

PERANCANGAN PROTOTIPE ALAT UKUR TEGANGAN UJUNG FEEDER MENGGUNAKAN METODE PEMBAGI TEGANGAN

Bagas Risky A^{*)}, Abdul Syakur, dan Yosua Alvin Adi Soetrisno

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

**)E-mail: bagas131197@gmail.com*

Abstrak

Salah satu parameter yang menentukan kualitas energi listrik yang dikirimkan adalah besarnya tegangan jatuh di ujung penyulang. Menurut SPLN 72 :1987 jatuh tegangan yang diperbolehkan di saluran distribusi 20kV adalah 5%.. Salah satu metode pengukuran tegangan tinggi AC adalah dengan pembagi tegangan, pengukuran dilakukan dengan mengukur tegangan di resistor tegangan rendah yang dihubungkan seri dengan resistor tegangan tinggi. Pada penelitian tugas akhir ini dibuat sebuah alat ukur tegangan tinggi AC satu fasa tanpa beban dengan menggunakan metode pembagi tegangan resistif menggunakan sensor tegangan ZMPT101b dan mikrokontroler Arduino Mega 2560. Tegangan tinggi AC dihasilkan oleh transformator neon yang diukur menggunakan multimeter yang tersambung probe tegangan tinggi. Pengujian pertama dilakukan untuk mengukur tegangan keluaran dari rangkaian pembagi tegangan. Keluaran memiliki hasil yang linear dengan masukan dan memiliki rasio tegangan masukan terhadap tegangan keluaran 97.002 hingga 105.37. Pengujian kedua dilakukan untuk mengetahui hasil kalibrasi sensor dan mikrokontroler. Hasil pengukuran yang akurat dengan error maksimal 4.7% namun alat belum mampu mengukur tegangan di atas 10kV dikarenakan medan listrik yang membuat komponen menjadi short.

Kata kunci : Pengukuran tegangan tinggi AC, Pembagi tegangan, ZMPT101b, Arduino Mega 2560.

Abstract

One of the parameters that determine the quality of electrical energy is the voltage drop across the feeder tip. According to SPLN 72 1987 the allowable voltage drop on a 20kV distribution line is 5%. One method of measuring the high voltage AC is a voltage divider, the measurement is done by measuring the voltage across the low voltage resistor which is connected to the high voltage resistor. In this final project, a single phase AC high voltage meter without load was made using a resistive voltage divider method using ZMPT101b voltage sensor and Arduino Mega 2560. The high AC voltage generated by neon transformer is measured using multimeter connected to a high voltage probe. The first test is carried out to measure the output voltage of the voltage divider circuit. The output is linear with the input and has ratio of input voltage to output voltage of 97.002 to 105.37. The second test is carried out to see the results of sensor and microcontroller calibration. The measurement results are accurate with maximum error of 4.7%, but the tool cannot measure voltages above 10kV because of the electric field that makes the components short.

Keywords: AC high voltage measurement, Voltage Divider, ZMPT101b, Arduino Mega 2560

1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan kebutuhan utama dalam hidup manusia. Energi listrik terutama sangat berperan penting terhadap kehidupan manusia. Saat ini energi listrik sudah mencapai seluruh aspek kehidupan, mulai dari kesehatan, ekonomi, pemerintahan dan banyak aspek lainnya. Hal ini menyebabkan energi listrik perlu didistribusikan dengan baik kepada seluruh pelanggan. Energi listrik disalurkan ke pelanggan melalui beberapa tahap, dari tahap pembangkitan, transmisi, lalu berakhir pada tahap distribusi[1]. Energi listrik dibangkitkan melalui pembangkit-pembangkit yang ada, dari yang masih menggunakan energi fosil yaitu diesel, hingga yang sudah

menggunakan sumber energi terbarukan seperti air, surya, dan angin[2]. Listrik yang dibangkitkan akan dinaikkan tegangannya dan ditransmisikan ke gardu induk.

