

DESAIN RUANG BELAJAR SEKOLAH DASAR DI LHOKSEUMAWE YANG OPTIMAL TERHADAP PENCAHAYAAN ALAMI

Iskandar¹, Suparwoko², Sugini³, Zulfan Zacky⁴

¹Universitas Islam Indonesia, email: iskandarmuda.arch@gmail.com

²Universitas Islam Indonesia, email: suparwoko@uii.ac.id

³Universitas Islam Indonesia, email: sugini@uii.ac.id

⁴Universitas Islam Indonesia, email: zulfan.zacky09@gmail.com

ABSTRAK

Ruang belajar merupakan ruangan yang didalamnya dipergunakan untuk proses belajar mengajar. Ruang yang baik memiliki tingkat pencahayaan yang optimal sehingga meningkatkan produktifitas yang dihasilkan. Pada penelitian ini menawarkan desain ruang belajar Sekolah Dasar (SD) yang memenuhi kriteria pencahayaan alami yang baik disebabkan oleh orientasi dan konteks yang ada disekitar bangunan. Metode yang digunakan adalah metode komputasi atau simulasi komputer dengan menggunakan Rhinoceros, Grasshopper, Honeybee dan Ladybug, Radian, Daysim, dan Galapagos. Metrik Useful Daylight Illuminance (UDI) dari 100-2000 Lux digunakan untuk mengetahui kriteria pencahayaan alami yang masuk kedalam ruangan dalam waktu setahun berdasarkan iklim Kota Lhokseumawe. Hasil yang didapatkan adalah ruang belajar dengan Window Wall Ratio (WWR) yang sesuai dengan kebutuhan pencahayaan alami yang masuk keruangan. Sehuingga akan menghasilkan ruang yang nyaman dan hemat energi. Ukuran bukaan standar memiliki tingkat pencahayaan optimal atau pencahayaan yang ideal antara 39% sampai dengan 89%. Setelah dilakukan Optimisasi tingkat pencahayaan yang ideal meningkat di antara 82% hingga 97%. Orientasi bangunan memanjang Timur-Barat dengan WWR di Utara dan Selatan memiliki kualitas pencahayaan alami lebih baik daripada orientasi bangunan yang memanjang Utara-Selatan dengan WWR di sebelah Timur dan Barat.

Kata kunci: pencahayaan alami; rhinoceros; ruang; useful daylight illuminance; window wall ratio

Info Artikel:

Dikirim: 30 Agustus 2022; Revisi: 27 September 2022; Diterima: 7 November 2022; Diterbitkan: 14 November 2022



©2022 The Author(s). Published by Arsitekno, Architecture Program, Universitas Malikussaleh, Aceh, Indonesia under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. PENDAHULUAN

Ruang kelas yang memiliki tingkat pencahayaan yang baik akan meningkatkan produktivitas, begitu pula sebaliknya. Produktivitas sangat mempengaruhi kualitas lulusan yang dihasilkan [1]. Pemanfaatan pencahayaan alami adalah faktor yang sangat diperhitungkan untuk mengurangi penggunaan energi listrik disiang hari karena pada umumnya di Indonesia proses belajar mengajar dilakukan disiang hari. Pemanfaatan cahaya matahari dapat menghemat hingga 70% konsumsi energi listrik disiang hari [2].

Ruang dengan pencahayaan alami yang baik akan mengalami kemajuan 20% lebih pada pelajaran perhitungan dan 26% pada tes membaca dalam waktu setahun dibandingkan dengan ruang dengan tingkat pencahayaan alami yang sedikit [3]. Kualitas pencahayaan alami yang kurang baik dalam ruangan juga berpengaruh terhadap kelelahan mata sebagaimana yang telah dibahas oleh [4] dan [1].

Berdasarkan hasil pengamatan dan survei lapangan, Sekolah Dasar di Lhokseumawe memiliki tingkat pencahayaan alami yang tidak optimal. Seperti yang telah dibahas oleh [5] pada studi kasus SDN 2 dan SDN 6 Lhokseumawe yang memiliki tingkat pencahayaan kurang optimal.

Dari 36 ruang kelas yang diteliti, terdapat 80.56% dengan tingkat pencahayaan yang ideal dan 19.44% lainnya dengan tingkat pencahayaan kurang ideal. Permasalahan ini disebabkan karena bukaan atau *Windows to Wall Ratio* (WWR) yang tidak sesuai dengan kebutuhan cahaya matahari yang masuk kedalam ruangan dan bukaan yang terhalang oleh konteks di sekitar bangunan. Keadaan WWR merupakan faktor penting dalam hal penerimaan pencahayaan alami yang masuk kedalam ruangan [6].

Dari permasalahan di atas, peneliti ingin menghadirkan sebuah desain ruangan dengan bukaan yang optimal terhadap pencahayaan alami diberbagai macam kondisi ruangan berdasarkan iklim wilayah Kota Lhokseumawe. Dalam proses ini, perlu dilakukan eksplorasi ukuran WWR dan *experiment* keberadaan konteks disekitar ruangan serta proses simulasi pencahayaan alami. Langkah ini penting dilakukan karena akan memperlihatkan kualitas pencahayaan alami yang masuk kedalam ruangan yang dengan demikian akan menentukan WWR optimal untuk mendistribusi cahaya matahari kedalam ruangan.

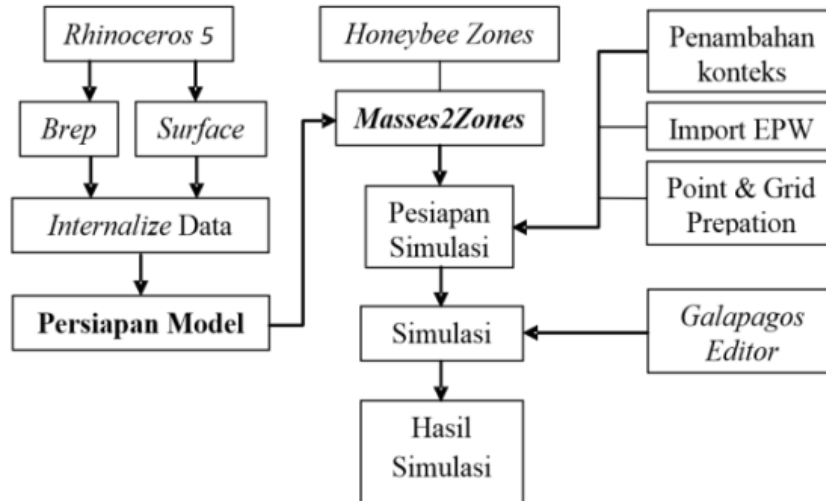
Perlu dilakukan proses simulasi menggunakan metode *Climate Based Daylight Modeling* (CBDM) untuk mendapatkan hasil pencahayaan alami yang masuk kedalam ruangan dengan efektif dan efisien. Metode ini akan menguji tingkat kualitas pencahayaan alami yang masuk ke dalam ruangan berdasarkan iklim lokasi tertentu [10]. Hal ini disebabkan karena metode CBDM menggunakan data cuaca daerah tertentu secara spesifik.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah studi simulasi komputasional. Simulasi dapat diartikan sebagai usaha untuk menciptakan kondisi replikasi dari keadaan sebenarnya [7]. Sedangkan komputasional ialah usaha kalkulasi termasuk di dalamnya modeling dan simulasi dengan menggunakan bantuan komputer. Metode ini digunakan untuk analisis berupa simulasi pencahayaan alami menggunakan program komputer *Rhinoceros 5*, *Grasshopper*, *Radiance* dan *daysim* yaitu perangkat lunak untuk keperluan simulasi pencahayaan, dalam ruangan maupun luar ruangan, pencahayaan alami maupun buatan. Tujuan utama dari simulasi ini ialah membangun model tiga dimensi dalam menentukan cahaya dan memberikan perhitungan parameter objektif dari skenario tersebut.

