

Simulasi Pencahayaan Buatan untuk Ruang Kelas dengan Tipe *Armature* TL LED dan Bohlam LED

Arimaz Hangga¹, Alim Muanifatin Nisa², Dewangga Pratama³, dan Muchlisin Apriliyanto⁴

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
Gedung E8, Kampus UNNES Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50299, Indonesia

arimaz.hangga@mail.unnes.ac.id¹, alimmisa05@students.unnes.ac.id², dwppradewa19@gmail.com³,
muchlisin0408@students.unnes.ac.id⁴

Abstract— Classroom light intensity is one of the essential factors in the learning process. Several factors affect light intensity in the classroom, i.e., determination of classroom design, position of objects in the classroom, window design, shading devices, type of lamp, and type of lamp armature. The research aims to determine the effect of armature lamp type. The results of this research are expected to increase the efficiency of electricity costs and use the classroom optimal lighting system according to Indonesian National Standard (SNI). Two types of lamp armature used in this research i.e. LED tube armature and LED bulb armature. This research used E11-210 classroom in E11 Building of Electrical Engineering Department, Universitas Negeri Semarang with the size of 12m x 9m x 3.5m. Simulation in this research used Dialux Evo 9 software. The results of observations and simulations show that E11-210 classroom had not followed SNI yet, in 350 lux. Based on simulation results, it shows that using LED tube armature and LED bulb armature will get light intensity of E11-210 classroom that follow SNI 6197:2011. Simulation results show that the use of LED tube armature (Powerbalance Gen2 RC463B) in E11-210 classroom will increase efficiency of electricity costs by 27.81%. Meanwhile, the use of LED bulb armature (Luxspace Ace Accent RS750B) in E11-210 classroom will increase efficiency of electricity costs by 33.96%.

Keywords— LED tube armature, LED bulb armature, efficiency of electricity costs, SNI

Abstrak— Salah satu faktor penting yang mempengaruhi proses belajar mengajar di dalam kelas adalah intensitas cahaya. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi intensitas cahaya dalam ruang kelas antara lain: penentuan desain ruang kelas, posisi benda-benda dalam ruang kelas, desain jendela, desain tirai, jenis lampu, dan jenis *lamp armature*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari jenis *lamp armature*. Sehingga hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi biaya listrik dan menggunakan sistem pencahayaan yang optimal dalam ruang kelas sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Terdapat 2 macam tipe *lamp armature* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *armature* TL LED dan *armature* Bohlam LED. Penelitian ini menggunakan ruang kelas E11-210 Gedung E11 Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang dengan ukuran 12m x 9m x 3,5m. Simulasi dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak Dialux Evo 9. Hasil observasi dan simulasi menunjukkan bahwa ruang kelas E11-210 masih belum memenuhi SNI 6197:2011 yaitu 350 Lux. Berdasarkan hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan adanya pergantian *armature* TL LED dan *armature* Bohlam LED yang tepat akan didapatkan intensitas cahaya ruang kelas E11-210 memenuhi standar SNI 6197:2011. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan *armature* TL LED (Powerbalance Gen2 RC463B) pada ruang kelas E11-210 akan meningkatkan efisiensi biaya listrik sebesar 27,81 %. Sedangkan dengan penggunaan *armature* Bohlam LED ruang kelas E11-210 (Luxspace Ace Accent RS750B) akan meningkatkan efisiensi biaya listrik sebesar 33,96%.

Kata kunci— *armature* TL LED, *armature* Bohlam LED, efisiensi biaya listrik, SNI

I. PENDAHULUAN

Data statistik [1], [2] menunjukkan bahwa konsumsi energi listrik di Indonesia pada tahun 2017 sebesar 267,45 GWh dengan proyeksi rata-rata kebutuhan listrik hingga 2027 sebesar 10,1%. Bidang pencahayaan merupakan salah satu bidang yang sering digunakan dalam sektor pendidikan, rumah tangga, industri maupun komersil. Pada sektor pendidikan, bidang pencahayaan sangat mempengaruhi dalam proses belajar mengajar di dalam kelas.