Pada tahap distribusi, listrik disalurkan dari gardu induk melalui penyulang ke pelanggan, baik pelanggan dengan tegangan rendah 220V maupun pelanggan dengan tegangan menengah 20kV. Untuk memenuhi kebutuhan pelanggan, maka energi listrik harus dijaga keandalan dan kualitasnya. Salah satu parameter kualitas distribusi energi listrik adalah drop tegangan pada penyulang[3]. Drop tegangan tersebut terjadi karena rugi – rugi yang ditimbulkan oleh jaringan yang ada diantara gardu induk dan ujung penyulang. Menurut SPLN 72 :1987 drop

tegangan di jaringan 20KV harus lebih rendah dari 5% [4]. Untuk mengetahui drop tegangan tersebut, maka PLN harus mengetahui tegangan yang ada di ujung penyulang. Untuk mengetahui tegangan yang ada di ujung penyulang, maka diperlukan suatu alat yang mampu melakukan pengukuran tegangan tinggi. Pengukuran tegangan tinggi dibagi menjadi 3, yaitu pengukuran tegangan tinggi AC, pengukuran tegangan tinggi DC, dan pengukuran tegangan tinggi impuls[5]. Dalam pengukuran tegangan tinggi yang dikirim PLN yaitu tegangan tinggi AC, terdapat beberapa metode, yaitu dengan menggunakan pembagi tegangan, sela bola, dan trafo pengukuran.

Pada metode pembagi tegangan, pengukuran dapat dilakukan dengan menggunakan resistor tegangan tinggi atau kapasitor tegangan tinggi. Sumber tegangan tinggi akan dihubungkan pada beberapa resistor atau kapasitor tegangan tinggi, dan resistor atau kapasitor tegangan rendah yang disambungkan terhadap voltmeter. Kondisi ini akan membuat voltmeter akan mengukur tegangan rendah yang berbanding dengan tegangan tinggi sumber sesuai dengan perbandingan resistor atau kapasitor tegangan rendah dengan resistor atau kapasitor tegangan tinggi. Dengan perbandingan tersebut maka dapat dihitung besar tegangan tinggi yang ada di sumber.

Dengan metode pengukuran tegangan tinggi yang ada sekarang, maka pengukuran tegangan ujung feeder akan menjadi tidak efektif karena pegawai PLN harus datang ke ujung feeder untuk melakukan pengukuran. Hasil pengukuran yang didapatkan juga tidak bisa realtime, hanya bisa mendapatkan hasil ketika pegawai PLN datang mengukur. Hal ini dapat diatasi dengan mengganti voltmeter untuk pengukuran dengan menggunakan mikrokontroler Arduino yang terhubung dengan ESP 8266. Mikrokontroler dan sensor tegangan ZMPT101b sudah sering digunakan dalam beberapa penelitian sebelumnya, yaitu untuk menganalisis daya listrik tegangan rendah[6] dan juga dalam penelitian lain yang bertujuan untuk mengukur baterai mobil listrik[7].

Penelitian tugas akhir ini akan merancang sebuah rangkaian pembagi tegangan yang akan digunakan untuk pengukuran dalam Prototipe Alat Ukur Tegangan Ujung Feeder Berbasis IoT, dimana data hasil pengukuran tersebut akan dikirimkan ke web melalui mikrokontroler. Dari hal-hal yang telah dijelaskan, maka penulis telah memilih judul “Perancangan Prototipe Alat Ukur Tegangan Ujung Feeder Menggunakan Metode Pembagi Tegangan”.

2. Metode

Pada Tugas Akhir ini akan dibuat rangkaian pembagi tegangan dan rangkaian pengukuran. Rangkaian pembagi tegangan akan menurunkan tegangan tinggi menjadi tegangan 150 V dan rangkaian pengukuran akan membaca hasil dari pembagi tegangan dan menampilkan tegangan input.