Dalam proses melakukan eksperimen kebutuhan cahaya matahari yang masuk kedalam ruangan perlu dilakukan proses simulasi komputer menggunakan dengan metode CBDM. Metode ini sendiri mempunyai dua cara, yang pertama menggunakan metrik *Daylight Autonomi* (DA) dan *Useful Daylight Illuminance* (UDI). Simulasi yang menggunakan metrik DA yaitu pengukuran dengan melakukan presentase pada ambang minimum iluminasi, metrik ini bergantung dengan pemilihan waktu berdasarkan data meteorologi dan lintasan matahari selama setahun penuh [8]. DA merupakan metrik pengukuran yang bersifat dinamis dan dapat memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan teknik simulasi DF. Dalam hal ini DA memiliki keterbatasan dalam kemampuan simulasinya, DA tidak dapat mempertimbangkan kenyamanan penghuni dan tidak dapat mempertimbangkan efek kondisi gelap dari kekurangan iluminasi [9]. Sedangkan metrik UDI, yaitu simulasi pencahayaan alami diperangauhi oleh orientasi bangunan dan iklim suatu daerah. Seperti yang dikemukakan oleh [10], Pada metrik UDI itu sendiri dapat menentukan kondisi masuknya cahaya kedalam bangunan, batas bawah (kondisi gelap), batas menengah (kondisi memenuhi), dan batas atas (kondisi *Overbright*). Metrik UDI juga mampu memprediksi dibawah kondisi langit sesungguhnya berdasarkan data meteorologi.

Proses simulasi dijalankan secara parametrik untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Permodelan menggunakan perangkat lunak *Rhinoceros 5* sebagai dasar geometri objek penelitian. Dasar modeling akan diintegrasikan kedalam *Grasshopper* sebagai pengoperasi *Honeybee* dan *Ladybug*. *Honeybee* dan *ladybug* berfungsi untuk persiapan simulasi. Pada proses simulasi menggunakan *engine Radiance/daysim* sebagai mesin simulasi. Pada *plugin Grasshopper* juga terdapat komponen atau *engine galapagos* guna untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Proses alur simulasi secara keseluruhan yang digunakan khusus pada studi ini dapat dilihat pada bagan berikut:



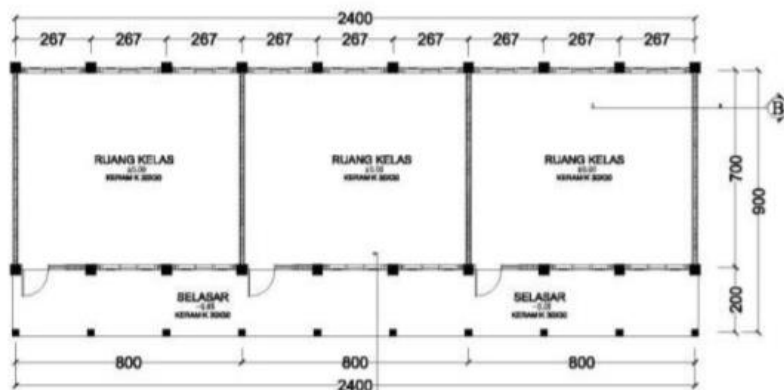
Bagan 1. Proses alur simulasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

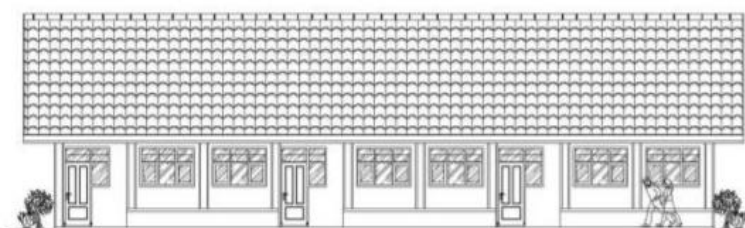
3.1 Data Teknis Objek Penelitian

Objek pada penelitian ini adalah bangunan Sekolah Dasar (SD) dengan tiga ruang belajar yang direkayasa dalam proses simulasi dengan tipikal bangunan hanya satu lantai. Pemilihan objek ini dikarenakan perkembangan ruang pendidikan atau bangunan yang digunakan untuk proses belajar mengajar membutuhkan pencahayaan dan kenyamanan yang baik agar tidak mengganggu proses berjalannya proses belajar-mengajar.

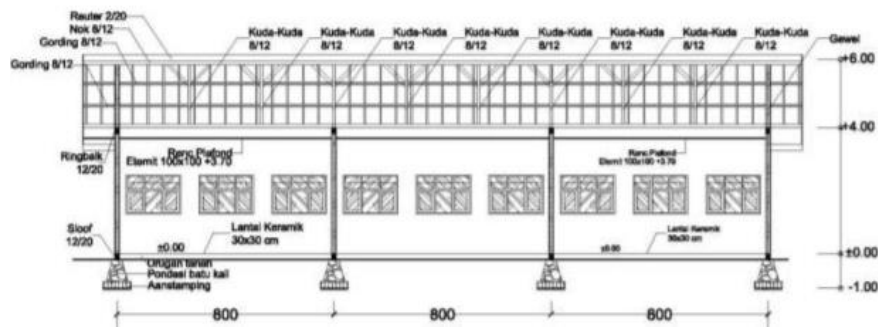
Dibutuhkan beberapa percobaan untuk mendapatkan ruang dengan pencahayaan alami yang optimal dengan kualitas dan kenyamanan yang sesuai seperti apa yang diharapkan dan dibutuhkan. Objek penelitian pertama dilakukan pada kondisi eksisting yaitu kondisi ruangan dengan bukaan ukuran standar berdasarkan peraturan [11] tentang Petunjuk Operasional Dana Alokasi Khusus Fisik Bidang Pendidikan. Berikut adalah gambar kondisi eksisting tersebut:



Gambar 1. Denah Gedung Sekolah
Sumber: Adaptasi dari [11]



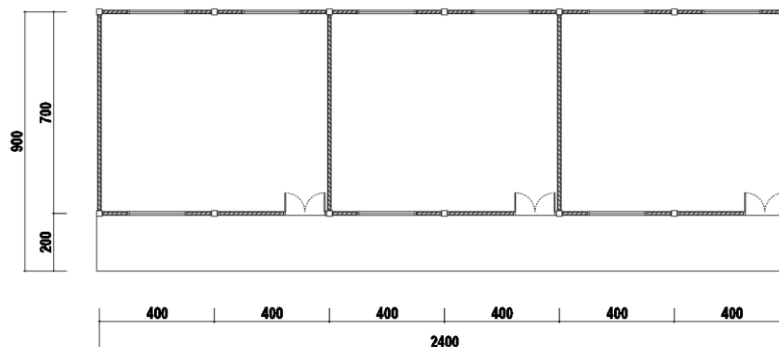
Gambar 2. Tampak Depan Gedung Sekolah
Sumber: Adaptasi dari [11]



Gambar 3. Potongan Gedung Sekolah

Sumber: Adaptasi dari [11]

Pemilihan tiga ruang kelas dengan tipikal bangunan satu lantai ini (Gambar 4) berdasarkan perkembangan pembangunan di Kota Lhokseumawe. Semakin padatnya pembangunan di Kota Lhokseumawe mengakibatkan keterbatasan lahan. Oleh karena itu, beberapa bangunan bahkan ada yang ditutupi dengan bangunan disekelilingnya sehingga proses masuknya cahaya alami ke dalam bangunan yang ditutupi tersebut menjadi kurang maksimal.



Gambar 4. Denah Optimisasi Penelitian

3.2 Optimisasi Pecahayaan pada Ruang Belajar

Studi penelitian ini dilakukan pada dua orientasi bangunan yaitu orientasi bangunan memanjang dengan sisi Timur–Barat dan orientasi bangunan memanjang Utara–Selatan. Pada dua orientasi ini peneliti merekayasa lokasi di kawasan padat yang memiliki konteks di kiri dan kanan bangunan, kawasan sedang dengan konteks disalah satu sisi bangunan, dan di kawasan tidak padat dengan tidak ada konteks di sekitar bangunan.

