

Rancang Bangun Lux dan Iradiasi Meter Portabel Menggunakan Arduino Nano

Ristakin¹, Novan Akhiriyanto^{2,*}

^{1,2} Program Studi Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu Jawa Tengah, Indonesia 55312

Info Artikel

Histori Artikel:

Diterima berkas 20/03/2023

Direvisi 25/05/2023

Disetujui terbit 30/05/2023

Keyword:

Lux

Irradian

Light

Innovation

ABSTRAK

Luxirr meter adalah alat yang dibuat dengan menggabungkan fungsi pengukuran lux dan iradiasi. Bisa difungsikan untuk perencanaan pemasangan PLTS untuk mencari tempat dengan titik iradiasi paling optimal untuk pemasangan panel surya. Artikel ini menjelaskan tentang rancang bangun luxirr meter dari persiapan komponen yang diperlukan, penjelasan rangkaian sistem, koding untuk sistem luxirr meter, sampai proses kalibrasi untuk memperoleh keakuratan nilai pengukuran. Terdapat mode deepsleep yang diaplikasikan dalam luxirr meter dengan tujuan untuk memperpanjang lifetime baterai. Sampai saat ini alat sudah bisa berfungsi dengan baik untuk melakukan pengukuran parameter tersebut. Alat ini berbeda dari alat sebelumnya dengan menambah segi keunggulan, seperti simpel, portable, dan memiliki harga pembuatan yang ekonomis.

ABSTRACT

Luxirr meter is a tool that is made by combining the functions of measuring lux and irradiation. It can be used for PLTS installation planning to find a place with the most optimal irradiation point for installing solar panels. This article describes the design of the luxirr meter from the preparation of the necessary components, an explanation of the system circuit, the coding for the luxirr meter system, to the calibration process to obtain accurate measurement values. There is a deep sleep mode that is applied to the luxirr meter with the aim of extending battery lifetime. Until now, the tool has been able to function properly to measure these parameters. This tool is different from the previous tools by adding several advantages, such as being simple, portable, and has an economical manufacturing price.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



SPESIFIKASI

Nama Alat	Luxirr (Lux Irradiansi) Meter
Bidang	Energi terbarukan
Kegunaan	Melakukan pengukuran intensitas cahaya (lux) dan iradiasi cahaya, dilengkapi dengan mode deep sleep untuk menghemat penggunaan daya baterai.
Harga Alat	Rp 165.000,00

*Penulis Korespondensi:

Alamat Email: novan.akhiriyanto@esdm.go.id

1. PENDAHULUAN

Pada dasarnya semua makhluk hidup membutuhkan cahaya yang cukup untuk menjalankan aktifitas sehari-hari[1]. Ketika siang hari kita bisa mengandalkan cahaya matahari untuk melakukan aktifitas, malam hari biasanya orang menggunakan lampu untuk penerangan. Tetapi tentu daya lampu yang dipasang harus sesuai dengan tempat/ruangan masing-masing, sehingga diharapkan tidak terlalu redup atau terlalu terang. Redupnya lampu tidak masalah untuk sebagian orang. Lampu yang dipasang terlalu terang, otomatis daya lampunya tinggi. Hal ini justru bisa menambah beban biaya tagihan listrik oleh masyarakat. Masalah kedua adalah menuju transisi energi menuju energi terbarukan masyarakat indonesia saat ini Pemerintah sedang menerapkan kebijakan pemasangan panel surya atap dengan tujuan mensuplai listrik perumahan secara individu. Panel surya perlu intensitas cahaya yang optimal supaya bisa menghasilkan daya listrik maksimal. Oleh karena itu dibutuhkan alat yang bisa melakukan pengukuran berbagai parameter dengan tujuan pengoptimalan pemasangan panel surya dengan memperhatikan intensitas cahaya [2].