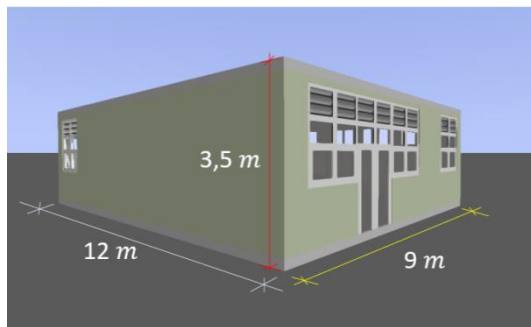
Penelitian peningkatan efisiensi sistem pencahayaan dan penggunaan sistem pencahayaan secara optimal sangat berkembang pesat selama satu dekade terakhir. Beberapa metode peningkatan efisiensi dan penggunaan sistem pencahayaan secara optimal antara lain : pergantian jenis lampu [3] - [10], sistem pencahayaan yang diredupkan [11], [12], penambahan tirai dalam ruangan [13], [14], dan kombinasi pencahayaan cahaya alami dan buatan [15], [16]. Akan tetapi peningkatan efisiensi sistem pencahayaan dengan pergantian *lamp armature* masih belum diketahui secara

signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari jenis-jenis *lamp armature* dalam ruang kelas.

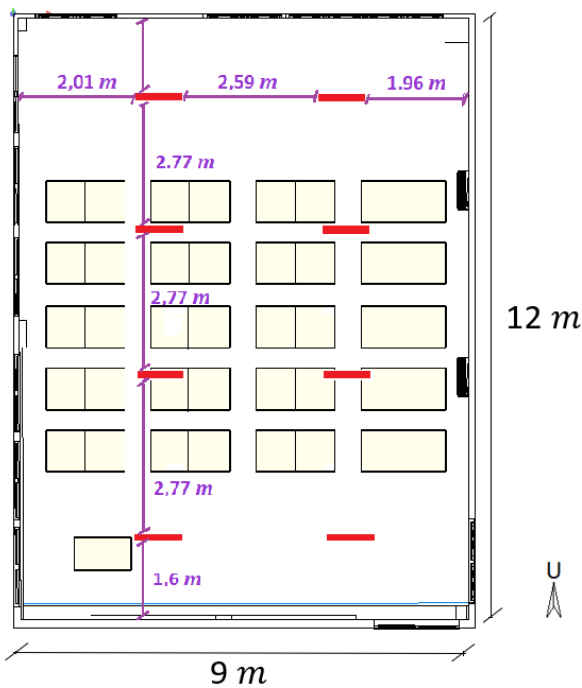
Penggunaan *lamp armature* dan jenis lampu dalam ruang kelas yang tepat akan memberikan kenyamanan visual dalam proses belajar mengajar [17] sehingga didapatkan peningkatan produktifitas [18]. Hal ini dikarenakan setiap *lamp armature* dan jenis lampu memiliki distribusi pencahayaan yang berbeda-beda [3], [5]. Oleh karena itu diharapkan dalam penelitian ini memberikan solusi yang tepat dalam pemilihan *lamp armature* sehingga didapatkan optimalisasi pencahayaan ruang kelas sesuai dengan SNI.

II. METODE

Ruang kelas yang digunakan dalam penelitian ini adalah ruang kelas E11-210 Gedung E11 Universitas Negeri Semarang dengan ukuran 12m x 9m x 3,5m seperti pada Gambar 1 (a). Desain pemasangan 8 *lamp armature* yang digunakan saat ini pada ruang kelas E11-210 dapat dilihat pada Gambar 1 (b).



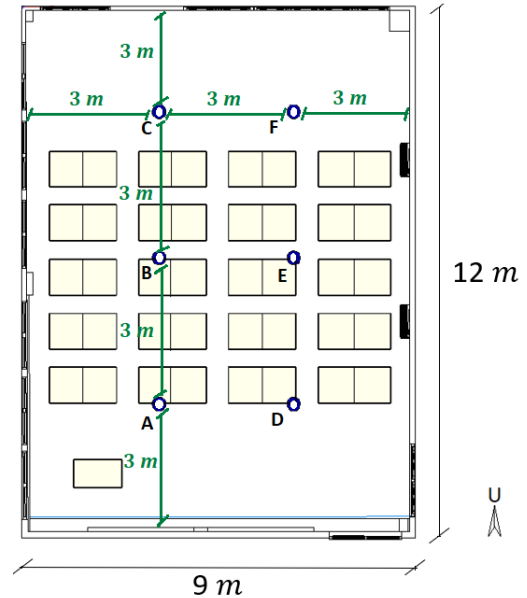
(a)



