

Simulasi Pencahayaan Alami Gedung Olahraga Basket Panaikang, Makassar

Ramli Rahim¹, Nurul Jamala², Rahma Hiromi¹, Lucky S.E. Tamping³

^{1,2,3} Laboratorium Sain dan Teknologi Bangunan, Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Korespondensi: yb8bri@yahoo.com

Abstrak

Gedung Olahraga (GOR) merupakan sebuah bangunan yang memberikan fasilitas berupa tempat olahraga dalam ruangan. GOR ASPOL adalah gedung olahraga yang mempunyai lapangan basket di dalamnya, terletak di Panaikang Makassar. Olahraga Basket sendiri adalah olahraga yang dimainkan oleh 10 (sepuluh) orang pemain, dimana pemainnya bergerak secara dinamis, untuk itulah memerlukan pencahayaan yang baik agar orang yang bermain di dalam dapat secara cepat dan tepat menangkap objek secara visual dengan baik. Tidak dapat dipungkiri bahwa bangunan yang baik adalah bangunan yang dapat beradaptasi dengan alam atau dapat merespon alam. Sebagai bagian dari alam, desain yang baik dan ideal adalah desain yang tidak mengabaikan keberadaan alam sekitar, alam secara global, dan pengguna. Bangunan yang dapat memanfaatkan cahaya matahari dapat menghemat energi listrik di siang hari. Pencahayaan yang buruk dapat mengakibatkan kelelahan mata dengan berkurangnya daya efisiensi kerja, kelelahan mental, keluhan-keluhan pegal di daerah mata dan sakit kepala sekitar mata, kerusakan alat penglihatan dan meningkatnya kecelakaan. Kualitas pencahayaan yang harus dan layak disediakan, ditentukan oleh: 1) penggunaan ruangan, khususnya ditinjau dari segi beratnya penglihatan oleh mata terhadap aktivitas yang harus dilakukan dalam ruangan itu. 2) lamanya waktu aktivitas yang memerlukan daya penglihatan yang tinggi dan sifat aktivitasnya, sifat aktivitas dapat secara terus menerus memerlukan perhatian dan penglihatan yang tepat, atau dapat pula secara periodik dimana mata dapat beristirahat. Tujuan dalam penelitian ini adalah: 1. Mengetahui distribusi cahaya alami pada lapangan basket pada GOR ASPOL berdasarkan penetrasi yang sesuai dengan standar. 2. Memberikan solusi pendekatan agar pencahayaan alami dapat mendekati standar melalui simulasi komputer.

Kata-kunci: cahaya alami, kenyamanan visual, bukaan atas, simulasi

Pengantar

Berikut beberapa istilah yang digunakan ketika membahas masalah pencahayaan sebagai berikut (Fitrianti, 2010).

- Luminous Flux/Flux* cahaya adalah jumlah kekuatan cahaya yang dikeluarkan oleh sumber cahaya dalam waktu satu detik. *Fulx* cahaya memiliki satuan *lumen* (lm).
- Intensity Luminous/Intesitas* cahaya adalah intensitas pancaran/kekuatan cahaya yang dikeluarkan oleh sumber cahaya. Intensitas cahaya memiliki satuan *candela* (cd) serta menunjukkan distribusi *flux* cahaya.
- Illuminance/Iuminasi* adalah jumlah *lumen* yang jatuh pada setiap *square foot* (ft²) sebuah permukaan.

- d. *Luminance*/luminansi adalah jumlah cahaya yang direfleksikan oleh permukaan benda dan sampai ke mata. Luminansi memiliki satuan cd/m^2 .

Pencahayaan memiliki 3 fungsi utama (*Code for Lighting 1*) yaitu menjamin keselamatan penggunaan interior, memfasilitasi performa visual, dan memperbaiki atmosfer lingkungan visual.

Untuk merencanakan pencahayaan yang baik ada 6 kriteria yang harus diperhatikan (Jamala dan Rahim, 2017), yaitu:

- 1) Kuantitas cahaya (*lighting level*) atau tingkat kuat penerangan
- 2) Distribusi kepadatan cahaya (*luminance distribution*)
- 3) Pembatasan agar cahaya tidak menyilaukan (*limitation of glare*)
- 4) Arah pencahayaan dan pembentukan bayangan (*light directionality and shadows*)
- 5) Warna cahaya dan refleksi warna (*light colour and colour rendering*)
- 6) Kondisi dan iklim ruang

Berdasarkan sumbernya, pencahayaan dapat dibagi menjadi tiga yaitu pertama, penerangan alami adalah penerangan yang berasal dari cahaya matahari; kedua, penerangan buatan yaitu penerangan yang berasal dari lampu; ketiga, penerangan alami dan buatan yaitu penggabungan antara penerangan alami dari sinar matahari dengan lampu/penerangan buatan (Rai, 2006) dan (Rahim, 2009).