Dari permasalahan di atas terjawab dengan adanya alat yang bisa melakukan pengukuran parameter intensitas cahaya dan iradiasi cahaya. Kenyataannya di pasaran hanya terdapat satu alat ukur untuk mengukur satu parameter. Oleh karena itu dibuat alat ukur yang bisa melakukan pengukuran kedua parameter tersebut. Alat yang dimaksud adalah gabungan pengukuran lux dan iradiasi meter diberi nama Luxxir meter.

Tujuan penelitian ini untuk mengatasi masalah di atas. Dengan membuat alat yang bisa melakukan pengukuran lux dan iradiasi maka besarnya daya lampu yang terpasang di setiap ruangan bisa ditentukan alat ini dengan melakukan pengukuran intensitas cahaya (lux) untuk ruangan yang diinginkan. Kemudian ketika dilakukan pemasangan pembangkit listrik berbasis panel surya maka harus dilakukan perencanaan yang memperhatikan radiasi matahari yang tepat untuk mengoptimalkan daya keluaran modul panel surya. Dengan menggunakan alat ini untuk mengukur iradiasi matahari, maka bisa diketahui iradiasi yang paling tepat untuk melakukan pemasangan PLTS.

Lux meter adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran parameter intensitas cahaya, secara khusus mengukur nilai besaran intensitas kecerahan yang bisa dilihat oleh mata manusia[3]. Lux adalah satuan pengukuran intensitas cahaya, atau lebih tepatnya pencahayaan. Pada akhirnya berasal dari Candela, satuan ukur standar basaran cahaya. Satu Candela bernilai setara dengan kecerahan satu lilin [4]. Candela adalah satuan energi yang memiliki satuan setara lumen, yang mengukur cahaya yang sama dalam persepsi mata manusia. Lux memperhitungkan luas permukaan tempat cahaya tersebar, yang mempengaruhi seberapa terang sinar tampak. Satu lux sama dengan satu lumen cahaya yang tersebar di permukaan setiap satu meter persegi [5]. Irradiasi adalah besaran yang mengukur energi per satuan luas. Irradiasi sangat penting dalam melakukan penentuan titik pemasangan panel surya dari segi kemiringannya[6]. Tujuan dilakukannya adalah untuk menemukan daya optimal yang dikeluarkan oleh panel surya. Untuk menentukan titik iradiasi yang bagus untuk panel surya, tentunya diperlukan pendataan data yang dilakukan dengan penyimpanan data tersebut [7]. Proses ini pastinya membutuhkan waktu untuk menyimpan data tersebut. Satuan iradiasi yang sering dipakai adalah W/m^2 [8]. Sebagian besar pemasangan sistem PLTS menggunakan sistem pengukuran iradiasi untuk pemasangannya [9].

2. METODA

Luxir meter yang dijelaskan dalam artikel ini setara dengan dua alat yang digabung menjadi satu karena bisa melakukan dua pengukuran sekaligus dalam suatu waktu. Selain itu alat ini memiliki desain simpel dan ringan. Dengan desain seperti itu, tentunya alat ini bisa dibawa kemana-mana atau portabel. Besar alat ini seenggam tangan orang dewasa, dengan ukuran yang minimalis memudahkan pengguna untuk melakukan pengukuran dan menambah efisiensi waktu dalam melakukan pengukuran. Dalam sistem Luxir meter dilengkapi dengan mode *deep sleep* dengan tujuan untuk menghemat daya baterai yang digunakan untuk mengoperasikan alat.

Sedangkan dari berbagai jurnal yang dijadikan referensi sebagian besar lux meter yang dibuat masih dalam purwarupa setengah jadi, artinya belum berupa alat yang bisa dibawa kemana-mana dan masih perlu terhubung dengan sumber daya listrik seperti laptop atau adaptor ponsel. Seperti lux meter dari salah satu jurnal yang menggunakan LMX20 sebagai penyimpanan data dan masih membutuhkan suplai daya listrik dari laptop. Lux yang dibuat digunakan untuk melakukan pengujian pengukuran lux diberbagai ruangan. [5].

