

# Monitoring Arus, Tegangan dan Daya pada Transformator Distribusi 20 KV Menggunakan Teknologi Internet of Things

Noer Soedjarwanto<sup>1</sup>, Gigih Forda Nama<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Elektro, Fakultas Teknik, <sup>2</sup>Teknik Informatika, Fakultas Teknik - Universitas Lampung  
Email: noer.soedjarwanto@eng.unila.ac.id, gigih@eng.unila.ac.id

**Abstract**— *The damage of distribution transformer can disrupt the continuity of electricity delivery to consumers. Various disturbances can defect the distribution transformer therefore the process monitoring of the electricity quantity at the distribution transformer is important to do. This paper presents a system of online monitoring electrical quantities from distribution transformers based on Internet of Things (IoT) technology. Voltage sensors, current sensors are used to measure voltage and current, microcontrollers are used as data processing measurements. The ethernet shield and internet modems are used to send data to the IoT Ubidots platform cloud server. The results shown that the distribution transformer monitoring tool was able to work to monitor the electrical quantities of the distribution transformer and send data to the IoT provider network, it also can be monitored remotely through a laptop or mobile device.*

**Keywords** – *monitoring, distribution transformer, internet of things, Ubidots.*

**Abstrak**— *Kerusakan pada transformator distribusi dapat mengganggu kontinuitas pengiriman daya listrik ke konsumen. Berbagai gangguan dapat mengakibatkan kerusakan pada transformator distribusi sehingga monitoring besaran listrik dari transformator distribusi perlu dilakukan. Makalah ini menyajikan sistem monitoring besaran-besaran listrik dari transformator distribusi secara online berbasis teknologi internet of things (IoT). Sensor tegangan dan sensor arus digunakan untuk mengukur tegangan dan arus, mikrokontroler digunakan sebagai pemrosesan data hasil pengukuran dan ethernet shield serta modem internet digunakan untuk mengirimkan data ke server platform IoT Ubidots. Hasil pengujian menunjukkan alat monitoring transformator distribusi mampu bekerja untuk memonitor besaran-besaran listrik transformator distribusi dan mengirimkan data ke jaringan penyedia IoT sehingga dapat dimonitor dari jarak yang jauh melalui perangkat laptop atau handphone.*

**Kata kunci**—*monitoring; transformator distribusi; internet of things; Ubidots.*

## I. PENDAHULUAN

Transformator distribusi adalah salah satu peralatan listrik yang berfungsi untuk mengkonversi daya dari jaringan tegangan menengah ke jaringan tegangan rendah dimana terdapat banyak beban-beban listrik konsumen. Berbagai operasi dan gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi dapat menyebabkan kerusakan pada transformator distribusi. Hal-hal yang paling umum menyebabkan kerusakan pada transformator distribusi adalah pembebanan lebih dan ketidakseimbangan beban. Kedua hal ini menyebabkan pemanasan pada belitan transformator dan mengurangi kinerja isolasi konduktor

kumpulan sehingga dapat menyebabkan hubungsingkat antar belitan dan antar belitan dengan badan transformator.

Oleh karena itu, monitoring besaran listrik terutama arus dan tegangan dari transformator distribusi perlu dilakukan secara kontinyu. Banyaknya transformator distribusi pada jaringan distribusi dengan letak dan posisi yang bervariasi yang kadang-kadang jauh dari pusat distribusi tidak memungkinkan untuk melakukan monitoring secara kontinyu atau setiap waktu. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk kebutuhan monitoring transformator distribusi ini adalah menggunakan teknologi telekomunikasi tanpa kabel (wireless) dan teknologi internet of things (IoT).

Berbagai aplikasi monitoring besaran listrik transformator distribusi dengan menggunakan teknologi telekomunikasi tanpa kabel telah dibuat, baik menggunakan layanan pesan singkat [1] maupun dengan modul GSM [2]. Kekurangan dari aplikasi ini adalah pada penanganan banyaknya data hasil monitoring dimana komputer yang terhubung harus diprogram untuk menampilkan semua data yang telah diperoleh.

Teknologi IoT dapat mengumpulkan semua data-data hasil pengukuran dari sensor-sensor yang dikirimkan ke jaringan internet dimana data-data tersebut akan diproses untuk ditampilkan pada sebuah halaman web, sehingga memudahkan bagi pengguna internet melihatnya melalui situs web.

