

DOI: doi.org/10.21009/0305020113

PROTOTYPE SISTEM PENGUKUR KUALITAS TEGANGAN JALA-JALA LISTRIK PLN

Wisnu Djatmiko¹⁾

Program Studi Pend. Teknik Elektronika, Fakultas Teknik - Universitas Negeri Jakarta,
Kampus Universitas Negeri Jakarta Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220

Email: ¹⁾wisnu.dj@unj.ac.id

Abstrak

Sebuah prototipe sistem pengukur kualitas tegangan jala-jala Listrik PLN berbasis Arduino Uno diusulkan untuk dapat mengukur dan menampilkan V_{MAX} , V_{EFF} , Frekuensi tegangan jala-jala listrik PLN menggunakan LCD (dot matrix 4×20 character), dan direalisasikan dengan menggunakan 4 (empat) buah sub-sistem atau blok rangkaian, yaitu (1) rectifier gelombang penuh menggunakan diode bridge dengan beban resistor dan Kapasitor untuk menghasilkan V_{DC} ; (2) rectifier gelombang penuh menggunakan diode bridge dengan beban resistor untuk menghasilkan pulsa-pulsa gelombang AC; (3) sistem LCD (dot matrix 4×20 character) berbasis IC HD44780 LCD Controller ; dan (4) Board Arduino Uno R3 yang berfungsi untuk menghitung dan menampilkan nilai V_{MAX} , V_{RMS} , dan Frekuensi tegangan jala-jala listrik PLN ke LCD. Prototipe sistem pengukur kualitas tegangan jala-jala Listrik PLN berbasis Arduino Uno sudah berhasil dibuat dan diuji dapat mengukur tegangan jala-jala Listrik PLN di Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta dengan nilai V_{MAX} sebesar 383 Volt, V_{RMS} sebesar 203 Volt, dan Frekuensi sebesar 50Hz yang ditampilkan pada LCD dot matrix dot matrix 4×20 character dan sudah dibandingkan dengan menggunakan Digital Multi Meter Sanwa CD800a dan PC-Oscilloscope Instrustar ISD205B dengan tingkat kesalahan di bawah 1%.

Kata-kata kunci: sistem pengukur kualitas tegangan listrik berbasis Arduino Uno, parameter tegangan listrik PLN, aplikasi Arduino Uno.

Abstract

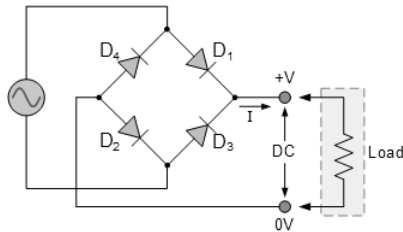
A prototype measuring system voltage quality of the power line based Arduino Uno is proposed to be able to measure and display the V_{MAX} , V_{EFF} , and Frequency using LCD, and realized by 4 sub-system: (1) full-wave rectifier using a diode bridge with a load resistor and pasif low-pass filter to generate V_{DC} ; (2) full-wave rectifier using a diode bridge with a load resistor to generate pulses waves of power line; (3) LCD systems board based on IC HD44780 LCD controller; and (4) Board Arduino Uno R3 which serves to calculate and display the value V_{MAX} , V_{RMS} , and the frequency of the power line to LCD. The prototype system has been created and tested can measure voltage of power line in Faculty of Engineering, State University of Jakarta with a value $V_{MAX} = 383$ Volt, $V_{RMS} = 203$ Volt, and a frequency of 50Hz is displayed on the LCD and has been compared by using a Digital Multi Meter Sanwa CD800a and PC-Oscilloscope Instrustar ISD205B with an error rate below 1%.

Keywords: Line power quality measuring system based Arduino Uno, PLN line voltage parameters, Arduino Uno Application.