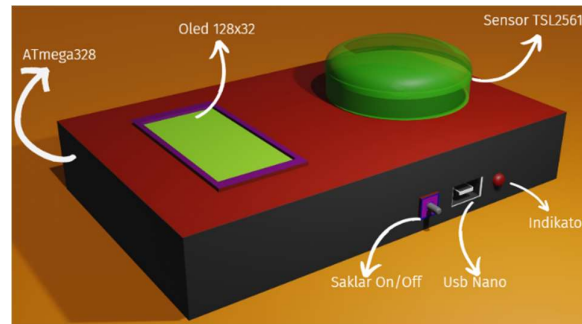
Jurnal lainnya menjelaskan tentang pengukuran intensitas cahaya yang dipasang pada suatu ruangan dan bisa dilihat dengan bantuan *smartphone* untuk melihat dari jarak jauh dan mengetahui besaran dalam suatu ruangan sudah sesuai atau belum [10]. Pada jurnal lainnya menjelaskan pengukuran intensitas cahaya dengan alat lux meter dimodifikasi dengan beroperasi secara otomatis dan merekam data yang diperoleh. Bisa digunakan untuk mengukur intensitas cahaya dan ditandai dengan rentang yang luas, memungkinkan pengaturan rentang manual dan otomatis, serta merekam nilai yang diperoleh ke dalam memori internal luxmeter, baik secara otomatis dalam interval waktu yang ditetapkan, atau secara manual. [11].

Dalam pembuatan suatu alat tentu diperlukan komponen atau bahan untuk memenuhi sistem kerja dari alat. Komponen-komponen penyusun Luxirr Meter ini terdiri dari modul mikrokontroler Arduino Nano, sensor cahaya, baterai kecil, penampil, kabel, saklar dan box kecil. Tabel di bawah adalah rincian komponen-komponen yang digunakan dan disusun dalam pembuatan alat Luxirr Meter ini. Komponen-komponen alat ini sangat mudah diperoleh di pasaran dengan harga yang terjangkau.

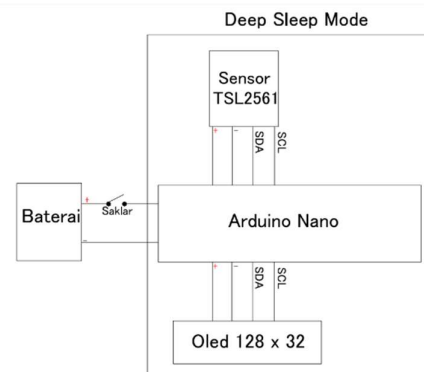
Tabel. 1. Rincian Komponen Penyusun Alat

Nama Komponen	Jumlah	Fungsi	Harga	Link Pembelian
Arduino Nano	1	Mikrokontroler sistem lux dan iradiasi meter	Rp 60.000,-	bit.ly/nano_atmega
Sensor TSL2561	1	Sensor Cahaya	Rp 50.000,-	bit.ly/tsl2561
Baterai keping 3 V	3	Sumber listrik	Rp 25.000,-	bit.ly/Baterai_3V
Oled 128 x 32	1	Displai penampil	Rp 30.000,-	bit.ly/oled_128x32
Kabel jumper	1	Penyambung instalasi antar komponen	Rp 10.000,-	bit.ly/Jumper_kabel
Saklar on/off	1	Pemutus/ penyambung daya listrik	Rp 1.000,-	bit.ly/saklar_
Box plastik	1	Tempat penyatuan komponen	Rp 11.000,-	bit.ly/box_plastik

Dari komponen tersebut nantinya akan dirangkai untuk menjadi purwarupa Luxirr Meter. Gambar di bawah adalah desain 3D Luxirr Meter yang dibuat.