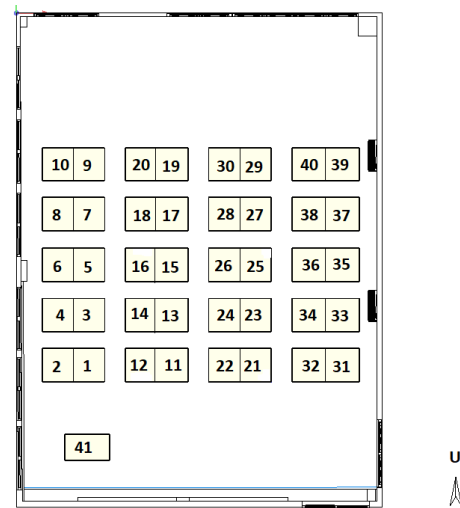
(b)

Gambar 1. Desain ruang kelas E11-210 (a) 3 dimensi dan (b) pemasangan *lamp armature* yang digunakan saat ini

Pengukuran intensitas pencahayaan ruang kelas E11-210 dilakukan dengan menggunakan metode pengukuran umum dan pengukuran setempat. Ruang kelas E11-210 memiliki luas ruangan 108 m² sehingga pengukuran umum ruang kelas E11-210 memiliki jarak antar titik ukur sebesar 3 m sesuai dengan SNI 16-7062-2004 [19] seperti pada Gambar 2 (a). Sedangkan pengukuran setempat ruang kelas E11-210 dapat dilihat pada Gambar 2 (b).



(a)



(b)

Gambar 2. Desain pengukuran (a) umum dan (b) setempat pada ruang kelas E11-210 dengan ukuran 12m x 9m x 3,5m

Pengukuran intensitas pencahayaan pada penelitian ini dilakukan secara observasi dan simulasi. Pengukuran intensitas cahaya secara observasi dan simulasi dilakukan dengan pengambilan data pada malam hari pukul 20.00 dan ruangan dikondisikan tidak ada cahaya luar yang masuk ke dalam ruang kelas. Sehingga pada pengukuran secara observasi dan simulasi hanya terdapat pencahayaan buatan yang di dalam ruang kelas.

Pengukuran observasi dilakukan sebanyak 10 hari dengan pengambilan data masing-masing titik pengukuran dilakukan perulangan sebanyak 10 kali. Luxmeter Metrel Eurotest XE yang telah dikalibrasi oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN) S1900496 digunakan untuk pengukuran intensitas ruang kelas secara observasi. Perangkat lunak yang digunakan dalam simulasi pada penelitian ini adalah Dialux Evo 9. Desain ruang kelas E11-210 didesain menggunakan Dialux Evo 9 seperti yang terlihat pada Gambar 3. Proses belajar mengajar pada ruang kelas E11-210 menggunakan 16 lampu Philips TL-D 36 watt 2500 lumen dengan 8 *armature* Artolite RM300 M2. Berdasarkan SNI 6197:2011 [20] maka penelitian ini menggunakan standar intensitas cahaya pada pengukuran setempat dalam ruang kelas sebesar 350 Lux.