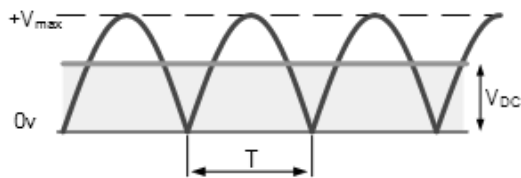
1. Pendahuluan

Kebutuhan pemakaian tegangan listrik yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Negara (PLN), baik listrik pintar (pra-bayar) atau listrik pasca-bayar, pada era tahun 2015 sudah menjadi suatu hal yang sangat diperlukan oleh masyarakat umum di negara Indonesia. Ukuran keandalan dan kualitas listrik secara umum ditentukan oleh parameter penyimpangan frekuensi tegangan listrik dan penyimpangan tegangan listrik. Tegangan listrik yang baik di Indonesia adalah tegangan yang tetap stabil pada nilai yang telah ditentukan sebesar 220 Volt. Gangguan yang dapat terjadi pada tegangan listrik

PLN antara lain : Fluktuasi Tegangan, Tegangan Kedip (Dip Voltage), dan Harmonik Tegangan. Gangguan-gangguan tegangan tersebut dapat menyebabkan peralatan-peralatan elektronik rumah-tangga yang menggunakan listrik dapat beroperasi secara tidak normal dan yang paling fatal adalah kerusakan atau terbakarnya peralatan. Masyarakat pengguna tegangan listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik milik PLN diharapkan mempunyai instrumen yang digunakan untuk memantau parameter jala-jala listrik PLN mempunyai kualitas level tegangan dan frekuensi di luar batas toleransi yang diperbolehkan sesuai dengan peraturan atau standart yang berlaku di Indonesia.



Gambar 1. Skema rangkaian penyearah gelombang penuh yang dihubungkan ke sumber tegangan AC menggunakan diode bridge dengan beban resistor.



Gambar 2. Bentuk arus pada beban resistor

Rangkaian penyearah gelombang penuh (ditunjukkan pada Gambar 1) yang dihubungkan ke sumber tegangan AC 220 V_{RMS} (berbentuk gelombang sinus dengan frekuensi 50 Hz) yang direalisasikan dengan menggunakan 4 (empat) diode silikon (D_1 sampai dengan D_4) dan beban resistor secara teori dapat menghasilkan tegangan keluaran berbentuk pulsa-pulsa (ditunjukkan pada Gambar 2) dengan frekuensi dua kali frekuensi masukan atau sebesar 100 Hz [1][2]. Jika diasumsikan tegangan masukan dari rangkaian penyearah gelombang penuh mempunyai persamaan $V_{in} = V_{max} \sin \omega t$ maka V_{max} akan mencapai nilai maksimum saat $\omega t = 1/\pi$ atau 90° dan mencapai nilai minimum saat $\omega t = 0^\circ$ dan saat $\omega t = \pi$ atau 180° sehingga dapat dianalisis bahwa tegangan keluaran muncul pada beban resistor selama periode T ($0 < \omega t < \pi$) dan tegangan rata-rata (V_{DC}) dapat diturunkan menggunakan persamaan (1) sampai persamaan (3). Level tegangan efektif (V_{RMS}) di beban resistor dapat diturunkan menggunakan persamaan (4) sampai (6).

$$V_{DC} = \frac{1}{T} \int_0^\pi V_{in}(t) dt \dots\dots\dots (1)$$

$$V_{DC} = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi V_{MAX} \sin \omega t dt \dots\dots\dots (2)$$

$$V_{DC} = \frac{V_{MAX}}{\pi} (+2) = 0,636 V_{MAX} \dots\dots\dots (3)$$

$$V_{RMS}^2 = \frac{1}{T} \int_0^\pi V_{in}(t)^2 dt \dots\dots\dots (4)$$

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^\pi (V_{MAX} \sin \omega t)^2 dt} \dots\dots\dots (5)$$