Menurut Tarwaka (2004), sumber penerangan secara umum dibedakan menjadi dua yaitu penerangan buatan dan penerangan alami. Penerangan alami adalah sumber dari cahaya matahari atau terangnya langit. Cahaya matahari tidak dapat diatur menurut keinginan kita. Penerangan buatan dalam penggunaan penerangan listrik harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut.

- a. Penerangan listrik harus cukup intensitasnya sesuai dengan pekerjaan yang dilakukan.
- b. Penerangan listrik tidak boleh menimbulkan pertambahan suhu udara di tempat kerja yang berlebihan. Jika hal itu terjadi, maka diusahakan suhu dapat turun misalnya dengan ventilasi, kipas angin dan lain-lain.
- c. Sumber cahaya listrik harus memberikan penerangan dengan intensitas yang tepat, menyebar, merata tidak berkedip-berkedip, tidak menyilaukan, serta tidak menimbulkan bayangan yang mengganggu (Jamala dan Rahim, 2017).

Klasifikasi Pencahayaan

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, cahaya merupakan sinar atau terang dari suatu benda yang bersinar seperti bulan, matahari, dan lampu yang menyebabkan mata dapat menangkap bayangan dari benda-benda di sekitarnya. Cahaya adalah prasyarat untuk penglihatan manusia terutama dalam mengenali lingkungan dan menjalankan aktifitasnya.

Pencahayaan didefinisikan sebagai jumlah cahaya yang jatuh pada sebuah bidang permukaan. Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja, dengan bidang kerja yang dimaksud adalah sebuah bidang horisontal imajiner yang terletak setinggi 0,75 meter di atas lantai pada seluruh ruangan (SNI 03-6575-2001). Pencahayaan memiliki satuan lux (lm/m^2), dimana lm adalah lumens dan m^2 adalah satuan dari luas permukaan. Pencahayaan dapat mempengaruhi keadaan lingkungan sekitar. Pencahayaan yang baik menyebabkan manusia dapat melihat objek-objek yang dikerjakannya dengan jelas. Pencahayaan sebagai faktor persepsi sangat berpengaruh terhadap fungsi kognitif dan emosional. Informasi yang masuk 90% melalui visual. Mata menjadi organ yang penting dalam melakukan pekerjaan dan profesi oleh karena itu memerlukan pencahayaan yang tepat.

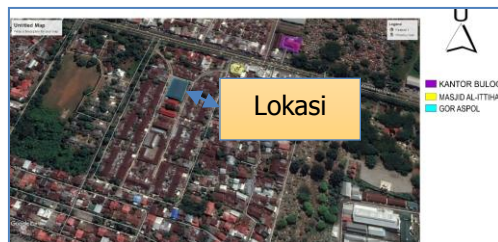
Pencahayaan Alami

Cahaya alami adalah cahaya yang bersumber dari cahaya matahari. Intensitas cahaya yang dihasilkan bervariasi tergantung pada jam, musim dan tempat. Pencahayaan alami menjadi pilihan utama untuk dipertimbangkan ketika mendesain sebuah bangunan. Keuntungan yang didapat adalah pengurangan terhadap energi listrik. Oleh karena itu, sangat disarankan agar menggunakan cahaya alami semaksimal mungkin di dalam bangunan untuk memenuhi kebutuhan pencahayaan manusia dalam berkegiatan. Pencahayaan alami bisa didapatkan dari sinar matahari melalui ventilasi atau bukaan yang ada pada bangunan tersebut. Matahari merupakan sumber cahaya atau penerangan alami yang paling mudah didapat dan banyak manfaatnya. Oleh karena itu, harus dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin. Apalagi di Indonesia sebagai daerah tropis yang terletak di garis khatulistiwa, matahari memancarkan sinarnya sepanjang tahun tanpa perbedaan siang dan malam (Rahim, 2011). Tidak seperti di daerah-daerah sub tropis, waktu penyinaran matahari pada siang hari lebih banyak dari pada malam hari atau sebaliknya. Pemanfaatan pencahayaan alami sangat terkait erat dengan posisi geografis suatu bangunan karena pergerakan relatif matahari pada setiap koordinat di bumi berbeda-beda. Untuk itu diperlukan diagram matahari yang dapat membantu pengamatan dan perkiraan jumlah cahaya matahari yang masuk ke dalam sebuah bangunan (Gunawan, 2011:7-11).