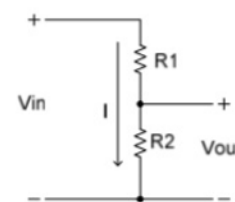
2.1. Rangkaian Pembagi Tegangan

Rangkaian pembagi tegangan merupakan rangkaian sederhana yang dapat mengubah tegangan yang tinggi menjadi tegangan yang lebih rendah. Dengan hanya menggunakan dua resistor yang dipasang secara seri dan dengan sebuah input tegangan, kita dapat membuat tegangan output yang mana tegangan output ini merupakan hasil perhitungan dari tegangan input.

Rangkaian pembagi tegangan biasanya digunakan untuk membuat suatu tegangan referensi dari sumber tegangan yang lebih besar, titik tegangan referensi pada sensor, untuk memberikan bias pada rangkaian penguat atau untuk memberi bias pada komponen aktif. Rangkaian pembagi tegangan pada dasarnya dapat dibuat dengan 2 buah resistor, contoh rangkaian dasar pembagi tegangan dengan output VO dari tegangan sumber VI menggunakan resistor pembagi tegangan R1 dan R2.[8]

Rangkaian pembagi tegangan (*voltage divider*) disebut juga sebagai rangkaian pembagi potensial (*potential divider*). Input ke sebuah rangkaian pembagi tegangan adalah tegangan V_{in} . Tegangan V_{in} tersebut menggerakkan arus I untuk mengalir melewati kedua resistor. Karena kedua resistor terhubung secara seri, maka arus yang sama mengalir melewati tiap-tiap resistor. Tahanan efektif dari kedua resistor seri adalah $R1 + R2$. Jatuh tegangan pada gabungan kedua resistor ini adalah V_{in} . [8]

Rangkaian pembagi tegangan biasanya digunakan untuk membagi tegangan atau mengkonversi dari resistensi menjadi sebuah tegangan. Biasanya fungsi dari pembagi tegangan ini untuk mengubah atau mengkonversikan dari tegangan tegangan yang lebih besar untuk memberi bias kepada komponen yang aktif dalam rangkaian tersebut.



Gambar 1. Rangkaian pembagi tegangan

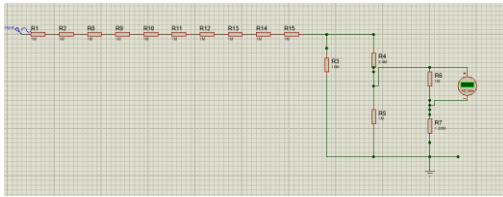
Dari Gambar 1, didapat rumus perhitungan tegangan keluaran rangkaian pembagi tegangan sebagai berikut

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R2}{(R1 + R2)}$$

2.2. Perancangan Rangkaian Pembagi Tegangan

Dalam Gambar 2, resistor yang digunakan sebagai resistor pengukuran merupakan R6 dengan nilai $1M\Omega$. Berikut

merupakan langkah perhitungan untuk mencari nilai tegangan di R6.