Makalah ini menyajikan sistem monitoring besaran-besaran listrik dari transformator distribusi yakni tegangan, arus dan daya dari jarak jauh dengan menggunakan teknologi internet of things (IoT). Sensor tegangan dan sensor arus digunakan untuk mengukur besaran tegangan dan arus dari setiap fasa transformator distribusi. Mikrokontroler Arduino Mega digunakan untuk pemrosesan data hasil pengukuran dan mengirimkan data ke jaringan internet melalui ethernet shield dan modem internet.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Transformator Distribusi

Transformator distribusi mempunyai peranan yang sangat penting dalam penyaluran daya listrik ke konsumen di jaringan distribusi tegangan rendah. Transformator distribusi biasanya dinyatakan dengan spesifikasinya, yakni level tegangan primer dan sekunder, daya nominal dan hubungan belitan antara primer dan sekundernya [3]. Spesifikasi ini

menunjukkan batas-batas nominal operasi dari sebuah transformator distribusi. Secara umum perbandingan antara jumlah lilitan kumparan sisi primer dan kumparan sisi sekunder menyatakan perbandingan besar tegangan nominal antara sisi primer dan sisi sekunder dan dinyatakan dengan:

$$n = \frac{V_S}{V_P} = \frac{I_P}{I_S}$$

Daya dari suatu transformator distribusi dinyatakan dengan persamaan:

$$S = V_P I_P = V_S I_S$$

dimana  $S$  adalah daya semu transformator distribusi,  $V_P$  dan  $V_S$  masing-masing adalah tegangan saluran nominal sisi primer dan tegangan saluran nominal sisi sekunder,  $I_P$  dan  $I_S$  masing-masing adalah arus saluran nominal sisi primer dan arus saluran nominal sisi sekunder dan  $n$  adalah perbandingan jumlah lilitan.

Berbagai operasi dan gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi dapat membuat transformator dapat berkurang kinerjanya dan bahkan mengalami kerusakan. Penyebab kerusakan transformator distribusi yang paling umum adalah pembebanan lebih dan ketidakseimbangan beban [4]. Ketidakseimbangan beban merupakan penyebab yang tidak dapat diantisipasi oleh alat proteksi, sehingga perlu memonitor besar arus yang mengalir pada setiap fasa transformator distribusi.

### B. Internet of Things

Internet of Things (IoT) merupakan salah satu bentuk pengembangan dari teknologi jaringan internet. IoT dapat digambarkan sebagai hubungan dari berbagai perangkat pintar, komputer pribadi, sensor, aktuator maupun perangkat lain yang terhubung melalui jaringan internet sehingga dapat menghasilkan informasi yang dapat diakses dan digunakan oleh manusia maupun sistem lainnya. IoT juga dapat diartikan sebagai suatu konsep dengan menempatkan objek-objek fisik yang dapat terkoneksi dengan jaringan internet, serta mampu mengidentifikasi secara otomatis melalui perangkat lainnya [5]. Teknologi IoT dapat diterapkan untuk kebutuhan monitoring, kontrol dan otomatisasi [6][7][8][9].

Berbagai platform telah dibuat untuk mendukung teknologi IoT dengan menggunakan berbagai bahasa pemrograman. Salah satu diantara platform IoT tersebut adalah Ubidots. Ubidots menyediakan tempat penyimpanan data, analisis data dan menampilkan data secara live (*live dashboard*) dengan berbagai tampilan *widget*, sehingga memungkinkan pengguna untuk melihat data yang dikirim ke Ubidots. Ubidots telah digunakan dalam berbagai aplikasi untuk kebutuhan monitoring, kontrol dan otomatisasi.

## III. METODE PENELITIAN

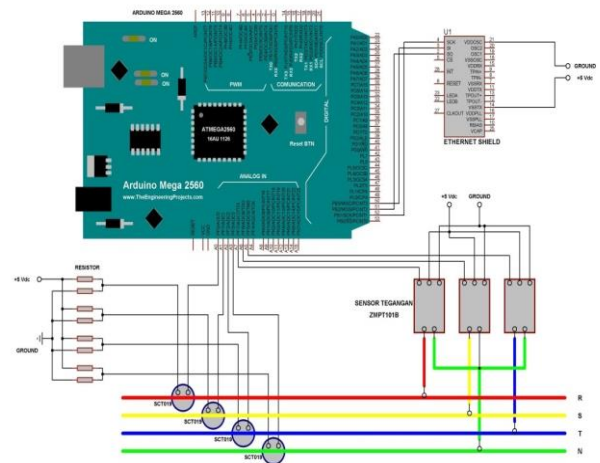
### A. Perancangan dan Pembuatan Alat

Alat monitoring transformator distribusi dirancang untuk dapat mengukur tegangan dan arus setiap fasa, memproses hasil pengukuran arus dan tegangan dan mengirimkannya ke platform IoT Ubidots melalui jaringan internet. Semua proses ini dilakukan dengan

menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2586. Tiga sensor arus SCT019 dan tiga sensor tegangan ZMPT101B masing-masing digunakan untuk mengukur arus dan tegangan setiap fasa di transformator distribusi. Aplikasi monitoring besaran listrik mengadopsi source aplikasi dari Open Energy Monitoring [10]. Data hasil pengukuran kemudian diproses untuk menghasilkan data tambahan yakni daya aktif pada setiap fasa. Data hasil pemrosesan kemudian dikirim ke platform IoT Ubidots dengan menggunakan ethernet shield dan modem internet.

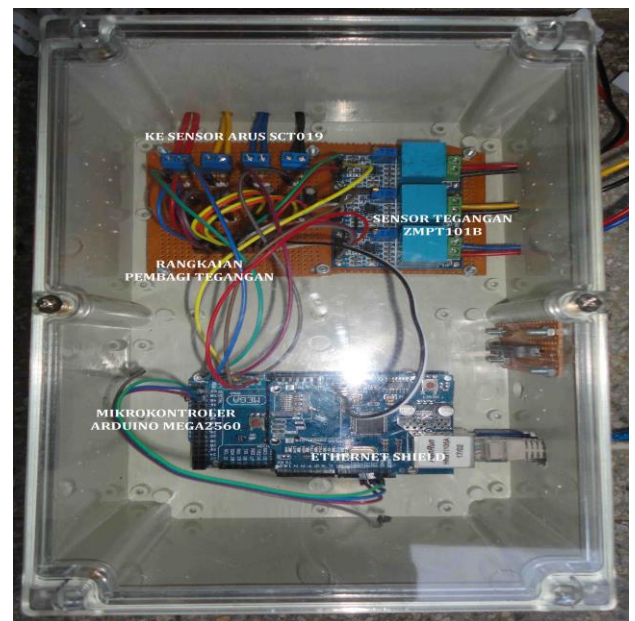
Program yang dibuat untuk melakukan semua proses menggunakan bahasa pemrograman C dan di-upload ke mikrokontroler Arduino Mega menggunakan perangkat lunak Arduino IDE.

Skema rangkaian peralatan alat monitoring transformator distribusi ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Skema Rangkaian Alat Monitoring

Bentuk fisik dari alat monitoring transformator distribusi ditunjukkan pada gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Bentuk Fisik Alat Monitoring Transformator Distribusi

### B. Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan di panel hubung bagi pada sisi tegangan rendah (PHB-TR) transformator distribusi.

Spesifikasi transformator distribusi yang diuji adalah 20kV/0,4kV, 197 kVA, Yyn0. Data yang dikirimkan ke platform Ubidots meliputi data arus fasa, tegangan fasa dan daya setiap fasa. Rangkaian pengujian ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Pengujian Pada Transformator Distribusi

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian monitoring transformator distribusi dilakukan selama 1 jam. Hasil pengujian berupa tampilan arus setiap fasa, tegangan setiap fasa dan daya setiap fasa yang dapat dilihat pada *website* Ubidots melalui laptop yang terhubung ke jaringan internet. Hasil pengujian arus setiap fasa, ditunjukkan pada tabel 1 dan grafik arus setiap fasa, masing-masing ditunjukkan pada gambar 4, gambar 5 dan gambar 6. Sementara hasil pengujian tegangan setiap fasa pada sisi sekunder transformator distribusi ditunjukkan pada tabel 3 dan grafik tegangan setiap fasa masing-masing ditunjukkan pada gambar 7, gambar 8 dan gambar 9.

