

PENGUKURAN RADIASI MATAHARI UNTUK PERHITUNGAN FAKTOR MATAHARI

SOLAR RADIATION MEASUREMENT FOR CALCULATION SOLAR FACTOR

Syukron Dwi Apriyadi¹, Drs.Ery Djunaedy M.SC²., Dr. Wahyu Sujatmiko, S.T., M.T³.

^{1,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹syukronyadi@gmail.com ²erydjunaedy@gmail.com, ³jtwsniko@gmail.com

Abstrak

Data ketersediaan radiasi matahari di suatu tempat sangatlah penting untuk keperluan bangunan hemat energi. Data ini digunakan untuk mengestimasi beban panas yang seharusnya dihindari masuk ke dalam ruangan agar energi yang digunakan untuk mendinginkan ruangan tidak besar. SNI 03-06389-2010 Konservasi Energi Selubung Bangunan hanya memiliki data radiasi matahari untuk Kota Jakarta, sedangkan untuk kota-kota lain belum tersedia. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran radiasi matahari dengan instrumen buatan untuk menerima radiasi matahari dari empat arah mata angin yaitu timur, barat, utara, dan selatan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan sensor cahaya yaitu sensor BH1750 di tempat tinggi yang tidak terhalang oleh bayangan di Kota Bandung dan diukur dari pukul 07.00 hingga 18.00 berdasarkan waktu pengukuran data yang tertera pada SNI-03-06389-2010. Hasil data kalibrasi dilakukan pengujian *Mean Bias Error* (MBE) dengan metode observasi di masing-masing sensor dengan rentang 2,32 sampai dengan 6,17 dan memiliki nilai *Coefficient of Variation of Root Mean Square Error* CV(RSME) di masing-masing sensor dengan rentang 11,13 sampai dengan 29,61. Masing-masing eror MBE dan CV(RSME) ini masih dalam batas toleransi dalam standar pada ASHRAE. Setelah alat terkalibrasi dilakukan pengukuran radiasi matahari, pengukuran dilakukan dengan metoda diukur secara langsung dan masing-masing sensor menghadap arah mata angin dengan menggunakan kompas selama 7 hari yang dimulai pada tanggal 23 sampai dengan 29 September 2018. Hasil pengukuran selama 7 hari didapatkan bahwa permukaan dinding yang mengarah ke arah timur, selatan, utara, dan barat mendapat paparan radiasi matahari sebesar 362, 240, 331, 254 dalam satuan W/m².

Kata kunci : Radiasi Matahari, Faktor Matahari

Abstract

Availability of solar radiation data in somewhere is very important for the purposes of energy efficient buildings. This data is used to estimate the load of heat that should be avoided entering into the room, so that the energy used to cool the room which not large. SNI 03- 06389-2010 conservation of Sheath building energy (Konservasi Energi Selubung Bangunan) only has data on solar radiation for the city of Jakarta, while for other cities is not yet available. This research was conducted on the measurement of solar radiation with artificial instruments to receive solar radiation of the four direction wind namely East, West, North, and South. The measurement is carried out using BH1750 sensor in high place which is not deterred by a shadow in the city of Bandung and measured from 07.00 a.m to 18.00 p.m based on measurement data provided on SNI-03-06389-2010. The results of the calibration data is done testing the Mean Bias Error (MBE) with the method of observation in each sensor with a range of 2,32 up to 6,17 and have the value of Coefficient of Variation of Root Mean Square Error CV (RSME) in each sensor with the range 11,13 up to 29,61. Each of this errors is still within tolerance within the ASHRAE standard After the calibration of instrument was measured by solar radiation, measurement is carried out for 7 days beginning on the date of 23 to 29 September 2018. Measurement results for 7 days is obtained that the surface of the wall that leads to the East, South, North and West of the Solar radiation exposure of 362, 240, 254, 331 in units of W/m².

