

PERANCANGAN SISTEM MONITORING INTENSITAS RADIASI MATAHARI

Andi

Fakultas Teknik

Universitas Maritim Raja Ali Haji

Jl.Politeknik Senggarang Tanjung Pinang Telp.(0771) 7400399 Fax. 7500000

E-mail: andy.hasibuan89@yahoo.com

Abstrak

Dahulu ada masalah ketersediaan instrumen yang tidak cukup dan kurang fungsional untuk mengukur radiasi matahari. Yaitu menggunakan sensor yang kurang baik di daerah tropis. Dengan perkembangan teknologi yang pesat, dapat menginspirasi orang untuk merancang sistem monitoring intensitas cahaya matahari menggunakan berbagai perangkat yang lebih sederhana dan mudah. Dan menggunakan sensor yang lebih baik. Pada perancangan yang dibuat yaitu, bagaimana merancang sistem monitoring intensitas cahaya matahari atau *irradiance meter* menggunakan sensor *photodiode BPW21* beserta instrumen pendukung lainnya, yaitu temperatur dan kelembaban. Perancangan dilakukan dengan menggunakan tampilan pada laptop berbasis pemrograman *Labview 8.6*. Berdasarkan hasil dari perancangan *irradiance meter* dari tiap-tiap parameter didapatkan data yang baik. Hasil pengukuran berupa : Intensitas cahaya rata-rata mencapai nilai minimal sebesar 309 W/m^2 dan nilai maksimal sebesar 4604 W/m^2 , dan temperatur rata-rata 33°C dan rata-rata kelembaban 70% tiap jamnya.

Kata kunci: *Irradiance meter*, sensor *photodiode BPW21*, *Labview 8.6*.Temperatur, Kelembaban.

I. PENDAHULUAN

Matahari adalah salah satu fenomena alam yang memiliki manfaat bagi kelangsungan makhluk hidup di bumi. Intensitas radiasi matahari merupakan salah satu fenomena fisis dari matahari yang memiliki banyak kegunaan dan manfaat. Matahari juga merupakan sumber energi yang tidak akan habis dan belum banyak dimanfaatkan oleh manusia. Seperti yang kita ketahui matahari memiliki banyak manfaat, baik itu pada bumi dan pada manusia secara tidak langsung. Contohnya dalam bidang pertanian radiasi matahari membantu tanaman untuk melakukan proses fotosintesis. Intensitas radiasi matahari juga berpengaruh terhadap pergerakan udara dan cuaca. Fisika dan Kimia merupakan bidang ilmu yang mengamati fenomena alam dan juga memanfaatkan intensitas radiasi matahari untuk kegunaan energi terbarukan saat ini, dan di bantu oleh berbagai pengembangan dari ilmu teknik khususnya teknik elektro. Terciptalah sebuah alat yang berfungsi merubah besaran dari intensitas cahaya matahari menjadi sebuah energi alternatif, alat ini disebut dengan *Solar cell* atau panel surya. Panel surya ini akan bekerja bila mendapatkan radiasi matahari pada panel-panel yang telah tersedia dan mengubah radiasi tersebut menjadi energi listrik yang dapat digunakan oleh manusia yang bertujuan menghemat energi.