Gambar 1. Desain Luxirr Meter



Gambar 2. Rangkaian sistem

Desain yang dibuat memiliki dimensi 7x4.5x2.3 dalam satuan sentimeter, dilengkapi dengan berbagai komponen seperti yang terdapat pada Gambar 1. Selain itu, juga ada rangkaian yang menyatukan seluruh komponen supaya saling terkoneksi dengan bantuan kabel *jumper*. Gambar di bawah merupakan sistem rangkaian yang diterapkan dalam alat ini.

Rangkaian ini selain sebagai penyatu komponen juga bisa menjelaskan cara kerja sistem. Baterai sebagai sumber daya listrik sistem. Kapasitas baterai yang dipakai adalah 3.7V, dipasang secara seri sebanyak 4 buah baterai. Sehingga total tegangan yang masuk sistem kurang lebih 14.8V. Masuknya daya baterai diatur oleh

saklar untuk menyambung dan memutus listrik dari baterai, dengan kata lain saklar digunakan untuk menghidupkan dan mematikan Luxir Meter. Selanjutnya daya listrik dari baterai akan masuk ke arduino nano sebagai kontroler dari alat Luxir Meter. Arduino akan mengendalikan sensor TSL2561 untuk melakukan pengukuran cahaya, kemudian parameter pengukuran cahaya akan diterima dan diolah oleh mikrokontroler. Pengolahan data yang dimaksud adalah awalnya data yang diterima mikrokontroler hanya satuan lux saja, kemudian untuk menambah satuan iradiasi maka harus diolah atau dikonversi sehingga satuan lux akan menjadi satuan watt per meter persegi. Parameter pengukuran dari sensor akan dikirim oleh mikrokontroler ke penampil pengukuran yaitu oled dengan ukuran 128x32. Tampilan menunjukkan dua parameter pengukuran yaitu lux dan iradiasi. Setelah semua berjalan, maka sistem akan menjalankan mode *deep sleep* selama beberapa detik untuk menghemat daya keluaran baterai dan memperpanjang umur baterai.

Untuk menjalankan modul mikrokontroler arduino nano, memerlukan pengkodean program sebagai perintah sistem kendali untuk melakukan berbagai kerja seperti pengukuran, pengiriman data, pengolahan data dan menampilkan data, berikut pengkodean program mikrokontroler Arduino:

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_TSL2561_U.h>
#include <U8glib.h>
#include <LowPower.h>

U8GLIB_SSD1306_128X32 u8g(U8G_I2C_OPT_NO_ACK);
Adafruit_TSL2561_Unified
tsl=Adafruit_TSL2561_Unified(TSL2561_ADDR_FLOAT,12345);
int valor = 0;
String str;
int tamanho;
void draw()
{
  u8g.drawRFrame(0, 0, 128, 0, 0);
  u8g.drawRFrame(0, 12, 128, 20, 4);
  u8g.setFont(u8g_font_8x13B);
  u8g.setColorIndex(0);
  u8g.setColorIndex(1);
  u8g.drawStr( 20, 10, "Lux");
  u8g.drawStr( 80, 10, "Irr");
  u8g.setFont(u8g_font_10x20);
  str = String(valor);
  tamanho = str.length();
  u8g.setPrintPos(30-(tamanho*5), 28);
  u8g.print(valor);
}
void displaySensorDetails(void)
{
  sensor_t sensor;
  tsl.getSensor(&sensor);
  Serial.println("-----");
  Serial.print ("Sensor:      "); Serial.println(sensor.name);
  Serial.print ("Driver Ver: "); Serial.println(sensor.version);
  Serial.print ("Unique ID: "); Serial.println(sensor.sensor_id);
  Serial.print ("Max Value: "); Serial.print(sensor.max_value);
  Serial.println(" lux");
  Serial.print ("Min Value: "); Serial.print(sensor.min_value);
  Serial.println(" lux");
  Serial.print ("Resolution: "); Serial.print(sensor.resolution);
  Serial.println(" lux");
  Serial.println("-----");
  Serial.println("");
  delay(500);
}
```