Keywords: Solar Radiation, Solar Factor

1. Pendahuluan

Data ketersediaan radiasi matahari di suatu tempat penting untuk keperluan bangunan hemat energi. Data ini digunakan untuk mengestimasi beban panas yang seharusnya dihindari masuk ke dalam ruangan, agar energi yang digunakan untuk mendinginkan ruangan tidak besar. Untuk keperluan ini makin banyak radiasi matahari yang dapat dihindari, makin baik bagi penghematan energi pada suatu bangunan. [1]SNI 03-06389-2010 Konservasi Energi Selubung Bangunan merupakan Standar Nasional Indonesia yang khusus mengatur perancangan gedung di

Indonesia. Standar ini disusun dengan tujuan meningkatkan jumlah ketersediaan standar ketenagalistrikan di Indonesia melalui prosedur perumusan standar dan dibahas dalam Rapat Konsensus PTEB tanggal 12 November 2010 di Jakarta. [2] Untuk mengurangi beban energi yang ditanggung pada bangunan SNI menentukan kriteria desain selubung bangunan yang dinyatakan dalam nilai perpindahan termal menyeluruh (*Overall Thermal Transfer Value, OTTV*). Perhitungan OTTV dipengaruhi oleh beberapa perpindahan panas yaitu secara konduksi melalui material dinding dan material kaca serta secara radiatif melalui material kaca. Salah satu elemen perhitungan pada proses perpindahan panas secara radiatif yang adalah *solar factor*. *Solar factor* adalah laju rata-rata setiap jam dari radiasi matahari pada selang waktu tertentu yang sampai pada suatu permukaan. [2] Data yang sudah ada pada SNI 03-06389-2010 hanya menunjukkan data radiasi di Kota Jakarta. Sedangkan untuk daerah selain Jakarta masih belum tercantum dalam peraturan tersebut. Dibutuhkan pengukuran data dari daerah lain terkait data radiasi matahari yang diterima pada daerah tertentu agar dapat berguna untuk perancangan bangunan. Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, dalam pengerjaan penelitian ini akan dibuat sebuah instrumen yang dapat mengukur radiasi matahari untuk perhitungan faktor matahari. Hasilnya diharapkan dapat menjadi referensi bagi perancang bangunan hemat energy

2. Landasan Teori

2.1 Radiasi matahari

Radiasi matahari adalah salah satu penyebab utama semua ciri umum dari cuaca yang berada pada suatu daerah dan radiasi matahari sangat berpengaruh terhadap kehidupan manusia dimana salah satu kekuatan efektifnya ditentukan oleh energi radiasi matahari. Tingkat intensitas radiasi matahari merupakan faktor alam yang tidak dapat dihindari untuk masuk ke dalam sebuah bangunan. Radiasi matahari mengakibatkan perbedaan temperatur udara dalam bangunan yang tentunya akan berpengaruh terhadap energi yang dibutuhkan untuk mendinginkan suatu ruangan.

2.2 Faktor Matahari (*Solar Factor*)

Solar Factor adalah laju rata-rata setiap jam dari radiasi matahari pada selang waktu tertentu yang sampai pada suatu permukaan. [2] *Solar Factor* juga salah satu komponen penting dalam menentukan nilai perpindahan termal menyeluruh (*Overall Thermal Transfer Value, OTTV*). Nilai perpindahan termal menyeluruh atau OTTV untuk setiap bidang dinding luar bangunan gedung dengan orientasi tertentu harus dihitung melalui persamaan:

$$OTTV = \alpha[(U_w \times (1 - WWR) \times TD_{EK}] + (U_1 \times WWR \times \Delta T) + (SC \times WWR \times SF) \quad (2.1)$$

Dengan:

OTTV =Nilai perpindahan termal menyeluruh dinding terluar yang memiliki orientasi tertentu (W/m^2)

A =Absorbans radiasi matahari

U =Transmitans termal dinding tidak tembus cahaya ($W/m^2.K$)

WWR =Perubahan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan

TDEK =Beda Temperatur ekuivalen

SF =Faktor radiasi matahari (W/m^2)

SC =Koefisien peneduh dari sistem penetrasi

U_1 =Transmitans termal penetrasi ($W/m^2.K$)

ΔT =Beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan dalam (diambil 5 K).