II. KAJIAN LITERATUR

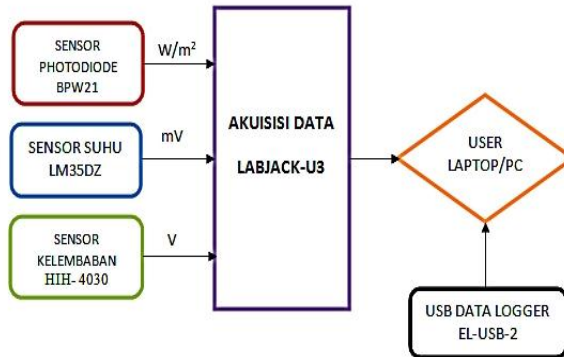
2.1. Kajian Terdahulu

Perancangan alat untuk mengukur intensitas radiasi matahari menggunakan sensor telah banyak dilakukan. Beberapa diantaranya perancangan yang pernah dilakukan oleh Adamawa dari *State University* dan Abubakar Tafawa dari *Balewa University* di Bauchi negara Nigeria, peneliti dari Institut Pertanian Bogor yang dilakukan oleh Taufik Hamdani serta peneliti yang berasal dari Universitas Andalas (Yonelita Johan,2008). Namun peneliti terdahulu masih bermasalah pada cara pengambilan data dan pencatatan data yang masih bersifat analog atau manual. Hal inilah yang mendorong penulis membuat perancangan sistem monitoring intensitas radiasi matahari menggunakan model yang lebih sederhana, yaitu menggunakan sensor *BPW21* dan *IC LTC1051* sebagai *Operasional Amplifier* nya.

2.2. Landasan Teori

Pada kajian ini membahas perancangan dan pembuatan sistem solar *irradiance meter* yang melibatkan beberapa instrumen yang saling terhubung pada akuisisi data dan dibantu *software* pada laptop atau *personal computer* sebagai hasil akhir untuk menampilkan pembacaan dari semua parameter yang digunakan. Data yang diperoleh berbentuk *grafik* dan data *text* untuk mendukung sistem kerja *solar*

irradiance meter atau *pyranometer*, juga proses kerja sensor suhu dan kelembaban. Adapun diagram sistem yang akan dibuat adalah sebagai berikut:



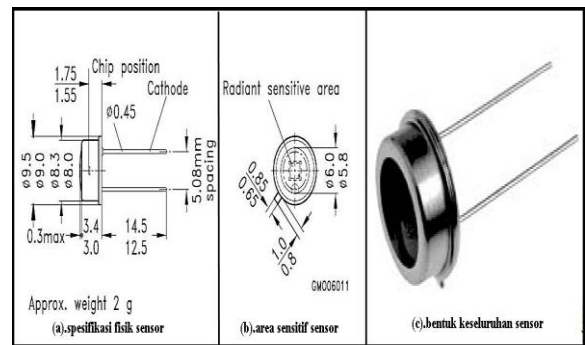
Gambar 2.1 Block Diagram Sistem

2.2.1 Sensor Solar Irradiance Meter

Solar irradiance meter adalah sebuah alat ukur yang digunakan untuk mengukur radiasi matahari, serta dilengkapi sensor yang berfungsi untuk mengukur kerapatan *fluks* matahari (dalam watt per meter persegi) dari bidang pandang datar sebesar 180°C. Berikut ini merupakan spesifikasi dari sensor *BPW21* :

- Reverse Voltage= 10 V
- Power Dissipation= 300 mW
- Junction Temperature= 125°C
- Operating Temperature Range= -55 - +125°C
- Storage Temperature Range= 55 - +125°C
- Soldering Temperature= 260°C

- Thermal Resistance Junction/Ambient= 250 K/W



Gambar 2.2 Spesifikasi Sensor *Photodiode BPW21*.

2.2.2 Sensor Suhu LM35DZ

Sensor adalah piranti yang mentransformasi (mengubah) suatu nilai (isyarat/energi) fisik ke nilai fisik yang lain. Pada pengukuran besaran suhu lingkungan dan suhu pada box digunakan Sensor suhu *LM35DZ*. Hal yang mendasari peneliti menggunakan sensor suhu *LM35DZ* dikarenakan sensor tersebut mudah didapat, harga yang terjangkau serta pembacaan suhu yang cukup akurat dan tidak kalah dengan sensor suhu lain yang lebih mahal. Sensor suhu *LM35DZ* adalah komponen sensor suhu berukuran kecil seperti *transistor (TO-92)*. Sensor ini akan mengubah besaran panas dan kelembaban menjadi besaran *elektris* yang nilai keluarannya dapat diolah menjadi data.

2.2.3 Sensor Kelembaban HIH-4030

Untuk mengukur besaran kelembaban lingkungan dalam penelitian ini, digunakan sensor kelembaban *HIH-4030* yang berbasis

kapasitif dan mempunyai linearitas dan kepresisian tinggi. Sensor ini dapat mengukur kelembaban dari 0 – 100 % RH. Tegangan output yang dikeluarkan oleh sensor ini adalah 0,958 – 4,53V dimana sensor ini membutuhkan daya sebesar 5 volt sebagai sumber.