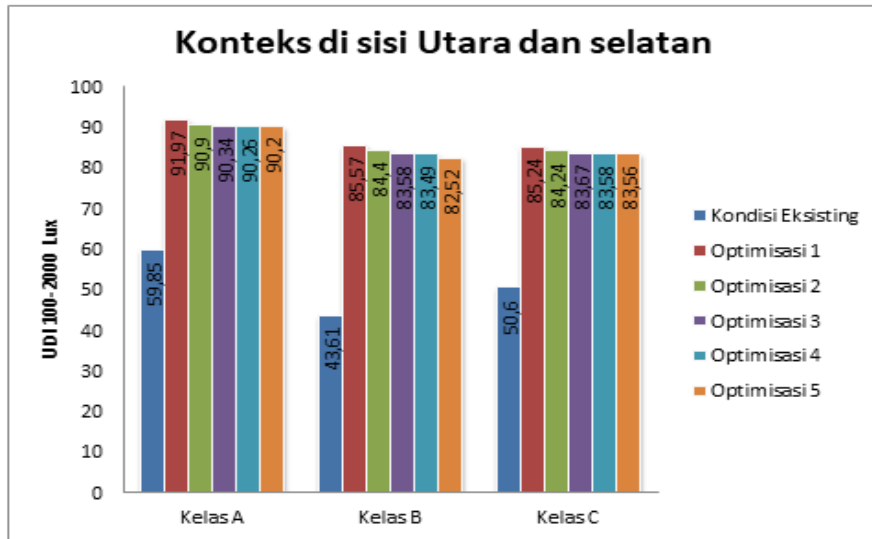
Hasil dari Optimisasi bukaan yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan pencahayaan alami paling optimal yang masuk kedalam ruangan. Strategi yang ditawarkan adalah hasil dari Optimisasi pencahayaan berupa ukuran WWR yang paling optimal untuk masuknya pencahayaan alami kedalam ruangan berdasarkan orientasi bangunan dan konteks yang memengaruhi masuknya cahaya matahari kedalam ruangan.

3.3 Orientasi Bangunan Memanjang Timur – Barat

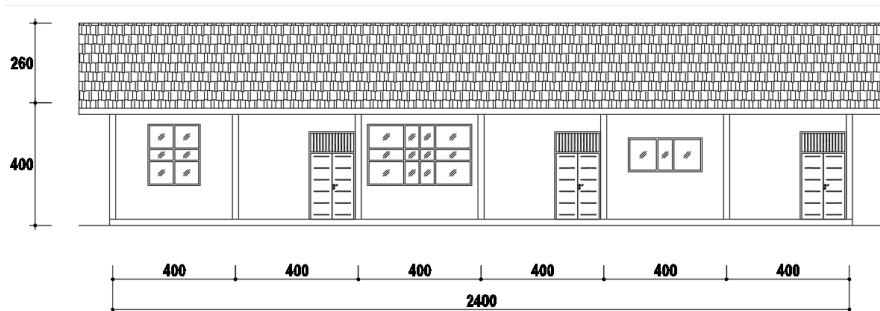
Pada orientasi ini ada empat studi kasus yang digunakan dalam pembahasan hasil Optimisasi. Studi kasus yang pertama yaitu bangunan yang memiliki konteks di sisi Utara dan Selatan; yang kedua, bangunan yang memiliki konteks di sisi Utara; yang ketiga, bangunan yang memiliki konteks di sisi Selatan; dan yang keempat bangunan yang tidak memiliki konteks di sisi Utara dan Selatan. Pada pembahasan ini peneliti membahas lima terbaik dari hasil Optimisasi pencahayaan alami dan membandingkan dengan hasil simulasi pada kondisi eksisting. Berikut adalah grafik perbandingan hasil Optimisasi pencahayaan alami dengan empat konteks tersebut di atas yang menggunakan teknik pengukuran UDI 100-200 lux.

a. Konteks di sisi Utara dan Selatan bangunan

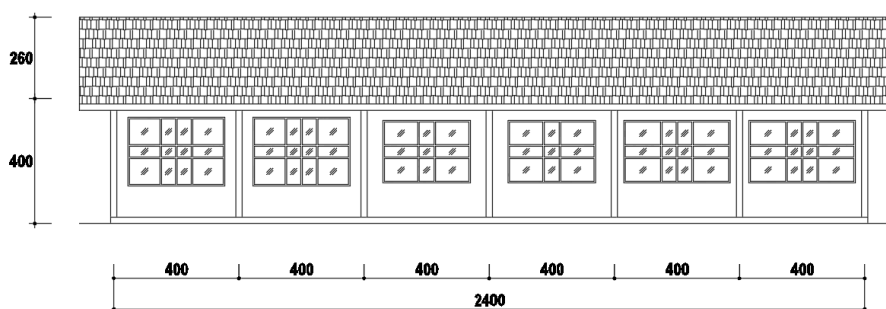
Hasil simulasi pada grafik di bawah ini (Gambar 5) memperlihatkan bahwa setelah dilakukan Optimisasi, tingkat pencahayaan alami meningkat hingga 90% lebih pada kategori pencahayaan yang baik atau pencahayaan yang optimal. Hasil Optimisasi pencahayaan yang paling baik terdapat kondisi WWR berbeda pada setiap ruangnya dikarenakan ukuran WWR dipengaruhi oleh kebutuhan cahaya yang masuk kedalam ruangan. Ukuran WWR pada Kelas A yaitu 3,4x2 meter pada orientasi bukaan sisi Utara dan 1,7x2 meter pada orientasi bukaan sisi Selatan. Pada kelas B besar bukaan yaitu 2,7x2 meter pada orientasi bukaan sisi Utara dan 3,4x2 meter pada orientasi bukaan sisi Selatan. Sedangkan pada Kelas C besar bukaan yaitu 3x2,2 meter pada orientasi bukaan sisi Utara dan 2,4x1,1 meter pada orientasi bukaan sisi Selatan. Berikut adalah gambar tampak bangunan dengan kondisi konteks di sisi Utara dan Selatan (Gambar 6 dan 7).



Gambar 5. Perbandingan hasil Optimisasi dengan kondisi konteks di sisi utara dan selatan



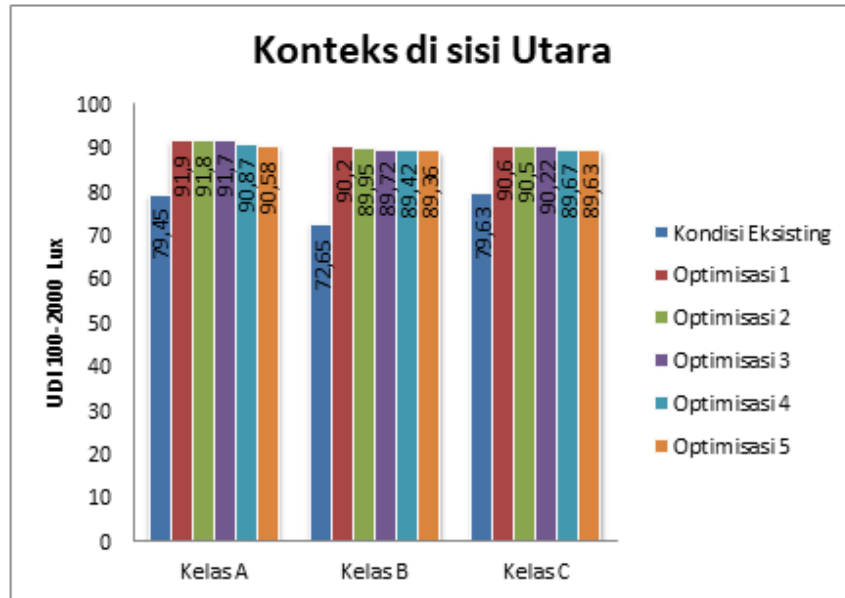
Gambar 6. Gambar tampak depan dengan kondisi konteks di sisi utara dan selatan bangunan