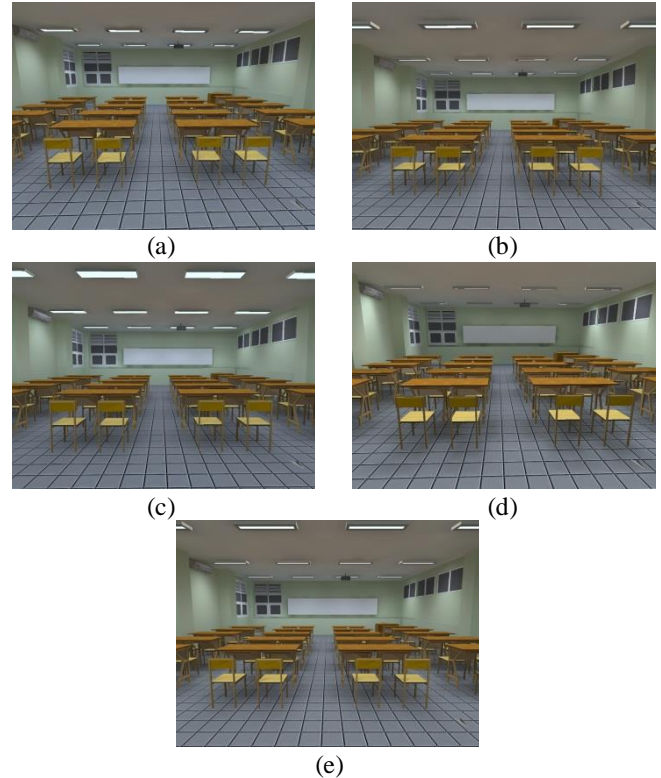


Gambar 3. Desain ruang kelas E11-210 dengan menggunakan Dialux

Pengukuran penerangan umum dan penerangan setempat dalam simulasi ini menggunakan 2 kondisi perubahan jenis *armature* yaitu *armature* TL LED (*armature Slim LED*) dan *armature* Bohlam LED (*armature Bulb LED*). Terdapat 5 variasi jenis *armature* TL LED yang digunakan dalam simulasi seperti yang terlihat pada Tabel I dan Gambar 4 (a)-(e). Simulasi variasi *armature* TL LED menggunakan 16 *armature* untuk simulasi setiap jenis *armature* TL LED dengan 16 lampu Philips TL-D 26 watt 3.900 lumen.

TABEL I. VARIASI *ARMATURE* TL LED PADA SIMULASI

No.	Nama <i>Armature</i> TL LED	Daya (Watt)	Luminous Flux (Lumen)
1	Powerbalance Gen2 RC463B	26	3.900
2	Powerbalance RC360B	26	3.900
3	Slimblend Rectangular RC402B	26	3.900
4	Trueline Recessed RC534B	26	3.900
5	Flexblend Recessed RC342B	26	3.900

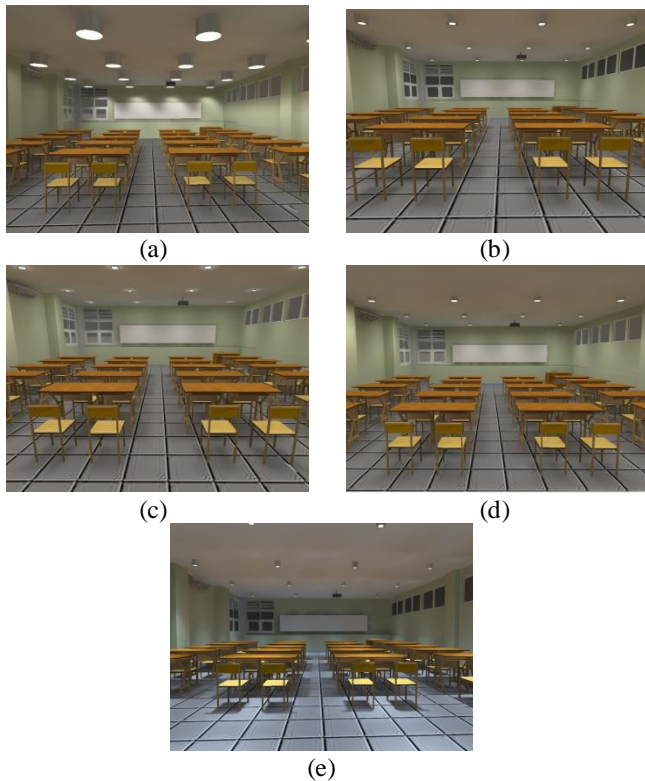


Gambar 4. Penerapan variasi *armature* TL LED (a) Powerbalance Gen2 RC463B, (b) Powerbalance RC360B, (c) Slimblend Rectangular RC402B, (d) Trueline Recessed RC534B, dan (e) Flexblend Recessed RC342B dalam ruang kelas E11-201

Simulasi dengan variasi Bohlam LED memiliki 5 jenis *armature* Bohlam LED yang digunakan seperti yang terlihat pada Tabel II dan Gambar 5 (a)-(e). Jumlah *armature* Bohlam LED yang digunakan dalam simulasi untuk setiap jenis adalah 20 *armature* dengan 20 lampu ESS LedBulb 19 W 2.300 lumen. Dengan adanya variasi *armature* TL LED dan *armature* Bohlam LED akan didapatkan distribusi intensitas cahaya pada ruang kelas E11-210.

TABEL II. VARIASI *ARMATURE* BOHLAM LED PADA SIMULASI

No.	Nama <i>Armature</i> Bohlam LED	Daya (Watt)	Luminous Flux (Lumen)
1	Copenhagen LED Big BDS441	19	2.300
2	Luxspace Surface Mounted DN571C	19	2.300
3	Luxspace Recessed DN571B	19	2.300
4	Luxspace Recessed DN570B	19	2.300
5	Luxspace Ace Accent RS750B	19	2.300



Gambar 5. Penerapan variasi *armature* Bohlam LED (a) Copenhagen LED Big BDS441, (b) Luxspace Surface Mounted DN571C, (c) Luxspace Recessed DN571B, (d) Luxspace Recessed DN570B, dan (e) Luxspace Ace Accent RS750B dalam ruang kelas E11-201