SNI-06389-2010 memiliki faktor radiasi matahari Jakarta, beberapa faktor radiasi matahari dihitung antara jam 07.00 sampai dengan 18.00. faktor radiasi matahari tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.1 Faktor Radiasi Matahari (W/m^2). [2]

Tabel 2. 1 Faktor Radiasi Matahari (W/m^2)

Orientasi	U	TL	T	TGR	S	BD	B	BL
		130	113	112	97	97	176	243

Keterangan:

U =Utara

TL =Timur Laut

TGR =Tenggara

S =Selatan

BD =Barat Daya

B =Barat

BL =Barat Laut

2.3 Sensor Cahaya

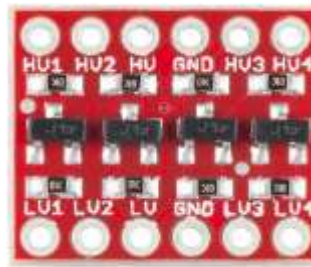
Sensor cahaya yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor modul BH1750. Sensor modul BH1750 merupakan sensor aktif yang membutuhkan tegangan input minimum sebesar 3.3 volt dan memiliki resolusi 2¹⁶ serta memiliki rentang pengukuran 1-65535 lx. Sensor ini memiliki prinsip kerja dengan menangkap sinar yang dianggap sebagai input dari sensor dan kemudian mengeluarkan output berupa lux. Bentuk sensor modul BH1750 ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bentuk Sensor Modul BH1750

2.4 Module Logic Level Converter

Module Logic Level Converter (Konverter) adalah komponen elektronika yang berfungsi sebagai pengubah tegangan 5 volt menjadi 3,3 volt atau sebaliknya. Bentuk *Module Logic Level Converter* ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Bentuk *Module Logic Level Converter*

2.5 Multiplexer

Multiplexer merupakan komponen elektronika yang memiliki fungsi sebagai data selektor. Cara kerja multiplexer adalah menerima beberapa *input* data digital yang kemudian menyeleksi salah satu *input* tersebut untuk dikeluarkan pada sisi *output*. Bentuk Multiplexer ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Bentuk Multiplexer

2.6 Mikrokontroler

Arduino adalah sebuah mikrokontroler yang bekerja berdasarkan IC Atmega328P. Mikrokontroler ini memiliki 14 masukan digital 6 masukan analog, sebuah kristal osilator 16 MHz. Arduino bekerja dengan tegangan minimal 5 volt DC, dan tegangan masukan yang disarankan adalah 5 sampai 12 volt. Arduino memiliki banyak fungsi untuk berbagai penggunaan. Selain itu arduino juga bisa digunakan bersama dengan komponen lain yang menghasilkan besaran listrik seperti motor, sensor, dan sebagainya. Gambar arduino ditunjukkan pada gambar 2.4.



