorium Teknik Elektro yang merupakan ruang aktivitas utama.

Tabel 1. Deskripsi Bangunan Untuk Simulasi

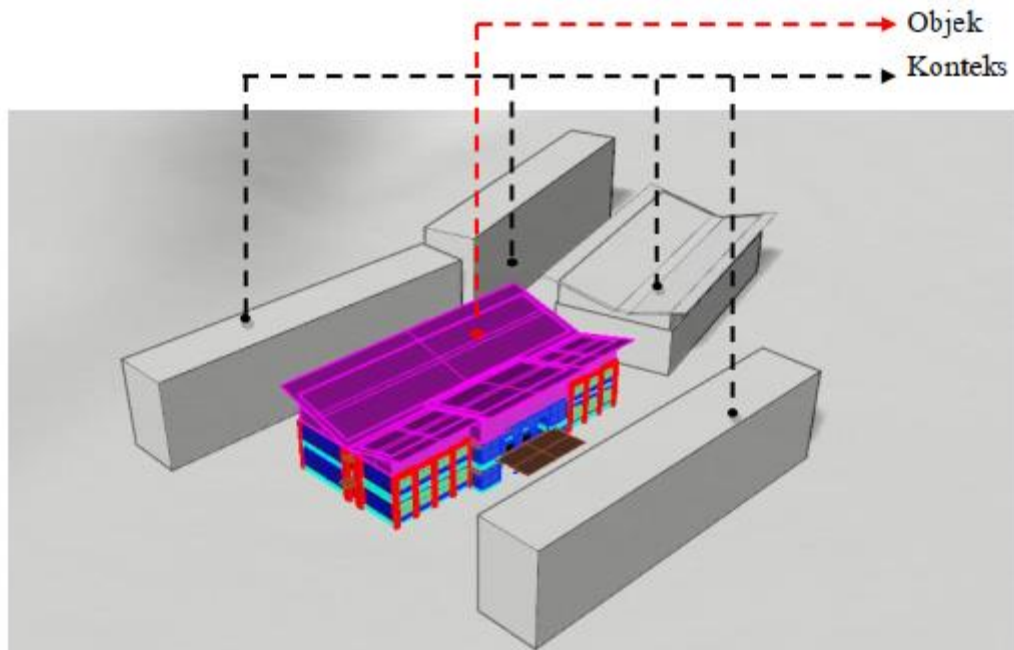
a. Data Umum Bangunan		
Jumlah Lantai		2 Lantai
Tinggi / Lantai		3,5 Meter
Jumlah Ruang yang disimulasikan		15 Ruang
Warna interior		Putih (#ffffff)
b. Dimensi Ruang yang disimulasikan		
R.TE.0	Laboratorium Komputer	14,4 m x 7,2 m
R.TE.1	Ruang Kuliah	7,2 m x 7,2 m
R.TE.2	Ruang Kuliah	7,2 m x 7,2 m
R.TE.3	Laboratorium Mesin Listrik	14,4 m x 10,8 m
R.TE.4	Laboratorium Distributi	10,8 m x 10,8 m
R.TE.5	Ruang Administrasi Jurusan	10,8 m x 10,8 m
R.TE.6	Ruang Kuliah	10,8 m x 10,8 m
R.TE.14	Ruang HIMATRO	14,4 m x 7,2 m
R.TE.15	Ruang Kuliah	7,2 m x 7,2 m
R.TE.16	Ruang Kuliah	7,2 m x 7,2 m
R.TE.17	Laboratorium Mekatronika Daya	10,8 m x 10,8 m
R.TE.18	Laboratorium Mekatronika	10,8 m x 10,8 m
R.TE.19	Laboratorium Sistem Telekomunikasi	10,8 m x 10,8 m
R.TE.20	Ruang Kuliah	10,8 m x 10,8 m
c. Dimensi Bukaannya		
Jendela		0,8 m x 1,05 m
Ventilasi		0,8 m x 0,6 m
d. Transmissi Kaca		
Kaca Jendela dan Ventilasi		Generic Grey Glass (0,609)
e. Jarak Konteks Bangunan		
Kiri Bangunan (Lab. T. Industri)		10 m
Belakang Bangunan (Vegetasi)		16 m
Depan Bangunan (Vegetasi)		20 m



Gambar 3. Layout Gedung Laboratorium Teknik Elektro (kiri) lantai 1, (kanan) lantai 2