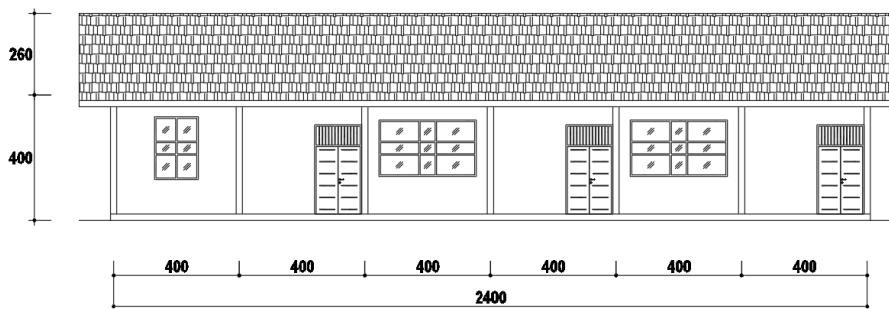
Gambar 7. Gambar tampak Belakang dengan kondisi konteks di sisi utara dan selatan

b. Konteks di sisi Utara Bangunan

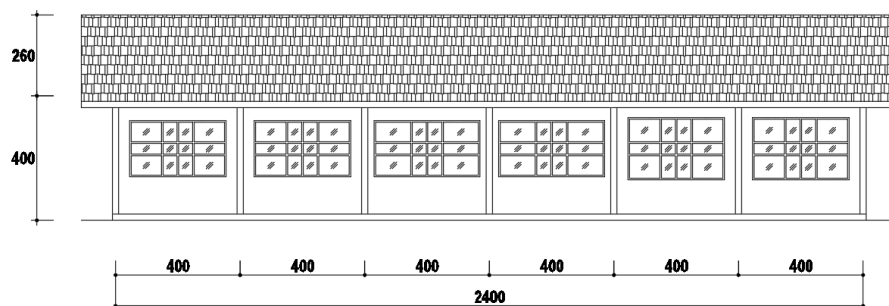
Hasil simulasi pada grafik di bawah ini (Gambar 8) memperlihatkan bahwa setelah dilakukan Optimisasi, tingkat pencahayaan alami meningkat hingga 90% lebih pada kategori pencahayaan yang baik atau pencahayaan yang optimal. Hasil Optimisasi pencahayaan yang paling baik terdapat kondisi WWR berbeda pada setiap ruangnya dikarenakan ukuran WWR dipengaruhi oleh kebutuhan cahaya yang masuk kedalam ruangan. Ukuran WWR pada kelas A yaitu 3,1x2 meter pada orientasi bukaan sisi Utara dan 1,4x2 meter pada orientasi bukaan sisi Selatan. pada Kelas B besar bukaan yaitu 3,4x1,8 meter pada orientasi bukaan sisi Utara dan 3,1x1,8 meter pada orientasi bukaan sisi Selatan. Sedangkan pada Kelas C besar bukaan yaitu 3,1x1,8 meter pada orientasi bukaan sisi utara dan 3,1x1,8 meter pada orientasi bukaan sisi Selatan. Berikut adalah gambar tampak bangunan dengan kondisi konteks di sisi Utara (Gambar 9 dan 10).



Gambar 8. Perbandingan hasil Optimisasi dengan kondisi konteks di sisi Utara bangunan



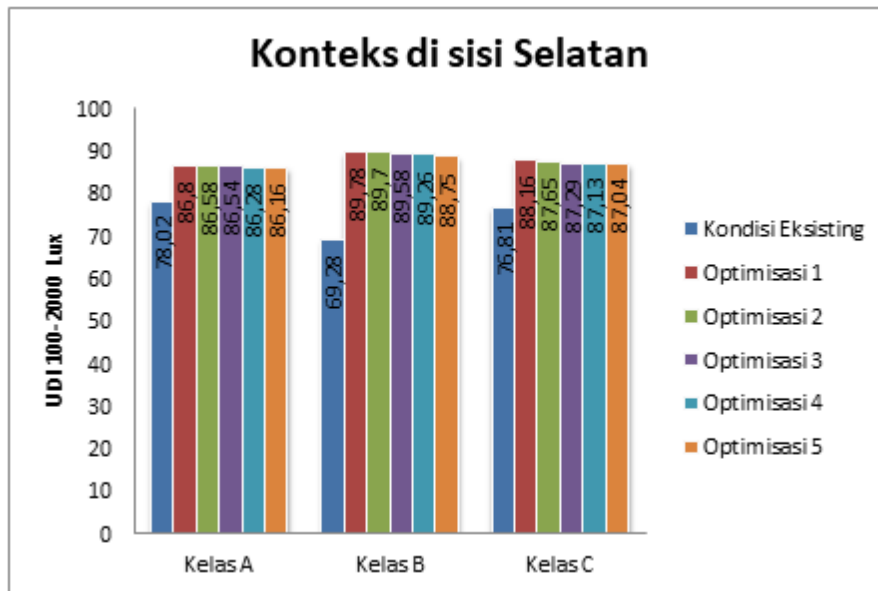
Gambar 9. Gambar tampak depan dengan kondisi konteks di sisi utara bangunan



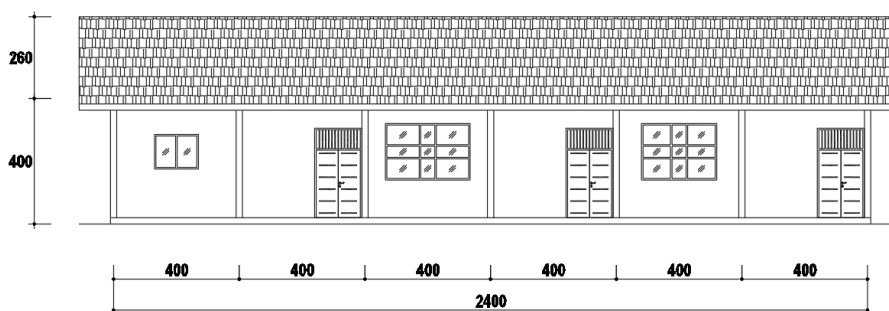
Gambar 10. Gambar tampak Belakang dengan kondisi konteks di sisi utara bangunan

c. Konteks di sisi Selatan bangunan

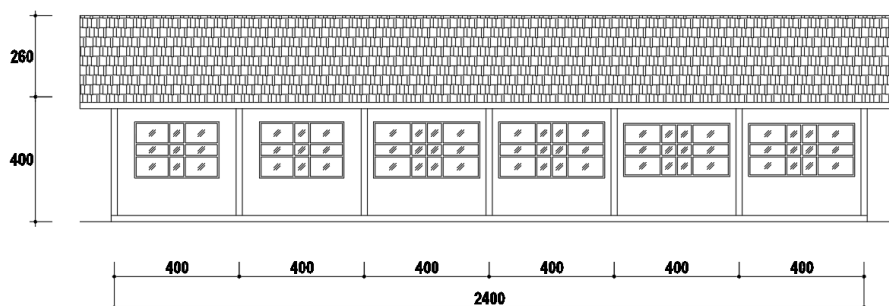
Hasil simulasi pada grafik di bawah ini (Gambar 11) memperlihatkan bahwa setelah dilakukan Optimisasi, tingkat pencahayaan alami meningkat hingga 89% pada kategori pencahayaan yang baik atau pencahayaan yang optimal. Hasil Optimisasi pencahayaan yang paling baik terdapat kondisi WWR berbeda pada setiap ruangnya dikarenakan ukuran WWR dipengaruhi oleh kebutuhan cahaya yang masuk kedalam ruangan. ukuran ww pada kelas A yaitu 3,4x1,8 meter pada orientasi bukaan sisi Utara dan 1,4x1,1 meter pada orientasi bukaan sisi Selatan. pada kelas B besar bukaan yaitu 3,4x1,8 meter pada orientasi bukaan sisi utara dan 2,7x1.8 meter pada orientasi bukaan sisi selatan. Sedangkan pada kelas C besar bukaan yaitu 2.7x1,8 meter pada orientasi bukaan sisi utara dan 2,4x1,8 meter pada orientasi bukaan sisi Selatan. Berikut adalah gambar tampak bangunan dengan konteks di sisi Selatan (Gambar 12 dan 13).