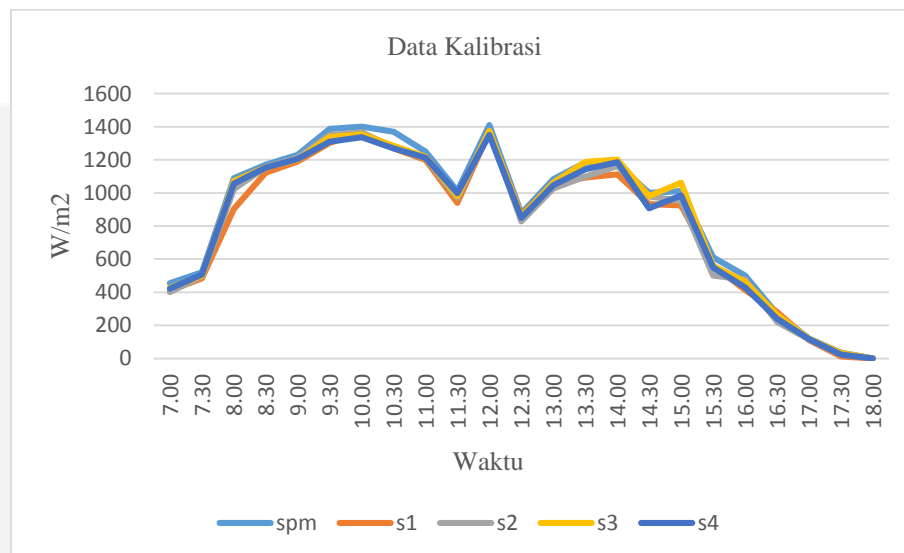
Gambar 2.4 Arduino UNO

3 Perancangan dan Pembuatan Instrumen

Pembuatan alat merupakan proses menggabungkan dan mengintegrasikan komponen-komponen yang telah didapatkan berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan.

3.1 Kalibrasi Instrumen

Secara teknis prosedur kalibrasi ini dimulai dengan meletakkan instrumen yang akan dikalibrasi dengan alat ukur acuan secara berdampingan di tempat yang tidak terhalang oleh bayangan. Pengkalibrasian dilakukan dari mulai pada pukul 07.00-18.30 WIB dengan pengambilan data setiap 30 menit. Hasil perbandingan antara instrumen buatan dan instrumen acuan ditunjukkan tabel 3.1 Data Kalibrasi.



Gambar 3.1 Data Kalibrasi

Kemudian hasil data pengukuran kalibrasi diuji dengan Mean Bias Error (MBE) dan CVRSME (*Coefficient of Variation of the Root Mean Square Error*). [4] Pengujian MBE bertujuan untuk mengetahui apakah nilai pengukuran dari instrument buatan berada di atas atau di bawah dari alat ukur acuan. Jika MBE bernilai negatif (-) maka hasil pengukuran berada di atas dari nilai alat ukur acuan, sedangkan jika MBE bernilai positif (+) maka hasil pengukuran berada di bawah dari alat ukur acuan. Rumus untuk menghitung nilai MBE ditunjukkan pada persamaan 3.1. [4]

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^j m_i - s_i}{\sum_{i=1}^j m_i} \times 100\% \quad 3.1$$

Keterangan:

- s :Nilai pengukuran yang didapatkan dari SPM
- m :Nilai pengukuran yang didapatkan dari masing-masing Sensor.
- I :Data ke-
- j :Jumlah data

Nilai MBE untuk masing-masing sensor ditunjukkan oleh tabel 3.2 Nilai MBE

Tabel 3.2 Nilai MBE

MBE %	
S1	6,174
S2	4,706
S3	2,321
S4	4,295

Pengujian CV(RSME) juga dilakukan untuk mengukur variabilitas kesalahan antara nilai terukur dan nilai acuan. Rumus ditunjukkan pada persamaan 3.2. [4]

$$CV(RSME) = \frac{1}{\bar{m}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i - s_i)^2}{j}} \times 100\% \quad 3.2$$

Nilai CV(RSME) untuk masing-masing sensor ditunjukkan oleh tabel 3.3 Nilai CV(RSME)

Tabel 3.3 CV(RSME)

CV(RSME) %	
S1	29,611
S2	22,571
S3	11,131
S4	20,597

Batas eror yang saya gunakan mengacu pada ASHRAE yang memiliki nilai batas MBE sebesar $\pm 10\%$ dan CV(RSME) sebesar 30%. Maka dengan begitu instrumen yang saya gunakan masih bisa melakukan pengukuran dan eror ini merupakan eror sebelum kalibrasi.

3.2 Karakterisasi Lux terhadap W/m^2

Satuan data yang dikeluarkan pada instrumen buatan adalah lux. Untuk mengonversi dari satuan lux menjadi satuan W/m^2 . Berikut langkah-langkah kalibrasi dilakukan:

1. Menyediakan lux meter, pada penelitian ini lux meter yang digunakan adalah digital lux meter sanfix LX-1010BS;
2. Menyediakan *solar power meter*, pada penelitian ini *solar power meter* yang digunakan adalah amprobe *solar power meter* solar-100;
3. Pengkarakterisasian dilakukan sebanyak 3 kali yang dimulai pada pukul 07.00-18.00 WIB dengan pengambilan data setiap 30 menit sekali.