Gambar 2.3 Sensor kelembaban HIH-4030.

2.2.4 Usb Data Logger (EL-USB-2)

Usb data logger merupakan salah satu alat ukur portabel pabrikan yang memproduksi berbagai alat ukur. Usb data logger ini dapat digunakan dalam mengukur berbagai instrument-instrument yang diperlukan dalam pengambilan data seperti, data kelembaban, besaran suhu pada lingkungan sekitar, mengukur titik embun, serta mengukur besaran arus dan juga hambatan. Produk ini dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan.

Pada pengukuran intensitas cahaya radiasi matahari penulis menggunakan *Data Logger seri EL-USB-2* sebagai parameter tambahan untuk mendapatkan data yang melengkapi hasil penelitian dan sebagai pembandingan antara suhu yang diperoleh oleh

sensor suhu *LM35DZ* dan pada *USB Data Logger. Data logger EL-USB-2* ini memiliki fungsi untuk mengukur temperatur suhu dan kelembaban pada lingkungan sekitar. Berikut spesifikasi *data logger* yang digunakan:

- Besaran Pengukuran
Temperatur: -35 to +80°C (-31 to +176°F).
- Besaran Pengukuran
Kelembaban: 0 to 100% RH.
- Logging Rate: per 10 detik – 12 jam.
- Kapasitas Memori: 16.000 *samples*.
- Masa Hidup Baterai: 1 Tahun.



Gambar 2.4 Gambar *USB Data Logger* seri *EL-USB-2*.

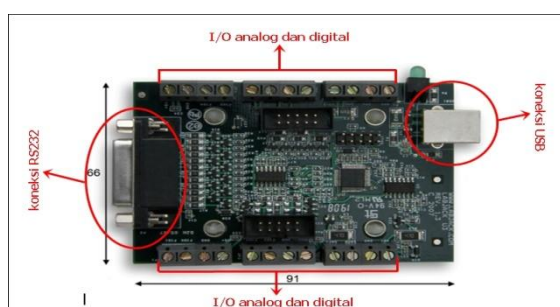
2.2.5 Akuisisi Data Labjack U3

Akuisisi data atau proses mendapatkan data merupakan proses yang penting dalam sistem pemantauan dan pengendalian sistem. Fenomena fisik seperti suhu, tegangan, posisi, laju atau kecepatan, gaya, tekanan, radioaktivitas, intensitas cahaya, resistansi, kelembaban, konsentrasi gas, medan magnet, frekuensi dan level suara.

Akuisisi data yang digunakan adalah *Labjack U3*. *Labjack U3* adalah perangkat akuisisi data yang berfungsi sebagai alat pengukuran dan perangkat otomasi yang menyediakan masukan atau keluaran *analog* dan masukan atau keluaran *digital*. Akuisisi data inilah yang digunakan peneliti untuk membaca input dari intensitas radiasi, suhu dan kelembaban. Sama halnya dengan pengoperasian sebuah minimum sistem yang berbasis mikrokontroler yang diprogram sesuai dengan perancangan yang diinginkan, sehingga dapat membaca dan merubah masukan dan keluaran berupa data *analog* dan data *digital* baik berupa besaran *volt* atau *ampere*.

Labjack U3-HV sendiri mempunyai beberapa fitur seperti :

- 16 *flexible I/O*
- 3 *Timers (Pulse Timing, PWM Output dan Quadrature input)*
- 2 *Counters (32-Bits)*
- 12 *Bits analog input*
- 4 *HV input dengan range -10/20 Volt*



Gambar 2.5 *Labjack U3-HV*

2.2.6 Software Labview 8.6

Untuk sistem pemrograman dan monitoring intensitas cahaya matahari, monitoring suhu dan kelembaban yang digunakan adalah sistem pemrograman berbasis labview. Labview adalah salah satu bahasa pemrograman komputer grafik yang menggunakan icon-icon sebagai pengganti teks dalam membuat aplikasi, sehingga lebih mudah dalam pembuatan tampilan dan database monitoring dari input tiap-tiap sensor.

III. METODELOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Objek Penelitian

Lokasi pengujian perangkat ini dilakukan pada beberapa tempat. Salah satunya difokuskan pada kampus Fakultas Teknik Universitas Maritim Raja Ali Haji di Batam.

Pengujian serta pengambilan data dilakukan di lantai 4 (empat) kampus Fakultas Teknik Universitas Maritim Raja Ali Haji. Hal ini dimaksudkan agar matahari yang dihasilkan dapat diserap dengan baik tanpa adanya halangan dari bayangan benda apapun. Ketinggian pengambilan data akan sangat berpengaruh pada nilai yang dihasilkan.

Objek penelitian yang dilakukan adalah merancang sistem *monitoring* intensitas cahaya matahari agar dapat memantau dan mengetahui berapa besaran intensitas matahari yang ada di daerah tersebut, dengan menggunakan sensor *photodiode BPW21*

yang cara kerjanya sama seperti *pyranometer* dan terintegrasi pada akuisisi data sebagai pembaca dari hasil pembacaan sensor tersebut dapat dimonitoring.

3.2. Perancangan Model

Secara umum sistem monitoring pengukuran intensitas radiasi matahari terdiri dari beberapa bagian, yaitu rangkaian pengukur intensitas radiasi matahari (*pyranometer*) yang terintegrasi pada sensor. Terdapat beberapa sensor tambahan yang membaca unsur-unsur lain seperti suhu dan kelembaban lingkungan pengambilan data radiasi. Pada sistem memonitoring menggunakan bantuan *Personal Computer (PC)* yang berbasis pemrograman *Labview* sebagai tampilan dari semua data yang dilakukan dan dapat menghasilkan data yang diinginkan.

3.3. Metode Pengumpulan Data

3.3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan atau pengambilan data pada penelitian ini bersifat langsung. Hal ini dilakukan agar data yang dikumpulkan memperoleh data yang terbaru atau update, sehingga data tersebut tidak valid.

Karena sensor ini bekerja ketika menerima pancaran sinar infra merah dari tubuh manusia, maka sensor diletakkan pada ketinggian 1,5 meter dari

permukaan lantai. Jadi melihat dari tinggi manusia yang rata-rata >1.5 meter maka memungkinkan sensor hanya mendeteksi manusia saja.

3.3.2 Alat Pengambilan Data

Adapun alat yang digunakan dalam pengambilan data dan pembanding adalah :

1. *Laptop*
2. *Sensor HIH-4030*
3. *Sensor LM35DZ*
4. *EL-USB Data Logger*
5. *Temperature and humidity display (TH Display)*

3.4. Data Yang Dibutuhkan

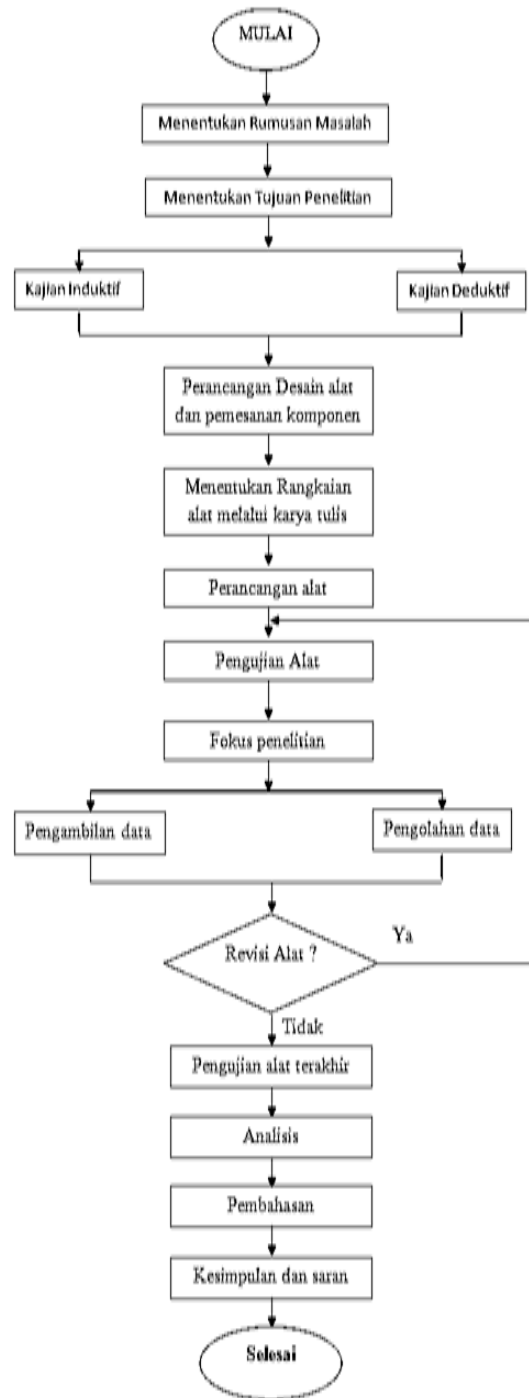
Dalam pengerjaan sistem ini banyak digunakan perangkat-perangkat elektronika yang menggunakan *low current* sebagai supply tegangan pengoperasiannya. Maka data-data yang dibutuhkan adalah :