$$V_{RMS} = \frac{V_{MAX}}{1,4142} = 0,7071 V_{MAX} \dots\dots\dots (6)$$

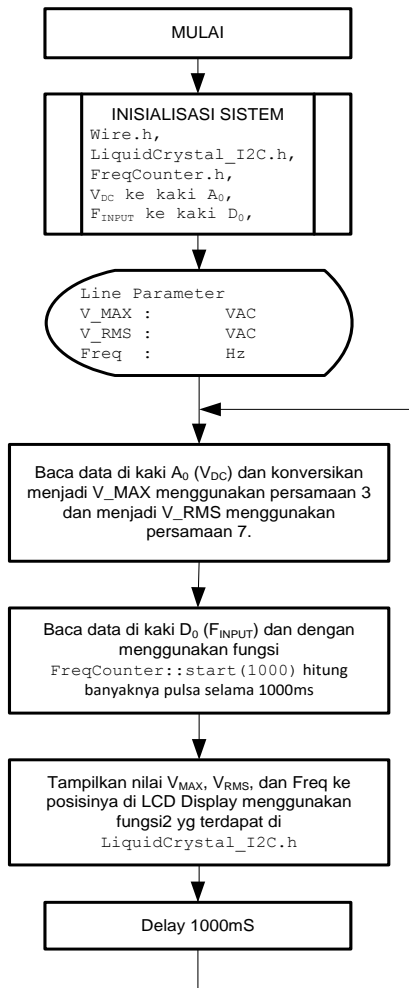
Dari persamaan (3) dan persamaan (6), tegangan V_{MAX} (atau tegangan puncak) dari tegangan listrik PLN yang dihubungkan sebagai tegangan masukan rangkaian penyearah gelombang penuh (Gambar 1) dapat diturunkan untuk mendapatkan nilai V_{RMS} seperti ditunjukkan oleh persamaan (7) berikut ini :

$$V_{RMS} = 0,7071 \times \frac{V_{DC}}{0,636} = 1,112 V_{DC} \dots\dots\dots (7)$$

Arduino Uno sudah terbukti secara ilmiah dapat digunakan sebagai A low-cost multipurpose laboratorium equipment, misalnya sebagai instrument untuk mengukur tegangan, arus, frekuensi, dan sistem kendali menggunakan masukan dari sensor-sensor yang dihubungkan ke port analog dan atau port digital untuk mengendalikan aktuator berdasarkan aturan-aturan tertentu [3]. Sebuah sistem elektronik berbasis Arduino Uno sudah terbukti dapat di implementasikan sebagai alat yang dapat memonitoring energi listrik secara Wireless dengan parameter tegangan listrik yang dimonitor adalah tegangan efektif (V_{RMS}) dan arus efektif (I_{RMS}) yang diperoleh dari sensor Current Transformer dan AC to AC Power Adapter dan dapat mengukur tegangan efektif sebesar 218 Volt dan arus efektif sebesar 0,5 Amper dan ditampilkan pada LCD [4].

I2C / TWI modul LCD2004 adalah sebuah sistem peraga menggunakan LCD dot matrix 20x4 karakter berbasis IC Hitachi HD44780 dengan I2C serial bus kecepatan tinggi yang diproduksi oleh DFRobot. Sistem peraga LCD dot matrix 20x4 karakter berbasis IC HD44780 dapat dihubungkan ke board Arduino Uno hanya menggunakan 2 (dua) buah kaki Analog A5 dan A6 selain sumber tegangan DC +5 Volt. Kaki Analog A5 dan A6 dari Arduino Uno dihubungkan ke kaki SDA dan kaki SCL dari serial board. Diperlukan sebuah file library LiquidCrystal_I2C.h agar sebuah board Arduino Uno dapat digunakan untuk menggerakkan LCD dot matrix 20x4 karakter berbasis IC Hitachi HD44780 dengan I2C serial bus [5][6].