Gambar 11. Perbandingan hasil Optimisasi dengan kondisi konteks di sisi selatan bangunan



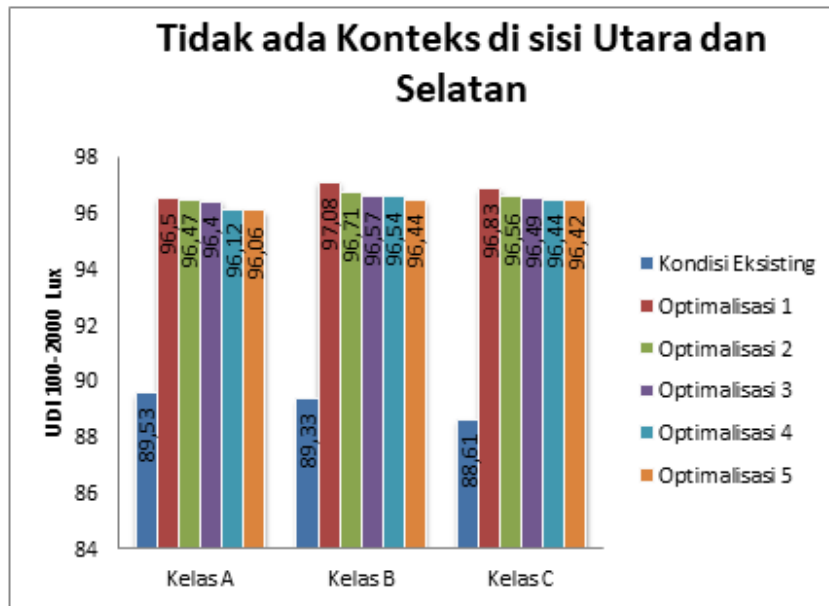
Gambar 12. Gambar tampak depan dengan kondisi konteks di sisi selatan bangunan



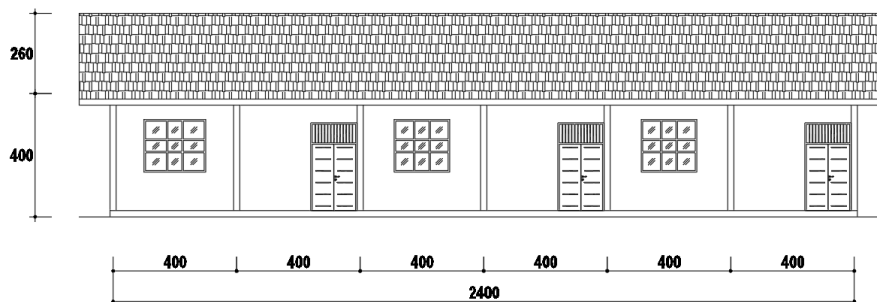
Gambar 13. Gambar tampak belakang dengan kondisi konteks di sisi selatan bangunan

d. Tidak ada konteks di sisi Utara dan Selatan bangunan

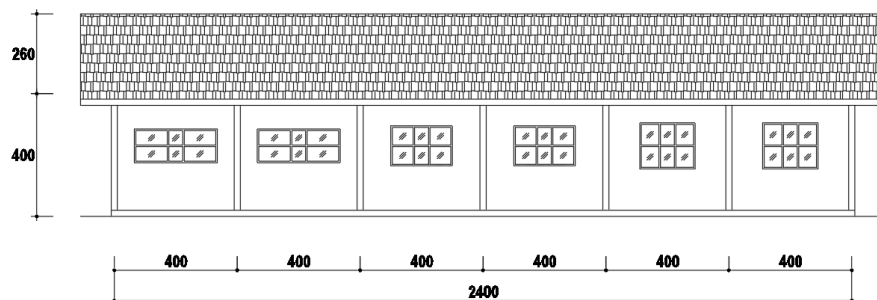
Hasil simulasi pada grafik di bawah ini (Gambar 14) memperlihatkan bahwa setelah dilakukan Optimisasi, tingkat pencahayaan alami meningkat hingga 90% lebih pada kategori pencahayaan yang baik atau pencahayaan yang optimal. Hasil Optimisasi pencahayaan yang paling baik terdapat kondisi WWR berbeda pada setiap ruangnya dikarenakan ukuran WWR dipengaruhi oleh kebutuhan cahaya yang masuk kedalam ruangan. Ukuran WWR pada Kelas A yaitu 1,7x2 meter pada orientasi bukaan sisi Utara dan 1,7x1,5 meter pada orientasi bukaan sisi Selatan. pada Kelas B besar bukaan yaitu 1,7x1,8 meter pada orientasi bukaan sisi Utara dan 2x1,3 meter pada orientasi bukaan sisi selatan. Sedangkan pada kelas C besar bukaan yaitu 1,7x1,8 meter pada orientasi bukaan sisi Utara dan 2,7x1,1 meter pada orientasi bukaan sisi Selatan. Berikut adalah gambar tampak bangunan dengan kondisi tidak ada konteks di sisi Utara dan Selatan (Gambar 15 dan 16).



Gambar 14. Perbandingan hasil Optimisasi pada kondisi tidak ada konteks di sisi Utara-Selatan bangunan



Gambar 15. Gambar tampak depan dengan kondisi tidak ada konteks di sisi Utara dan Selatan bangunan



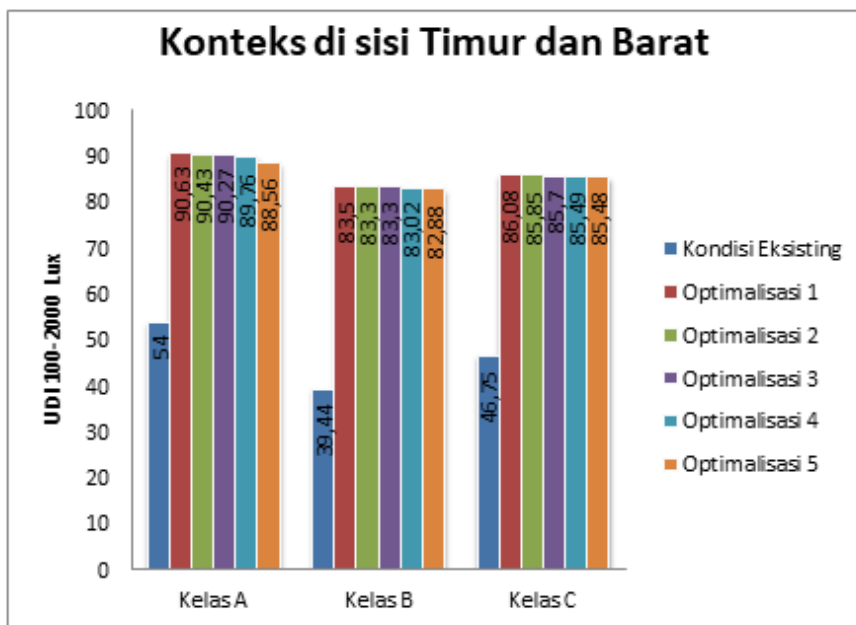
Gambar 16. Gambar tampak belakang dengan kondisi tidak ada konteks di sisi Utara-Selatan bangunan

3.4 Orientasi Bangunan Memanjang Utara – Selatan

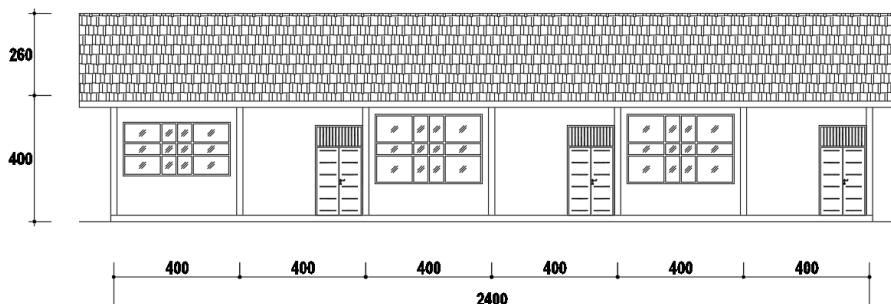
Pada orientasi ini ada empat studi kasus yang digunakan dalam pembahasan hasil Optimisasi. Studi kasus yang pertama yaitu bangunan yang memiliki konteks di sisi Timur dan Barat; yang kedua bangunan yang memiliki konteks di sisi Timur; yang ketiga bangunan yang memiliki konteks di sisi Barat; dan yang keempat bangunan yang tidak memiliki konteks di sisi Timur dan Barat. Pada studi kasus ini peneliti membahas lima terbaik dari hasil optimalisasi pencahayaan alami dan membandingkan dengan hasil simuliasi pada kondisi *eksisting*. Berikut adalah grafik perbandingan hasil Optimisasi pencahayaan alami dengan empat konteks tersebut di atas yang menggunakan teknik pengukuran UDI 100-200 lux pada orientasi memanjang Utara-Selatan.