Laboratorium Teknik Elektro memiliki ukuran ruang yang bervariasi. Ruang yang dievaluasi berjumlah 14 ruang dengan ketinggian plafon 3,5 meter. Pada gambar *Layout* Laboratorium Teknik Elektro diberi penomoran atau label seperti pada Gambar 3. Penomoran

ruang aktivitas utama digunakan untuk tujuan identifikasi, analisa, dan pembahasan pada penelitian ini

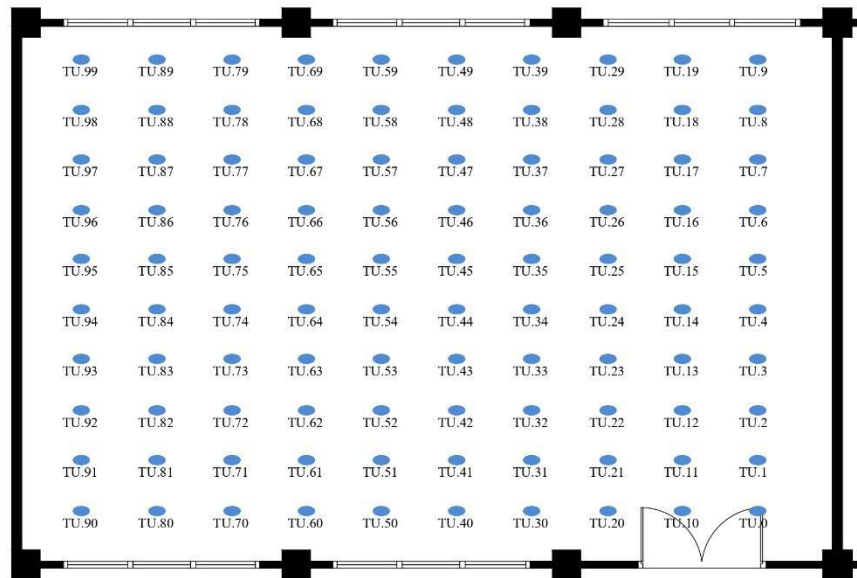


Gambar 4. Pemodelan Kondisi Konteks Eksisting Laboratorium Teknik Elektro

Laboratorium Teknik Elektro memiliki beberapa konteks, diantaranya vegetasi yang ada disekitar bangunan, dan gedung Laboratorium Teknik Industri yang berada di sebelah utara Laboratorium Teknik Elektro. Adapun jarak dari Konteks Objek bangunan ke vegetasi yang ada di belakang bangunan sekitar 16 meter. Sedangkan untuk vegetasi yang berada di depan bangunan berjarak sekitar 20 meter

B. Hasil Simulasi

Penelitian ini menggunakan titik ukur pada elevasi bidang kerja 0,75 meter dari permukaan lantai dengan jarak antara titik ukur 1 meter. Titik ukur tersebut diberi nomor dari TU.0-TU.99 untuk setiap ruangnya. Penomoran TU ini diawali dari pintu kemudian diteruskan ke arah dalam. Ketika mencapai batas kedalaman ruang maka kolom selanjutnya dimulai penomoran lagi



Gambar 5. Penentuan Titik Ukur

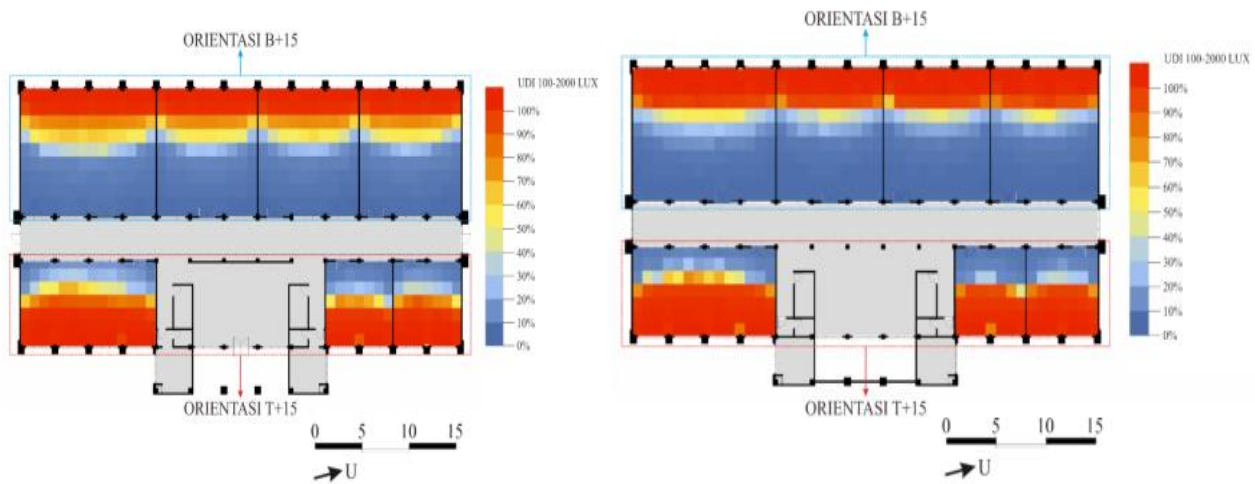
Skala Penilaian menggunakan sistem skala *Likert*, yaitu sistem skala 5 tingkat untuk menentukan kategorisasi performa pencahayaan alami pada ruang belajar dan Laboratorium. Kategori performa tersebut ditentukan berdasarkan rata-rata TU per kelas untuk nilai UDI 100-2000 Lux. Rentang UDI 100-2000 Lux ditentukan melalui presentasi seberapa sering nilai iluminasi dalam batas terpenuhi dicapai dalam waktu setahun penuh yaitu 0-100%. Dengan rentang tersebut, maka ditetapkan jarak kelas (interval) untuk skala 5 sebesar 20 (dua puluh) untuk setiap kategorinya