```
}

void configureSensor(void)
{
    tsl.enableAutoRange(true);
    tsl.setIntegrationTime(TSL2561_INTEGRATIONTIME_13MS);

    Serial.println("-----");
    Serial.print ("Gain:          "); Serial.println("Auto");
    Serial.print ("Timing:         "); Serial.println("13 ms");
    Serial.println("-----");
}

void setup(void)
{ Serial.begin(9600);
  pinMode(LED_BUILTIN,OUTPUT);
  digitalWrite(LED_BUILTIN,LOW);

  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Light Sensor Test"); Serial.println("");

  if (!tsl.begin())
  {
    Serial.print("TSL2561 nao detectado,verifique a conexao e o endereco
I2C");
    while (1);
  }

  displaySensorDetails();
  //Configurasi sensor TSL
  configureSensor();
  Serial.println("");
  if ( u8g.getMode() == U8G_MODE_R3G3B2 ) {
    u8g.setColorIndex(255);
  }
  else if ( u8g.getMode() == U8G_MODE_GRAY2BIT ) {
    u8g.setColorIndex(3);
  }
  else if ( u8g.getMode() == U8G_MODE_BW ) {
    u8g.setColorIndex(1);
  }
  else if ( u8g.getMode() == U8G_MODE_HICOLOR ) {
    u8g.setHiColorByRGB(255, 255, 255);
  }
}

void loop(void)
{
  Calcula_Lux();
  u8g.firstPage();
  do
  {
    draw();
  }
  while ( u8g.nextPage() );
  delay(150);
}

void Calcula_Lux()
```

```

{ sensors_event_t event;
  tsl.getEvent(&event);
  digitalWrite(LED_BUILTIN,HIGH);
  delay(2000);
  digitalWrite(LED_BUILTIN,LOW);
  Serial.println("Going to sleep for 4 seconds");
  delay(100);
  LowPower.idle(SLEEP_4S, ADC_OFF, TIMER2_OFF, TIMER1_OFF,
TIMER0_OFF,SPI_OFF, USART0_OFF, TWI_OFF);
  delay(100);
  Serial.println("Arduino: Hey I just Woke up");