1. Spesifikasi sensor intensitas radiasi cahaya matahari (*BPW21*).
2. Spesifikasi sensor *LM35DZ*, sensor *HIH-4030*, serta *datasheet Operational Amplifier LTC1051*.
3. Besaran suhu dan kelembaban yang akan disesuaikan dengan aktual pembacaan dari alat ukur yang terkalibrasi.
4. Besar intensitas cahaya matahari yang mengenai bidang *photodiode* dengan satuan W/m^2 .

Besar intensitas radiasi cahaya matahari (*Irradiance*) terhadap suhu dan kelembaban.

3.5. Proses Pengambilan Data

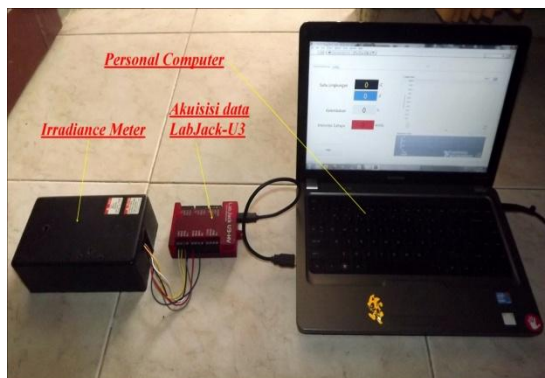
Proses pengambilan data dalam penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah:



IV. PENGUJIAN DAN HASIL

4.1. Sistem Monitoring Irradiance Meter Secara Umum

Pengujian sistem monitoring intensitas radiasi matahari secara umum memiliki beberapa perangkat yang saling terhubung. Antara input dan output memiliki peranannya masing-masing. Berikut ini adalah keseluruhan alat yang telah dirancang dan telah siap diuji.



Gambar 4.1 Perangkat Keseluruhan Dari Irradiance Meter.

Dari gambar diatas dapat kita lihat perangkat keseluruhan dari *irradiance meter*, mulai dari gambar (a) yaitu, sensor intensitas cahaya, sensor temperatur, sensor kelembaban, dan juga beberapa parameter tambahan untuk perbandingan dari hasil alat *irradiance meter*. Pada gambar (b), merupakan akuisisi data *labjack* yang berfungsi merubah keluaran dari tiap-tiap sensor. Gambar (c) merupakan hasil akhir dari pembacaan tiap-tiap sensor yang

digunakan, sehingga dapat di monitoring pada laptop yang telah terprogram sebelumnya.