Tabel 2. Skala Pertandingan (Skala Likert) untuk UDI 100-2000 Lux

Kategori	UDI Rata-rata (%)
Sangat Baik (SB)	81-100
Baik (B)	61-80
Cukup (C)	41-60
Kurang (K)	21-40
Sangat Kutang (SK)	0-20

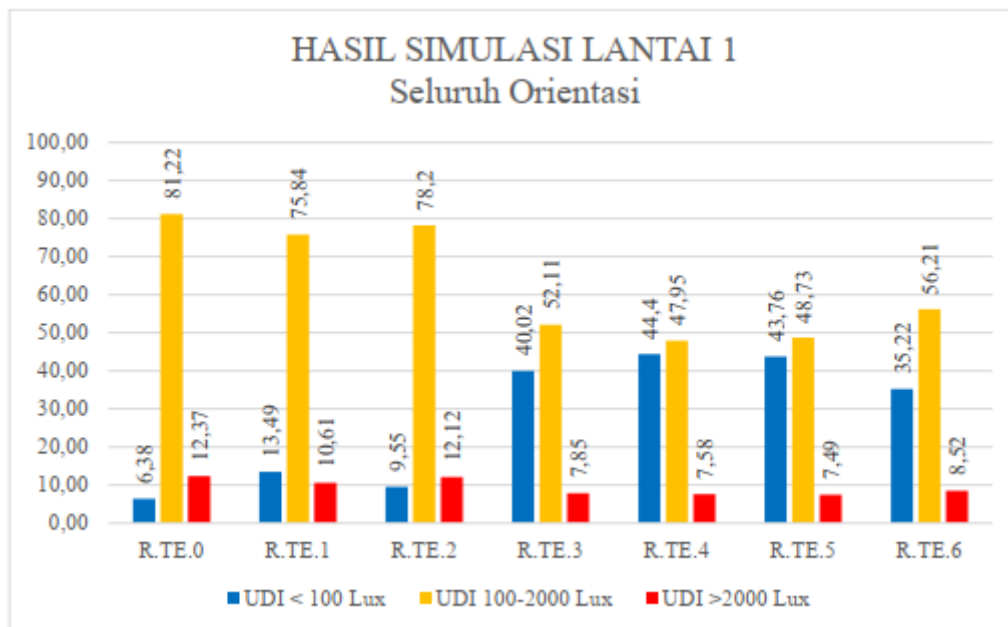
Sumber : Atthailah dan Bintoro (2019)

Penelitian yang dilakukan pada Laboratorium Teknik Elektro menggunakan dua jenis orientasi, orientasi barat +15 (B+15), dan orientasi timur +15 (T+15). Kemudian, hasil simulasi disajikan dalam bentuk ruang-ruang pada lantai satu dan lantai dua seluruh orientasi dalam bentuk gradasi warna pada setiap titik ukur (TU) dan grafik rata-rata UDI 100-2000 Lux (cahaya optimal) untuk setiap ruangannya. Adapun hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 6