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian merupakan suatu tempat atau wilayah dimana penelitian tersebut dilakukan. Adapun penelitian yang dilakukan terkait "Simulasi Pencahayaan Alami pada Gedung Olahraga ASPOL Panaikang Makassar". Lokasi penelitian ini adalah lapangan basket Gedung Olahraga Aspol Panaikang Makassar (Hiromi, 2018).



Gambar 1. Lokasi Gedung Olahraga Aspol Panaikang Makassar
Sumber: Google Earth (diakses pada tanggal 17 Februari 2018 pukul 19.26)



Gambar 2. Kondisi dalam Ruang GOR ASPOL Panaikang Makassar

Waktu Penelitian

Waktu kegiatan pengukuran di lapangan dengan menggunakan lux meter pada objek penelitian dilakukan pada bulan Maret dan April. Pengukuran dengan lux meter dilakukan selama 4 hari untuk kemudian didapatkan rata-rata intensitas pencahayaan alami selama penelitian. Pengukuran dilakukan antara pukul 08.00 sampai 17.00 WITA dengan tiga kali pengukuran yakni pada pukul 08.00-09.00 WITA (pagi hari), pukul 12.00-14.00 WITA (siang hari) dan pukul 16.00-17.00 WITA (sore hari). Penelitian ini merupakan suatu studi evaluasi terhadap tingkat pencahayaan di Gedung Olahraga ASPOL Panaikang Makassar dengan melakukan pengukuran yang disajikan dalam bentuk tabel dan membandingkan hasil pengukuran tersebut dengan standar yang berlaku. Kemudian menganalisis hasil pengukuran tersebut dengan perubahan dimensi. Sehingga jenis penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Metode penelitian deskriptif merupakan penelitian yang bertujuan menggambarkan atau menjelaskan sesuatu hal seperti apa adanya tanpa mengubah atau merekayasa hasil penelitian. Metode deskriptif dipilih karena untuk menjelaskan atau menggambarkan secara jelas bagaimana pengaruh dimensi penetrasi, dan pencahayaan pada Gedung Olahraga ASPOL Panaikang Makassar.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah semua alat yang digunakan untuk mengumpulkan, memeriksa, menyelidiki suatu masalah, atau mengumpulkan, mengolah, menganalisa dan menyajikan data-data secara sistematis serta objektif dengan tujuan memecahkan suatu persoalan atau menguji suatu hipotesis. Jadi, semua alat yang bisa mendukung suatu penelitian bisa disebut instrumen penelitian. Instrumen penelitian digunakan untuk mengukur nilai variabel yang diteliti.

Lux Meter

Lux meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya di suatu tempat yang akan diteliti. Lux meter digunakan untuk mengukur tingkat luminansi. Hasil dari pengukuran luxmeter akan dibandingkan dengan standar pencahayaan ruang sebesar 300 lux berdasarkan SNI. Cara pengukurannya yaitu sensor ditempatkan pada tempat kerja atau pada tempat dimana intensitas cahaya harus diukur, dan alat akan secara langsung memberikan hasil pembacaan pada layar panel. Agar tidak terjadi kesalahan pengukuran maka sensor harus ditempatkan secara tepat pada tempat kerja untuk menghasilkan pembacaan yang akurat. Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan oleh operator saat melakukan pengukuran yaitu operator harus berhati-hati supaya tidak menimbulkan bayangan. Jangan menimbulkan pantulan cahaya yang disebabkan oleh pakaian operator.

Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur dimensi ruang dan jarak serta untuk mengukur ukuran jendela. Meteran juga dikenal sebagai pita ukur atau tape atau bisa disebut juga sebagai Roll Meter ialah alat ukur panjang yang bisa digulung, dengan panjang 25-50 meter. Meteran ini sering digunakan oleh tukang bangunan atau pengukur lebar jalan. Ketelitian pengukuran dengan rollmeter hingga 0,5 mm.