Gambar 2. Rancangan rangkaian pembagi tegangan

1. Mencari nilai R total dan Itotal

$$R_{67} = 1000000 + 1350000$$

$$R_{67} = 2350000\Omega$$

$$R_{567} = R_{67} \times R_5 / (R_{67} + R_5)$$

$$R_{567} = 2350000 \times 1000000 / (3150000)$$

$$R_{567} = 701492.5 \Omega$$

$$R_{4567} = 701492.5 + 2400000$$

$$R_{4567} = 3101493.5 \Omega$$

$$R_{34567} = R_{4567} \times R_3 / (R_{4567} + R_3)$$

$$R_{34567} = 3101493.5 \times 1000000 / (13101493.5)$$

$$R_{34567} = 2347281.84 \Omega$$

$$R_{total} = 10000000 + 2347281.84$$

$$R_{total} = 12347281.84\Omega$$

$$I_{total} = 11600 / 12347281.84$$

$$I_{total} = 0.000937959 \text{ A}$$

2. Mencari nilai tegangan di resistor 10M

$$V = 0.00093 \times 10000000$$

$$V = 9379.587 \text{ V}$$

3. Mencari nilai tegangan di R34567

$$V_{r34567} = V_{sumber} - V_{10M}$$

$$V_{r34567} = 11600 - 9379.587$$

$$V_{r3457} = 2220.41 \text{ V}$$

4. Mencari nilai tegangan di R567

$$V = I \times R$$

$$V_4 = I \times R_4$$

$$2220.41 = I_4 \times 2400000$$

$$I_4 = 0.000715 \text{ A}$$

$$V_{r567} = I_4 \times R_{567}$$

$$V_{r567} = 0.000715 \times 701492.52$$

$$V_{r567} = 502.210 \text{ V}$$

5. Mencari nilai tegangan R6

$$V_{r567} = I_6 \times R_{67}$$

$$502.210 = I_6 \times 2350000$$

$$I_6 = 0.000214 \text{ A}$$

$$V_6 = I_6 \times R_6$$

$$V_6 = 0.000214 \times 1000000$$

$$V_6 = 214 \text{ V}$$

Dengan nilai tegangan puncak 214V, maka tegangan rms yang akan terbaca adalah

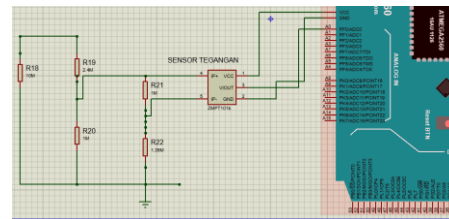
$$V_{puncak} = V_{rms} \times \sqrt{2}$$

$$V_{rms} = 151.3 \text{ V}$$

Dari perhitungan dapat disimpulkan bahwa rangkaian mampu menghasilkan tegangan rms 151.3 V yang sesuai untuk pengukuran menggunakan ZMPT101b. Dengan menggunakan rangkaian tersebut maka tegangan sumber 11.6 kV akan menjadi 220V yang kemudian akan dibaca oleh sensor ZMPT101b dan diproses oleh mikrokontroler.

2.3. Perancangan Blok Pengukuran

Sensor Tegangan ZMPT101b pada Tugas Akhir ini digunakan untuk mengubah tegangan AC dari rangkaian pembagi tegangan menjadi sinyal DC agar dapat diproses oleh mikrokontroler Arduino Mega2560. Sensor ini dipilih dikarenakan mudah ditemukan di pasaran, mampu mengukur tegangan AC hingga 250 V dan memiliki arus maksimum 2 mA. Berikut merupakan rangkaian ZMPT101b disusun dengan keluaran dari rangkaian pembagi tegangan dan dihubungkan ke mikrokontroler Arduino Mega 2560.[9]



Gambar 3. Konfigurasi sensor dan mikrokontroler

Pin out dari ZMPT101b dihubungkan ke port A0 di arduino agar arduino dapat mengolah sinyal kiriman dari sensor. Pin VCC dan GND dihubungkan ke pin 5 V dan GND di mikrokontroler untuk memberikan daya pada sensor.[10]

3. Hasil dan Analisis

Pada bab ini dilakukan pengujian dan analisis terhadap rangkaian pembagi tegangan dan pengukuran. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian hardware secara individu dan pengujian hardware secara keseluruhan dalam sistem Perancangan Sistem Pengukuran pada prototipe alat ukur tegangan pada ujung feeder berbasis IoT. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kinerja sistem, tanpa menutup kemungkinan adanya kekurangan-kekurangan dalam sistem yang telah dibuat. Pengujian Tugas akhir mengenai rangkaian pembagi tegangan sebagai alat ukur. Pengujian rangkaian pembagi tegangan meliputi :

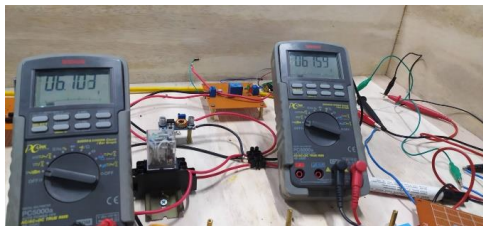
1. Pengujian Tegangan Keluaran Pembagi Tegangan
2. Pengujian Hasil Pembacaan Mikrokontroler.