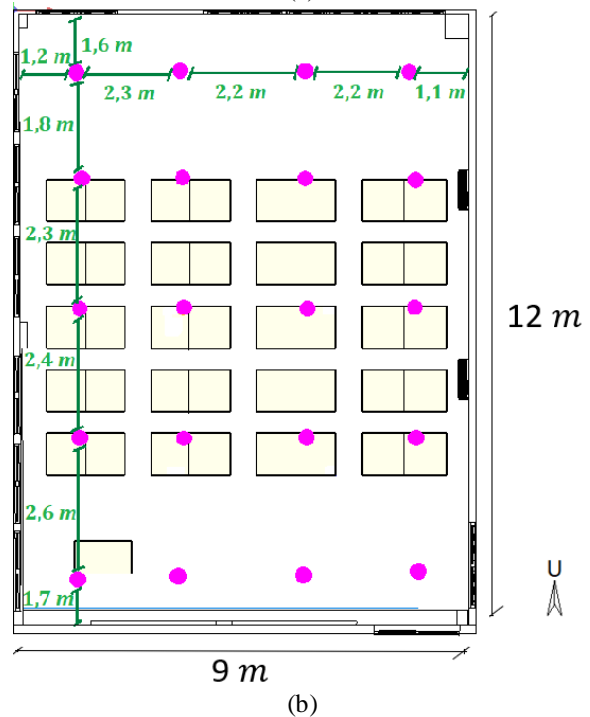
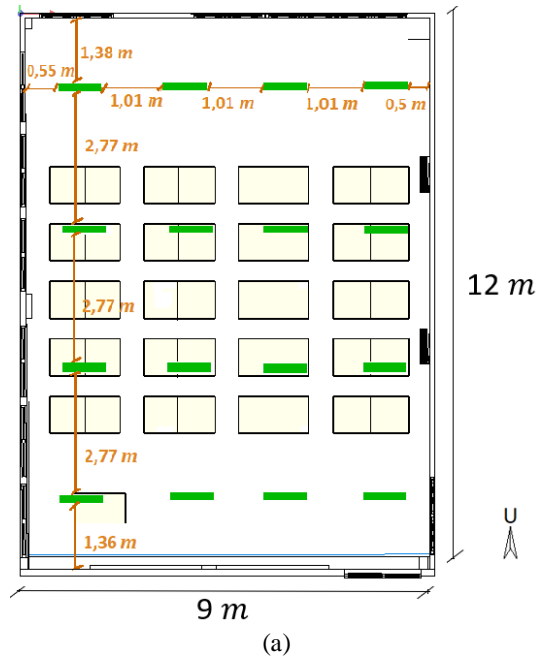
Terdapat 3 denah pemasangan *lamp armature* yang digunakan dalam simulasi seperti yang terlihat pada Gambar 1 (b) dan Gambar 6 (a)-(b). Pada variasi *armature* TL LED menggunakan denah Gambar 6 (a) dengan pemasangan 16 *armature* TL LED (warna hijau). Sedangkan variasi *armature* Bohlam LED menggunakan denah Gambar 6 (b) dengan pemasangan 20 *armature* Bohlam LED (warna ungu).

Dengan adanya variasi jumlah *armature* yang digunakan dalam simulasi maka hasil simulasi diharapkan memiliki intensitas cahaya yang memenuhi standar SNI. Perhitungan biaya listrik dan efisiensi biaya listrik dalam simulasi ini berdasarkan jumlah lampu, biaya listrik per KWh dan daya lampu. Penelitian ini menggunakan biaya listrik per KWh bulan Oktober 2019 sesuai dengan Tarif Tenaga Listrik yang diberikan Perusahaan Listrik Negara (PLN) yaitu sebesar Rp 1.467,00.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 7 merupakan hasil simulasi distribusi intensitas cahaya pada ruang E11-210 sesuai dengan sistem pencahayaan yang diterapkan saat ini. Hasil simulasi yang terlihat pada Gambar 7 menunjukkan bahwa distribusi intensitas cahaya ruang kelas E11-210 antara 123 – 240 Lux sehingga masih belum memenuhi standar SNI. Hal ini didukung dengan hasil pengukuran secara observasi pada Tabel III menunjukkan bahwa ruang kelas E11-210 belum memenuhi standar SNI. Berdasarkan hasil observasi dan simulasi menggunakan Dialux dengan metode pengambilan