Komputer/laptop

Digunakan untuk menjalankan program software yang akan dipakai dalam mensimulasikan hasil dari perhitungan data iluminans yang ada di lapangan. Software DIALux Evo 2016 merupakan software yang akan digunakan untuk mensimulasikan data yang sudah didapatkan di lapangan.

Program Simulasi dengan Software Velux Visualizer Daylight 3

Simulasi adalah proses perancangan model dari suatu sistem nyata dan pelaksanaan eksperimen-eksperimen dengan model ini untuk tujuan memahami tingkah laku sistem atau untuk menyusun strategi sehubungan dengan operasi sistem tersebut. Simulasi yang digunakan yaitu Software Velux Visualizer Daylight 3.

Variabel dan Definisi Operasional

Variabel bebas adalah variabel yang menyebabkan atau memengaruhi, yaitu faktor-faktor yang diukur, dimanipulasi atau dipilih oleh peneliti untuk menentukan hubungan antara fenomena yang diobservasi atau diamati. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah dimensi bukaan (penetrasi) yang menentukan masuknya cahaya alami ke dalam ruang khususnya lapangan basket dan tribun.

Variabel terikat, adalah faktor-faktor yang diobservasi dan diukur untuk menentukan adanya pengaruh variabel bebas, yaitu faktor yang muncul, atau tidak muncul, atau berubah. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah tingkat intensitas pencahayaan yang terdistribusi dari cahaya langit (daylight). Definisi operasional adalah aspek penelitian yang memberikan informasi kepada kita tentang bagaimana caranya mengukur variabel. Definisi operasional adalah semacam petunjuk kepada kita tentang bagaimana caranya mengukur suatu variabel. Definisi operasional merupakan informasi ilmiah yang sangat membantu peneliti lain yang ingin melakukan penelitian dengan menggunakan variabel yang sama. Karena berdasarkan informasi itu, ia akan mengetahui bagaimana caranya melakukan pengukuran terhadap variabel yang dibangun berdasarkan konsep yang sama. Dengan demikian ia dapat menentukan apakah tetap menggunakan prosedur pengukuran yang sama atau diperlukan pengukuran yang baru.

Definisi operasional adalah penjelasan definisi dari variabel yang telah dipilih oleh peneliti. Logikanya, antara peneliti yang satu dengan yang lain bisa beda definisi operasional dalam satu judul skripsi yang sama. DO (Definisi Operasional) boleh merujuk pada kepustakaan.

Tabel 1. Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional
Intensitas Pencahayaan	Banyaknya jumlah cahaya yang jatuh pada permukaan tertentu. Intensitas pencahayaan dilambangkan dengan E (iluminasi) dan dinyatakan dalam satuan lux (lx).
Penetrasi	Penetrasi adalah bukaan pada bangunan yang dimaksudkan untuk mendistribusikan cahaya pada bangunan

Penentuan Titik Ukur

Titik ukur dibagi dalam 3 area penelitian, yaitu area lantai dasar dan area lapangan dimana titik ukur penelitian terbagi melalui titik potong horizontal Panjang dan lebar ruangan adalah pada jarak 6 m sesuai pada SNI 16-7062-2004 dan area tribun dengan jarak titik horizontal panjang dan lebar juga

mengacu pada SNI 16-7062-2004 yaitu 3 m yang tegak lurus dengan as tiap ketinggian tribun dan terbagi menjadi 3 zona yaitu zona A (merah - lapangan), zona B (biru) dan zona C (hijau).

Pengukuran dengan *Lux Meter*

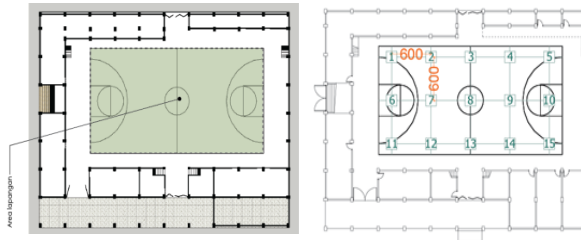
Pengukuran *lux meter* digunakan untuk mengetahui intensitas pencahayaan alami pada bangunan yang akan diteliti. Hasil dari pengukuran *lux meter* akan dibandingkan dengan standar pencahayaan ruang sebesar 300 lux berdasarkan SNI 03-3647-1994. Data hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel. Pengambilan data dari pengukuran lux meter ini dilakukan selama beberapa hari untuk kemudian didapatkan rata-rata intensitas pencahayaan alami (Rahim, dkk. 2011).