Konversi dilakukan dengan cara menentukan konstanta pada persamaan berikut [3] :

$$\alpha \times \beta = \gamma \quad 3.3$$

Keterangan:

- α = Hasil pengukuran lux meter (lux);
 β = Konstanta;
 γ = Hasil pengukuran *Solar Power Meter* (W/m^2).

Dari persamaan di atas untuk menentukan konstanta maka persamaannya menjadi:

$$\beta = \frac{\gamma}{\alpha} \quad 3.4$$

4. Hal yang perlu dilakukan selanjutnya adalah mengalikan hasil keluaran dari instrumen buatan dengan nilai konstanta yang didapatkan (β). Maka nilai β ditunjukkan oleh tabel 3.4 Nilai β

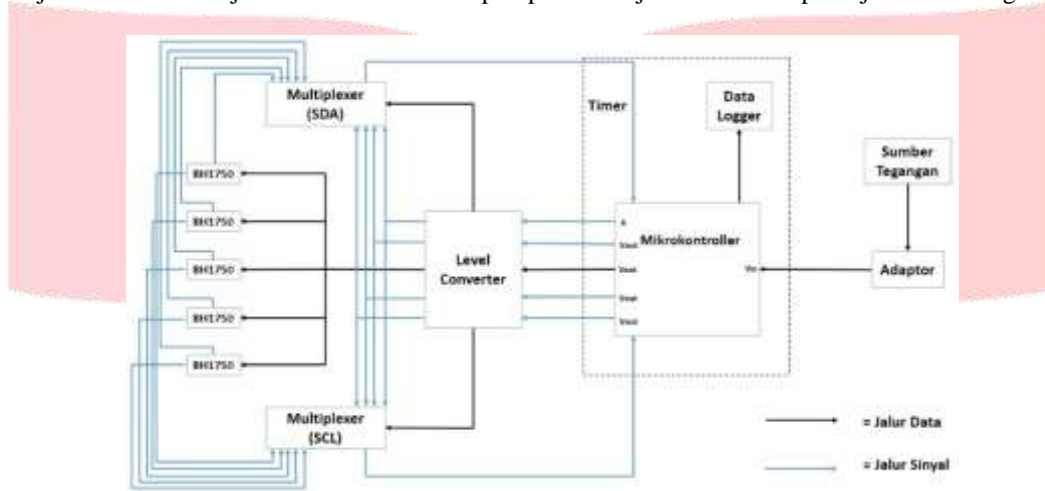
Tabel 3.4 Nilai β

No	β
1	0,0196
2	0,0178

3	0,0186
Rata-rata β	0,0187

4. Pembahasan

Alur kerja instrumen ditunjukkan Gambar 4.1. Adapun proses kerja instrumen dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Alur Kerja Instrumen

4.1 Hasil Pengukuran

Sesuai dengan keterangan sebelumnya pengukuran data dilakukan di atap rumah untuk mempermudah perolehan sumber daya listrik dan pengukuran di lakukan dari mulai pukul 07.00 sampai dengan 18.00 setiap 10 menit. Pengukuran data dilakukan dengan menggunakan sebuah dus yang kemudian dimasing-masing sisi pada kotak karton diletakan sensor dari alat instrumen yang dibuat seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Kotak Karton

Pengukuran data disimpan di *datalogger* yang terdapat pada SN 4.6 tiap 10 menit dari pukul 07.00 hingga 18.00. Arah mata angin diatur dengan menggunakan kompas yang disejajarkan dengan sensor. Hasil data pengukuran yang dikonversi menjadi Radiasi Matahari dengan persamaan 4.3