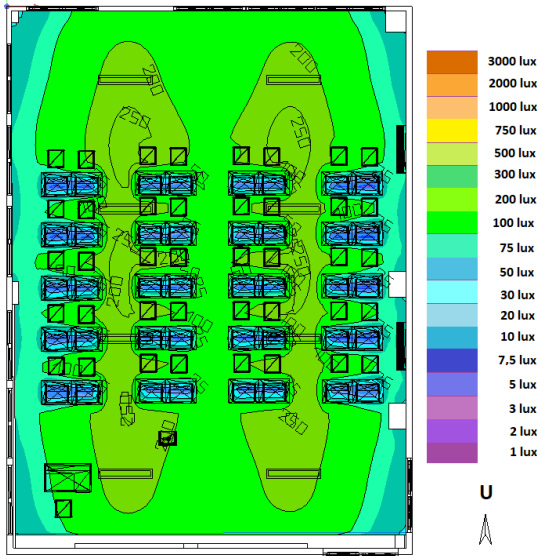
data sesuai standar SNI 16-7062-2004 terlihat bahwa ruang kelas E11-210 belum memenuhi standar SNI.



Gambar 6. Denah pemasangan (a) *armature* TL LED dan (b) *armature* Bohlam LED pada simulasi

TABEL III. HASIL OBSERVASI DAN SIMULASI DISTRIBUSI INTENSITAS CAHAYA PADA RUANG E11-210

No.	Jenis Pengukuran Pencahayaan	Distribusi Intensitas Cahaya (Lux)	
		Observasi	Simulasi
1	Pengukuran Umum	185 – 211	233 – 244
2	Pengukuran Setempat	110 – 221	123 – 240



Gambar 7. Hasil simulasi distribusi intensitas cahaya ruang kelas E11-210 sesuai dengan sistem pencahayaan yang digunakan saat ini

Penelitian ini menggunakan variasi 5 *armature* TL LED dengan menggunakan daya dan luminous flux yang sama seperti pada Tabel I. Hal ini dilakukan agar dapat diketahui distribusi intensitas cahaya yang optimal dalam pengukuran umum maupun setempat yang sesuai dengan SNI. Terdapat 3 jenis *armature* TL LED yang terlihat pada Tabel IV yaitu nomor 1, 2 dan 3 dapat direkomendasikan sebagai pengganti *armature* yang digunakan saat ini. Hal ini dikarenakan *armature* nomor 1, 2, dan 3 memiliki intensitas cahaya ruang kelas E11-201 dapat memenuhi standar SNI. Penerapan prinsip interferensi cahaya yang saling menguatkan pada kisi-kisi *armature* nomor 1, 2, dan 3 dapat meningkatkan intensitas cahaya ruang kelas E11-201.

Armature Artolite RM300 M2 yang digunakan saat ini memiliki desain kisi-kisi *armature* serupa dengan *armature* nomor 1, 2 dan 3. Akan tetapi intensitas cahaya menggunakan *armature* Artolite RM300 M2 belum memenuhi standar SNI. Hal ini dikarenakan penggunaan *armature* Artolite RM300 M2 menggunakan lumen yang lebih kecil dibandingkan oleh *armature* nomor 1, 2, dan 3. Penggunaan lampu dan *armature* dengan lumen yang besar akan mempengaruhi penurunan kehandalan lampu. Sehingga *armature* nomor 1, 2, dan 3 akan memerlukan perawatan pada lampu dan *lamp armature* lebih banyak dibandingkan dengan *armature* Artolite RM300 M2.

Berdasarkan Tabel V terlihat bahwa hasil simulasi pengukuran umum dengan variasi *armature* Bohlam LED belum memenuhi SNI. Akan tetapi pada pengukuran setempat, *armature* nomor 5 (Luxspace Ace Accent RS750B) memiliki intensitas cahaya sesuai standar SNI. Hal ini dikarenakan distribusi arah pencahayaan *armature* nomor 5 tidak menyebar. Sehingga interferensi cahaya antar lampu akan saling menguatkan pada pengukuran setempat. Salah satu kenyamanan dalam proses belajar mengajar dapat diketahui berdasarkan intensitas cahaya pada masing-masing meja berdasarkan dari pengukuran setempat [5], [17]. Oleh karena itu *armature* Luxspace Ace Accent RS750B masih dapat

direkomendasikan sebagai pengganti *armature* walaupun hanya hasil pengukuran setempat yang memenuhi SNI.