Pengukuran dalam penelitian GOR ASPOL Panaikang Makassar dilakukan antara pukul 08.00 sampai 17.00 WITA dengan tiga kali pengukuran yakni pada pukul 08.00-9.00 WITA (pagi hari), pukul 12.00-13.00 WITA (siang hari) dan pukul 16.00-17.00 WITA (sore hari).

Hasil dan Pembahasan

Zona lapangan basket dengan luas 420 m² hanya mencakup area yang berwarna hijau (Gambar 17). Area ini dkhhususkan agar dapat dilakukan pengukuran intensitas pecahayaannya pada area lapangan basket saja, dimana menjadi hal yang utama dalam penelitian ini dikarenakan aktivitas bermain basket yang sangat dinamis dan membutuhkan kenyamanan visual yang baik.

Penentuan titik ukur pun dilakukan sesuai dengan standar SNI 16-7062-2004 yang diambil dari as lapangan. Adapun titik ukur yang didapat menjadi 15 titik ukur.



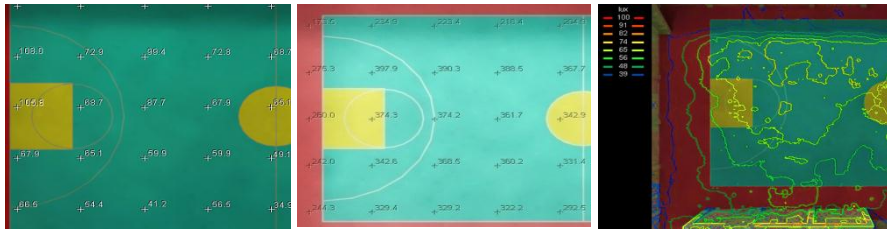
Gambar 3. Zona area lapangan penentuan titik ukur

Hasil Pengukuran pada pukul 08.00 WITA

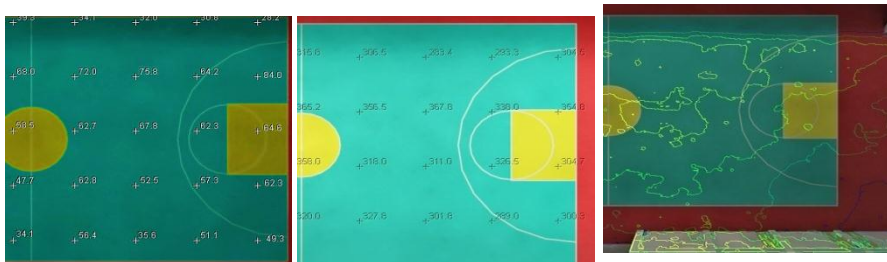
Pengukuran pada pagi hari dilakukan selama 4 hari yaitu pada tanggal 23 Maret 2018 , 2 April 2018, 3 April 2018 dan 5 April 2018. Pengukuran berlangsung pada pukul 08.00-09.00 WITA. Nilai rata-rata diukur berdasarkan tiap zona ukur, hal ini bertujuan untuk mengetahui besaran nilai rata-rata zona pengukuran sesuai dengan orientasi matahari terhadap bangunan tersebut. Adapun besarnya adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Besaran Distribusi cahaya Jam 08.00 WITA

Zona pengukuran		Tanggal Pengukuran			
		23 Maret 2018	02 April 2018	03 April 2018	05 April 2018
Intensitas Cahaya Langit luar (lux)		106.858	108.975	119.812	96.573,25
Lapangan	Nilai rata-rata (lux)	20,2	28,5	38	63,1
	Distribusi (%)	0,02%	0,03%	0,03%	0,07%



Gambar 4. Gambar intensitas cahaya pada area lapangan sisi utara (awal, simulasi dan kountur)



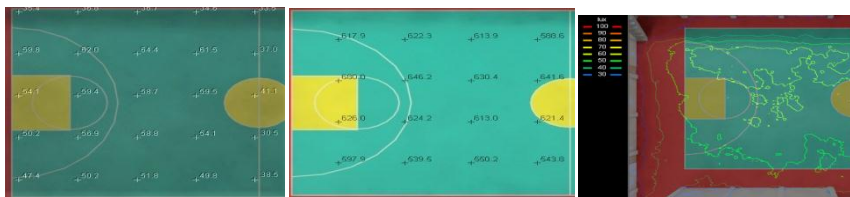
Gambar 5. Gambar intensitas cahaya pada area sisi selatan lapangan (awal, simulasi dan kountur)