a. Konteks di sisi Timur dan Barat bangunan

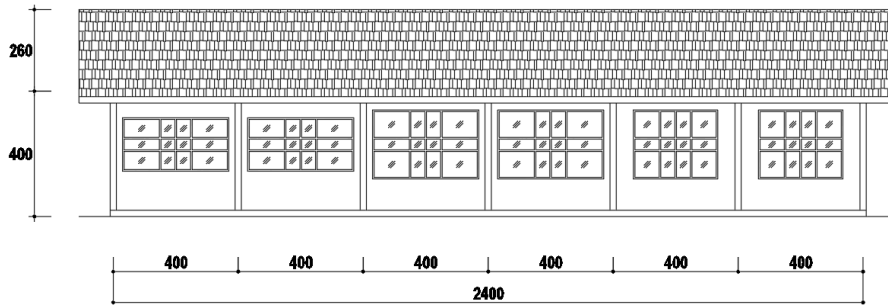
Hasil simuliasi pada grafik di bawah ini (Gambar 17) memperlihatkan bahwa setelah dilakukan Optimisasi, tingkat pencahayaan alami meningkat hingga 90% lebih pada kategori pencahayaan yang baik atau pencahayaan yang optimal. Hasil Optimisasi pencahayaan yang paling baik terdapat kondisi WWR berbeda pada setiap ruangnya dikarenakan ukuran WWR dipengaruhi oleh kebutuhan cahaya yang masuk kedalam ruangan. ukuran WWR pada Kelas A yaitu 3,4x1,8 meter pada orientasi bukaan sisi Timur dan 2,7x2,2 meter pada orientasi bukaan sisi Barat. pada Kelas B besar bukaan yaitu 3,4x2,2 meter pada orientasi bukaan sisi timur dan 3,4x2,2 meter pada orientasi bukaan sisi Barat. Sedangkan pada Kelas C besar bukaan yaitu 3,3x2,2 meter pada orientasi bukaan sisi timur dan 3,4x1,8 meter pada orientasi bukaan sisi Barat. Berikut adalah gambar tampak bangunan dengan kondisi konteks di sisi Timur dan Barat (Gambar 18 dan 19).



Gambar 17. Perbandingan hasil Optimisasi dengan kondisi konteks di sisi Timur dan barat bangunan



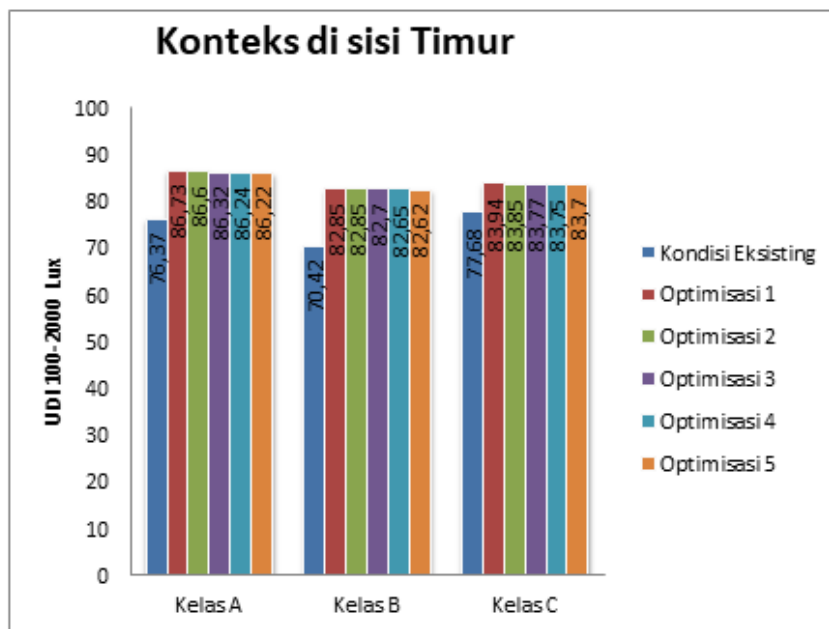
Gambar 18. Gambar tampak depan dengan kondisi konteks di sisi timur dan barat bangunan



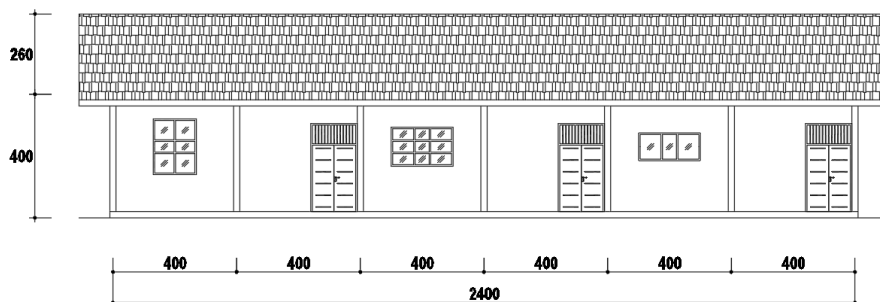
Gambar 19. Gambar tampak belakang dengan kondisi ada konteks di sisi timur dan barat bangunan

b. Konteks di sisi Timur bangunan

Hasil simulasi pada grafik di bawah ini (Gambar 20) memperlihatkan bahwa setelah Optimisasi dilakukan, tingkat pencahayaan alami meningkat hingga hasil yang terbaik pada kategori pencahayaan yang baik atau pencahayaan yang optimal, dengan hasil pencahayaan yang paling optimal kondisi WWR berbeda pada setiap ruangnya dikarenakan ukuran WWR dipengaruhi oleh kebutuhan cahaya yang masuk kedalam ruangan. ukuran WWR pada Kelas A yaitu 3,1x2,2 meter pada orientasi bukaan sisi Timur dan 1,4x1,8 meter pada orientasi bukaan sisi Barat. pada Kelas B besar bukaan yaitu 3,1x2 meter pada orientasi bukaan sisi Timur dan 2x1,3 meter pada orientasi bukaan sisi Barat. Sedangkan pada Kelas C besar bukaan yaitu 3,4x2,2 meter pada orientasi bukaan sisi Timur dan 2x0,9 meter pada orientasi bukaan sisi Barat. Berikut adalah gambar tampak bangunan dengan kondisi konteks di sisi Timur (Gambar 21 dan 22).

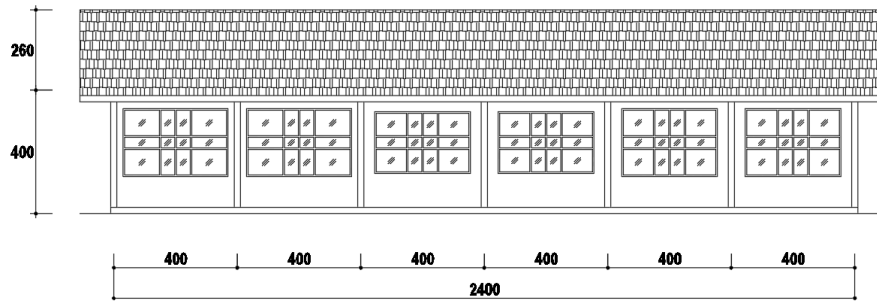


Gambar 20. Perbandingan hasil Optimisasi dengan kondisi konteks di sisi Timur bangunan



Gambar 21. Gambar tampak depan dengan kondisi konteks di sisi Timur bangunan

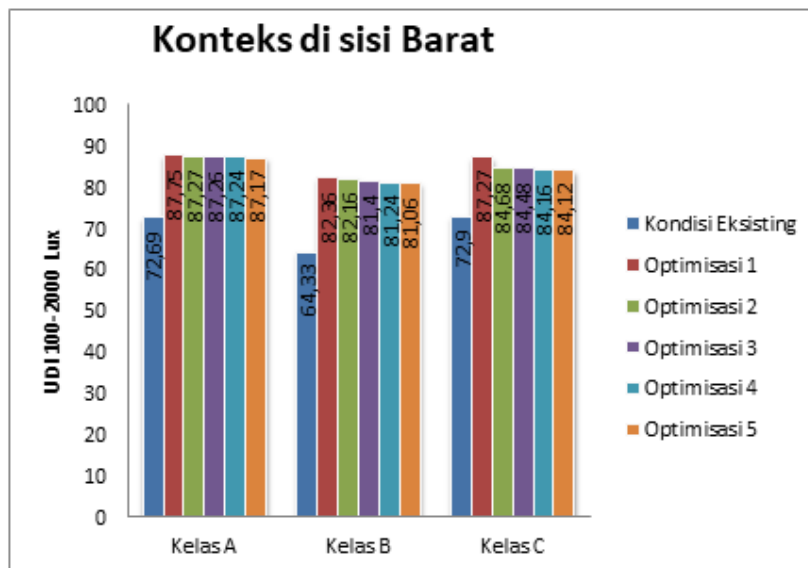
DESAIN RUANG BELAJAR SEKOLAH DASAR DI LHOKSEUMAWE YANG OPTIMAL TERHADAP PENCAHAYAAN ALAMI