TABEL IV. HASIL SIMULASI DISTRIBUSI INTENSITAS CAHAYA PADA RUANG E11-210 DENGAN VARIASI TL *ARMATURE*

No.	Nama <i>Armature</i> TL LED	Distribusi Intensitas Cahaya (Lux)	
		Pengukuran Umum	Pengukuran Setempat
1	Powerbalance Gen2 RC463B	467 – 474	382 – 506
2	Powerbalance RC360B	468 – 476	383 – 505
3	Slimblend Rectangular RC402B	457 – 467	377 – 475
4	Trueline Recessed RC534B	427 – 459	326 – 540
5	Flexblend Recessed RC342B	300 – 305	245 – 324

TABEL V. HASIL SIMULASI DISTRIBUSI INTENSITAS CAHAYA PADA RUANG E11-210 DENGAN VARIASI BOHLAM *ARMATURE*

No.	Nama <i>Armature</i> Bohlam LED	Distribusi Intensitas Cahaya (Lux)	
		Pengukuran Umum	Pengukuran Setempat
1	Copenhagen LED Big BDS441	328 – 360	203 – 359
2	Luxspace Surface Mounted DN571C	345 – 365	297 – 370
3	Luxspace Recessed DN571B	339 – 356	288 – 359
4	Luxspace Recessed DN570B	349 – 361	290 – 360
5	Luxspace Ace Accent RS750B	323 – 495	376 – 439

Perhitungan biaya listrik pencahayaan selama 1 jam dengan *armature* Artolite RM300 M2 dapat dilihat pada Tabel VI. Begitu juga pada Tabel VI dapat dilihat perhitungan biaya listrik pencahayaan selama 1 jam dengan jenis *armature* TL LED (Powerbalance Gen2 RC463B) dan jenis *armature* Bohlam LED (Luxspace Ace Accent RS750B). Jenis *armature* nomor 2 dan 3 pada Tabel VI digunakan dalam perhitungan biaya listrik pencahayaan karena hasil simulasi menunjukkan bahwa *armature* jenis tersebut memenuhi SNI.

TABEL VI. PERHITUNGAN BIAYA LISTRIK PENCAHAYAAN RUANG KELAS E11-210 DENGAN *ARMATURE* YANG SAAT INI DIGUNAKAN, *ARMATURE* TL LED, DAN *ARMATURE* BOHLAM LED

No.	Jenis <i>Armature</i>	Daya Lampu (Watt)	Jumlah Lampu	Biaya Listrik per Kwh (Rp)	Total Biaya Listrik (Rp)
1	Artolite RM300 M2	36	16	1.467	845
2	Powerbalance Gen2 RC463B	26	16	1.467	610
3	Luxspace Ace Accent RS750B	19	20	1.467	558

Berdasarkan Tabel VI dapat dihitung nilai efisiensi dari penggantian *armature* dengan menggunakan *armature* TL LED sebesar 27,81% sedangkan penggantian *armature* dengan menggunakan *armature* Bohlam LED sebesar 33,96%. Biaya perawatan maupun parameter penurunan kehandalan masih belum diperhitungkan dalam efisiensi biaya listrik tersebut. Hasil simulasi dalam penelitian ini sesuai dengan referensi [4] yang mendapatkan efisiensi 34% dengan penggantian *armature* *Flourescent Tubular Lamps* (FTL) menjadi TL LED dan penggantian lampu TL dengan lampu LED. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa dengan adanya pemilihan *lamp armature* yang sesuai dengan ruang kelas akan menghemat biaya listrik yang signifikan walaupun jenis lampu yang digunakan sama.

IV. PENUTUP

Berdasarkan pengukuran secara observasi maupun simulasi, intensitas cahaya pada ruang kelas E11-201 belum memenuhi standar SNI. Penggantian *lamp armature* E11-201 yang digunakan saat ini dengan *armature* TL LED maupun *armature* Bohlam LED dapat mengakibatkan intensitas cahaya ruang kelas E11-201 memenuhi standar SNI. Nilai efisiensi biaya listrik pencahayaan dengan penggantian *armature* TL LED sebesar 27,81% sedangkan dengan penggantian *armature* Bohlam LED sebesar 33,96%. Dengan adanya pemilihan jenis *lamp armature* yang sesuai ruang kelas dan penggunaan lampu yang sama dalam penelitian ini dapat menghemat biaya listrik yang signifikan. Penelitian selanjutnya dapat memperhitungkan biaya perawatan maupun parameter kehandalan lampu dan *armature* agar didapatkan prediksi efisiensi biaya listrik pencahayaan lebih tepat.