Untuk keperluan pengukuran dan pengambilan data digunakan beberapa alat sebagai berikut.

1. Modul LCD untuk mengetahui hasil pembacaan dari mikrokontroler.
2. Multimeter digital SANWA dan Multimeter digital XL830L yang dilengkapi dengan probe tegangan tinggi untuk mengukur tegangan. Pengambilan data dan pengukuran dilakukan di Laboratorium Tenaga Teknik Elektro Universitas Diponegoro.

3.1. Pengujian Keluaran Pembagi Tegangan

Pengujian sumber tegangan ini dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan keluaran dari rangkaian pembagi tegangan [11]. Pengujian dilakukan mulai dari tegangan input 1 kV hingga tegangan 12.5 kV dengan selisih antar data 1 kV kecuali pada tegangan 11.6 kV dan 12.2 kV. Pengujian dilakukan dengan cara menyambungkan transformator neon dengan rangkaian pembagi tegangan[12]. Multimeter yang disambungkan oleh probe tegangan tinggi akan mengukur tegangan keluaran dari transformator, sedangkan tegangan keluaran dari rangkaian pembagi tegangan akan disambungkan dengan multimeter. Hasil keluaran akan dicari rasio tegangan input dan output untuk kalibrasi sensor.[11]



Gambar 4. Pengujian Tegangan Keluaran

Tabel 1 Data Pengujian Tegangan Keluaran

No	Tegangan Input (kV)	Tegangan Output (V)	Perbandingan (output : input)
1	1.016	10.474	97.002
2	2.033	20.523	99.05
3	3.018	30.97	97.44
4	4.04	41.25	97.93
5	5.033	50.73	99.21
6	6.103	61.59	99.09
7	7.172	70.62	101.55
8	8.245	80.30	102.677
9	9.4	90.31	104.08
10	10.06	96.26	104.508
11	11.172	106.04	105.35
12	12.005	113.93	105.37

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa untuk pengujian dilakukan 12 kali dengan selisih tegangan 1kV. Di setiap pengujian didapatkan rasio dari pembagi tegangan yang berbeda – beda dari 97.002 hingga 105.37. Perbedaan rasio terjadi karena ketidakpresisian alat ukur multimeter. Ketika mencapai tegangan input 10 kV, multimeter mengalami eror dalam sehingga data yang didapatkan tidak akurat.



Gambar 5. Error pada multimeter



Gambar 6 Grafik Tegangan terhadap Rasio

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa ada perbedaan rasio antar hasil pengukuran dimana semakin tinggi tegangan input rasio tegangan menjadi lebih naik. Hal ini disebabkan oleh medan listrik yang dihasilkan oleh tegangan tinggi sehingga membuat impedansi resistor berubah[13]. Faktor lain yang menyebabkan perbedaan rasio adalah tingkat akurasi dari masing - masing multimeter yang memungkinkan terjadinya kesalahan pengukuran tegangan. Hasil dari pengujian tegangan rangkaian pembagi tegangan akan digunakan untuk kalibrasi sensor tegangan. Dikarenakan multimeter mengalami error ketika melakukan pengujian diatas 10kV maka untuk mencari rata – rata rasio yang digunakan untuk kalibrasi digunakan data dari pengujian 1kV hingga 10kV. Kalibrasi dilakukan dengan cara memasukan rasio rata – rata dari rangkaian pembagi tegangan ke dalam kode yang dimasukan dalam Arduino Mega 2560 lalu memutar trimpot pada sensor ZMPT101b. Perhitungan rata – rata rasio merupakan sebagai berikut.

$$Rasio \text{ Rata - rata} = \frac{\sum Rasio}{\sum data}$$

$$Rasio \text{ Rata - rata} = \frac{1002.527}{10}$$

Sehingga didapatkan rasio rata – rata sebesar 100.2 yang kemudian akan dimasukan dalam kode untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat.