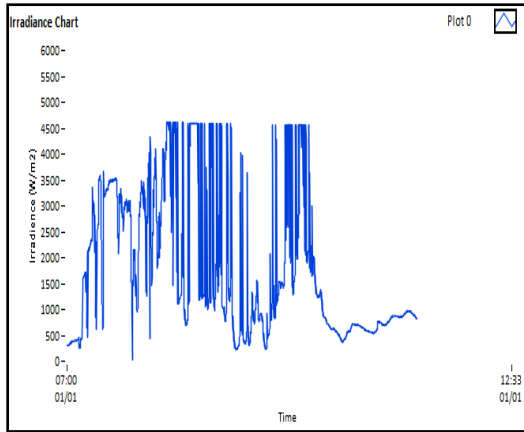
4.2. Hasil Monitoring Irradiance Meter

Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia besar penyinaran rata-rata berkisar antara 1700 - 1800W/m² /bulannya. Berikut ini adalah tabel rata-rata penyinaran pertiap bulan-nya di indonesia :

Tabel 4.1 Tabel Rata-Rata Penyinaran Tiap Bulan

Bulan	Irradiance(W/m ²)
Januari	1700
Februari	1700
Maret	1800
April	1800
Mei	1900
Juni	1900
Juli	1900
Agustus	1900
September	1800
Oktober	1800
November	1700
Desember	1700
Rata-rata	1800

Dari hasil tabel rata-rata intensitas radiasi matahari yang di dapat, dapat dilihat standar intensitas radiasi matahari tertinggi terjadi pada bulan mei hingga agustus.



Gambar 4.2 Tampilan pengukuran irradiance meter pada laptop.

Data-data tersebut kemudian diambil rata-rata perjam.

Tabel 4.2 Tabel rata-rata penyinaran tiap perjam menggunakan irradiance meter.

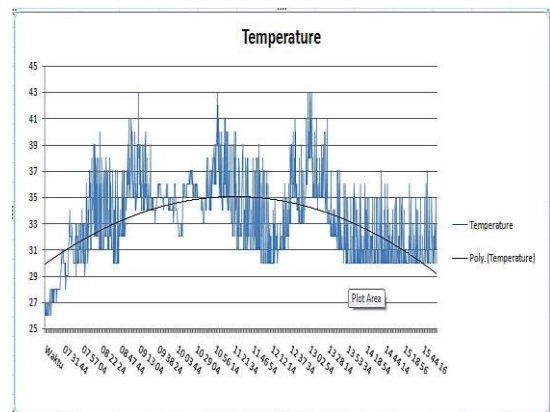
Waktu (WIB/Jam)	Irradiance (W/m ²)
07.00	309
08.00	379
09.00	3160
10.00	3640
11.00	1337
12.00	877
13.00	4559
14.00	392
15.00	749
16.00	855
Rata-rata	1752.1

Dari tabel di atas merupakan hasil rata-rata irradiance tiap jamnya, mulai dari pukul 07:00 – 16:00 wib.

4.3 Hasil Monitoring Temperatur

4.3.1 Temperatur Pada LM35DZ

Sensor ini digunakan agar nilai irradiance dapat dibaca seberapa besarkan pengaruh temperatur terhadap besar kecilnya penyinaran yang terjadi pada saat temperatur berubah-ubah. Berikut ini merupakan salah satu hasil pengukuran temperatur menggunakan sensor LM35DZ pada sistem monitoring di laptop.



Gambar 4.3 Grafik hasil pengukuran menggunakan LM35DZ.

4.3.2 Temperatur Pada El-Usb Data Logger

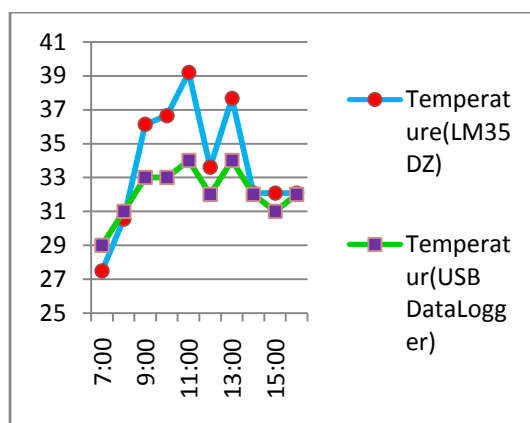
Temperatur pada El-Usb data logger digunakan agar mendapatkan besar temperatur yang terjadi pada lingkungan pengambilan data. Juga berfungsi sebagai pembanding, antara sensor temperatur LM35DZ dan El-Usb data logger.