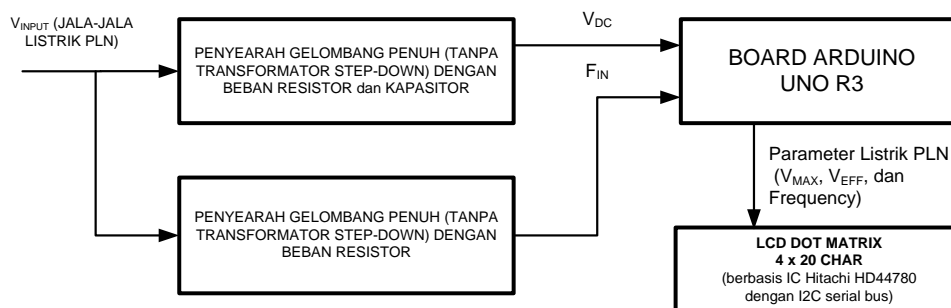
Board Arduino Uno dapat digunakan untuk mengukur frekuensi dengan cara menggunakan sebuah file library FreqCounter.h dan menghubungkan kaki Analog 5 ke sinyal atau pulsa-pulsa digital dengan level TTL yang mempunyai rentang frekuensi dari 1 KHz sampai dengan 8 MHz. Berkas (file) Library FreqCounter.h akan mengukur frekuensi sebuah sinyal dengan cara menghitung jumlah pulsa-pulsa pada rentang waktu tertentu. Kaki-kaki 3, 9, 10, dan 11 dari board Arduino Uno tidak dapat digunakan jika Arduino Uno menggunakan berkas (file) library FreqCounter.h [7]. Berdasarkan pada fakta-fakta di atas, maka sebuah prototipe sistem pengukur kualitas parameter tegangan jala-jala listrik PLN (mengukur V_{MAX} , V_{RMS} , dan Frekuensi) menggunakan LCD dot matrik 4x20 character berbasis Arduino UNO diusulkan untuk menyelesaikan permasalahan di atas.



Gambar 4. Flow chart sistem yang diduga dapat digunakan untuk mengukur kualitas tegangan listrik PLN berbasis Arduino UNO.

2. Metode Penelitian

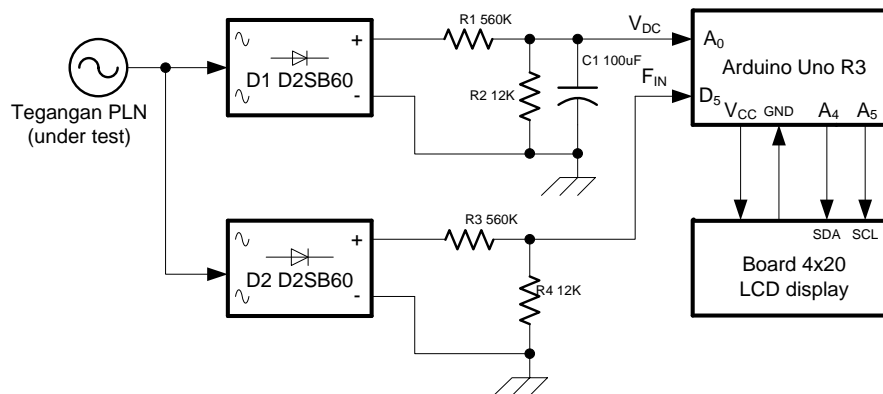
Dengan menggunakan khasanah pengetahuan ilmiah seperti yang sudah dibahas pada bagian pendahuluan didapat sebuah kerangka berpikir bahwa



Gambar 3. Blok diagram desain prototipe sistem pengukur kualitas tegangan jala-jala listrik PLN.