3.2. Pengujian Hasil Pembacaan Mikrokontroler

Pengujian ini dilakukan dilakukan untuk menguji hasil kalibrasi dari sensor ZMPT101b dan kode mikrokontroler. Pengujian ini dilakukan dengan cara menyambungkan

transformator neon ke pembagi tegangan, lalu menghubungkan keluaran pembagi tegangan ke sensor ZMPT101b yang sudah tersambung ke mikrokontroler. Pengujian dilakukan sebanyak 12 kali dengan selisih antar pengujian 1 kV. Kemudian tegangan input dan hasil pembacaan dibandingkan untuk mencari error. Besaran error didapatkan dengan perhitungan berikut.

$$error = \left| \frac{HMUL - Hasil\ MIK}{HMUL} \right| \times 100\%$$

Keterangan :

HMUL : Hasil Multimeter

HMIK : Hasil Mikrokontroler



Gambar 7. Pengujian pembacaan sensor dan mikrokontroler

Tabel 2. Hasil Pengujian Pembacaan sensor dan mikrokontroler

NO	Tegangan Input (kV)	Hasil Pembacaan (V)	Error (%)
1	1.081	1040.3	3.79
2	2.047	2310.7	12.8
3	3.000	2993.8	0.2
4	4.008	4165.4	3.9
5	5.152	5169.3	0.32
6	6.044	5878.5	2.7
7	7.045	7380.8	4.7
8	8.210	8317.3	1.2
9	9.081	9067.4	0.15
10	10.095	10143	0.47

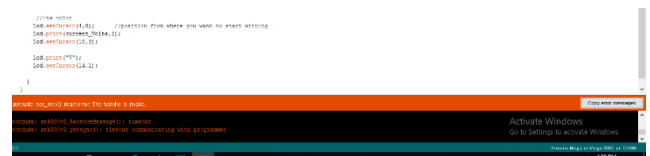
Dari Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa hasil pembacaan dari sensor ZMPT101b dan pengolahan data dari mikrokontroler Arduino Mega masuk dalam standar SPLN 72 :1987 dimana error dari pengukuran dengan menggunakan pengukuran dari multimeter sebagai referensi tidak lebih dari 5%. Error yang terjadi dari pengukuran bervariasi dari 0.15% hingga 4.7%. Variasi tersebut terjadi karena sensitivitas dari sensor tegangan ZMPT101b yang mampu membaca tegangan dengan akurasi yang tinggi sehingga perubahan sedikit saja akan terbaca.

Data untuk tegangan diatas 10kV tidak dapat diambil dikarenakan multimeter mengalami error dan sensor

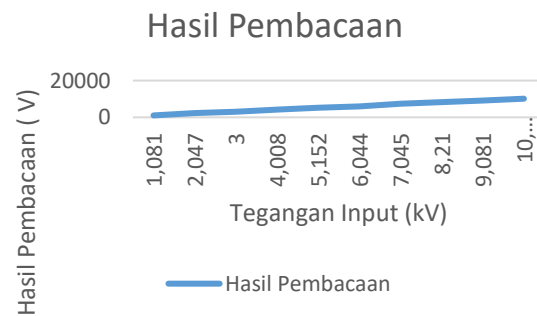
tegangan ZMPT101b mengalami short circuit sehingga tidak mampu mengolah data dan membuat mikrokontroler mengalami malfunction.

Short circuit yang dialami oleh sensor tegangan disebabkan oleh kapasitansi parasit yang dialami resistor ketika dialiri tegangan tinggi [13]. Dalam tegangan tinggi AC, ketika resistor dialiri tegangan atau frekuensi tinggi akan mengakibatkan medan listrik yang mengakibatkan bagian yang seharusnya terisolasi pada sensor tegangan menjadi terhubung sehingga mengakibatkan short circuit. Medan listrik ini juga mengakibatkan error pada mikrokontroler sehingga akan memberikan respon malfunction ketika diberi kode [14].

Medan listrik ini menyebabkan pembuatan tugas akhir ini tidak dapat mendapatkan data yang akurat ketika melakukan pengambilan data untuk tegangan 10 kV ke atas. Selain itu, medan listrik juga menyebabkan short circuit pada sensor dan mikrokontroler sehingga tugas akhir ini tidak dapat mengukur tegangan di atas 10 kV [15].