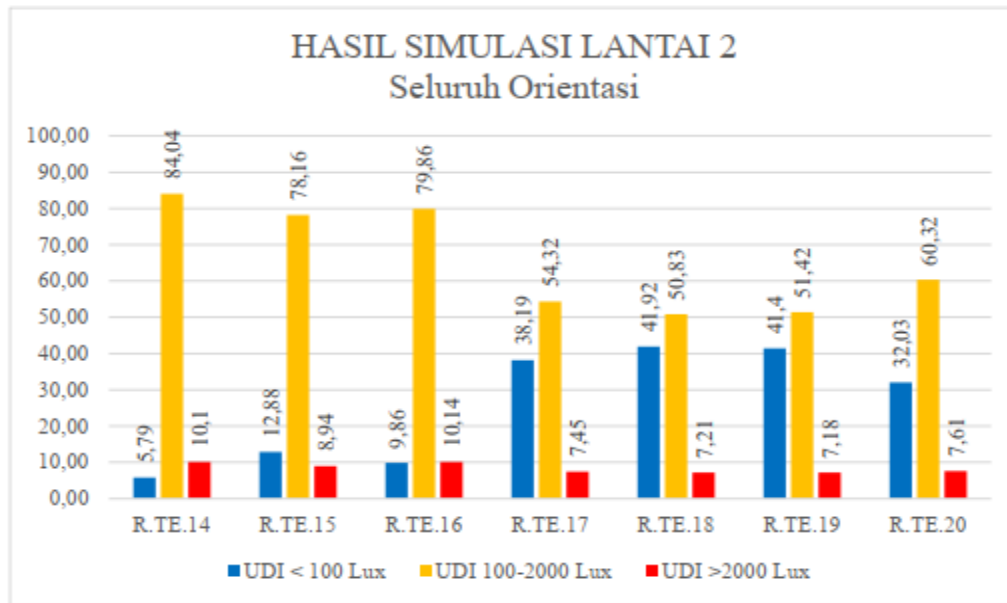
Gambar 6. Hasil simulasi dalam gradasi warna untuk seluruh orientasi (kiri) lantai 1, (kanan) lantai 2

Hasil simulasi pada lantai 1 menunjukkan bahwa terdapat satu ruangan yang masuk dalam kategori SB yaitu ruang R.TE.0 (orientasi T+15) dengan nilai rata-rata UDI 100-2000 Lux 81,22%. Untuk ruang dengan kategori B berjumlah dua ruang, yaitu R.TE.1, dan R.TE.2 (orientasi T+15) dengan nilai berturut-turut 75,84%, dan 78,2%. Selanjutnya, ada empat ruang dengan kategori C yaitu ruang R.TE.3, R.TE.4, R.TE.5 dan R.TE.6 (orientasi B+15). dengan nilai rata-rata berturut-turut 52,11%, 47,95%, 48,73% dan 56,21%. Dimana ruang R.TE.3, R.TE.4, R.TE.5, R.TE.6 cenderung lebih gelap atau kekurangan cahaya yakni UDI <100 lux, kondisi ini disebabkan oleh penghalang cahaya matahari yang berupa konteks dan juga tata layout bangunan yang terhalang oleh vegetasi yang berada di belakang bangunan seperti yang terlihat pada gambar 4, kedalaman ruang yang berjarak 9,2 m, posisi yang R.TE.3 yang berhadapan dengan R.TE.0, R.TE.4 dan R.TE.5 berhadapan dengan dinding pembatas dan R.TE.6 berhadapan dengan R.TE.1 dan R.TE.2, serta ukuran WWR desain eksisting. Kontribusi konteks terhadap penerimaan cahaya alami tidak optimal senada dengan yang dikatakan oleh wibowo et al (2017).



Gambar 7. Grafik Hasil Simulasi Rata-Rata UDI Pada Lantai 1 (Satu) Semua Orientasi

Dilihat dari perbandingan nilai rata-rata UDI 100-2000 Lux yang tercapai untuk lantai satu dengan konteks dan WWR eksisting, orientasi T merupakan orientasi yang terbaik, hal ini dibuktikan dengan capaian nilai rata-rata UDI 100-2000 Lux sebesar 78,42%. Sementara orientasi B merupakan orientasi terbaik kedua dengan nilai rata-rata 51,25%. Hasil simulasi pada lantai 1 (Satu) didapat nilai rata-rata UDI <100 Lux = 27,55%, UDI 100-2000 Lux = 62,89% dan terakhir UDI >2000 = 9,51%.