sebuah prototipe dari sistem pengukur kualitas tegangan jala-jala listrik PLN (mengukur level V_{MAX} , V_{RMS} , dan mengukur frekuensi) menggunakan peraga dot matrik 4x20 character berbasis Arduino UNO secara teori dapat direalisasikan menggunakan blok diagram seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Prototipe dari sistem pengukur kualitas tegangan listrik PLN berbasis Arduino UNO dengan display LCD 4x20 character diusulkan untuk dapat mengukur nilai V_{MAX} , V_{RMS} , dan F_{REQ} tegangan listrik PLN terdiri dari 4 (empat) buah blok. Blok penyearah gelombang penuh berbasis diode bridge dengan beban resistor dan low-pass filter pasif berfungsi untuk merubah tegangan listrik PLN menjadi tegangan DC (V_{DC}) dengan level tegangan $< +5$ Volt yang kemudian akan dibaca oleh Arduino Uno dan diubah menjadi V_{MAX} menggunakan persamaan 3 dan menjadi V_{RMS} menggunakan persamaan 7 dan kemudian dengan menggunakan library LiquidCrystal_I2C.h dapat ditampilkan di display LCD. Blok penyearah gelombang penuh berbasis diode bridge dengan beban resistor berfungsi untuk merubah pulsa-pulsa gelombang sinus dari tegangan listrik PLN dengan frekuensi 50 Hz menjadi pulsa-pulsa dengan level tegangan $< +5$ Volt dengan frekuensi 2 kali frekuensi masukan atau sebesar 100 Hz kemudian akan dibaca oleh Arduino Uno dan dihitung banyaknya pulsa dalam 1 detik menggunakan library FreqCount.h dan kemudian dengan menggunakan library LiquidCrystal_I2C.h nilai frekuensi tegangan listrik PLN dapat ditampilkan di display LCD. Flowchart dari program sketch (ditulis menggunakan editor IDE 1.0.6) yang akan berfungsi secara berulang (looping) untuk membaca data-data parameter dari tegangan listrik PLN, menghitung, dan kemudian menampilkan data-data parameter tegangan listrik PLN ke peraga dot matrix 20x4 char ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 5. Rangkaian lengkap dari prototipe sistem pengukur kualitas tegangan jala-jala listrik PLN (V_{MAX} , V_{RMS} , dan Frequency) berbasis Arduino Uno dengan display LCD 4x20 character berbasis IC Hitachi HD44780 dengan I2C serial bus yang diusulkan untuk mengukur kualitas tegangan Listrik PLN.

3. Hasil dan Pembahasan

Realisasi rangkaian elektronik dari blok diagram desain prototipe sistem pengukur kualitas tegangan jala-jala listrik PLN (V_{MAX} , V_{RMS} , dan Frequency) berbasis Arduino Uno dengan display LCD 4x20 character berbasis IC Hitachi HD44780 dengan I2C serial bus ditunjukkan pada Gambar 5. Untuk mengukur tegangan V_{MAX} dan V_{RMS} dari tegangan listrik PLN dilakukan dengan menghubungkan tegangan keluaran rata-rata atau V_{DC} (tegangan keluaran pembagi tegangan menggunakan resistor R_1 dan R_2) yang sudah diratakan dengan menggunakan sebuah kapasitor C_1 ke kaki A_0 (masukan Analog) board Arduino Uno R3 dan kemudian data nilai tegangan V_{DC} diubah menjadi V_{MAX} dan V_{RMS} menggunakan persamaan 3 dan 7 dan kemudian ditampilkan ke board 4x20 character LCD display menggunakan fungsi yang terdapat di berkas (file) library `LiquidCrystal_I2C.h`. Frekuensi dari gelombang sinus tegangan listrik PLN berbasis Uno diukur dengan cara menghubungkan pulsa-pulsa (dengan level TTL) keluaran dari rangkaian pembagi tegangan R_3 dan R_4 ke kaki D_5 (masukan Digital) board Arduino Uno R3 dan kemudian dihitung jumlah pulsanya selama rentang 1000ms menggunakan fungsi `FreqCounter::start(1000)`. Besarnya nilai frekuensi listrik PLN yang diperoleh dari fungsi `FreqCounter::f_freq` kemudian dibagi 2 (dua) untuk mendapatkan nilai frekuensi tegangan listrik PLN yang dapat ditampilkan ke board 4x20 character LCD display. Listing program atau sketch yang diupload ke board Arduino Uno R3 (ditulis menggunakan IDE 1.0.6) yang berfungsi untuk mengukur kualitas tegangan listrik PLN ditunjukkan pada paragraf berikut :