Gambar 8. Malfunction pada mikrokontroler



Gambar 9. Grafik Hasil Pembacaan dan Tegangan

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa alat ukur sudah sesuai mengukur tegangan input yang diberikan. Terlihat bahwa semakin tinggi tegangan input semakin besar juga hasil pembacaan dimana hal tersebut sudah sesuai dengan desain awal alat.

4. Kesimpulan

Rangkaian pembagi tegangan menggunakan resistor sudah mampu untuk digunakan mengukur tegangan tinggi AC dengan kondisi tanpa beban. Tugas akhir ini sudah mampu melakukan pengukuran tegangan tinggi AC menggunakan sensor tegangan ZMPT101b dan mikrokontroler Arduino Mega 2560 hingga tegangan 10 kV. Untuk tegangan di atas

10 kV maka sensor akan mengalami *short circuit* yang menyebabkan error dan *malfunction*. Hasil pengukuran yang didapatkan oleh tugas akhir ini sudah sesuai dengan standar SPLN yang membatasi error dalam alat ukur sebesar 5%. Tugas Akhir ini mampu melakukan pengukuran dengan error yang beragam dari 0.2% hingga 4.7% jika dibandingkan dengan pengukuran multimeter yang dihubungkan dengan *probe* tegangan tinggi.

Referensi

- [1]. Suhadi, S.M.K., 2008. Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid I. *Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta*
- [2]. Kumara, N., 2010. Pembangkit listrik tenaga surya skala rumah tangga urban dan ketersediaannya di Indonesia. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*.
- [3]. Stones, J. and Collinson, A., 2001. Power quality. *power engineering journal*, 15(2), pp.58-64.
- [4]. Negara, P.L., 1986. SPLN 72: 1987. *Spesifikasi Disain untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Tegangan Rendah (JTR)*. Jakarta: *Departemen Pertambangan dan Energi*.
- [5]. Tobing, B.L., 2003. *Peralatan Tegangan Tinggi*. Gramedia Pustaka Utama.
- [6]. Fitriandi, A., Komalasari, E. and Gusmedi, H., 2016. Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 10(2), pp.87-98.
- [7]. Yanuar, M., 2015. *Sistem monitoring arus dan tegangan pada inverter pengisian aki mobil listrik menggunakan webserver* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- [8]. Sudirham, S., 2002. Analisis Rangkaian Listrik. *Bandung: Penerbit ITB*.
- [9]. "Arduino Mega 2560," [Online]. Tersedia: <https://www.alldatasheet.com/mega2560>. Diakses 4 Agustus 2020.
- [10]. "ZMPT101b," [Online]. Tersedia: <https://www.datasheetpdf.com/pdf/1031464/ETC/ZMPT101b/1>. Diakses 4 Agustus.
- [11]. Sulistyarningsih, S. and Saputera, Y.P., 2018. Perancangan dan Pembuatan Pembagi Tegangan untuk Pengaturan Level Keluaran Sistem DSP Pada Aplikasi Radar Pengawas Udara. In *Conference on Electrical Engineering, Telematics, Industrial technology, and Creative Media (CENTIVE)* (pp. 423-428).
- [12]. McConaughy, D.B., Zeon Corp, 2001. *Neon sign transformer module and receptacle*. U.S. Patent 6,198,233.
- [13]. Lucas, J.R., 2001. High voltage engineering. *Sry Lanka*.
- [14]. Broniatowski, A., Blossie, A., Srivastava, P.C. and Bourgoin, J.C., 1983. Transient capacitance measurements on resistive samples. *Journal of Applied Physics*, 54(6), pp.2907-2910.
- [15]. Berardengo, M., Thomas, O., Giraud-Audine, C. and Manzoni, S., 2016. Improved resistive shunt by means of negative capacitance: new circuit, performances and multi-mode control. *Smart Materials and Structures*, 25(7), p.075033.