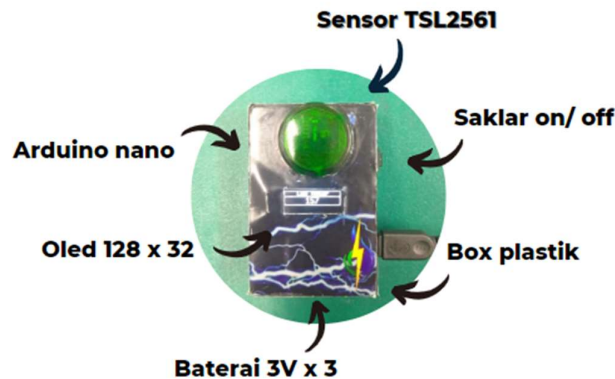
  if (event.light)
  {
    valor = event.light+80;
    Serial.print(event.light); Serial.println(" lux");
  }
  else
  {
    valor = event.light+80;
    Serial.print(event.light); Serial.println(" lux");
  }
  delay(250);
}

```

Pada koding di atas terdapat perintah untuk membaca parameter dari sensor, melakukan pengolahan data sensor dan melakukan pengiriman data menuju ke penampil oled, serta perintah mode *deepsleep* untuk melakukan penghematan umur baterai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini adalah sebuah alat yang bernama “Luxirr Meter”. Alat ini merupakan rangkaian dari berbagai komponen elektronik, diperintah oleh kontroler yang berisi pengkodean program. Alat ini dibuat berdasarkan desain yang telah dibuat walaupun terdapat sedikit perbedaan pada peletakan komponen. Penampakan nyata alat Luxirr Meter ditunjukkan pada gambar di bawah.



Gambar 3. Luxirr meter

Luxirr Meter memiliki rangkaian komponen yang saling terhubung satu sama lain yang dirangkai dalam box kecil. Berikut luxirr meter tampak dalam box.

Gambar di atas merupakan rangkaian aktual dari alat yang dibuat sesuai dengan desain rangkaian gambar 2. Dalam rangkaian ini belum ada baterai yang menjadi suplai, artinya untuk mengoperasikan harus menggunakan sambungan usb. Terlihat dengan kotak sekecil itu, terdapat susunan berbagai komponen

elektronik yang sangat *compact*. Dalam penelitian ini, tidak hanya mencoba susunan seperti rangkaian di atas, tetapi juga mencoba langsung menggunakan sumber daya baterai.



Gambar 4. Luxirr tanpa baterai



Gambar 5. Luxirr dengan baterai lithium 3v

Dengan menggunakan baterai sebagai sumber daya listrik sudah cukup untuk mengoperasikan alat ini. Baterai yang digunakan adalah baterai keping lithium dengan tegangan 3 V. Dengan tegangan 3V masih kurang untuk bisa melakukan suplai tegangan ke Arduino Nano, karena membutuhkan tegangan input minimal 9V ketika tidak menggunakan USB.



Gambar 6. Baterai lithium 3V

Sehingga pemasangan baterai untuk bisa 9V atau lebihnya harus dilakukan secara seri sebanyak 3 sampai 4 baterai. Dalam percobaan ini, baterai dipasang seri sebanyak 4 unit. Sehingga tagangan yang dihasilkan dari seri baterai sebesar 12V. Tegangan ini sudah cukup untuk melakukan pengoperasian arduino yang kemudian dari arduino akan menyalurkan daya ke berbagai komponen seperti sensor TSL2561 dan oled. Tegangan yang dikeluarkan arduino sebesar 3.3V untuk mensuplai kedua komponen tersebut. Baterai ini memiliki dimensi diameter kurang 2 cm, dengan diameter tersebut masih bisa untuk dimasukan ke dalam box. Terdapat kelemahan dari baterai ini ketika dipasang pada alat, yaitu tidak bisa digunakan dalam waktu yang lama karena baterai mudah panas. Ketika baterai panas, tegangan keluaran dari baterai akan menurun sehingga tidak bisa mengoperasikan arduino karena tegangan input minimal arduino tidak tercukupi. Akibatnya arduino tidak beroperasi dan komponen yang terhubung ke arduino juga mati.