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x20,20,4);
#include <FreqCounter.h>
```

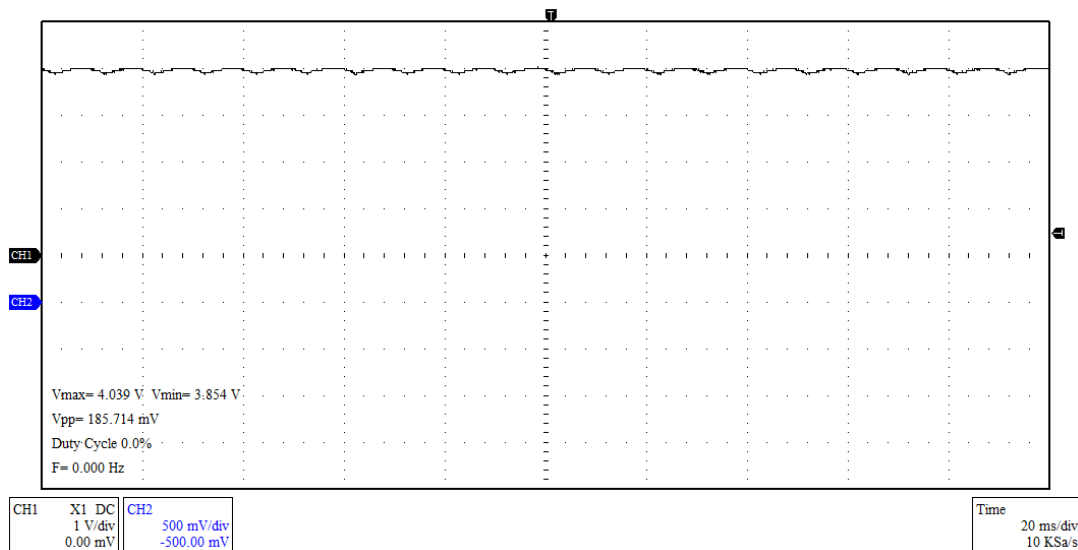
```
float freq;
float freq_out;
void setup()
{ lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Line Parameter ");
  lcd.setCursor(0,1); lcd.print("V_MAX : ");
  lcd.setCursor(14,1); lcd.print("VAC");
  lcd.setCursor(0,2); lcd.print("V_RMS : ");
  lcd.setCursor(14,2); lcd.print("VAC");
  lcd.setCursor(0,3); lcd.print("Freq : ");
}
void loop()
{ int c = 0;
  int temp = 0;
  float total = 0;
  float input = 0;
  float V_out = 0;
  float V_rms = 0;
  float V_max = 0;
  for (c = 0; c < 20; c++)
  { temp = analogRead(1);
    total = total + temp;
    delay(300);
  }
  input = total / 20;
  V_out = (input * 0.9886) * (5.0 / 1023.0);
  V_rms = V_out * 51.622;
  V_max = V_rms / 0.7071;
  FreqCounter::f_comp = 10;
  FreqCounter::start(1000);
  while (FreqCounter::f_ready == 0)
  freq = FreqCounter::f_freq;
  freq_out = freq * 0.5;
  lcd.setCursor(8,1); lcd.print(V_max, 1);
  lcd.setCursor(8,2); lcd.print(V_rms, 1);
  lcd.setCursor(8,3); lcd.print(freq_out, 1);
  lcd.setCursor(12,3); lcd.print(" Hz");
}
```

Hasil pengukuran nilai resistor yang digunakan pada rangkaian penghasil tegangan V_{DC} (Gambar 5) menggunakan Digital Multimeter SANWA CD800A adalah $R_1 = R_3 = 564\text{Kohm}$, $R_2 = R_4 = 12,7\text{Kohm}$. Hasil pengukuran tegangan masukan (V_{RMS}) dan tegangan keluaran (V_{DC}) dari rangkaian penyearah gelombang penuh (tanpa transformator step-down)

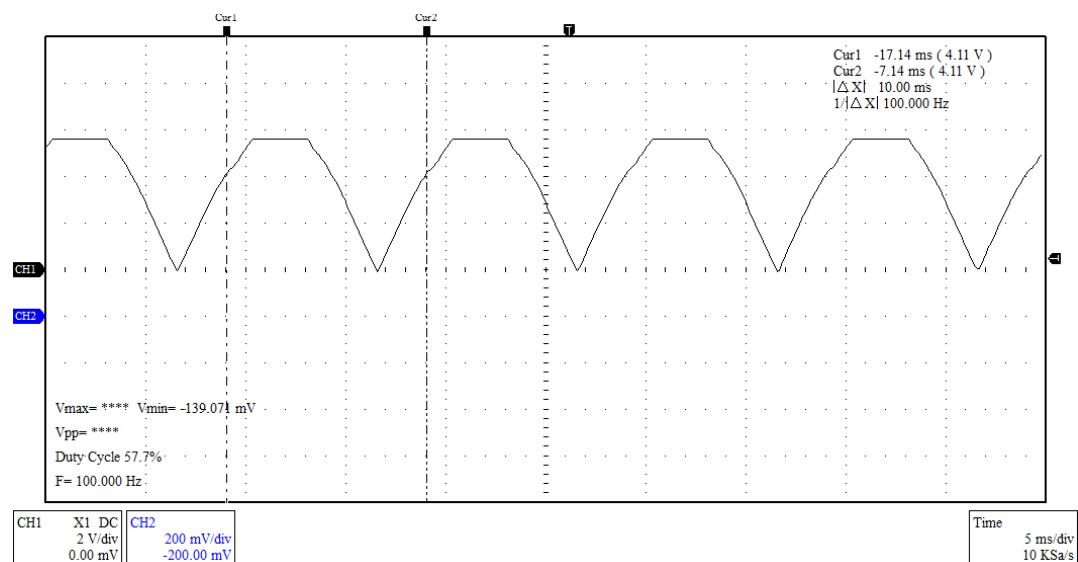
dengan beban resistor dan kapasitor rangkaian penyalap tegangan V_{MAX} dan V_{RMS} dari tegangan listrik PLN yang dihubungkan ke sumber tegangan listrik PLN adalah $V_{RMS} = 215,7$ Volt, $V_{DC} = 4,74$ Volt dengan bentuk gelombang (diperoleh dengan menggunakan PC-Oscilloscope Instrustar ISD205B) ditunjukkan pada Gambar 6 dan bentuk tegangan pulsa-pulsa keluaran pada titik F_{IN} ditunjukkan pada Gambar 7.