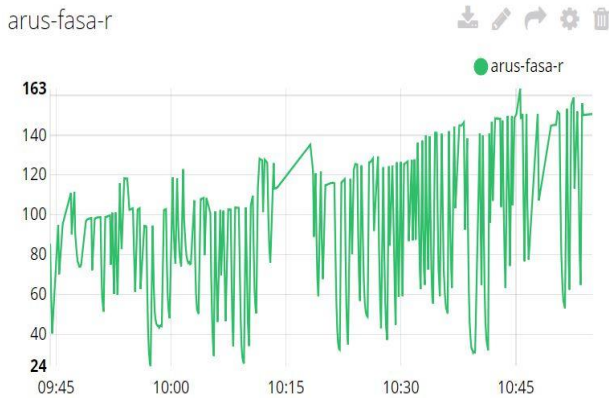
TABEL I  
DATA HASIL PENGUJIAN SENSOR ARUS PADA ALAT MONITORING

Waktu (s)	Sensor Arus (A)		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
74,90	137	133	173
77,87	137	132	173
80,34	137	133	171
91,27	140	132	167
93,81	140	132	167
96,43	138	132	168
99,07	137	133	167
101,64	140	120	174
104,15	140	117	176
106,62	140	122	172
109,24	140	124	171
112,10	140	126	171
114,15	139	130	170
117,11	137	128	170
119,54	136	131	167
121,99	135	139	165
124,46	142	139	161
127,31	138	144	164
129,75	139	146	162
132,20	135	143	164

Waktu (s)	Sensor Arus (A)		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
136,48	139	138	166
138,94	138	139	166
145,25	131	142	161
147,70	139	142	156
150,16	139	145	150
152,52	139	145	149
155,00	140	149	144
157,46	139	148	144
159,93	137	146	149
161,95	136	144	155
164,33	136	145	155
166,71	135	144	155
169,22	135	144	150
171,58	137	140	168
173,94	136	136	176
177,77	142	133	175
179,66	142	133	175
182,04	141	133	175
185,69	142	134	178
188,12	142	132	172
190,64	143	132	171
193,05	143	131	171
195,60	142	131	171
..	..	..	..
..	..	..	..
658,54	139	131	172

TABEL II  
ANALISIS DATA STATISTIK SENSOR ARUS PADA ALAT MONITORING

	FASA R	FASA S	FASA T
Mean	139,06	136,13	167,38
Standard Error	0,25	0,60	0,57
Median	139	135	169
Mode	137	133	170
Standard Deviation	3,69	8,84	8,404
Sample Variance	13,66	78,15	70,63
Kurtosis	2,11	0,161	3,33
Skewness	0,37	-0,218	-1,540
Range	27	48	50
Minimum	125	109	129
Maximum	152	157	179
Sum	30039	29406	36155
Count	216	216	216



Gambar 4. Arus fasa R



Gambar 5. Arus fasa S



Gambar 6. Arus fasa T

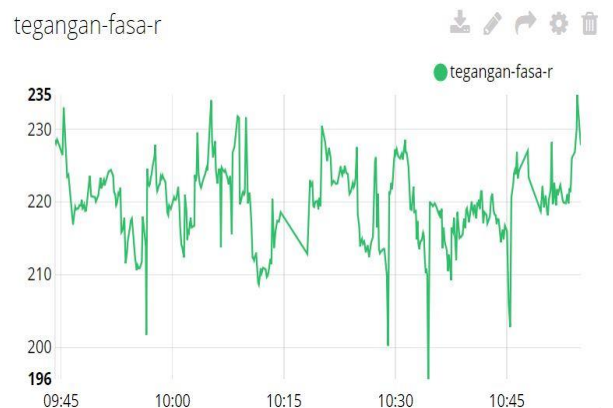
TABEL III.  
DATA HASIL PENGUJIAN SENSOR TEGANGAN PADA ALAT  
MONITORING

Waktu (s)	Sensor tegangan ( V )		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
74,90	225	216	230
77,87	226	215	230
80,34	226	215	228
91,27	232	215	222
93,81	231	214	223
96,43	227	214	224
99,07	226	215	222
101,64	230	195	231
104,15	233	191	233
106,62	233	197	228
109,24	234	201	227
112,10	231	206	226

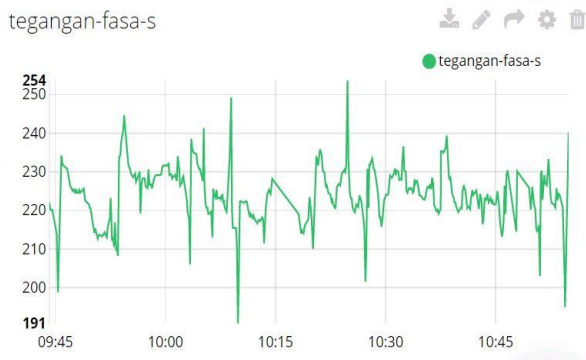
Waktu (s)	Sensor tegangan ( V )		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
114,15	229	212	226
117,11	225	207	226
119,54	224	212	222
121,99	222	225	219
124,46	233	225	214
127,31	227	234	219
129,75	227	237	216
132,20	221	232	221
136,48	228	224	221
138,94	226	226	221
145,25	215	230	215
147,70	228	231	208
..	..	..	..
..	..	..	..
658,54	228	213	228
660,99	227	212	228