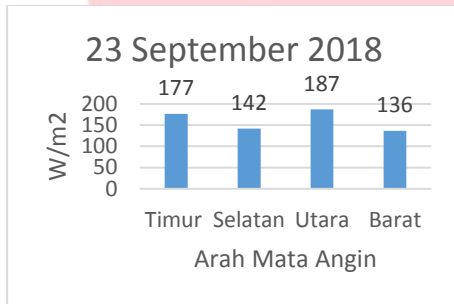
$$q \times w \times \frac{1}{r} = SF \tag{4.3}$$

Keterangan:

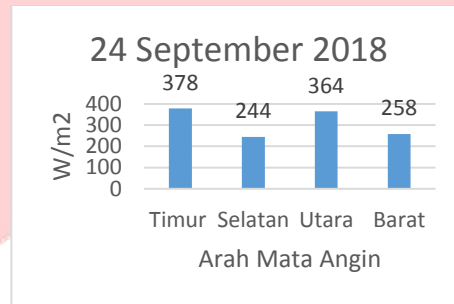
- q = Hasil pengukuran tiap sensor (W/m²)
- w = Periode pengambilan data (jam)

r =Lama pengukuran dilakukan (jam)

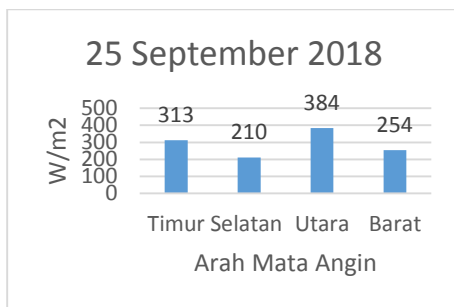
Pengukuran dilakukan selama 7 hari berturut-turut dimulai tanggal 23 September sampai dengan 29 September 2018. Tanggal 23 September 2018 cuaca mendung dan berawan sehingga menimbulkan hujan dari pukul 13.00 hingga 15.30 hasilnya pengukuran yang didapatkan lebih kecil dibanding dengan hari lainnya. Pada pagi hari sensor yang diarahkan ke timur lebih tinggi dibanding yang lainnya. Ketika sore hari sensor pada bagian barat yang lebih mendominasi penerimaan datangnya intensitas radiasi. Hasil data pengukuran ditunjukkan pada tabel 4.3 sampai dengan 4.9.