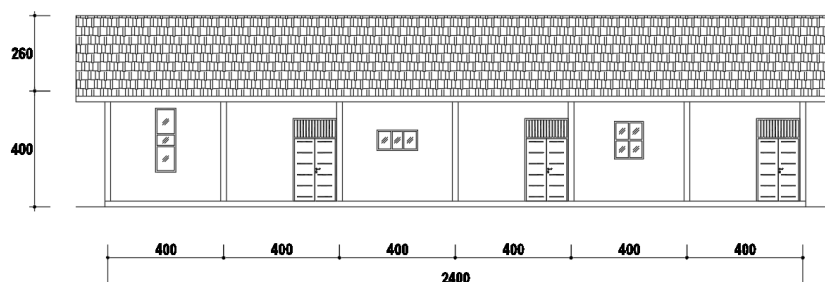
Gambar 22. Gambar tampak belakang dengan kondisi konteks di sisi Timur bangunan

c. Konteks di sisi Barat bangunan

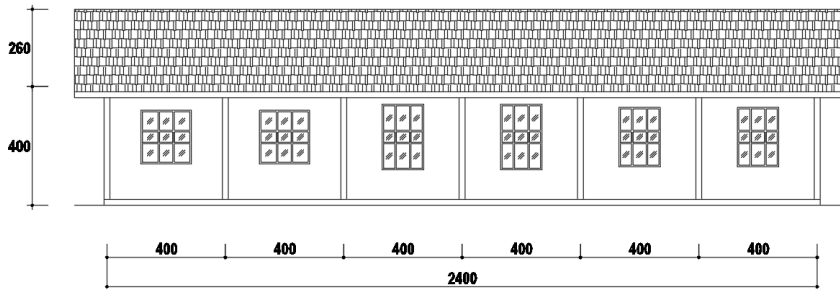
Hasil simulasi pada grafik di bawah ini (Gambar 23) memperlihatkan bahwa setelah Optimisasi dilakukan, tingkat pencahayaan alami meningkat hingga hasil yang terbaik pada kategori pencahayaan yang baik atau pencahayaan yang optimal, dengan hasil pencahayaan yang paling optimal kondisi WWR berbeda pada setiap ruangnya dikarenakan ukuran WWR dipengaruhi oleh kebutuhan cahaya yang masuk kedalam ruangan. Ukuran WWR pada Kelas A yaitu 2x1,8 meter pada orientasi bukaan sisi Timur dan 3,4x2 meter pada orientasi bukaan sisi barat. pada Kelas B besar bukaan yaitu 3,4x1,8 meter pada orientasi bukaan sisi Timur dan 3,1x2 meter pada orientasi bukaan sisi Barat. Sedangkan pada kelas C besar bukaan yaitu 2,8x1,8 meter pada orientasi bukaan sisi Timur dan 3,4x1,8 meter pada orientasi bukaan sisi Barat. Berikut adalah gambar tampak bangunan dengan kondisi konteks di sisi Barat (Gambar 24 dan 25).



Gambar 23. Perbandingan hasil Optimisasi dengan kondisi konteks di sisi Barat bangunan



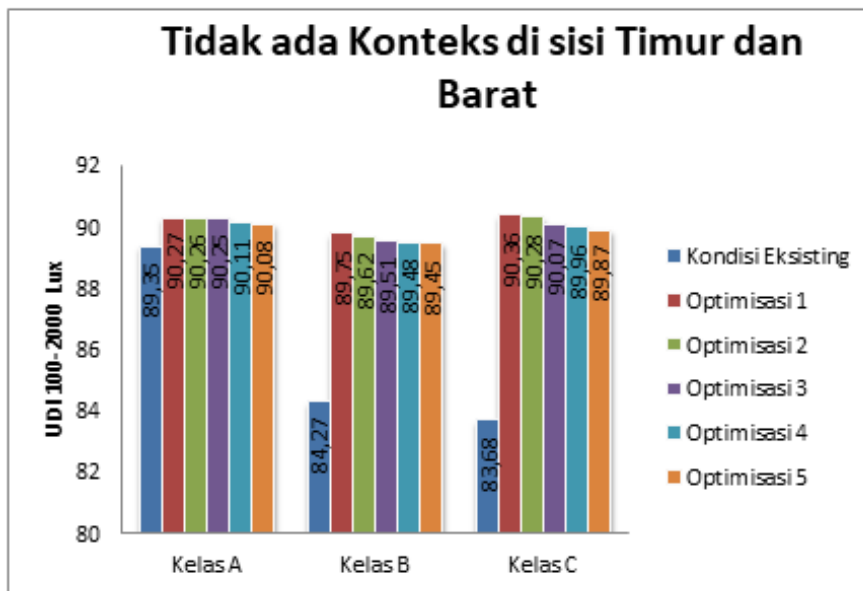
Gambar 24. Gambar tampak depan dengan kondisi konteks di sisi Barat bangunan



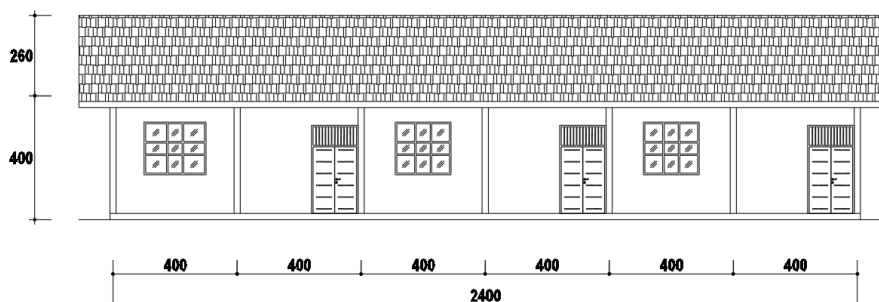
Gambar 25. Gambar tampak belakang dengan kondisi konteks di sisi Barat bangunan

d. Tidak ada Konteks di sisi Timur dan Barat bangunan

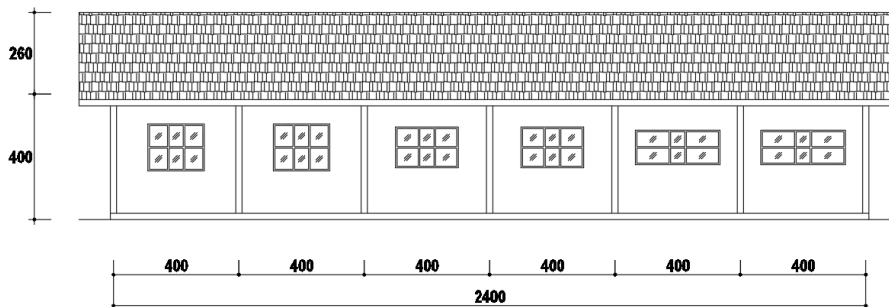
Hasil grafik di bawah ini memperlihatkan bahwa setelah Optimisasi dilakukan, tingkat pencahayaan alami meningkat hingga hingga hasil yang terbaik pada kategori pencahayaan yang baik atau pencahayaan yang optimal, dengan hasil pencahayaan yang paling optimal kondisi WWR berbeda pada setiap ruangnya dikarenakan ukuran WWR dipengaruhi oleh kebutuhan cahaya yang masuk kedalam ruangan. Ukuran WWR pada Kelas A yaitu 0,7x2,2 meter pada orientasi bukaan sisi Timur dan 1,4x2 meter pada orientasi bukaan sisi Barat. pada kelas B besar bukaan yaitu 1,3x0,7 meter pada orientasi bukaan sisi Timur dan 1,4x2,2 meter pada orientasi bukaan sisi Barat. Sedangkan pada kelas C besar bukaan yaitu 1x1,3 meter pada orientasi bukaan sisi Timur dan 3,1x1,8 meter pada orientasi bukaan sisi Barat. Berikut adalah gambar tampak bangunan dengan tidak ada kondisi konteks di sisi Timur dan Barat.