TABEL IV  
ANALISIS DATA STATISTIK SENSOR TEGANGAN PADA ALAT  
MONITORING

	FASA R	FASA S	FASA T
Mean	226,25	217,67	221,36
Standard Error	0,30	0,713	0,634
Median	226	219	224
Mode	226	215	224
Standard Deviation	4,426	10,516	9,352
Sample Variance	19,59	110,60	87,47
Kurtosis	2,499	1,70	5,911
Skewness	-0,343	-1,049	-2,1419
Range	33	60	63
Minimum	206	177	173
Maximum	239	237	236
Sum	49098	47235	48037
Count	217	217	217



Gambar 7. Tegangan fasa R

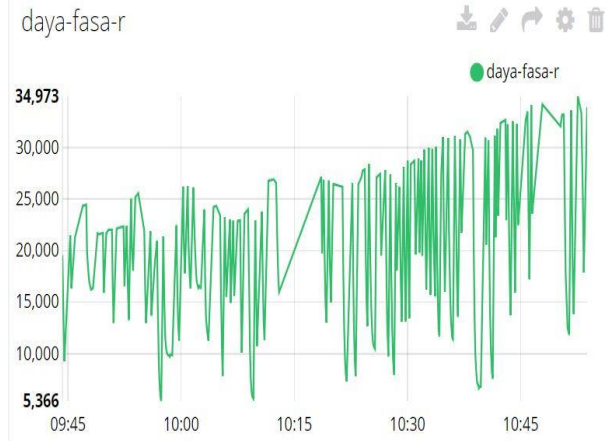


Gambar 8. Tegangan fasa S



Gambar 9. Tegangan fasa T

Waktu (s)	Daya fasa (kW)			Total Daya (kW)
	Fasa R	Fasa S	Fasa T	
136,48	31,84	31,11	37,04	99,99
..	..	..	..	..
..	..	..	..	..
658,54	31,80	28,22	39,30	99,33
660,99	31,41	27,84	39,44	98,68

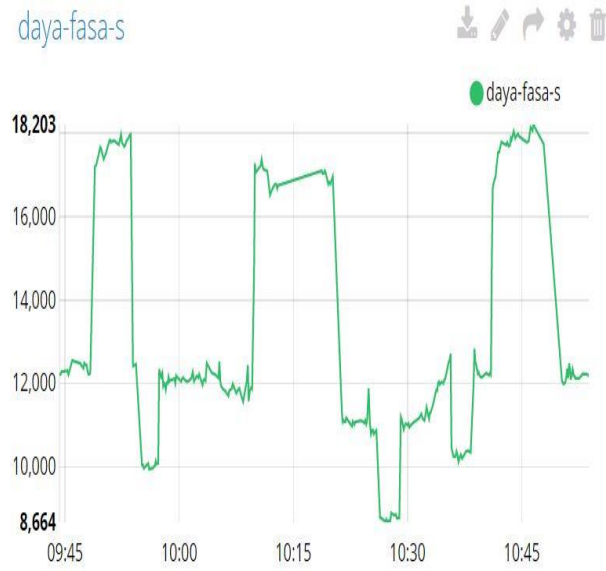


Gambar 10. Daya fasa R

Sementara hasil perhitungan daya setiap fasa dari transformator distribusi ditunjukkan pada tabel 5 dan grafik daya setiap fasa ditunjukkan pada gambar 10, gambar 11 dan gambar 12.