Berikut ini tabel pengukuran rata-rata

antara sensor LM35DZ dengan El-Usb data logger:

Tabel 4.3 Rata-rata temperatur sensor LM35DZ dan El-Usb Data logger perjam.

Waktu (WIB/Jam)	Temperatur pada Lm35dz (°C)	Temperatur pada Usb Data Logger (°C)
07.00	27	29
08.00	30	31
09.00	36	33
10.00	36	33
11.00	39	34
12.00	33	32
13.00	37	34
14.00	32	32
15.00	32	31
16.00	32	32
Rata-rata	33	32



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Antara Sensor LM35DZ dan Usb Data Logger.

4.4 Hasil Monitoring Kelembaban

Selain pengaruh temperatur yang dapat mempengaruhi besar kecilnya penyinaran intensitas radiasi cahaya matahari, parameter yang dapat mempengaruhi besarnya penyinaran radiasi cahaya matahari yaitu kelembaban lingkungan. Kelembaban merupakan suatu parameter yang harus diukur agar dapat mengetahui sejauh mana kelembaban dapat mempengaruhi hasil dari pengukuran intensitas cahaya matahari.

4.4.1 Kelembaban Pada Sensor HIH-4030

Kelembaban merupakan suatu parameter yang penting, sehingga data harus dicatat pertiap perubahannya. Dari pencatatan tersebut disimpan hasilnya per tiap jamnya. Tabel berikut merupakan hasil rata-rata kelembaban lingkungan sekitar pengambilan data perjamnya.

Tabel 4.4 Tabel rata-rata temperatur tiap jam.

Waktu (WIB)	Kelembaban(%rh) pada sensor Hih 4030
07.00	75
08.00	75
09.00	71
10.00	65
11.00	65
12.00	70
13.00	66
14.00	70

15.00	72
16.00	74
Rata-rata	70,3

Dari tabel tersebut dapat dirubah menjadi bentuk grafik yang mudah dibaca. Berikut grafik rata-rata kelembaban pada sensor *Hih-4030*.

V. PEMBAHASAN

Model perancangan sistem monitoring intensitas cahaya matahari yang dibuat terdiri dari beberapa perancangan parameter-parameter yang mempengaruhi hasil dan nilai suatu sistem monitoring yang dilakukan seperti perancangan sensor temperatur suhu dan perancangan sensor kelembaban lingkungan. Selanjutnya sistem tersebut dilakukan pengujian untuk memastikan nilai presisi, akurasi, validitas dan reliabilitas dari tiap-tiap sensor. Dari hasil pengujian rancangan *irradiance meter* dapat diketahui kelebihan dan kekurangan sensor pada perancangan tersebut. Berikut kelebihan dari perancangan *irradiance meter* :

- Sensor memiliki performa atau daya tahan yang kuat, hal ini terbukti dapat digunakan lebih kurang selama kurang lebih 10 jam dalam kondisi baik.

- *Irradiance meter* yang dirancang mudah di tempatkan atau mudah dipindahkan.
- Dari segi sistem monitoring, sistem ini mempunyai fleksibilitas tinggi dan dapat digunakan digunakan dalam periode yang cukup lama.

Berikut kekurangan dari perancangan *irradiance meter* :

- Sensor *Irradiance BPW21* belum memiliki kalibrasi yang baik, yang sesuai dengan standar pengukuran. Hal ini dikarenakan hasil dari perhitungan sensor *irradiance* tersebut melebihi dari perhitungan standar intensitas radiasi matahari di indonesia.
- Pada sensor temperatur *LM35DZ* masih mengalami kelebihan panas pada komponen sensornya.
- *Irradiance meter* yang dirancang belum memiliki sudut kemiringan atau *latitude* dalam pengambilan data.
- Laptop masih menggunakan *supplay* dari listrik PLN, belum memiliki *supplay* yang mudah dibawa dan lebih nyaman.