Gambar 26. Perbandingan hasil Optimisasi dengan kondisi tidak ada konteks di sisi Timur dan Barat bangunan



Gambar 27. Gambar tampak depan dengan kondisi tidak ada konteks di sisi Timur dan Barat bangunan



Gambar 28. Gambar tampak belakang dengan kondisi tidak ada konteks di sisi Timur dan Barat bangunan

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Bedasarkan dari penelitian di atas. simulasi CBDM dengan menggunakan metrik UDI pada Bukaannya Standar [11] belum memenuhi tingkat pencahayaan alami untuk semua kondisi. Ukuran bukaan standar [11] memiliki tingkat pencahayaan optimal atau pencahayaan yang ideal antara 39% sampai dengan 89%. Setelah dilakukan Optimisasi tingkat pencahayaan yang ideal meningkat di antara 82% hingga 97%.

Untuk mencapai tingkat pencahayaan yang optimal pada setiap ruang kelas, maka setiap ruangan memiliki ukuran WWR yang berbeda. hal ini dikarenakan WWR menyesuaikan dengan kondisi orientasi, posisi dan konteks disekitarnya. Berikut ini adalah tabel WWR yang memiliki tingkat pencahayaan paling optimal dengan berbagai macam kondisi:

- a. Orientasi Bangunan memanjang Timur-barat
 - 1) Kondisi ruang yang pertama yaitu posisi konteks di utara dan selatan ruangan. Ruang kelas A memiliki bukaan sebesar 42,08% di bagian utara dan 10,51% dibagian selatan, kelas B memiliki bukaan 33,66% dibagian utara ruangan dan 21,04% di bagian selatan ruangan, sedangkan kelas C memiliki ukuran bukaan dibagian utara sebesar 42,08% dan besar bukaan dibagian selatan adalah 8,18%.
 - 2) Kondisi ruang yang kedua yaitu posisi konteks di utara ruangan. Ruang kelas A memiliki bukaan sebesar 8,42% di bagian utara dan 37,87% dibagian selatan, kelas B memiliki bukaan 16,83% dibagian utara ruangan dan 37,4% di bagian selatan ruangan, sedangkan kelas C memiliki ukuran bukaan dibagian utara sebesar 16,83% dan besar bukaan dibagian selatan adalah 33,66%.
 - 3) Kondisi ruang yang ketiga yaitu posisi konteks di selatan ruangan. Ruang kelas A memiliki bukaan sebesar 18,7% di bagian utara dan 9,35% dibagian selatan, kelas B memiliki bukaan 18,7% dibagian utara ruangan dan 29,92% di bagian selatan ruangan, sedangkan kelas C memiliki ukuran bukaan dibagian utara sebesar 14,96% dan besar bukaan dibagian selatan adalah 26,18%.
 - 4) Kondisi ruang yang empat yaitu tidak ada konteks di sisi utara dan selatan ruangan. Ruang kelas A memiliki bukaan sebesar 10,52% di bagian utara dan 16,36% dibagian selatan, kelas B memiliki bukaan 9,35% dibagian utara ruangan dan 16,83% di bagian selatan ruangan, sedangkan kelas C memiliki ukuran bukaan dibagian utara sebesar 9,35% dan besar bukaan dibagian selatan adalah 18,7%.
- b. Orientasi Bangunan memanjang Utara-selatan
 - 1) Kondisi ruang yang pertama yaitu posisi konteks di timur dan barat ruangan. Ruang kelas A memiliki bukaan sebesar 18,7% di bagian timur dan 37,4% dibagian barat, kelas B memiliki bukaan 23,8% dibagian timur ruangan dan 46,75% di bagian barat ruangan, sedangkan kelas C memiliki ukuran bukaan dibagian timur sebesar 23,38% dan besar bukaan dibagian barat adalah 37,4%.
 - 2) Kondisi ruang yang pertama yaitu posisi konteks di barat ruangan. Ruang kelas A memiliki bukaan sebesar 11,22% di bagian timur dan 42,08% dibagian barat, kelas B memiliki bukaan 18,7% dibagian timur ruangan dan 37,87% di bagian barat ruangan, sedangkan kelas C memiliki ukuran bukaan dibagian timur sebesar 14,96% dan besar bukaan dibagian barat adalah 37,4%.

- 3) Kondisi ruang yang pertama yaitu posisi konteks di timur ruangan. Ruang kelas A memiliki bukaan sebesar 42,07% di bagian timur dan 7,87% dibagian barat, kelas B memiliki bukaan 37,86% dibagian timur ruangan dan 8,15% di bagian barat ruangan, sedangkan kelas C memiliki ukuran bukaan dibagian timur sebesar 46,75% dan besar bukaan dibagian barat adalah 5,61%.
- 4) Kondisi ruang yang pertama yaitu tidak ada konteks di sisi timur dan barat ruangan. Ruang kelas A memiliki bukaan sebesar 4,68% di bagian timur dan 16,83% dibagian barat, kelas B memiliki bukaan 2,81% dibagian timur ruangan dan 18,70% di bagian barat ruangan, sedangkan kelas C memiliki ukuran bukaan dibagian timur sebesar 4,21% dan besar bukaan dibagian barat adalah 18,70%.

Posisi dan orientasi ruangan menentukan ukuran WWR yang dibutuhkan untuk mendistribusikan cahaya yang masuk kedalam ruangan. Ukuran WWR akan menentukan kualitas pencahayaan alami. Dalam penelitian ini juga dapat disimpulkan bahwa Orientasi bangunan memanjang timur-barat dengan WWR di utara dan selatan memiliki kualitas pencahayaan alami lebih baik daripada orientasi bangunan yang memanjang utara dan selatan dengan WWR di sebelah timur dan barat.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Wiyanti and T. Martina, "Hubungan Intensitas Penerangan dengan Kelelahan Mata pada pengrajin Batik Tulis," *Indones. J. Occupational Saf. Heal.*, vol. 4, no. 2, pp. 144–154, 2015, doi: 10.33369/joll.4.1.43-48.
- [2] N. Lechner, *HEATING, COOLING, LIGHTING: Sustainable Design Methods for Architects*, 4th ed. Canada: John Wiley & Sons, Inc, 2007.
- [3] P. Tregenza and J. Mardaljevic, "Daylighting buildings: Standards and the needs of the designer," *Light. Res. Technol.*, vol. 50, no. 1, pp. 63–79, 2018, doi: 10.1177/1477153517740611.
- [4] H. A. Prayoga, "Intensitas Pencahayaan Dan Kelainan Refraksi Mata Terhadap Kelelahan Mata," *J. Kesehatan. Masy.*, vol. 9, no. 2, pp. 131–136, 2014.
- [5] Atthailah and A. Bintoro, "Useful Daylight Illuminance (Udi) Pada Ruang Belajar Sekolah Dasar Di Kawasan Urban Padat Tropis (Studi Kasus: Sd Negeri 2 Dan 6 Banda Sakti, Lhokseumawe, Aceh, Indonesia)," *Langkau Betang J. Arsit.*, vol. 6, no. 2, p. 72, 2019, doi: 10.26418/lantang.v6i2.33940.
- [6] Atthailah, M. Iqbal, and I. S. Situmeang, "Simulasi Pencahayaan Alami Pada Gedung Program Studi Arsitektur Universitas Malikussaleh," *NALARs*, vol. 16, no. 2, p. 113, 2017, doi: 10.24853/nalars.16.2.113-124.
- [7] L. N. Groat and D. Wang, *Architectural Research Method (2nd ed.)*. Canada: John Wiley & Sons, Inc, 2013.
- [8] K. Anderson, *Design Energy Simulation for Architects*. New York: Routledge, 2014.
- [9] K. Lagios, J. Neimasz, and C. F. Reinhart, *Animated building performance simulation (ABPS)-linking Rhinoceros/Grasshopper with Radiance/Daysim*. New York: In 4th National Conference of IBPSA-USA SimBuild, 2010.
- [10] A. Nabil and J. Mardaljevic, "Useful daylight illuminance: A new paradigm for assessing daylight in buildings," *Light. Res. Technol.*, vol. 37, no. 1, pp. 41–59, 2005, doi: 10.1191/1365782805li128oa.
- [11] Kemendikbud, *Petunjuk Operasional Dana Alokasi Khusus Fisik Bidang pendidikan No. 8*. Jakarta: kemendikbud, 2018.