Disarankan oleh penulis untuk menggunakan jenis baterai yang lebih kecil, simpel dan memiliki kapasitas besar, misalnya ditunjukkan pada gambar di bawah.



Gambar 7. Baterai A27 12V

Baterai ini memiliki tegangan 12V dengan bentuk yang kecil dan simpel. Dimensi baterai adalah diameter 0.5 cm dan tinggi 2 cm. Dengan bentuk yang simpel baterai ini mampu menyalurkan arus maksimal sebesar 27A berdasarkan spesifikasi baterai tersebut. Tentu hal ini sangat cocok ketika diaplikasikan pada Luxir Meter ini, sehingga bisa menambah umur alat.

Selain itu, juga perlu mengerti mengenai mode *deep sleep* yang ada pada koding arduino pada deskripsi di atas. Sebenarnya mode ini tidak digunakan tidak menimbulkan masalah pada fungsional pengoperasian alat. Karena mode *deep sleep* menyebabkan mati sejenak pada mikrokontroler Arduino Nano untuk melakukan proses kontrolnya, tetapi CPU dari modul Arduino tetap bekerja untuk melanjutkan kerja berikutnya. Fungsi dari diterapkannya dari mode *deep sleep* pada alat ini adalah untuk memperpanjang masa hidup dari baterai, artinya dengan menggunakan mode ini pengeluaran daya baterai bisa lebih hemat. Masa *deep sleep* yang diterapkan dalam Luxir Meter adalah 4 detik untuk tidur kemudian setelah 4 detik akan kembali bekerja normal lagi. Mode ini yang membuat alat ini berbeda dari alat serupa sebelumnya yang pernah dibuat, sekaligus mode ini menambah keunikan dari Luxir Meter yang dibuat, seperti ditunjukkan oleh gambar di bawah.



Gambar 8. Pengoperasian luxir meter

Terlihat dari pengoperasian Luxir Meter tersebut melakukan pembacaan lux dengan nilai 80 dan dan iradiasi bernilai nol. Nilai ini terbentuk karena pengukuran dilakukan dalam ruangan dengan cahaya yang redup sehingga menyebabkan nilai yang muncul pada pembacaan seperti itu. Nilai nol pada iradiasi terjadi karena perbandingan 685 Lux setara 1W/m^2 . Jadi pembacaan iradiasi akan terbaca jika nilai intensitas cahaya sudah diatas 685 Lux.

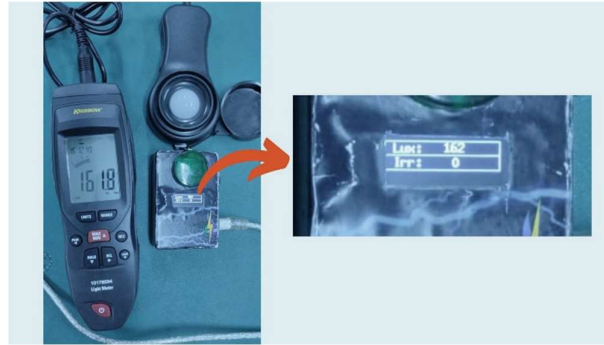
Untuk metode kalibrasi, berhubungan dengan koding yang diterapkan dalam sistem. Pada koding bagian *calcula lux* terdapat bagian kalibrasi, pembacaan lux bisa ditambah, kurang sesuai dengan nilai intensitas cahaya aktual saat proses kalibrasi.