REFERENSI

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Statistik Ketenagalistrikan 2017*, Jakarta, 2017.
- [2] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Keputusan Menteri ESDM tentang Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2008 s.d. 2027*, 2008.
- [3] E. Ghisi, T. C. Stahnke Manarov, L. Niehuns Antunes, and L. Padilha Thives, "Electricity Savings Due to the Replacement of Fluorescent Lamps with LEDs in Classrooms," *Eur. J. Sustain. Dev.*, vol. 8, no. 4, pp. 64–74, 2019.
- [4] T. Tejwani, R. Chikhalikar, and Siddhartha, "Energy Conservation in an Educational Institution - Through Lighting Optimization Techniques," in *2019 Innov. Power Adv. Comput. Technol.*, pp. 1–7, 2019.
- [5] L. T. Doulos, A. Kontadakis, E. N. Madias, M. Sinou, and A. Tsangrassoulis, "Minimizing energy consumption for artificial lighting in a typical classroom of a Hellenic public school aiming for near Zero Energy Building using LED DC luminaires and daylight harvesting systems," *Energy Build.*, vol. 194, pp. 201–217, 2019.
- [6] M. Fontoyront, "LED lighting , ultra-low-power lighting schemes for new lighting applications," *Comptes Rendus Phys.*, vol. 19, no. 3, pp. 159–168, 2018.
- [7] D. Erhat, M. Haag, A. Schmitt, D. Guerlich, M. Bonomolo, and U. Eickr, "Retrofitting Existing University Campus Buildings to Improve Sustainability and Energy performance" in *Proc PLEA 2016*, pp. 1–8, 2016.
- [8] M. Bonomolo, C. Baglivoa, G. Bianco, P. M. Congedo, and M. Beccali, "Cost optimal analysis of lighting retrofit scenarios in educational buildings in Italy," *Energy Procedia*, vol. 126, pp. 171–178, 2017.
- [9] M. F. Lee and N. Q. Zulkafli, "A Case Study on Energy Saving Through Lighting System for Building: An Internal Energy Review," in *2016 IEEE 6th Int. Conf. Power Energy. Conf. Proceeding*, pp. 575–579, 2016.
- [10] B. Stankovic, A. Kostic, and M. J. Popovic, "Energy for Sustainable Development Analysis and comparison of lighting design criteria in green building certification systems — Guidelines for application in Serbian building practice," *Energy Sustain. Dev.*, vol. 19, pp. 56–65, 2014.
- [11] M. Petkovic, D. Bajovic, D. Vukobratovic, G. McCutcheon, L. Stankovic, and V. Stankovic, "Effect of external daylight in smart dimmable LED lighting systems," in *Proc WOCC 2019 - Proceedings*, 2019, pp. 1–5.
- [12] L. L. Fernandes, E. S. Lee, D. L. Dibartolomeo, and A. Mcneil, "Monitored lighting energy savings from dimmable lighting controls in The New York Times Headquarters Building," *Energy Build.*, vol. 68, no. Part A, pp. 498–514, 2014.
- [13] M. S. S. Purnama and D. Sutanto, "Dynamic facade module prototype development for solar radiation prevention in high rise building," in *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 2018.
- [14] A. A. Freewan and L. W. Shqra, "Analysis of energy and daylight performance of adjustable shading devices in region with hot summer and cold winter," *Adv. Energy Res.*, vol. 5, no. 4, pp. 289–304, 2017.
- [15] A. Cilasun, "Using Daylight Systems To Reduce Energy Consumption Due To Lighting: A Case Study Of Yaşar University Cafeteria," *Assoc. Build. Phys.*, p. 10, 2016.
- [16] A. Tsangrassoulis, A. Kontadakis, and L. Doulos, "Assessing Lighting Energy Saving Potential from Daylight Harvesting in Office Buildings Based on Code Compliance & Simulation Techniques: A Comparison," *Procedia Environ. Sci.*, vol. 38, pp. 420–427, 2017.
- [17] N. Giraldo, M. Longhinotti, F. O. R. Pereira, and A. Kuhnen, "Luminous and visual preferences of young children in their classrooms: Curtain use , artificial lighting and window views," *Build. Environ.*, vol. 152, pp. 59–73, 2015.
- [18] N. Castilla, C. Linares, and F. Bisegna, "Emotional evaluation of lighting in university classrooms: A preliminary study," *Front. Archit. Res.*, 2018.
- [19] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 16-0762-2004 tentang Pengukuran intensitas penerangan di tempat kerja*. 2004.
- [20] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 6197: 2011 tentang Konservasi energi pada sistem pencahayaan*. 2011.