Berdasarkan hasil dari data – data yang di dapat selama penelitian maka dapat dilihat

karakteristik sistem monitoring intensitas radiasi matahari sebagai berikut:

Waktu (WIB/Jam)	Temperatur (°C)	Kelembaban (%rh)	Irradiance (w/m ²)
07.00	27,49	75	309
08.00	30,54	75	679
09.00	36,14	71	3160
10.00	36,65	65	4604
11.00	39,19	65	1337
12.00	33,6	70	877
13.00	37,67	66	4559
14.00	32,07	70	392
15.00	32,07	72	749
16.00	32,07	74	855
Rata-rata	33,749	70,3	1752,1

Dengan menggunakan beberapa metode untuk mencari nilai tersebut, didapatkan hasil seperti yang tercantum pada tabel 5.1.

Berdasarkan dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem tersebut memiliki nilai akurasi dan presisi yang tinggi dan sama terhadap pembacaan atau perhitungan suhu lingkungan dan kelembaban lingkungan dari tiap-tiap sensor pada tampilan sistem monitoring yang ada di *display user*.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Merancang sistem monitoring intensitas cahaya dapat dirancang dengan menggunakan *personal computer (PC)*

dan bantuan *software labview* yang memiliki beberapa fitur seperti grafik tabel dan sistem *data logging*. Sehingga terciptalah suatu sistem sederhana yang menampilkan langsung hasil pengukuran dari intensitas radiasi matahari.

2. Sistem pengukuran dan sistem kerja Irradiance meter dalam pengambilan data intensitas radiasi matahari mendapatkan data perhitungan dari sensor *irradiance meter* dan parameter pendukungnya dalam setiap pembacaan perubahan di lingkungan pengambilan data sehingga dapat dibandingkan dengan data yang diperoleh menggunakan alat ukur buatan perusahaan agar mendapatkan hasil yang sesuai.

6.2. Saran

Harapan penulis bagi pembaca yang tertarik untuk membahas mengenai permasalahan yang sama agar dapat mengembangkan *Irradiance meter* ini dengan lebih baik, serta lebih terfokus dalam mengkalibrasikan sensor-sensor yang digunakan dalam perancangan dan menambahkan beberapa variabel lain seperti tekanan udara, kecepatan angin, *latitude* atau sudut kemiringan peletakan alat dan ketinggian alat terhadap permukaan laut. Serta menciptakan sistem monitoring dengan media *data logging* berbasis *wireless* atau data satelit.

"Actual Tasks on Agricultural Engineering", Opatija, Croatia, 2008.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamawa, Abubakar Tafawa (2010). African Journal of Biotechnology Vol. 9(12), pp. 1719-1725, 22 March 2010.. ISSN 1684-5315 © 2010 Academic Journals.
- Anymonius (Tugas Akhir). *Sensor suhu LM35DZ*, Universitas Sumatra Utara, Bab 2. hlm. 2.
- Alif H dan H. Aziz, Pengukuran Fluktuasi Intensitas Radiasi Matahari di Kawasan Limau Manis Padang, Proyek SPP-DPP Unand .1993.
- Handoko. 1995, *Klimatologi umum*, ITB Bandung.
- Haslizen Hoesin (2010). *Energi Radiasi Matahari Pada Pemanfaatan Pada Pertanian, Perikanan, Bangunan dan Listrik*. April 24, 2010.
- Kipp & Zonen. *CM 21, Instructions manual* (accessed May 5, 2009).
- Mugur Balan, Mihai Damian, And Lorentz Jäntschi, (2011). *Solar Radiation Monitoring System*. Symposium
- N.A. Othman, N.S. Damanhuri, I.R. Ibrahim, R. Radzali, M.N. Mohd (2010). Automated Monitoring System for Small Scale Dual-Tariff Solar PV plant in UiTM Pulau Pinang, Proceedings of the World Congress on Engineering 2010 Vol II WCE 2010, June 30 - July 2, 2010, London, U.K.
- Saiful Manan (Paper). *Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif Yang Efisien, Handal Dan Ramah Lingkungan Di Indonesia*. Program Diploma Iii Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Wuryani Sri, (1995). *Perpindahan Panas*. Bab 11, hlm. 99-109.