TABEL V  
DATA HASIL PENGUJIAN DAYA PADA ALAT MONITORING

Waktu (s)	Daya fasa (kW)			Total Daya (kW)
	Fasa R	Fasa S	Fasa T	
74,90	30,90	29,06	39,95	99,91
77,87	31,23	28,36	40,13	99,93
80,34	31,26	28,76	39,10	99,12
91,27	33,10	28,54	37,12	98,76
93,81	32,57	28,38	37,47	98,41
96,43	31,67	28,42	37,87	97,96
99,07	31,25	28,72	37,37	97,33
101,64	32,32	23,48	40,40	96,20
104,15	33,00	22,54	41,10	99,64
106,62	33,28	24,20	39,49	96,97
109,24	33,67	24,99	38,99	97,65
112,10	32,76	26,16	38,63	97,55
114,15	32,06	27,85	38,66	98,57
117,11	31,05	26,58	38,59	96,22
119,54	30,71	27,86	37,24	95,81
121,99	30,11	31,28	36,27	97,66
124,46	33,17	31,35	34,58	99,11
127,31	31,57	33,72	36,07	101,36
129,75	31,80	34,70	35,16	101,66
132,20	29,93	33,31	36,95	100,19



Gambar 11. Daya fasa S



Gambar 12. Daya fasa T

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa besaran listrik transformator distribusi dapat dimonitor dari jarak jauh melalui laptop atau handphone yang terhubung dengan jaringan internet. Monitoring besaran-besaran listrik tersebut dapat dilakukan dengan membuka *website* Ubidots sebagai salah satu platform Internet of Things (IoT).

Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa kondisi transformator distribusi berada dalam keadaan “aman”, dimana besar arus rata-rata yang mengalir pada setiap fasa dan tegangan rata-rata setiap fasa masih berada dalam rentang yang diijinkan. Sesuai spesifikasi transformator distribusi, besar arus fasa maksimum dari transformator distribusi adalah sebesar:

$$I_{1\phi} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{197}{\sqrt{3} \times 0,4} = 284,34A \quad (3)$$

dan tegangan fasa nominal adalah sebesar:

$$V_{1\phi} = \frac{V_{3\phi}}{\sqrt{3}} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3}} = 230,94V \quad (4)$$

#### V. KESIMPULAN

Sistem yang dibangun menggunakan teknologi Internet of Things berhasil memonitor besaran listrik pada trafo dari mana dan kapan saja.

Dari hasil data pengukuran didapatkan arus rata-rata dan tegangan rata-rata selama pengujian masing-masing adalah sebesar 61,848 A dan 221V. Sehingga persentase arus rata-rata terhadap arus maksimum adalah sebesar 21,45%, sementara persentase tegangan rata-rata terhadap tegangan fasa nominal adalah sebesar 95%.

Daya rata-rata selama pengujian adalah sebesar 13,582 kVA, sehingga persentase terhadap daya nominal transformator distribusi adalah sebesar 8,27%.

#### REFERENSI

- [1] A.R. Al-Ali, and M. Arshad, “GSM-based Distribution Transformer Monitoring System”, IEEE MELECON, May 12-15, 2004, Dubrovnik, Croatia, pp.999-1002.
- [2] M.A. Hayati, and S.F. Babiker, “Design and Implementation of Low-Cost SMS Based Monitoring System of Distribution Transformer”, 2016 Conferences of Basic Sciences and Engineering Studies (SGCAC).
- [3] B.L. Theraja, “Electrical Technology: Volume 2”, Chand and Co. Ltd., New Delhi, India, 2005.
- [4] N.M. Rao, R. Narayanan, B.R. Vasudevamurthy, and S.K. Das, “Performance Requirements of Present-Day Distribution Transformer for Smart Grid”, IEEE ISGT Asia 2013, pp.1-6, 2013.
- [5] C. Wang, M. Daneshmand, M. Dohler, X. Mao, R.Q. Hu and H. Wang, “Guest Editorials – Special Issue on Internet of Things (IoT): Architecture, Protocols and Service,” IEEE Sensors Journal, vol. 13, no. 10, pp. 3505-3508, 2013.
- [6] S. Geetha and S. Gouthami, “Internet of Things Enabled Real Time Water Quality Monitoring System”, Smart Water, vol.2, no.1, pp.1-19, 2017.
- [7] J. Rios, C.A. Romero, and D. Molina, “Instrumentation and Control of a DC Motor Through Ubidots Platform,” Workshop on Engineering Applications – International Congress on Engineering (WEA), Bogota, Colombia, 2015.
- [8] G. Kesavan, P. Sanjeevi, and P. Viswanathan, “A 24-hour IoT Framework for Monitoring and Managing Home Automation”, International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT), 2016.

- [9] G. F. Nama, D. Despa, Mardiana. "Real-time monitoring system of electrical quantities on ICT Centre building University of Lampung based on Embedded Single Board Computer BCM2835", International Conference on Informatics and Computing (ICIC), 2016.
- [10] Open Energy Monitor Library website [Online]. Available: <https://github.com/openenergymonitor/EmonLib>