Gambar 4 dan 5 menunjukkan hasil simulasi kondisi awal data pengukuran pukul 08.00 WITA pada tanggal 5 April 2018 pada area sisi utara dan selatan lapangan , hal ini ditunjukkan dari besaran intensitas cahaya pada titik ukur hasil simulasi sesuai dengan data ukur yang diambil peneliti di lapangan yang selanjutnya dibuatkan gambar kountur cahaya. Pada gambar 4 dan 5, kontur besaran lux (intensitas cahaya) pada area lapangan cenderung merata pada zona lapangan, hal ini terlihat dari kontur lapangan yang didominasi warna kuning (74 lx) dan hijau (56 lx).

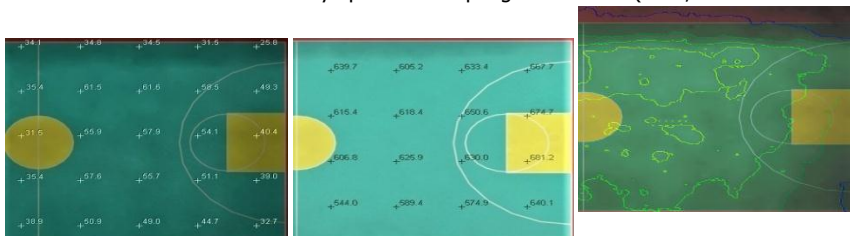
Hasil Pengukuran pada pukul 12.00 WITA

Tabel 3. Besaran Distribusi cahaya Jam 12.00 WITA

Zona pengukuran	Tanggal Pengukuran				
	23 Maret 2018	02 April 2018	03 April 2018	05 April 2018	
Intensitas Cahaya Langit luar (lux)	126.285	170.090	116.733	76.432	
Lapangan	Nilai rata-rata (lux)	25,6	36,53	31,87	45,13
	Distribusi (%)	0,022%	0,023%	0,030%	0,059%



Gambar 6. Gambar intensitas cahaya pada area lapangan sisi utara (awal, simulasi dan kountur)



Gambar 7. Gambar intensitas cahaya pada area sisi selatan lapangan (awal, simulasi dan kountur)

Gambar 6 dan 7 menunjukkan hasil simulasi kondisi awal data pengukuran pukul 12.00 WITA pada tanggal 5 April 2018 pada area sisi utara dan selatan lapangan , hal ini ditunjukkan dari besaran intensitas cahaya pada titik ukur hasil simulasi sesuai dengan data ukur yang diambil peneliti di lapangan yang selanjutnya dibuatkan gambar kountur cahaya. Dari gambar 6 dan 7, kontur besaran lux (intensitas cahaya) pada area lapangan cenderung merata pada zona lapangan, hal ini terlihat dari kontur lapangan yang didominasi warna kuning (60 lx) dan hijau (50 lx).

Hasil Pengukuran pada pukul 16.00 WITA

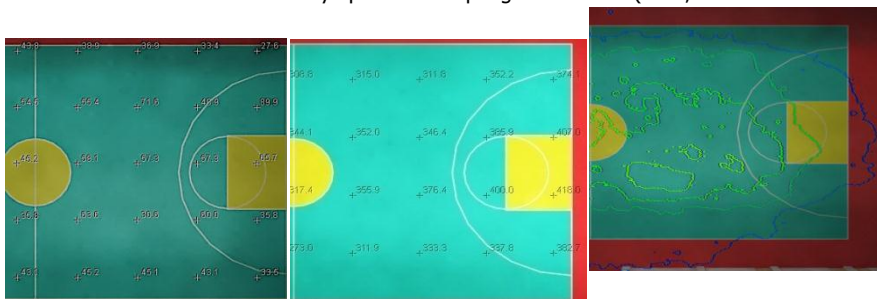
Tabel 4. Tabel besaran distribusi cahaya Jam 16.00 WITA