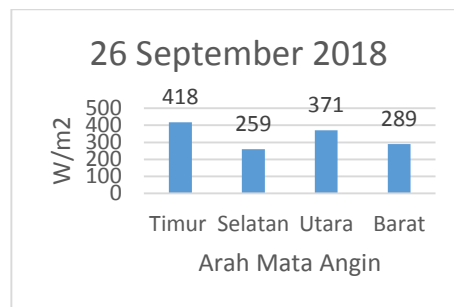
Gambar 4. 3 Data 23 September 2018



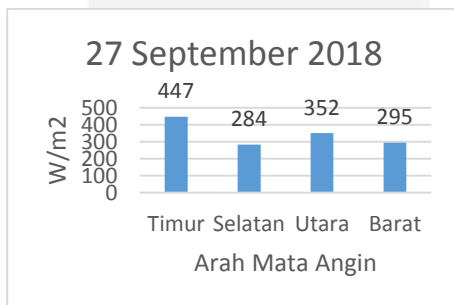
Gambar 4. 4 Data 24 September 2018



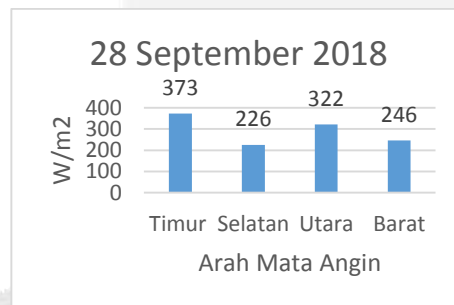
Gambar 4. 5 Data 25 September 2018



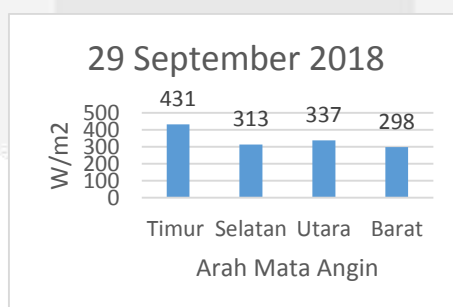
Gambar 4. 6 Data 26 September 2018



Gambar 4. 7 Data 27 September 2018



Gambar 4. 8 Data 28 September 2018



Gambar 4. 9 Data 29 September 2018

5 Kesimpulan dan Rekomendasi

Dapat dilihat dari Tabel 5.1 Radiasi Matahari Kota Bandung terdapat perbedaan pengukuran antara pengukuran yang dilakukan secara langsung dengan faktor matahari yang terdapat di SNI. Perbedaan pertama adalah pada penelitian ini dilakukan pengukuran radiasi matahari secara langsung dan sedangkan pada SNI didapatkan dengan melakukan simulasi cuaca. Selanjutnya untuk menjadikan radiasi menjadi satu nilai seperti tabel faktor matahari yang terdapat di SNI, SNI tidak mencantumkan cara dan metode yang harus dilakukan sehingga pada penelitian ini tidak dapat menjadikan nilai yang terdiri dari beberapa pengukuran menjadi satu nilai.

Tabel 5. 1 Radiasi Matahari Kota Bandung (W/m²)

September 2018	Utara	Barat	Selatan	Timur	Cuaca	
					Pagi	Siang
23	187	136	142	177	Cerah Berawan	Berawan
24	364	258	244	378	Cerah Berawan	Cerah Berawan
25	384	254	210	313	Cerah Berawan	Berawan
26	371	289	259	418	Cerah Berawan	Berawan
27	352	295	284	447	Cerah Berawan	Berawan
28	322	246	226	373	Cerah Berawan	Cerah Berawan
29	337	298	313	431	Cerah Berawan	Cerah Berawan
SNI	130	243	97	112		

5.2 Rekomendasi

Dari hasil penelitian pengukuran *solar factor* di Kota Bandung diatas dihasilkan adalah *Solar factor* pada SNI 03-06389-2010 didapatkan dengan cara mensimulasikan data radiasi matahari berdasarkan data cuaca. Sebaiknya data *solar factor* diukur secara langsung dengan semua orientasi arah mata angin dan dilakukan selama 1 tahun dikarenakan pergerakan matahari tiap bulan berbeda-beda. Selanjutnya SNI mencatumkan metode untuk menjadikan radiasi matahari ke satu nilai faktor matahari.

Daftar Pustaka

1. Baharudin. 2013. Analisis Perolehan Radiasi Matahari pada Bangunan Orientasi Bidang Vertikal. Laboratorium Sains dan Teknologi Bangunan. Universitas Hasanuddin.
2. Badan Standarisasi Nasional. 2010. Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan gedung. SNI 03-06389-2010 . Jakarta, Indonesia.
3. Sandaysoft, "Sandaysoft.com," [Online]. Available: Sandaysoft.com/forum/viewtopic.php?t=3979 [Diakses 10 Januari 2018]
4. Ruiz. Germán Ramos, and Bandera. Carlos Fernández "Validation of Calibrated Energy Models: Common Errors" School of Architecture, University of Navarra.
5. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Bandung.
6. Hamdi, Saipul. 2014. Mengenal Lama Penyinaran Matahari Sebagai Salah Satu Parameter Klimatologi. Peneliti Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer. Lapan.
7. Loekita, Sandra. 2006. Analisis Konservasi Melalui Selubung Bangunan. Universitas Kristen Petra. Surabaya.
8. M.D Levine, J.J.Deringer, and J.F Busch. 1992. ASEAN-USAID *Building Energy Conservation Project Final Report Volume I: Energy Standards* ". Energy Analysis Program Energy and Environment Division Lawrence Berkeley Laboratory. University of California.
9. M.D Levine, and J.F Busch. 1992. ASEAN-USAID *Building Energy Conservation Project Final Report Volume II: Technology* ". Energy Analysis Program Energy and Environment Division Lawrence Berkeley Laboratory. University of California.