Tegangan listrik PLN yang terdapat di Lab. Pendidikan Teknik Elektronika digunakan sebagai masukan tegangan pada sistem sistem pengukur kualitas tegangan listrik PLN (V_{MAX} , V_{RMS} , dan

Frekuensi) dengan penampil dot matrix 20x4 char berbasis Arduino UNO R3 dan kemudian hasil pengukuran data-data parameter tergangsan listrik PLN dapat dibaca pada penampil dot matrix dan kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan Digital Multimeter SANWA CD-800a dan PC-Oscilloscope Instrustar ISD205B (perhitungan selisih kesalahan dalam % ditunjukkan pada Tabel 1). Spesifikasi elektronik dari sistem Pengukur kualitas tegangan listrik PLN (V_{MAX} , V_{RMS} , dan Frekuensi) dengan Penampil dot matrix 20x4 char berbasis Arduino UNO R3 yang telah dibuat ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 6. Bentuk tegangan keluaran (V_{DC}) rangkaian Gambar 5 menggunakan PC-Oscilloscope Instrustar ISD205B.



Gambar 7. Bentuk tegangan pulsa-pulsa keluaran pada titik F_{IN} (rangkain Gambar 5) menggunakan PC-Oscilloscope Instrustar ISD205B.

Tabel 1. Hasil pengukuran prototype sistem Pengukur kualitas tegangan listrik PLN (V_{MAX} , V_{RMS} , dan Frekuensi) dengan Penampil dot matrix 20x4 char berbasis Arduino UNO R3

No	Parameter Listrik PLN	Hasil Pengukuran		
		Instrumentasi	Prototype Sistem	% error
1.	Tegangan Efektif (V_{RMS})	215,7 Volt	215,3 Volt	0,19
2.	Tegangan Puncak (V_{MAX})	-	304,5 Volt	-
3.	Frekuensi	50 Hz	50,0 Hz	0

Tabel 2. Spesifikasi elektronik dari prototype sistem Pengukur kualitas tegangan listrik PLN (V_{MAX} , V_{RMS} , dan Frekuensi) dengan Penampil dot matrix 20x4 char berbasis Arduino UNO R3

No.	Spesifikasi Sistem	Hasil Pengukuran
1.	Waktu sistem untuk mulai membaca data parameter tegangan listrik saat sistem di-ON-kan pertama kali	10 detik
2.	Waktu yang diperlukan sistem untuk membaca data yang berikutnya	1 sd 2 detik