```

if (event_light)
{
  valor = event_light+80;
  Serial.print(event_light); Serial.println(" lux");
}

```

Tepatnya pada “valor” yang merupakan perintah untuk melakukan kalkulasi pembacaan lux, perlu dilakukan kalibrasi dengan menambah atau mengurangi nilai lux yang terbaca pada sensor. Sehingga dengan melakukan kalibrasi, pembacaan luxir meter bisa sesuai dan bisa dipercaya. Proses kalibrasi yang dilakukan adalah dengan lux meter yang ada di lab tempat dibuatnya alat.



Gambar 9. Kalibrasi Luxir Meter

Dengan membandingkan nilai pembacaan kedua alat, kemudian menyesuaikan nilai bacaan yang terbaca pada alat lux meter laboratorium dengan mengatur pada coding controller yaitu arduino nano. Setelah selesai melakukan perubahan coding maka harus dicoba kembali untuk memastikan pembacaan luxir meter sudah sesuai. Untuk pembacaan irradiant tidak perlu diubah, karena sejatinya pembacaan irradiation merupakan perhitungan dari nilai lux yang terbaca pada alat luxir meter, sehingga dengan menyesuaikan nilai lux, secara otomatis nilai irradiation akan sesuai.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan

Luxir Meter adalah alat yang dibuat dengan menggabungkan fungsi pengukuran lux dan iradiasi. Luxir Meter memiliki mode *deep sleep* yang menjadikannya berbeda dari alat lain, sekaligus mode *deep sleep* menjadi keunggulan dari alat yang dibuat karena bisa menghemat pengeluaran daya baterai, sehingga bisa menambah umur penggunaan baterai. Terdapat dua pembacaan dari Luxir Meter yaitu pembacaan lux untuk sisi atas *oled* dan pembacaan iradiasi untuk sisi bawah *oled*. Alat ini sudah bisa berfungsi dengan baik untuk melakukan dua pengukuran parameter tersebut.

Saran

Saran untuk penelitian ke depannya bisa menggunakan baterai yang berbeda seperti yang telah dijelaskan pada pembahasan di atas, dengan tujuan untuk menambah kinerja dan kualitas dari alat.

Ucapan Terima Kasih

Dengan selesainya penelitian ini saya mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang berpartisipasi dalam penelitian ini, khususnya koordinator Lab Energi yang telah mengizinkan pemakaian tempat dan peralatan pendukung untuk mengerjakan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. M. Gutierrez-Martinez, A. Castillo-Martinez, J. A. Medina-Merodio, J. Aguado-Delgado, and J. J. Martinez-Herraiz, "Smartphones as a light measurement tool: Case of study," *Appl. Sci.*, vol. 7, no. 6, 2017, doi: 10.3390/app7060616.
- [2] G. Hashmi, M. S. Hasan, M. M. H. Efat, and M. H. Rahman, "Portable solar panel efficiency measurement system," *SN Appl. Sci.*, 2020, doi: 10.1007/s42452-019-1851-z.
- [3] S. Manik, A. M. Muslimin, and A. A. Subgan, "PERANCANGAN ALAT UKUR INTENSITAS CAHAYA BERBASIS ARDUINO LEONARDO MENGGUNAKAN SENSOR LDR (Light Dependent Resistor)," *J. Nat.*, 2020, doi: 10.30862/jn.v16i1.46.
- [4] A. H. Ismail, M. S. M. Azmi, M. A. Hashim, M. N. Ayob, M. S. M. Hashim, and H. B. Hassrizal, "Development of a webcam based lux meter," in *IEEE Symposium on Computers and Informatics, ISCI 2013*, 2013. doi: 10.1109/ISCI.2013.6612378.
- [5] M. D. Ahmad, S. Z. Mohammad Noor, N. F. Abdul Rahman, and F. A. Haris, "Lux Meter Integrated with Internet of Things (IoT) and Data Storage (LMX20)," *ICPEA 2021 - 2021 IEEE Int. Conf. Power Eng. Appl.*, no. March, pp. 138–142, 2021, doi: 10.1109/ICPEA51500.2021.9417762.
- [6] F. J. Diez, A. Martínez-Rodríguez, L. M. Navas-Gracia, L. Chico-Santamarta, A. Correa-Guimaraes, and R. Andara, "Estimation of the hourly global solar irradiation on the tilted and oriented plane of photovoltaic solar panels applied to greenhouse production," *Agronomy*, 2021, doi: 10.3390/agronomy11030495.
- [7] L. Hontoria, C. Rus-Casas, J. D. Aguilar, and J. C. Hernandez, "An improved method for obtaining

-
- solar irradiation data at temporal high-resolution,” *Sustain.*, 2019, doi: 10.3390/su11195233.
- [8] F. Rodríguez, F. Martín, L. Fontán, and A. Galarza, “Ensemble of machine learning and spatiotemporal parameters to forecast very short-term solar irradiation to compute photovoltaic generators’ output power,” *Energy*, 2021, doi: 10.1016/j.energy.2021.120647.
- [9] I. L. Alboteanu, C. A. Bulucea, and S. Degeratu, “Estimating solar irradiation absorbed by photovoltaic panels with low concentration located in Craiova, Romania,” *Sustain.*, 2015, doi: 10.3390/su7032644.
- [10] T. K. Hariadi, A. K. H. Juwito, and A. N. N. Chamim, “Smartphone-based lux meter with decision support system,” *Proc. - 7th IEEE Int. Conf. Control Syst. Comput. Eng. ICCSCE 2017*, vol. 2017-Novem, no. November, pp. 216–219, 2018, doi: 10.1109/ICCSCE.2017.8284407.
- [11] R. Hrbac, V. Kolar, and T. Novak, “Prototype of a luxmeter with high sensitivity suitable for long-term data recording,” in *International Conference on Applied Electronics*, 2015.