Gambar 8. Grafik Hasil Simulasi Rata-Rata UDI Pada Lantai 2 (dua) Semua Orientasi

Sementara untuk hasil simulasi lantai 2 (dua) kondisi UDI 100-2000 Lux tidak jauh berbeda dengan lantai satu. Terdapat empat ruang dengan kategori C, yaitu R.TE.17, R.TE.18, R.TE.19, R.TE.20 (orientasi B+15) dengan nilai rata-rata UDI 100-2000 Lux berturut-turut sebesar 54,32%, 50,83%, 51,42% dan 60,32%. Kondisi ini disebabkan oleh konteks eksisting dan juga tata layout bangunan yang terhalang oleh vegetasi yang berada dibelakang bangunan seperti yang terlihat pada gambar 4, dimana ruang R.TE.3, R.TE.4, R.TE.5, R.TE.6 cenderung lebih gelap atau kekurangan cahaya yakni UDI <100 lux, kondisi ini disebabkan oleh penghalang cahaya matahari yang berupa konteks, kedalaman ruang yang berjarak 9,2 m, posisi yang R.TE.17 yang berhadapan dengan R.TE.14, R.TE.18 dan R.TE.19 berhadapan dengan R.TE.21. R.TE.20 berhadapan dengan R.TE.15 dan R.TE.16, sehingga pencahayaan alami pada ruang-ruang tersebut tidak merata. Kemudian ruang dengan kategori B berjumlah dua ruang, yaitu ruang R.TE.15, dan R.TE.16 (orientasi T+15) dengan nilai rata-rata UDI 100-2000 Lux berturut-turut sebesar 78,16%, 79,86%. Adapun ruang dengan kategori SB berjumlah satu ruang, yaitu ruang R.TE.14 (orientasi T+15) dengan nilai rata-rata UDI 100-2000 Lux sebesar 84,04%. Hasil simulasi pada lantai 2 (dua) didapat nilai rata-rata UDI <100 Lux = 26,01%, UDI 100-2000 Lux = 65,56% dan terakhir UDI >2000 = 8,38%.

Berdasarkan analisis di atas dari Gedung Laboratorium Teknik Elektro yang dirangkum adalah UDI 100-2000 Lux. UDI 100-2000 Lux merupakan batas optimal atau sesuai standar (tidak gelap dan juga tidak silau). Kesimpulan kategori yang didapat untuk PASH dari Gedung Laboratorium Teknik Elektro adalah 64,23% dan termasuk dalam Kategori Baik. Berikut adalah Kesimpulan kategori PASH berdasarkan UDI 100-2000 Lux:

Tabel 3. Kesimpulan Kategori Laboratorium Teknik Elektro

No	Nama Ruang	Kode Ruang	WWR	Kategori	Kesimpulan Kategori
1	Laboratorium Komputer	R.TE.0	29%	SB (81,22%)	
2	Ruang Kuliah	R.TE.1	29%	B (75,84%)	
3	Ruang Kuliah	R.TE.2	29%	B (78,20%)	
4	Laboratorium Mesin Listrik	R.TE.3	29%	C (52,11%)	
5	Laboratorium Distribusi	R.TE.4	29%	C (47,95%)	
6	Ruang Administrasi Jurusan	R.TE.5	29%	C (48,73%)	
7	Ruang Kuliah	R.TE.6	29%	C (56,21%)	B (64,23%)
8	Ruang Himatro	R.TE.14	29%	SB (84,04%)	
9	Ruang Kuliah	R.TE.15	29%	B (78,16%)	
10	Ruang Kuliah	R.TE.16	29%	B (79,86%)	
11	Laboratorium Mekatronika Daya	R.TE.17	29%	C (54,32%)	
12	Laboratorium Mekatronika	R.TE.18	29%	C (50,83%)	
13	LAB. Sistem Telekomunikasi	R.TE.19	29%	C (51,42%)	
14	Ruang Kuliah	R.TE.20	29%	C (60,32%)	

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi CBDM dengan teknik pengukuran UDI yang dilakukan pada gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh mengenai pencahayaan alami, dapat disimpulkan bahwa, Kondisi penghalang bangunan (konteks), baik itu vegetasi, topografi maupun bangunan sekitar sangat besar pengaruhnya terhadap distribusi pencahayaan alami yang masuk ke dalam bangunan, ini bisa dilihat dari nilai rata-rata UDI < 100 Lux pada lantai 1 (satu) dan 2 (dua) berturut-turut adalah 27,55% dan 26,01%. Kondisi ruangan pada Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh dengan kedalaman ruang mencapai 10.80m sehingga pencahayaan alami yang masuk tidak merata. Performa pencahayaan alami pada Gedung Laboratorium Fakultas Teknik juga sangat dipengaruhi oleh ukuran *Window to Wall Ratio* (WWR), kondisi ini masih bisa ditingkatkan untuk mendapatkan performa pencahayaan alami yang lebih baik. Dari hasil yang didapatkan pada simulasi Gedung lantai 1 (satu) dan 2 (dua) didapat nilai rata-rata UDI 100-2000 Lux adalah 66,71 sehingga PASH Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh dikategorikan baik.