3.	Daya yang diperlukan sistem	< 10 Watts

4. Simpulan

Hasil pengukuran rangkaian Sistem kualitas tegangan listrik PLN (V_{MAX} , V_{RMS} , dan Frekuensi) dengan Penampil dot matrix 20x4 char berbasis Arduino UNO R3 (sesuai dengan data-data hasil pengukuran yang ditunjukkan pada Tabel 1) prototype dari sistem yang diusulkan sudah dapat mengukur 3 (tiga) parameter tegangan listrik PLN dan sudah mempunyai % kesalahan di bawah 1 % (dibandingkan dengan data hasil pengukuran menggunakan instrumen), sehingga dapat disimpulkan bahwa prototype Sistem Pengukur kualitas tegangan listrik PLN (V_{MAX} , V_{RMS} , dan Frekuensi) dengan Penampil dot matrix 20x4 char berbasis Arduino UNO R3 sudah memenuhi kriteria yang sudah ditentukan atau sudah bekerja sesuai dengan fungsinya yaitu sudah dapat mengukur V_{MAX} , V_{RMS} , dan frekuensi tegangan listrik PLN.

Daftar Acuan

- [1] Storr, Wayne, 2015, "The Full Wave Rectifier", http://www.electronicstutorials.ws/diode/diode_6.html.
- [2] Edminister, Joseph A.; Nahv, iMahmood, 2003, "Schaum's Outlines of Theory and Problem of Electric Circuits Fourth Edition", ISBN 0-07-139307-2, McGraw-Hill Companies.
- [3] D'Ausilio, Alessandro, 2011, "Arduino: A low-cost multipurpose lab equipment", <http://link.springer.com/article/10.3758/s13428-011-0163-z#page-1>.
- [4] Dinata, Irwan, 2015, "Implementasi Wireless Monitoring Energi Listrik Berbasis Web Database", Jurnal Nasional Teknik Elektro, Volume 4, ISSN 2302 – 2949, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang.
- [5] Dfrobot, 2014, "I2C TWI LCD2004 (SKU:DFR0154)", [http://www.dfrobot.com/wiki/index.php?title=I2C_TWI_LCD2004_\(SKU:DFR0154\)](http://www.dfrobot.com/wiki/index.php?title=I2C_TWI_LCD2004_(SKU:DFR0154))
- [6] Arduino, 2016, "LiquidCrystal Library", <https://www.arduino.cc/en/Reference/LiquidCrystal>
- [7] PJRC, 2016, "FreqCount Library", http://www.pjrc.com/teensy/td_libs_FreqCount.html