Zona pengukuran		Tanggal Pengukuran			
		23 Maret 2018	26 Maret 2018	28 Maret 2018	05 April 2018
Intensitas Cahaya Langit luar (lux)		6.684	7.287	11.780,5	5.891
Lapangan	Nilai rata-rata (lux)	25,47	28,53	30,53	54,66
	Distribusi (%)	0,38 %	0,39 %	0,26 %	0,93 %

Gambar 8 dan 9 menunjukkan hasil simulasi kondisi awal data pengukuran pukul 16.00 WITA pada tanggal 5 April 2018 pada area sisi utara dan selatan lapangan , hal ini ditunjukkan dari besaran intensitas cahaya pada titik ukur hasil simulasi sesuai dengan data ukur yang diambil peneliti di lapangan yang selanjutnya dibuatkan gambar kountur cahaya. Dari gambar 8 dan 9, kontur besaran lux (intensitas cahaya) pada area lapangan cenderung merata pada zona lapangan, hal ini terlihat dari kontur lapangan yang didominasi warna kuning dan hijau, serta warna biru dipinggir lapangan yang menunjukkan intensitas di area tersebut 56 lx dan 48 lux.



Gambar 8. Gambar intensitas cahaya pada area lapangan sisi utara (awal, simulasi dan kountur)



Gambar 9. Gambar intensitas cahaya pada area lapangan sisi selatan (awal, simulasi dan kountur)

Kesimpulan

1. Hasil penelitian dan pengukuran pada lapangan menunjukkan bahwa kondisi awal GOR tidak mencapai standar SNI 03-3647-1994. Intensitas cahaya pada lapangan GOR ASPOL bisa dikatakan jauh di bawah standar SNI 02-3647-1994.
2. Solusi pendekatan agar pencahayaan alami dapat mendekati standar melalui simulasi komputer dimana dimensi dinding di atas tribun ditambah sehingga rata dengan tribun teratas dan hanya menyisakan tiang kolom. Pengaruh dari perubahan tersebut adalah peningkatan intensitas cahaya pada lapangan. Sehingga hasil simulasi untuk pagi dan sore hari telah mendekati standar SNI 03-3647-1994, dan untuk siang hari memenuhi standar pertandingan basket (300 lux). Alternatif lainnya adalah menambahkan penerangan buatan.

Daftar Pustaka

- Fitrianti. 2010. *Sistem Pencahayaan Sebagai Salah Satu Penunjang Kegiatan Membaca Pada perpustakaan*. Skripsi Program Sarjana Strata 1 Fakultas Teknik Departemen Arsitektur Universitas Indonesia. Depok.
- Google Earth. 2018. *Explore, Search and Discover*. [http:// www. Earth.Google.com](http://www.Earth.Google.com). (Diakses pada tanggal 17 Februari 2018 pukul 19:26)
- Gunawan. 2011. *Simulasi Rancangan Bukaan Pencahayaan Cahaya Matahari Langsung*. Universitas Katolik Parahyangan.
- Hiromi. *Distribusi pencahayaan alami Gedung olahraga basket*, Hasil Penelitian Teknologi Terapan, ISBN : 978-979-127255-0-6, Volume 9 : Desember 2018,
- Jamala dan Rahim. 2017. *Teori dan Aplikasi Kenyamanan Visual*. ISBN 978-602-6883-85-8, Badan Penerbit UNM, Makassar.
- Rahim, dkk. 2011. *Monitoring Perubahan Iklim dengan Data Pengukuran Luminansi dan Lama Penyinaran Matahari*. Universitas Hasanuddin: Makassar.
- Rahim. 2009. *Teori dan Aplikasi Distribusi LuminasiLangit di Indonesia*, ISBN 978-979-15460-3-5, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas, Hasanuddin, Makassar.
- Rahim, dkk. 2011. *Monitoring Perubahan Iklim dengan Data Pengukuran Luminansi dan Lama Penyinaran Matahari*. Universitas Hasanuddin: Makassar.
- Rai. 2006. *Pengaruh Penerangan dalam Ruang Terhadap Produktivitas Kerja Mahasiswa*. Skripsi Program Studi desain interior FSRD. Institut Seni Indonesia Denpasar.
- SNI 03-6575-2001: *Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung*.
- SNI 03-3647-1994: *Tata Cara Perencanaan Teknik Bangunan Gedung Olahraga*.
- SNI 16-7062-2004: *Pengukuran intensitas penerangan di tempat kerja*.
- Tarwaka. 2004. *Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. Surakarta: Universitas Islam Batik Surakarta.