DAFTAR REFERENSI

- Anderson, K. (2014). *Design Energy Simulation for Architects*. New York: Routledge.
- ASHRAE IWEC2 Weather Files. (n.d.). *IWEC2 Weather Files*. White Box Technologies. Retrieved April 21, 2019, from <http://weather.whiteboxtechnologies.com/IWEC2>
- Atthaillah,, & Bintoro, A. (2019). Useful Daylight Illuminance (UDI) Pada Sekolah Dasar Negeri 1 (Satu) Banda Sakti Lhokseumawe, Aceh. *Prosiding Temu Ilmiah IPLBI*. Universitas Sumatera Utara
- Atthaillah, Wijayanti, S., & Hassan, S. M. (2018). Simulasi desain fasad optimal terhadap pencahayaan alami pada gedung Prodi Arsitektur Universitas Malikussaleh. *EMARA: Indonesian Journal of Architecture*, 4(1), 21–29. <https://doi.org/10.29080/emara.v4i1.228>
- Atthaillah., Bakhtiar, A., & Badriana. (2019). Optimalisasi Pencahayaan Alami Dengan *Useful Daylight Illuminance* Pada Desain Rumah Toko (Ruko) di Kota Lhokseumawe. *Jurnal Nature*. 6(1). 11-26
- Groat, L. N., & Wang, D. (2013). *Architectural Research Methods* (2nd ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Handina, A., Mukarromah, N., Mangkuto, R.A., Atmodipoero, R.T. (2017). Prediction of Daylight Availability in a Large Hall with Multiple Facades Using Computer Simulation and Subjective Perception. *Engineering Physics International Conference, EPIC 2016 (Procedia Engineering)*. 170. 313-319
- Lechner, N. (2007). *Heating, Cooling, Lighting: Strategi Desain untuk Arsitektur* (2nd ed.). PT Raja Grafindo Persada.
- Mahaputri, H. E. (2010). Studi simulasi model penerangan alami (daylighting) ruang pada bangunan fasilitas pendidikan tinggi dengan Superlite 2.0. *Jurnal Teknologi Dan Kejuruan*, 33, 201–210.
- Mardaljevic, J. (2010). *Climate-Based Daylight Analysis for Residential Buildings Impact of various window configurations, external obstructions, orientations and location on useful daylight illuminance*.
- McNeel, R. and A. (2019). *Rhinoceros - NURBS*. <https://www.rhino3d.com/nurbs>
- Mediastika, C. E. (2013). *Hemat Energi Dan Lestari Lingkungan Yogyakarta: CV Andi Offset*.
- Nabil, A., & Mardaljevic, J. (2005). Useful daylight illuminances: a new paradigm for assessing daylight in building. *Lighting Research and Technology*. <https://doi.org/10.1191/1365782805li128oa>
- Nabil, A., & Mardaljevic, J. (2006). Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. *Energy and Buildings*, 38(7), 905–913. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.03.013>
- Nur'aini, R.D., Rahmah, G. L. N., & Septiawan, T. (2018). Pengaruh Desain Lansekap Terhadap Perilaku Pengunjung Pada Taman Kota Liwan Lake Park Guangzhou, China. *Seminar Nasioanal Sains dan Teknologi*, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta. Jakarta
- Prihatmanti, R., & Susan, M. Y. (2016). Lighting Performance Pada Ruang Kelas di Bangunan Bersejarah. *Jurnal Aksen*. 2(1). 39 - 57.
- Tedeschi, A. (2014). *AAD-Algorithms-Aided Design: Parametric strategies using Grasshopper*. Le Penseur.
- Wibowo, R., Kindangen, J. I., & Sangkertadi. (2017). Sistem Pencahayaan Alami dan Buatan di Ruang Kelas Sekolah Dasar di Kawasan Perkotaan. *Jurnal Arsitektur DASENG*. 6(1). 87-98